



**TALAŞ KIRICI FORMU UYGULANMIŞ ÇOK KRİSTALLİ ELMAS (ÇKE)
TAKIMLARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Müzeyyen Kübra KAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2019

Müzeyyen Kübra KAYA tarafından hazırlanan “TALAŞ KIRICI FORMU UYGULANMIŞ ÇOK KRİSTALLİ ELMAS (ÇKE) TAKIMLARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.. ..

İkinci Danışman: Dr. Selçuk YAĞMUR

İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. İhsan KORKUT

İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Şükran KATMER

Ana Bilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Fizik Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Ana Bilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Fizik Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 20/08/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Müzeyyen Kübra KAYA

20/08/2019

TALAŞ KIRICI FORMU UYGULANMIŞ ÇOK KRİSTALLİ ELMAS (ÇKE)
TAKIMLARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Müzeyyen Kübra KAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2019

ÖZET

Alüminyum alaşımları düşük yoğunluk ve yüksek korozyon direnci sayesinde başta havacılık sanayi olmak üzere pek çok alanda yaygın kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımları bazı işlenebilirlik problemlerine rağmen, yaygın kullanımlarıyla bilinmektedir. Özellikle sürekli talaş oluşumu en önemli sorunlardan bir tanesidir. Sürekli talaşın iş parçasına sarılması ve yeniden kesilmesi durumu yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı; yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkileyen sürekli talaş oluşumunu engelleyebilecek, talaş kırıcı formu oluşturulmuş çok kristalli elmas (ÇKE) takımların performansını değerlendirmektir. Bu amaçla, ticari olarak talaş kırıcı olarak üretilmeyen bu takımlar üzerinde, lazer bileme yöntemiyle farklı talaş kırıcı formları oluşturulmuştur. Talaş kırıcı bu takımların performansları talaş kırıcısız takımlarla karşılaştırılmış ve yüksek yüzey kalitesi beklentisiyle otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan AA 6082 T4 malzemenin işlenmesiyle elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve oluşan kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmalar sabit ilerleme miktarı (0,14 mm/dev), iki farklı kesme hızı (200 ve 400 m/dak) ve altı farklı kesme derinliği (0,02; 0,06; 0,1; 0,14; 0,20 ve 0,26 mm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Talaş kırıcı uygulanmış ÇKE takımlarda, 200 m/dak kesme hızında artan kesme derinliği ile birlikte yüzey pürüzlülüğü değerlerinin olumlu yönde etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bilim Kodu : 91348
Anahtar Kelimeler : İşlenebilirlik, Çok Kristalli Elmas (ÇKE), Talaş Kırıcı, AA 6082
Sayfa Adedi : 80
Danışman : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER
İkinci Danışman : Dr. Selçuk YAĞMUR

THE EVALUATION OF THE EFFECTS OF CHIP BREAKER APPLIED PCD
CUTTING TOOLS ON SURFACE ROUGHNESS AND CUTTING FORCES

(M. Sc. Thesis)

Müzeyyen Kübra KAYA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2019

ABSTRACT

Due to its low density and high corrosion resistance, aluminum alloys are widely used in many fields; especially in the aerospace industry. Although aluminium alloys have some machinability challenges, their widespread use is known. In particular, continuous chip formation is one of the most important challenges. Continuous chip wrapping and re-cutting of the workpiece adversely affects surface roughness and cutting forces. The aim of this study is to evaluate the performance of poly-crystalline diamond (PCD) tools that are formed by chip breaker and can prevent the formation of continuous chip which adversely affect surface roughness. For this purpose, different chip breaker forms of these tools which are not produced for commercial purposes, have been formed by laser sharpening method. The performances of tools with chip breaker were compared with the tools' without chip breaker and they are evaluated according to surface roughness and cutting forces which are get by machining of AA 6082 T4 material that are widely used in automotive industry. Experimental studies consisted of constant feed rate (0.14 mm / rev), two different cutting speeds (200 and 400 m / min) and six different cutting depths (0.02; 0.06; 0.1; 0.14; 0, 20 and 0.26 mm). It was concluded that surface roughness values were positively affected with increasing cutting depth at 200 m / min cutting speed in PCD tools with chip breaker.

Science Code : 91348

Key Words : Machinability, Poly-Crystalline Diamond(PCD), Chip Breaker, AA6082

Page Number : 80

Supervisor : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

Co-supervisor : Dr. Selçuk YAĞMUR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanlarım Prof. Dr. Ulvi ŞEKER, Dr. Selçuk YAğMUR'a, ÇKE takımların temini konusunda yardımlarını esirgemeyen DTS GmbH/ Almanya Genel Müdürü Murat YILDIRIM'a, AA 6082 T4 malzeme temini konusunda destek veren Daimler AG/Stuttgart Ar-Ge den Dr. İhsan ÖZER'e, deneysel çalışmalarımda katkı sağlayan değerli hocalarım Arş. Gör. Dr. Gültekin UZUN'a, Arş. Gör. Bahattin YILMAZ'a ve maddi, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3. KURAMSAL TEMELLER.....	9
3.1. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları.....	9
3.1.1. Alüminyum alaşımlarının sınıflandırılması.....	11
3.1.2. AA 6082 serisinin karakteristik özellikleri.....	14
3.1.3. Alüminyum alaşımlarına uygulanan ısıl işlemler.....	16
3.2. Talaş Kaldırma İşleminin Temel Prensipleri.....	19
3.2.1. Tornada kesme parametreleri.....	19
3.2.2. Kesme hızı.....	19
3.2.3. İlerleme miktarı.....	20
3.2.4. Talaş derinliği.....	21
3.2.5. Talaşlı imalatta kesme parametrelerinin yüzey kalitesine etkileri.....	21
3.3. Yüzey Kalitesi (Pürüzlülük).....	22
3.4. Kesici Takım Malzemeleri.....	27
3.5. Talaş Oluşumu.....	30

Sayfa

4. MALZEME VE METOT	37
4.1. Deney Numuneleri	37
4.2. Kesici Takımlar ve Kesme Parametreleri, Takım Tutucu, Takım Tezgâhı.....	37
4.3. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi.....	39
4.4. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi.....	41
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	43
5.1. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi.....	43
5.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi.....	51
6. SONUÇ.....	59
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	67
EK-1. 304 FN v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	68
EK-2. 304 FN v=400 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	69
EK-3. 304 SPLN v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri	70
EK-4. 304 SPLN v=400 deney sonucu oluşan talaş şekilleri	71
EK-5. 304 SPLP v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	72
EK-6. 304 SPLP v=400 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	73
EK-7. 308 FN v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	74
EK-7. 308 FN v=400 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	75
EK-8. 308 SPLN v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri	76
EK-9. 308 SPLN v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri	77
EK-10. 308 SPLP v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	78
EK-11. 308 SPLP v=400 deney sonucu oluşan talaş şekilleri.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	80

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Saf alüminyumun özellikleri.....	10
Çizelge 3.2. Dövme alüminyum alaşımları için sınıflandırma sistemi.....	11
Çizelge 3.3. Döküm alüminyum alaşımları için sınıflandırma sistemi.....	12
Çizelge 3.4. AA 6082 kimyasal bileşimi.....	14
Çizelge 3.5. AA 6082 mekanik özellikleri.....	15
Çizelge 3.6. Alüminyum alaşımlarında temper kodlaması.....	18
Çizelge 3.7. Yüzey pürüzlülük ölçüm metotları.....	26
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan AA6082-T4 alaşımının kimyasal bileşimi.....	37
Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan AA6082-T4 alaşımının kimyasal bileşimi mekanik özellikleri.....	37
Çizelge 4.3. Deneylerde kullanılan kesici takımlar 304 SPL-P, 304 SPL-N, 308 SPL- P, 308 SPL- N, 304 FN, 308 F.....	38
Çizelge 4.4. Kesme parametleri.....	39
Çizelge 4.5. KISTLER 9257 dinamometre teknik özellikleri.....	40
Çizelge 4.6. Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	41

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Dünyada en çok kullanılan metallerin büyüme oranları.....	10
Şekil 3.2. 6082 alaşımından 50 mm lik çap ölçüsüne ekstrüde edilen profilin kesit makro (a) ve mikro (b) yapıları	15
Şekil 3.3. AA 6082 T6 ısıl işleme ait mikroyapı	17
Şekil 3.4. Al-Cu faz diyagramı üzerinde çökelme sertleştirme safhaları	20
Şekil 3.5. Tornalamada kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği.....	20
Şekil 3.6. Sıcak ve Soğuk İşlem Çeliklerinde Değişim	24
Şekil 3.7. Kesme Hızının Pürüzlülüğe Etkisi.....	24
Şekil 3.8. Yüzey pürüzlülük profili.....	25
Şekil 3.9. Yüzey pürüzlülüğünde etkin faktörler	26
Şekil 3.10. Yüzey pürüzlülük şekilleri.....	26
Şekil 3.11. Kesici takım malzemeleri	30
Şekil 3.12. Talaş Oluşum Biçimleri	32
Şekil 3.13. Yanal kıvrımlı talaş (a) ve Yukarı kıvrımlı talaş (b).....	33
Şekil 3.14. Talaşta kırılmaya neden olan eğilme gerilmesi	34
Şekil 3.15. Talaş kırıcının etkisi.....	35
Şekil 3.16. Talaş Kırılmasını etkileyen faktörler	36
Şekil 3.17. Talaşların sınıflandırılması	37
Şekil 4.1. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinin şematik diyagramı	40
Şekil 5.1. 04 kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi.....	43
Şekil 5.2. 04 kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi	45
Şekil 5.3. 08 kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi	46

Şekil	Sayfa
Şekil 5.4. 08 kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi	47
Şekil 5.5. 04 ve 08 kesici takım burun yarıçapına sahip FN kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı olarak kesme kuvvetleri değişimi.....	49
Şekil 5.6. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip SPL-P kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi.....	49
Şekil 5.7. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip SPL-N kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi.....	49
Şekil 5.8. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımların 200 m/dak ve 400 m/dak kesme hızlarında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimine ait bar grafiği.....	50
Şekil 5.9. 04 uç radüsüne sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi	51
Şekil 5.10. 04 uç radüsüne sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi	53
Şekil 5.11. 08 uç radüsüne sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi	54
Şekil 5.12. 08 uç radüsüne sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi	55
Şekil 5.13. 04 ve 08 uç radüsüne sahip Fn (Kırıncısız) takımlarda kesme derinliğine bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi	56
Şekil 5.14. 04 ve 08 uç radüsüne sahip SPL-P kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi	56
Şekil 5.15. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip SPL-N kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi.....	57
Şekil 5.15. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımların 200 m/dak ve 400 m/dak kesme hızlarında talaş derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimine ait bar grafiği.....	58

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. SCLCR 2020 K09 takım tutucu.....	40
Resim 5.1. 200 m/dak kesme hızı ve 0,14 mm/dev ilerleme miktarında SPL-P kodlu takımda kesme derinliğine göre oluşan talaş biçimleri (a) 0,02mm (b) 0,06mm (c) 0,1 mm (d) 0,14 mm (e) 0,20 mm (f) 0,26 mm.....	46



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
V	Kesme Hızı (m/dak)
n	Devir Sayısı (dev/dak)
F	Tabla ilerlemesi (mm/dak)
F_z	Diş başına ilerleme (mm/diş)
z	Kesici ağız sayısı
d	Takım çapı
a	Eksenel kesme derinliği
ac	Radyal kesme derinliği
V_a	Birim zamanda kaldırılan talaş hacmi
F_{cz}	Frezelemede ortalama kesme kuvveti (N)
F_{zz}	Frezelemede ortalama talaş kaldırma kuvveti (N)
F_{rz}	Frezelemede ortalama radyal kuvvet (N)
F_{fz}	Frezelemede ortalama ilerleme kuvveti (N)
Z_e	Frezelemede aynı anda talaş kaldıran kesici ağız sayısı
F_a	Eksenel kuvvet (N)
B	Kesme genişliği (mm)
A_s	Talaş kesiti (mm ²)
h_m	Ortalama kesme derinliği (mm)
k_s	Özgül kesme kuvveti (N)
R_a	Ortalama yüzey pürüzlülük değeri (μm)
f	İlerleme miktarı (mm/rev, mm/diş)

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AFTK	Aramid Fiber Takviyeli Kompozit
ANOVA	Analysis of Variance (Varyans Analizi)
BUE	Built Up Edge (Yığıntı Talaş)
CFTK	Cam Fiber Takviyeli Kompozit
CNC	Computer Numeric Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)
DIN	Deutsche Industrie Norm (Alman Standartlar Enstitüsü)
HSS	High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
KFTK	Karbon Fiber Takviyeli Kompozit
MMK	Metal Matrisli Kompozit
PCD/ÇKE	Poly Crystalline Diamond (Çok Kristalli Elmas)
VSD	Vickers Sertlik Değeri
YT	Yığıntı Talaş
YT	Yığıntı Katmanı

1. GİRİŞ

Hafif metaller, özellikle alüminyum ve magnezyum alaşımları yüksek mukavemet, düşük yoğunluk ve kolay üretim gibi özelliklerinden dolayı elektronik, genel mühendislik ve havacılık endüstrilerinde kullanılmaktadır [1]. Birçok alüminyum alaşımı, yüksek kesme hızlarında işlendiğinde, iyi yüzey kalitesi ve uzun takım ömrü sağlamaktadır. Genellikle, sertleştirilmiş ve temperlenmiş alaşımlar tavlanmış alaşımlardan daha kolay işlenir ve daha iyi kalitede yüzey meydana getirirler. Silisyum içeren alaşımları işlemek daha zordur, bunun sebebi talaş kaymadan yırtılır ve bundan dolayı düşük yüzey kalitesi elde edilir [2]. Alüminyum alaşımlarının endüstride yaygın olarak kullanılmasıyla beraber alüminyumun işlenebilirliği ile ilgili çalışmalara literatürde sıklıkla rastlamak mümkün olmuştur.

Çeşitli iş parçalarının üretiminde talaşlı imalat yöntemi sıklıkla kullanılan metotlardan biridir. Talaşlı imalat, kesici bir takımın iş parçasını şekillendirilmesi esasına dayanır [3]. Talaşlı imalattan sonra elde edilmiş olan yüzey pürüzlülüğü işlenen parçanın kalitesini belirleyen en önemli imalat parametresidir. Birbirleriyle temas halinde çalışan makine parçalarının istenilen işlevi uzun ömürlü ve minimum enerji sarf ederek gerçekleştirmesi yüzey pürüzlülüğüne ve parçanın boyut hassasiyetine bağlıdır. Yüzey kalitesi; korozyon direncini, yorulma dayanımını ve malzemenin tribolojik özelliklerini önemli oranda etkiler [4]. Kesici takımın iş parçası üzerinden talaş kaldırması işlemi kesme kuvvetlerini oluşturmaktadır [3]. Kesme kuvvetlerinin oluşumu kesme şartları ile doğrudan ilişkilidir. Kesme kuvvetlerini etkileyen ana parametreler olarak kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği öne çıkmaktadır. Alüminyum malzemelerin işlenmesinde diğer talaş kaldırma işlemlerinde olduğu gibi pek çok faktörün etkisi söz konusudur. Kullanılan kesici takım kesme kuvvetleri ve yığıntı talaş oluşumu gibi birçok faktör üzerinde en önemli etkendir [5]. Kesme kuvvetlerinin oluşumunda bir diğer faktör kesici takım geometrisidir. Kesici takımlar üzerinde bulunan talaş kırıcı geometrileri kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesildikten sonra talaşın kırılması kesici ucun geometrisi ile birebir ilişkilidir. Farklı talaş kırıcı geometrilerine sahip kesici takımlarla ile bu kesme kuvvetlerini azaltmak mümkündür [6].

İmalatta metal uygulamaları hızla artış göstermesine karşılık talaş kontrolü sorunu hala devam etmekte, kapsamlı bir şekilde analizinin yapılması uzun bir süreçtir. Bunun nedeni,

talaş oluşumunun karmaşık bir mekanizma olması ve iş parçası malzemesi özellikleri, takım geometrisi, talaş kırıcılar ve kesme parametreleri gibi işleme şartlarında talaş biçimini/talaş kırılma kabiliyetini etkileyen faktörlerin tabanındaki bilgi eksikliklerdir [7]. Talaş kırıcı, takımın talaş yüzeyindeki talaş akışını engelleyici bir araç veya çeşitli geometrilerde takım yüzeyinde oluşturulmuş bir kanaldır. Talaş kırıcı talaş büküm yarıçapını azaltarak talaş kırılma kabiliyetinin artmasını sağlar ve talaş kontrolüne yardımcı olarak verimliliği arttırmaktadır. Ayrıca, kesme direncini azaltabilir, takım ömrü ve iş parçasının yüzey durumunun iyileşmesini sağlar [8].

Yüzey pürüzlülüğü, kesici takım aşınması, kesme kuvvetleri ve ürün kalitesi ile talaş kontrolü yakından ilişkilidir. Bundan dolayı, birçok araştırmacı çeşitli teorik ve deneysel yaklaşımlar ortaya koymaktadır. Özellikle, talaş akışı, talaşın kırılma yönü ve talaş kırılması deneysel ve analitik olarak araştırılmaktadır [8,9]. Özgül kesme enerjisi ve takım geometrisiyle ilgili işleme araştırmaları 1950 yılından beri yapılmaktadır. Fakat, bu araştırmaların çoğu kesme hızına ve/veya talaş açısı, boşluk açısı, kesici kenar eğim açısı gibi takım geometrilerine bağlı gerçekleştirilmektedir. Bazı çalışmalarda, özgül kesme enerjisi üzerinde talaş kırıcısı ve kesici kenar şekli vb. takım geometrilerinin işleme sürecine etkilerinin araştırıldığı görülmektedir [10]. Bununla birlikte, talaş kırıcılı yeni bir kesici takım geliştirmek için kalıplama, sinterleme, taşlama ve kaplamanın yanında ürünlerin farklı değerlendirme testlerini içermekte olan uzun süreli ve yüksek maliyetli araştırmalar gerekmektedir [11].

İmalat sektöründe çok kristalli elmas (ÇKE) takımlara talaş kırıcı uygulanması yeni bir uygulama olup, literatürde talaş kırıcı formuna sahip ÇKE takımlarla işlenebilirliği konu alan çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışmada, ÇKE kesici takımlara uygulanan talaş kırıcı formlarının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi, otomotiv sektöründe yüksek yüzey kalitesi beklentisi ile yaygın kullanılan AA 6082 T4 alaşımı üzerinde yapılan deneysel çalışmalarla değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmayla ilgili yapılan literatür araştırması ve özet bulgular ile literatür araştırmasının değerlendirilmesi aşağıda yer almaktadır.

Sekmen ve arkadaşları alüminyum alaşımlarının işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü, yığıntı talaş ve yığıntı katmanı oluşumu üzerinde kesme hızı ve talaş açısının etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri, talaş açısının büyük olduğu değerlerde düşük çıkarken, talaş açısının küçük olduğu değerlerde çok daha yüksek çıktığı sonucuna ulaşmışlardır [12].

Pul, çalışmasında alüminyum alaşımlarının tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını karşılaştırmıştır. Çalışmada dört farklı kesme hızı (200, 250, 325, 400 m/dak) ve üç farklı ilerleme değeri (0,250-0,325-0,400 mm/dev) kullanmıştır. İlerleme miktarındaki artışlardan dolayı yüzey pürüzlülük değerlerinde büyük artışlar olduğunu belirtmiştir [13].

Ranganath ve arkadaşları yaptığı çalışmada Al 6061 alaşımının CNC tezgahta tornalanmasında kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Tornalama parametrelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkisi analiz etmiş ve minimum yüzey pürüzlülüğünü bulmak üzere varyans analizi yapılarak sonuçlar optimize etmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametrenin kesme hızı olduğu sonucuna varmışlardır. Optimum yüzey pürüzlülüğü, en az talaş derinliği ve ilerleme değeri olduğunda elde edildiği ifade etmişlerdir [14].

Liu ve ark. tarafından yapılan çalışmada da minimum talaş kalınlığı için bir analitik model geliştirilmiştir. Çalışmada 1040 çeliği ve AA 6082-T6 alaşımı kullanılmış ve farklı kesme parametreleri için deneyler gerçekleştirilmiştir. [15].

Özlu ve arkadaşları tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etki eden parametrelerin matematiksel olarak modellenmişlerdir. Çalışmada 30MnVS6 mikro alaşımlı çeliğinin tornalanmasında, kesme hızı (V) ve ilerleme miktarının (f) yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve kesme kuvvetleri (Fc) üzerindeki etkileri ortaya koymuşlardır.

Çalışmada artan kesme hızlarının yüzey pürüzlülüğünü olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşımlardır [16].

Sağlam tarafından yapılan çalışmada, kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri, takım aşınmasına bağılı olarak kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğündeki değışmeler analiz edilerek optimum kesme parametrelerinin seçilmesi amaçlanmıştır. Kesme kuvvetleri üzerinde kesme derinliğı ve ilerlemenin daha etkili olduğı, kuvvet oranlarının takım aşınmasını ve dolayısıyla takım ömrünü ve belirlenen yüzey kalitesini tayin etmede bir gösterge olarak kullanılabilceğini belirtmiştir [17].

Pul çalışmasında, Al 7075, 6061 ve 2024 alaşımlarının talaşlı imalatında yüzey pürüzlülük parametreleri ve kesici takım aşınma davranışlarında optimum değerlerin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla Al 7075, 6061 ve 2024 alaşımlarının üzerinde tornada işleme deneyleri yapmıştır. İşleme deneylerini, 2,5 mm sabit talaş derinliğı, üç farklı ilerleme değeri (0,250-0,325-0,400 mm/rev) ve dört farklı kesme hızı (200, 250, 325, 400 m/min) seçilerek yapmıştır. Deneylerde sementit karbür kesici takımlar alüminyum işlemeye uygun olduğı için kullanmıştır. Deneylerde işlenen yüzeylerin pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve kesici takımların aşınma mekanizmaları incelenmiştir. Üç farklı alüminyum alaşımının deney sonuçlarını kendi aralarında karşılaştırmıştır. Sonuç olarak farklı işleme parametrelerine göre elde edilen değerleri yorumlamış ve ideal işleme parametrelerini belirlemiştir. İlerleme miktarındaki küçük artışlarla birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde büyük artışlar meydana geldiğini ve kesici takımlarda önemli aşınma mekanizmaları oluşmadığını ifade etmiştir [18].

Yang ve Tarng, yaptıkları çalışmada, kalite optimizasyon tasarımında güçlü bir yöntem olan Taguchi metodunu, tornalama operasyonlarında optimal kesme parametrelerinin bulunmasında kullanmışlardır. Araştırmacılar, Taguchi metodunun alt bölümleri olan, ortogonal bir diziyi, sinyal-gürültü (S-N) oranını ve varyans analizini uygulayarak S45C çelik çubuğun tungsten karbür kesici takımla işlenmesinde kesme karakteristiklerini tespit etmede kullanmışlardır. Deneysel çalışmalarda, P10 kalitesinde tungsten karbür uç kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak $V=210$ m/dak, $f=0,20$ mm/dev ve $d=1,1$ mm seçmişlerdir. Yapılan bu çalışmayla tornalama operasyonları için optimum kesme parametreleri belirlenirken bu kesme parametrelerinin kesme performansı üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Seçilen başlangıç kesme parametrelerinden optimum kesme

parametreleri elde edilerek takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü %250 oranında geliştirildiğini ifade etmişlerdir [19].

Çoğun ve Özses, torna, işleme merkezi ve borverk tezgahlarında farklı işleme parametreleri ile talaş kaldırmak suretiyle oluşan yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi ve birbiri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. İlerlemenin sabit tutularak devir arttırıldığında yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, devir sabit tutulup ilerlemenin arttırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı, talaş derinliğinin arttırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve büyük radüslü uçlar kullanıldığında yüzey pürüzlülüğünün azaldığını tespit etmişlerdir [20].

Gökkaya çalışmasında, AA5052 serisi alüminyum alaşımının, kaplamasız sementit karbür takımla işlenmesinde farklı kesme ve ilerleme hızlarının, talaş kaldırma kuvvetlerinden esas kesme kuvveti ve ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Deneylerde dört farklı kesme hızı (200, 300, 400, 500 m/min), sabit kesme derinliği (1.5 mm) ve beş farklı ilerleme hızı (0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 mm/rev) kullanmıştır. Yapılan bu deneylerde en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü 200 m/min kesme hızı ve 0.10 mm/rev ilerleme hızında 0.95 µm, en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü ise 300 m/min kesme hızı ve 0.30 mm/rev ilerleme hızında 6.65 µm elde etmiştir. Kesme ve ilerleme hızına bağlı ortalama olarak en düşük esas kesme kuvveti 500 m/min kesme hızı ve 0.10 mm/rev ilerleme hızında 113 N, en yüksek kesme kuvveti ise 200 m/min kesme hızı ve 0.30 mm/rev ilerleme hızında 332 N olarak elde etmiştir. [21].

Nouari ve arkadaşları çalışmalarında, kesme hızının ve kaplama malzemesinin bir fonksiyonu olarak aşınma mekanizmalarındaki değişimi ele almışlardır. Tungsten karbür ve HSS (High-speed steel) takımlarının aşınma mekanizmalarını araştırmak için AA 2024 alüminyum alaşımını kullanmışlardır. Deneyler için üç kesme hızı (25, 65 ve 165 m / dak) ve sabit ilerleme hızı 0.04 mm/dev seçmişlerdir. Kaplamasız ve kaplanmış tungsten karbür matkaplar için maksimum ve minimum delik çapı sapmaları ve yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi sonuçları elde etmişlerdir. Sonuçlar ile HSS takımın AA2024 alüminyum alaşımının kuru işleme için uygun olmadığını belirtmişlerdir [22].

H. Kaya, ve arkadaşları çalışmalarında, 180°C sıcaklıkta 1, 6, 12, 24 saat sürelerinde yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş 7075 alüminyum alaşımının talaşlı imalatını incelemiş ve elde edilen talaş formlarına göre en uygun işlenebilirlik parametrelerinin belirlenmesi için çalışmışlardır. Deneyleerde, kesme hızı, devir sayısı ve malzeme çapı gibi parametreler değiştirilerek talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklık değişimleri, kesici takımında meydana gelen aşınma ve kırılmış talaş formları incelenmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda, verilen işlenebilirlik parametrelerine bağlı olarak; helisel, karışık, burğu ve şerit olmak üzere dört farklı şekilde talaş elde etmişlerdir. Helisel talaş formunda yüzey bitirme işlemleri, yüzey kalitesi açısından son derece iyi iken diğer talaş formları için düşük yüzey kalitesi gözlemlendiğini belirtmişlerdir [23].

Hagiwara ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, düşük ilerleme ile iyi yüzey kalitesi elde etmelerine rağmen, talaş kırılabilirlik istenildiği gibi olmamış ve yüksek ilerleme miktarında ise talaş kırma iyi olmasına rağmen yüzey kalitesi kötüleşmiştir. Bu durumda, kesme derinliğindeki küçük bir değişim ile talaş kırılabilirliğini önemli ölçüde etkilemiştir. Optimal kesme koşulları ile değişik geometrideki iş parçasının her noktasında iyi talaş kırılabilirliği ve yüzey kalitesi elde etmişlerdir [24].

Das vd. çalışmalarında, takım çeliğine karşı AA 6082 alüminyum alaşımının aşınma davranışına yaşlanmanın etkisini araştırmışlardır. 40 C’de farklı şartlarda yapılan aşınma test sonuçları benzer olup numune içinde deformasyon miktarı arttıkça aşınma kaybı arttığı sonucuna ulaşmıştır. Döküm halindeki numunelerin aşınması sırasında takım çeliği üzerine yapışma oluşmakta ve sürtünme katsayısı azaldığını belirtmiştir [25].

Başer, alüminyum alaşımlarının kullanımının otomotiv sektöründe önemi üzerinde durmuş, alüminyum alaşımlarının geliştirilmesi hakkında günümüze kadar yapılan çalışmaları değerlendirerek bir derleme yapmıştır. Alüminyum, magnezyum, titanyum gibi hafif yapı metalleri, otomotiv endüstrisinde yakıt tasarrufu için ideal hafif malzeme seçiminde önemli bir kullanım alanına sahip olduklarını, fakat bu alaşımlar içerisinde alüminyumun maliyet, işlenebilirlik, korozyon direnci ve geri dönüşüm açısından avantajları, oldukça hızla gelişmekte olan otomotiv endüstrisinde kullanımının her geçen yıl daha da artış göstermesine neden olduğunu belirtmiştir. Alüminyumun tercih edilmesinin diğer nedeni olarak ise, otomobil tasarımı alanında en önemli faktör olan yolcu güvenliği olduğunu belirtmiştir. Çarpma sırasında ortaya çıkan enerjinin yolcular tarafından değil darbe

emiciler tarafından absorbe edildiğini ve alüminyumun bu amaç doğrultusunda en uygun malzeme olduğunu belirtmiştir. Hem taşıtların ağırlığını azaltma, hem de güvenlik önlemlerini iyileştirmek için alüminyum alaşımları kullanımının tercih nedeni olduğunu ifade etmiştir [26].

Hamade ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada kesici kenar genişliği, kesme kuvveti, ilerleme ve uç açısını incelemiştir. Delik delme işlemlerinde kesme kuvveti katsayılarını çıkarabilmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışmada, alüminyum AI 6061-T6 malzeme kullanılmakta, hem teorik hem de deneysel inceleme yapmışlardır. Bazı deliklerde ön delik delinmiş ve momenti ve ilerleme kuvveti üzerindeki etkisi de yorumlanmaktadır [27].

Gomez ve diğerleri, ergime derecesi yüksek intermetaliklerin talaş ile birlikte sürüklenmesi nedeniyle takım-talaş yüzeyinde alüminyumun ekstrüzyonu ve sonuç olarak yığıntı talaş meydana geldiğini belirtmişlerdir. Özellikle kaplamalı olan takımlarda, kaplamanın etkisiz hale gelmesi yığıntı talaş oluşumunu hızlandırmakta ve kesici takımın geometrik formunun değişmesine sebep olmaktadır. Yığıntı talaş ve yığıntı katmanı oluşumları, genellikle işlenmiş yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri ile değerlendirilmektedir. Diğer açıdan, kısa süreli kesme işlemlerinde yığıntı talaşın artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığını tespit etmişlerdir [28].

List ve diğerleri, farklı alüminyum alaşımlarının kuru işlenmesi sırasında kesici takım üzerine yapışan malzemenin mikro yapısal özelliğini incelemiştir. Yığıntı katmanı ve yığıntı talaş oluşumuna termomekanik mekanizmaların neden olduğu ve saf alüminyumun takım talaş yüzeyine bir kaplama şeklinde birikmesiyle Yığıntı kaymanının oluştuğu vurgulanmıştır [29].

B. Akyüz ve S. Şenaysoy AA 6013 ve AA 6082 alüminyum alaşımlarında yaşlandırma işleminin malzemenin mekanik ve işlenebilirlik özelliklerine etkileri incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda, deneyde kullanılan alüminyum alaşımı numuneler 530°C’de ısıtılma işlemi fırınında (8 saat) bekletildikten sonra sıcak suya atılmış (70°C’de) sonrasında ısıtılma işlemi fırınında (180°C’de) farklı sürelerde (1,3,6,9,12 ve 24 saat) bekletilerek yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Yaşlandırma işlemi uygulanan malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişimlere göre işlenebilirlik özellikleri incelenmiştir. Yaşlandırma işlemi sonucunda her iki alaşımın mekanik özelliklerinde iyileşme gözlenmiştir. Yaşlandırma süresinin artmasına

bağlı olarak alaşımların işlenmesi sırasında oluşan kesme kuvvetlerinde artış gözlemlenmiştir. Alüminyum alaşımlarında 6 saat yaşlandırma işlemi sonucunda ideal mekanik özellikler elde edilmiştir. Alaşımlarda, 6 saat yaşlandırma süresi sonucunda elde edilen mekanik özellikler ve işlenebilirlik özellikleri ile 24 saat sonunda ulaşılan değerler arasında önemli bir artış gözlenmemiştir [30].

Ravindra, Sinivasa ve Krishnamurty çalışmalarında, takım aşınması ve kesme kuvvetleri ilişkisi ile ilgili deneyler yapmışlardır. Tornalama operasyonları için kesme kuvveti bileşenlerini bularak takım aşınma zamanı ve aşınma kuvveti ilişkisini açıklamak için matematiksel bir model geliştirmiştir [31].

Literatürdeki çalışmalara ek olarak farklı işleme yöntemlerinde (frezeleme, delme vb.) alüminyum ve diğer malzemelerde meydana gelen yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetlerinin değerlendirilmesi konusunda da birçok çalışma olduğu görülmüştür [32,33].

Literatür araştırmasının değerlendirilmesi

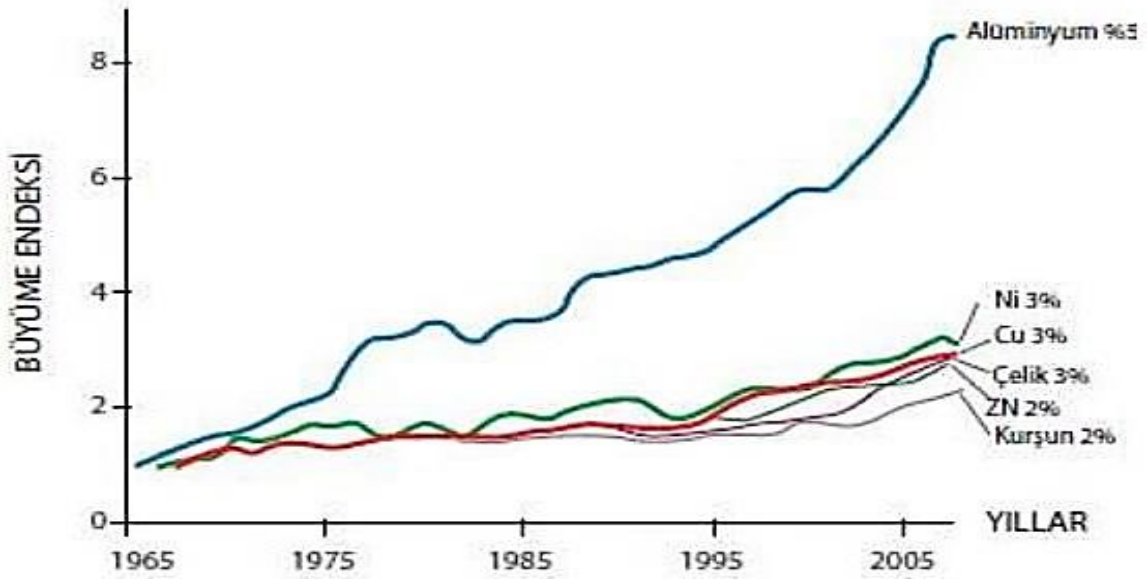
İmalat prosesleri, malzeme, kesici takım ve bunların parametreleri nihai ürünün kalitesini belirleyen en önemli unsurlardır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde AA 6082 T6 ısıtılma işlemi uygulanmış malzeme ile ilgili çalışmalar daha yaygın olarak yer alırken, AA 6082 T4 ısıtılma işlemi uygulanmış malzeme ile ilgili çalışmaların sayısı oldukça azdır. İmalat sektöründe PCD takımlara talaş kırıcı uygulanması yeni bir uygulama olup talaş kırıcı PCD takım ile işleme konusunda ise daha önce yapılmış olan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada PCD kesici takımlara uygulanan talaş kırıcıların yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi AA 6082 T4 malzeme üzerinde yapılan deneylerle birlikte incelenmiştir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları

Çeliğin yaklaşık üçte biri yoğunluğa sahip olan alüminyum, alaşımlandırma ve yaşlandırma ısıl işlemleri ile kolayca yapı çeliklerine yakın dayanıma sahip olmaktadır. Böylece alüminyum alaşımlarının özgül dayanımı (çekme dayanımı / özgül ağırlık) yapı çeliklerinin üç katına çıkmaktadır. Bu nedenle alüminyum alaşımları hafiflik ve dayanımın kritik önem taşıdığı hava ve kara taşıtları üretimine çok elverişlidir. Alüminyumun bir diğer önemli özelliği ise hava ile temas ettiğinde yüzeyinde oluşan oksit tabakası sayesinde yüksek bir korozyon dayanımına sahip olmasıdır [34]. Alüminyum içeren minerallerden saf alüminyumun ayrıştırılması güçtür. Bunun nedeni alüminyum metalinin güçlü elektropozitif iyonlara sahip olması dolayısıyla elektronegatif iyonlar içeren tüm ametallere karşı güçlü bir kimyasal çekiciliğe sahip olmasıdır. Bu yüzden 1825 yılında Danimarkalı bilim adamı H. C. Oersted alüminyumu bileşenlerinden ayırmak için metalik potasyumu kullanana kadar dünyada alüminyum üretimi gerçekleştirilememiştir. Dolayısıyla o yıllarda alüminyum metali altından dahi daha yüksek bir maliyete sahip olmuştur [35]. Alüminyumun saflaştırılması için kullanılan modern elektrolitik prosesler 1886 yılında aynı zamanda ve birbirinden habersiz olarak Amerikalı C. M. Hall ve Fransız P. Héroult tarafından geliştirilmiştir. Ancak yirminci yüzyılın başlarına kadar alüminyum alaşımı pahalı bir meraktan öteye geçememiştir. İlerleyen zamanlarda teknolojinin gelişmesi ve hava-kara taşımacılığı araçlarındaki hem hafif hem de yüksek dayanıma sahip malzeme gereksinimi alüminyum üretiminin hızla artmasını ve alüminyumun günümüzde çelikten sonra en fazla üretimi yapılan metal olmasını sağlamıştır [35].

Şekil 3.1'de dünya genelinde en fazla kullanılmakta olan metallerin artış oranları verilmiştir. Görüldüğü üzere alüminyum kullanımı diğer metallere göre çok daha fazla bir hızla artış göstermektedir. Bu artışın üç temel nedeni vardır. Bunlardan biri alüminyumun mekanik ve fiziksel özellikleri sebebiyle kolaylıkla alternatif malzemeler ile değiştirilebilmesi, ikinci ana sebep ise, artan dünya nüfusu ve artan taleplerden dolayı dünyadaki elde edilebilirliğinin yüksek oluşu, üçüncü sebep ise artan çevre kirliliği, küresel ısınma gibi olayların getirdiği çevre koruma mevzuatlarıdır [36,37].



Şekil 3.1. Dünyada en çok kullanılan metallerin artış oranları [38]

Alüminyumun fiziksel özellikleri, diğer elementlerin çok az miktarda da olsa ilavesinden büyük ölçüde etkilenir. Çizelge 3.1’de %99,99 saflıktaki alüminyumun özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Saf alüminyumun özellikleri [39]

Atom numarası	13
Atom ağırlığı	26,97g/mol
Kristal yapısı	Yüzey Merkezli Kübik (YMK)
Yoğunluğu	2,7g/cm ³
Ergime noktası	660°C
Yeniden kristalleşme sıcaklığı	150°C-300°C
Buharlaştırma noktası	2450°C
Özgül ısısı	0,224cal/g (100°C)
Elastite modülü	72x10 ³ MPa
Poisson oranı	0,33
Kayma modülü	27x10 ³ MPa
Çekme mukavemeti	40-90 MPa
Akma mukavemeti	10-30 MPa
Kopma uzaması	% 10-30

Alüminyum korozyona karşı dayanıklı bir malzemedir. Alüminyumun yüzeyinde meydana gelen kararlı Al_2O_3 tabakası korozyonu önlemekte ve metali korumaktadır. Alüminyum saflaştırıldıkça korozyon direnci ve iletkenliği artmaktadır. Ayrıca soğuk işleme birlikte mekanik dayanımı önemli miktarda artırılabilir [40].

3.1.1. Alüminyum alaşımlarının sınıflandırılması

Alüminyum alaşımlarında kullanılan en önemli alaşım elementleri bakır, magnezyum, silisyum, mangan ve çinkodur [41]. Alüminyum alaşımlarının sınıflandırılmasında Amerikan Alüminyum Birliği (Aluminum Association- AA) sistemi uluslararası standartlarda yaygın olarak kabul görmüştür. Bu sınıflandırma sistemi, alüminyum alaşımlarını temel olarak dövme ve döküm alüminyum alaşımları olarak ikiye ayırmaktadır [42].

Dövme alüminyum alaşımları için dört basamaklı bir numaralandırma sistemi kullanılmaktadır. 2xxx'den 8xxx'e kadar olan gruplarda, ilk rakam temel alaşım elementini, ikinci rakam alaşım modifikasyonlarını göstermektedir. İkinci rakam sıfır ise alaşımda modifikasyon yapılmamıştır. Son iki rakam ise gruptaki farklı alüminyum alaşımlarını ayırmak için kullanılır. 1xxx grubu ise alaşımlandırılmamış safa yakın alüminyumlardır. Bu grupta ilk iki rakam "10" şeklinde yazılırken son iki rakam minimum saflık yüzdesini gösterir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Dövme alüminyum alaşımları için sınıflandırma sistemi [42]

Ana Alaşım Elementi	AA Sistemindeki Gösterimi
Alüminyum $\geq 99\%$	1xxx
Bakır	2xxx
Mangan	3xxx
Silisyum	4xxx
Magnezyum	5xxx
Magnezyum ve silisyum	6xxx
Çinko	7xxx
Diğer elementler	8xxx
Kullanılmayan seriler	9xxx

Döküm alüminyum alaşımları da dövme alüminyum alaşımlarına benzer şekilde dört basamaklı bir numaralandırma sistemi ile tanımlanır. Dövme alaşımlardan farklı olarak kesir işaretiyle diğerlerinden ayrılan son basamak alaşımın döküm ya da ingot halinde olduğunu gösterir. İlk basamak alaşım grubunu, ikinci ve üçüncü basamak 2xx.x'den 8xx.x'e kadar olan gruplarda özel alaşımı, 1xx.x grubunda ise alaşımın saflık yüzdesini belirtir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Döküm alüminyum alaşımları için sınıflandırma sistemi [42]

Ana Alaşım Elementi	AA Sistemindeki Gösterimi
Alüminyum \geq %99	1xx.x
Bakır	2xx.x
Mangan	3xx.x
Silisyum	4xx.x
Magnezyum	5xx.x
Magnezyum ve silisyum	6xx.x
Çinko	7xx.x
Diğer elementler	8xx.x
Kullanılmayan seriler	9xx.x

1XXX serileri

Saf ya da çok az alaşım elementi ihtiva eden malzemelerdir. (Al>%99.00). Bu alaşımlar fazla dayanım istenmeyen korniş, kapı, pencere profili, mutfak eşyaları v.b. yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek korozyon direnci, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, düşük mekanik özellikleri ve yüksek işlenebilirlik ile karakterize edilir. Bu grupta deformasyon sertleşmesi ile az miktarda mukavemet yükselmesi elde edilebilir [43].

2XXX serileri

Bu seride bakır ana alaşım elemanıdır. Seriyeye ısıl işlem gereklidir. Bu serinin korozyon direnci oldukça azdır. Bu alaşımların en iyi özelliklerini elde etmek için katı eriyik ısıl işlemi gereklidir. Isıl işlemin ardından mekanik özellikleri, bazı durumlarda döküm çeliğini geçmektedir. Bakır oranı %12'ye kadar mekanik özellikler üzerinde olumlu etkileri görülmektedir. Bu serideki alaşımlar otomotiv, vagon ve uçak sanayilerinde yüksek dayanım ve hafifliğin gerekli olduğu yerlerde kullanılmaktadır [43].

3XXX serileri

Bu seride ana alaşım elementi mangandır. Mangana'nın alaşım içindeki yüzdesi 1,5 ile sınırlanmıştır. Yapıda ayrıca çok az miktarda demir ve silisyum elementi bulunmaktadır. Korozyona karşı yüksek mukavemet gösterirler. Kolay işlenebilirler. Bu serideki alaşımlar tanklar, toplama kapları ve karavan yapımında tercih edilmektedir [43].

4XXX serileri

Bu serinin ana alaşım elementi silisyumdur. Bu serideki birçok alaşıma ısıl işlem uygulanmaz. %13 den daha çok silisyum içeren alaşımların işlenmesi çok zordur. Düşük ergime sıcaklığı, esneklik ve dekoratif olarak görünümü bu serinin en önemli özellikleri arasındadır. Bu serideki alaşımlar lehim teli, mimari çalışmalar ve radyatör dilimleri imalatında kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek silisyum ihtiva eden dökümler içten yanmalı motorlarda, vites kutularında, silindir ve aynı zamanda nikel gibi elementlerin eklentisiyle de piston imalatında kullanılırlar [43].

5XXX serileri

Magnezyum ana alaşım elementi olarak bu seri alaşımlarda kullanılmaktadır. Yüksek çekme dayanımı, sertlik, aşınma direnci, deniz atmosferinde korozyon direncine karşı ve iyi kaynak edilebilirlik sahip oldukları başlıca özelliklerdendir. %10 oranında magnezyum içeren alüminyum alaşımları tavlama işleminden sonra bütün alüminyum döküm alaşımları içinde çekme mukavemeti, uzama ve darbeye karşı mukavemet açısından en yüksek özelliğe sahiptir. Ana alaşım elementi olarak veya mangana ile kullanıldığı zaman orta yükseklikteki mukavemet değerlerine sahip olan ve ısıl işlem uygulanamayan bir alaşım oluşmaktadır. Bu serideki alaşımlar sertlik ve dayanım istenilen özel konstrüksiyonlar için kullanılmaktadır [43].

6XXX serileri

Alüminyum-magnezyum-silisyum ($AlMgSi$) veya alüminyum-magnezyum silisüd ($AlMg_2Si$) alaşımları olarak bilinen bu alaşımlar, alüminyum ekstrüzyon endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan alaşımlar olup AA 6000 serisi alaşımlar olarak sınıflandırılırlar.

Yaşlandırılabilir alüminyum alaşımlarından olan 6000 serisi alaşımlar oldukça iyi ekstrüde edilebilme kabiliyeti, yüksek korozyon dayanımı, iyi kaynak edilebilirlik, sıcak şekillendirmeden sonra temiz yüzey ve orta derece dayanım gibi özellikler sunmaktadır. Günümüzde ekstrüzyon ile üretilen alüminyum ürünlerinin %80'inden fazlası 6000 serisi alaşımlardan, bunların %70'ini de bu alaşımlardan AA 6063 alaşımı oluşturmaktadır [43].

7XXX serileri

Bu seride ana katkı elementi çinkodur ve %5 civarında alaşıma eklenir. Bu seride dökülebilirliği çinko düşürür. Aynı zamanda çinkolu alaşımlar sıcak çatlama ve soğuma çekmesine sebep olurlar. Bu seride yüksek dayanım özellikleri görülmektedir. Bu seri alaşımları vinç, kamyon kasası ve vidalı makine parçalarının yapımında tercih edilmektedir [43].

8XXX serileri

Alüminyuma diğer bazı alaşım elementleri ilavesi ile elde edilen bir seri olma özelliğine sahiptirler. Örneğin; %2 lityum ihtiva eden alaşımda, hafiflik, yüksek çekme ve akma dayanımı özellikleri görülmektedir [43].

3.1.2. AA 6082 serisinin karakteristik özellikleri

AA 6082 alaşımlarının korozyon dayanımı yüksektir ve çok iyi kaynak edilebilme kabiliyetine sahiptir. T4 ısıl işleminden sonra stabilize edilmiş formda soğuk şekillendirilebilme kabiliyeti çok iyi olup yorulma dayanımları orta seviyelerdedir [43]. AA 6082' ye ait kimyasal bileşim ve mekanik özellikler Çizelge 3.4 ve 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. AA 6082 alaşımının kimyasal bileşimi

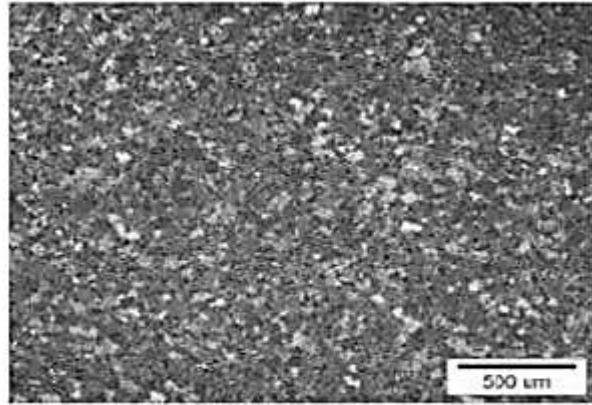
Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Diğer	Al
0,5	0,7-1,3	0,1	0,4-1,0	0,6-1,2	0,2	0,15	0,15	Kalan

Çizelge 3.5. AA 6082 alaşımının mekanik özellikleri

Temper	Akma Mukavemeti (MPa) min-max	Çekme Mukavemeti (MPa) min-max	Uzama (%50) min-max	Sertlik (brinel) Min-max
0	60	130	26	35
T1	70	260	24	70
T4	170	260	19	70
T5	250-275	290-325	19	70
T6	260-310	310-340	19	95



(a)



(b)

Şekil 3.2. 6082 alaşımından 50 mm lik çap ölçüsüne ekstrüde edilen profilin (a) kesit makro ve (b) mikro yapıları [44]

AA 6082 serisinin uygulama yerleri

Otomobil endüstrisinde fren diskleri, fren muhafazaları, dış paneller ve diğer bir çok parçada, demiryolu vagonlarında ağır yapılar, kamyon korkulukları, gemi inşaat sektörü, köprüler, askeri köprüler, bisiklet imalatı, kazan, platform, flanş, hidrolik sistem ve parçalar, maden ekipmanları, pilon, kule, nükleer enerji, gemi direkleri ve kirişleri, iskele boruları ve tüpleri, perçinlerdir [45,43].

3.1.3. Alüminyum alaşımlarına uygulanan ısı işlemler

Isıl işlem, bir malzemenin kazandırılmak istenilen özellikleri doğrultusunda uygun olan sıcaklığa ısıtılması, bu sıcaklık veya sıcaklık aralığında belirli bir süre bekletilmesi ve arkasından uygun bir soğutma hızı ve ortamında belirli bir sıcaklığa soğutulması olarak tanımlanabilir [46].

Enerji türü olan ısı, metal malzemelere uygulandığında o metalin iç yapısını etkiler ve bazı değişiklikler meydana getirir. Meydana gelen bu değişiklikler ısı işlemle birlikte elde edilmek istenen sonucun oluşmasını sağlayan mekanizmanın temelini oluşturmaktadır. Isıl işlem temel olarak;

- i. Malzemenin istenilen mekanik özelliklerini sağlamak
- ii. Aşınma dayanımını arttırmak
- iii. İşlenmesini kolaylaştırmak
- iv. Bir önceki işlemde gelen kalıntı gerilmelerini vs. ortadan kaldırmak
- v. Tane yapısını inceltmek
- vi. Sertliğini arttırmak gibi amaçlar doğrultusunda uygulanmaktadır.

Yukarıda verilen sonuçlara ulaşmak için uygulanması gereken her işlem değişmektedir. Bu işlemlerin gerçekleşmesi için gerekli yöntem, süre gibi etmenler, materyal, sıcaklık değeri de değişebilmektedir [47].

Alüminyum alaşımlarının mekanik özellikleri ısı ve mekanik işlemler ile daha üst seviyelere çıkarılarak, hem hafif hem de yüksek dayanımlı ayrıca yüksek korozyon direnci, ısı ve elektriksel iletkenlik gibi ekstra özelliklere sahip malzemeler üretilebilmektedir.

Isıl işlem en genel anlamıyla bir metalin mekanik özelliklerini, iç yapısını ya da kalıntı gerilme durumunu değiştirmek amacıyla uygulanan ısıtma ve soğutma işlemleridir. Alüminyum alaşımlarına uygulanan ısı işlemler ise, genelde malzemenin dayanım ve sertliğini arttırmak için uygulanan çökeltme sertleştirme işlemleri ile sınırlıdır. Alüminyum alaşımları, ısı işlem uygulanabilen alaşımlar ve ısı işlem uygulanamayan alaşımlar olarak ikiye ayrılabilir. Isıl işlem uygulandığında dayanımında ve sertliğinde anlamlı bir artış göstermeyen alüminyum alaşımları soğuk deformasyon ile sertleştirilebilir [42].

Alüminyum alaşımlarının temel temper durumlarını, üretimden sonra uygulanan mekanik ve ısıl işlemler belirlemektedir. Dört temel temper durumu mevcuttur [48]:

F: Fabrikada üretildiği haliyle, belirli bir özellik elde etmek amacıyla ısıl işlem ya da deformasyon sertleştirilmesi uygulanmayan dövme ve döküm alüminyum alaşımlarını simgeler.

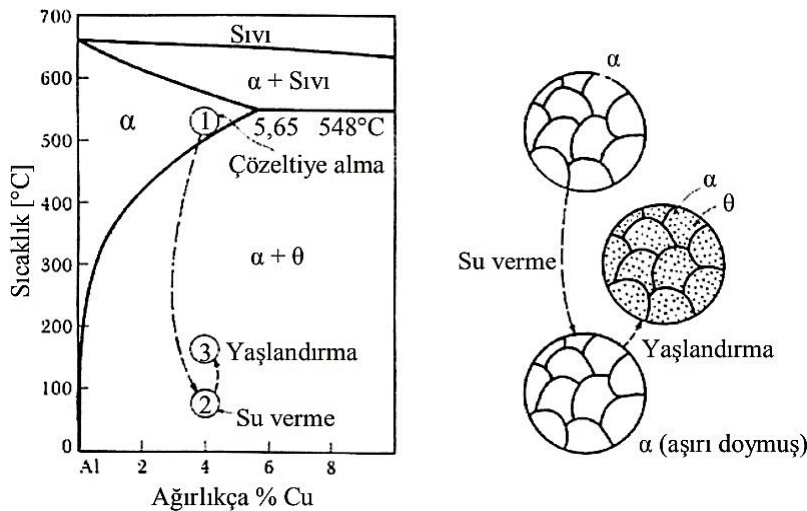
O: Üretimden sonra dayanımı düşürmek ve işlenebilirlik kabiliyetini artırmak için tavlama işlemi uygulanan dövme alüminyum alaşımlarını simgeler.

H: Deformasyon sertleştirilmesi uygulanarak dayanımı artırılan alüminyum alaşımlarını simgeler.

W: Sadece çözeltiye alma işlemi uygulanarak kendiliğinden yaşlanan alüminyum alaşımlarını simgeler. W harfinden sonra doğal yaşlandırma süresi belirtilebilir (Örn. W ½ h.)

T: Çökeltme sertleştirilmesi uygulanmış, ek soğuk şekillendirilme uygulanan ya da uygulanmayan alüminyum alaşımlarını simgeler. H ve T harflerinden sonra gelen rakam temel temper işlemlerinin alt basamaklarını gösterir. Çizelge 3.6'da T temper kodları verilmiştir.

Al-Cu faz diyagramı üzerinde çökeltme sertleştirilmesi safhaları Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3 Al-Cu faz diyagramı üzerinde çökeltme sertleştirilmesi safhaları [49]

Çizelge 3.6. Alüminyum alaşımlarında temper kodlaması [50].

Temper	Temper Kodu	Açıklama
F		Mekanik ve ısı işleme görmemiş (döküm,dövülmüş vb.) halde
O		Tavlanmış ve yeniden kristalleşmiş
	H1x	Soğuk işlem uygulanmış
	H2x	Soğuk işlenmiş ve kısmen tavlanmış(x, farklı sertlikleri ifade etmektedir).
	H3x	Sadece soğuk işlem uygulanmış ve kararlı
	H4x	Soğuk işlem uygulanmış ve malzeme yaşlanmaması için düşük sıcaklıkta ısı işleme stabilize edilmiş(x, stabilizasyon sonrası sertleşme işlemini ifade etmektedir).
W		Çözültüye alınmış
		Yaşlandırma işlemini göstermektedir.
T	T1	Sıcak şekillendirme sonrası soğumuş ve doğal olarak yaşlanmış
	T2	Sıcak şekillendirme sonrası soğumuş ve doğal olarak yaşlanmış, soğuk deformasyon uygulanmış, doğal olarak yaşlandırılmış
	T3	Çözültüye alınmış, soğuk işlenmiş, doğal olarak yaşlandırılmış
	T4	Çözültüye alınmış, doğal olarak yaşlandırılmış
	T5	Sıcak şekillendirme sonrası soğumuş ve yapay olarak yaşlanmış
	T6	Çözültüye alınmış, yapay olarak yaşlandırılmış
	T7	Çözültüye alınmış, stabilize edilmiş(aşırı yaşlanmış)
	T8	Çözültüye alınmış, soğuk işlenmiş, yapay olarak yaşlandırılmış
	T9	Çözültüye alınmış, soğuk işlenmiş, yapay olarak yaşlandırılmış
	T10	Sıcak şekillendirme sonrası soğumuş ve yapay olarak yaşlanmış

Şekil 3.4 Al-Cu faz diyagramı üzerinde çökelme sertleştirme safhaları [50]

Alüminyuma uygulanan ısıtılma safhalarından başlıcaları şu şekildedir;

- i. Çözeltiye alma: Alaşım tek faz (α) bölgesine kadar ısıtılarak θ çökeltileri katı çözelti içerisinde homojen olarak çözünene kadar bekletilir.
- ii. Su verme: Çözeltiye alma aşamasından sonra tek fazlı çözelti ikincil fazların çökmesine izin verilmeden hızla soğutularak aşırı doymuş α katı çözeltisi elde edilir.
- iii. Yaşlandırma: Son olarak kararsız haldeki aşırı doymuş α katı çözeltisi, oda sıcaklığında ya da oda sıcaklığının üstünde, solvüs sıcaklığının altında belirli sürelerde bekletilerek içerisinde çözünmüş halde bulunan θ fazı kararlı bir faz halinde çökeltilir [50].

3.2. Talaş Kaldırma İşleminin Temel Prensipleri

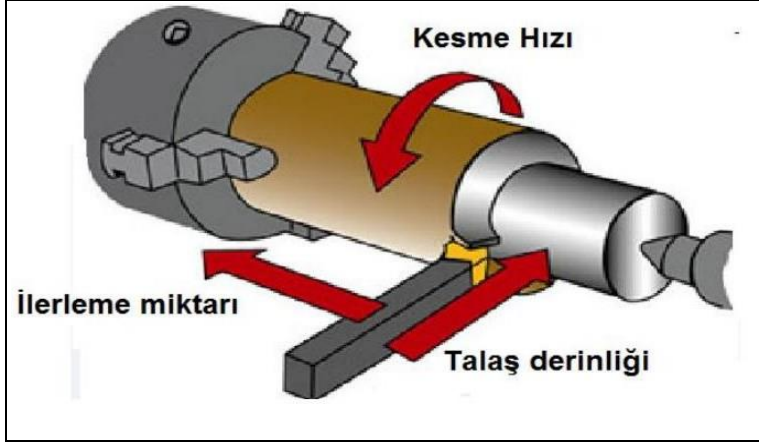
3.2.1. Tornada kesme parametreleri

Bir tornanın efektif çalışması; ilerleme miktarı, kesme hızı ve talaş derinliğine bağlıdır. Tornalama işleminde uygun fener mili hızı ve uygun ilerleme miktarı seçilmemesi zaman kaybettirebilir. Yüzey kalitesi bozulabilir ve işleme maliyeti artabilir. Bundan dolayı iş parçasına ait devir sayısı hesaplanması gerekir. Kaba ve son işlem için uygun ilerlemenin verilmesi ve parça işleme zamanının hesaplanması gerekmektedir. Bu kavramlarla ilgili temel bilgiler aşağıda verilmiştir [51].

3.2.2. Kesme hızı

Kesme hızı, sabit bir kesici takıma göre iş parçasının dönme hızı ile ilgili hareketi olup parça üzerindeki bir noktada takımın dakikada metre cinsinden aldığı mesafe olarak tanımlanır. Kesme hızı V ile gösterilmektedir. Birimi genelde m/dak olarak ifade edilir. Örnek verecek olursak, metal bir parça için kesme hızı 52 m/dak. ise kesici takımın bir dakikada iş parçasının çevresinde 52 m yol alması demektir. Kesme hızı Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Üreticiler kesme işleminin hızlı yapılmasını isterler. Bu nedenle de işlenecek malzeme türleri için doğru kesme parametreleri kullanılması gerekmektedir.

Kesme için yüksek bir hız seçilirse; kesici takım ucu daha çabuk aşınarak bozulur. Bu durumda kesici takımını bilemek ya da yeni bir kesici takım bağlamak gerekmektedir. Bu da zaman kaybına yol açacağı için maliyeti arttırır.



Şekil 3.4. Tornalamada kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği [51]

Kesme hızını düşük tuttuğumuzda ise kesme işlemi daha çok zaman alır. Bununla birlikte parça imalat sayısı düşer. Belirlenen bu hızlar; tezgâh durumuna, iş parçası türüne, malzemenin sertliği veya yumuşaklığı gibi faktörlere bağlı olarak bazı değişiklikler gösterebilir. Dakikadaki fener mili dönme hızını hesaplamak için malzemenin iş parçasının çapı ve kesme hızı bilinmelidir. İş parçasının tezgahın devir sayısı veya dönme hızı iş parçasının dış çapı ile ilişkili olduğundan kesme hızı ile ilişkisi;

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (3.1)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Bu eşitlikte; D : İş parçası çapı (mm), V : Kesme hızı (m/dak.), n : İş parçasının dakikada yaptığı devir sayısını (dev./dak.) ve 1000 sayısı ise makine üretiminde ölçüler mm olarak gösterildiğinden, 1000 mm 1 m'ye eşit olduğundan bu değer m'ye çevrildiğini ifade etmektedir. Bu formül diğer talaş kaldırma işlemleri içinde geçerlidir. İş malzemeleri için uygun olan kesme hızı değerine göre tezgahın fener mili devir sayısı hesaplanır [51].

3.2.3. İlerleme miktarı

İlerleme miktarı, iş parçasının her dönüşünde; birim zamanda takımın iş eksenine boyunca hareket halinde olduğu mesafe veya her bir pasoda kaldırılan talaş miktarıdır. İlerleme miktarı birimi genelde mm/dak veya mm/dev. olup, f ile gösterilir. İş parçası dönme eksenine paralel hareket eder. Alın tornalama işleminde ise dik ilerleme hareketi yapar.

İlerleme birimi işleme cinsine bağlı olarak her devirde mm/dev, her çevrimde mm veya her dişteki ilerleme mm/diş şeklinde olabilir. Şekil 3.4'de ilerleme miktarı şematik olarak gösterilmiştir [51].

3.2.4. Talaş derinliği

Talaş derinliği, talaş kaldırma işleminde üçüncü boyutu göstermektedir ve takımın iş parçası içine dikey daldığı mesafeyi verir. İlk çapla son çap arasındaki farkın yarısına eşittir. Talaş derinliği genelde a ile gösterilir, birimi mm'dir. Diğer bir ifadeyle kaldırılan malzemenin kalınlığıdır ve Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Talaş derinliği;

$$a = \frac{D_1 - D_2}{2} \quad (3.2)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Takım tezgahıyla farklı türde malzemelerin talaş kaldırma işlemine alınması için giriş veri parametrelerinin belirlenmesi gereklidir. Tornalama işlemi için giriş parametreleri; talaş derinliği ve kesme hızıdır, ilerleme miktarı. Devir sayısı da kesme hızına bağlıdır. Kesme hızı ise ilerleme ve talaş derinliğinin yanı sıra daha bir çok faktöre bağlı olup en iyi kombinasyonu belirlemek için daha fazla deney yapmak gerekir. İdeal değerler için tablolar oluşturulabilir. Bu tablolarda kullanılan işleme parametreleri; iş parçası, sertlik ve kesici takım malzemesine göre düzenlenir. Kesme hızı ve ilerleme miktarı ideal kesme şartlarını elde etmek çok önemli iki parametredir ve operatör tarafından ayarlanabilir. Talaş derinliği iş parçasının işlemeden önceki boyutu ve nihai üründe istenilen ölçülere göre tespit edilir [52].

3.2.5. Talaşlı imalatta kesme parametrelerinin yüzey kalitesine etkileri

İmalat niteliği dört ana grupta toplanabilir;

i. İşleme merkezleri açısından farklılıklar;

Takım tezgâhının mevcut mekanizmasında bulunan bozukluklardan, tezgâh bünyesinde bulunan bozuklukların tesirinden, tezgâh ana miliyle tezgâh kayıt-kızak yapısının paralel

olmamasından, işleme merkezinin tüm parçaları ile beraber yataklamalarda bulunan bozukluklar, tezgâh gövdesinin uygun rijitlikte olmamasından ötürü meydana gelir.

ii. Kesici takım bağlama aparatından kaynaklı bozukluklar;

Tezgâhı oluşturan esas parçaların üretim bozukluklarından, takım bağlama aparatlarının rijitliğinin yetersizliğinden ve esas parçalarda oluşan malzeme kayıplarından meydana gelir.

iii. Kesici takım mekanizmasına bağlı bozukluklar;

Kesici takım yer olarak uygun olmayan bir biçimde sabitlenmesi, kesme yüklerinin tesiri altında boyutta farklılıkların meydana gelmesi ve malzeme kayıplarından ileri gelir.

iv. İşlemin gerçekleştiği ortamdan kaynaklı bozukluklar;

Ortamdaki ısının meydana getirdiği elastik şekil değişimleri ve de ortamdaki makinalardan oluşan titreşimlerden ileri gelir.

İşlenen parçanın yüzey yapısını belirleyen etmenler ise şunlardır;

i. Kalıcı şekil değişikliğine uğramış talaşın parça yüzeyinden uzaklaşması,

ii. Kesici takım ve işlenecek malzeme de meydana gelen titreşim,

iii. Kesici takım üzerinde malzeme birikmesi,

iv. Kesici takımın kesici yüzeyinin pürüzlülüğü ve takım ucunda meydana gelen bozukluklar,

v. Parça üzerinde yaklaşık 98 µm boyutundaki fiziksel faktörlerden (çizik vs gibi) oluşan bozukluklar,

vi. Kesici takım ve malzemenin geçici şekil değişimi,

vii. Paso miktarı, kesme şiddeti ve ilerleme,

viii. Kesici takımın şekli [42-43].

3.3. Yüzey Kalitesi (Pürüzlülük)

Ürün kalitesinin belirlenmesinde önemli faktör, üretim öncesi belirlenen toleranslar dahilinde olup olmadığıdır. Bu toleranslardan en önemlilerinden biri de yüzey pürüzlülüğüdür.

Yüzey pürüzlülüğü, maksimum yüzey pürüzlülüğü Rz, ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra gibi

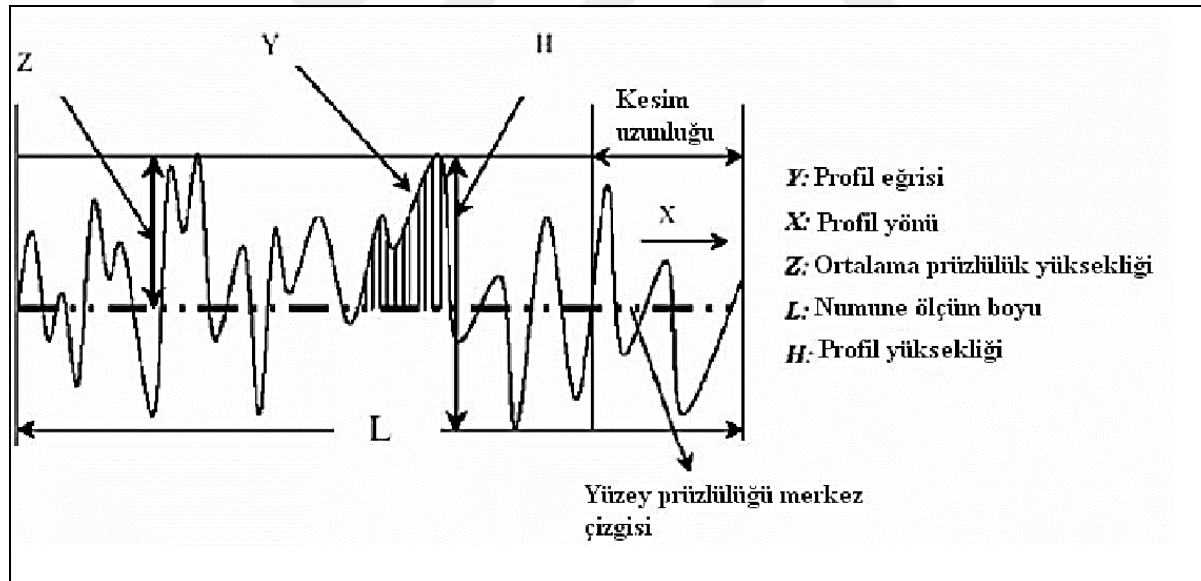
farklı şekillerde ifade edilebilmektedir. Ancak literatür okunduğunda ve imalat sanayi gözlemlendiğinde, R_a ortalama yüzey pürüzlüğünün çok daha fazla kabul gördüğü görülmektedir. Yüzey pürüzlüğünün R_a olarak matematiksel ifadesi Eşitlik 3.5’ de, yüzey pürüzlüğü profili Şekil 3.5’ de sunulmuştur [53].

Tezgah titreşimi, takım işparçası titreşimi, ilerleme, kesici takım geometrisi, kesme parametreleri iş parçası yüzey pürüzlüğünü etkiler. Yüzey pürüzlüğünde etkin faktörler Şekil 3.6’ da verilmiştir.

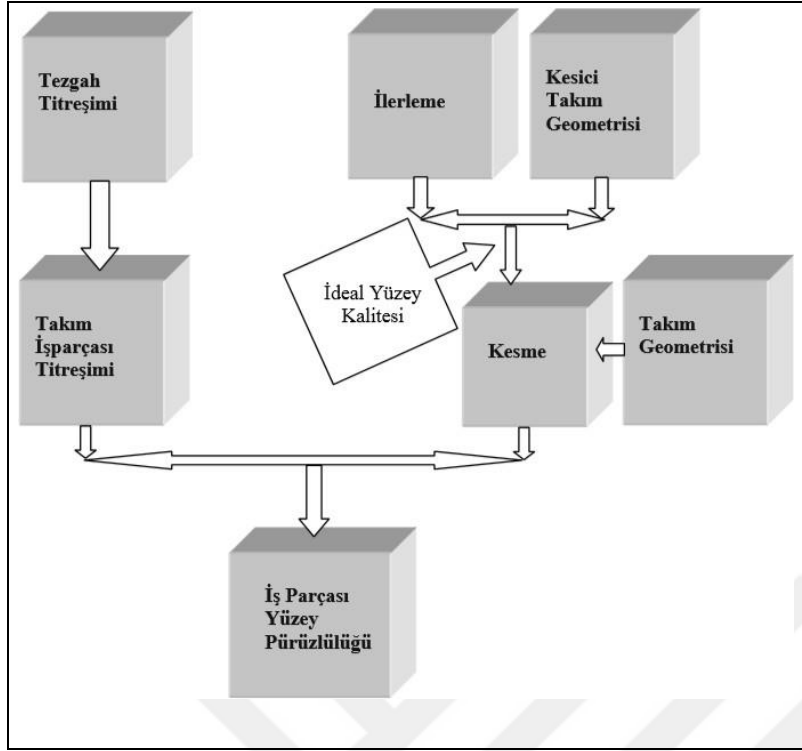
Talaşlı imalatta oluşan bazı yüzey pürüzlük desenlerine örnekler Şekil 3.7’ de verilmiştir.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |Y(x)| dx$$

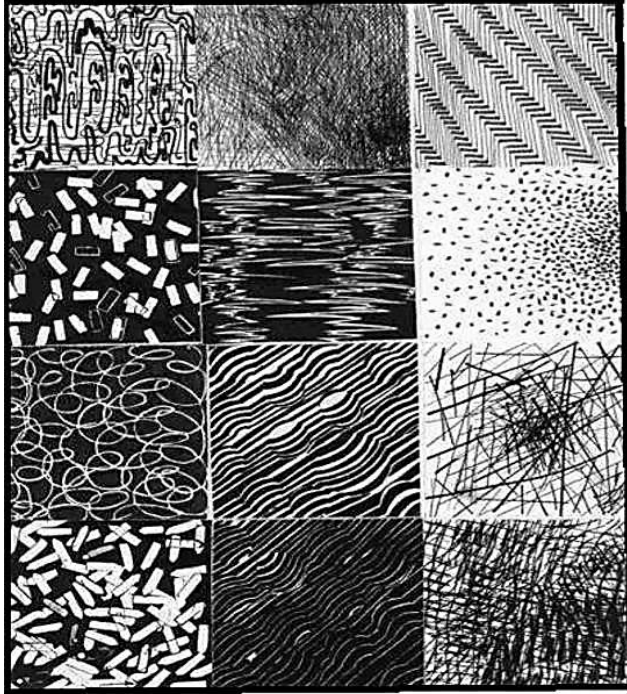
(3.5)



Şekil 3.5: Yüzey pürüzlük profili [53]



Şekil 3.6. Yüzey pürüzlülüğünde etkin faktörler [54]



Şekil 3.7. Yüzey pürüzlülük desenleri [54]

Yüzey pürüzlülük ölçme metotları:

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde yaygın olarak kullanılmakta olan cihaz, temaslı yüzey pürüzlülük ölçme cihazıdır. Cihaz, izleyici kafa ve bir sinyal yükseltici/kuvvetlendiriciden oluşur. İzleyici kafada uç yarıçapı küçük elmas bir iğne vardır. İzleyici kafa pürüzlülüğü ölçülecek yüzeyde otomatik olarak gezdirilir. Yüzeydeki pürüzlülüğünden kaynaklı olarak izleyici kafa iğne hareketlerini elektrik sinyallerine çevirir. Bu sinyaller yükseltici tarafından büyütülür ve cihaza kaydedilir. Göstergedeki değerler referans çizgisine göre yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalamasını (R_a), ortalamanın karekökü (R_q) veya ortalama pürüz yüksekliği (R_z) gibi düzeltilmiş yüzey pürüzlülük değerlerini verir [55].

Yüzey yapısı için en önemli ölçme tekniği mekanik- elektronik cihaz kullanımı olup küçük yarıçaplı elmas iğne, işlenmiş yüzey çizgisi üzerinden geçmesi esnasında yüzey profilinden alınan pürüzlülüğü okuyarak çıktı olarak gösterir. Çok genel olan standart elmas iğnenin eğrilik yarıçapı 10 μm ancak araştırmalarda 2,5 μm kadar küçük radyuslu iğne uçları da kullanılmaktadır [2].

Yüzey pürüzlülüğü; ölçülmek istenen yüzeyin, özelliği bilinen bir yüzeye karşılaştırılması esasına dayanan, izleyici problarla veya optik cihazlarla ölçüm yapılarak ile belirlenir [55].

Yüzey pürüzlülük ölçüm metotları Çizelge 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Yüzey pürüzlülük ölçüm metotları

Ölçme Yöntemi		Uygulama Şekli				Ölçme Hassasiyeti		
		Tahribatlı	Tahribatsız	Temaslı	Temassız	Kaba	Orta	Hassas
1	Dokuma yöntemi			+		+		
2	Mekanik çalışma yöntemi	+		+		+		
3	Hidrolik yöntem		+	+		+		
4	Pnömatik yöntem	+	+		+			+
5	Yüzey dinamometresi			+		+		
6	Kapasitans yöntemi		+		+		+	
7	X ışını yöntemi		+		+			+
8	Elektron mikroskobu Yöntemi		+	+				+
9	Optik mikroskop yöntemi	+	+		+	+		
10	Kesin alma yöntemi			+		+		
11	Karşılaştırma mikroskobu yöntemi		+		+	+		
12	Optik yansıma yöntemi		+	+	+			+
13	Optik parazit alerti yöntemi		+				+	
14	Işık yansıması(interferometri) yöntemi		+	+	+			+
15	Replika (mask) yöntemi		+			+		
16	Standart örnek yüzeyler yöntemi		+		+	+		
17	Işık bantlı miköntemirooskop yöntemi		+		+			+
18	Elektro-fiber optik sistem yöntemi		+		+			+
19	İnterferans mikroskop yöntemi		+	+	+			+
20	Kisilev Profilometresi yöntemi		+	+				+
21	Yaylı tip profilemetreler yöntemi		+	+				+
22	Elektrikle çalışan profilometreler yönt.		+					+
23	Levin profilografi yöntemi		+		+		+	
24	Linnik ikili mikroskobu yöntemi		+		+	+		
25	Hava mastarı yöntemi		+		+	+		
26	Fotoğraf yöntemi		+		+		+	
27	Görsel komperatörler yöntemi		+		+	+		
28	Çok sayıda yüksekliğin masterla okuması		+		+	+		
29	Kaydedici İndikatör yöntemi		+	+			+	
30	İzleyici uçlu cihazlar yöntemi		+	+				+

3.4. Kesici Takım Malzemeleri

Kesici takım malzemesi seçimi, ideal bir talaşlı imalat işlemi planlaması yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli bir faktördür. Her kesici takım malzemesi ve performansı ile ilgili teorik bilgi birikimine sahip olunması uygulamaların seçiminin doğru yapılabilmesi için önemlidir. Dikkat edilecek noktalar, her işlem için gereken işlenecek iş parçası malzemesini, parça tipi ve geometrisini, işleme şartlarını ve yüzey kalitesinin seviyesini içerir.

Bir kesici takım, kesme işlemi sırasında mekanik şoklara (darbelere karşı) dayanmak için yüksek tokluk özelliğine sahip olmalıdır. Ayrıca, kesme işlemlerinde çabuk ısınma ve soğumalar gerçekleştiği için yüksek termal şok direncine sahip olmalıdır. Kesme yaparken kesilen talaşla kesici uç arasında kimyasal bir reaksiyon oluşmamalıdır.

Kesici takım malzemeleri; iç yapıları, ömürleri, imalat yöntemleri, mekanik ve fiziksel özelliklerine göre şu şekilde sıralanabilir: Karbon çelikleri ve takım çelikleri, siyalonlar, coraniteler, elmaslar, CBN, PCBN, yüksek hız çelikleri, sert maden uçlu kesiciler, seramikler, sermetler.

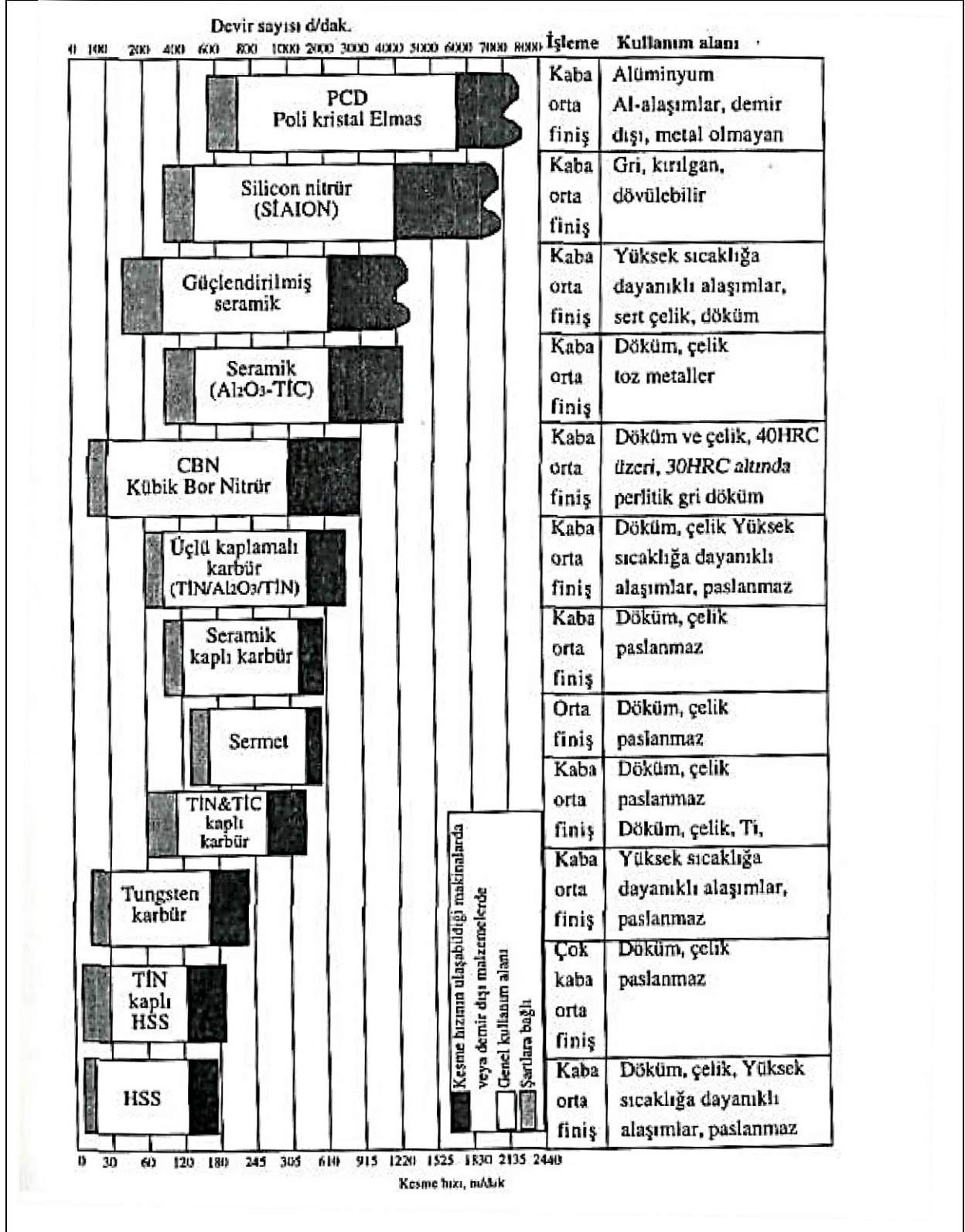
Mevcut işleme şartlarında, yüksek kesme hızı ve ilerleme aralıklarında, kesici takım malzemesinin üç temel özelliği üzerinde durulur:

- i. Aşınma dayanımı (aşınma direnci)
- ii. Kırılma dayanımı (tokluk)
- iii. Yüksek sıcaklıklarda kimyasal kararlılık ve sertlik yeteneği (sıcak sertlik)

İdeal bir takım malzemesinden beklenen özellikler:

- i. Yanak aşınmasına ve deformasyona direnç için sert olması
- ii. Kırılmaya karşı direnç için yüksek tokluğa sahip olması
- iii. İş parçası malzemesine karşı kimyasal olarak reaksiyon göstermemesi (difüzyonu önlemek için)
- iv. Oksidasyon ve çözünürlüğe direnç için kimyasal kararlılıkta olması
- v. Termal (ısı) şoklara (darbelere) karşı yüksek ısı dirence sahip olması söylenebilir. [58]

Kesici takım malzemelerine ait işleme özellikleri, kullanım alanları ve talaş kaldırmada dev/dak cinsinden devir sayıları Şekil 3.8' de verilmiştir.



Şekil 3.8. Kesici takım malzemeleri [56]

Bu çalışmada ÇKE kesici takımların talaş kırıcı uygulamaları ve kesme performansları incelendiği için ÇKE' ler hakkında özel bilgi verilmiştir;

En sert bilinen malzeme doğal elmadır. Sementit karbür veya Al_2O_3 'ten yaklaşık olarak 3-4 kat kadar daha serttir. Anizotropik özellik sergilediği için ölçüm yapılan kristal düzlemine bağlı olarak sertliği 6500–12000 VSD (Vickers Sertlik Değeri) arasında değişir. Yüksek sertliği, yüksek aşınma direnci, düşük genleşme katsayısı düşük sürtünme katsayısı, ısıl şok direncini artıran yüksek iletkenliği ve iyi uç keskinliği tek kristalli elması takım malzemesi olarak tercih edilir hale getirmiştir. Elmas kesici takımlar yüksek sertliklerinden dolayı karbür ve seramik kesici takımlardan, aşınma direnci abrasif aşınma mekanizmasının var olduğu yerlerde çok daha iyidir [57].

Çok Kristalli Elmas (Polycrystalline Diomand – PCD), metalik bir bağlayıcı ile birlikte sinterlenmiş elmas parçacıklarının bir birleşimidir. Bir kesici takım olarak iyi bir aşınma direnci vardır ancak yüksek sıcaklıklarda kimyasal kararlılık eksikliği oluşur ve demirde kolayca çözünür ÇKE takımların uygulama alanları genellikle; yüksek silisyum içerikli alüminyum, metal matrisli kompozitler (MMK) ve karbon fiber takviyeli kompozitler (KFTK) gibi demir içermeyen malzemelerle sınırlanmıştır. Kesme sıvısı temini ile ÇKE, titanyum süper ince talaş işleme uygulamalarında kullanılabilir.

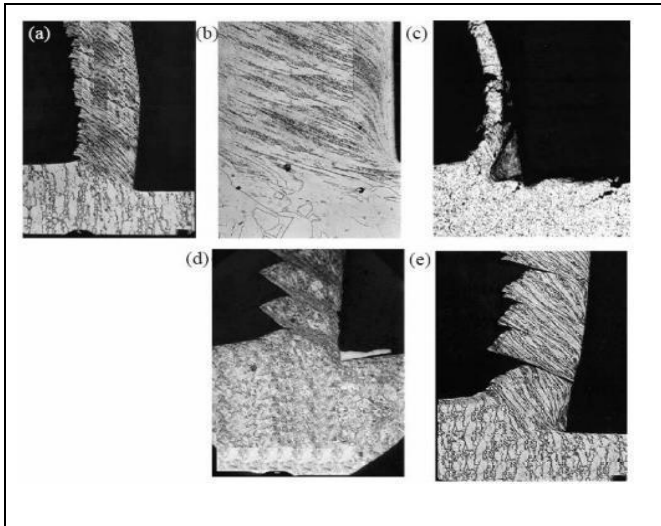
İmalatlarındaki ve daha sonra şekillendirilmelerindeki zorluklar sebebiyle sinterlenmiş ÇKE kesici takımlar geleneksel sementit karbür veya seramik kesici takımlardan daha pahalıdır. Maliyetli olmalarına karşılık, takım ömrünü artırdığı ve bundan dolayı parça birim işleme maliyeti azalttığı için ÇKE kesici takımlar birçok uygulama alanına sahip olmuşlardır [58].

ÇKE kesici takımlar yapay elmasın grafitik karbondan çok yüksek sıcaklık ve basınç altında üretiminden sonra kullanılmaya başlanmıştır. Çok fazla çeşit boyut ve şekillerde üretilen elmas parçacıklar bir metalik birleştirici ile birlikte bir araya getirilerek sıcak presleme yöntemiyle çok yüksek basınç altında kesici takım geometrisinde üretilir. Genellikle 0,5–1 mm kalınlığındaki ÇKE, sementit karbür alt katman üzerinde kesici takım olarak kullanılır [59].

ÇKE kesici takımın birçok uygulaması için pozitif talaş açısı tavsiye edilmektedir. Bu kesici takımlarla işleme yapılırken yığıntı talaş problemi meydana gelirse kesme hızının ve talaş açısının artırılması gerekir. Diğer yandan, kesici uç kırılması veya küçük kırılmaların problem olması halinde, ilerleme hızının düşürülmesi gerekir. ÇKE ile işleme sırasında genellikle soğutma sıvısı kullanılmaz. ÇKE takımlar aşındıkları zaman bilenebilirler [58].

3.5. Talaş Oluşumu

Talaş oluşumu ile ilgili değişik yaklaşımlar olmasına rağmen, genel olarak talaşları; sürekli, süreksiz ve segmentli şeklinde gruplandırmak mümkündür. Şekil 3.9'da (a) sürekli talaş, (b) Talaş takım arayüzündeki ikincil kayma bölgesi, (c) BUE li sürekli talaş (d) segmentli ve homojen olmayan talaş (e) süreksiz talaş görülmektedir. Sürekli talaş; gevrek malzemelerin yüksek kesme hızlarında işlenmesinde oluşmaktadır. Bu durumlarda talaş kırıcıya sahip kesici takımların kullanılması önerilmektedir. BUE ile sürekli talaş yüksek plastik deformasyon sonucu oluşmaktadır. Her iki durum da otomasyon için iyi değildir. Segmentli talaşlar düşük ısı iletkenliği olan malzemelerin işlenmesinde oluşmaktadır. Süreksiz talaşlar ise sünekliği nispeten fazla olan veya negatif talaş açılı takımlarla işlenen malzemelerde oluşmakta olup, otomasyon için iyidir [60].



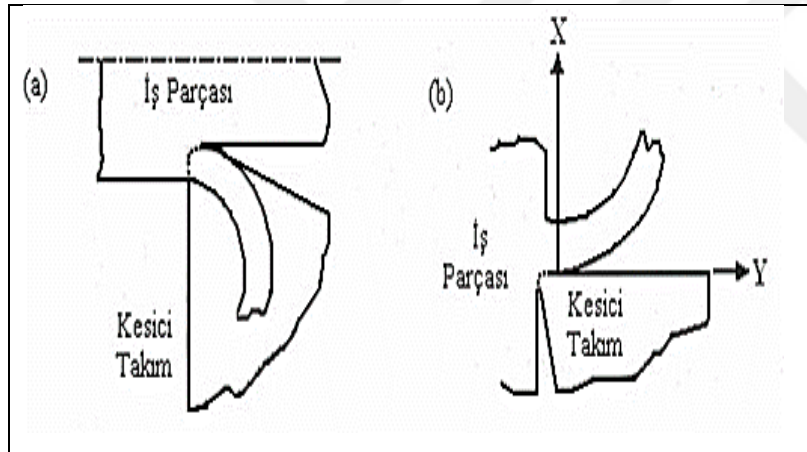
Şekil 3.9. Talaş Oluşum Biçimleri

Takım geometrileri oluşturulurken hızlı, yavaş ilerleme ve kesme hızlarını, farklı kesme derinliklerinde talaş kaldırma işlemlerini sağlayabilecek özellikleri sağlamak için tasarlanmak zorundadır.

Talaş kırılması ile ilgili araştırmaların üç önemli konusu; talaş akışı, talaş eğrisi ve talaş kırılmasıdır. Talaş kıvrımının ve sonuç olarak talaş kırılma prosesinin doğal olarak talaş akışına ve yönüne bağlı olduğundan dolayı, imalatta talaş kırma modellerinin geliştirilmesi için en mantıklı yaklaşım talaş akış yönünün anlaşılmasıdır. Talaş iki akış yönüne sahiptir (Şekil 3.10);

- Yanal talaş akışı- talaş takım yüzeyinin üzerinden akar.
- Yukarı doğru talaş akışı- Talaş kesici köşeye dik düzlemde akar.

Yukarı doğru talaş akışı 1962 yılında Johnson tarafından ortaya atılmıştır. Bunu 1993 yılında yanar talaş akışı kavramı ile I.S.Jawahir takip etmiştir. Üç boyutlu talaş akışı ve sonuç olarak üç boyutlu talaş kıvrımı ve kırılması; bu iki akış yönünün birleşiminin etkisi ile olmaktadır [59].



Şekil 3.10. (a) Yanal kıvrımlı talaş ve (b) yukarı kıvrımlı talaş [14]

İmalatta, talaşlardaki farklılıklar genellikle şekil ve uzunluklardır. Talaşlı imalatta, uzun talaşlar; işlenmiş yüzeylere, kesici uca ve işleme operasyonuna zarar vereceğinden dolayı kısa talaşların oluşması tercih edilir. Bu sebepten dolayı, imalat prosesinde talaş kırmanın optimizasyonu çok önemli bir araştırma konusudur. Talaşın etkili bir şekilde kontrol edilmesi; imalat prosesinin güvenilirliğini, daha kaliteli yüzey elde edilmesine ve üretimin artmasına katkı sağlayacaktır.

Talaş kırma çevrimli bir prosestir. Her çevrimde talaş biraz daha kıvrılarak akmaktadır. Talaş, iş parçası yüzeyine veya kesici takıma temas edip, onlar tarafından engellenene kadar akmaya devam eder. Talaş kırıcı açısı, talaş akmaya devam ettiği sürece küçülür.

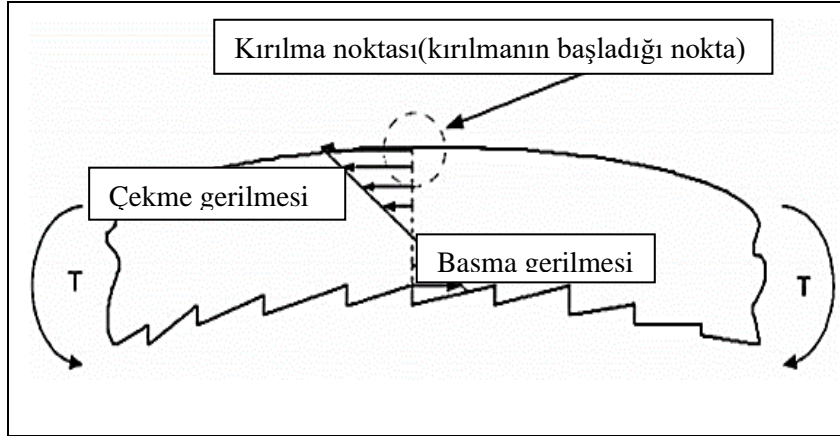
Talaş eğrisi, deforme edilip kırılacak kadar olunca, talaş kırıcı tarafından kırılarak, yeniden talaş oluşumu başlar.

İki temel talaş kırma modeli vardır;

- i. İş parçası temas yüzeyi ile talaş kırma,
- ii. kesici takım yan yüzeyine temas ile talaş kırma modeli

Birincisinde, talaş işlenen yüzeye temas ederek kırılabilir. Bu durum, talaşın yanal kırılmasına veya eğri oluşturmaya neden olur. İkincisinde ise talaş, işlenmiş yüzeye temas ederek kırılarak yukarı kıvrımlı talaş oluşumu görülür [61].

Talaşın kırılması yay burulmasına benzetilebilir. Bundan dolayı, talaş eğilme gerilmesinden dolayı kırılmaktadır. Talaştaki bu eğilme, talaş üzerinde çekme ve basma gerilmelerine neden olmaktadır. Ancak, talaş kırılması, talaş eğrisinin dış kısmında oluşan çekme gerilmesinden dolayı olmaktadır (Şekil.3.11). Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuç, talaşlar genellikle segmentlerdeki bağlantı noktalarından kopmaktadır. Bu durumda, talaş kırılmasındaki toplam alanın kayma düzlemindeki alana eşit olduğu kabul edilebilir [62].



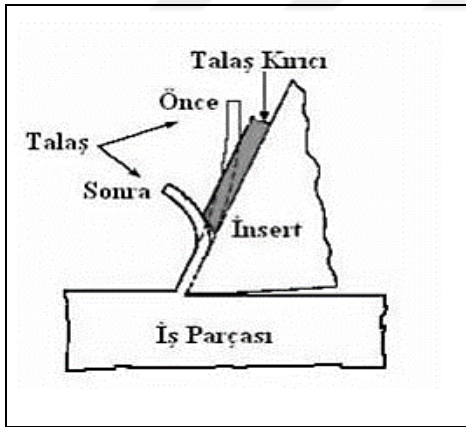
Şekil 3.11. Talaşta kırılmaya neden olan eğilme gerilmesi [62]

Talaş kırmak için üç yol vardır [61];

- i. İşleme şartlarının değiştirilmesi
- ii. Kesici takımın geometrik özelliklerinin değiştirilmesi
- iii. Talaş kırıcı veya talaş kırma yivinin tasarımı ve kullanımı.

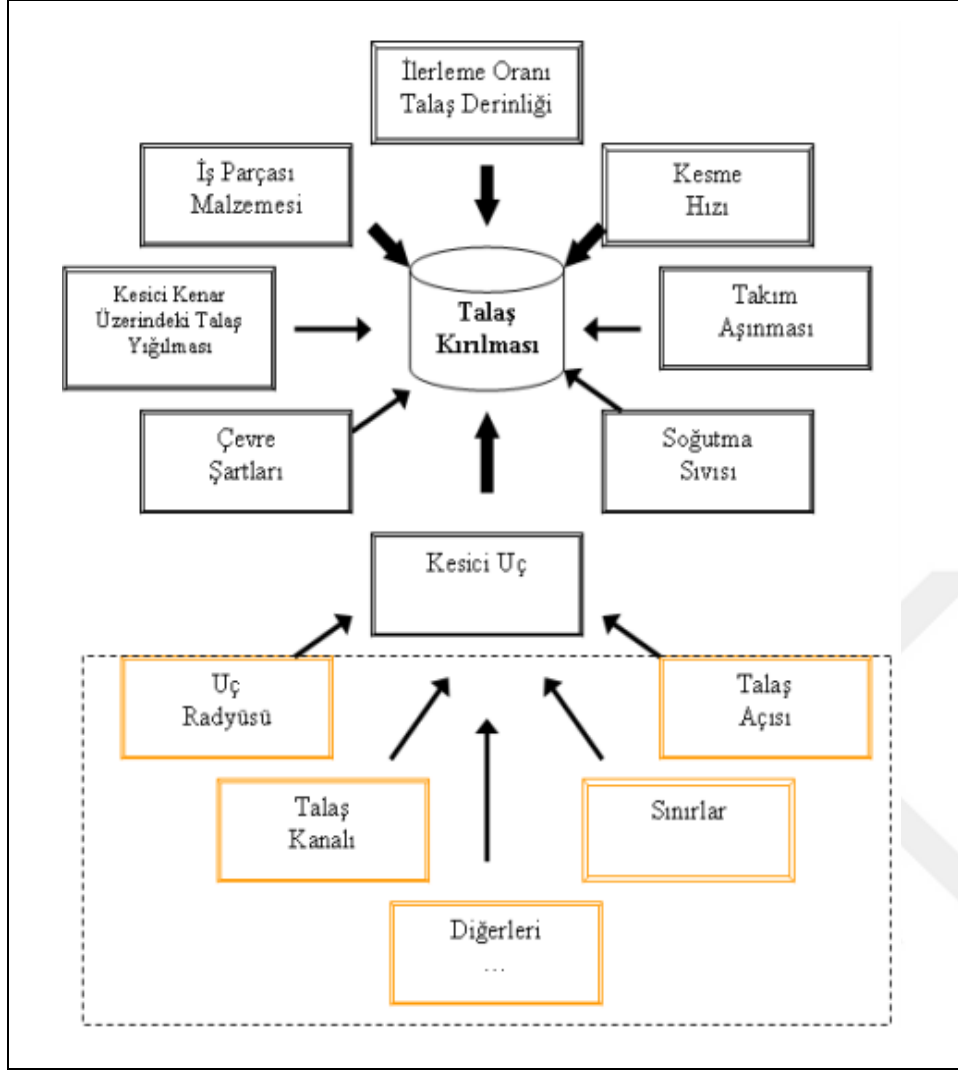
Talaş derinliğinin veya ilerleme oranının artırılması, talaşın kırılabilirliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Ancak, endüstride işleme prosesini limitlediği için çok pratik bir yöntem değildir. Böylece, talaş kırmak için kesici takımın geometrik özelliklerinin tasarımı ve talaş kırıcı veya talaş kırma yivinin optimizasyonu daha etkili bir yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Talaş kıvrımının doğal yapısından dolayı kırılması zordur. Endüstride, kesici takımlar genelde yivli yapılarak, talaş kırma işlemi kolaylaştırılır. Talaş kırıcı, talaşın kolay kırılmasına yardım eder ve özel durumlarda bu yiv, takımın kesme yüzeyindeki sürtünmeyi azaltarak, metal kesmedeki güç tüketiminin azaltılmasına yardımcı olur [61].

Şekil.3.12 de talaş kırıcının talaş oluşumuna ve kırılmasına etkisi görülmektedir. Talaş kırıcı geometrisi bulunmayan bir kesici takımla yapılan tornalama işlemi esnasında talaş, ilk oluşum esnasında kıvrılmayacağı için, kesici takıma ve iş parçasına dolaşma olasılığı artmaktadır. Ancak talaş kırıcılı bir kesici takımda, talaş kırıcıya çarparak kıvrılmaya ve eğilmeye zorlanmaktadır. Kıvrılan talaş, iş parçasına temas ederek eğilme gerilmelerine maruz kalır, belli bir süre sonra kırılmaktadır. Böylece talaş kırıcı fonksiyonunu yerine getirmekte ve talaşın kısa sürede kırılmasına yardımcı olmaktadır.



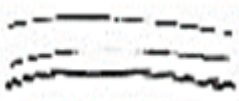
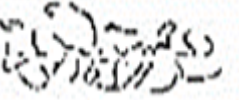

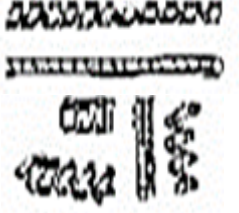
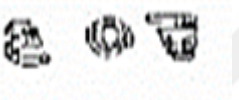
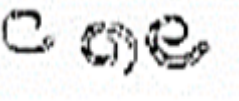
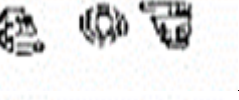
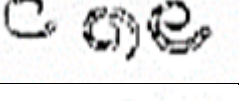
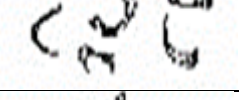
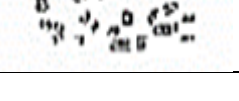
Şekil 3.12 Talaş kırıcının etkisi [62]

İş parçasının özelliklerine bağlı olarak kesici takımlarda tasarımı yapılabilmektedir. Özellikle yiv tasarımında, talaşın muhtemel kalınlığı ve akması istenilen yön dikkate alınması gereken özelliklerdir. Ancak tüm bunlar da kesme parametreleri ile iş parçasının mekanik özelliklerine bağlıdır. Talaşın kırılmasında etkin faktörler, Şekil.3.13' de topluca verilmiştir.



Şekil 3.13 Talaş kırılmasını etkileyen faktörler [61]

Kesme prosesinde, iş parçası özellikleri dikkate alınarak belirlenen kesme şartları ile yapılacak işleme neticesinde değişik geometrik özelliklerde talaşlar oluşmaktadır. Oluşan talaşların, şekillerinin sınıflandırması CIRP, ISO ve bazı araştırmacılar tarafından yapılmış ve adlandırılmıştır. Ancak bu sınıflandırmalar birbirine oldukça yakındır. Bu çalışmada, ISO sınıflandırması baz alınmıştır (Şekil.3.14). ISO'ya göre genel olarak on farklı tipte talaş geometrisi veya diğer bir ifade ile şekli vardır. Bunlar da kendi içinde "kararsız kabul edilebilir" ve "kararlı" şeklinde sınıflandırılmıştır. Kararlı olarak isimlendirilen talaşların elde edildiği imalat prosesinde ideal talaş geometrisine ulaşıldığı ve buna bağlı olarak elde edilen yüzey kalitesinden oluşan kesme kuvvetlerine kadar birçok parametrenin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu tahmini doğru olarak kabul edilebilir [63].

1		Şerit şekilli talaş
2		Dolaşık şekilli talaş
3		Sarmal talaş
4		Helisel talaş
5		Uzun boru şekilli talaş
6		Kısa boru şekilli talaş
7		Spiral boru şekilli talaş
8		Spiral talaş
9		Uzun virgül şekilli talaş
10		Kısa virgül şekilli talaş

Şekil 3.14. Talaşların sınıflandırılması [63]



4. MALZEME VE METOT

4.1. Deney Numuneleri

Bu çalışmada AA 6082 T4 alaşımının PCD talaş kırıcsız ve PCD talaş kırıclı takımlar ile işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri değerlendirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Mercedes-Benz firmasının fren disklerinde kullanılan malzeme olarak seçilmiş ve malzeme Mercedes-Benz Ar-Ge Merkezi tarafından tedarik edilerek çalışmalar için gönderilmiştir. Bu AA 6082 T4 malzeme numuneleri 100mm çapında 170mm boyundadır. DTS GmbH (Almanya) firmasına ait talaş kırıclı ve kırıcsız ÇKE takımlar temin edilmiştir. Deney numunelerinin kimyasal kompozisyonu Çizelge 4.1’de, mekanik özellikleri ise Çizelge 4.2’de verilmiştir. Deneyler sırasında ayna ve punta arasına tezgâha bağlanmış olan numuneler üzerinden deneyden önce 1 mm talaş alınarak sabit talaş kesitinin sağlanması için parçanın silindirik bozuklukları ve dış katmanında homojen olmayan sertliğin olumsuz etkileri ortadan kaldırılmıştır. Bu işlem kesme kuvvetlerinin kararlı davranış göstermesini sağlamak ve başlangıçta takım aşınmasının olumsuz etkilenmesini önlemektedir. Her bir deney numunesinde işleme esnasında oluşan esas kesme kuvveti (Fc), ilerleme kuvveti (Ff) ve pasif kuvvet (Fr) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan AA 6082 alaşımı-T4 alaşımının kimyasal bileşimi (% ağırlıkça)

Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Al
0,5	0,95	0,1	0,5	0,75	0,1	0,1	Kalan

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan AA 6082-T4 alaşımının farklı temperleme işlemleri ile elde edilen mekanik özellikleri

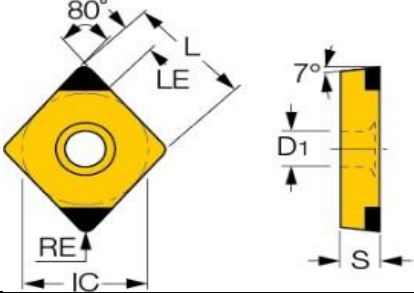


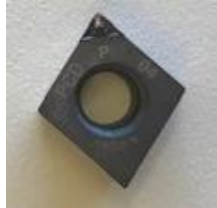



Temper	Akma Mukavemeti (MPa) min-max	Çekme Mukavemeti (MPa) min-max	Uzama (%50) min-max	Sertlik (brinel) Min-max
T4	170	260	19	70

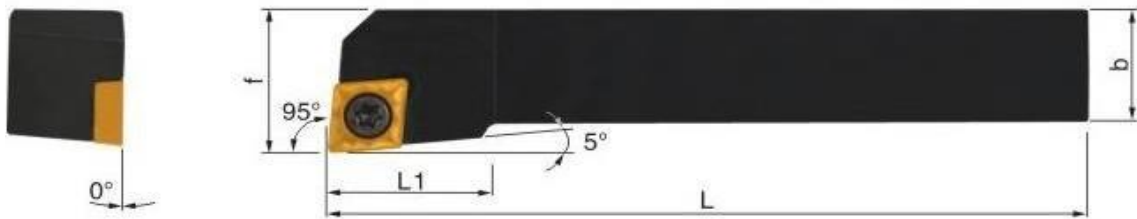
4.2. Kesici Takımlar ve Kesme Parametreleri, Takım Tutucu, Takım Tezgâhı

İşlenebilirlik deneyleri DTS GmbH (Almanya) takım firması tarafından lazer bileme yöntemiyle farklı talaş kırıclı geometrilerine sahip üretilmiş ve Çizelge 4.3’te verilen 304

SPL-P, 304 SPL-N, 308 SPL- P, 308 SPL- N, olarak kodlanmış dört farklı talaş kırıcılı ve talaş kırıcısız formunda iki farklı tip (304 FN, 308 FN) takım ile yapılmıştır. Takım tutucu olarak ISO 5608'e uygun Resim 4.1' de verilen SCLCR 2020 K09 takım tutucu kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Deneilerde kullanılan kesici takımlar 304 SPL-P, 304 SPL-N, 308 SPL- P, 308 SPL- N, 304 FN, 308 FN

	304	308
FN (Kırıcısız)		
SPL-P		
SPL-N		



Resim 4.1. SCLCR 2020 K09 takım tutucu

Deneysel çalışmalarda kullanılan parametreler, malzemenin teminine katkı sağlayan Mercedes-Benz firmasının talepleri doğrultusunda, takım üretici firmanın (DTS GmbH) önerdiği değerler baz alınarak özellikle ‘kesme derinliği’ parametresindeki değişimleri gözlemleyecek şekilde belirlenmiştir. Çalışmada sabit ilerleme miktarı (0,14 mm/dev), iki farklı kesme hızı (200 ve 400 m/dak) ve altı farklı kesme derinliği (0,02; 0,06; 0,1; 0,14; 0,2; 0,26 mm) kullanılmıştır (Çizelge 4.4) Deneyleerin tamamı kuru kesme şartlarında yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Kesme parametreleri

İlerleme miktarı-f (mm/dev)	Kesme Hızı-V (m/dak)	Kesme Derinliği-a (mm)
0,14	200	0,02
		0,06
		0,1
		0,14
		0,2
		0,26
	400	0,02
		0,06
		0,1
		0,14
		0,2
		0,26

Deneyleer Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümünde bulunan, FANUC kontrol ünitesine sahip ‘Johnford TC-35’ sanayi tipi CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Tezgâhın gücü 10 KW olup, tezgâh iş mili değişken kademesiz hıza sahiptir ve 3500 dev/dak’ya kadar çıkabilmektedir.

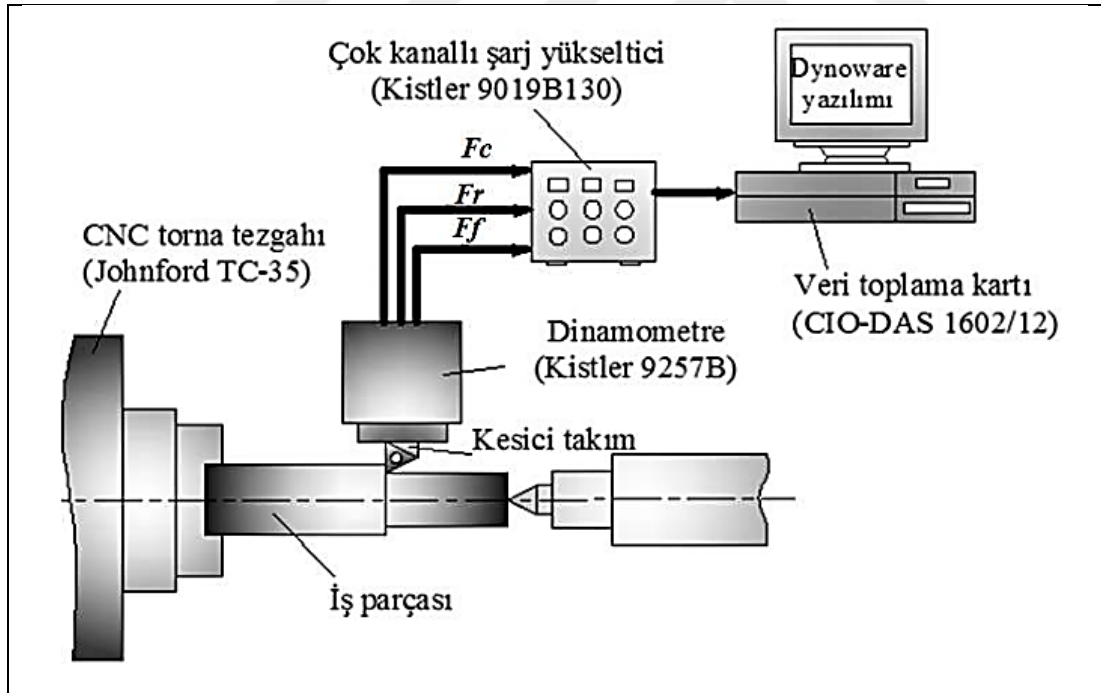
4.3. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Kesme kuvvetlerinin deneysel olarak belirlenmesi için üç kesme kuvveti bileşenini (Fx, Fy, Fz) aynı anda ölçme kapasitesine sahip, kuartz kristal esasıyla çalışan KISTLER 9257-B tipi dinamometre ve Kistler Type 5070 yükseltici kullanılmıştır. Dinamometrenin teknik özellikleri Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. KISTLER 9257 dinamometre teknik özellikleri

Ölçme Aralığı	F_x, F_y	-5....5 kN
	F_z	-5....20 kN
	M_z	-200...200 Nm
Hassasiyet	F_x, F_y	-7.8 pC/N
Hassasiyet	F_z	-3.5 pC/N
Hassasiyet	M_z	-160 pC/Nm
Kapasitans	F_x, F_y, F_z	185 pF
Kapasitans	M_z	420 pF
Doğrusallık		$\% \leq \pm 1$ FSO
Histezis		$\% \leq 1$ FSO

Veriler Şekil 4.1’de görülen amplifikatör yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmakta ve bu değerler Dynoware programı yardımı ile sayısal değerlere dönüştürülmüştür.



Şekil 4.1 Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinin şematik diyagramı [64]

4.4. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Yüzey pürüzlülüğünü belirlemek amacıyla, işlenmiş yüzeylerde ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerini ölçmek için portatif bir yüzey pürüzlülük cihazı olan Mahr Perthometer M1 cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri

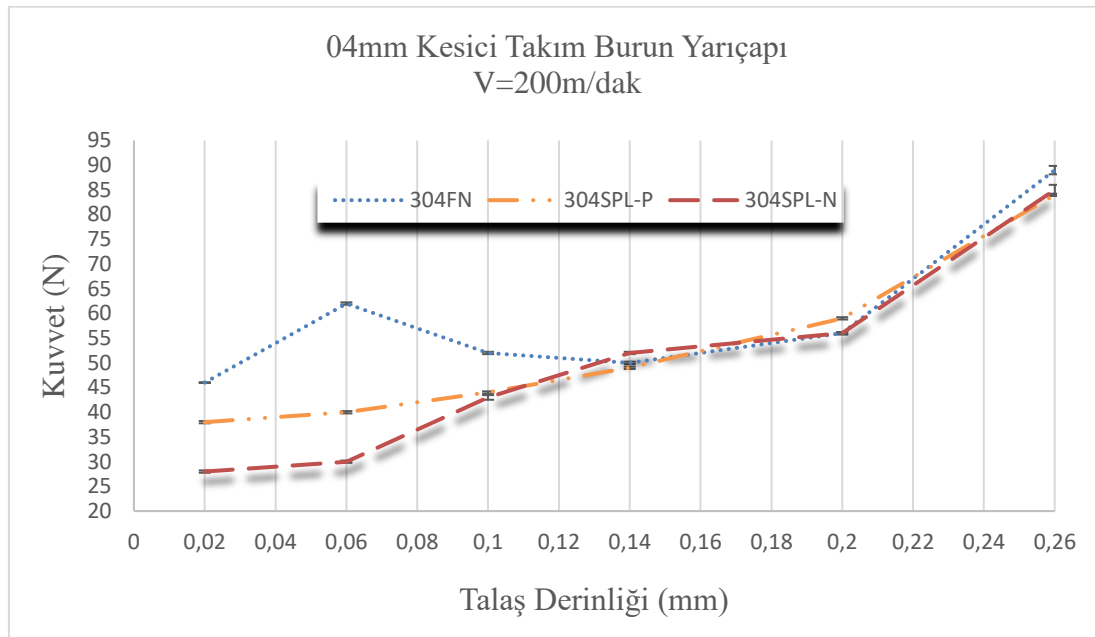
Model M1	Model M1
Tarama hızı	0,5 m/sn
Tarama kuvveti	0,75 mN
İğne uç yarı çapı	2 μ m
Ölçüm aralıkları	100-150 μ M
Profil çözünürlüğü	12mm
Filtre	Gaussian
Örnekleme uzunluğu (λ)	0,25-0,8-2,5 (mm)
Ölçme uzunluğu (l)	1,75-5,6-17,5 (mm)
Ölçülebilen parametreler	Ra, Rz, Rmax



5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

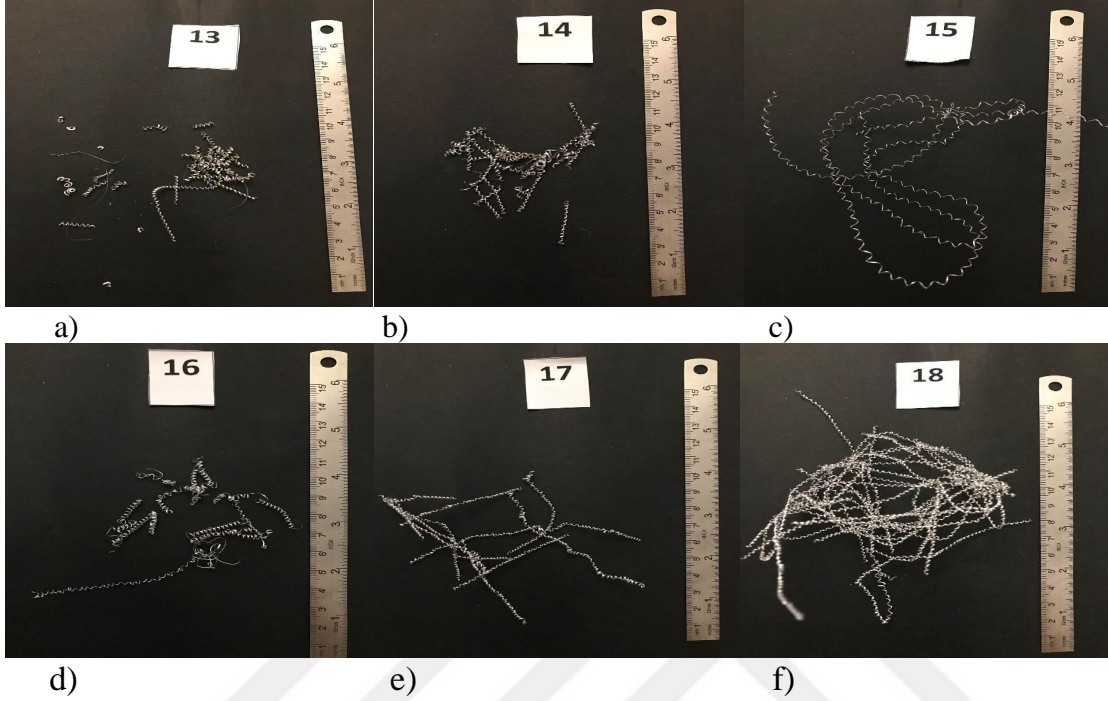
Deneysel sonuçlarda elde edilen kesme kuvvetleri değerlerinin, 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip (304) takımlar ile yapılan deneylerde kesme hızı ve kesme derinliğine göre değişimini gösteren grafikler sırasıyla Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.1. 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında, talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi

Şekil 5.1’deki grafik incelendiğinde hata değerlerinin oldukça az olduğu ve her bir takım için anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. 200 m/dak sabit kesme hızında 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda genel olarak en yüksek kesme kuvvetlerinin kırıcısız takımlarla yapılan deneylerde elde edildiği görülmektedir. Bununla birlikte en düşük kesme kuvvetlerinin ise talaş kırıcı formuna sahip SPL-N kodlu takımlarla yapılan deneylerde elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. İstisnalar haricinde kesme derinliğinin artması sonucunda kesme kuvvetleri de artmıştır. Kesme derinliğinin artması kesilen talaş hacminin artmasına sebep olduğundan kesme kuvvetlerini de arttırmıştır. Ayrıca artan kesme derinliği ile birlikte kırıcılı takımlar ile elde edilen kesme kuvvetlerinin takımlarla elde edilen değerlere yaklaştığı görülmektedir.

Resim 5.1’de verilen talaş resimleri incelendiğinde artan kesme derinliği neticesinde talaş kırıcı formuna sahip SPL-P kodlu takımda talaşların kırılmadığı gözlenmiştir.



Resim 5.1. 200 m/dak kesme hızı ve 0,14 mm/dev ilerleme miktarında SPL-P kodlu takımda kesme derinliğine göre oluşan talaş biçimleri (a) 0,02mm (b) 0,06mm (c) 0,1 mm (d) 0,14 mm (e) 0,20 mm (f) 0,26 mm

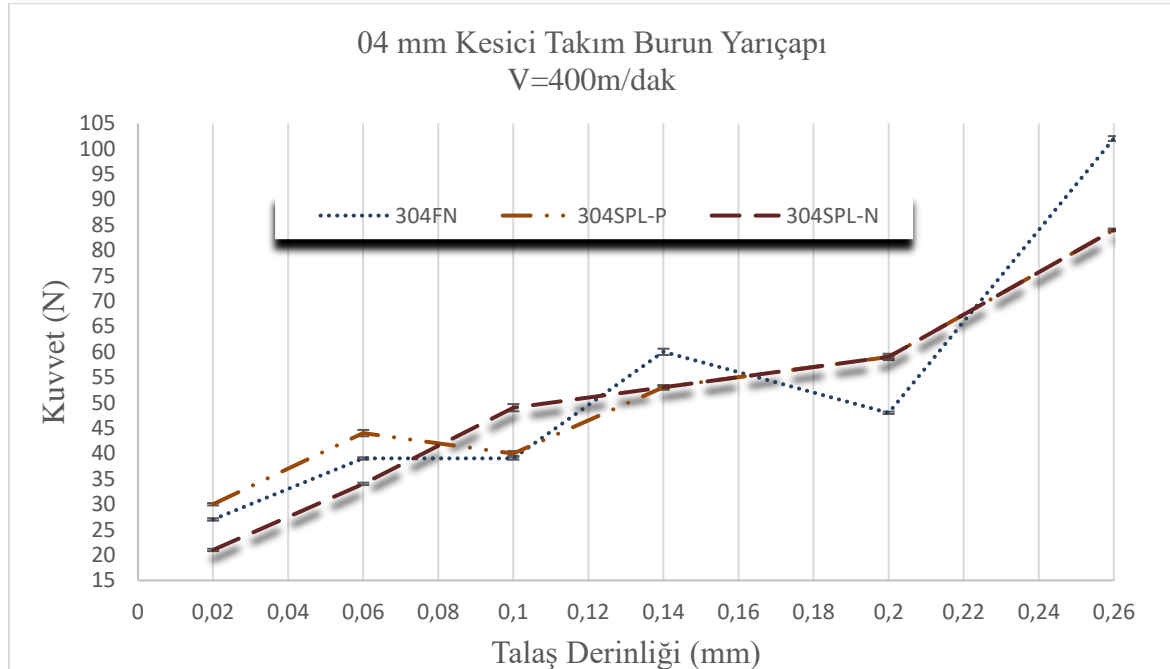
Resim 5.1’deki talaş biçimlerinden görüleceği gibi, artan kesme derinlikleri ile kırılmayan talaş deney numunesine sarılma eğilimi göstermiş ve bu da talaşın yeniden kesilmesine sebep olarak kesme kuvvetlerinin artmasına yol açmıştır. Deneylerin tamamında elde edilen talaşlara ait resimler Ek’lerde detaylı olarak verilmiştir.

Talaş kırıcı geometrisine sahip olmayan takımlar için ise bu düzenli eğilimden söz etmek mümkün değildir. Her ne kadar kesme kuvvetleri düşük değerlerde meydana gelmiş olsa da talaş kırıcı formuna sahip takımlarda düzenli eğilim olmasının takım ömrünü olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Talaş kırıcısız 304FN takımlarda kesme derinliğinin 0,02 mm’den 0,26 mm’ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %93 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 46 N’dan 89 N’a çıkmıştır. 304SPL-P kodlu takımda ise kesme derinliğinin 0,02 mm’den 0,26 mm’ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %121 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 38 N’dan 84 N’a çıkmıştır. Bununla birlikte 304SPL-N kodlu takımda kesme derinliğinin 0,02 mm’den 0,26 mm’ye

çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %200 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 28 N'dan 85 N'a çıkmıştır.

0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlar ile 400 m/dak kesme hızında, kesme derinliğine bağlı olarak değişen kesme kuvvetleri Şekil 5.2'deki grafikte gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde hata değerlerinin oldukça az olduğu ve her bir takım için anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. 200 m/dak kesme hızında olduğu gibi en yüksek kesme kuvvetlerinin kırıcısız takımlar ile yapılan deneylerde elde edildiği görülmektedir. Bununla birlikte SPL-P ve SPL-N kodlu takımlar ile yapılan deneylerde kesme derinliği arttıkça kesme kuvvetlerinde birbirine yaklaşma eğilimi gözlenmiştir.

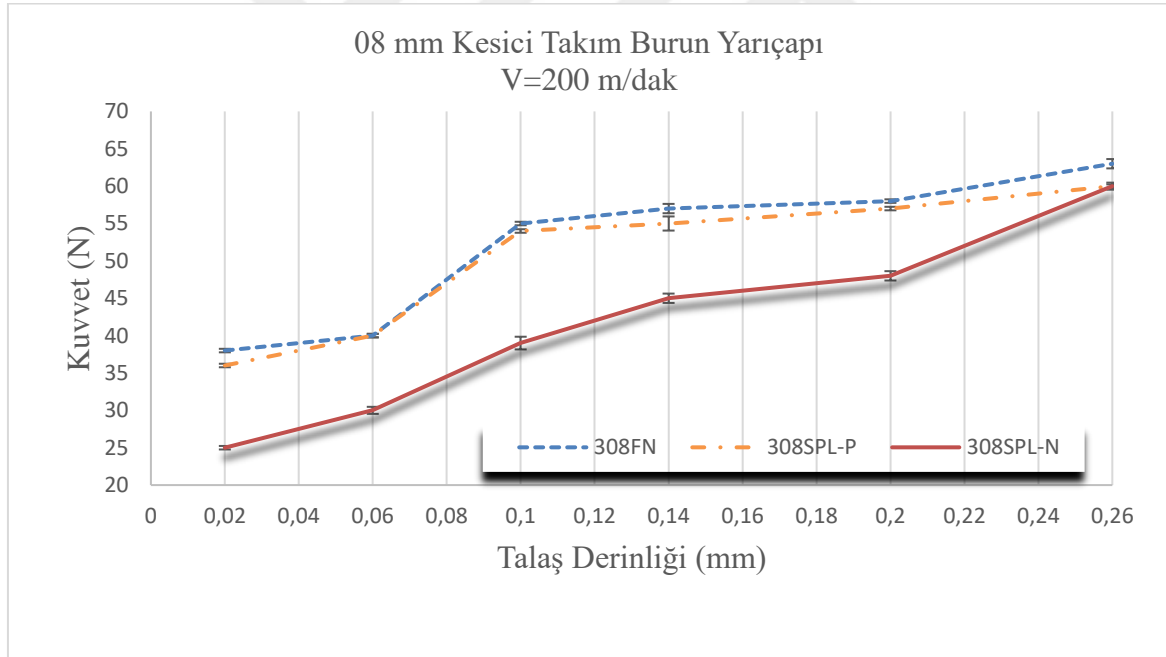
Kesme hızının 200 m/dak'dan 400 m/dak'a çıkması genel olarak kesme kuvvetlerinde düşüşe sebep olmuştur. Artan kesme hızlarında kesme kuvvetlerindeki beklenen bir durumdur ve bu durum literatürle benzerlik arz etmektedir. [65, 66]. Artan kesme hızlarının kesme bölgesindeki sıcaklığını arttırdığı bilinmektedir [67]. Kesme bölgesindeki sıcaklığın artması, kesme işlemini nispeten kolaylaştırdığı ve kesme kuvvetlerinin düşmesine yol açtığı düşünülmektedir.



Şekil 5.2. 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişim

Talaş kırıcısız takımlarda kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile kesme kuvvetlerinde yaklaşık %277 artış olmuş ve 27 N'dan 102 N'a yükselmiştir. SPL-P kodlu talaş kırıcı forma sahip takımlarda kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile kesme kuvvetlerinde yaklaşık %180 artış olmuş ve 30 N'dan 84 N'a yükselmiştir. SPL-N kodlu talaş kırıcı forma sahip takımlarda ise kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile kesme kuvvetlerinde yaklaşık %300 artış olmuş ve 21 N'dan 84 N'a yükselmiştir. En yüksek artışın SPL-N kodlu takımlarla yapılan deneylerde gerçekleştiği görülmüştür. Bu durum daha önce de izah edildiği gibi, kırılmayan talaşlarının yeniden kesilme eğilimine atfedilmiştir.

0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak ve 400 m/dak kesme hızlarında kesme derinliğine bağlı olarak kesme kuvvetlerinin değişimi sırasıyla Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te gösterilmiştir.

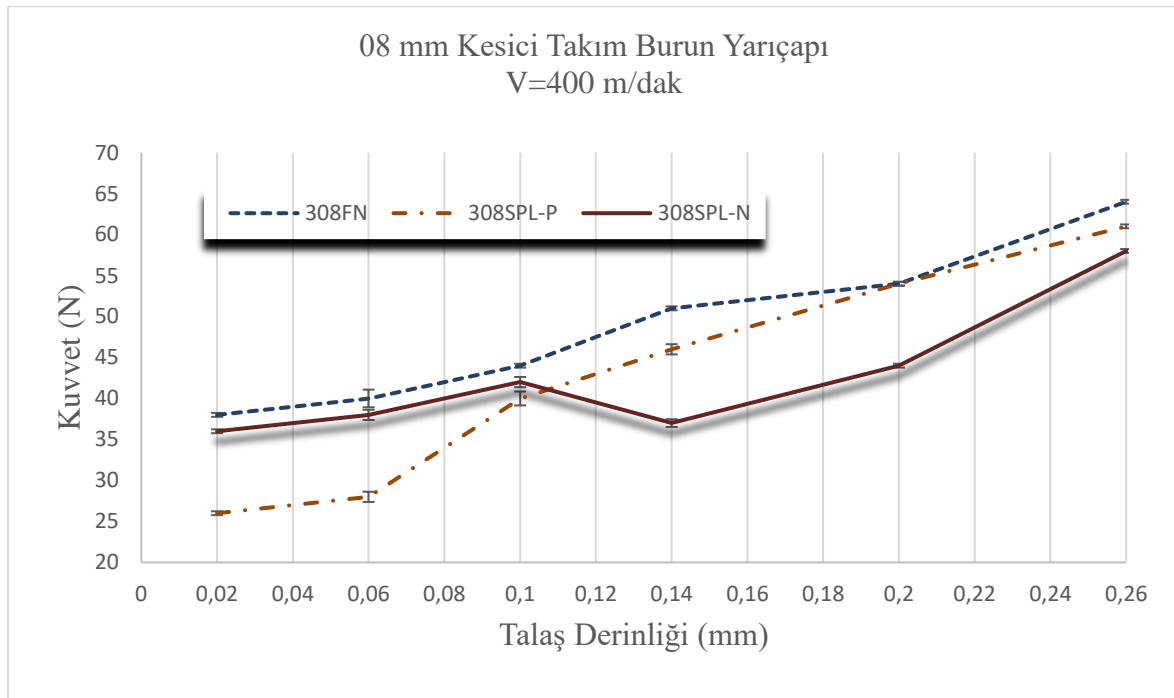


Şekil 5.3. 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi

Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilen grafikler incelendiğinde hata değerlerinin oldukça az olduğu ve her bir takım için hata değerlerinin anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. Artan kesme derinliklerinin her iki kesme hızında da kesme kuvvetlerini arttırdığı görülmektedir. Artan kesme derinliği ile birlikte kesilmeye çalışılan talaş hacminin artması kesme kuvvetlerinin artmasına yol açmıştır [66, 68].

Şekil 5.3'te verilen grafik incelendiğinde talaş kırıcısız takım ve SPL-N kodlu talaş kırıcı formuna sahip takımları ile elde edilen kesme kuvvetleri değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Her ne kadar bu iki takım arasındaki fark oldukça küçük olsa da 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda olduğu gibi en düşük kesme kuvvetlerinin talaş kırıcısız takımlar ile yapılan deneylerde elde edildiği görülmektedir. SPL-P kodlu talaş kırıcı formuna sahip takımlar ile yapılan deneylerde elde edilen değerlerin diğer iki takıma oranla oldukça düşük gerçekleştiği grafikten görülebileceği gibi 0,26 mm kesme derinliğinde bu üç takım ile elde edilen değerlerin birbirine oldukça yaklaşmaktadır.

Talaş kırıcısız takımlarda kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %64 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 38N'dan 58 N'a çıkmıştır. SPL-P kodlu takım ise kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %50 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 25 N'dan 50 N'a çıkmıştır. Bununla birlikte SPL-N kodlu takım kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %60 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 36 N'dan 60 N'a çıkmıştır.

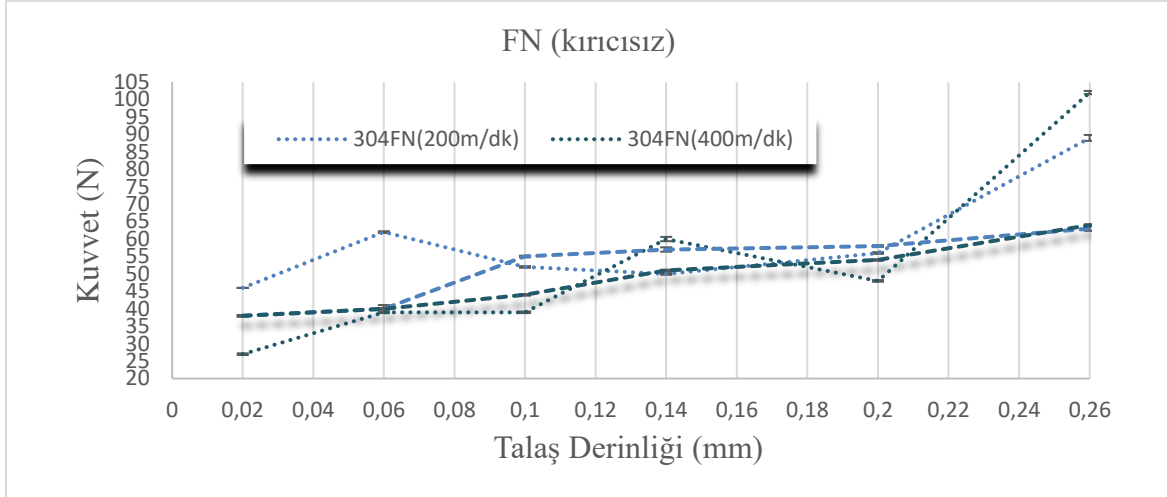


Şekil 5.4. 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi

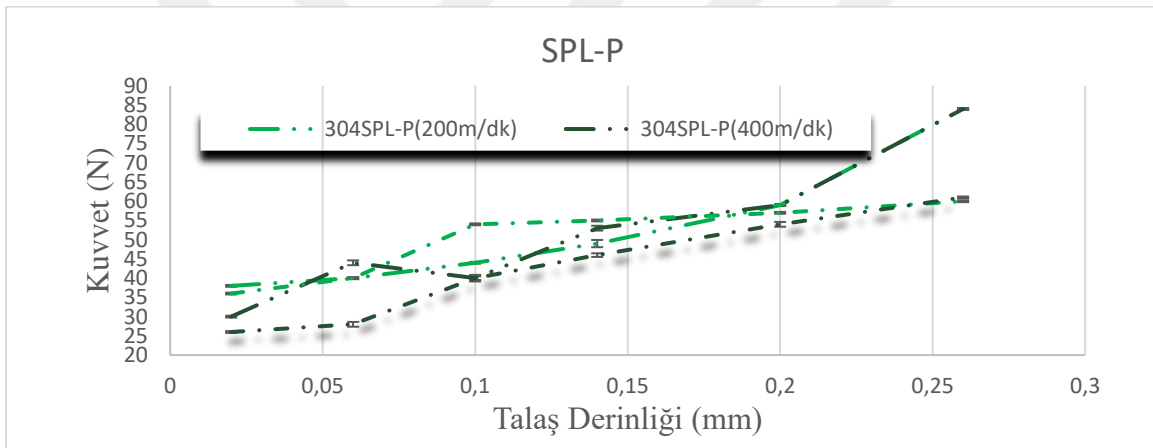
Şekil 5.4'te verilen grafik incelendiğinde hata değerlerinin oldukça az olduğu ve her bir takım için hata değerlerinin anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. 400m/dak kesme hızında yine 0,4 mm kesici uç radüsüne sahip takımlarda olduğu gibi en düşük kesme kuvvetlerinin talaş kırıcısız takımlar ile yapılan deneylerde elde edildiği görülmektedir. SPL-P kodlu talaş kırıcı formuna sahip takımlar ile yapılan deneylerde başlangıçta elde edilen değerlerin diğer iki takıma oranla oldukça düşük gerçekleştiği grafikten görülebileceği gibi 0,1mm den sonra değerlerde artış başlamış ve 0,26 mm kesme derinliğinde bu üç takımla elde edilen değerlerin birbirine oldukça yaklaşmaktadır.

Talaş kırıcısız takımlarda kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %56 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 36N'dan 64 N'a çıkmıştır. SPL-P kodlu takımda ise kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %45 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 26 N'dan 58 N'a çıkmıştır. Bununla birlikte SPL-N kodlu takımda kesme derinliğinin 0,02 mm'den 0,26 mm'ye çıkması ile birlikte kesme kuvvetinde yaklaşık %62 oranında bir artış olmuş ve kesme kuvveti 36 N'dan 58 N'a çıkmıştır.

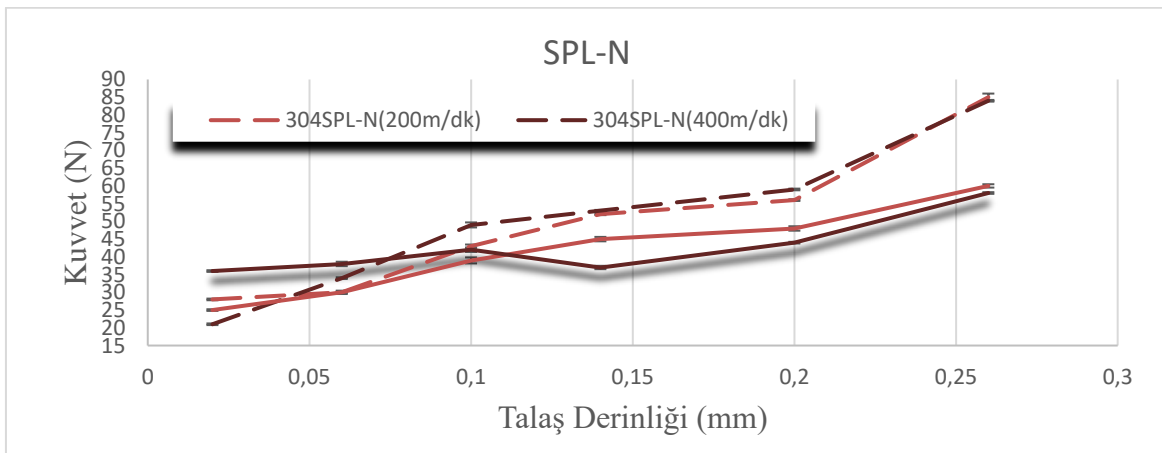
Her bir talaş kırıcı formu için kesici uç yarıçapına göre kesme kuvvetlerindeki değişim Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de verilmiştir. Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'deki grafikler incelendiğinde en yüksek kesme kuvvetine 0,26 mm kesme derinliğinde, 400 m/dak kesme hızında 0,4 mm uç yarıçapına sahip takımlarla yapılan deneylerde ulaşıldığı görülmektedir. En düşük kesme kuvveti ise 0,8 mm kesici uç yarıçapına sahip takımlarla 200 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde gerçekleşmiştir.



Şekil 5.5. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip FN kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi

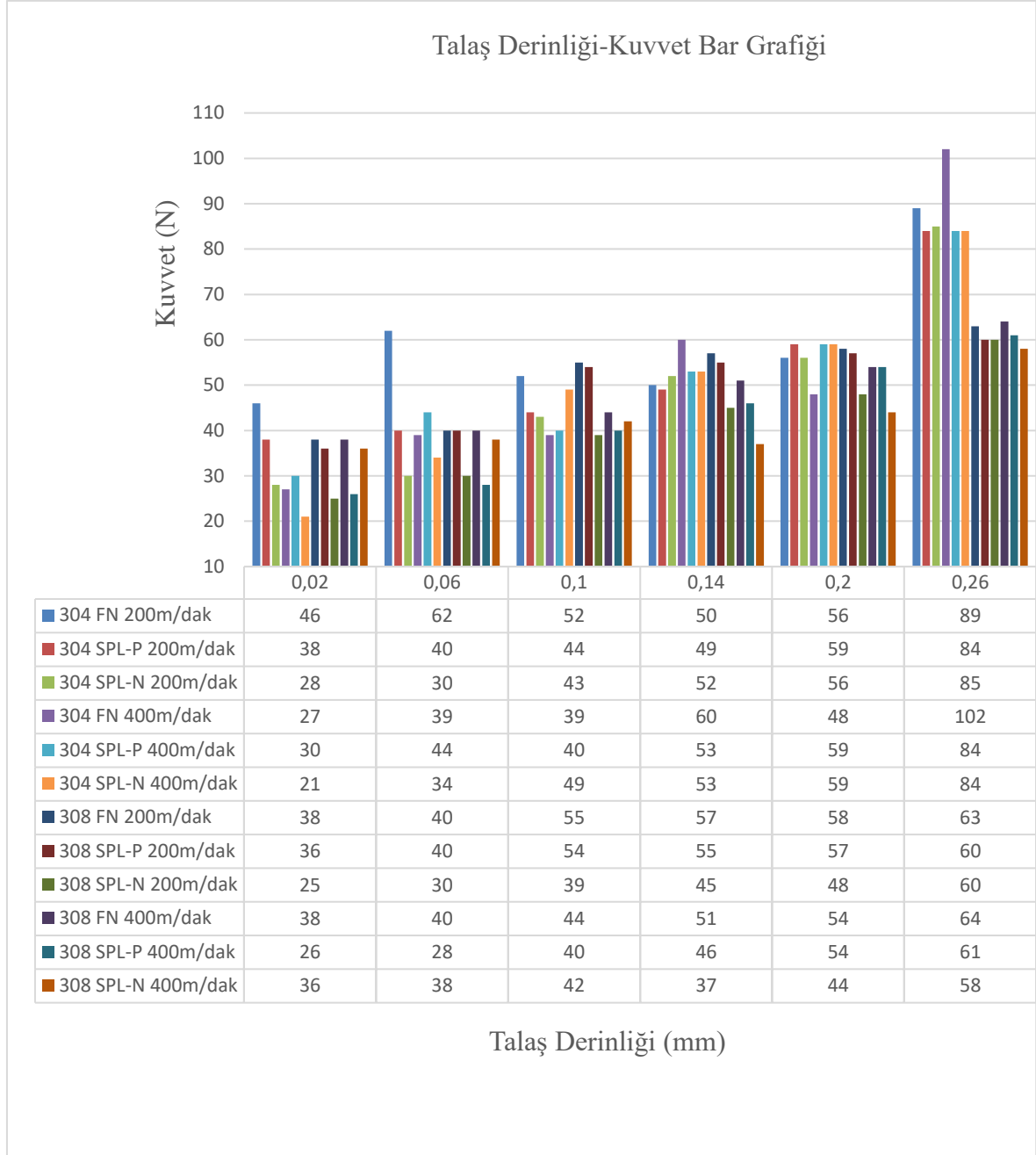


Şekil 5.6. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip SPL-P kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi



Şekil 5.7. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip SPL-N kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimi

Kuvvet- talaş derinliği ilişkisine ait verilen bütün grafik değerlerinin bir arada bulunduğu bar grafiği Şekil 5.8. de verilmiştir. En düşük kesme kuvvetleri SPL-N kodlu takımda meydana gelmiştir. En yüksek kesme kuvvetleri ise FN kodlu kırıcsız takımda meydana gelmiştir.



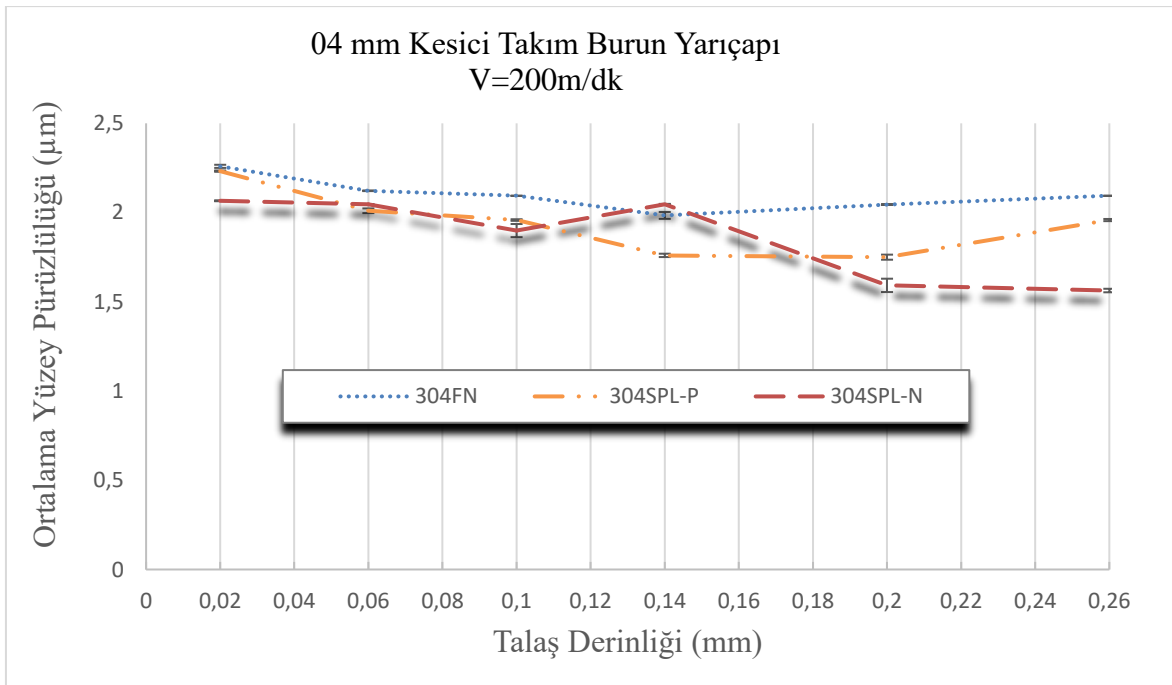
Şekil 5.8. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımların 200 m/dak ve 400 m/dak kesme hızlarında talaş derinliğine bağlı kesme kuvveti değişimine ait bar grafiği

Talaş kırıcısız takımlar ile yapılan deneylerde artan kesme derinliklerinin ker iki burun yarıçapı ve kesme hızında da kesme kuvvetlerini arttırdığı görülmektedir. Talaş derinliği burun yarıçapı ilişkisi neticesinde en düşük kesme kuvvetleri 0,8 mm burun yarıçapına sahip takımlarla yapılan deneylerde gözlenmiştir.

Her ne kadar talaş kırıcı formları beklenen sonucu vermesede en düşük kesme kuvvetleri kırıcılı SPL-N, SPL-P kodlu takımlarda görülmüştür. En yüksek kesme kuvvetlerinin ise kırıcısız FN kodlu takımında meydana gelmesi, talaş kırıcı formlarının kesme kuvvetlerini olumlu etkilediğini göstermektedir.

5.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin kesme hızı ve kesme derinliğine göre değişimi sırasıyla Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'daki grafiklerde verilmiştir. Şekil 5.9'daki grafik 200 m/dak kesme hızında kesme derinliğine göre kesme kuvvetlerindeki değişimi gösterirken, Şekil 5.10'daki grafik 400 m/dak kesme hızındaki kesme derinliğine göre kesme kuvvetlerindeki değişimi göstermektedir.

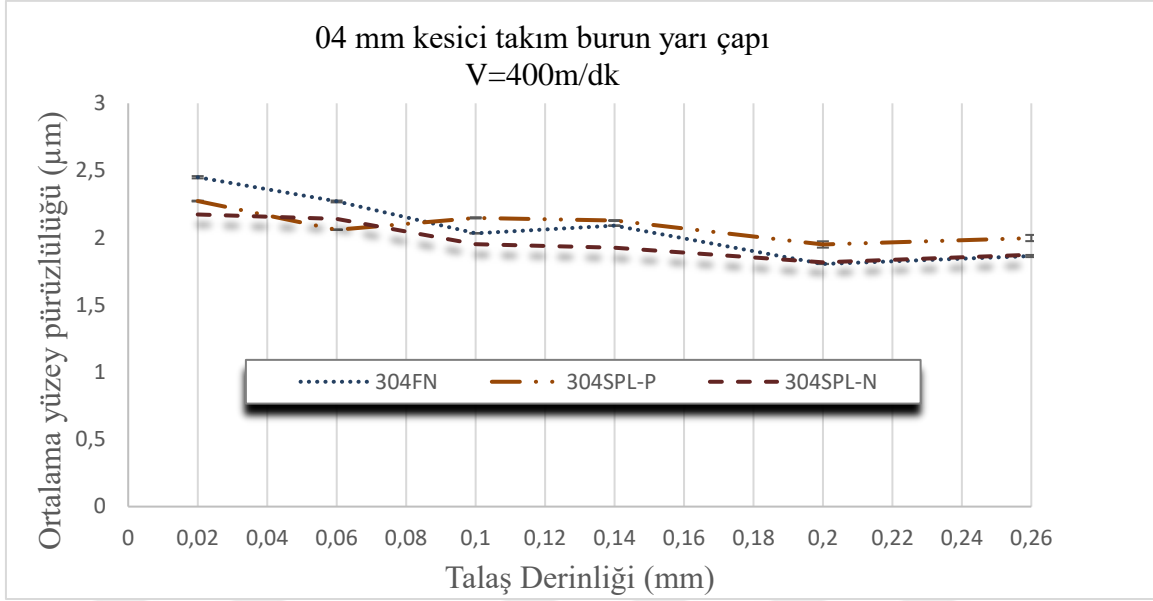


Şekil 5.9. 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi

Şekil 5.9'daki grafik incelendiğinde hata değerlerinin ortalama %2 nin üzerine çıkmadığı ve her bir takım için bu değerlerinin anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. Artan kesme derinlikleri ile birlikte her üç takımda da kesme kuvvetlerinde bir azalma meydana geldiği görülmektedir. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri Fn (Kıriicisiz) takımla 0,02 mm kesme derinliğinde meydana gelmiştir. Artan kesme derinliklerinde kesme derinliği/burun yarıçapı ilişkisi çerçevesinde yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi sonuca ulaşıldığı grafikten görülebilmektedir [69].

Artan kesme hızları ile birlikte ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin olumlu etkilenmesi beklenen bir durumdur [70]. Kesme hızının artmasına bağı, artan kesme kuvvetleri ve sıcaklık değerleri ile birlikte talaş akışının plastik deformasyonunun kolaylaşması ve kesici uç-talaş temas bölgesinde yığıntı talaş (BUE) oluşumunun azalması ile açıklanabilir [69, 71,72]

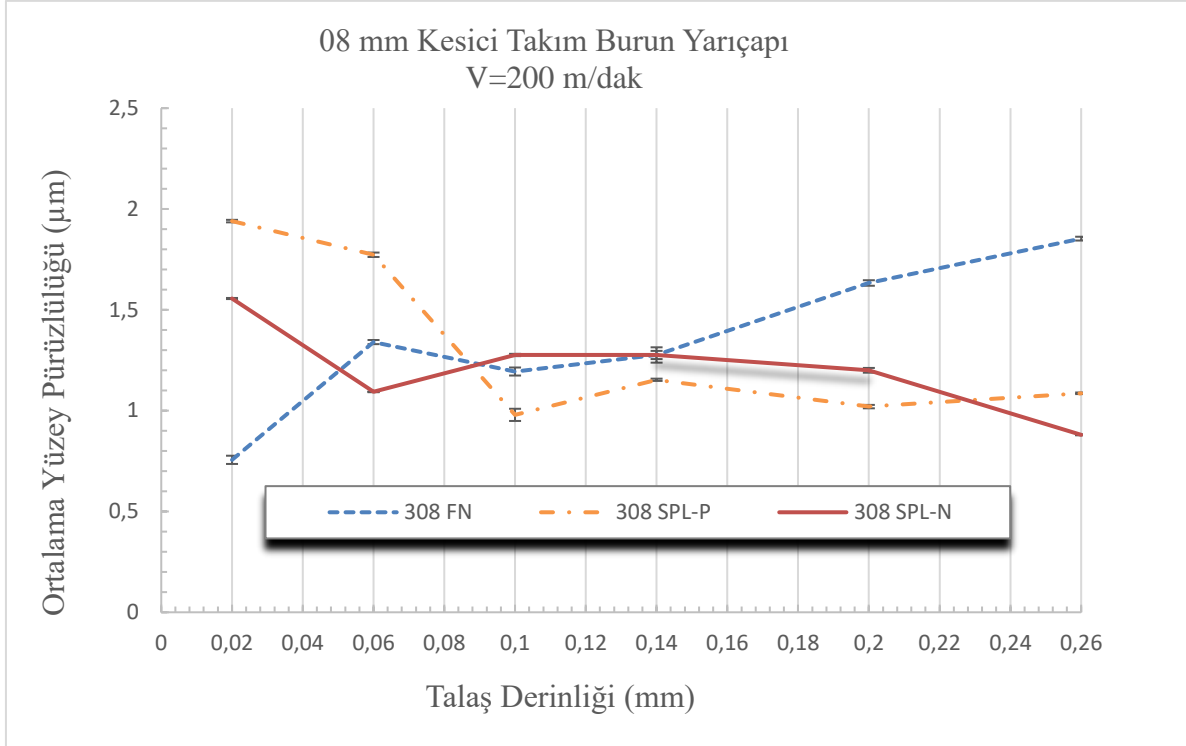
Talaş kıriicisiz takımlarla yapılan deneylerde kesme derinliğinin 0,02'den 0,26 mm'ye çıkmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %7'lik bir azalma meydana gelmiş ve 2,259 μm 'dan 2,094 μm 'a düşmüştür. SPL-P kodlu takımda kesme derinliğinin 0,02'den 0,26 mm'ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %12'lik bir azalmaya yol açmış ve 2,232 μm 'dan 1,958 μm 'a düşmüştür. SPL-N kodlu takımlarda ise kesme derinliğinin 0,02'den 0,26 mm'ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %22'lik bir azalmaya yol açmış ve 2,066 μm 'dan 1,563 μm 'a düşmüştür. Bu değerler ışığında kesme derinliği artışından en fazla etkilenen takımın SPL-N kodlu takım olduğu sonucuna ulaşmak mümkündür.



Şekil 5.10. 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi

Şekil 5.10' daki grafik incelendiğinde hata değerlerinin ortalama %2 nin üzerine çıkmadığı ve her bir takım için bu değerlerinin anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. 200 m/dak kesme hızında olduğu gibi genel olarak kesme derinliklerinin artması ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini düşürmüştür. Kesme derinliğinin artması, burun yarıçapı ile yapılan kesmeyi azaltarak yüzey kalitesini olumlu olarak etkilemiştir. Ayrıca 400 m/dak kesme hızında her üç takım ile yapılan deneylerde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

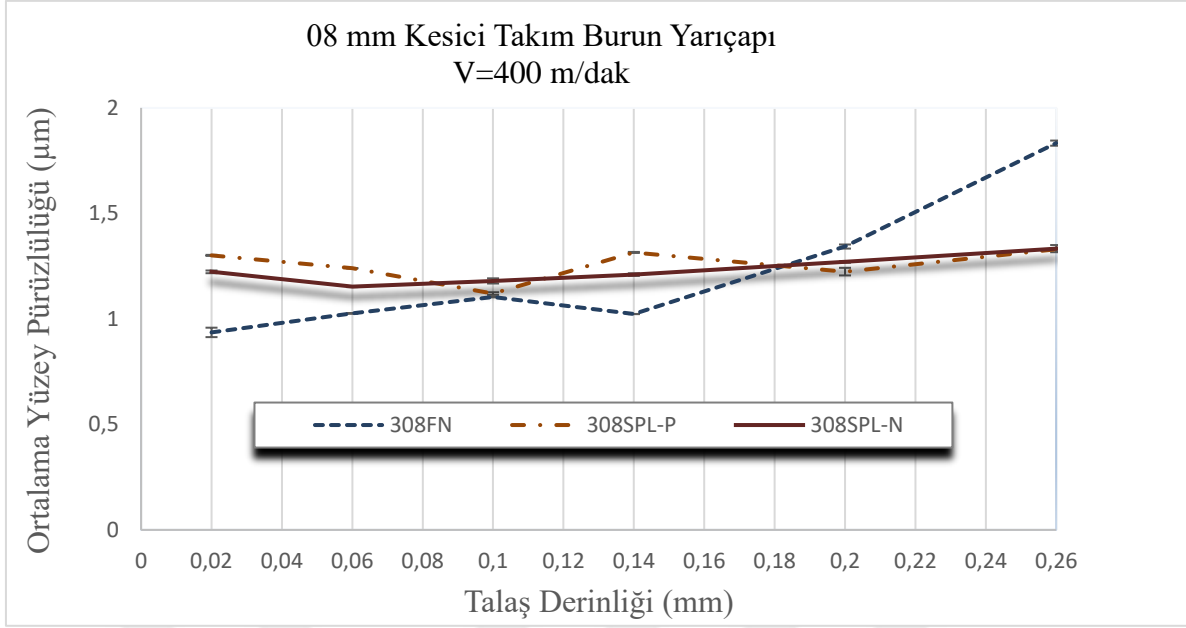
Talaş kırıcısız takımlarla yapılan deneylerde kesme derinliğinin 0,02'den 0,26 mm'ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %23'lük bir azalmaya yol açmış ve 2,45 µm'dan 1,864 µm'a düşmüştür. SPL-P kodlu takımda kesme derinliğinin 0,02'den 0,26 mm'ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %11'lik bir azalmaya yol açmış ve 2,273 µm'dan 1,998 µm'a düşmüştür. SPL-N kodlu takımlarda ise kesme derinliğinin 0,02'den 0,26 mm'ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %12'lik bir azalmaya yol açmış ve 2,173 µm'dan 1,873 µm'a düşmüştür. Bu değerler ışığında kesme derinliği artışından en fazla etkilenen takımın Fn (Kırıcısız) takım olduğu sonucuna ulaşmak mümkündür. 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak ve 400 m/dak kesme hızlarında kesme derinliğine göre kesme kuvvetlerindeki değişimi gösteren grafikler Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.11. 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 200 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi

Şekil 5.11’de verilen grafik incelendiğinde hata değerlerinin ortalama %2 nin üzerine çıkmadığı ve her bir takım için bu değerlerinin anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda farklı olarak Fn (Kırcısız) takımlarla yapılan deneylerde ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme derinliği arttıkça arttığı görülmektedir. Bununla birlikte 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda olduğu gibi SPL-P ve SPL-N kodlu talaş kırıcı formuna sahip takımlarla yapılan deneylerde kesme derinliğinin artması ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini olumlu yönde etkilediği görülmektedir.

Talaş kırıcısız takımlarla yapılan deneylerde kesme derinliğinin 0,02’den 0,26 mm’ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %145’lik artışa yol açmış ve 0,756 µm’dan 1,853 µm’a çıkmıştır. SPL-P kodlu takımda kesme derinliğinin 0,02’den 0,26 mm’ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %44’lük bir azalmaya yol açmış ve 1,94 µm’dan 1,086 µm’a düşmüştür. SPL-N kodlu takımlarda ise kesme derinliğinin 0,02’den 0,26 mm’ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerinde yaklaşık %35’lik bir azalmaya yol açmış ve 1,556 µm’dan 0,88 µm’a düşmüştür.

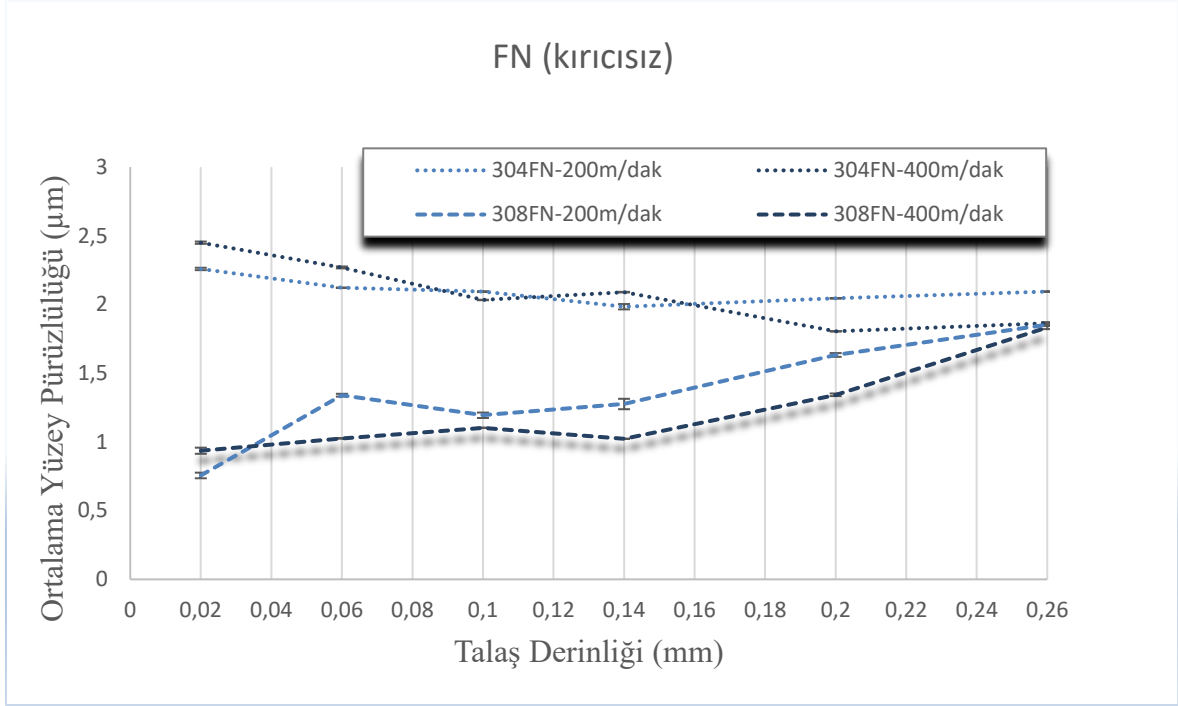


Şekil 5.12. 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda 400 m/dak kesme hızında kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi

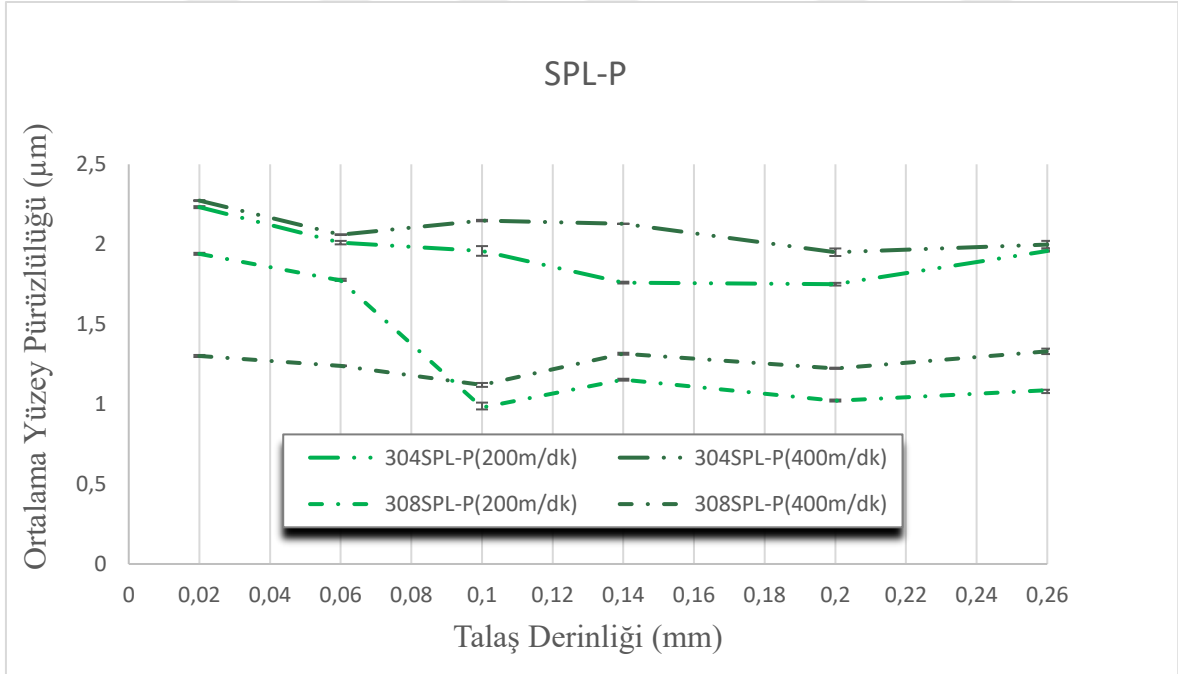
Şekil 5.12’de verilen grafik incelendiğinde hata değerlerinin ortalama %2 nin üzerine çıkmadığı ve her bir takım için bu değerlerinin anlamlı değer aralığında olduğu görülmektedir. 0,02 kesme derinliğinde en iyi yüzey pürüzlülük değerine Fn (Kırıcısız) takım sahip iken kesme derinliğinin artması sonucu en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri yine Fn (Kırıcısız) takımla yapılan deneyde elde edilmiştir. Kesme derinliğinin artması sonucu kırıcılı takımda yüzey pürüzlülüğü artarken kırıcılı takımlarda büyük bir değişim yaşanmamıştır. SPL-P ve SPL-N kodlu kırıcılı takımlarda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri genel olarak birbirine yakın olarak gerçekleşmiştir. Fn (Kırıcısız) takımla yapılan deneylerde kesme derinliğinin 0,02 mm’den 0,26 mm’ye çıkması ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini yaklaşık %95 oranında arttırmış ve 0,936 µm’dan 1,833 µm’a çıkmıştır.

Genel olarak 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlar ile 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlar birbiri ile kıyaslandığında 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini olumlu yönde etkilediği sunucuna ulaşılmıştır.

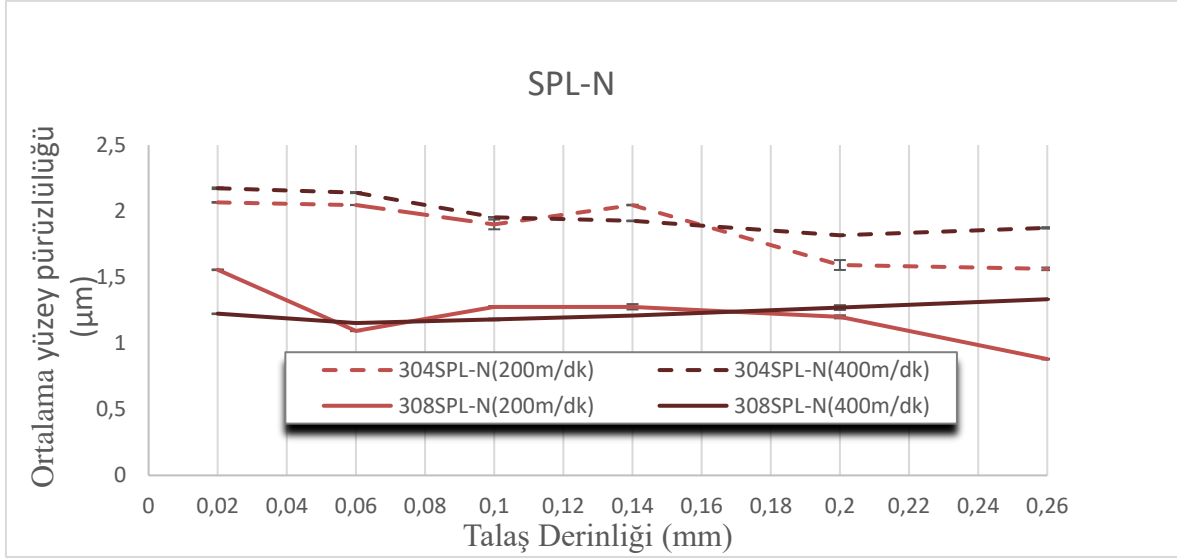
Her bir takım için uç radüsüne göre ortalama yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişimin verildiği grafikler Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’ de verilmiştir.



Şekil 5.13. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip Fn (Kırıcısız) takımlarda kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi



Şekil 5.14. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip SPL-P kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi

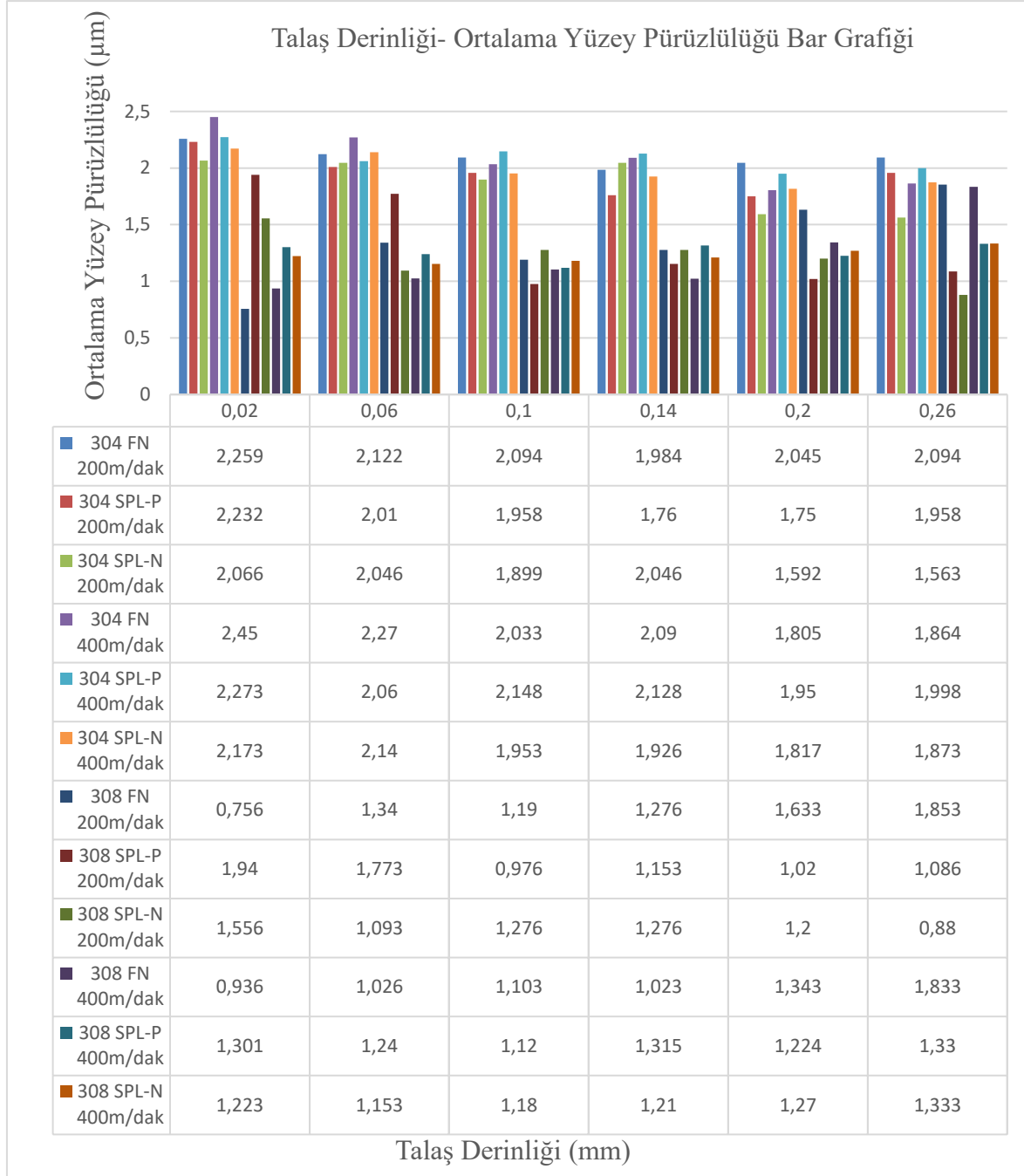


Şekil 5.15. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip SPL-N kodlu takımlarda kesme derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimi

Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15' de verilen grafikler incelendiğinde her üç takım içinde 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarla yapılan deneylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarla yapılan deneylere elde edilen değerlere göre daha yüksek olmuştur. Kırıcısız takımlarda 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda artan kesme derinlikleri yüzey pürüzlülük değerlerini olumlu yönde etkilerken 0,8 mm takım burun yarıçapına sahip takımlarda bu durum tam tersi olarak meydana gelmiştir. 0,4 mm uç yarıçapına sahip takımla en fazla kesme derinliği olan 0,2 mm'de uç yarıçapının yarısı kadar kesme derinliği meydana gelirken 0,8 mm uç yarıçapına sahip takımlarda bu orak 1/4 olarak gerçekleşmiştir. Bu sebeple 0,4 mm uç yarıçaplı takımlarda yüzey pürüzlülüğü açısından daha olumlu sonuçlar alınmıştır.

Talaş kırıcı formuna sahip takımlarda ise hem 0,4 mm hem de 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlar artan kesme derinlikleri ile birlikte ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini olumlu yönde etkilemiştir.

Ortalama yüzey pürüzlülüğü- talaş derinliği ilişkisine ait verilen bütün grafik değerlerinin bir arada bulunduğu bar grafiği Şekil 5.16. da verilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri FN kodlu takımlarda 200m/dak hızda meydana gelmiştir.



Şekil 5.16. 0,4 mm ve 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımların 200 m/dak ve 400 m/dak kesme hızlarında talaş derinliğine bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü değişimine ait bar grafiği

6. SONUÇ

Bu çalışmada AA 6082 T4 malzemesinin talaş kırıcı formuna sahip olan ve talaş kırıcı formuna sahip olmayan takımlar ile tornalanması sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

- İstisnalar haricinde genel olarak bütün takımlarda kesme derinliğinin artması sonucunda kesme kuvvetleri de artmıştır.
- En düşük kesme kuvvetleri değerlerine kırıcılı takımlar ile yapılan deneylerde ulaşılmıştır.
- Artan kesme hızlarının literatüre paralel bir şekilde kesme kuvvetlerinde düşüşe yol açtığı gözlemlenmiştir.
- Talaş derinliğinin artması takımların tamamında kesme kuvvetlerinin artmasına yol açmıştır.
- Talaş kırıcılı ve kırıcısız takımlarda kesme derinliği arttıkça kesme kuvvetleri değerleri birbirine yaklaşmıştır.
- 400 m/dak sabit kesme hızında 0,4 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarda en düşük kesme kuvvetlerinin talaş kırıcı formuna sahip SPL-N kodlu takımlarla yapılan deneylerde elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Genel olarak kesme hızının artması kesme kuvvetlerini düşürmüştür. Kesme hızının 200m/dak' dan 400m/dak' ya çıkması, kesme kuvvetleri bakımından en iyi sonuç veren SPL-N kodlu takımlar olmuştur.
- Talaş kırıcı formuna sahip takımlarla yapılan deneylerde meydana gelen kesme kuvvetlerinin daha düzenli bir eğilim sergilediği görülmüştür.
- Talaş kırıcı formu olmayan takımlar için kesme kuvvetlerinde düzenli bir artış eğiliminden söz etmek mümkün olmamıştır.
- Kesme derinliklerindeki artış ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini olumlu yönde etkilemiştir.
- Artan kesme hızları ile tüm takımlarda ortalama yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır.
- 0,4 mm burun yarıçapına sahip takımlarda F_n (Kırıcısız) takımlarla yapılan deneylerde ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme derinliği arttıkça arttığı bununla birlikte SPL-P ve SPL-N kodlu talaş kırıcı formuna sahip takımlarda ise kesme derinliğinin artması ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini azaldığı görülmüştür.

- Talaş kırıcı formuna sahip hem 0,4 mm hem de 0,8 mm kesici takım burun yarıçapına sahip takımlarla yapılan deneylerde artan kesme derinlikleri ile birlikte ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini olumlu yönde etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.
- Talaş kırıcı formuna sahip takımların ortalama yüzey pürüzlülük değerleri açısından genel olarak daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen yukarıdaki bulgular ışığında bundan sonra yapılabilecek çalışmalara yön vermek amacıyla aşağıdaki öneriler getirilebilir:

- Farklı talaş kırıcı formuna sahip takımların kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılabilir.
- Farklı Alüminyum alaşımlarının talaş kırıcı formuna sahip PCD takımlar ile işlenebilirliği araştırılabilir.
- Farklı geometriler sahip PCD takımlar ile talaş kırıcının etkileri belirlenebilir.
- Farklı kesme parametreleri kullanarak araştırmalar yapılabilir.
- Matematiksel modelleme yöntemleri kullanılarak parametrelerin etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Walsh, F.C., Low, C.T.J., Wood, R.J.K., Stevens, K.T., Archer, J., Poeton (2009). Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) for Production of Anodised Coatings on Lightweight Metal (Al, Mg, Ti) Alloys: A review, *Transactions of the Institute of Metal Finishing*, 87(3), 122-135.
2. Şahin, Y. (2001), *Talaş Kaldırma Prensipleri 2*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
3. Stephenson, D. A., Agapiou, J. S. (2016). *Metal cutting theory and practice*. CRC press.
4. Karayel, D. (2009). Prediction and control of surface roughness in CNC lathe using artificial neural network. *Journal of materials processing technology*, 209(7), 3125-3137.
5. Gürbüz, H., Sönmez, F., Baday, Ş.Şeker, U. (2018). Farklı Talaş Kırıcı Formlarının Esas Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Matematiksel Modellenmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 13-21.
6. Tekait, İ., Günay, M., Şeker, U. (2011). Tornalama İşlemlerinde Talaş Kırıcı Formunun ve Kesme Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, Turkey
7. Das, N. S., Chawla, B. S., Biswas, C. K. (2005). An analysis of strain in chip breaking using slip-line field theory with adhesion friction at chip/tool interface. *Journal of materials processing technology*, 170(3), 509-515.
8. Fang, N., Jawahir, I. S. (2002). Analytical predictions and experimental validation of cutting force ratio, chip thickness, and chip back-flow angle in restricted contact machining using the universal slip-line model. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(6), 681-694.
9. Lee, Y. M., Yang, S. H., Chang, S. I. (2006). Assessment of chip-breaking characteristics using new chip-breaking index. *Journal of materials processing technology*, 173(2), 166-171.
10. Rodrigues, A. R., Coelho, R. T. (2007). Influence of the tool edge geometry on specific cutting energy at high-speed cutting. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 29(3), 279-283.
11. Kim, H. G., Sim, J. H., Kweon, H. J. (2009). Performance evaluation of chip breaker utilizing neural network. *Journal of materials processing technology*, 209(2), 647-656.
12. Sekmen, M., Günay, M., Şeker, U. (2015). Alüminyum alaşımlarının işlenmesinde kesme hızı ve talaş açısının yüzey pürüzlülüğü, yığıntı talaş ve yığıntı katmanı oluşumu üzerine etkisi. *Politeknik dergisi*, 18(3), 141-148.

13. Muharrem, P. U. L. (2017). Comparison of surface roughness and tool wear in turning of 7075, 6061 and 2024 aluminum alloys. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9(2), 65-75. Ranganath M. S., Vipin, R. S. Mishra, Prateek, Nikhil, (2015). "Optimization of Surface Roughness in CNC Turning of Aluminium 6061 Using Taguchi Techniques", *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 5, 5.
14. Liu, X., Ehmann, K.F., DeVor, R.E., Kapoor, S.G. (2005). The Mechanics of Machining at the Microscale: Assessment of the Current State of the Science. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 126: 666–678
15. Özlü, B., Demir, H., Nas, E. (2014). CNC tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etki eden parametrelerin matematiksel olarak modellenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 3(2), 75-86.
16. Sağlam, H. (2006). Frezelemede kesme parametreleri ile kesme kuvvetlerinin değişimi ve bunların takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 1(3).
17. Muharrem, P. U. L. (2017). Comparison of surface roughness and tool wear in turning of 7075, 6061 and 2024 aluminum alloys. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9(2), 65-75.
18. Yang, W. P., & Tarn, Y. S. (1998). Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method. *Journal of materials processing technology*, 84(1-3), 122-129.
19. Özses, B. (2002). *Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
20. Gökkaya, H. (2011). AA5052 alaşımının işlenmesinde işleme parametrelerinin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3), 295-301
21. Nouari, M., List, G., Girot, F., Gehin, D. (2005). Effect of machining parameters and coating on wear mechanisms in dry drilling of aluminium alloys. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45(12-13), 1436-1442.
22. Gómez-Parra, A., Álvarez-Alcón, M., Salguero, J., Batista, M., Marcos, M. (2013). Analysis of the evolution of the Built-Up Edge and Built-Up Layer formation mechanisms in the dry turning of aeronautical aluminium alloys. *Wear*, 302(1-2), 1209-1218.
23. Hagiwara, M., Chen, S., Jawahir, I. S. (2009). Contour finish turning operations with coated grooved tools: optimization of machining performance. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(1), 332-342.

24. Das, S., Pelcastre, L., Hardell J., Prakash, B. (2013). Effect of static and dynamic ageing on wear and friction behavior of aluminum 6082 alloy. *Tribology international*, 60, 1-9.
25. Başer, T. A. (2012). “Alüminyum Alaşımları ve Otomotiv Endüstrisinde Kullanımı,” *Mühendis ve Makina*, 53(635), 51-58.
26. Sullivan, D., Cotterell, M., (2001), Temperature Measurement in single point turning, *Journal of materials Processing Technology*, 118: 301-308.
27. Gómez-Parra, A., Álvarez-Alcón, M., Salguero, J., Batista, M., Marcos, M. (2013). Analysis of the evolution of the Built-Up Edge and Built-Up Layer formation mechanisms in the dry turning of aeronautical aluminium alloys. *Wear*, 302(1-2), 1209-1218.
28. List, G., Nouari, M., Géhin, D., Gomez, S., Manaud, J. P., Le Petitcorps, Y., Girot, F. (2005). Wear behaviour of cemented carbide tools in dry machining of aluminium alloy. *Wear*, 259(7-12), 1177-1189.
29. Akyüz, B., Şenaysoy, S. (2014). Alüminyum Alaşımlarında Yaşlandırma İşleminin Mekanik Özellikler ve İşlenebilirlik Üzerindeki Etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-9.
30. Kopač, J., Bahor, M., Soković, M. (2002). Optimal machining parameters for achieving the desired surface roughness in fine turning of cold pre-formed steel workpieces. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(6), 707-716.
31. Meral, G., Dilipak, H., Sarıkaya, M., (2011), AISI 1050 Malzemenin Delinmesinde İlerleme Kuvvetleri Ve Yüzey Pürüzlülüğünün Regresyon Metoduyla Modellenmesi, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 4(1), 31-41.
32. Özçatalbaş, Y., (2002), Kesici Takım Aşınması ve İş Malzemesi Mekanik Özelliklerinin Yüzey Pürüzlülüğü Ve Kesme Kuvvetlerine Etkisi, *Politeknik*, 4(1), s. 47-52.
33. Onaran, K. (2003), *Malzeme Bilimi*, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, s. 320-321.
34. Higgins, R. A., (2006), *Materials for Engineers and Technicians*. Newnes- Elsevier, Oxford, UK, 93-102, 216-229.
35. Brooks, C.R., (1984). Heat Treatment, Structure and Properties of Nonferrous Alloys, ASM, Ohio, USA, 115-137.
36. Yılmaz, F., Akça, Y. (2014). Metal Endüstrisi, Alüminyum ve Gelecek, *Alu&Art Dergisi*, 27, 192-195.
37. Mayr, E., (2011). *Global Aluminium FRP Industry*, 4th Aluminium Outlook Conference, Chicago.

38. Su, Ş., (1988). *2XXX Grubu Alaşımlarda Katı Eriyiğe Alma Sıcaklık ve Süresinin Yaşlanma Sonrası Özelliklere Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
39. Karakışlak, M. (1978). *Alüminyum Alaşımları ve Isıl İşlemi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 60 s.
40. Tan, E., (2011). *Alüminyum alaşımlarında blister oluşumu*, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
41. ASM International, (1991). *ASM Handbook Vol. 4: Heat Treating*. ASM.
42. Nurveren, K., Gündüz, B. B. (2018). 6082 alüminyum alaşımının mıg kaynağı sonrası mikro yapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 909-916.
43. Płonka, B., Kłyszewski, A., Senderski, J., Lech-Grega, M., (2008), Application of Al alloys, in the form of cast billet, as stock material for the die forging in automotive industry, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 8 (2), 149-156.
44. Torca, I., Aginagalde, A., Esnaola, J. A., Galdos, L., Azpilgain, Z., Garcia, C. (2010). Tensile behaviour of 6082 aluminium alloy sheet under different conditions of heat treatment, temperature and strain rate. In *Key Engineering Materials*, 423,105-112. Trans Tech Publications.
45. İnternet: Çelikler ve çeliklerin ısıl işlemleri, URL: <http://www.endertav.com.tr/doc/Celikler-Ve-Celiklerin-Isıl-İslemi.Docx>, Son erişim tarihi: 25.08.2014
46. Özkader, M. Ç. (2015). *Isıl işlemlerle AISI 4140 çeliğinin abrasiv aşınmasının araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
47. Kaufman, J. G., (2000). *Introduction to Aluminum Alloys and Tempers*. ASM International, USA, 1, 9-22.
48. Askeland D. R., (1998). *Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri*, Çeviren: Mehmet Erdoğan, Nobel Yayınevi, Ankara, 1, 238-245.
49. Geçkinli, L. F. (2002). Alüminyum ve alaşımlarının ısıl işlemi, 2. *Isıl İşlem Sempozyumu*, İstanbul, TÜRKİYE, Şubat 07 - 08.
50. Akkuş, H. (2010). Tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünün istatistiksel ve yapay zeka yöntemleriyle tahmin edilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
51. Şahin Y., (2000), *Talaş kaldırma prensipleri Cilt-I*, Nobel Yayınevi, Ankara.
52. Atakök, Gürcan, (2008). *Cnc tornada talaş kaldırma işlemlerinde talaş kırıcı geometrisinin işlenebilirliğe etkilerinin deneysel ve sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

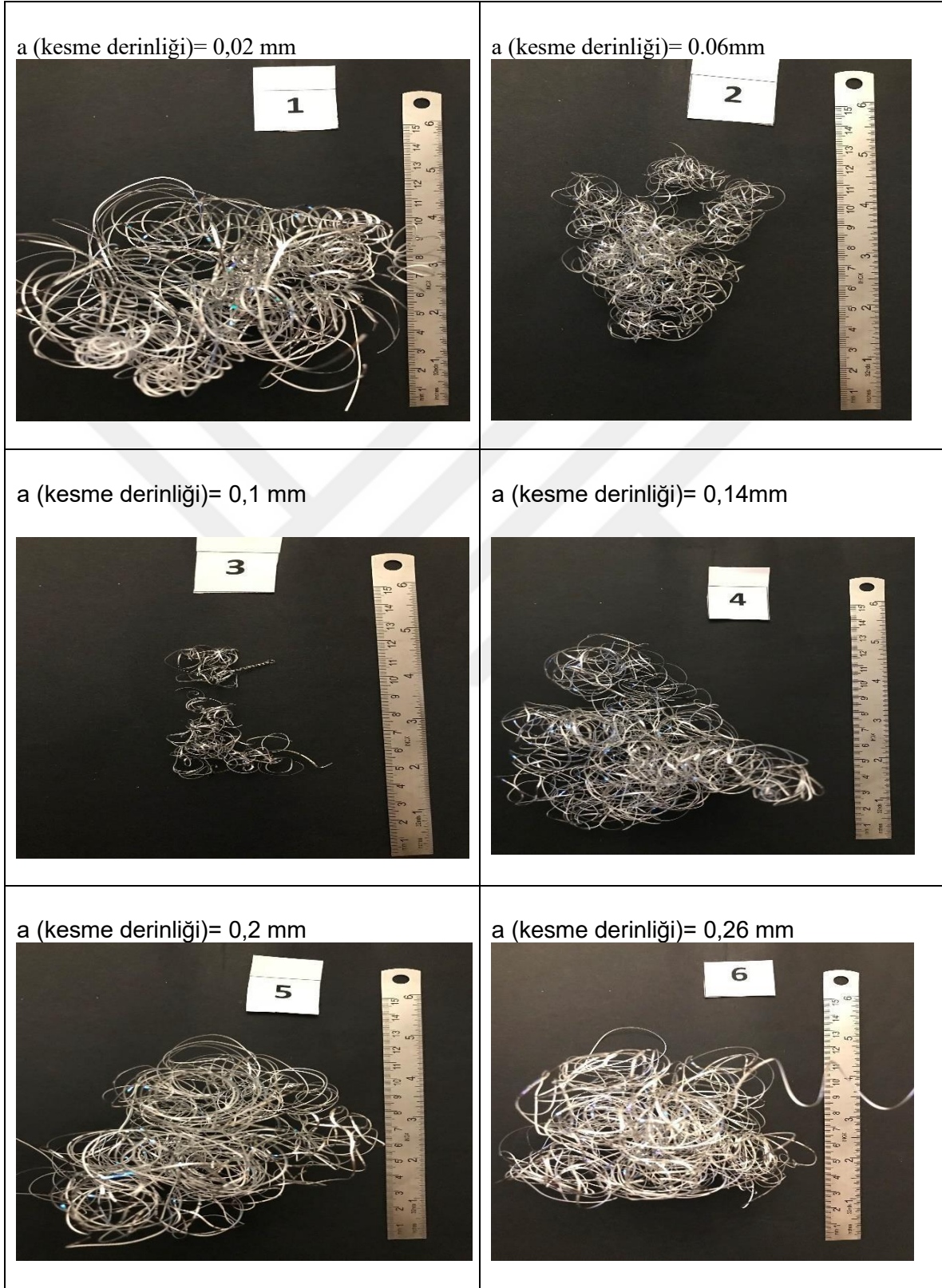
53. Cheung, C. F., Lee, W. B. (2000). A theoretical and experimental investigation of surface roughness formation in ultra-precision diamond turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40(7), 979-1002.
54. Vural M., (2006), *İML 401 imalat laboratuvarı-1 talaşlı imalatta yüzey pürüzlülüğünün tayini*, Ders notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
55. Öncel, S. (2002). Katodik ark FBB yöntemi ile dekoratif amaçlı Cr-ON kaplamaların üretilmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
56. Groover, M.P. (1996). Fundamentals of modern manufacturing: *Materials, processes, and systems*, Ohio: Prentice-Hall, 1-41.
57. Çiftçi, İ. (2011). *Kesici takımlar ve kesme teorisi ders notları*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük, 38.
58. DeGarmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A. (1997). *Materials and processes in manufacturing*, Ohio: Prentice-Hall, 214-652.
59. Colton, J. S. (2006). Machining, Manufacturing Processes and Engineering, Georgia Institute of Technology, 29-45.
60. Li , Z. (2001) . Machining Chip-Breaking Prediction with Grooved Inserts in Steel Turning, PhD. Thesis, Worcester Polytechnic Institute.
61. Chungchoo, C., Saini, D. (2002). A computer algorithm for flank and crater wear estimation in CNC turning operations. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(13), 1465-1477
62. Kim, H. G., Sim, J. H., Kweon, H. J. (2009). Performance evaluation of chip breaker utilizing neural network. *Journal of materials processing technology*, 209(2), 647-656.
63. Yağmur, S., Kurt, A., Şeker, U., (2016). Karbon Fiber Takviyeli Kompozit Malzemelerinin Frezelenmesinde Meydana Gelen Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi ve Matematiksel Modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 6(3), 705-714.
64. Gökkaya, H. (2011). AA5052 alaşımının işlenmesinde işleme parametrelerinin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3), 295-301.
65. Tekaslan, Ö., Gerger, N., Günay, M., Şeker, U. (2011). AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin titanyum karbür kaplamalı kesici takım ile tornalama işleminde kesme kuvvetlerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(2), 135-144.
66. Turhan, A. (2008). *Tornalama İşleminde Kesme Parametrelerinin ve İş Parçası Uzunluğunun Geometrik Toleranslara Etkilerinin İncelenmesi*, Marmara Üniversitesi.

67. Chandra, P., Rao, C. P., Kiran, R. (2018). Influence Of Machining Parameter On Cutting Force And Surface Roughness While Turning Alloy Steel. *Materials Today: Proceedings*, 5(5), 11794-11801.
68. Yağmur, S., Adem, A. C. I. R., Şeker, U., Günay, M. (2013). Delik delme işlemlerinde kesme parametrelerinin kesme bölgesindeki sıcaklığa etkisinin deneysel incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(1).
69. Shaw, M. C., Cookson, J. O. (2005). *Metal cutting principles 2*, Oxford university press, New York.
70. Kopač, J., Bahor, M. (1999). Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness of a product. *Journal of Materials Processing Technology*, 92, 381-387.
71. G. Sur, H. Çetin, E. Çevik, H. Ahlatçı, Y. Sun May (2011). *AA 6063 Alaşımının Tornalanmasında Ti Alaşımının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin Araştırılması*, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18, Elazığ, Turkey
72. El-Gallab, M., Sklad, M. (1998). Machining of Al/SiC particulate metal-matrix composites: Part I: Tool performance. *Journal of Materials Processing Technology*, 83(1-3), 151-158.

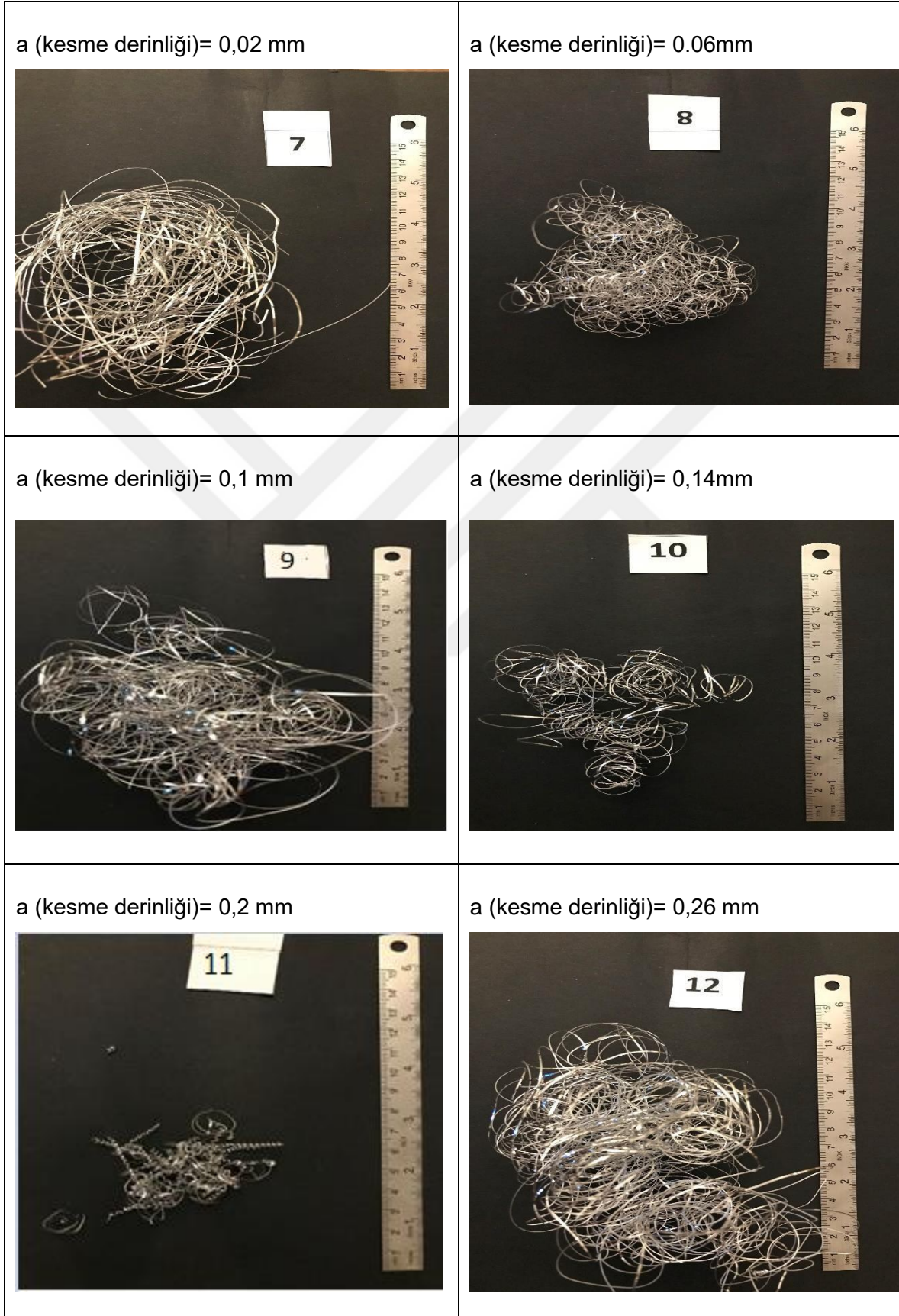


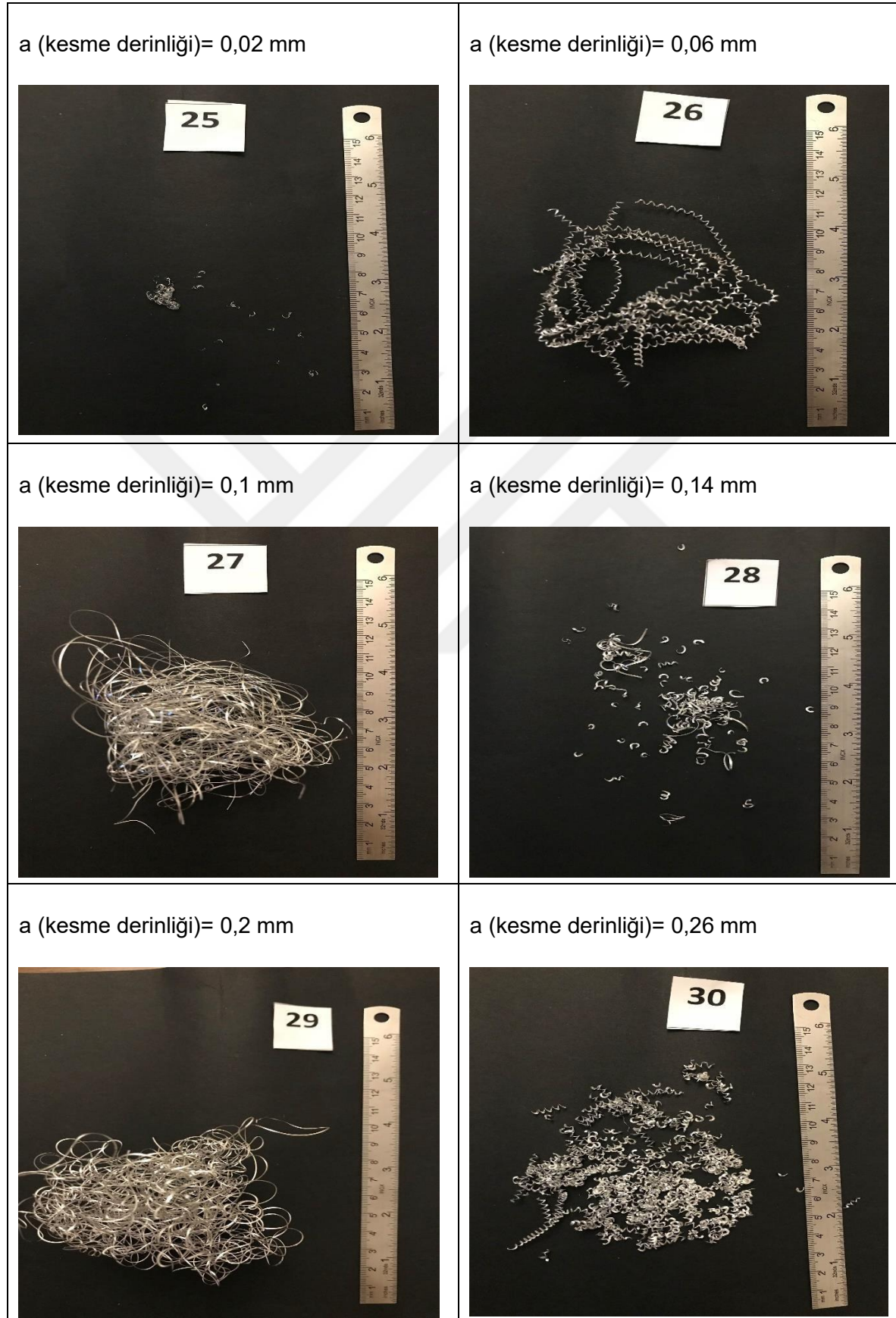
EKLER

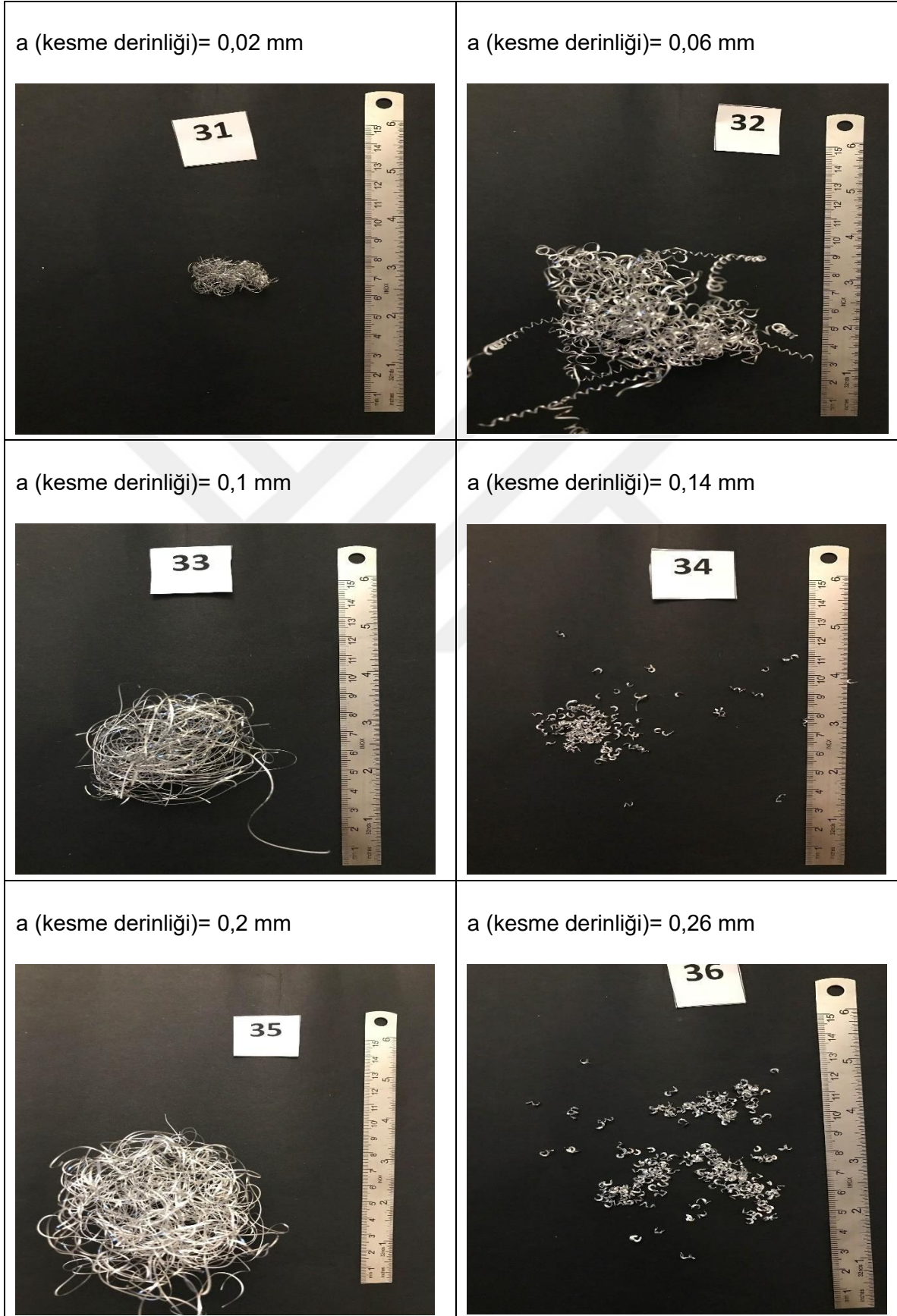
EK-1. 304 FN v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri

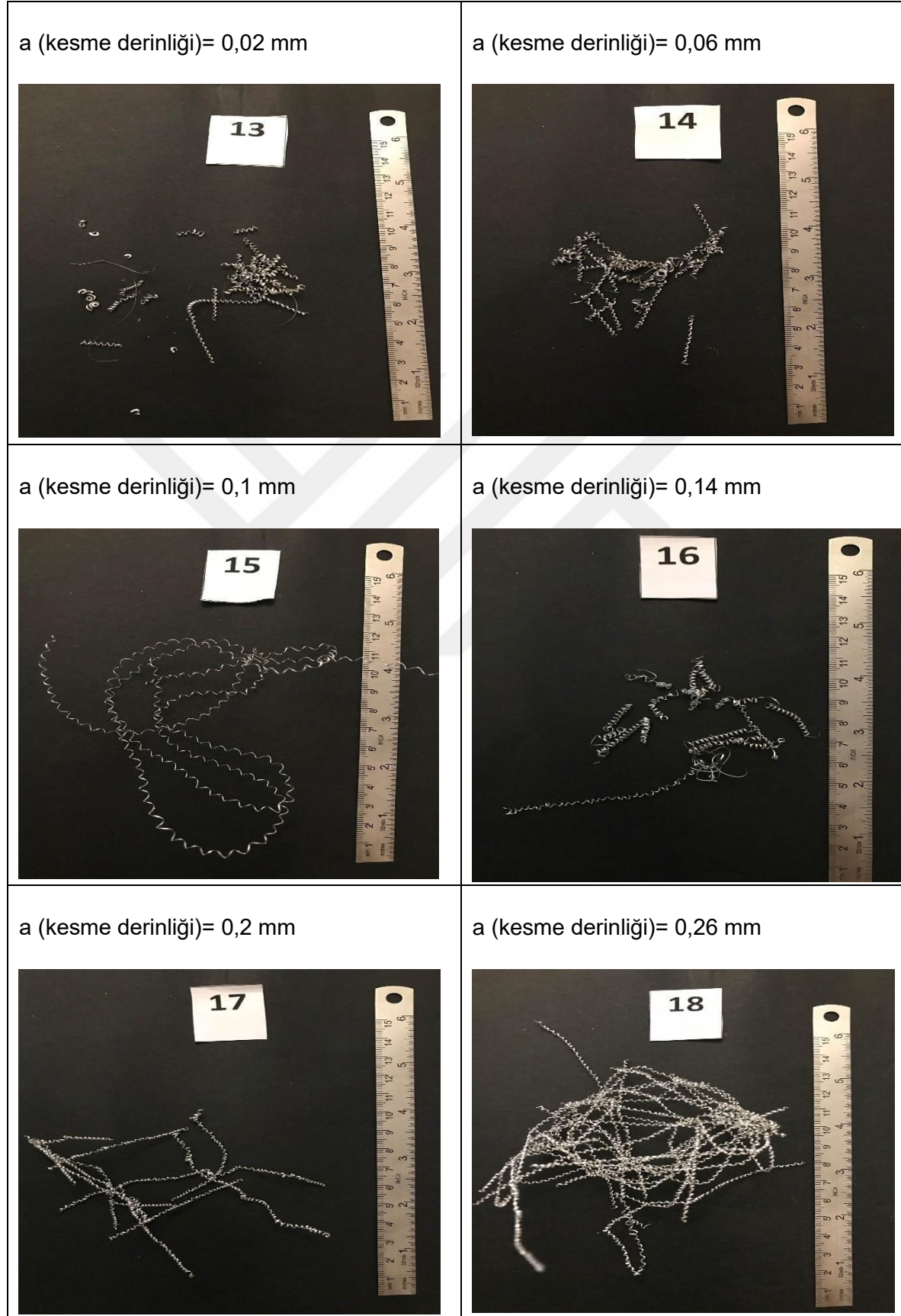


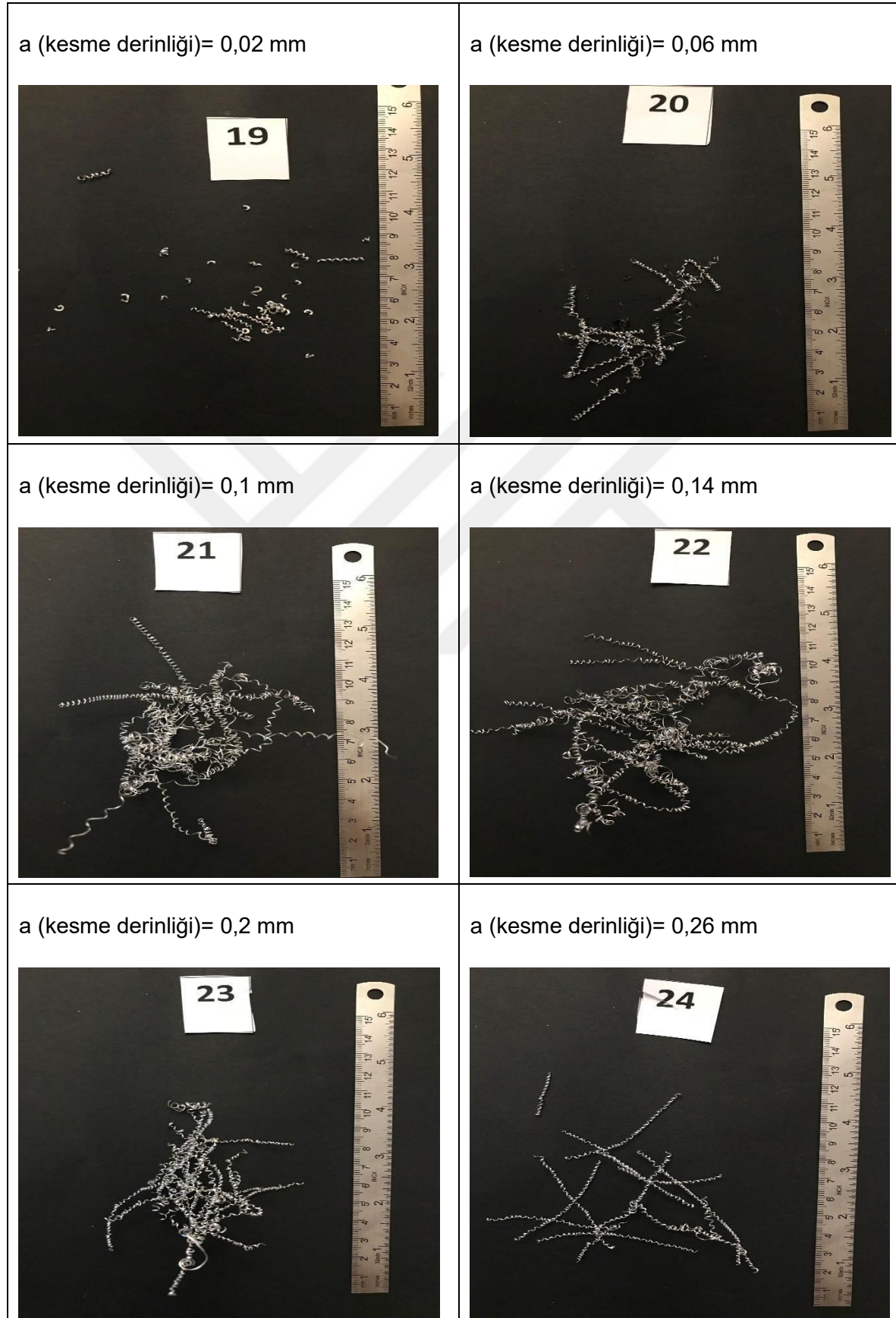
EK-2. 304 FN v=400 deney sonucu oluşan talaş şekilleri



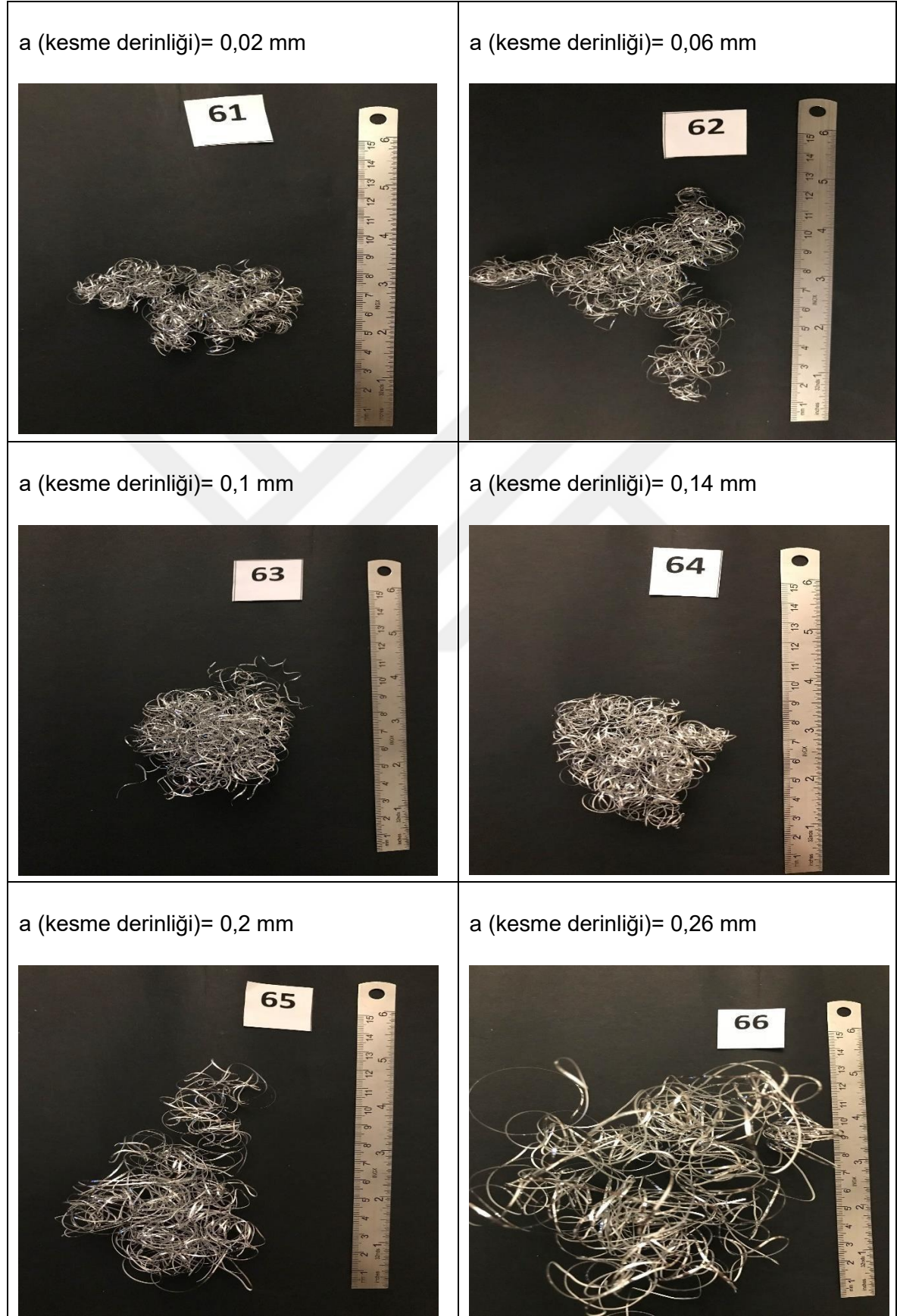
EK-3. 304 SPLN $v=200$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

EK-4. 304 SPLN $v=400$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

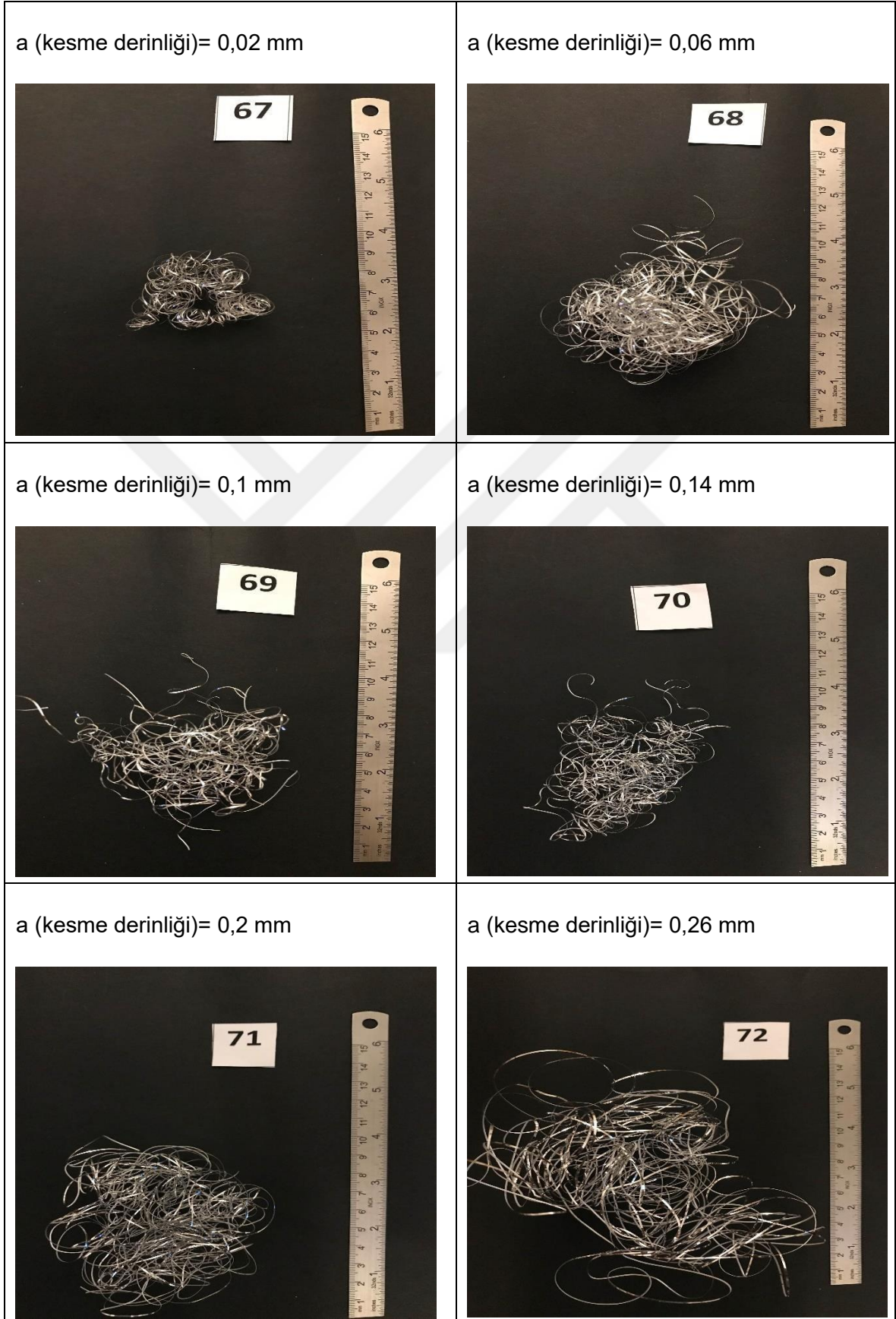
EK-5. 304 SPLP $v=200$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

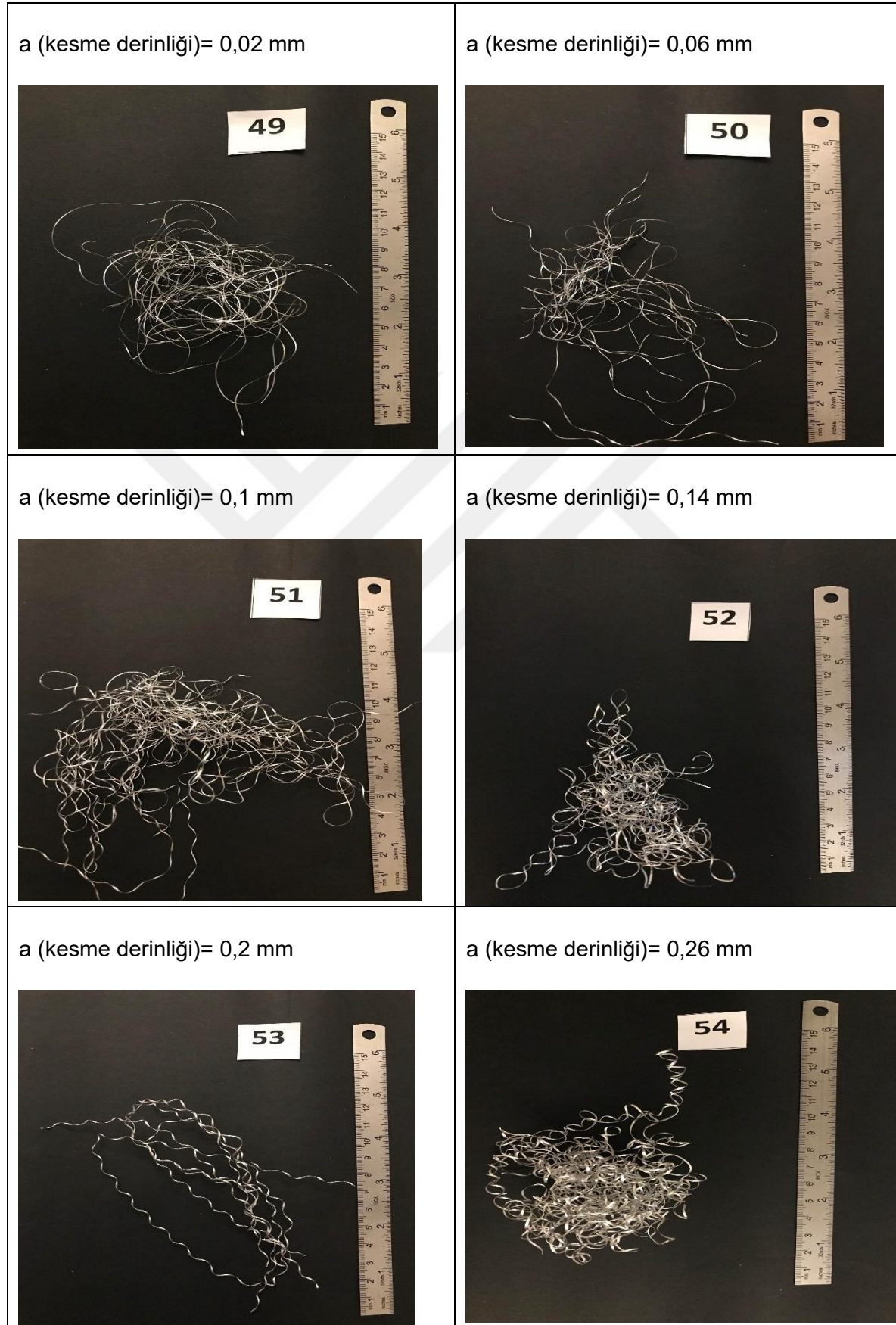
EK-6. 304 SPLP $v=400$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

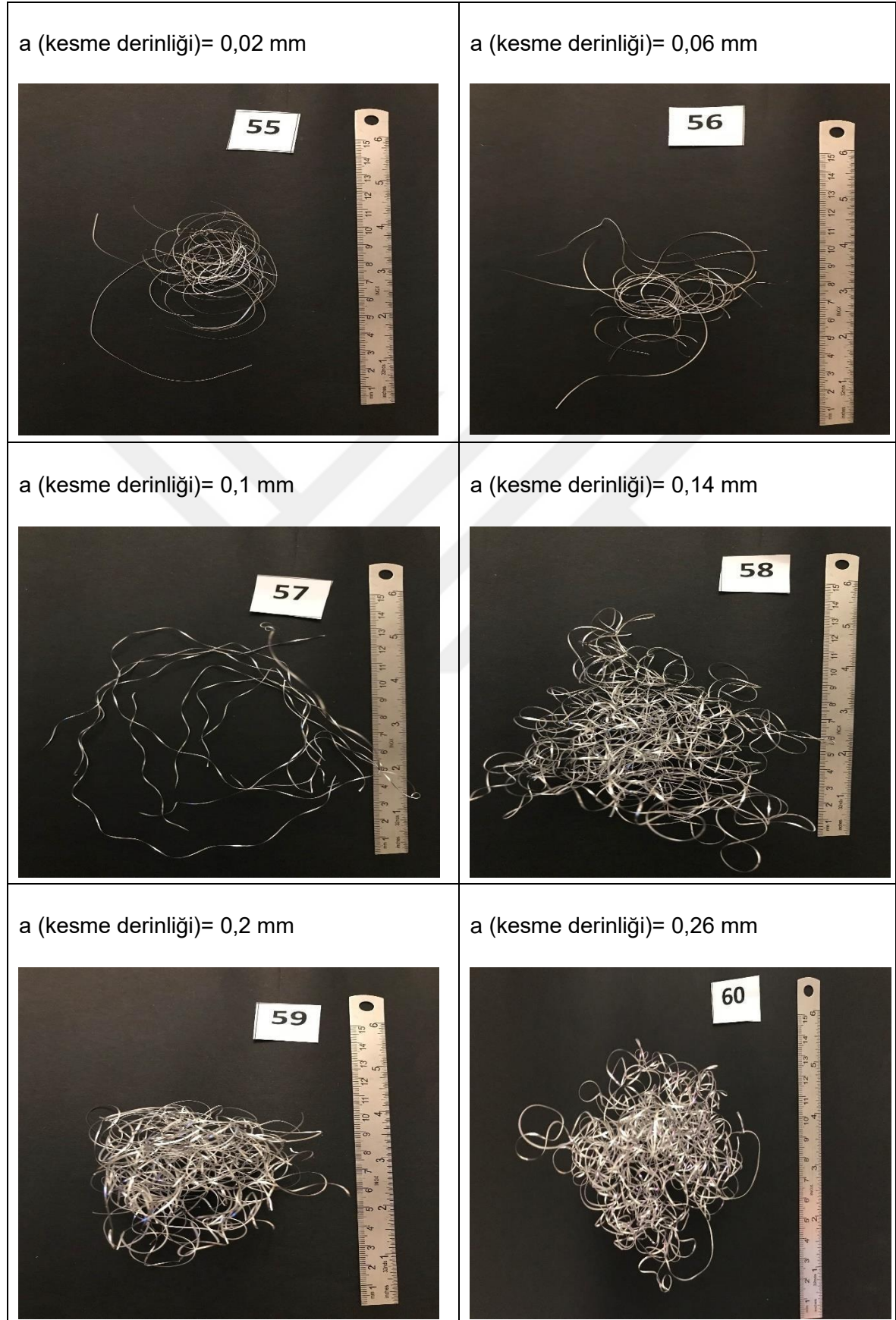
EK-7. 308 FN v=200 deney sonucu oluşan talaş şekilleri



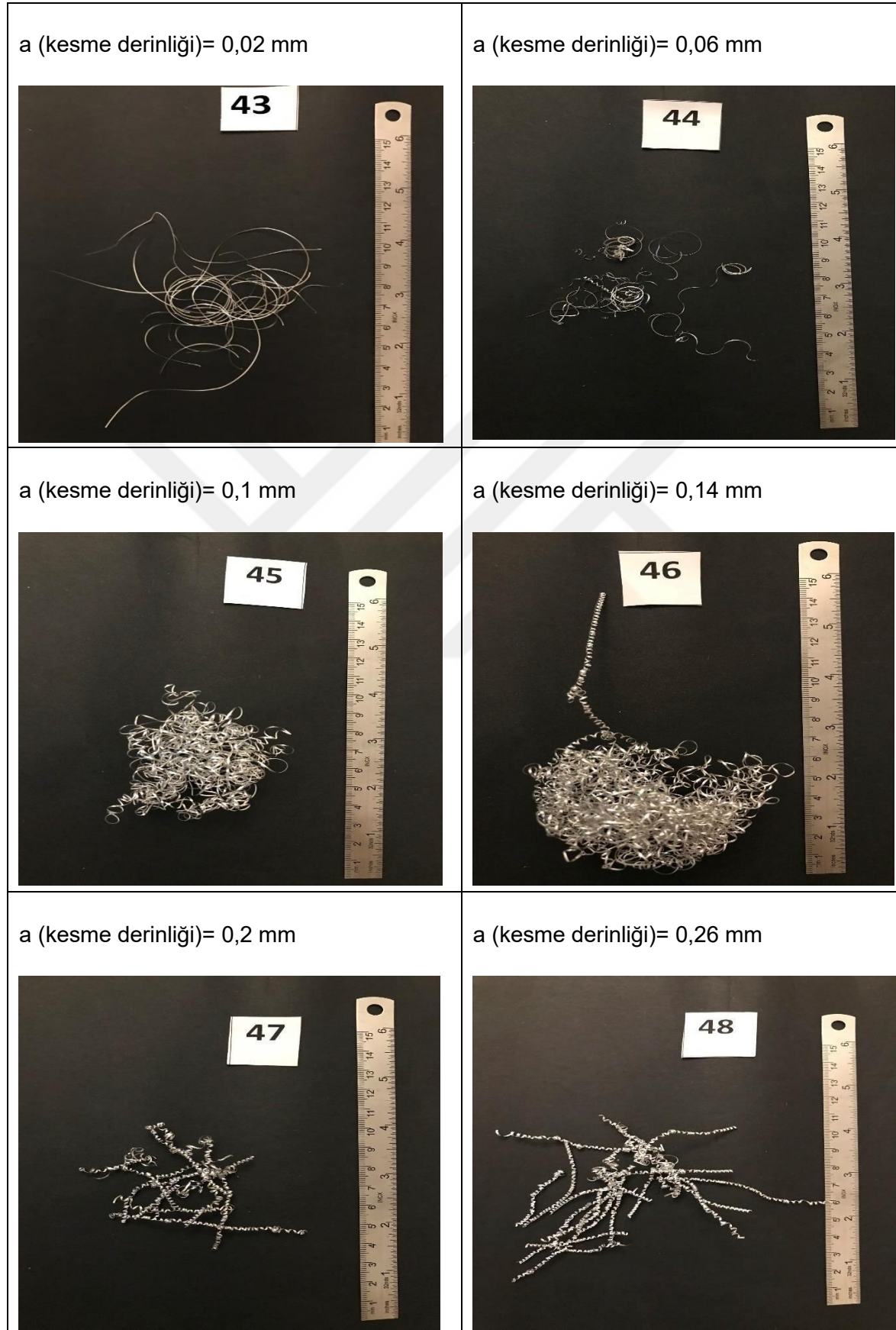
EK-7. 308 FN v=400 deney sonucu oluşan talaş şekilleri



EK-8. 308 SPLN $v=200$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

EK-9. 308 SPLN $v=200$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

EK-10. 308 SPLP $v=200$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

EK-11. 308 SPLP $v=400$ deney sonucu oluşan talaş şekilleri

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYA, Müzeyyen Kübra
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.07.1992, Bandırma
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (554) 849 34 36
 e-mail : mkubrakayaa@gmail.com.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İmalat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / İmalat Mühendisliği	2015
Lise	Mehmetçik Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	Nurus A.Ş.	Ar-Ge Mühendisi
2017-2018	Age Bilişim ve Otomasyo Sistemleri	Tasarım Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

-

Hobiler

Tenis oynamak, makale ve şiir yazmak, karakalem, seyahat etmek



GAZİ GELECEKTİR..