

**KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN DELME
İŞLEMİNDE YÜZEY KALİTESİ, TAKIM AŞINMASI
VE DAİRESELLİĞİN ARAŞTIRILMASI**

**2015
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Ahmet TANRIVERDİ

**KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN DELME İŞLEMİNDE YÜZEY
KALİTESİ, TAKIM AŞINMASI VE DAİRESELLİĞİNİN İNCELENMESİ**

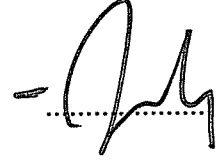
Ahmet TANRIVERDİ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2015**

Ahmet TANRIVERDİ tarafından hazırlanan “KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN DELME İŞLEMİNDE YÜZEY KALİTESİ, TAKIM AŞINMASI VE DAİRESELLİĞİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ
Tez danışmanı, İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı



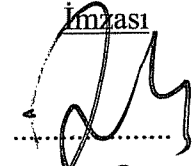


Bu çalışma jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. .../.../2015

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri ULAŞ (GÜ)

İmzası




.../.../2015

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

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Ahmet TANRIVERDİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN DELME İŞLEMİNDE YÜZEY KALİTESİ, TAKIM AŞINMASI VE DAİRESELLİĞİN İNCELENMESİ

Ahmet TANRIVERDİ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Haziran 2015, 78 sayfa

Bu çalışmada, küresel grafitli dökme demirden imal edilmiş aksenal pistonlu hidrolik pompa kapak plakası üzerinde delme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler bir CNC dik işlem merkezinde 4 farklı kesme hızı (95, 115, 125, 135 m/dk) ve sabit 140 mm/dk ilerleme hızında kesme sıvısı kullanılarak yapılmıştır. Deneyler sonucunda kesici takımında oluşan aşınma miktarı, işlenmiş yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerleri ve oluşan deliklerin dairesellikleri belirlenmiştir. Ayrıca tarama elektron mikroskobu (SEM) ile kesici takım aşınmaları ve etkin aşınma mekanizmaları incelenmiştir.

Kesme deneyleri sonucu, en düşük yüzey pürüzlülüğü 115 m/dk kesme hızında en yüksek yüzey pürüzlülüğü 125 m/dk kesme hızında ölçülmüştür. En az takım aşınması 95 m/dk kesme hızında, en fazla takım aşınması 135 m/dk kesme hızında tespit edilmiştir. Dairesellik olarak en iyi dairesellik 95 m/dk kesme hızında elde

edilirken, en kötü dairesellik 135 m/dk ölçülmüştür. Ayrıca kesici takımların hepsinde yan yüzey aşınması görülmüştür.

Anahtar Sözcükler : Küresel grafitli dökme demir, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması, dairesellik.

Bilim Kodu : 916.3.028

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION DUCTILE CAST IRON TOOL WEAR AND SURFACE QUALITY DRILLING OF CIRCULARITY

Ahmet TANRIVERDİ

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Manufacturing Engineering**

Thesis Advisor:

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

June 2015, 78 pages

In this study, drilling operations were performed on a hydraulic pump cover plate made of ductile iron. The drilling tests were carried out at 4 different cutting speeds (95, 115, 125 and 135 m/min) and at a constant feed rate of 140 mm/min on a vertical CNC machining center with cutting fluid. After the tests, cutting tool wear, drilled hole surface roughness values and roundness error of the holes were defined. Tool wear was examined in detail under a scanning electron microscope (SEM).

The lowest and highest surface roughness values were obtained at 115 and 125 m/min cutting speed, respectively. The lowest cutting speed of 95 led to the lowest tool wear while the highest cutting speed of 135 led to the highest wear. Similarly, the lowest cutting speed resulted in lowest roundness error. The main wear mode for the cutting tools was flank wear.

Key Words : Spheroidal graphite cast iron (KGDD), Surface roughness, circularity, tool wear.

Science Code : 916.3.028

TEŞEKKÜR

Bu tez alınmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle alınmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen hocalarım sayın Doç. Dr Halil DEMİR, Doç. Dr Metin ZEYVELİ'ye, Yrd.Doç. Dr. Hasan Basri ULAŞ, ve Öğr. Gör. Mustafa BOY'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans deney çalışmalarım boyunca benden desteğini hiç esirgemeyen arkadaşım Murat ÇELİKBİLEK'e teşekkür ederim. Ayrıca, tez çalışmasında hep yanımda hissettiğim, beni bugünlere getiren anne ve babama Őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
BÖLÜM 3.	14
TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK.....	14
3.1. GİRİŞ.....	15
3.2. TALAŞLI İMALAT	16
3.3. DELİK DELME VE DELİK DELME TAKIMLARI.....	17
3.3.1. Matkaplar	18
3.3.1.1. Değiştirilebilir Uçlu Matkaplar (U Drills)	19
3.3.2. Matkap Geometrisi	20
3.3.3. Delme İşleminde Dairesellik Ve Dairesellikten Sapma Değerleri	22
3.4. İŞLENEBİLİRLİK	24
3.5. TALAŞLI İMALAT MEKANİĞİ VE TALAŞ OLUŞUMU	25
3.6. TALAŞ KALDIRMA OLAYINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	27

	<u>Sayfa</u>
3.7. TAKIM ÖMRÜ.....	29
3.8. TAKIM AŞINMASI.....	30
3.8.1. Takım Aşınma Tipleri.....	34
3.8.1.1. Matkap Aşınması.....	34
3.8.2. Takım Aşınmasının Kontrolü.....	35
3.9. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	38
3.9.1. Yüzey Kalitesini Etkileyen Ana Faktörler.....	41
3.9.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Belirleme metodu.....	42
BÖLÜM 4.....	44
KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER.....	44
4.1. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN TANIMI.....	44
4.2. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ.....	45
4.3. STANDARTLARA GÖRE KGDD'İN SINIFLANDIRILMASI.....	46
4.4. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN KULLANIM SAHALARI.....	47
BÖLÜM 5.....	50
MALZEME VE METOD.....	50
5.1. DENEY NUMUNESİ.....	50
5.2. KULLANILAN TAKIM TEZGAHI.....	51
5.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOPU (SEM).....	52
5.4. STEREO MİKROSKOP.....	52
5.5. KESİCİ TAKIM ÖZELLİKLERİ.....	53
5.6. TAKIM TUTUCU.....	53
5.7. TAKIM AŞINMASI.....	54
5.8. METALOGRAFİ VE MİKRO YAPI.....	54
5.9. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜM CİHAZI.....	54
5.10. DAİRESELLİK ÖLÇÜM.....	56
5.11. SERTLİK ÖLÇÜM.....	57
5.12. DENEY NUMUNESİ YIKAMA.....	58
5.13. DENEY DEĞİŞKENLERİ.....	59

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6	60
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	60
6.1. MİKRO YAPI ANALİZİ.....	60
6.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	61
6.3. KESİCİ TAKIM AŞINMASI.....	63
6.4. DAİRESELLİKDEN SAPMA	68
BÖLÜM 7	71
SONUÇLAR.....	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Delme işlemi.....	17
Şekil 3.2. Değiştirilebilir uçlu matkap	19
Şekil 3.3. Değiştirilebilir uçlu matkaplar	20
Şekil 3.4. Değiştirilebilir uçlu matkap ucu talaş kırıcı ve silici köşe	20
Şekil 3.5. Kademeli değiştirilebilir uçlu matkap	21
Şekil 3.6. Matkabın genel kısımları	21
Şekil 3.7. Matkabın yüzey ve kesici kenarları.....	22
Şekil 3.8. Dairesel sapmanın değeri	23
Şekil 3.9. Talaş oluşumu.....	25
Şekil 3.10. Tipik bir talaş kaldırma işlemi.....	26
Şekil 3.11. Sağ yan kesici takım.....	28
Şekil 3.12. Kesici takımlarda aşınmalar	31
Şekil 3.13. Kesici takım ucundaki aşınmalar.....	32
Şekil 3.14. Temel aşınma mekanizmaları.....	34
Şekil 3.15. Helisel matkaplarda oluşan aşınma mekanizmaları.....	35
Şekil 3.16. Serbest yüzeyde oluşan aşınmanın gösterimi	35
Şekil 3.17. Takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler	36
Şekil 3.18. Yuvarlak uçlu bir takım ile oluşan yüzey pürüzlülüğü	38
Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler	41
Şekil 3.20. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için kullanılan koordinatlar	42
Şekil 3.21. İzleyici uçlu cihazların çalışma şekli ve örnekler	43
Şekil 5.1. Deney numunesi	50
Şekil 5.2. Deneyde kullanılan CNC dik işlem merkezi.....	51
Şekil 5.3. ZEISS EVO 50 model SEM cihazı.....	52
Şekil 5.4. Kesici takım katalogu	53
Şekil 5.5. Takım tutucu.....	53
Şekil 5.6. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	55

	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.7. Delik çap ve dairesellik ölçüldüğü CMM cihazı	56
Şekil 5.8. BMS 3000-OB model sertlik ölçme cihazı	58
Şekil 5.9. Yıkama makinesi.....	59
Şekil 5.10. Numunenin CNC tezgahında delinmesi	62
Şekil 6.1. Deneylerde kullanılan KGDD mikro yapısı	61
Şekil 6.2. Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğü	63
Şekil 6.3. Kesici takımlarda yan yüzey aşınması takım mikroskobu görüntüleri	64
Şekil 6.4. Kesici takımlarda yan yüzey aşınması SEM görüntüleri.....	65
Şekil 6.5. Kesici takımlarda yan yüzey aşınması takım mikroskobu.....	68
Şekil 6.6. Kesme hızına bağlı dairesellik	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. KGDD'in mühendislik özelliklerinin karşılaştırılması	46
Çizelge 4.2. TS (526/1977) standartlara göre KGDD sınıflandırılması	47
Çizelge 4.3. DIN standartlarına göre KGDD sınıflandırılması	47
Çizelge 5.1. KGDD'in kimyasal bileşeni.....	51
Çizelge 5.2. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazının teknik özellikleri.....	55
Çizelge 5.3. Dairesellik ölçümlerinin yapıldığı tezgahın teknik özellikleri	56
Çizelge 5.4. Sertlik ölçümlerinin yapıldığı tezgah özellikleri	57
Çizelge 5.5. Kesici takımların deney değişkenleri	59
Çizelge 6.1. Elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	62
Çizelge 6.2. Kesme hızına göre yan kenar aşınma miktarları	67
Çizelge 6.3. Kesme hızına göre dairesellik	69

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

V	: Kesme hızı (m/dk)
f	: İlerleme hızı (mm/dev)
a	: Kesme derinliği (mm)
F	: Kesme Kuvveti (N)
r	: Kesici Takım Uç Yarı Çapı (mm)
R _a	: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)
VB _{max}	: Maksimum serbest yan yüzey aşınması
VB	: Serbest yan yüzey aşınması
KT	: Krater derinliği
KB	: Krater genişliği
KM	: Krater orta eksen mesafesi
R _t	: Pürüzlülük derinliği
R _{sk}	: Genlik dağılım eğrisi
α	: Talaş açısı
L	: Örnekleme uzunluğu
F	: Kesme Kuvveti
F _f	: İlerleme Kuvveti
F _c	: Esas Kesme Kuvveti
F _r	: Radyal Kuvvet
F _p	: Pasif kuvvet
μm	: Mikrometre
N	: Newton
Ln	: Ölçüm uzunluğu
r	: Takım uç yarıçapı

KISALTMALAR

DIN	: Deutsches Institut Für Normung (Alman Standardı)
EN	: Eurosource (Avrupa Standardı)
TS	: Türk Standardı
GGG	: Cast Iron With Spheroidal Graphite (Küresel Grafitli Dökme Demir)
KGDD	: Küresel Grafitli Dökme Demir
HB	: Brinel Sertlik
ÖKGDD	: Öztemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demir
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)
CBN	: Cubic Boron Nitride (Kübik Bor Nitrür)
SAE	: Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Birliği)
CVD	: Chemical Vapour Deposition (Kimyasal Buhar Çökeltme)
BUE	: Built-Up Edge (Yığıntı Talaş)
HSS	: Hight Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
Vbmax	: Maksimum Serbest Yan Yüzey Aşınması
VB	: Serbest Yan Yüzey Aşınması
KT	: Krater Derinliği
KB	: Krater Genişliği
KM	: Krater Orta Eksen Mesafesi
ISO	: International Organization for Standardization (Milletlerarası Standardizasyon Teşkilatı)
SEM	: Scanning Electron Microscope (Tarama Elektron Mikroskop)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Talaşlı imalat işlemi en önemli imalat yöntemlerinden biridir. Döküm, dövme, haddeme ve diğer şekillendirme yöntemleriyle üretilmiş mühendislik malzemelerinin kullanıma hazır hale getirilmesinde çoğunlukla talaşlı imalat işlemleri kullanılır. Talaşlı imalat işleminde iş parçasını (yarı mamul; döküm, dövülmüş, haddelenmiş) istenilen geometri ve ölçülere getirmek için üzerindeki fazlalıklar uygun takım tezgahı (torna, freze, matkap) ve kesici takım kullanılarak talaşlar şeklinde uzaklaştırılıp, istenilen geometri, boyutlar ve yüzey kalitesi sağlanır [1].

Talaşlı imalatta her türlü talaş kaldırma işleminde istenilen yüzey kalitesine sahip olabilmek için birçok kesme parametresinin uygun şekilde ayarlanması gerekmektedir. İşlenecek malzeme ve istenilen geometriye bağlı olarak kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, kesici takım talaş açısı, kullanılacak kesicinin cinsi, malzemesi ve geometrisinin önemli bir etkisi olduğu görülmektedir [2]. Talaşlı imalat sırasında iş parçası için uygun olmayan kesme parametreleri, iş parçasının yüzey kalitesinin yanı sıra kesicilerin kırılması, hızlı aşınması ve yanması gibi ekonomik kayıplara, tezgah boş zamanının artması veya iş parçasının bozulmasına gibi bir dizi ekonomik kayıplara neden olmaktadır [3].

Endüstriyel alanda yapılan bilimsel çalışmalar sonucu birçok yeni teknolojik gelişmeler sağlanmaktadır. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılan makine ve teçhizatla birlikte üretim yöntemleri de değişmekte ve bunun doğal sonucu olarak da üretilen ürünlerin maliyeti düşmekte ve kalitesi artmaktadır [4]. Bu çalışmalar sonucu son yıllarda takım tezgahları ve kesici takımlar geliştirilerek kesme hızları daha yüksek hızlara çıkmış ve bunun neticesinde de

üretim artışı meydana gelmiştir. Kesme parametrelerinden özellikle kesme hızının artırılması en çok tercih edilen tekniktir. Çünkü kesicinin kullanılma süresini kesme hızı doğrudan etkilemektedir. Bundan dolayı daha rijit ve güçlü ekipman (tezgah ve avadanlıklar) gerekmektedir [3].

Küresel grafitli dökme demirler birçok alanda kullanılmakta ve özellikle otomotiv sektöründe yaygın olarak tercih edilmektedir. 1970'den sonra üretimi artan küresel grafitli dökme demirler, mühendislik açısından çeliğin birçok avantajını ve dökme demirlerin ekonomik talaşlı işlenebilme özelliğini bir araya getirmektedir. Çeliğe göre daha yüksek aşınma direncine sahiptir. Yüksek mukavemet ve iyi aşınma direnci istenilen birçok yerde geniş kullanım alanına sahiptir. Örneğin otomobillerde kam ve krank milleri, dişliler ve fren disk kampanaları küresel grafitli dökme demirden üretildiğinde, üstün işlenebilirlik özelliği ve elastisite modülünün yüksek olmasından dolayı daha iyi sonuç vermektedir [5].

Üretimde öncelikli amaç; istenilen geometri, ölçü ve bitirme yüzeyine sahip parçaları teknik ve ekonomik yönden en az maliyet ile üretmektir [6]. Kesici takım maliyetlerinin işleme şekilleri sonucunda ürün maliyetini arttırdığı bilinmektedir. Bundan dolayı, talaşlı imalatta işleme operasyonlarını en aza indiren bir üretim yönteminin kullanılması ve işleme maliyetini en aza indirgeyen kesme şartlarını belirlemek için temel işlenebilirlik çalışmalarının yapılması gerekmektedir [7].

Bu çalışmada, eksenel pistonlu hidrolik pompa kapak plakası olarak kullanılan KGDD'nin (Küresel Grafitli Dökme Demir) yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve oluşan deliklerin daireselliği araştırılmıştır. Kesici takım olarak CVD kaplamalı sementit karbür kesici takım seçilmiştir. İşleme parametreleri kesici takım firmasının tavsiye ettiği değerler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü, dairesellik ve kesici takım aşınması için, her bir kesici takımla dört farklı kesme hızı ve sabit bir ilerleme hızı ile 10 delme deneyi yapılmıştır. Bu da dört farklı kesici takımla toplam 40 deney yapılmış demektir. Deney sonrası deliklerin yüzey pürüzlülüğüne, daireselliği ve kesici takımda oluşan aşınmaları ölçülmüştür. Ayrıca, her takım için işleme sonrası stereo mikroskop ve tarama elektron mikroskobu (SEM) ile yan kenar aşınmaları ölçülmüştür. Deneyler sonucunda elde edilen yüzey

pürüzlülüğü, dairesellik ve aşınma değerleri grafiklerle ifade edilerek yorumlanmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yavuz, yaptığı çalışmada GGG 70 küresel grafitli dökme demirden yapılmış kam millerinin işlenebilirliğini araştırmıştır. Kam milleri, pozitif ve negatif talaş açılarında sementit karbür kesici takımlarla 250, 275, 300, 325 m/dk kesme hızlarında 0,15-0,25-0,30 mm/dev ilerleme miktarlarında ve 0,5 mm ve 2 mm kesme derinliklerinde işlemiştir. İlerleme miktarının 0,15 mm/dev'den 0,25 mm/dev'e çıkması, elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerinin % 100 artmasına neden olmuştur. İlerleme miktarının 0,15 mm/dev'den 0,30 mm/dev'e çıkması ile de yüzey pürüzlülüğünün % 300 arttığı tespit etmişti. Talaş derinliğine bağlı olarak kesme kuvvetleri değişiklik göstermiştir. Esas kesme kuvveti talaş derinliği 0,5 mm'den 2 mm'ye çıkartıldığında artmıştır [6].

Kaçal ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, küresel grafitli dökme demirlerin (KGDD) yüksek kesme hızlarında son bitirme işlemleri için kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Deneyler; ısıtılmamış GGG 40 KGDD'den hazırlanan numuneler üzerinde, seramik ve CBN kesiciler kullanılarak, üç farklı kesme hızı (600-700-800 m/dk) ve dört farklı ilerleme (0,05-0,08-0,12-0,16 mm/dev) değerinde çalışmışlardır. Deney sonuçlarına göre; en iyi pürüzlülük değeri seramik kesici ile kesme hızının 600 m/dk ve ilerlemenin 0,05 mm/dev olduğu kesme şartında 0,4 µm değeriyle elde ettikleri görülmüştür. Isıtılmamış KGDD'nin son bitirme işleminde elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına göre taşlama gibi ikincil bir işlemin gerekmediği görülmüştür [8].

Thamizhmanii ve Hasan yapmış oldukları çalışmada, dökme demirin işlenebilirliğini araştırıp yorumlamışlardır. İşlenebilirlik deneyleri CBN kesici takımla dört farklı kesme hızında (35, 45, 100, 135 m/dk), dört farklı ilerleme değerinde (0,08-0,1-0,125-0,16 mm/dev) ve 0,5 mm kesme derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Düşük

ilerleme miktarlarında ilerleme kuvvetinin de düşük olduğu ve bütün deneylerde radyal kuvvetin düşük olduğu tespit edilmiştir. Düşük ilerleme miktarlarında ve yüksek kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün düştüğü tespit edilmiş ayrıca yüzey pürüzlülüğünde takım aşınmasının etkili olduğu tespit edilmiştir. Sert parçacıkların ve diğer partiküllerin çentik aşınmasına neden olduğu tespit edilmiştir [9].

Aslantaş ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin (ÖKGDD) sinterlenmiş karbür kesici takımlar ile işlenmesinde takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerini inceleyip yorumlamışlardır. Dökme demir numuneleri ilk olarak tuz banyosunda 900°C de 60 dakika süreyle östenitlemeye tabi tutulmuş ve sonrasında 250°C ve 325°C'lerde 60 dakika süre ile östemperleme işlemi yapmışlardır. Kesme kuvvetleri Kistler dinamometresi ile ölçülmüştür. Tornalama işlemi; sabit ilerleme ve kesme derinliğinde ve 75 ile 250 m/dk arasında değişen kesme hızlarında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, düşük östemperleme sıcaklıklarının kesme kuvvetlerinin artmasına neden olurken, daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edildiğini görülmüştür. Takımda genellikle yan yüzey yatak aşınması meydana gelmiştir. Azalan östeperleme sıcaklığı ile takım ömrü azaldığı gözlemlenmiştir [10].

Gülesin ve Kaçal yaptıkları çalışmada, küresel grafitli dökme demirlerin (KGDD) yüksek kesme hızlarında son bitirme tornalama işlemlerinde kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri istatistiksel olarak araştırmışlardır. Isıl işlem görmemiş GGG 40 KGDD'den hazırlanan numuneler, seramik ve CBN kesicilerle işlenmiş ve kesme deneylerinden elde edilen verilerin varyans analizleri yapılmış. Analizler için kesme hızı, ilerleme ve kesici takım değişken parametreler (kontrol faktörleri) olarak belirlemiştirler. Analiz sonuçlarına göre; kesici takım bakımından F_c esas kesme kuvvetinde bir fark görülmemiştir. Kesme hızı en çok pasif kuvvet F_p üzerinde etkili olmuştur. Seramik kesici ile daha iyi yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. % 5 istatistiksel önem düzeyinde F_p ile yüzey pürüzlülüğü arasında bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir [11].

Özdemir, yaptığı bu çalışmada küresel grafitli dökme demir parçaların üretilmesinde etki eden parametreleri araştırmış, ultrasonik ses hızı metodu ile numunelerin

kontrolünü yapmıştır. Mekanik ve metalografik incelemeler yaparak, ultrasonik çalışmalarda elde edilen verilerle kıyaslanmıştır. Parçaların kalitesi ve proses kontrollerinin belirlenmesi ile küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerinin ayrımı için bu yöntem tercih edilebilir olduğu ortaya konulmuştur [12].

Kırcalı, yaptığı çalışmada çeşitli matris yapılarda küresel grafitli dökme demirler üzerinde çalışmıştır. Deneylede çekme ve basma analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada bazı malzeme gruplarında ilerlemenin takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. İşlemler sırasında kesme sıvısı kullanmamıştır. Farklı içyapılara sahip bu malzemeler üzerinde çekme deneyleri yapılarak ısıl işlem sonucunda malzemelerde oluşan çekme dayanımı ve uzama değişiklikleri incelenmiştir. Elde edilen bu mekanik özellikler ve işlenebilirlik değerleri ile farklı matris yapılara sahip küresel grafitli dökme demirlerin karşılaştırılmasını yapmıştır [13].

Seker ve diğerleri, Ni ve Cu ile alasm andırılmış KGDD'in islenebilirliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla biri alasmız diğerleri Ni ve Cu'nun değişen oranlarında yedi farklı alaşımlı KGDD malzeme Sinterlenmiş karbür kesici takımlarla test edilmiştir. Bu malzemelerin islenebilirlikleri kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri kriterlerine göre incelenmiştir. Bütün kriterlere dayanarak; %0,7 Ni ve %0,7 Cu ilave edilmiş numunede en düşük kesme kuvveti ve en iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Mekanik özelliklere göre en iyi özellikler ise %1 Ni ve %0,65 Cu ilave edilmiş numunede elde edilmiştir [14].

Seker ve Hasırcı tarafından yapılan bir çalışmada, ÖKGDD'in islenebilirliği, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmiş. Bu amaçla; Ni ve Cu ilave edilmiş KGDD numuneler farklı östemperleme zamanı ve sıcaklığına tabi tutularak hazırlanmıştır. Östemperleme sonucu yüzey kalitesinde dikkate değer gelişmelerin olduğu, kesme kuvvetlerinde ise farklı numuneler arasında %20'ye varan artışı meydana geldiği gözlemlenmiştir. %0,7 Ni ve %0,07 Cu ilave edilmiş ve 60 dakika süreyle östemperlenmiş numunenin, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü

kriterlerine göre değerlendirildiğinde en iyi sonuçları veren numune olduğu gözlemlenmiştir [15].

Yapılan deneyler sonucunda KGDD malzemelerinin yapı ve özelliklerinin ısı ile işleme büyük oranda geliştirilebildiğini görmüştür. Numuneler kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü bakımından değerlendirildiğinde düşük sıcaklıkta (280 °C) ve (30 dk) kısa östemperleme sürelerinde daha iyi sonuçların elde edildiği tespit etmiştir. Kesme hızı bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde ise 125 m/dk'da genellikle daha homojen sonuçlar elde etmiştir [15].

Çakır yaptığı bu çalışmada Östemperleme ile artan mekanik özelliklerin takım ömrü için olumsuz bir etki oluşturacağı beklenen bir sonuçtur. Bu nedenle optimum kesme parametrelerini tespit etmek için farklı kesme hızları kullanarak takım ömrünün de dikkate alınması şarttır. ÖKGDD malzemelerde takım aşınma testleri Sinterlenmiş karbür kesici takımlar kullanarak Çakır vd. tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sinterlenmiş karbür kesici takım kullanarak, üç farklı östemperleme sıcaklığı için aşınma testleri yapılmıştır. Östemperlenen numune ile KGDD malzeme arasında ciddi farklılıkların olmadığı görülmüştür. Fakat düşük östemperleme sıcaklıklarının daha çabuk aşınmaya neden olduğu ortaya konulan temel bir sonuçtur [16].

Karamusaoglu, yaptığı çalışmada KGDD'in değişik kesici takım geometrileri kullanılarak işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüğü araştırmıştır. Deneylerde iki tip uç geometrisi kullanmıştır. Birinci geometri standart uç geometrisi, ikinci geometri ise wiper (silici) uç geometrisindedir. Her geometri için üç adet uç radüsü (0,4; 0,8 ve 1,2 mm) olarak almıştır. Bu materyallerle üç kesme hızında (200, 275, 350 m/dk), üç ilerleme miktarında (0,05; 0,15 ve 0,25 mm/dev) ve 1mm kesme derinliğinde deneyler yapmıştır. Yapılan deneyler sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerleri ölçmüştür. Elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri yardımıyla wiper ve standart geometrinin KGDD üzerindeki etkileri araştırmıştır. Kesici takım firmalarının wiper geometri için söyledikleri iki kat ilerlemeyle aynı yüzey pürüzlülüğü KGDD üzerinde yapılan deneylerde tüm parametreler için gerçekleşmiştir. Fakat bazı parametrelerde wiper geometri standart geometriye göre 4 kat daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmesini sağlamıştır. Deneyler sonucunda en iyi yüzey pürüzlülük

değeri, 1,2 mm radüslü wiper geometri ile 350 m/dk kesme hızında 0,05 mm/dev ilerleme değerinde 0,401 μ m olarak elde etmiştir [17].

İnçal yaptığı çalışmada HSS matkap uçları ile C45 malzeme üzerinde delik genişletme deneyleri yapmıştır. Delik büyütme işlemi için devir sayısı 550 dev/dak, kesme hızı 22,4 m/dk ve takım ilerlemesi 0,13 mm/dev olarak çalışmıştır. Delik büyütme işlemi için universal freze tezgahı üzerinde iş parçası yüzeyine 15 mm aralıklarla 5 mm delikler delinmiş daha sonra 5 mm çapındaki delikle 13 mm ye genişletilip delik büyütme işlemi tamamlanmıştır. Delik büyütme işlemi sonrasında oluşan deliklerin yüzey pürüzlülükleri, yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülmüştür [18].

Aşkun ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, değişik oranlarda Ni ve Cu ile alaşımlandırılmış küresel grafitli dökme demirlerin işlenebilirliğini kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından araştırmışlardır. Değişik oranlarda nikel ve bakır ile alaşımlandırılmış altı farklı küresel grafitli dökme demire işlenebilirlik testleri uygulanmış ve işlenebilirlik kriterleri olarak kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü baz alınmıştır. Sonuçlar; numunelerin daha önceden belirlenmiş olan mikro yapı ve mekanik özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Bütün kriterlere dayanarak en iyi sonuçlar, % 0,7 Ni ve % 0,7 Cu ilave edilmiş numunede gözlenmiştir [19].

Duran ve Acır yaptıkları çalışmada, torna kalemlerindeki talaş açısı ve talaş derinliğinin kesme kuvvetlerine etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylerde 3°, 7° ve 12°'lik farklı talaş açılarında bilenmiş HSS torna kalemleri ile AISI 1040 çelik malzeme kullanılmıştır. Kesme işlemleri için; 40 m/dk kesme hızı , 0,2 mm/dev ilerleme ile talaş derinliği her talaş açısına bağlı olarak 1 mm, 1,5 mm ve 2 mm alınmıştır. Kesme işlemi sonucunda oluşan kuvvetler; F_c (esas kesme kuvveti), F_f (ilerleme kuvveti) ve F_r (radyal kuvvet) piezoelektrik KISTLER 9257B üç bileşenli dinamometre yardımıyla ölçülmüştür. Deney sınırları içerisinde en küçük esas kesme kuvveti olan 486,6 N değeri 12°'lik talaş açısı ve 1 mm talaş derinliğinde, en yüksek esas kesme kuvveti olan 1042,98 N değeri ise 3°'lik talaş açısı ve 2 mm talaş derinliğinde elde edilmiştir [20].

Nouri ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, alüminyum-bakır alaşımının (2024) sementit karbür kesici takım ile işlenmesinde takım aşınma davranışlarını araştırmışlardır. İşlenebilirlik deneyleri kaplanmamış karbür takım ile dört farklı kesme hızında (30, 60, 180, 360 m/dk) ve iki ilerleme değerinde (0,1-0,3 mm/dev) kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Kesici takımında BUE (built-up-edge), difüzyon aşınması ve katman şeklinde yapışmalar meydana geldiği görülmüştür. BUE düşük kesme şartlarında meydana geldiği ve takım talaş ara sıcaklığı düşük olduğu için yapışmanın mekanik yolla oluştuğu belirtilmiştir [21].

Kıvak, yaptığı çalışmada Inconel 718 malzemenin delinebilirliği için kuru kesme koşulları altında optimum delme şartlarını araştırmıştır. Deneysel çalışma, 5 mm çapında kaplamasız, TiN ve TiAlN kaplı karbür matkaplar kullanılarak, kuru kesme şartlarında CNC dik işleme merkezinde gerçekleştirilmiştir. Kesme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (10-12,5-15-17,5 m/dk) ve üç farklı ilerleme (0,05-0,075- 0,1 mm/dev) kullanılmıştır. Kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü, delik çapı ve dairesellik ölçülmüş ve bu ölçümler ışığında kesici takımlar arasında performans değerlendirmesi yapılmıştır. Inconel 718'in kuru kesme şartlarında delinmesinde, en iyi performans kaplamasız takımlarla, en kötü performans ise TiAlN kaplı takımlarla elde edilmiştir. Ayrıca yüksek kesme hızı ve ilerleme kombinasyonlarında takım performansı ve delik kalitesinin düştüğü tespit edilmiştir [22].

Özkul ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, sıcak iş takım çeliklerinden Dievar derece çeliği üzerinde çeşitli matkaplar ile delik delme esnasında meydana gelen aksel kuvvetler, yüzey pürüzlülüğü, ölçü tamlığı ve dairesellik değerlerini araştırmışlardır. Deneyler dik işleme merkezinde soğutma sıvısı ile 16 mm çaplarında kaplamasız karbür matkap ve kendinden raybalı TiAlN kaplamalı matkaplar kullanılarak yapılmıştır. Kesme parametreleri olarak dört kesme hızı (36-40-44-48 m/dk) ve 0,16 mm/dev ilerleme hızı kullanılmıştır. Deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri bakımından incelendiğinde kendinden raybalı matkabın ve karbür matkabın 40 m/dk hızında diğer kesme hızlarına nispeten daha pürüzsüz bir yüzey verdiği belirtilmiştir. Dairesellik ve çaptan değişim değerleri bakımından kendinden raybalı ve solid karbür matkabın 40 m/dk kesme hızında elde etmiş olduğu en iyi değerler bu kez 36 m/dk kesme hızında elde edildiği belirtilmiştir [23].

Yağmur ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, AISI 1050 çeliğinin farklı özellikteki kesiciler (kaplamalı ve kaplamasız) kullanılarak farklı kesme parametrelerinde delinmesi sonrasında elde edilen delik yüzey pürüzlülüklerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Delikler, 14 mm çapında kaplamasız ve TiN/TiAl/TiCN kaplamalı solid karbür matkaplarla delinmiştir. Kesme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (60-70-90-108 m/dk) ve üç farklı ilerleme hızı (0,15-0,20-0,25 mm/dev) kullanılmıştır. Deneyler sonucunda ilerleme hızındaki artış yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Kesme hızındaki artış ile yüzey pürüzlük değerlerinde bir azalma olduğu belirtilmiştir. Kaplamalı takımların kaplama malzemesi sayesinde düşük sürtünme katsayısına sahip olması, yüzey kalitesini olumlu yönde etkilediği vurgulanmıştır [24].

Abu Mahfouz yaptığı çalışmada, helisel matkaplarda kesici takım aşınmasını izlemek için titreşim sinyallerini ve yapay sinir ağlarını kullanmış ve titreşim verilerini yapay sinir ağları yöntemiyle analiz etmiştir. Matkaplarda ki 5 farklı takım aşınmasını (uç aşınması, krater aşınması, yanak aşınması, dış kenar aşınması, kesici kenar aşınması) önceden tahmin etmeyi ve belirlemeyi sağlamıştır. Deneyleri Ç1040 iş parçası malzemesiyle 12.7 mm (0.5inç) çapında HSS matkap kullanarak 300 dev/dk, 400 dev/dk, 600 dev/dk, 900 dev/dk devir ve 150 mm/dk 200 mm/dk 300 mm/dk 400 mm/dk ilerlemede gerçekleştirmiştir. Yazar çalışmanın amacının kesici takımların daha verimli ve daha ekonomik kullanılmasını sağlamak olduğunu belirtmekte ve kullandığı yöntemin başarılı olduğunu savunmaktadır [25].

Armerego ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, geleneksel ve açılı ve ölçüleri değiştirilmiş matkaplara etki eden kuvvet ve momentleri daha önceki çalışmalarda teorik olarak incelemiş ve geometrik benzerlik ile kuvvet ve moment tahminini bu çalışmada yaptığı deneylerde doğrulamışlardır. Deneyde üç farklı çaptaki (1, 1,25 ve 0,75) matkap ile 65S-T6 alüminyum alaşımı olan deney numunesini üç farklı ilerlemeyle delerek bir dinamometre ile tepki kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Geleneksel matkaplar ile açılı ve ölçüleri değiştirilmiş matkaplar için kuvvetlerin bir kıyaslamasını yapmış ve elde ettiği verileri istatistiksel metotlar kullanarak yorumlamışlardır. Buna göre değiştirilmiş matkaplarda %40-42 oranında kuvvet; %15 oranında momentte azalmayı tespit etmişlerdir. Yazar ve arkadaşları bu

çalışmalarında bilinen basit eğik kesme parametrelerinden faydalanarak matkap asıl kesici kenarlarındaki kuvvet ve momentlerin hesaplanabileceğini ortaya koymuştur [26].

Rashid ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, geleneksel makine sistemlerindeki titreşim kontrolünde, kesici takım başlıklarının geliştirilmesine yönelik titreşim kontrol sistemleri kullandığı araştırmasında, istenmeyen titreşimin kontrolü için takım tutucu sistemi geliştirilmiştir. Paletli takım tutucu sistemlerinin freze tezgahları için, titreşimlerin aktif kontrolünde hem ekonomik hem de kolay olduğu vurgulanmıştır. Uygun filtreleme algoritmasına göre piezo-ivme ölçerler dinamik kuvvetlerin kontrolünde kullanılmıştır. Bu sistem deneysel olarak titreşime bağlı meydana gelen dinamik kuvvetlerin azaltılması çalışmalarında denenmiş ve geniş kapsamlı deneyler pratik öneme sahip parametre terimlerinin tespiti için gerçekleştirilmiştir. Sistem için en uygun performans değerleri, örneğin yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve takım ömrünün uzatılması amaçlanmış ve sonuç olarak bu tip kontrol sistemlerinin hala birçok probleme haiz olduğu belirtilmiştir. Donanım ve yazılım bütünleşmesi arasında bazı problemlerin mevcut olduğu, dolayısıyla soğutma sıvıları ve yüksek sıcaklıktaki metal talaşlarının yoğunlukta olduğu işlemlerde yeterli düzeyde bu bütünlüğün sağlanamadığı belirtilmiştir [27].

Tsao ve Hocheng yaptıkları çalışmada, kompozit malzemelerin delinmesinde takım aşınmasının katman kalkması üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kompozit malzemelerin delinmesindeki katman kalkmasını en belirgin kusur olarak ele alan araştırmacılar, karbon fiber takviyeli kompozitleri helisel matkaplarla delinmesi sırasında matkap aşınmasının sebep olduğu katman kalkması problemini kapsamlı olarak incelemiştir. Deneysel sonuçlar, artan aşınma miktarıyla kritik ilerleme kuvvetinin daha yüksek olduğunu ve gerçek ilerleme kuvvetindeki daha fazla bir artışla katman kalkmasının daha kayda değer bir hale geldiğini göstermiştir [28].

Haggerity, yaptığı çalışmada matkap uç geometrisinin ve boyutsal simetrisinin matkap performansına etkilerini araştırmıştır. Yazar matkaptaki kesme performansını arttırmak için yeni bir uç geometrisi tasarlamıştır. Dört farklı malzeme ve uygun ilerleme oranıyla yaptığı deneyde modifiye edilmiş matkaplarda geleneksel

matkaplara karşılaştırmış ve modifiye edilmiş matkaplarda diğer matkaplara oranla aynı şartlarda ilerleme kuvvetinde %15-35; eğilme momentine %4 oranında iyileştirmeyi sağlamıştır. Ayrıca delme işlemi başlangıcında delik konumlandırılmasında kaymalar azalmış, delik ölçüsünde ve delik hassaslığında daha iyi sonuçlar almıştır. Yazar yaptığı başka bir deneyde ani-durdurma tekniği kullanarak A-151, B-1112 çelik malzemeyi 118° uç açısı ve 0,001 ile 0,006 in arasında değişen kenar yüksekliğinde 0,007 inç/dev ilerleme ve 520 dev/dk devir sayısı kullanarak relatif kenar yüksekliği farkını her iki matkap türü için karşılaştırmıştır. Deney sonucunda her iki tür matkap için kenar yüksekli farklı delme işleminde kayma, ölçülerde büyümeye ve düzgün olmayan talaş çıkışına sebep olduğunu görmüştür. Yazar aynı matkaplar üzerinde relatif kenar yüksekliğinde olduğu gibi çekirdek eksantrikliği üzerinde benzer deneyler yapıp benzer sonuçlar almıştır. Giriş eksantrikliği her iki tür matkap gurubu için, delik ölçülerinde büyüme talaş çıkışında matkap rijitliğine ve takım ömrüne olumsuz etkileri olduğunu gözlemlemiştir [29].

Nouari, yaptığı çalışmada alüminyum alaşımının kuru delinmesinde kesici takım aşınmasının deneysel olarak analizini ve optimizasyonunu yapmıştır. Kesme parametrelerinin delik kalitesine tesirini inceleyerek, alüminyum malzeme için optimal kesme hızının $V= 65$ m/dk olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca deliğin ortalama yüzey pürüzlülüğünü, çapak boyunu ve sapmalarını da kesme parametrelerine bağlı olarak incelemiştir. Ayrıca değişik kaplama türlerinin delik kalitesine tesirini de inceleyen Nouari, kaplamaların işleme kalitesini ciddi mahiyette etkilemediğini ortaya koymuştur.

Kesici takım yüzeyindeki sıcaklık dağılımında ise yazılım olarak Third Wave Advant Edge kullanmıştır. Aşınmada ve sıcaklığı belirlemede ise sürtünme kanunu olarak Columb'un Kanununu referans alıp modele uygulamıştır [30].

Fernandes, yaptığı çalışmada karbon kompozit malzemeyi delme esnasında kuvvet ve torkun delik kalitesi ve aşınmaya etkisini inceleyip yorumlamıştır. Ayrıca takım aşınması ve iş parçası kalınlığının kesme süresi boyunca kesme kuvveti ve torka tesirini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda Fernandes, aynı matkap ucuyla delinen

delik sayısı artıkça ilerleme kuvvetinin arttığı fakat torkun ciddi şekilde etkilenmediğini görmüştür. İş parçası kalınlığının kesici takım aşınmasında önemli rol oynadığını da belirten Fernandes, küçük bir iş parçası kalınlığının dahi büyük oranlarda ilerleme kuvvetine sebep olarak sonuç itibarıyla takım da aşınmaya sebep olduğunu ifade etmektedir [31].

BÖLÜM 3

TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK

3.1. GİRİŞ

İmalatın amacı, hammadde ile ürün arasındaki dönüşümü sağlamaktır. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için pek çok değişik teknolojik yöntemler kullanılabilir. İmal Usulleri adı verilen bu teknolojik yöntemler, talaşlı imalat ve talaşsız imalat yöntemleri olarak iki temel gruba ayrılabilir. Bu iki temel grup arasındaki fark; talaşlı imalat yöntemlerinde (tornalama, frezeleme, planyalama) hammadde-ürün dönüşümü sırasında hammadde üzerinden talaş kaldırılması, talaşsız imalat yöntemlerinde (kaynak, döküm, dövme) ise hammadde üzerinden talaş kaldırmadan bu dönüşümün sağlanabilmesidir [32].

Makine parçalarının büyük çoğunluğu talaşlı imalat yöntemiyle elde edildiğinden dolayı ekonomik faktörler üzerinde bu yöntem önemli bir etkiye sahiptir. Bu doğrultuda talaş kaldırmayı etkileyen faktörleri optimize etmek demek maliyeti de optimize etmek demektir. Talaş kaldırmayı etkileyen faktörler: kesici takım, işlenen malzeme kesme parametreleri ve tezgah durumu gibi başlıklar altında toplanabilir. Talaşlı imalatı etkileyen faktörler içerisinde, malzemeye göre kesici takım seçimi önemlidir. Malzeme için seçilen kesici takımın performansı yüksek olursa, takımla işlenen parça sayısı artar ve maliyet düşer. Takım ömrü açısından bakıldığında, aynı malzeme için her bir kesici kenarın işlediği iş parçası sayısı, takımın hız çeliği olması halinde 2,5 iken çok katlı, kaplamalı sinterlenmiş karbür takımlarla 60 civarındadır [16].

Talaşlı imalat işleminde işleme parametrelerin malzemeye uygun seçilmemesi kesicilerin kırılması, hızlı aşınması ve deformasyonu gibi istenmeyen sıkıntılara neden olur. Bu durum, tezgah boş zamanının artması, iş parçasının ölçü tamlığının

bozulması veya işin kalitesinin yeni bir işlem gerektirecek derecede yetersizliği gibi bir dizi ekonomik kayıplara sebep olacaktır. Malzemenin işlenebilirlik özelliği önceden iyi tespit edilmemişse bu kayıplar kaçınılmazdır [33].

Metal kesme işlemi teknolojisi, talaşlı imalat işlemi ile ilgisi olan bütün endüstri dallarından yapılan katkılarla arttırılmıştır. Karbon takım çeliklerinin yerine yüksek hız ve sementit karbür kesici takımlar kullanılarak kesme hızları önemli derecede arttırılmıştır. Bu işlemler sonucu da makine takım imalatçıları kesici takımdan en üst düzeyde yararlanılacak şekilde kesici takım tasarlamaya başlamışlardır. Bunun sonucu olarak da otomatik makinelerle ve bilgisayarlı sayısal kontrollü makinelerle işçilik maliyetleri azalmıştır. Takım tasarımcıları ve talaşlı imalat uzmanları kesici takım ömrünü ve kesme hızlarını arttırmak için kesici takım geometrilerini optimize etmişlerdir. Aynı zamanda soğutma sıvısı imal edenler de soğutma sıvıları ve yağlayıcılar geliştirerek takım ömrünü ve yüzey kalitesini iyileştirmeye çalışmışlardır [34].

Günümüzde talaşlı imalat, endüstrinin çok çeşitli dallarında önemli bir üretim yöntemi olarak kullanılmaktadır. Otomobil ve motor, kalıp, elektrik, demiryolu gemi, uçak ve uzay araçları, savunma sanayi ve benzer endüstriyel alanlar talaşlı imalat işlemlerinin yaygın olarak kullanıldığı endüstri dallarıdır [34].

3.2. TALAŞLI İMALAT

Talaşlı üretim işlemi en önemli imalat yöntemlerinden biridir. Talaşlı imalat işleminde iş parçasını istenilen geometriye getirmek için üzerindeki fazlalıklar uygun takım tezgahı (torna, freze, matkap) ve kesici takım kullanılarak talaşlar şeklinde uzaklaştırılıp, istenilen boyutlar ve yüzey kalitesi sağlanır.

Döküm, dövme, haddeleme ve diğer şekillendirme yöntemleriyle üretilmiş mühendislik malzemelerinin kullanıma hazır hale getirilmesi için çoğunlukla talaşlı imalat işlemlerine maruz kalmaları gerekir. Uzay ve havacılık, otomotiv ve kalıp gibi endüstriyel alanlarda çoğu ürüne son şekli talaşlı imalat işlemleriyle verilir.

Tornalama, frezeleme, planyalama ve delme talaşlı imalat işlemlerine örnek olarak verilebilir [34].

Talaşlı imalat işlemiyle;

- a) Çok çeşitli malzemeler talaşlı imalat yöntemiyle şekillendirilebilir. Gerçekte bütün katı malzemeler işlenebilir. Polimer ve polimer esaslı kompozitler de talaşlı imalat yöntemiyle işlenebilir.
- b) Talaşlı imalat işlemiyle düz ve dairesel yüzeyler gibi düzenli geometriler oluşturulabilir. Birkaç talaşlı imalat işlemi sırasıyla uygulanarak hemen hemen bütün karmaşık geometriler elde edilebilir.
- c) Talaşlı imalat işlemiyle iş parçası ölçüleri çok yakın toleranslarda elde edilebilir ve çok iyi yüzey kalitesi elde edilebilir [34,35].

Bu özellikler dikkate alındığında talaşlı imalatın en önemli imalat yöntemlerinden biri olduğu anlaşılmaktadır.

Talaşlı imalat işlemlerinde üç temel kavram mevcuttur. Bunlardan en önemlisi kesme hızıdır. Bu önemli parametrelerin frezeleme işlemlerine göre tanımlarını aşağıdaki şekilde yapabiliriz.

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

İlerleme hızı (f), freze çakısının iş parçası üzerinde doğrusal olarak bir dakikada mm cinsinden aldığı yol olup, birim mm/dakikadır.

Talaş kalınlığı (a), iş parçası malzemesinden kaldırılan malzemenin derinliğidir ve iş parçası eksenine dik yönde ölçülür.

Bu üç kesme parametresinin çarpımıyla ekseriyetle metal kesme işleminin verimliliğini ifade eden talaş kaldırma oranı bulunur. Kesme hızı kullanılarak talaşlı

imalat işlemleri esnasında takım tezgahlarının iş millerinin uygun devir sayıları hesap edilir. Eşitlik 3.1’de devir sayısının hesaplanması verilmiştir.

$$n = \frac{1000.V}{\pi .d} \text{ (dev/dk)} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile ifade edilir.

Bu eşitlikte;

V: Kesme hızı (m/ dk),

d: Matkap çapı (mm)

n: Devir sayısı (dev/dk)

3.3. DELİK DELME VE DELİK DELME TAKIMLARI

Delik delme, iş parçasından talaş kaldıran bir takımla silindirik delik açma metotlarının tamamına verilen bir addır. Dönen ve aksenal bir hareketle iki ağza sahip bir kesiciye iş parçası üzerinde silindirik boşluklar elde etmek üzere yapılan işleme delme denir (Şekil 3.1) [35].



Şekil 3.1. Delme işlemi [35].

Delme terimi kısa ve derin delik delme işlemleri için olduğu kadar bunu takip eden broşlama, raybalama, havşa açma işlemleri ve ovalama (veya parlatma) gibi çeşitli son işlemler için de kullanılır [36]. Bütün bu işlemlerin ortak noktası, takımın kendi eksenini etrafında dönme hareketi ile eksenini yönünde ilerleyerek yapılan bir talaş kaldırma işlemi olmasıdır [37].

Delme işlemi en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinin %33'ünü içermektedir. Delme işlemi çoğunlukla talaş kaldırma işlemlerinin sonuncusudur. Tornalama ve frezeleme işlemleri ile delme işlemleri karşılaştırıldığında, işlemlerin kinematik ve dinamik yapısının benzer olup talaş akışı ve kesme sıcaklığı dağılımının aynı şekilde olduğu görülür. Diğer taraftan delme işleminde olumsuz durumlar da oluşmaktadır. Talaş oluşumu kapalı alanda oluşur ve görülemez. Talaş akışını sınırlandıran sadece matkapta oluşan talaş kalınlığıdır. Takım ve iş parçası arasındaki sürtünme önemlidir; yüzeyden akan sıcaklığın yetersiz olması ve dönme ekseninde kesici ağız boyunca kesme hızı değerinin sıfır olması ana problemdir. Bu yüzden matkap ve işlem tezgaha ve iş parçasına özgü adapte edilmeli, delik kalitesi sağlanmalı ve gerekli yöntem doğruluğu oluşturulmalıdır. Bu nedenlerden dolayı birçok takım geometrisi ve takım malzemesi geliştirilmiştir [38].

Delik delme ve işleme işlemi birçok değişik iş parçasına ve malzemeye uygulanabilir. Bazen civata, vida ve diğer bileşenler için delinmesi gereken delikte yüksek derecede tolerans doğruluğuna gerek olmayabilir. Fakat aynı zamanda, kama yuvası veya kalıp pimleri gibi hassas deliklerde ise tolerans tamlığı büyük önem arz etmektedir [37].

3.3.1. Matkaplar

Delme işlemlerinde kullanılan kesici takımlara genel olarak matkap denir. Matkaplar talaşlı üretimde en çok kullanılan kesici alet gruplarından biridir. Bir matkap kendi eksenini etrafında dönerek ve aynı zamanda eksenini doğrultusunda ilerleyerek iki kesici ağız ile kesme yapar. Metallerin işlenmesinde birçok çeşitli matkap kullanılır. Her matkap türü bir gereksinimden ortaya çıkmıştır. Bir delme takımı bir veya daha fazla

kesici kenara ve helisel veya düz kanala sahip, dönen bir takımdır. Tüm delme takımları için ortak problemler kesme hızının merkezde sıfır, çevrede maksimum olmasından kaynaklanan problemlerdir. İşlem sırasında delik içerisinde oluşan talaşlar işlenen yüzeye zarar vermeden, kolaylıkla kesme bölgesinden uzaklaştırılacak bir şekle sahip olmalıdırlar. Takım seçimi; delik çapı, delik derinliği, sağlanması gereken toleranslar, iş parçası malzemesi, üretim hacmi ve mevcut tezgâh gibi çeşitli parametrelerce belirlenir [39].

3.3.1.1. Değiştirilebilir Uçlu Matkaplar (U Drills)

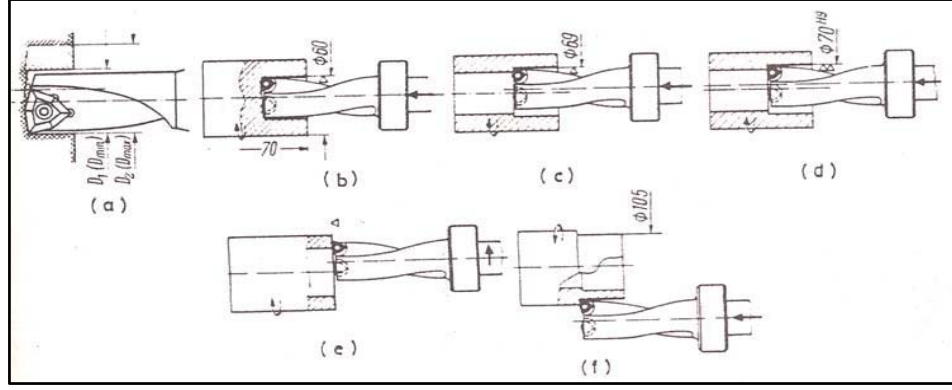
Şekil 3.3'de değiştirilebilir uçlu matkap gösterilmiştir. Şekil 3.4'deki gibi bir (a) veya iki uçlu (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5 b. c. d) olabilirler. Büyük çaplı delikler olarak nitelendirilen delikler için sadece değiştirilebilir kesici uçlu kısa matkaplar mevcuttur ve takım seçimi öncelikle kesici uç geometrisi ve kalitesi seçimi işlemidir[36].

Ayrıca Şekil 3.4'de U driller'in değiştirilebilir uçlarındaki talaş kırıcı(1) ve Silici köşe (wiper corner) denilen kısım gösterilmiştir. Kademeli değiştirilebilir uçlu matkap ise Şekil 3.5'de gösterilmiştir [36].

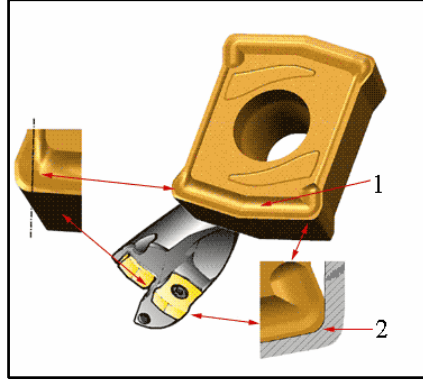
Bu takımlar ayrıca alın tornalama (e) ve boyuna tornalama (f) içinde kullanılabilirler. Bu tip takımlarla kaba (b), ince (c) ve çok ince (boyuna getirme) (d) işlemleri yapılır. Bu şekilde boyut ve yüzey kalitesi çok iyi olan delikler açılır [36].



Şekil 3.2. Değiştirilebilir uçlu matkap [40].



Şekil 3.3. Değişirilebilir uçlu matkaplar [40].



Şekil 3.4. Değişirilebilir uçlu matkap ucu talaş kırıcı ve silici köşe [40].

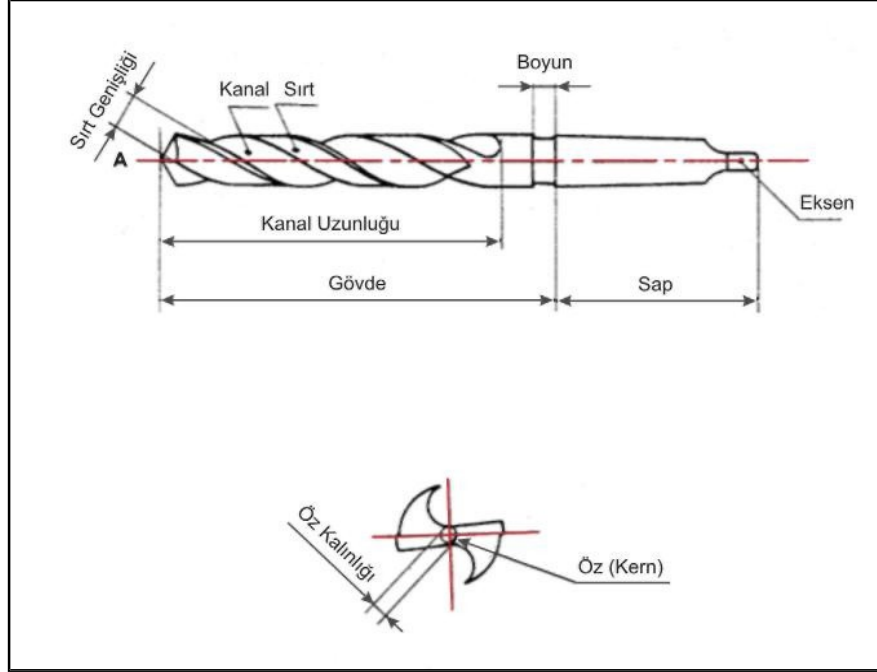


Şekil 3.5. Kademeli değişirilebilir uçlu matkap [40].

3.3.2. Matkap Geometrisi

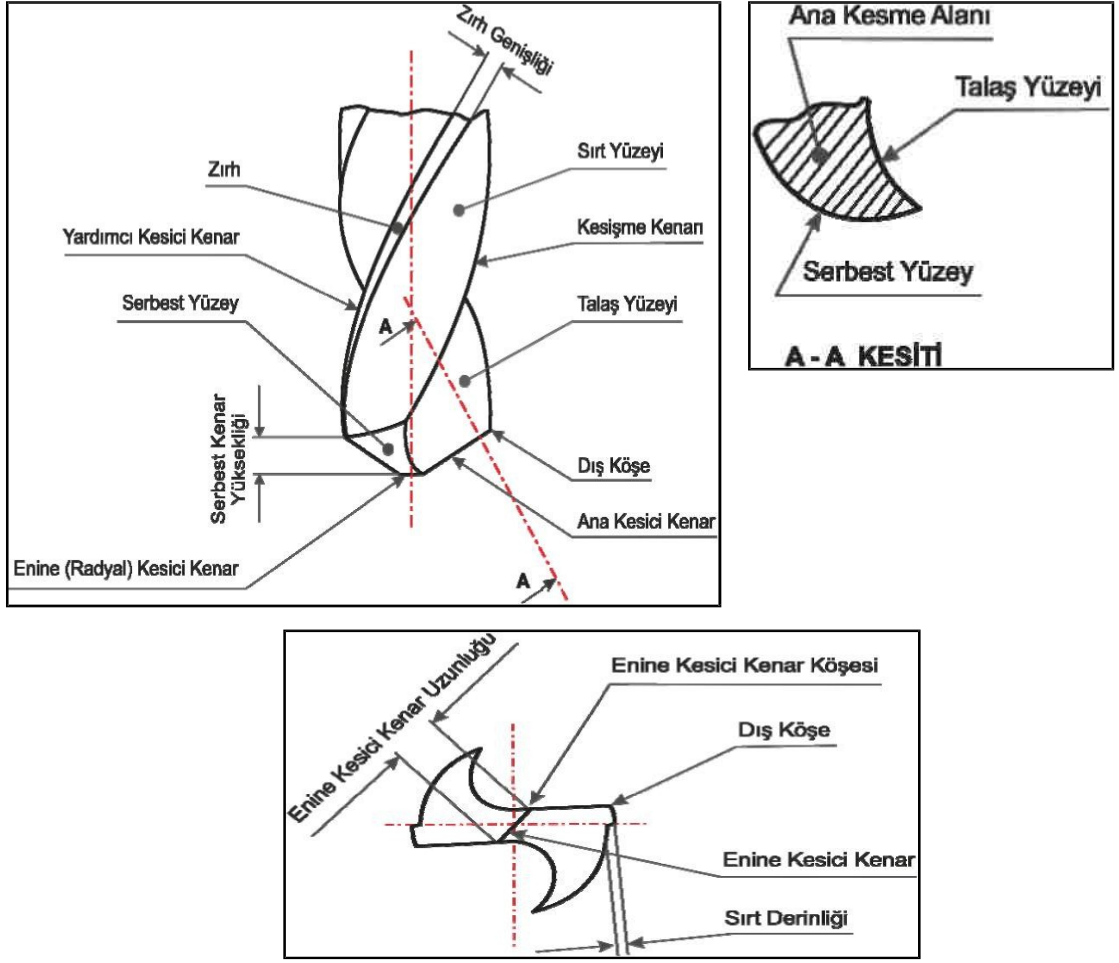
Matkaplar genel olarak gövde ve sap olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Tuturma için kullanılan sap kısmı konik veya silindirik şeklindedir. Kanallı kısım sap ile yekpare yada kaynakla birleştirilerek üretilmektedir. Her matkap türünde

olmasa da sap ile kanal arasında boyun denilen bir kısım vardır [42]. Şekil 3.6. da bir matkap genel hatları ile gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Matkabin genel kısımları [42].

Matkapta asıl kesme olayı matkap ucunda gerçekleşir. Bu kısımda matkabin ağız sayısına göre iki ya da üç ana kesici kenar ve her ağzın birer talaş yüzeyi ve serbest yüzeyi mevcuttur. Ana ağızların oluşturduğu koni tam sivri değildir. Aralarında çekirdek denilen yassı bir kısım mevcuttur. Çekirdeğin uç genişliği enine kesici kenarı oluşturur. Serbest yüzey, uç kısmındaki konik alandır. Matkabin kanallı kısmında iki kanal arasında kalan yüzey sirt denilen kısımdır. Sirt üzerinde matkap kanalı boyunca helisel olarak uzanan yüzeye zırh adı verilir ve zırh yüzeyinin kanal tarafındaki kenarı yardımcı kesici kenar olarak adlandırılır [42].



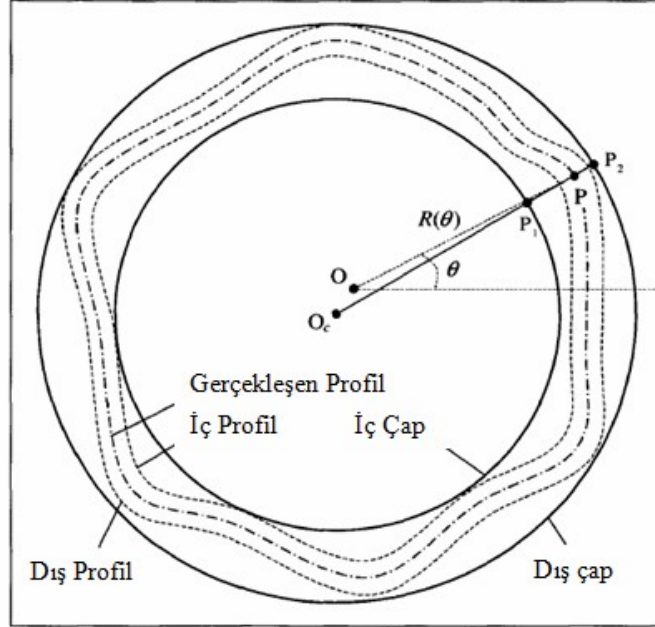
Şekil 3.7. Matkaptaki yüzey ve kesici kenarlar [41].

3.3.3. Delme İşlemlerinde Dairesellik ve Dairesellik Sapma Değerleri

Delme işlemlerinden sonra ölçülen deliklerin dairesellikleri talaş kaldırma işleminde kullanılan tezgahın işleme kalitesine, takımın cinsine, kesme esnasında kullanılan kesme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Daireselliğin bozulması takım aşınması, takımın doğru pozisyonlaşmamasından ya da kesme sırasında uygulanan kuvvetlerin düzensizliğinden kaynaklanmaktadır. Dairesellik aralığı, kesme hızı, ilerleme, paso kalınlığı, paso sayısı vb. birçok parametreden etkilenmektedir [42].

Üretilen her daire dairesellik ve yüzey pürüzlülüğü gibi bazı hatalar barındırır. Dairesellik değerlerinin ölçülmesi işlenen parçanın tolerans değerlerinin sınır değerleri arasında olup olmadığının belirlenmesidir [42].

Gerçekleşen profili saran 2 eş merkezli dairenin (P_1 , P_2) minimum radyal aralıdır. En küçük kareler dairesi, etrafındaki maksimum radyal aralık olarak da değerlendirilebilir. En çok ölçümü yapılan sapma tipidir.



Şekil 3.8. Dairesel sapmanın değerlendirilmesi [41].

Dairesellik hatası, ölçüm cihazından alınan koordinat verileri aşağıdaki metotlar kullanılarak belirlenmektedir:

- En küçük kareler metodu (EKK),
- Maksimum iç teğet dairesi metodu (MİTD)
- Minimum dış teğet dairesi metodu (MDTD)
- Minimum radyal aralık dairesi metodu (MRAD)

EKK metodu, günümüzde özellikle CMM tezgahlarında en sık kullanılan yöntem olup, diğer yaklaşımların karşılaştırılmasında referans alınan bir tekniktir. Bu metotla elde edilen dairenin merkezi, en küçük dış teğet ve en büyük iç teğet dairelerin profile uydurulması için kullanılır. Bu iki daire arasındaki fark dairesellik hatası olarak ifade edilir [42].

3.4. İŞLENEBİLİRLİK

İşlenebilirlik “bir malzemenin istenilen biçimde, boyutta ve yüzey kalitesinde işlenmesinin kolaylığını veya zorluğunu gösteren bir kavramdır” [24].

Bir başka araştırmacıya göre ise “işlenebilirlik, bir malzemenin talaş kaldırma işlemini etkileyen özelliklerinin tamamı ve talaş kaldırma yöntemleri ile üretimin kolaylığı veya zorluğudur” [33].

İş parçasının kimyasal bileşimi, mikro yapısı, ısıl işlem, saflık vb. bütün değişkenler işlenebilirliği etkiler. Talaş oluşumu, takım aşınması, bitirme yüzeyi kalitesi ve kesme kuvvetleri gibi işlenebilirlik karakteristikleri ile iş parçasının işlenebilirliği belirlenebilir. Fakat bu karakteristiklerin işleme parametrelerine de bağımlılığı önemlidir.

İşlenebilirlik, ekseriyetle malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, işlenebilirlik sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerine de bağlıdır [33].

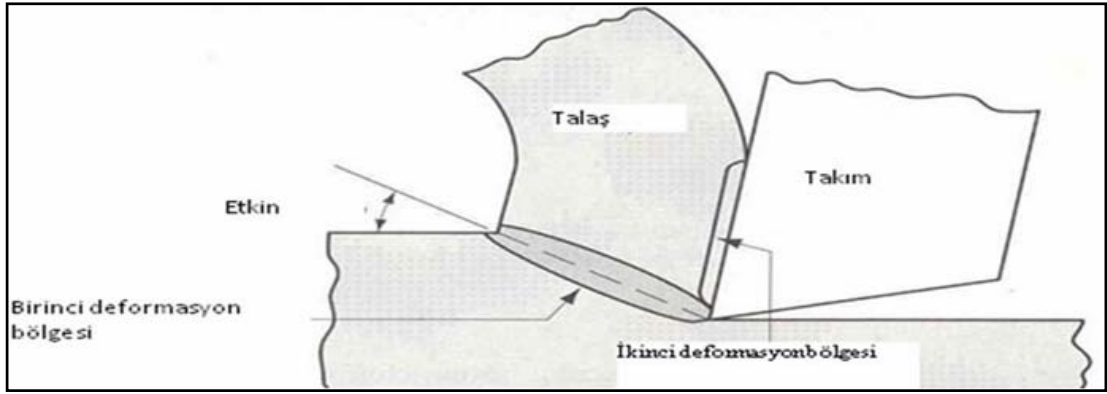
İşlenebilirliği aynı zamanda talaş kaldırmayı etkileyen faktörler,

- a) Kesici takımında meydana gelen yüksek sıcaklık, aşınma, titreşim ve kesme kuvvetlerinden,
- b) Kesme değişkenleri olan kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve soğutma sıvısından,
- c) Malzemenin kimyasal içeriğinden, mikro yapısından ve ısıl işlem geçmişinden,
- d) İşlenmiş yüzey ile ilgili olan kalıntı gerilmelerden, yüzey-yüzey altı sertliğinden, mikro yapıdaki değişimlerden ve yüzey deseninden, etkilenmektedir [43].

3.5. TALAŞLI İMALAT MEKANİĞİ VE TALAŞ OLUŞUMU

Tornalama, frezeleme, delme ve vida açma gibi talaşlı imalat işlemlerinde iş parçası yüzeyinden talaşlar şeklinde malzemeler kaldırılır. Talaşlı imalat işlemi farklılık

gösterse de (tornalama, frezeleme vb.) talaş oluşum mekanizması temelde aynıdır. Esas olarak, talaş, bölgesel bir kayma işlemi ile çok dar bir bölgede gerçekleşir (şekil 3.9' da birinci deformasyon bölgesi). Kesici takımın iş parçası ile temasa geçmesiyle öncelikle iş parçasında elastik (geçici) deformasyon oluşur. Devam eden kesme süreci ile daha sonra iş parçasının akma dayanımı geçilir ve iş parçası malzemesi plastik (kalıcı) olarak deformasyona uğrar (kalıcı olarak şekil değiştirir). Kesici takım ve iş parçasının nispi hareketi ile plastik şekil değiştirmenin devam etmesi esnasında tavllanmış iş parçası malzemesinde yüksek dislokasyon birikmesi oluşur. Yüksek dislokasyon birikmesi de iş parçasında deformasyon sertleşmesine neden olur. Deformasyon sertleşmesi bir doyum noktasına ulaştığında iş parçası kaymaya maruz kalır ve deformasyona uğrayan bölge kesici takım talaş yüzeyinden koparılarak talaşlar şeklinde atılır [44].

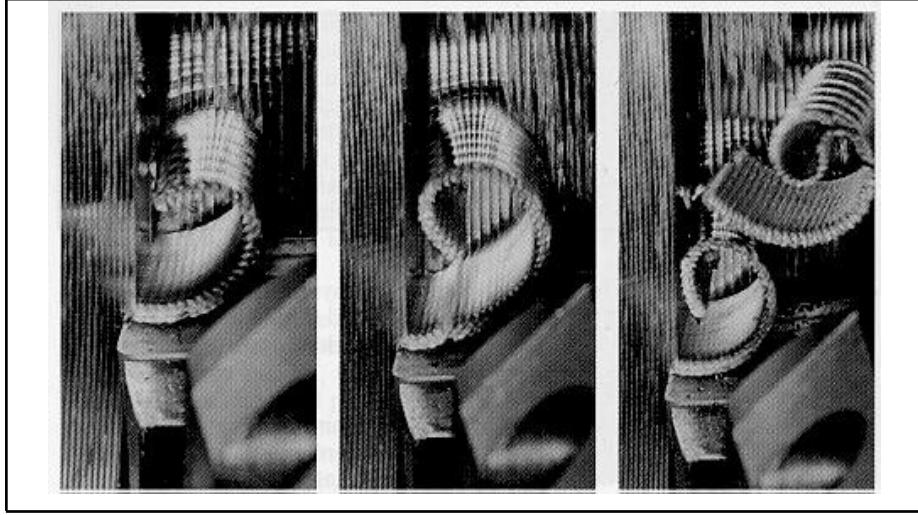


Şekil 3.9. Talaş oluşumu [35,44].

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

- Kesici olarak kullanılan bir takımın, iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması,
- Talaş derinliği ve ilerlemeyle iş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan kesici uç geometrisine sahip olması,
- İş malzemesinin direncini yeterli kuvvetle yenmesi için iş parçası ve takım arasında bir kesme hızı veya nispi hareketin oluşmasıdır [16].

Talaş oluşumu ilk kıvrılma ile başlar ve kesme verileri (özellikle ilerleme ve Talaş derinliği), talaş açısı, iş parçası malzemesinin tipi ve koşulları, köşe radyüsünün büyüklüğü gibi faktörlerden etkilenir. Belirli bir uzunluğa kadar dairesel şekilli veya helisel talaşlar en uygun talaş kesitleridir ve ancak çok iyi tasarlanmış bir kesici geometrisi ile elde edilirler. Şekil 3.10'da tipik bir talaş kırma işlemi gösterilmiştir [45].



Şekil 3.10. Talaş kırma işlemi [45].

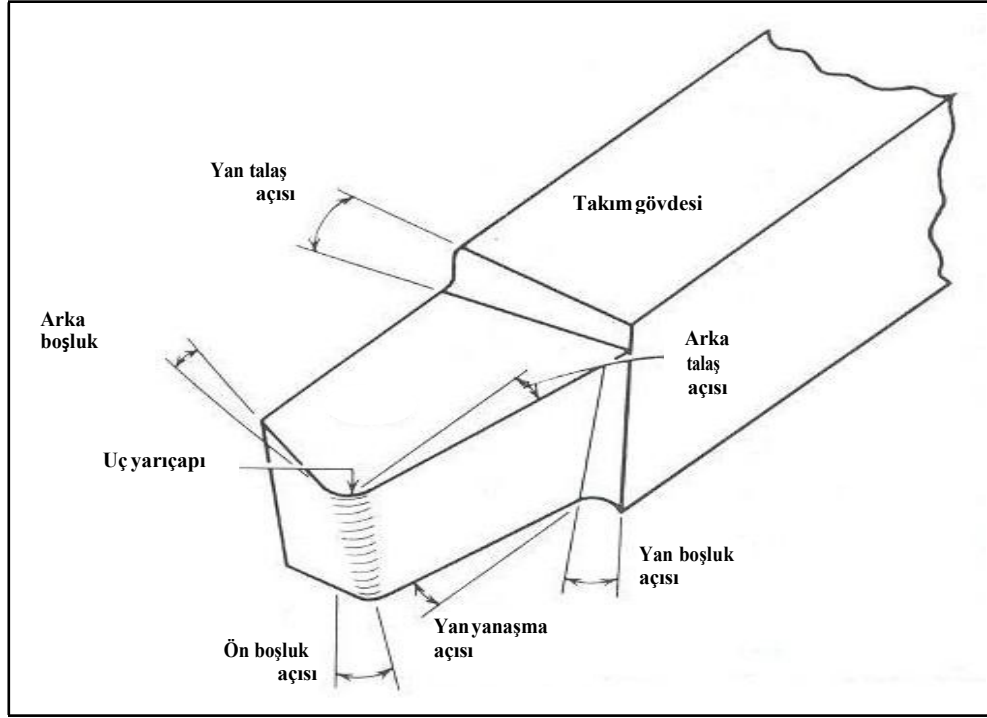
3.6. TALAŞ KALDIRMA OLAYINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Yüksek verimle üretim yapabilmek için üretim esnasında optimum işleme şartlarının sağlanması gerekir. Talaş kaldırma işleminde kesme parametresi olarak isimlendirilen kesme hızı (V), ilerleme miktarı (f) ve kesme derinliğinin (a) takım ömrüne ve talaş kaldırma miktarına önemli etkisi vardır. Her hangi bir iş malzemesi yüzeyinden belirli miktarda malzeme tabakasının kaldırılması için kesici takım olarak adlandırılan bir kesicinin o malzeme içine batması gerekir. Bu sebeple, takım olarak kullanılan kesicinin, işlenecek iş parçasından daha sert, dayanıklı olması ve

takıma kâfi derecede bir kuvvetin uygulanması ile yine kesme olayının gerçekleşmesi için kesici takımın belirli bir takım geometrisine sahip olması ve belirli kesme şartlarının uygulanması lazımdır. Tornalamada yapılan kesme işleminin sürekliliğinden ve talaş kaldırma işlemini en iyi şekilde temsil etmesinden dolayı, tek noktalı kesme işlemi ele alınmaktadır. Aynı şekilde diğer takım tezgâhlarında da benzer olaylar daha basit olarak ortaya konmaktadır [47].

Talaşlı imalat işleminde etkin bir şekilde kesme işleminin yapılabilmesi için kesici takım uygun geometriye sahip olmalıdır. Çeşitli talaşlı imalat işlemleri için kesici takım geometrileri de farklılık gösterir. Kesici takımlar tek noktadan kesme işlemi yapan ve çok noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlar olmak üzere genelde iki kategoriye ayrılır. Bununla birlikte, bütün talaşlı imalat işlemlerinde talaş oluşum mekanizması temelde aynı olduğu için tek noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlara uygulanan kurallar, genelde çok noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlara uygulanan kurallar ile aynıdır. Tornalama işleminde genelde tek noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlar kullanılır [46].

Şekil 3.11'de tek noktadan, sağ yönlü kesme (sağ yan) işlemi yapan bir kesici takım görülmektedir [44].



Şekil 3.11. Sağ yönlü kesme işlemi yapan, sağ yan kesici takım [44,48].

Kesici takım geometrisi esas olarak takım malzemesinin ve iş parçası malzemesinin özelliklerine bağlıdır. Şekil 3.11'de görüldüğü gibi bir kesici takım üzerinde çeşitli açılar mevcuttur. Ancak, bunların en önemlileri talaş açıları ve boşluk açılarıdır.

Talaş açıları iş parçası malzemesinde kesme işlemi esnasında oluşan kaymayı ve talaş oluşumunu etkiler. Talaş açıları pozitif veya negatif olabilir. Pozitif talaş açıları kesme kuvvetlerini düşürerek iş parçasında, kesici takımda ve takım tezgahında daha az sapmalara neden olur. Sert iş parçalarının işlenmesinde talaş açıları küçük olmalıdır. Sementit karbür, seramik ve elmas kesici takımlarda hatta negatif olmalıdır. Genel olarak yüksek sertlikteki iş parçalarının işlenmesinde kullanılan kesici takımlarda talaş açıları küçük olmalıdır. Yüksek hız çeliği kesici takımların

talaş açıları kesici takım tipi (tornalama, frezeleme ve vargelleme gibi) ve iş parçası malzemesine bağlı olarak normalde pozitif seçilir.

Genel olarak, talaşlı imalat işlemlerinde güç tüketimi her bir derece talaş açısı için yaklaşık olarak % 1 azalır. Kama açısı ($90 - \text{talaş açısı} - \text{boşluk açısı}$), kesici takımın dayanımını ve ısı iletme kabiliyetini belirler. Boşluk açıları esas olarak takım ömrünü ve iş parçası yüzey kalitesini etkiler. Kesici takımdaki ve iş parçasındaki sapmaları (eğilmeleri) azaltmak ve iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için büyük boşluk açıları gereklidir. Yüksek hız çeliği için 5 – 10 derece arasındaki boşluk açıları normaldir. Küçük değerler sert malzemeler için tercih edilir. Sementit karbürler için ise dayanımı artırmak için küçük boşluk açıları gereklidir [44].

3.7. TAKIM ÖMRÜ

Takım ömrü, genellikle belirli bir kritere ulaşmak için gerekli olan etkili kesme zamanı veya pratik olarak, takımın iki bileme arasında geçen aktif çalışma zamanı olarak tanımlanır [48].

Takımda oluşan ısı takım ömrüyle ters orantıdadır. Takım talaş ara yüzeyinde oluşan ısı arttıkça takım ömrü yani takım aşınması önlenemez bir şekilde artmaktadır [48].

Takım ile iş parçasındaki izafi hareket ve kesme kuvveti Talaş oluşumu için gereklidir. Hareket ve kuvvet etkisine bağlı olarak oluşan sürtünme, ısı artısına neden olmaktadır. Modern endüstride kesici takım maliyetinin toplam üretim maliyetini doğrudan etkilemesi optimizasyon işlemlerini zorunlu hale getirmektedir. Talaş kaldırma esnasında tüm takımlar aşınır ve aşınma takımlar ömürlerini tamamlayana kadar devam eder Kesici takım ömrü her zaman sınırlıdır. Takım aşınmasına etki eden faktörler kesme işlemine bağlı parametrelerdir. Kesici takımın kırılması Talaş yüzeyindeki ve serbest yüzeydeki aşınmaya bağlı olup çoğunlukla takım ömrü kriterleri takım aşınmasına göre belirlenir. Özellikle takım malzemesi ve kesme geometrisi seçimi çok önemlidir. Ancak takım doğru seçilmiş olsa bile işleme koşulları özellikle kesme verileri ve işlemin rijitliğini ilgilendiren koşullar

standart dışı ise optimum takım ömrü elde edilemez. Bağlama elemanlarının rijit olmaması ve titreşimler birçok kesici kenarın ömrünü, belirlenen süreden önce tamamlanmasına neden olacaktır [45].

Takım ömrü aşağıdaki etkenlere göre değişir.

- a) İş malzemesi
- b) Takım geometrisi
- c) Kesme hızı
- d) İlerleme hızı
- e) Talas derinliği
- f) İş parçası ve takım bağlama aparatlarının rijitliği
- g) Takım tezgahındaki titreşimler
- h) Kesme sıvısı [49].

3.8. TAKIM AŞINMASI

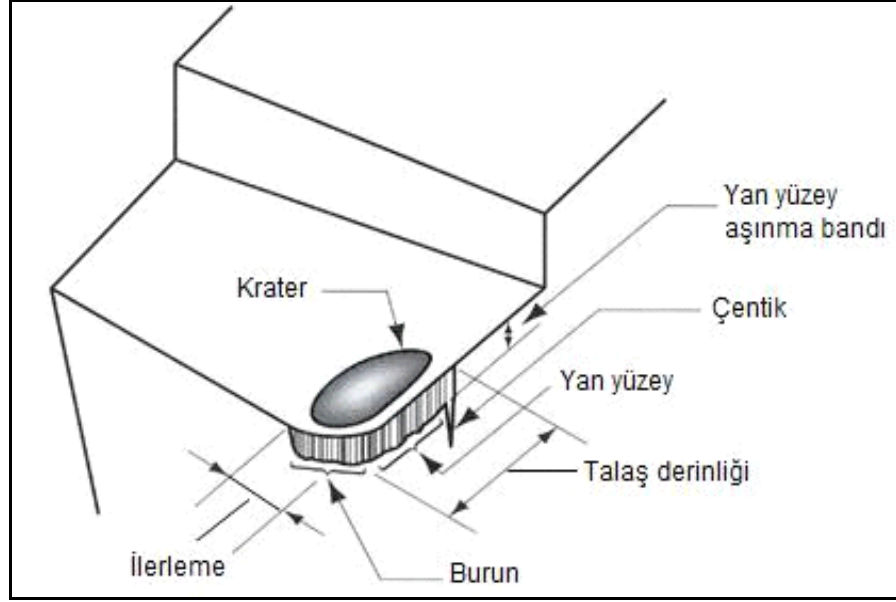
Aşınma, kesici takımın malzeme kaybından ileri gelen ve ilk şekline göre oluşan farklılıktır. Bütün kesici takımlar, talaş kaldırma sırasında ömürlerinin sonuna kadar aşınırlar [33].

Talaş kaldırma işlemleri sırasında, kesici takımların, belli bir süre çalıştıktan sonra, kesme işlemini gerçekleştiren yüzey veya kenarlarında meydana gelen malzeme kaybından dolayı kesme yetenekleri azalır veya ortadan kalkar. Kesme sırasında etkili olan büyük kuvvetler, titreşim ve vuruntular, yüksek ısı, sürtünme ve gerilmeler sonucunda takım ucunda aşınma veya kırılma gibi geometrik değişiklikler meydana gelir ve kesici takım plastik deformasyona uğramış olur.

Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takımın aşınması anlayabilmek için aşağıdaki etkilerden biri veya birkaçının aynı anda gözlenmesi gerekir [51]:

- a) Kesme kuvvetlerindeki aşırı yükselme
- b) Sıcaklık artışı
- c) Aşırı titreşim

- d) Yüksek gürültü
- e) İşlenen malzeme boyutlarındaki değişim
- f) İşlenen yüzeyin bozulması [51].

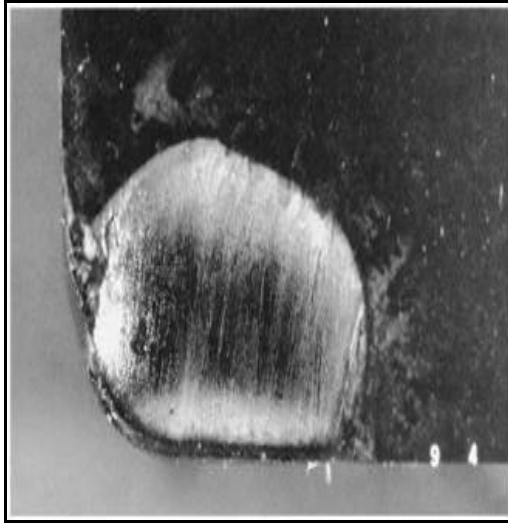


Şekil 3.12. Kesici takımdaki aşınmalar [55,56].

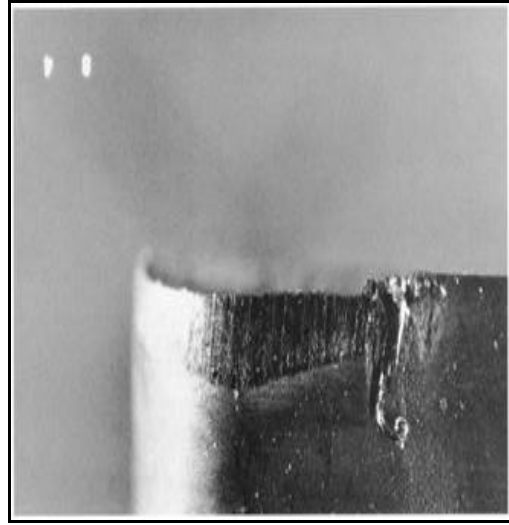
Kesici takım; kırılma, plastik deformasyon ve tedrici takım aşınması sonucunda kesme yeteneğini kaybeder.

- a) Kırılma: Kesici takıma gelen anlık yüksek kuvvetler nedeniyle oluşan kırılmalar veya sürekli olmayan kesme işlemi (frezeleme işlemi gibi) esnasında mekanik ve ısı yorulmaları sonucu kırık oluşumundan dolayı kesici takımda kırılma ve pullanma soyulma şeklinde oluşan aşınmalardır
- b) Plastik deformasyon: Kesici takımda plastik deformasyon, yüksek basınç ve sıcaklık sonucu oluşur. Plastik deformasyona uğramış kesici takım geometrisi değiştiği için kesme işlemini etkin bir şekilde yapamaz, sıcaklık artar ve Talaş açısı değişir. Plastik deformasyona direnç için kesici takımın sıcak sertlik özelliğinin iyi olması gerekir. Ayrıca, uç yuvarlatma ve kesme geometrisi iyileştirilerek plastik deformasyona direnç artırılabilir.

c) Tedrici takım aşınması: Kesici takım üzerinde tedrici aşınma talaş yüzeyi ve yan yüzey olmak üzere iki bölgede görülür. Talaş yüzeyindeki aşınma “krater aşınması” ve yan yüzeydeki aşınma da “yan yüzey (yanak) aşınması” olarak isimlendirilir. Krater aşınması, kesici takım talaş yüzeyinde talaşın hareketiyle oluşan içbükey alandır. Krater aşınmasının büyüklüğü, bu alanın derinliği ve alanı ölçülerek belirlenir. Yan yüzey aşınması ise yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile kesici takım yan yüzeyinin sürtünmesiyle oluşur. Yan yüzey aşınması bu aşınma bandının genişliği ile ölçülür. Şekil 3.19' de bu kesici takım aşınmaları gösterilmiştir. Kesici takımın iş parçası orijinal yüzeyi ile temasta olan yan yüzeyinde çoğunlukla daha fazla bir aşınma görülür. Çentik aşınması olarak adlandırılan bu aşınmanın sebebi iş parçası yüzeyinin soğuk haddeleme veya önceki işlemlerden dolayı sertleşmiş olması, dökümden kalan sert malzemeler ve diğer nedenlerdir [50].



a) Krater aşınması



b) Yan yüzey aşınması

Şekil 3.13. Kesici takım ucundaki aşınmalar [51].

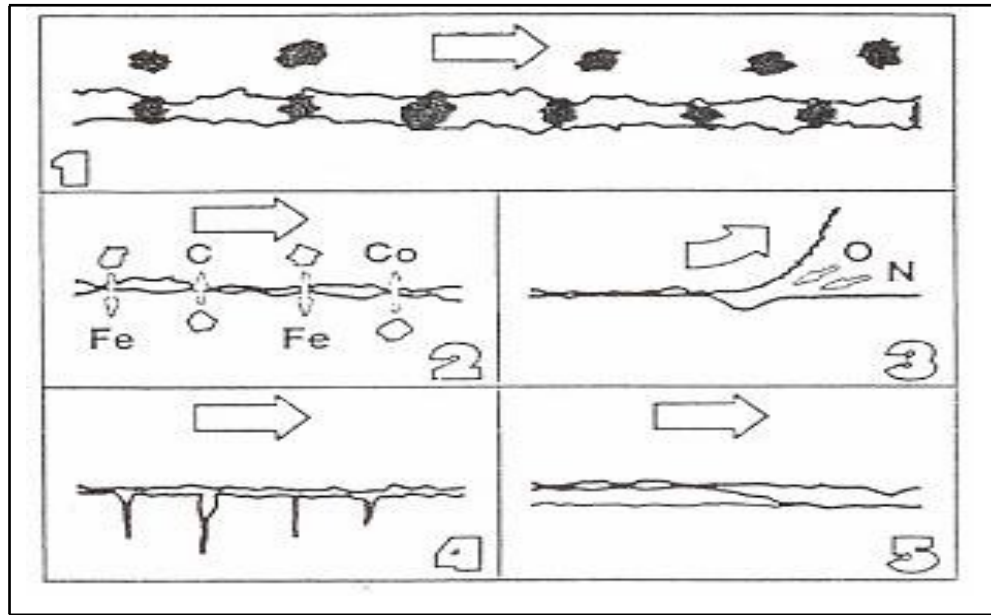
Talaş kaldırma sırasında kesici kenar üzerindeki etkili olan yük faktörlerinin bir sonucu olarak, bazı temel aşınma mekanizmaları metalden talaş kaldırma işlemine etki eder.

Bunlar:

- a) Abrasyon (aşındırıcılarla) aşınma (abrasif aşınma)

- b) Difüzyon aşınma
- c) Oksidasyon aşınma
- d) Yorulma ile aşınma (statik veya dinamik)
- e) Yapışma (adhesyon) ile aşınma (adhesif aşınma) şeklinde özetlenebilir .

Takım malzemesinin yüklerle karşı direnç kabiliyeti, metal işlemedeki aşınma mekanizmaları tarafından nasıl etkileneceğini tayin eder [51].



Şekil 3.14. Metallerin işlenmesi sırasında temel aşınma mekanizmaları [51].

3.8.1. Takım Aşınma Tipleri

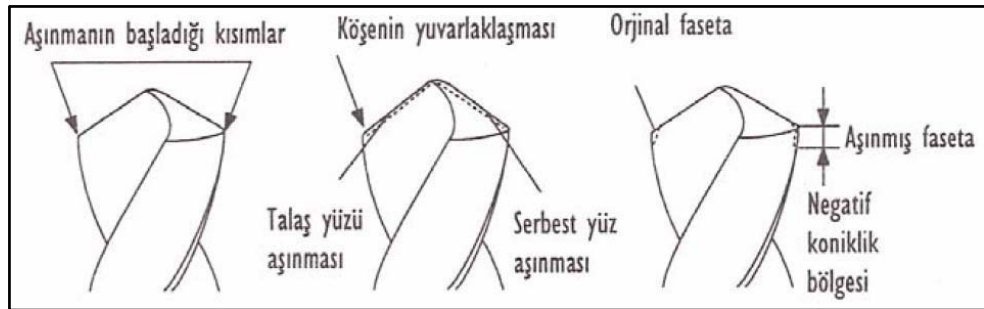
Takım aşınması tipleri ve sebep olan aşınma mekanizmalarının bilinmesi, kesici takım ve iş parçası malzemesi için doğru işlem şartlarının belirlenmesi, verimliliği optimize etmek ve işlem operasyonlarını değerlendirmek için çok önemlidir. Oluşan

aşınma tipleri ve sebep olan aşınma mekanizmaları şu şekilde sınıflandırılmıştır [52]:

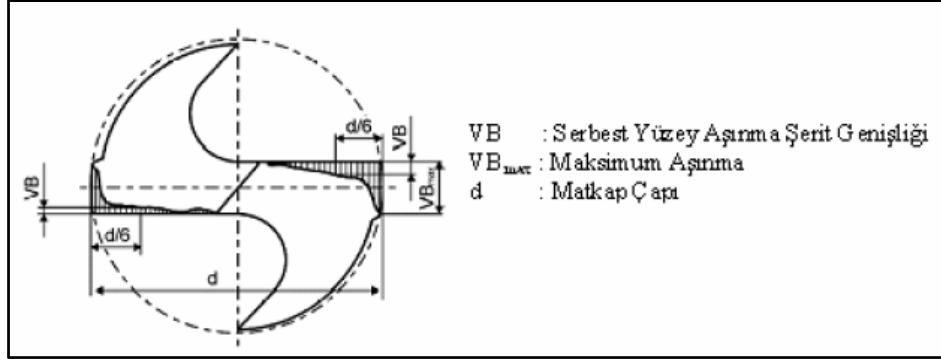
- a) Yan kenar aşınması: Abrasif aşınma mekanizması ile
- b) Krater aşınması: Abrasif aşınma ve difüzyon aşınma mekanizması ile
- c) Plastik deformasyon: Yorulma ile aşınma mekanizması ile
- d) Çentik aşınması: Oksidasyon, adhezyon ve mekanik aşınma ile
- e) Termal çatlaklar: Isıl-termal yorulma mekanizması ile
- f) Mekanik yorulma çatlakları: Mekanik yorulma mekanizması ile
- g) Çıtlama (Çentiklenme): Yorulma mekanizması ile
- h) Kesici ucun kırılması: Plastik deformasyon ile
- i) Yığılma-sıvanma: Adhezyon aşınması ile.

3.8.1.1. Matkap Aşınması

Matkap takımlarında aşınma, Şekil 3.15'de görüldüğü gibi, serbest yüzeylerde serbest yüzey aşınması, köşelerin yuvarlanması, kesici kenarla zırhın birleştiği noktada zırhın aşınması, krater aşınması ve keski kenar aşınması şeklinde oluşur. Genelde aşınma (Şekil 3.16), kesici kenarın zırh ile birleştiği noktada baslar, kesici ağızlar ve serbest yüzeylerde gelişir. Kesici ağızlarda aşınmanın artması, serbest yüzeylerde boşluk açısı kaybolmuş konik yüzey meydana getirir. Oluşan bu konik yüzey, serbest yüzeylerde aşınma şeritlerini (VB) temsil eder. Serbest yüzeylerdeki aşınma, kesme işleminin yerini sürtünme ve zorlamalara bırakarak ısı oluşumunu artırır ve aşınma hızlanarak takımı köreltir [53].



Şekil 3.15. Helisel matkaplarda oluşan aşınma mekanizması [53].



Şekil 3.16. Serbest yüzeyde oluşan aşınmanın gösterimi [53].

Oluşan aşınma değerleri kabul edilir sınırı astığında, delme işlemlerinde oldukça önemli olan delik geometrisi (dairesellik), boyut ve yüzey kalitesinin bozulmasına neden olur. Delme işlemlerinde kullanılan matkaplar, kesme işlemi sırasında oluşan mekanik (tork, kesme kuvvetleri), ısıl, kimyasal ve abrasive (aşınma) /sürtünme yükleri karşılayabilmesi için bazı özelliklere sahip olmalıdır [53].

3.8.2. Takım Aşınmasının Kontrolü

Bir takımın yararlı çalışma süresi, kesici ucun iş parçası üzerinde kaldığı toplam zamandır. Bu zaman zarfında uçta oluşan aşınmaların kontrol edilmesi ile takım ömrünün azalması, ölçülerde sapmaların meydana gelerek ölçü kontrolünü zorlaşması ve işlenmiş yüzeylerin bozuk çıkması engellemiş olur [54].

VBmax : Maksimum serbest yan yüzey aşınması

VB : Serbest yan yüzey aşınması

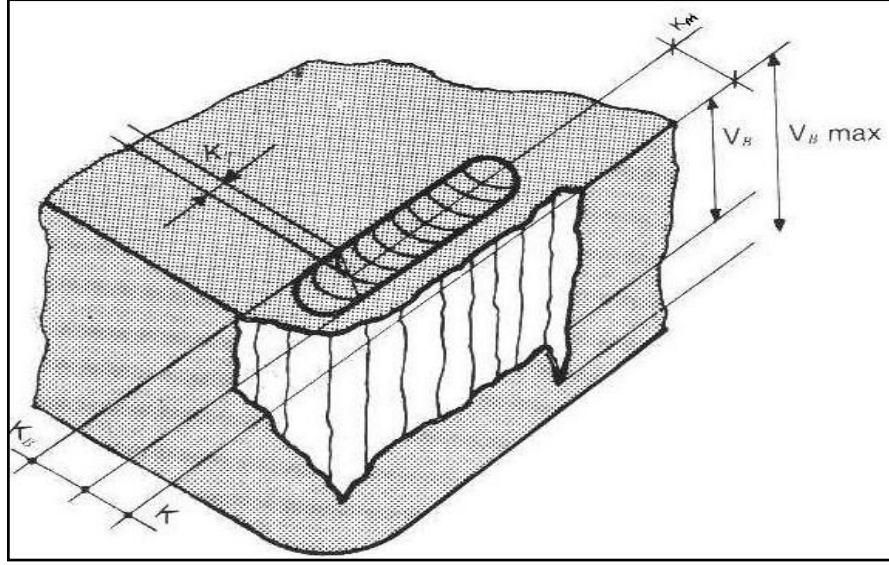
KT : Krater derinliği

KB : Krater genişliği

KM : Krater orta eksen mesafesi

Takım aşınması, belli bir seviyeye ulaşmadan önce geçen işleme zamanına bağlı olarak geliştiğinde, muayene ve kontrol yöntemleriyle belirlenir. Uygun bir mikroskop veya büyüteç en yaygın kullanılan kontrol aletleridir. Yan yüzey

aşınması asıl kesme kenarından ölçülür. Ölçüm yapmak için aşınan kısım üç bölgeye ayrılarak incelenir. Toplam uzunluk dört eşit parçaya bölünür ve 1 / 4'lük kısımlar iki başta ve 1 / 2'lik kısım ortada kalacak şekilde üçe ayrılarak analiz yapılır. Şekil 3.17'de takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler görülmektedir [46].



Şekil 3.17. Takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler [54].

3.9. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

İşleme metodu, kesicinin cinsi ve işlenen malzemeye bağlı olarak, işleme sırasında fiziksel, kimyasal ve ısı faktörlerle, kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlerin etkisiyle işlenmiş yüzeylerde, genellikle istenmediği halde tabii olarak bazı izler oluşur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir [56].

Çeşitli metotlarla imal edilen bir iş parçası bu işlemler esnasında çeşitli mekanik, fiziksel, ısı ve kimyasal etkilere maruz kalır ve dolayısıyla bu parçanın yüzeyinin özellikleri genellikle bu parçanın iç tarafının özelliklerinden önemli derecede farklılıklar gösterir. Bir parçanın mekanik özelliklerini genellikle parçanın iç tarafı (gövdesi) belirlemesine rağmen, imal edilen bir parçanın yüzeyi önemli bazı özellikleri ve nitelikleri doğrudan etkiler [55]:

- a) Daha sonraki işlemlerde takımlarla ve kalıplarla doğrudan temas ettiğinde veya kullanılacağı yerde sürtünme ve aşınma özelliklerini,
- b) İmalat işlemi esnasında ve aynı zamanda kullanılacağı yerde yağlayıcının etkinliğini,
- c) Parçanın görünümünü ve geometrik özelliklerini ve parçanın maruz kalacağı boyama, kaplama, kaynaklama, lehimleme ve birleştirme işlemlerini ve aynı zamanda korozyon direncini,
- d) Yorulma veya diğer kırılma mekanizmaları vasıtasıyla parçanın zayıflamasına ve daha kısa sürede kırılmasına neden olan yüzey kusurlarından (pürüzlülük, çizikler (oluklar), izler ve ısıdan etkilenmiş bölgeler gibi) dolayı kırılma başlangıcını tetikler,
- e) Temas eden yüzeylerin ısıl ve elektrik iletkenliğini etkiler. Örneğin, kaba yüzeyler ince yüzeylerden daha yüksek ısı ve elektrik direncine sahiptir [55].

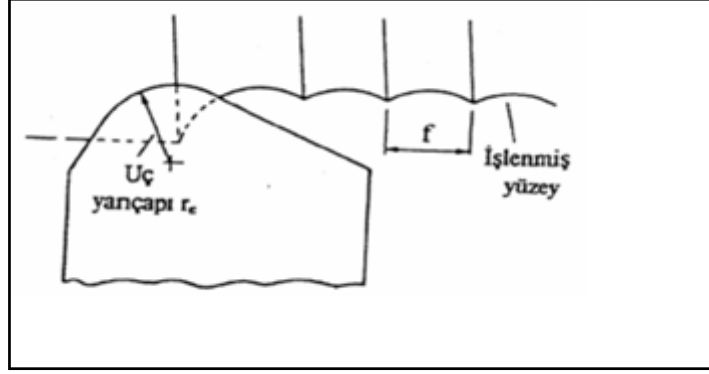
Sürtünme, aşınma ve yağlama yüzey özellikleri olup triboloji olarak isimlendirilir. Sürtünme, kuvvetleri, güç gereksinimini ve parçaların yüzey kalitesini etkiler [55].

Yüzey bütünlüğü yalnızca yüzeylerin geometrik özellikleri ile ilgili olmayıp aynı zamanda yüzeylerin mekanik ve metalurjik niteliklerini de tanımlar. İmalat işlemlerinde yüzey bütünlüğü dikkate alınması gereken önemli bir faktördür çünkü yüzey bütünlüğü imal edilen bir parçanın yorulma dayanımını, korozyon direncini ve çalışma ömrünü etkiler [55].

Parçanın imal edilmesinden veya imal edilme esnasında meydana gelen çeşitli kusurlar, kusurlu yüzey bütünlüğünün nedenidir. Bu kusurlar çoğunlukla orijinal iş parçasındaki kusurlardan, yüzeyin imal edilmesi metodundan ve aşırı derecede gerilme ve sıcaklığa neden olan işlem parametrelerinden kaynaklanır [55].

Yüzey bütünlüğü = Yüzey pürüzlülüğü + kalıcı gerilmeler + yüzey katmanındaki değişiklikler [55].

İşlenmiş yüzeylerde, işleme metodu ne olursa olsun (örnek: lepleme, taşlama, tornalama vb.) belli bir yüzey pürüzlülüğünün oluşması kaçınılmazdır [55]. Şekil 3.18’de yuvarlak uçlu bir takım ile oluşan yüzey pürüzlülüğünün şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Yuvarlak uçlu bir takım ile oluşan yüzey pürüzlülüğü [57].

Çoğunlukla son görünüm, bazı partiküllerin sebep olduğu farklı düzensizliklerin bir araya gelmiş halidir. Ancak pürüzlülüğe sebep olan faktörlerin tek tek etkilerini ayırt etmek her zaman mümkün olmayabilir. Eşitlik 3.4’de ortalama yüzey pürüzlülük değerinin hesaplanması verilmiştir.

$$R_a = 0,064 \times f^2 / 8r \dots\dots\dots(3.4)$$

Eşitliğe göre;

R_a : Ortalama yüzey pürüzlülüğü,

f : İlerleme miktarı,

r : Kesici takım uç yarı çapı.

Aynı cins malzemenin farklı metotlarla aynı yüzey pürüzlülük değerinde işlendiği, bazen bunların korozyon, aşınma, sürtünme ve yorulma dirençlerinin farklı oldukları bilinmektedir. Çünkü yüzeyin pürüzlülüğünden, başka yüzeydeki işleme izlerinin yönleri ve dağılımları da performansı etkiler. Bu sebeple işlenecek parçaların bazılarında yüzey pürüzlülük değeri belirtildiği gibi işleme metodunun da belirtilmesi istenir [58].

İşlenen yüzeylerin kalitesi işleme performansı üzerinde önemli rol oynar. Kaliteli işlenmiş bir yüzey yorulma mukavemetini, korozyon direncini ve sürtünme ömrünü önemli derecede iyileştirir. Yüzey pürüzlülüğü ayrıca yüzey sürtünmesine sebep olan temas, aşınma, ışık yansıtma, ısı iletimi, yağ filminin, tutulması ve dağıtılması kabiliyeti, kaplama veya direnç ömrü gibi parçaların çeşitli fonksiyonel özelliklerini de etkiler. Bu sebeple istenilen yüzey tamlığı genellikle belirlenir ve ihtiyaç duyulan kaliteye ulaşmak için uygun işlemler seçilir. Son yüzey pürüzlülüğü iki bağımsız faktörün toplamı olarak dikkate alınabilir [58].

- a) İdeal yüzey pürüzlülüğü takım geometrisi ve ilerleme değerinin bir sonucudur.
- b) Tabii yüzey pürüzlülüğü kesme operasyonundaki düzensizliklerin bir sonucudur [58].

3.9.1. Yüzey Kalitesini Etkileyen Ana Faktörler

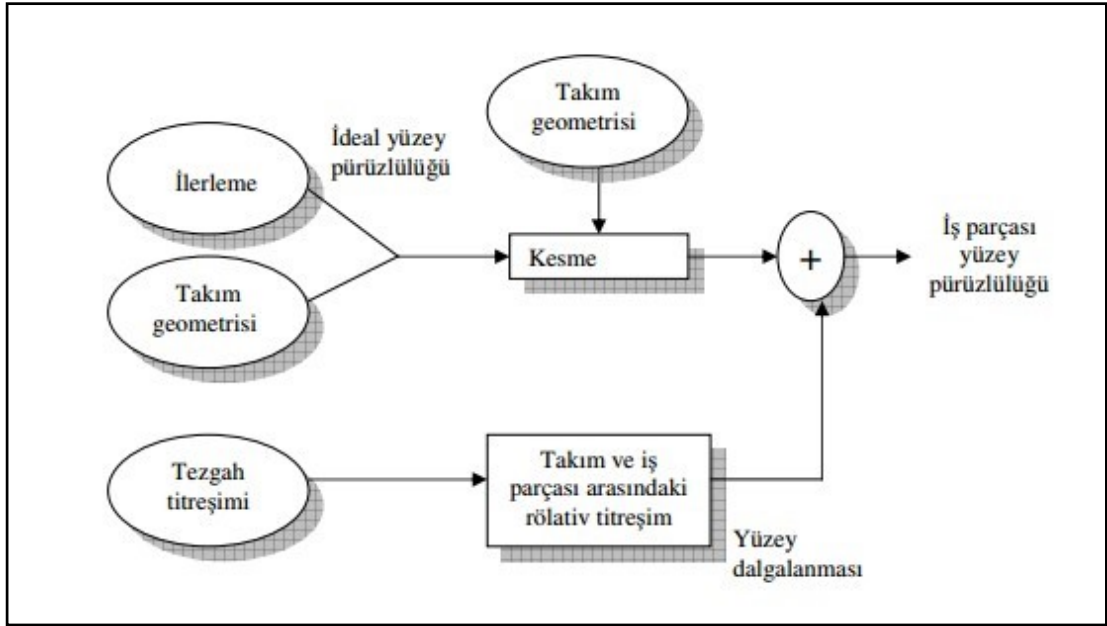
Genellikle yüzey kalitesini etkileyen faktörler kısaca şöyle özetlenebilir:

- a) İş parçasının özellikleri (İş parçası sünekliği veya sertliği): İş parçasının sünek olması direk olarak BUE oluşumuna bu durum ise kötü yüzey pürüzlülüğüne neden olur. İş parçasının sert olması ise yüzey pürüzlülüğünün daha iyi fakat kesme kuvvetini ve takım aşınımını artırarak yüzeyde istenmeyen gerilimlere sebep olur.
- b) Kesici takımın geometrisi (Kesici takım uç yarıçapı, talaş açısı, uç açısı vb.): Uç yarıçapının artması daha iyi yüzey çıkmasına, uç yarıçapının azalması ise takımın kısa sürede aşınması bu ise yüzey pürüzlülüğünün kötü çıkmasına neden olacaktır. İş parçası özelliklerine bağlı olarak diğer geometrik özellikleri değişir.
- d) İşleme parametreleri (ilerleme hızı, kesme hızı): İlerleme hızı arttıkça yüzey daha pürüzlü çıkar ilerleme değeri ile doğru orantılıdır. Kesme hızı sünek

malzemelerde yüksek olması BUE oluşumunu azaltarak yüzey pürüzlülüğünün daha iyi olmasını sağlar.

- e) Soğutma sıvısının kullanılması: Talaşın kesme bölgesinden daha hızlı atılması ve BUE oluşumunu azaltmak, kesme esnasında oluşan ısının azaltılmasında etkilidir.
- f) Tezgahın rijitliği (Titreşim, tezgah kapasitesi,): Titreşimin oluşması ile tırlama yüzeyi olumsuz etkiler.

İş parçasının bitmiş yüzey pürüzlülüğünü etkileyen bu faktörler; ilerleme değeri, takım geometrisi ve takım-iş parçası arasında kendiliğinden meydana gelen titreşim olmak üzere üç kısma ayrılmıştır. Şekil 3.19’de yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler ele alınmıştır.



Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler [14].

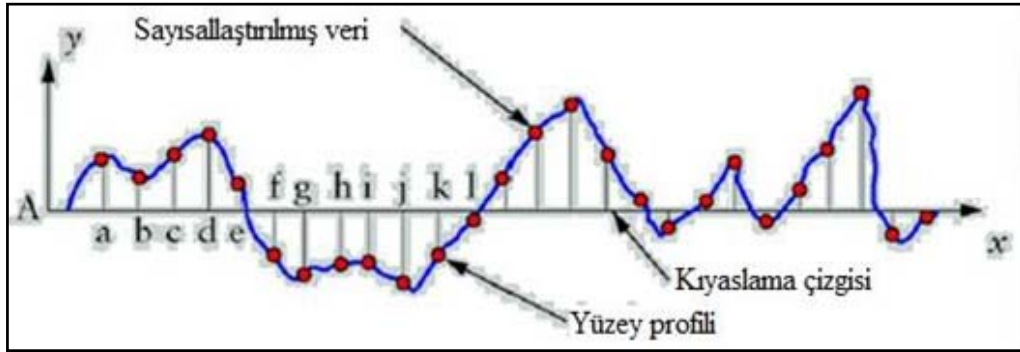
3.9.2. Yüzey Pürüzlülüğü Belirleme Metodu

Yüzey pürüzlülüğü genel olarak iki metotla belirlenir: aritmetik ortalama değer (R_a) ve kareköklerin ortalaması (R_q). Daha önceleri merkez çizgi ortalaması (CLA) olarak

da tanımlanan aritmetik ortalama şekil 3.31’de şematik olarak gösterilen bir yüzeyin pürüzlülüğünün ölçülmesi esasına dayanır. Aritmetik ortalama değer (R_a) hesaplanması eşitlik 3.20’de verildiği gibi belirlenir [55].

$$R_a = \frac{a + b + c + d + \dots}{n} \dots\dots\dots (3.5)$$

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



Şekil 3.20. Yüzey pürüzlülük ölçümü için kullanılan koordinatlar [55].

Kareköklerin ortalaması ile belirlenen yüzey pürüzlülük değeri (R_q) ise aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

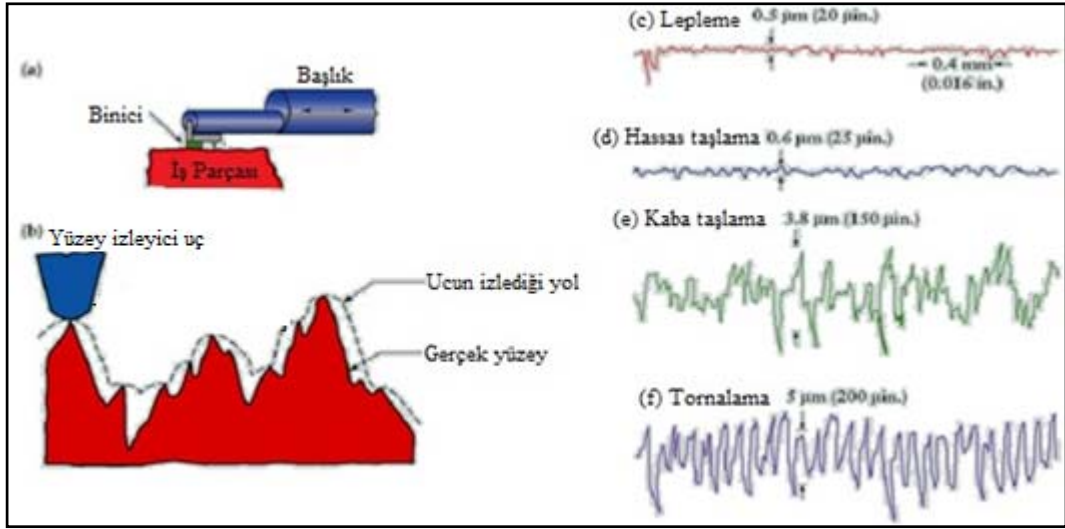
$$R_q = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + \dots}{n}} \dots\dots\dots (3.6)$$

Şekil 3.31’deki Ax çizgisi, bu çizginin altında kalan alanların toplamı üzerinde kalan alanların toplamına eşit olacak şekilde konumlandırılır. Yüzey pürüzlülüğü için kullanılan birim genelde μm ’dir [55].

Ayrıca bazı durumlarda en yüksek yüzey pürüzlülük değeri de (R_t) bir pürüzlülük kriteri olarak kullanılabilir. Bu değer, bir yüzeyin en dip noktasından en yüksek noktasına olan mesafe olarak tanımlanır. Bu değer aynı zamanda parlatma veya diğer metotlarla düzgün bir yüzey elde etmek için kaldırılması gerekli malzeme miktarını da gösterir. Günümüzde yüzey pürüzlülüğü ölçümünde çoğunlukla R_a değeri kullanılır [55].

Genel olarak, bir yüzey yalnızca R_a değerleriyle yeterince tanımlanamaz. Çünkü, bu değerler ortalama değerlerdir. İki yüzey aynı yüzey pürüzlülük değerine sahip olabilir ancak gerçek topografyaları oldukça farklı olabilir. Örneğin, birkaç tane derin girintinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi önemsiz olabilir. Ancak, üretilmiş bir parçanın yüzey profilindeki farklılıklar yorulma, sürtünme ve aşınma özellikleri bakımından önemli olabilir [55].

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek ve kaydetmek için “yüzey profilometresi” olarak isimlendirilen çeşitli ticari cihazlar kullanılır. En yaygın olarak kullanılan cihaz, yüzey üzerinde doğru bir hat boyunca bir yol takip eden elmas izleyici uç ile yapılan yöntemdir [55]. Şekil 3.21’de izleyici uçlu cihazların çalışma şekli ve örnekleri verilmiştir.



Şekil 3.21. İzleyici uçlu cihazların çalışma şekli ve örnekler [55].

Şekil 3.32’de izleyici uçlu cihazların çalışma prensibi ve örneklerin açıklamaları:

- İzleyici bir uçla yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi,
- Bir yüzey üzerinde izleyici ucun takip ettiği yol, tipik olarak,
- Lepleme ile elde edilen yüzey,
- İnce taşlama ile elde edilen yüzeyin görüntüsü,
- Kaba taşlama ile elde edilen yüzeyin görüntüsü,

f) Tornalama ile elde edilen yüzeyin görüntüsü [55].

İzleyici uçlu cihazların çalışması: Yüzey pürüzlülüğünü belirgin hale getirmek için profilometre izleri düşey düzlemde büyütülerek kaydedilir. Düşey düzlemdeki girintiler ve çıkıntılar yatay düzlemdekilerden birkaç kat daha büyük olarak gösterilir. Bu nedenle kaydedilen profil gerçek yüzeye göre önemli derecede abartılmış olur [55]. Örneğin (Şekil 3.21’de) c ve d’de görüldüğü gibi.

BÖLÜM 4

KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER

4.1. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN TANIMI

Küresel grafitli dökme demir, mikro yapısı içerisindeki grafitleri küresel şekilde olan demir-karbon döküm malzemelerdir. Sıvı demire belirli oranlarda katkı elementlerinin ilave edilmesiyle grafitler yaprak yerine küresel olarak katılaşırlar [59].

Bu elementlerin en önemlilerinden ikisi seryum (Ce) ve magnezyum (Mg)'dur. Mg, endüstride çok kullanılmaktadır. Magnezyum ve seryumun sıvı demire ilave yöntemleri aynıdır. Reaksiyon prensipleri yönünden de aynıdırlar. Seryumun büyük bir kısmı dökme demir bileşimindeki kükürdü giderirken, geriye kalan yaklaşık % 0.02 Ce, grafitlerin lamel yerine küre şeklini almasını sağlamaktadır. Bir diğer yöntemde ise; sıvı demire magnezyum (Mg) ilavesi yapılarak, grafitlerin küre şeklini alması sağlanmaktadır [60].

Demir, Magnezyum veya diğer özel elementler ile alaşım yapıldığında, demir içerisindeki grafitler küresel biçimde katılarak yüksek dayanım özelliklerinde bir malzemeye dönüşürler. Küresel grafitli dökme demir olarak bilinen bu malzeme, dökme demir türleri içerisinde en dayanıklı ve tok olanıdır. Dökme demir kırılgandır. Küresel grafitli dökme demir (KGDD) ise diğer dökme demirlerden farklı olarak sünektir. Küresel grafitli dökme demirlerin yapısındaki grafitler çeliğe benzer bir matris içerisinde dağılmış küresel partiküller halindedir [60].

4.2. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Küresel grafitli dökme demirlerin özellikleri çelik ile dökme demirler arasında yer alır. Mekanik özellikler yönünden çeliğe benzerken, kimyasal ve fiziksel özellikleri dökme demirlere yaklaşıır. Bu sebepten kullanım alanları geniştir.

Küresel grafitli dökme demirler, çeliklerin ve dökme demirlerin özelliklerini bir arada bulundurması sebebiyle kullanımı günümüzde artmıştır. Özellikle sürtünmeli ortamlarda kullanılan KGDD'lerin matris özellikleri ve yüzeysel performanslarını arttırıcı çalışmalar yapılmaktadır [60].

KGDD'lerde proses ve bileşen kontrolü ile yada ısıl işlemler ile matris kontrolü yapılabilir ki bu da tasarımcıya farklı mekanik özelliklere sahip KGDD kullanabilme şansı verir. İyi bir sünekliğe sahip ferritik KGDD'lerde % 18 ila % 30 arasında bir uzama elde edilebilir ki bu değer de çekme dayanımı düşük karbonlu çeliklere yakındır. Perlitik KGDD'lerde ise çekme dayanım değeri 825 MPa'ın üzerine çıkar ancak süneklik azalır. Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirler (ÖKGDD) ise çok daha iyi mekanik özelliklere ve aşınma direncine sahiptir [13].

Sanayide geniş kullanım alanına sahip küresel grafitli dökme demirlerde (KGDD) meydana gelen aşınma, çatlama ve kırılmaların kaynak yöntemi ile onarımı oldukça yaygındır. Döküm yöntemi ile parça üretimi birçok avantaj sağlamakla birlikte, bir döküm parçanın diğer bir döküm parça veya başka malzeme ile birleştirilebilmesi gibi esnek parça üretiminde kaynak yöntemi kullanılmaktadır. Kaynaklı birleştirmeler, döküm zamanı ve fazla malzeme kullanımı açısından büyük ekonomik fayda sağlamaktadır. KGDD'ler diğer dökme demirlere göre daha az fosfor ve kükürt içerdikleri için kaynak işleminde sıcak yırtılma riski daha azdır [60].

Çizelge 4.1. KGDD'in mühendislik özelliklerinin diğer malzemelerin özellikleri ile karşılaştırılması [60].

ÖZELLİKLER	KGDD	TEMPER DÖKME DEMİR	GRİ DÖKM E	% 0,3 C'LU ÇELİK DÖKÜM	BEYAZ DÖKME DEMİR
Dökülebilirlik	1	2	1	5	3
İşlenebilirlik	2	2	1	3	-
Titreşim sönümleme	2	2	1	4	5
Yüzey sertleşebilirliği	1	1	1	3	-
Elastisite modülü	1	2	3	1	-
Darbe direnci	2	3	5	1	-
Korozyon direnci	1	2	1	4	5
Dayanım/ağırlık oranı	1	4	5	3	-
Aşınma direnci	2	4	3	5	1
Üretim maliyeti	2	3	1	4	2

1 EN İYİ	→ 2 →	→ 3 →	→ 4 →	5 EN KÖTÜ
-------------	-------	-------	-------	--------------

Küresel grafitli dökme demirlerin (KGDD) özellikleri çelik ile dökme demirler arasında yer alır. Mekanik özellikler yönünden çeliğe benzerken, kimyasal ve fiziksel özellikleri dökme demirlere yaklaşır. Bu özelliklerinden dolayı geniş kullanım sahaları bulur [60].

4.3. STANDARTLARA GÖRE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN SEMBOLLERİ

KGDD'ler değişik ülkelerin standartlarına göre sembollerle gösterilmektedirler. Türk standartlarına göre (TS) DDK işareti "Dökme Demir Küresel Grafitli" anlamına gelmektedir. DDK işaretini izleyen sayılar ise minimum çekme mukavemetini gösterir. Çizelge 4.2'de TS göre KGDD'in sınıflandırılması verilmektedir. Alman DIN standartlarında küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması aynen TSE'deki gibi dir, ancak işareti GGG olarak verilmektedir. Çizelge 4.4'de DIN standartlarına göre küresel grafitli dökme demirin çekme, akma mukavemeti, % uzama ve mikro yapıları verilmiştir.

Çizelge 4.2. TS (526/1977) Standardına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması [10].

Kısa Gösterili	Çekme Muk.(MPa)	Akma Muk.(MPa)	% Uzama	Sertlik HB	Mikroyapı
DDK 40	420	280	12	140-201	Daha çok ferritik
DDK 50	500	350	7	170-241	Ferrit+Perlit
DDK 60	600	400	3	192-269	Perlit+Ferrit
DDK 70	700	450	2	229-302	Daha çok perlitik
DDK 80	800	500	2	248-352	Perlitik
DDK	350	220	22	-	Ferritik
DDK	400	250	18	-	Ferritik

Çizelge 4.3. DIN Standartlarına göre küresel grafitli dökme demirin sınıflandırılması [6].

Kısa gösterilişi	Çekme Muk. (Mpa)	Akma Muk.	% Uzama	Mikro yapı
GGG-40	400	250	15	Genellikle ferritik
GGG-50	500	320	7	Feritik-perlitik
GGG-60	600	380	3	Perlitik-ferritik
GGG-70	700	440	4	Genellikle perlitik
GGG-80	800	500	2	Perlitik

4.4. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN KULLANIM SAHALARI

Küresel dökme demir, yüksek çekme ve akma mukavemetli, yüksek elastik modüllü ve uzamalı ve kolay işlenebilir kabiliyetli ve korozyona mukavim bir malzemedir. Ayrıca iş parçası boyut ve kesitleri için bir sınırlama yoktur. Bir çok yerlerde küresel grafitli dökme demir, kır dökme demir, temper dökme demir, dövme çelik ve demir olmayan alaşımların yerini tutmaya başlamıştır. Aşağıda bu kullanma sahaları ve parça adları verilmiştir.

- a) Küresel grafitli dökme demirler madencilik ve metalürji sektöründe kullanılmaktadır. KGDD'den imal edilen bazı parçaları şu şekilde sıralayabiliriz. Kırıcı gövdeleri, pompa gövdeleri, alüminyum ve kurşun ergitme potaları, curuf potaları, pres makinaları, kalıplama dereceleri, sıcak hadde merdaneleri,
- b) Küresel grafitli dökme demirlerden üretilen bazı makine parçaları şu şekildedir. hidrolik presler, silindirler, dövme presleri kafa ve silindirleri, krank presleri dişlileri, eğme makineleri çerçeveleri, akslar, bilumum dişliler,
- c) Küresel grafitli dökme demirler ziraat sektöründe de kullanılmaktadır. Bunlar traktör parçaları, ön tekerlek çatalları, transmisyon kutuları, pedallar,
- d) İnşaat sektöründe KGDD'den imal edilen parçaların bazıları şunlardır. Kreyn parçaları, beton karıştırıcı parçaları, yol inşaat makinaları,
- e) Küresel grafitli dökme demirler kimya sektöründe de kullanılmaktadır. Bunlar; Kurutma silindirleri, valflar, pompalar, plastik ekstürüzyon silindirleri, plastik, karıştırıcılar, rafineri valfları,
- f) Güç aktarımında KGDD'den imal edilmiş bazı parçalar şunlardır. Uçak Konstürüksiyonu, diferansiyel dişli kutusu, volanlar, dişli kutuları, dişli selektör çatalları, tekerlek kalıpları,
- g) Küresel grafitli dökme demirler güç üretiminde de kullanılmaktadırlar. Bunlar: Kompresör gövde ve kafaları, gaz türbini kompresör kutuları, kontrol halkaları, su türbinleri dökme parçaları, sıcağa mukavim fırın parçaları, brülör gövdeleri.

Misal olmak üzere en çok kullanılan iki sınıf küresel grafitli dökme demir için kullanım yerleri aşağıda verilmiştir.

DDK-60: Çeşitli diskler, yatak gövdeleri, pistonlar, kranklar, şaftlar, aşınma ve mukavemet isteyen otomotiv parçaları uçak malzemeleri, dizel, ziraat, ağır makine akamı, madencilik, kağıt sanayi, tekstil ve çeşitli endüstri dallarında.

DDK-42: Basınca dayanıklı parçalarda, kompresör gövdeleri, valfler, merdaneler, pompa gövdeleri, bağlantı rotları, otomotiv endüstrisinin darbeye dayanıklı parçaları, ziraat aletleri, elektrik teçhizatı, gemi mühendisliği malzemeleri, yüksek sıcaklık tatbik edilen, sağamlık ve süneklik isteyen parçaların dökümü ile imalatında kullanılırlar [60].

BÖLÜM 5

MALZEME VE METOD

5.1. DENEY MALZEMESİ

Bu çalışmanın temel amacı, KGDD'in farklı kesme parametreleri kullanılarak delinmesinde oluşan yüzey pürüzlülükleri, takım aşınmaları ve daireselliklerinin karşılaştırılmasıdır. Bu çalışmada kullanılan küresel grafitli dökme demir, aksel pistonlu hidrolik pompası kapağı yapımında kullanılan EN-JS1020/EN-GJS-400-18 standardında malzemedir. Bu malzemenin sertlik değeri 132-136 HB aralığındadır. Deneyleerde kullanılan malzeme numunesi 150x150x80 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Deney numunesi Şekil 6.1'de görülmektedir. Numuneler belirlenen kesme parametreleri ile \varnothing 9,6 mm matkap ile ön delme ve \varnothing 14,5 mm değiştirilebilir uçlu matkap ile 11 mm derinliğinde delinmiş, yüzey pürüzlülükleri, takım aşınması ve dairesellik ölçülmüştür.



Şekil 5.1. Deney numunesi.

Küresel grafitli dökme demir malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 5.1' verilmiştir.

Çizelge 5.1. KGDD'in kimyasal bileşimi.

Malzeme	Element	C	Si	Fe	Toplam
Hidrolik pompa gövdesi	Analiz 1	6.73	2.43	90.84	100.00
	Analiz 2	6.68	2.40	90.92	100.00
	Analiz 3	6.63	2.41	90.95	100.00

5.2. DENEYDE KULLANILAN TEZGAH

Deneyde kullanılan KGDD malzeme Bursa Otomotiv Yan Sanayi Teknik Eğitim Merkezi Mekanik Atelyesinde bulunan Emkomat C40 line CNC dik işlem merkezinde işlenmiştir. CNC dik işlem merkezinin resmi Şekil 5.2'de görülmektedir. Tezgah gücü 10 kW ve iş mili devir sayısı 5000 dev/dk olup hassasiyeti 0,001 mm'dir.



Şekil 5.2. Deneyde kullanılan CNC dik işlem merkezi.

5.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM)

DeneYlerde kullanılan kesici takımlar Bursa Otomotiv Yan Sanayi Kalite Kontrol Departmanında bulunan ZEISS EVO 50 model SEM cihazında her kesici takım için 250x ve 400x olmak üzere iki adet SEM görüntü alınmıştır. Cihaz W (Tungsten) filament ile çalışmaktadır. Cihaz üzerinde ikincil elektron (secondary electron), geri yansıyan elektron (backscattered electron) ve X ışınları (EDX- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) detektörü bulunmaktadır. Cihaz görüntü üzerinde nokta, çizgi, alan ve haritalama yöntemleri ile kalitatif ve semikantitatif olarak element analizleri yapabilmektedir.



Şekil 5.3. ZEISS EVO 50 model SEM cihazı.

5.4. STEREO MİKROSKOP

DeneYlerde kullanılan kesici takımlar Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği laboratuvar bulunan Nikon SMZ745T model bir takım mikroskobu kullanılmıştır. Takım mikroskobu 0,67-5X zoom büyütme ve 115mm uzunluğunda bir çalışma mesafesine sahiptir. Ekstra optik lensler kullanılarak 3,35-300X'e kadar büyütme yapılabilmektedir. Mevcut takım mikroskobu ile 100X'e kadar büyütme yapılabilmektedir. Takım mikroskobu 0,01 mm hassasiyetinde X ve Y yönünde hareket eden milimetrik tablaya sahiptir. Kesici takımda oluşan aşınmalar mikroskoba yerleştirilen bir kamera ile bilgisayar ortamına aktarılmakta ve bu görüntüler Clemex Captiva 6.0 bilgisayar yazılımı kullanılarak takım aşınmaları incelenebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Takım mikroskobu Şekil 5.4'da gösterilmiştir.



Şekil 5.4. NİKON marka stereo mikroskop.

5.5. KESİCİ TAKIM ÖZELLİKLERİ

Deneylerde, SANDVIK firması tarafından üretilen CMPMT060204 geometrisinde PM4015 kalitesine sahip CVD kaplamalı karbür kesici takım kullanılmıştır.

5.6. TAKIM TUTUCU

Sandvik firması tarafından üretilen deneylerde kullanılan kesici uçlar, rijit olarak ISO'ya göre A880-D0562P19-03 ile ifade edilen takım tutucu ile bağlanmıştır.



Şekil 5.5. Takım tutucu.

5.7. TAKIM AŞINMASI

Takım aşınması için karbür kesici takımla 95, 115, 125, 135 m/dk, kesme hızları, 140 mm/dk ilerleme toplamda 40 deney gerçekleştirilmiştir. Aşınma ölçümleri için her bir kesme hızında ilerleme ve talaş derinliği sabit tutulacak 10 adet delik delinip 1. 2. 9. ve 10. deliklerden sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir. Aşınmaların ölçümünde Nikon marka bir stereo mikroskop kullanılmıştır. Kesici takımdaki aşınmaların daha ayrıntılı olarak incelenmesi için de tarama elektron mikroskobu (SEM) çalışması yapılmıştır.

5.8. METALOGRAFİ VE MİKROYAPI

Bursa Otomotiv Yan Sanayi Kalite Kontrol Departmanında bulunan optik mikroskop vasıtasıyla malzemenin mikro yapı fotoğrafları çekilmiştir. Küresel grafitli dökme demirin mikro yapı incelenmesi için bir parça kesilip elde edilen numune üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bakalite alınan numune sırasıyla 80, 180, 320, 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik zımpara ile zımparalanmış ve 3µm' lik elmas pasta süspansiyonu ile keçe üzerinde parlatılmıştır. Dağlama işlemi için % metanol (%2 Nital) çözeltisi kullanılmıştır. Dağlanan numunelerin yüzeyi metanol ile temizlenip kurutulmuştur. Mikroyapı incelemesi için Nikon marka Eclipse MA100 tipi optik mikroskop kullanılıp, mikroyapı fotoğrafları çekilmiştir.

5.9. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜM CİHAZI

İşlenmiş yüzeyler üzerinde yüzey pürüzlülük ölçümleri için Bursa Kal-Met kalibrasyon laboratuvarında bulunan Marsurf LD 120 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri 0,8 mm kesme (cut-off) uzunluğu ve 5,6 mm örnekleme (sampling) uzunluğu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri deney numunesinin eksenine paralel olacak şekilde ve her ölçümden sonra deney numunesi kendi eksenine etrafında 120° çevrilerek üç ayrı yüzeyden yapılmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı Şekil 5.6'da ve bu cihazın teknik özellikleri ise Çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.

Çizelge 5.2. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazının teknik özellikleri.

Model	Marsurf LD 120
Ölçüm ucu (μm)	2 μm uç yarı çapı
Baskı Kuvveti (mN)	0,7
Ölçüm kursu (μm)	350
Parametreler	Ra, Rp, Rz (Ry), Rmax, Rpm, Rpk, Rk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, Rt, R3z, RPc, Rmr,
Çözünürlük	32nm profil çözünürlüğü
Filtreler	DIN EN ISO 11562 (Gauss); DIN EN ISO 13565; DIN EN ISO 3274
Kesme Boyu (mm)	0,25 - 0,8 - 2,5 (otomatik seçim)
Tarama Boyu (mm)	1,75 - 5,6 - 17,5 (ISO) 1 - 2 - 4 - 8 - 16 (CNOMO)
Kalibrasyon	Dinamik kalibrasyon
Bellek	15 profil; 20.000 ölçüm
Boyutlar (mm)	140x50x70
Bağlantı	USB ve RS232 çıkışı
Yaklaşık ağırlık (gr)	400

5.10. DAİRESELLİK ÖLÇÜMÜ

İşlenmiş deliklerin daireselliği Bursa Kal-Met Kalibrasyon Laboratuvarında bulunan Dea marka üç boyutlu CMM (Coordinat Measuring Machine) cihazında yapılmıştır. Delik çapındaki değişim ve dairesellik ölçümleri, her delikte üç ayrı noktadan koordinat alınarak tespit edilmiştir. Delik çapı ve dairesellik değerlendirilmesinde kullanılan bu ölçümler doğrudan CMM tezgahından alınmıştır. Resim 5.7’de ölçümlerin yapıldığı CMM tezgahı görülmektedir. Bu tezgaha ait teknik özellikler ise Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.3. Dairesellik ölçümlerin yapıldığı CMM tezgahının özellikleri.

Ölçüm Alanı x, y, z (mm)		505,405,405
Ölçme Hassasiyeti (mm)		0,0001
Maksimum Ölçüm Hızı (mm/sn)		8
İş Parçası	Mak. Yükseklik (mm)	454
	Mak. Ağırlık (kg)	180



Şekil 5.7. Delik çapı ve daireselliklerinin ölçüldüğü CMM tezgahı.

5.11. SERTLİK ÖLÇÜMÜ

Malzeme sertliği Bursa Otomotiv Yan Sanayi Kalite Kontrol Departmanında bulunan BMS 3000-OB sertlik ölçme cihazıyla ölçülmüştür. Şekil 5.8'de BMS 3000-OB sertlik ölçme cihazı görülmektedir. BMS 3000-OB sertlik ölçme cihazı geniş kullanım alanına sahip çok yönlü sertlik ölçme cihazıdır. Bu cihaz, metallerin çoğunda kullanılabilen, ulaşılması zor bölgelerde ölçüm yapabilen ve eğri test yüzeylerinde bile hassas ve hızlı ölçüm yapabilen bir cihazdır. Sertlik değerleri 750 kg yük altında 5 mm çapında çelik bilyenin 10 s süre ile malzemeye bastırılmasıyla elde edilmiştir. Sertlik ölçümleri numune üzerinde üç farklı bölgede yapılmıştır.

Çizelge 5.4. Sertlik ölçümlerin yapıldığı ünitenin özellikleri.

Test yükleri (kgf)	500-300 arasında 250 aralıkta
Yük seçimi	Manual
Test metodu	Brinell
Yükün uygulanması	Hydraulic
Ölçme mikroskobunun büyütme oranları	14x
Makine test yüksekliği	380mm
Boğaz açıklığı	200mm
Makine boyutları	1225x740x380mm
Ambalaj boyutları	1650x1650x900mm
Ağırlık (net/brüt)	425/625kg
Güç	380V,50HZ,3P



Şekil 5.8. BMS 3000 -OB sertlik ölçme ünite.

5.12. DENEY NUMUNESİ YIKAMA MAKİNASI

Malzemenin yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmadan önce yıkama işlemi yapılmıştır. Şekil 5.10 da gösterilmiştir. Yıkama işlemi Bursa Kal-Met Kalibrasyon Laboratuvarında bulunan Teano Mat makinesinde yapılmıştır. Yıkama işlemi tamamı ile dış ortandan izole edilmiş bir kabin içerisinde otomatik olarak el değmeden yapılır.

Bu işlem esnasında elektro paslanmaz çelik gövdeli bir pompa vasıtası ile cihazın yıkama tankındaki % 2-5 konsantrasyon oranındaki alkali yapıdaki kimyasallı su, kirli parçanın her noktasına özel olarak yerleştirilmiş olan nozullar vasıtası ile temas ettirilir.

Kullanılan yıkama sepeti de güçlü bir motor ile kendi eksenini etrafında döndürülürken yıkama etkisi alttan, üstten ve yandan olmak üzere 3 ayrı düzlemdeki spreyleme ile artırılmıştır.



Şekil 5.9. Yıkama makinesi.

5.13. DENEY DEĞİŞKENLERİ

Deneyle, CVD kaplamalı karbür kesici takımlar için 95, 115, 125 ve 135 m/dk kesme hızlarında 140 mm/dk ilerleme hızı ve kesme sıvısı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 5.5. Kesici takımların deney değişkenleri.

(V) Kesme Hızı (m/dk)				(f) İlerleme Hızı (mm/dk)	(ap) Talaş Derinliği (mm)
95	115	125	135	140	2.9

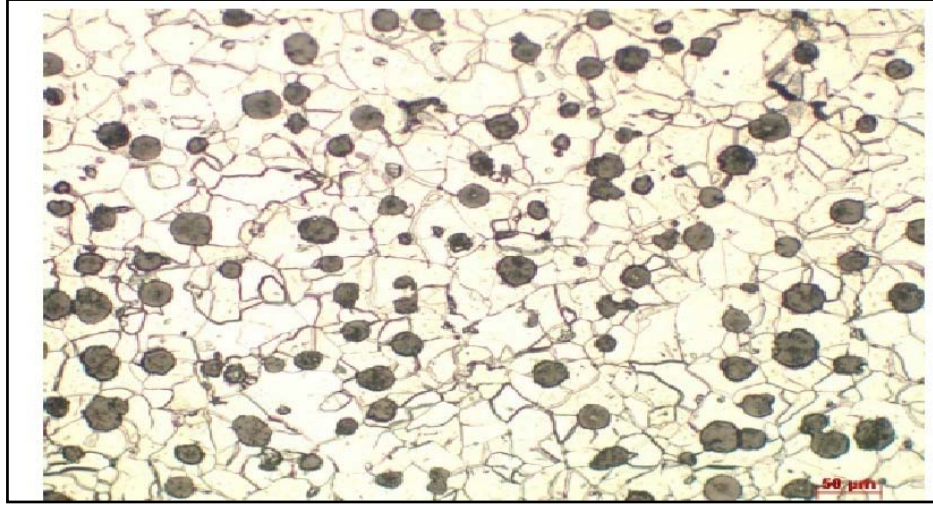
BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

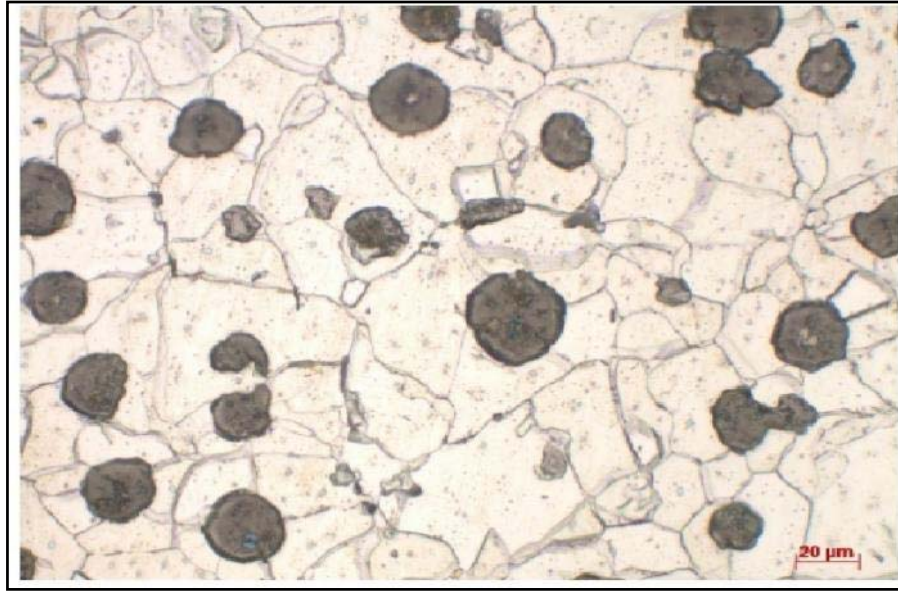
Yapılan bu çalışmada KGDD malzemesinin CVD kaplamalı karbür kesici takımlarla işlenmesinin incelenmesi, işlemede en iyi yüzey pürüzlülüğünün, en az takım aşınmasının ve en iyi daireselliğin belirlenmesi amacıyla bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerde Sandvik firmasına ait kesici takım kullanılmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen takım aşınma değerleri, yüzey pürüzlülük ve dairesellik değerleri tablo ve grafik halinde verilerek yorumlanmıştır.

6.1. KGDD MALZEME YAPISI

Şekil 6.1. a) ve b)'de pompa gövdesi malzemesinden iki farklı büyütmeye elde edilen mikroyapı görüntüleri verilmektedir. Yapı içerisinde bulunan grafitlerin küresel olduğu ve genellikle homojen olarak dağıldığı görülmektedir.



a) 500X



b) 200x

Şekil 6.1. Deneylerde kullanılan KGDD malzemenin mikroyapı görüntüleri.

Sertlik değerleri 132, 136 ve 133 HB olarak elde edilmiştir.

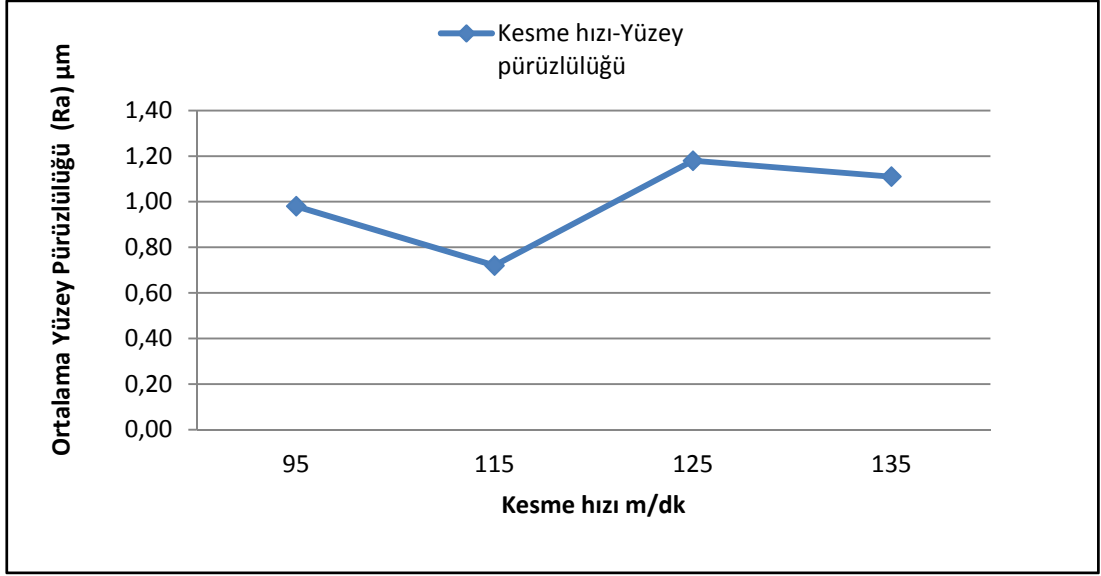
6.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

İşlenmiş parçaların yüzey pürüzlülük değerleri genellikle bitirme işlemlerinde dikkate alınır. Bu çalışmada olduğu gibi ön delme işleminde oluşan yüzeylerin pürüzlülük değerleri çoğunlukla dikkate alınmaz. Ancak, bazı durumlarda bitirme

işlemlerini etkilediği için değerlendirmeye alınır. Bazı yapım resimleri üzerinde kaba delme işlemleri için de yüzey pürüzlülük değerleri belirtilir. Delme yöntemiyle elde edilen yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri Çizelge 6.1'de verilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 115 m/dk kesme hızında işlemede elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülük değeri de 125 m/dk işlemede elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri genel olarak 0,7 ila 1,18 μm aralığında değiştiği için hidrolik pompa yağ girişi deliklerinin işlenmesinde endüstriyel olarak kabul edilebilir değerlerdir.

Çizelge 6.1. Elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Delik No	Kesme hızı (m/dk)	İlerleme hızı (mm/dk)	Talaş Derinliği (mm)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra (μm)			
				Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ortalama
1	95	140	2,9	1,01	0,72	0,70	0,81
2				1,56	1,61	1,09	1,42
9				0,58	1,06	1,11	0,91
10				0,44	0,87	1,06	0,79
11	115			0,58	0,53	0,58	0,56
12				0,51	0,82	0,46	0,59
19				1,4	0,79	1,71	1,2
20				0,67	0,6	0,38	0,55
21	125			1,52	1,03	0,90	1,15
22				0,75	1,69	0,89	1,11
29				0,88	1,09	1,43	1,13
30				0,62	1,14	2,26	1,34
31	135			1,30	0,98	0,67	1,22
32				1,17	0,79	0,66	0,78
39				1,50	0,58	1,38	1,15
40				1,42	0,79	1,71	1,30



Şekil 6.2. Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğü.

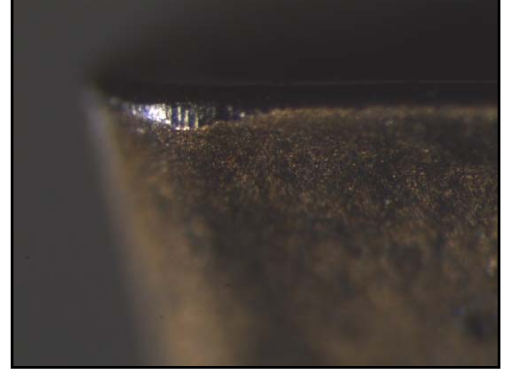
Şekil 6.2'deki verileri incelediğimizde kesme hızı artması ile yüzey pürüzlülük değerinin belirli bir değere kadar düştüğü ancak daha fazla artışı ile de tekrar arttığı görülmektedir. Devir sayısının artması ile yüzey pürüzlülük değerinin düşmesi hem yapılan araştırmalarda ve hem de uygulamada sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Ancak, kesme hızının daha fazla artışının yüzey pürüzlülük değerini artma eğilimine döndürmesi ise takım tezgahının yüksek devir sayılarındaki kararsızlığı (titreşim) ve kesici takımın da yüksek kesme hızlarında yüksek ısı sonucu daha fazla aşınmasıyla açıklanabilir.

6.3. KESİCİ TAKIM AŞINMASI

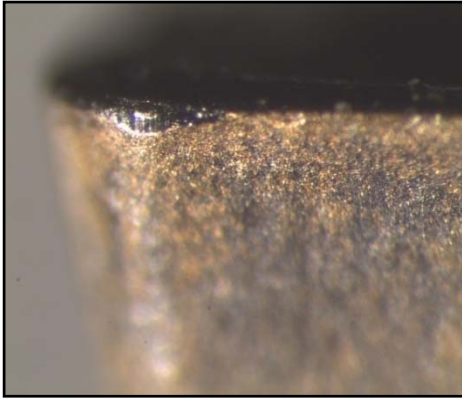
KGDD'in işlenmesi sonucu kesici takımlarda oluşan aşınmalar öncelikli olarak bir takım mikroskobu ile incelenmiştir. Takım aşınması için 4 farklı kesme hızında, 140 mm/dk ilerleme miktarında 40 deney gerçekleştirilmiştir. Her bir kesme hızı için ayrı takım kullanılıp, takım başı 10 adet delme işlemi yapılmıştır. Yapılan delme işlemi sonucu Sandvik firmasına ait karbür kesici takımında düzenli yan yüzey aşınması görülmüştür.



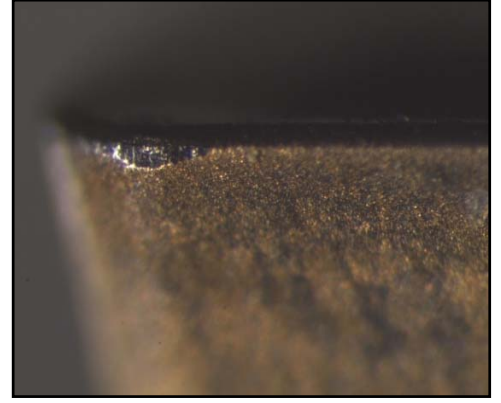
(a)



(b)

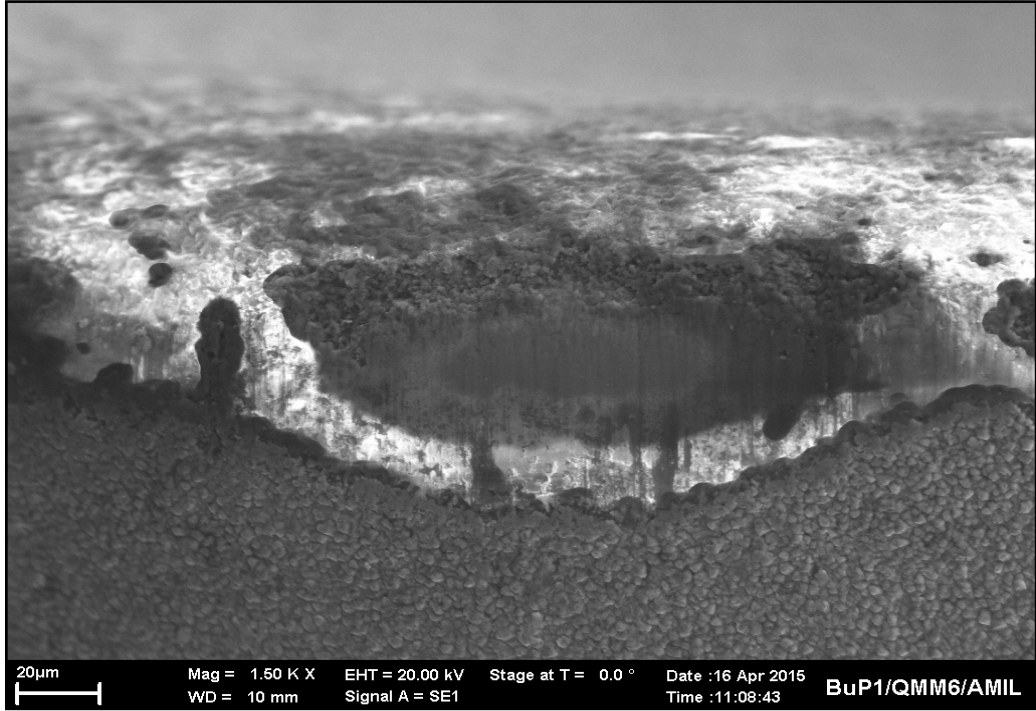


(c)

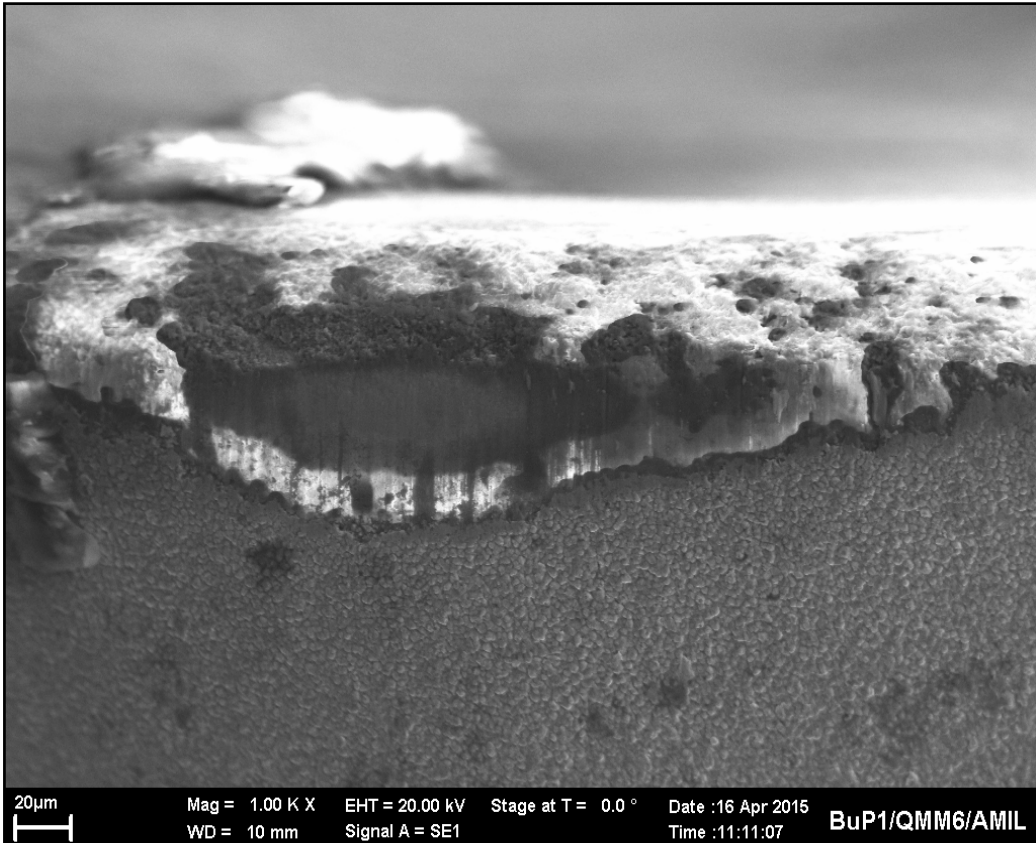


(d)

Şekil 6.3. Kesici takımlarda yan yüzey aşınmalarının takım mikroskobu görüntüleri:
a) 95 m/dk, b) 115 m/dk, c) 125 m /dk ve d)135 m/dk.

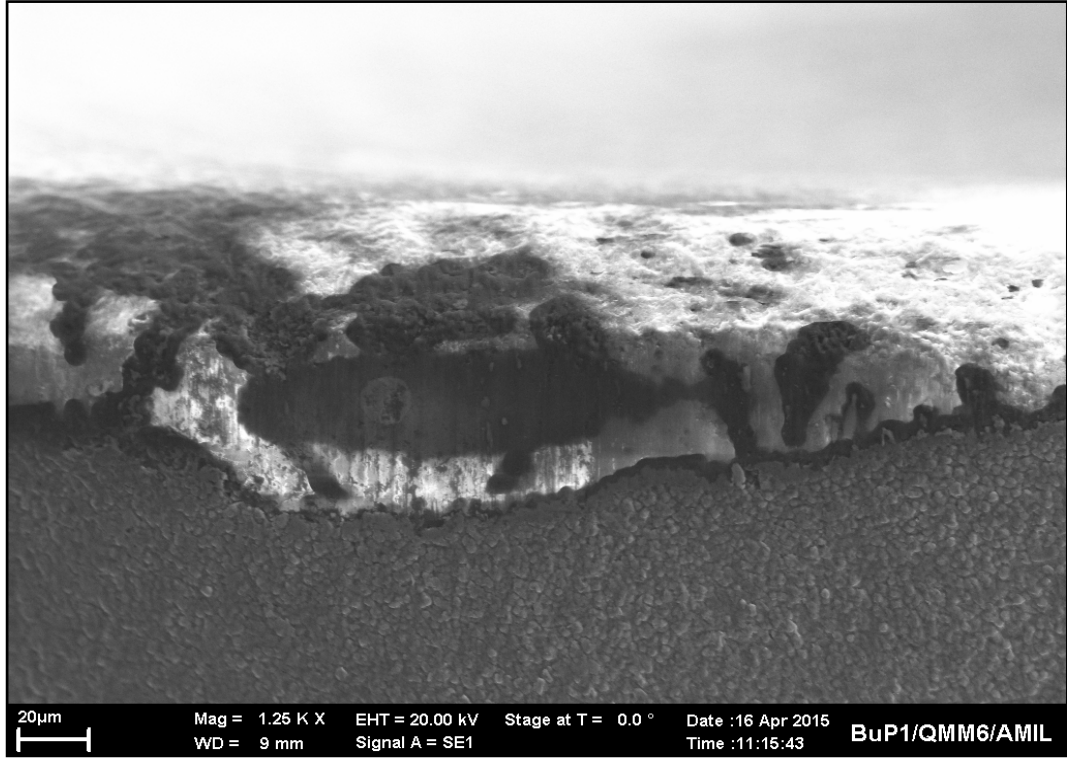


(a)

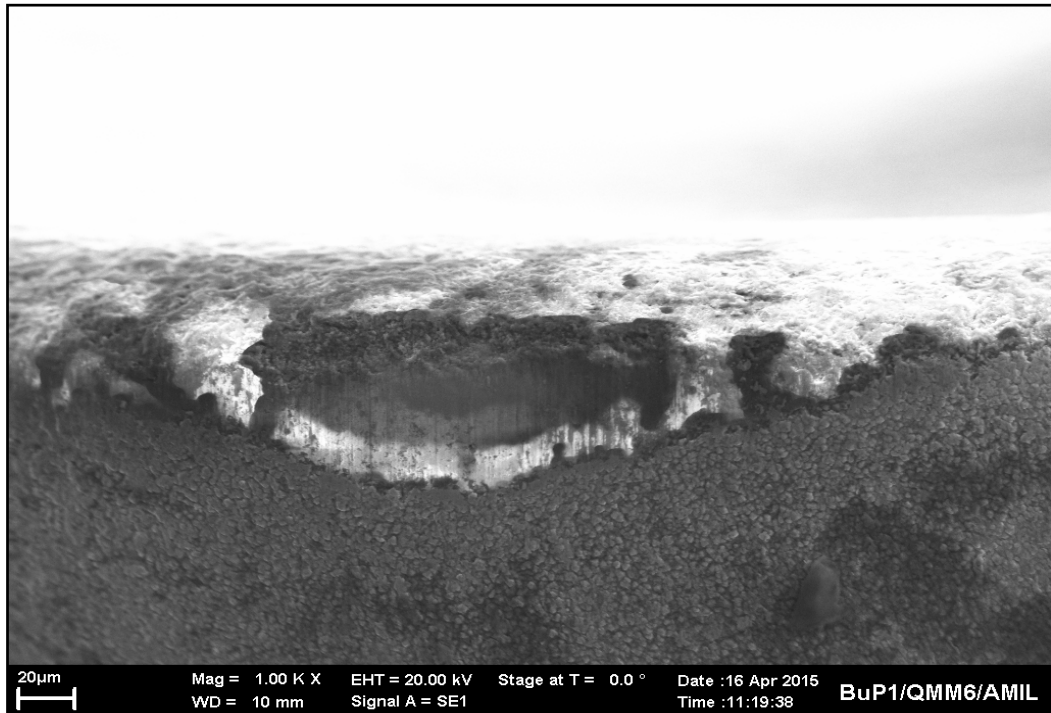


(b)

Şekil 6.4. Kesici takımların yan yüzey aşınmalarının SEM görüntüleri a) 95 m/dk, b) 115 m/dk, c) 125 m/dk ve d)135 m/dk.



(c)



(d)

Şekil 6.4. (devam ediyor).

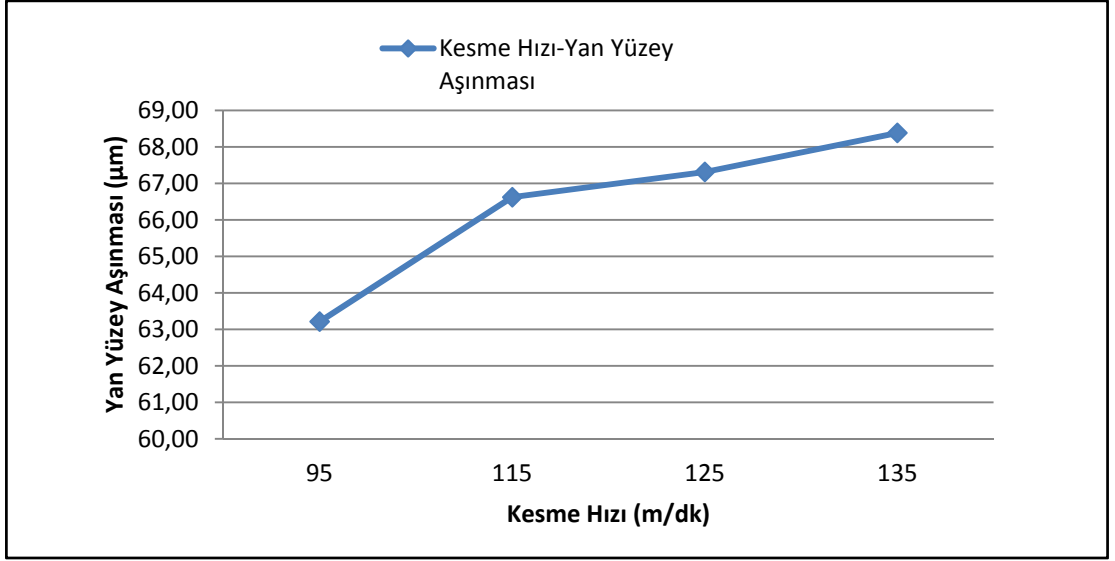
Şekil 6.3'de karbür kesici takımlardaki aşınmaların takım mikroskobu görüntüleri ve Şekil 6.4'de de SEM görüntüleri verilmektedir. Şekil 6.3'de ve şekil 6.4'deki kesici takımlarda düzenli yan yüzey aşınması görülmektedir.

Kesici takımın performansını incelemek amacıyla aşınma değerleri Stereo mikroskopta rahatlıkla ölçülebilecek hale gelinceye kadar deneyler yapılmıştır. Bilinmelidir ki bu çalışmada verilen yan yüzey aşınması/kesme hızı eğrileri her bir kesici takım için belirtilen koşullarda belirli sayıdan delik delindikten sonra elde edilen değerlerdir.

Çizelge 6.2'de deneylerde kullanılan karbür kesici takımlar yan kenar aşınması bakımından en düşük aşınmanın 95 m/dk kesme hızında 63,21µm yan en fazla yan kenar aşınması 135 m/dk kesme hızında 68,38 µm ölçülmüştür.

Çizelge 6.2. Kesme hızına göre yan yüzey aşınma miktarları.

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği (mm)	İlerleme Miktarı mm/dk	Kesme Hızı m/dk	Yan Yüzey Aşınması (µm)
1-10	Sandvik	2,9	140	95	63,21
11-20				115	66,62
21-30				125	67,31
31-40				135	68,38



Şekil 6.5. Kesme hızına bağlı yan yüzey aşınması.

Kesme hızının artması ile aşınmanın da arttığı görülmektedir. Kesici takımlarda aşınma istenmeyen bir durum olmakla birlikte kaçınılmazdır. Kesici takımında aşınmanın düzenli bir biçimde olması istenen bir durumdur. Düzenli aşınma ile işlem kontrol altında tutulabilir ve hatta aşınma çok yüksek miktarlarda olmaması durumunda aşınmadan kaynaklanan boyutsal değişimler günümüzde yaygın olarak kullanılan CNC tezgahlar sayesinde rahatlıkla telafi edilebilir. Kesme kuvvetlerinde ani yükselmelerden ve işlenen parça boyutlarında öngörülme yen değişimlerden kaçınılması düzenli aşınma ile mümkündür.

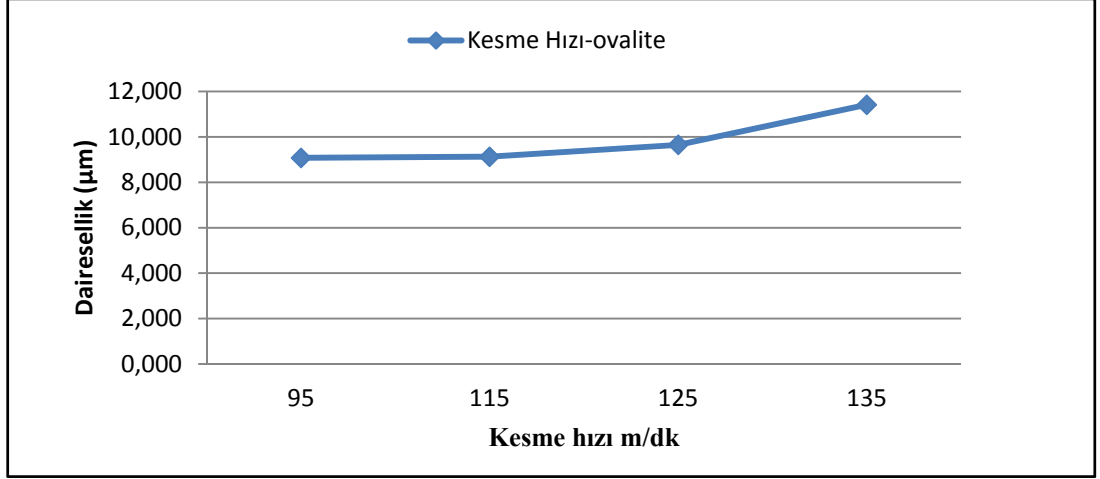
6.4. DAİRESELLİKTEN SAPMA

Kesme hızına bağlı sabit ilerleme ve sabit talaş derinliğinde değiştirilebilir uçlu matkap ile delinen deliklerde oluşan dairesellikten sapma değerleri Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Kesme hızına göre dairesellik miktarları.

Delik No	Kesme hızı (m/dk)	İlerleme (mm/dk)	Talaş Derinliği (mm)	Dairesellik (µm)	Ortalama Dairesellik (µm)
1	95	140	2,9	6,8	9,075
2				7,1	
9				10,3	
10				12,1	
11	115			12,2	9,125
12				6,8	
19				9,1	
20				8,4	
21	125			7,9	9,65
22				9	
29				9,3	
30				12,4	
31	135			10,8	11,425
32				9,7	
39				12,9	
40				12,3	

Yapılan deneylerde dairesellik değerleri, en iyi 95 m/dk kesme hızında, en kötü dairesellik 135 m/dk değerinde olmuştur.



Şekil 6.6. Kesme hızına bağlı dairesellikten sapma değerleri.

Çizelge 6.6 incelendiğinde kesme hızının artması ile dairesellik değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise, kesme hızının artması neticesinde kesme esnasında meydana gelen titreşimin artması söylenebilir [56]. Ayrıca, kesme hızının artması ile dönen takımdaki salgının artmasının yüksek dairesellikten sapmaya neden olduğu da düşünülmektedir. Yüksek kesme hızı değerlerinde yapılan kesme işlemlerinde takım üzerinde mekanik yüklerin artmasına bağlı olarak elde edilen değerlerin istenilen nitelikte olmaması beklenen bir durumdur.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Küresel grafitli dökme demirin (KGDD) CVD kaplamalı karbür kesici takımlarla delinmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülüğü, kesici takım aşınması ve daireselliğin incelendiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. CVD kaplamalı karbür kesici takımlarda oluşan aşınmalar genellikle düzenli yan yüzey aşınması biçiminde gerçekleşmiştir.
2. En düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri 115 m/dk kesme hızında 0,72 µm olarak ölçülmüştür.
3. Kesme hızına bağlı olarak en fazla aşınma 135 m/dk kesme hızında en az takım aşınması 95 m/dk kesme hızında elde edilmiştir.
4. Kesme hızına bağlı en düşük dairesellikten sapma 95 m/dk kesme hızında en yüksek dairesellikten sapma ise 135 m/dk kesme hızında elde edilmiştir.
5. 115 m/dk'dan daha yüksek hızlarda elde edilen yüksek yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek kesme hızlarındaki yüksek devir sayılarından kaynaklandığı düşünülmüştür.
6. Kesme hızının artması ile kesici takımdaki aşınmanın da arttığı görülmüştür. Yüksek kesme hızlarındaki yüksek ısının fazla aşınmaya sebep olduğu düşünülmüştür.

7. Kesme hızının artması ile dairesellikten sapma değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise yüksek devir sayılarında tezgahın ve salgıdan kaynaklanan yüksek titreşimler olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Çiftçi, İ., “Takım tasarımı”, *Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Lisan ders notları, Karabük, 1-33 (2011).
2. Günay, M., “Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-4 (2003).
3. Ünal, T.ve Akoral, E., “Sertleştirilmiş alaşımlı makine çeliğinin seramik kesici takımlarla işlenebilirliği ve takım ömrü denklemi modelinin oluşturulması” *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16 (3): 514-515 (2003).
4. Demir, H., “Düzlem taşlamada taşlama parametrelerinin taşlama kuvvetlerine ve yüzey kalitesine etkilerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (2003).
5. Lin, S. C., Lui, T. S., Chen, L. H. and Song, J. M., “Effect of pearlite on the vibration- fracture behavior of spheroidal graphite cast irons under resonant conditions”, *Metallurgical and Materials Transactions*, 33 (A): 223-230 (2002).
6. Yavuz, K., “GGG-70 sınıfı küresel grafitli dökme demir kam millerinin işlenebilirliğinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-94 (2006).
7. Sur, G., “Karma takviyeli alüminyum matriksli kompozitlerin üretimi, mekanik özellikler ve işlenebilirliklerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 103 (2008).
8. Gülesin, M., Kaçal, A., ve Melek, F., “GGG 40 küresel grafitli dökme demirlerin ince tornalama operasyonlarında kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 11 (3): 229-234 (2008).
9. Thamizhmanii, S., and Hasan, S., “Analyses of roughness, forces and wear in turning gray cast iron”, *journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 17 (2): 324-332 (2006).
10. Uçun, İ., Aslantaş, K., Taşgetiren, S., ve Gök, K., “Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin sinterlenmiş karbür kesici takım ile tornalama işleminde takım performansının incelenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 22 (4): 739-744 (2007).

11. Gülesin, M. ve Kaçal, A., “Küresel grafitli dökme demirlerin son bitirme operasyonlarının analizi üzerine bir çalışma”, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, Karabük, 178-183 (2009).
12. Özdemir, Ö., “Otomotiv sektöründe kullanılan küresel grafitli dökme demir üretimine etki eden parametrelerin teorik incelenmesi ultrasonik ses hızı yöntemiyle tahribatsız kontrolü ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, 1-9 (2007).
13. Kırçalı, K. K., “Farklı matris yapılarına sahip küresel grafitli dökme demirlerin mekanik ve işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması”, **Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, 5-20 (2006).
14. Seker, U., Çiftçi,., and Hasırcı, H., “The effect of alloying elements on surface roughness and Forces during machining of ductile iron”, **Material and Design**, 24: 47–51 (2002).
15. Seker, U., and Hasırcı, H., “Evaluation of machinability of austempered ductile irons in terms of cutting forces quality”, **Journal of Materials Processing Technology**, 173: 260–268.(2005)
16. Çakır, M. C., Bayram, A., Isık, Y., and Salar, B., , “The effects of austempering temperature and time onto the Machinability of austempered ductile iron”, **Materials Science and Engineering**, 407: 147–153 (2016).
17. Karamusaoğlu, H. A., “Küresel grafitli dökme demirlerin (GGG-60) işlenmesinde kesici takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 7-66 (2009).
18. İnçal, E.,“PVD yöntemi ile kaplanan HSS takım çeliklerinin karakterizasyon ve aşınma dayanımının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2007)
19. Şeker, U., Hasırcı H., ve Aşkun, Y., “Ni Ve Cu ile alaşımlandırılmış küresel grafitli dökme demirlerin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey kaliteleri açısından değerlendirilmesi”, **Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 9 (2): 191-199 (2003).
20. Duran, A., ve Acır, A., “HSS torna kalemindeki talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisi”, **Politeknik Dergisi**, 7 (3): 211-215 (2004).
21. List, G., Nouari M., Géhin, D., Gomez, S., Manaud, J. P., Petitcorps, Y., and Le, Girot, F., “Wear behaviour of cemented carbide tools in dry machining of aluminium alloy”, **International Journal Of Machine Tools And Manufacture**, 259: 1177–1189 (2005).

22. Kıvrak, T., “Inconel 718’in delinebilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 55-74, 78-82 (2007)
23. Özkul, İ., Buldum, B. B., ve Akkurt, A., “Dievar sıcak iş takım çeliğinin delinmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey kalitesine etkisinin regrasyon analiziyle modellenmesi”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 1-9 (2013).
24. Yağmur, S., Acır, A., ve Şeker, U., “AISI 1050 çeliğinin delinmesinde yüzey pürüzlülüğünün deneysel olarak araştırılması”, **International Iron & Steel Symposium**, 1276-1283 (2012).
25. Mahfouz I. A., “Drilling wear detection and classification using vibration signals and artificial neural network”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 43: 707–720 (2003).
26. Armerago E. J. A., and Cheng O. Y., “Drilling with flat rake face and conventional twist drill-II. experimental investigation”, **Int. J. Mach. Tool Des. Res.**, 12:37- 54 (1972).
27. Rashid A., and Nicolescu M. C., “Design and implementation of tuned viscoelastic dampers for vibration control in milling”, **Int. J. Mach. Tools Manufact.**, 48: 1036-1053 (2008).
28. Tsao, C., and Hocheng, H., “Effect of tool wear on delamination in drilling composite materials”, **Internatioanl Journal of Mechanical Sciences**, 49: 983-988 (2007).
29. Haggerty, W. A., “Effect of point geometry and dimensional symmetry on drill performance”, **Int. J. Mach. Tool Des. Res.**, 1: 41-58 (1961).
30. Nouari, M., List, G., Girod, F., and Coupard, D., ”Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys”, **Wear**, 255: 1359-1368 (2003).
31. Fernandes M., and Cook C., ”Drilling of carbon composites using a one shot drill bit. Part I: Five stage representation of drilling and factors affecting maximum force and torque”, **International Journal of Machine Tools&Manufacture**, 46: (1) 70-75 (2005).
32. Özdemir, U. ve Erten, M., “Talaşlı imalat sırasında kesici takımında meydana gelen hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri”, **Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi**, 1 (1): 37-38 (2003).
33. Özçatalbaş Y., “1050, 4140, 8620 Çeliklerinin ısıtma işlemiyle değişen mikro yapı ve mekanik özelliklerine bağlı işlenebilirlikleri”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-18 (1996).

34. Çiftçi, İ., “İmalat yöntemleri”, Lisans Ders Notları, **Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi**, Karabük, 1-47 (2007).
35. Kurt, M., “Talaşlı imalat işlemleri ve makineleri tesviyecilik”, **EMO-Makine Market Dergisi** (2006).
36. Çakır, M. C., “Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri”, **Vipaş A.Ş.**, Bursa, 49-410 (2000).
37. Avuncan, G., “Talaş kaldırma ekonomisi ve kesici takımlar”, **Makine Takım Endüstrisi A.Ş.**, İstanbul, (1998).
38. Tonshoff, H. L., Spintig, W., König, W., and Neises, A., “Machining of holes developments in drilling technology”, **Annals of the CIRP**, 43 (2): 551-560 (1994).
39. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 23-90 (1998).
40. İnternet: Sandvik, “2007 Sandvik Coromat Takım Üreticisi”, http://www.sandvik.coromant.com/tr/knowledge/drilling/applicationoverview/dedicated_methods/boring (2015).
41. Pınar, A. M., ve Güllü, A., “Dairesellik hatası ölçümünde kullanılan yöntemlerin incelenmesi”, **Journal of Polytechnic**, 10 (2): 137-144 (2007).
42. Topçu, O., “Çift fazlı bir çeliğin işlenebilirliğinin araştırılması ve yapay sinir ağları ile kestirimi”, Yüksek Lisans Tezi, **TOBB Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 32-33 (2009).
43. Çiftçi, İ., “Kesici takımlar ve kesme teorisi”, Lisans Ders Notları, **Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi**, Karabük, 22-34(2007).
44. Demirayak, İ., “Kesme parametreleri ve kaplama tabakasının talaş kaldırma işlemine etkileri” Yüksek Lisans Tezi, **Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, 43-44 (2006).
45. Çiftçi, İ., “Alüminyum esaslı kompozitlerde takviye oranı ve boyutunun mekanik özellikler ve işlenebilirlik üzerine etkisinin araştırılması”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 32-42 (2003).
46. Sürücüler, S., “Tornalamada kesme parametrelerindeki değişime göre kesme kuvvetlerinin tahmini için matematiksel bir model geliştirme”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 17-19 (2010).
47. Arda, E., “Kesici takımlarda dahili soğutma yönteminin geliştirilmesi ve kesme işlemine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 7-9 (2012).

48. İşbilir, Ö., “Talaş kaldırmada değişken yüklemenin takım ömrüne etkisinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 32-37 (2008).
49. Şirin, Ş., “Al₂O₃ Seramik malzemenin talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirilmesinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 21-30 (2012).
50. Pul, M., “Al matrisli MgO takviyeli kompozitlerin infiltrasyon yöntemi ile üretilmesi ve işlenebilirliğinin değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 90-95 (2010).
51. Motorcu, A. R., “Ç1050, Ç4140 ve Ç52100 çeliklerinin işlenebilirliği ve modeller geliştirilmesi” Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 11-14 (2006).
52. Soylu, A., “Bir delme dinamometresi tasarım ve imalatı ile hss-1040 malzeme çiftinde ilerleme kuvveti ve döndürme momentinin analizi”, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 14 (2007).
53. Altınkaya, E., “AISI 316 Östenitik çeliğin işlenmesinde kesme değerlerinin ve takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkilerinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30-40 (2006).
54. Çiftçi, İ., “Talaşlı imalat teknolojisi ders notları”, Lisansüstü Ders Notları, *Karabük Üniversitesi İmalat Mühendisliği*, Karabük, (2014).
55. Neşeli, S., “Tornalamada takım geometrisi ve turlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 49-51(2006).
56. Şahin, A., “Sertleştirilmiş mikro alaşımlı çeliğin (30MnVS6) farklı kesicilerle işlenmesinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük ,43 (2013).
57. Savaşkan, T., “Malzeme Bilgisi Ve Muayenesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, Trabzon, 192 (2009).
58. Yazıcı, A. M., “Küresel grafitli dökme demirin bortemperlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 1-5 (2006).
59. Karamusaoğlu, H. A., “Küresel grafitli dökme demir'in(GGG-60) işlenmesinde kesici takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük , 12-22 (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet TANRIVERDİ 1989'da Manisa'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Saruhanlı Almış-Şentürk Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezinde, Tesviye Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2007 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği Bölümü'ne girdi. 2012'de "iyi" derece ile mezun oldu. Mezun olmadan önce Toprak Mahsulleri Ofisi Mersin Şube Müdürlüğü'nün de Makine Teknisyeni olarak göreve başladı. Halen 2014 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: İnönü Mah. 1407 Sok. İrem Apt. Kat :1 No :2
Yenişehir / MERSİN

Tel: (538) 324 22 27

E-posta: tanriverdiahmet45@hotmail.com