



**BÖHLER K490 TOZ METALURJİK ÇELİĞİNİN
İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM
PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

Ahmet AYDİN

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY**

**BÖHLER K490 TOZ METALURJİK ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESİCİ
TAKIM PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

Ahmet AYDIN

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

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY**

**KARABÜK
Ocak 2021**

Ahmet AYDİN tarafından hazırlanan “BÖHLER K490 TOZ METALÜRJİK ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM PERFORMANSININ İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY

.....

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 29/01/2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç.Dr. Ali KALYON (YÜ)

.....

Üye : Dr.Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

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

Ahmet AYDİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BÖHLER K490 TOZ METALÜRJİK ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Ahmet AYDIN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr.Üyesi Mehmet BOY

Ocak 2021, 80 sayfa

Bu tez çalışmasında, toz metalürjisi ile üretilen Böhler K490 soğuk iş takım çeliğinin tornalanmasında, PVD kaplamalı sermet ve CVD kaplamalı karbür kesici takımlar kullanılarak kuru ve buharlı soğuk hava şartları altında elde edilen işleme çıktılarından yüzey pürüzlülük değeri ile kesici takımların performansları incelenmiştir. Deneyler sabit kesme derinliğinde (0,5 mm), kesme hızı (225-300-375 m/dak) ve ilerleme miktarının (0,08-0,16-0,24 mm/dev) üçer farklı seviyesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri her iki kesici takım için 0,08 mm/dev ilerleme miktarında soğuk buharlı hava ile işlemede elde edilmiştir. Artan ilerleme miktarına bağlı olarak kesme parametresi ve işleme şartlarının tüm değişkenlerinde yüzey pürüzlülük değerlerinde bir artış eğilimi görülmüştür. Karbür kesici takımlar ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri sermet kesici takımlara kıyasla daha düşük değerlerde elde edilmiştir. Her iki kesici, takım aşınması açısından incelendiğinde düşük kesme hızlarında yığıntı talaş (BUE), yüksek kesme hızlarında ise çentik aşınması gözlemlenmiştir. Ayrıca tüm kesme parametrelerinde her iki kesici

takımda yan kenar aşınması oluşmuştur. Sermet kesici takımlar, 0,24 mm/dev ilerleme miktarı ve 300 m/dak kesme hızında gerçekleştirilen deneylerde kuru ve buharlı soğuk hava ile işleme şartlarında kırılmıştır. En düşük yan kenar aşınması karbür takımlarda meydana gelmiştir. Sermet ve karbür kesici takımlar için en düşük yan kenar aşınma ve yüzey pürüzlülük değerleri buharlı soğuk hava şartlarında gerçekleştirilen deneylerde elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Toz metalürjik çelik, yüzey pürüzlülüğü, işlenebilirlik, buharlı hava soğutma, takım aşınması, tornalama

Bilim Kodu : 9143

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF CUTTING TOOL PERFORMANCE IN MACHINING OF BÖHLER K490 POWDER METALLURGIC STEEL

Ahmet AYDİN

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

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Mehmet BOY

January 2021, 80 pages

In this thesis study, the machining outputs like surface roughness and cutting tool performance examined in turning Böhler K490 cold work tool steel, produced by powder metallurgy, using PVD coated cermet and CVD coated carbide cutting tools under dry and cold mist air conditions. The experiments were performed by using three different levels of cutting speed (225-300-375 m/min), and feed rate (0.08-0.16-0.24 mm/rev), and constant cutting depth (0.5 mm). The lowest surface roughness values were obtained for both cutting tools with mist cold air machining at 0.08 mm/rev. There was an increasing trend in the surface roughness values in all variables of the cutting parameter and machining conditions due to the rising feed rate. When the surface roughness values obtained from carbide cutting tools and cermet cutting tools were compared to each, the lowest surface roughness values were obtained with carbide cutting tools. When the tool wear on cutting tools was examined, Built-Up Edge (BUE) at low cutting speeds and notch wear at high cutting speeds were observed. Besides, in all cutting parameters, flank wear occurred in both cutting tools.

Cermet cutting tools broke under dry and mist cold air machining conditions in the tests performing at 0.24 mm / rev feed rate and 300 m/min cutting speed. The minor flank wear occurred with carbide tools. The lowest flank wear and surface roughness values for cermet and carbide cutting tools were obtained in experiments carried out under mist cold air conditions.

Key Word : Powder metallurgical steel, surface roughness, machinability, mist cold air cooling, tool wear

Science Code : 91438

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Dr. Öğr.Üyesi Mehmet BOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili eşim Seray KOÇTÜRK AYDİN ve ailemin manevi yardımlarını esirgemedен yanımda oldukları için tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
TOZ METALURJİSİ	4
2.1. SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ.....	5
2.2. ÇELİKLERDE ALAŞIM ELEMENTRİNİN ETKİSİ.....	5
2.3. TOZ METALURJİSİNİN (TM) AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI6	
2.4. TOZ METALURJİSİNİN (TM) KULLANILDIĞI ALANLAR.....	7
BÖLÜM 3	8
KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ	8
3.1. YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİ	9
3.2. TUNGSTEN KARBÜRLER.....	10
3.3. SERAMİK TAKIMLAR.....	11
3.3.1. Alüminyum Oksit Alaşımli Seramik Takımlar	11
3.3.2. Silisyum Alüminyum Oksinitrür (Si-Al-O-N)	12
3.4. SERMET TAKIMLAR	12
3.5. KÜBİK BOR NİTRÜR (CBN)	13
3.6. ELMASLAR	14
3.7. ÇOK KRİSTALLİ ELMASLAR (PCD).....	15

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	16
KESİCİ TAKIMLARDA AŞINMA	16
4.1. AŞINMA MEKANİZMALARI	18
4.1.1. Abrasyon Aşınma	19
4.1.2. Difüzyon Aşınma (Atomik Yer Değiştirme)	20
4.1.3. Oksidasyon Aşınma	20
4.1.4. Yorulma ile Aşınma.....	21
4.1.5. Adhezyon (Yapışma) Aşınma	21
4.2. TAKIM AŞINMA TİPLERİ	22
4.2.1. Yan Yüzey (Yanak) Aşınması	22
4.2.2. Çukur (Krater) Aşınması	24
4.2.3. Plastik Deformasyon.....	25
4.2.4. Çentik Aşınması	26
4.2.5. Termal (Isıl) Çatlaklar	27
4.2.6. Mekanik Yorulma Çatlakları	28
4.2.7. Çıtlama (Çentikleme).....	29
4.2.8. Kırılma.....	30
4.2.9. Kesici Kenarda Yığılma (BUE).....	31
BÖLÜM 5	33
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	33
5.1. YÜZEYİN YAPISININ ÖZELLİKLERİ	34
5.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMLİ OLDUĞU YERLER	35
5.3. YÜZEY KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	35
5.4. YÜZEY KALİTESİ ÖLÇÜM PARAMETRELERİ.....	37
5.4.1. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	37
5.4.2. Profilin Karelerinin Ortalamasının Karekökü (Rq)	37
5.4.3. On Nokta Yüksekliği (Rz)	38
5.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇME METOTLARI.....	38
BÖLÜM 6	40
LİTARATÜR ARAŞTIRMASI.....	40

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 7	48
MALZEME VE UYGULAMA	48
7.1. DENEY NUMUNESİ	48
7.2. CNC TORNA TEZGÂHI.....	49
7.3. KESİCİ TAKIMLAR VE TAKIM TUTUCU	50
7.4. BASINÇLI HAVA SOĞUTMA SİSTEMİ.....	50
7.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ.....	52
7.6. KESİCİ TAKIM AŞINMA ÖLÇÜMÜ	53
7.7. DENEY DÜZENİĞİ	54
BÖLÜM 8	56
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	56
8.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	56
8.1.1. Kuru İşlemede Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi .	56
8.1.2. Buharlı Soğuk Hava ile İşlemede Elde Edilen Yüzey Pürüzlülükleri	60
8.2. KESİCİ TAKIM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	65
8.2.1 Sermet Kesici Takım Performansının İncelenmesi	65
8.2.2 Karbür kesici takımında oluşan aşınmaların incelenmesi.....	69
BÖLÜM 9	72
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	72
9.1 SONUÇLAR	72
9.2. ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Tipik aşınma bölgeleri .	17
Şekil 4.2. Metallerin işlenmesinde temel aşınma mekanizmaları, a) abresiv, b) difüzyon, c) oksidasyon, d) yorulma, e) yapışma (adhesyon) ile aşınma..	19
Şekil 4.3. Hızlı yan yüzey aşınması .	23
Şekil 4.4. Aşırı aşınma sebebiyle oluşan yan yüzey aşınması.	24
Şekil 4.5. Kesici takımında oluşan krater aşınması.	25
Şekil 4.6. Kesici takımında oluşan plastik deformasyon.	26
Şekil 4.7. Kesici takımında oluşan çentik aşınması.	27
Şekil 4.8. Kesici takımında oluşan termal çatlaklar.	28
Şekil 4.9. Kesici takımında oluşan mekanik yorulma çatlakları.	29
Şekil 4.10. Kesici takımında gerçekleşen çatlama.	30
Şekil 4.11. Kesici takımında oluşan kırılma.	31
Şekil 4.12. Kesici kenarda oluşan BUE.	32
Şekil 5.1. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri.	35
Şekil 5.2. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi.	37
Şekil 7.1. Hazırlanmış deney numunesi.	49
Şekil 7.2. Deneyde kullanılan takım tezgâhı.	49
Şekil 7.3. Kesici uç geometrileri a) GP geometri b) PF geometri.	50
Şekil 7.4. Deneylerde kullanılan dış çap kateri.	50
Şekil 7.5. Buhar püskürtmeli soğuk hava tabancası.	51
Şekil 7.6. Yüzey pürüzlülük cihazı.	53
Şekil 7.7. Kesici takım mikroskobu.	54
Şekil 7.8. Oluşturulan deney düzeği.	55
Şekil 8.1. Sermet kesici takım ile kuru işlemede yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi.	58
Şekil 8.2. Karbür kesici takım ile kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi.	58
Şekil 8.3. Kuru işlemede yüzey pürüzlülüğünün kesici takım malzemelerine göre değişimi.	60
Şekil 8.4. Sermet kesici takım ile buharlı soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi.	61

Şekil 8.5. Karbür kesici takım ile buharlı soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.	62
Şekil 8.6. Kuru işlemede yüzey pürüzlüğünün kesici takım malzemelerine göre değişimi.	63
Şekil 8.7. Sermet ile işlemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.	64
Şekil 8.8. Karbür ile işlemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.	65
Şekil 8.9. Sermet kesici takım ile oluşan yan kenar aşınma miktarının ölçümü.	66
Şekil 8.10. Sermet kesici takım ile işlemede oluşan aşınma miktarları.	66
Şekil 8.11. Sermet kesici takım ile 300 m/dak kesme hızı ve 0,24 mm ilerleme oluşan kırıklar.	67
Şekil 8.12. Sermet kesici takım ile oluşan aşınma mekanizmaları ve tipleri.	68
Şekil 8.13. Karbür kesici takım ile oluşan yan aşınma miktarının ölçümü.	69
Şekil 8.14. Karbür kesici takım ile işlemede oluşan aşınma miktarları.	69
Şekil 8.15. Karbür kesici takım ile oluşan aşınma mekanizmaları ve tipleri.	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 7.1. Böhler K490 çeliğinin temel kimyasal bileşimi (ağırlıkça %).....	48
Çizelge 7.2. Soğutma sıvısının özellikleri ve spesifikasyonları.....	52
Çizelge 7.3. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri.	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Cr	: krom
Ni	: nikel
Ag	: gümüş
Al	: alüminyum
Ar	: argon
Au	: altın
Cu	: bakır
H ₂	: hidrojen
He	: helyum
Mo	: molibden
Ni	: nikel
Ta	: tantal
W	: tungsten
Ti	: titanium
Co	: kobalt
V	: vanadyum
TM	: toz metalürjisi
f	: İlerleme Miktarı (mm/dev)
a _p	: Talaş Derinliği (mm)
r _e	: Kesici Takım Uç Yarıçapı (mm)
Ra	: Ortalama pürüzlülük değeri (mm)

KISALTMALAR

- AISI : American Iron and Steel Institute (Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü)
- ASTM: American Society for Testing and Materials (Amerika Deneme ve Malzeme Topluluğu)
- DIN : Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)
- EN : European Norm (Avrupa Normu)
- TS : Türk Standardı
- CBN : Cubic Boron Nitride (Kübik Bor Nitrür)
- BUE : Built Up Edge (Kenar Yığılması)
- HRC : Hardness of Rockwell-C (Rockwell C Sertlik Değeri)
- PCD : Polycrystalline diamond (Çok Kristalli Elmas)
- HSS : High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
- CNC : Computer Numerical Control (Bilgisayar Numerik Kontrol)
- YHÇ : Yüksek Hız Çelikleri

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Takım çelikleri; plastikler, ahşaplar ve metaller gibi malzemelerin işlenmesinde ve biçimlendirilmesinde kullanılmaktadır. En çok tercih edilen özellikleri ısı direnci, yüksek aşınma ve sertliktir. Diğer malzemelerin üretiminde kullanıldıklarından takım çelikleri stratejik öneme sahiptirler. Kullanım alanlarının başında derin çekme kalıpları, kesme bıçakları, deliciler, zimbalar, ekstrüzyon ve kesme kalıpları gelmektedir [1].

Geleneksel imalat yöntemleri ile imal edildikleri gibi son zamanlarda toz metalürjisi metotlarıyla da imal edilebilmektedirler. Bu sayede takım çeliklerinin özellikleri çok daha üst düzeylerde elde edilebilmektedir. Bu tür çeliklerin işlenebilirliği göz önüne alındığında toz metalürjisi ile üretilmiş diğer metallerde olduğu gibi gözenekliliğe dikkat edilmelidir. Parçanın işleme özelliklerini kimyasal bileşimi ve işleme sonucu meydana gelen mikro yüzey özelliklerini de farklı düzeylerde etkileyebilir [2].

Talaşlı imalat yöntemi en önemli imalat yöntemlerinden biri olup endüstrinin temelini oluşturmaktadır. Son yıllarda uzay, havacılık ve otomotiv gibi sektörlerdeki gelişmeler bu endüstrilerdeki ürünlerin imalatında kullanılan makine ve teçhizatın ve üretim metotlarının değişmesine sebep olmaktadır. Sertleştirilmiş parçaların direkt işlenmesi son 25 yılda yaşanan gelişmelerden birisidir. Bu gelişme, sertliği 45 HRC üzerindeki malzemelerin tornalama, frezeleme ve delik delme gibi değişik imalat yöntemleri ile doğrudan işlenmesine olanak sağlamaktadır [3-4].

Takım çeliklerinin işlenerek parçanın son haline getirilmesinde geleneksel yöntemler veya modern imalat yöntemleri kullanılmaktadır. En fazla uygulanan metotlardan biri talaşlı imalat yöntemi olup frezeleme, tornalama, taşlama gibi işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Talaşlı imalat yöntemlerinde kesme hızları, ilerleme hızları ve kesme

derinliği en önemli değişkenlerdir [5]. Son kullanım yerlerinde takım çeliklerinin genellikle sertleştirmesi gerektirmektedir. Parça geometrisinde ısıl işlem sonrası ölçü sapmaları meydana gelebilmektedir. Bu sapmanın giderilebilmesi için bırakılan işleme payı taşlama gibi ikinci bir işleme operasyonu yapılır. Taşlamanın her geometriye uygulanamamasından dolayı takım teknolojisindeki gelişmeler sayesinde taşlamaya seçenek olarak sertleştirilmiş çeliklere frezeleme, tornalama vb. talaşlı imalat yöntemleri uygulanabilmektedir [6]. Sertleştirme işleminden sonra parçanın işlenmesi gerekiyorsa kesici takımın tercihi çok önemlidir. Sertleşmiş eliklerin ısı iletkenliği, yüksek çekme mukavemetleri, aşındırıcı etkileri ve çalışma sertleşmeleri nedeniyle işlenmesi çok zordur [7]. Bu nedenle günümüzde kesici takım endüstrisindeki teknolojik gelişmeler çok çeşitli ve tatmin edici alternatifler sunmaktadır. Seramik ve kübik bor nitrat (CBN) kesici takımları özellikle tornalama işlemlerinde sert çeliklerden talaş kaldırmada tercih edilir ve bunların değişik kaplamalı seçenekleri bulunmaktadır [8].

Genel olarak sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde son bitirme işlemleri uygulanır. Bu da kesme derinlik değerlerinin az olması demektir. Finiş (son bitirme) işlemlerin de ölçü, tolerans ve yüzey pürüzlülüğüyle işlemenin meydana getirdiği yüzey tipinin ve özelliklerinin imalattaki önemi büyüktür. İşleme etmenlerinin en üst düzeye çıkarılmasını, yüksek imalat kabiliyeti, düşük kesme kuvvetleri, güzel bir son bitirme yüzeyi, takım ömrü, güç tüketimi ve ölçü tamlığı benzeri iyi neticeler geleneksel imalat yöntemleriyle yapılabilmektedir. Değişik malzemelerle ve farklı işleme parametreleri kombinasyonunda uygulanmış bilimsel çalışmalara denk gelmek mümkündür [9].

Yapılan bu çalışmada, toz metalürjisi yöntemiyle imalatı yapılmış olan ve 30 HRC sertlik değerine sahip Böhler K490 malzemesinin işlenebilirliği araştırılmıştır. Çalışmanın başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için aşağıdaki hedeflere ulaşılması öngörölmüştür;

- Deneylein sonucunda tornalama yöntemiyle elde edilen yüzeylerin yüzey pürüzlölüklerinin,
- Kullanılacak olan karbür ve sermet kesici takımların performanslarının,

- Kesici takımlar üzerinde oluşan gelen aşınma mekanizmalarının ve tiplerinin belirlenmesidir.

BÖLÜM 2

TOZ METALURJİSİ

Toz metalürjisi (TM) çok ufak parçaları birbirlerine bağlayarak bir bütün halinde parça üretme yöntemidir. Daha genel bir deyişle TM toz haldeki malzemelerin preslenmesi ve yüksek sıcaklıkta sinterlenmesiyle ürün üretimidir. Küçük parçacık şeklindeki alaşımlar, saf metaller, seramik, karbon ve polimer malzemeleri birbirleriyle harmanlayarak basınç ile biçimlendirilmesidir. Sonrasında parçaların temel bileşeninin (matris malzemesi) ergime sıcaklığının altında uygun sıcaklıkta sinterlenerek parçacıkların bağlantıları arasında güçlü bağlar meydana gelir ve bu sayede arzu edilen mekanik özellikler kazandırılır. TM küçük, kompleks ve ölçü hassasiyeti yüksek parçaların seri üretimine oldukça elverişlidir. Malzeme zaiyatı düşük olmasıyla beraber belli oranda gözenek (porozite) ve geçirgenlik elde edilir [10].

TM, temel imalat yöntemlerinden döküm, talaşlı imalat, kaynak ve plastik şekil vermeye nazaran daha değişik bir imalat yöntemi ve toz metalurjisine özgü nitelikleri vardır. Bu özellikler, imalatı güç olan alaşımları daha basit imal etme, kompleks geometriye sahip parçaların üretim rahatlığı, yoğunluktaki kontrol ve ekonomik olması gibi özelliklerdir. TM ile imalat, genel olarak kalite ve maliyet bakımından öteki yöntemler ile imalatı yapılamayan parçaların imalatında uygulama alanı bulur [11].

Takım çeliklerinin geneli temperleme ve su verme ısıl işlemlerle yüksek sertlik değerlerine çıkabilen yüksek karbonlu çeliklerdir. Endüstride kullanılan takım çeliklerini dört gruba ayırabiliriz:

- Soğuk iş takım çelikleri
- Sıcak iş takım çelikleri
- Yüksek hız takım çelikleri

- Plastik kalıp çelikleri

Soğuk iş takım çelikleri, oda sıcaklıklarında çalıştırılan takım ve kalıplarda, aşırı sıcaklığın olmadığı, yüksek aşınma dayanımı ve tokluk gereken yerlerde kullanılmaktadırlar. Soğuk iş takım çelikleri ile bıçaklar, sac metal kalıpları, zımbalar, baskı makaraları, pres takımları, soğuk ekstrüzyon takımları imal edilir [12-13].

Toz metal ürünleri 'işlenmesi zor' ürünler olarak kabul edilmektedir ve mesela sinterlenmiş toz metal çeliklerin tornalanması esnasında takım ömrü, geleneksel karbon çeliklerin tornalamasına göre daha kısa olur. Bu toz metallerin üretiminde kullanılan reçine emdirme, bakır infiltrasyonu, yüzey yoğunlaştırma, buhar veya ısıtma işlem benzeri muhtelif işleme tekniklerine dayandırılabilir. Geleneksel metaller ile toz metaller arasındaki en belirgin fark, toz metallerin gözeneklilik özelliğinde bir yapıya sahip olmasıdır. Gözeneklilik, toz metalin iletkenliğini yüksek oranda düşürür ve aynı anda kesici takım üstünde mikro kesinti veya darbe etkisi görür, her ikisi de toz metallerin daha düşük işlenebilirliği ile sonuçlanır [10].

2.1. SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ

Soğuk iş takım çeliklerinin endüstrideki yeri metal malzemelerin bükme, form verme, eğme, soğuk ekstrüzyon, kesme, büküm kalıplarında, haddelemelerde ve TM gibi alanlarda, genel olarak 200 °C'den düşük sıcaklıklarda çalışan çeliklerdir. Endüstriyel sektörde kesme takımlarından mühim bir yeri olan bıçaklar; soğuk ve sıcak durumdaki iş parçalarını keserek istenilen şekli veren, talaşlı ve talaşsız üretimde kullanılan üst düzey kaliteye ihtiyaç duyulan takım çelikleri ile üretilmektedir [1].

2.2. ÇELİKLERDE ALAŞIM ELEMENTRİNİN ETKİSİ

Çelik geniş bir tanımla demir ve karbonun alaşımıdır; fakat demir ve karbon elementlerine ek olarak yapı içeriğinde değişik elementler de yer alabilir. Mesela çeliğin bileşeninde Mn ve Si her daim yer almaktadır. Çeliğin çeşidine bakarak Ni, Cr, Mo, Nb, W, V, Co, Al, Cu, Ti benzer elementlere ek olarak S, Te, P, Pb ve Se benzeri elementlerde bileşende bulunabilmektedirler. Çeliklerin mikroyapısına ve

özelliklerine en belirgin etken bileşen karbondur. Çeliklerde genel olarak ağırlık bakımından %1'den az karbon bulunur. Yapı çelikleri grubunda ise çeliğin karbon ağırlığı %0.25'ten daha azdır. Bu çeliklerde yer alan bir başka temel bileşen ise Manganezdır ve oranı %1,5'a gibi bir değere çıkabilir. Fosfor (P), Kükürt (S), Azot (N) ve Hidrojen (H) benzeri bileşenler çelikte mekanik özelliklere etkileri kötüdür ve çoğunlukla yapıda istenmemektedirler. Çeliklerin içeriğine alaşım elementlerinin eklemenin nedenleri bu şekilde sıralanabilir:

- Sertleşebilme kapasitesini arttırmak,
- Sertliklerini ve mukavemetini yükseltmek,
- İşlevsel (Mekanik) özelliklerini iyileştirmek,
- Tokluk değerini yükseltmek,
- Aşınmaya karşı olan direncini yükseltmek,
- Korozyona karşı olan direncini arttırmak,
- Manyetiklik özelliklerini iyileştirmek [14].

Toz metalürjisi ile üretilen soğuk iş takım çeliklerinin talaşlı imalat ile işlenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır ve yapılan çalışmaları geliştirmek ve daha iyi özelliklere sahip takım çelikleri elde etmek için yapılmakta olan çalışmalar vardır. Bu çalışmada Böhler K490 Microclean soğuk iş takım çeliği ısıtma işlemi uygulanmadan kullanılmıştır. Böhler K490 çeliğinin kimyasal yapısında C, Cr, Mo, V ve W elementlerinin varlığı diğer elementlere göre daha fazladır.

2.3. TOZ METALURJİSİNİN (TM) AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

TM diğer üretim yöntemlerinde de görüldüğü üzere avantajları ve dezavantajları vardır [11].

Avantajları;

- Toz metalürjisi ile üretilen parçaların yüzey hassasiyeti ve yüzey bitirme kalite düzeyi iyi olduğu için ek olarak talaşlı imalata ihtiyaç yoktur.

- İmalat yöntemleri basit, işgücü ihtiyacı düşük ve ayın ürün üretimi yüksektir.
- Kompleks geometrili ürünler kolaylıkla ve maliyeti düşük bir biçimde imal edilebilir.
- Yüksek saflıkta parçalar kolaylıkla üretilebilir.
- Geniş bir çeşitlilikte arzu edilen yapısal özellikleri sağlanabilir.

Dezavantajları;

- Mamullerin son halinin mekanik özellikleri, dövme ve döküm mamuller ile kıyaslandığında düşüklük gösterir. Mekanik özelliklerini güçlendirmek amacıyla ikinci uygulama isteyebilir.
- Yüksek ölçekli kütleler biçimde ürün imalatında kalıpların maliyetleri fazladır.
- Yüksek hassasiyetlerdeki materyaller, toz haldeki ürünlerin kullanılmasını gerektirdiği için malzemelerin maliyetleri yüksektir.
- Kompleks geometrili bazı ürünlerin imalatı zordur.
- Ürünlerin son halinin kesitlerinin boyuna farklı özellikler gösterirler.

2.4. TOZ METALURJİSİNİN (TM) KULLANILDIĞI ALANLAR

TM imalat prosedüründe kullanılan metal tozlar 200 µm değerinden küçüktür ve gelişmekte olan teknoloji ile zamana içinde iyice küçülmektedir. Toz metalürjisi birçok alanda faaliyet göstermektedir. Bunların bazı örnekleri; takım çelikleri, süper alaşımlar, paslanmaz çelikler, refrakter olan W ve Mo benzeri malzemeler kullanılmasıyla imal edilen aşınmaya dirençli ürünlerin üretimi kendiliğinden yağlamalı yataklama burçları, metal ve metal olmayan elemanların alaşımı, metalik filtreler, dişli çeşitleri, elektrik ampüllerinin flamanları, süreli mıknatıslar, freze takımları, elmas uçları, röle kontakları, sürtünme ile çalışan yataklar, pompalar ve dahi birçok alan da kullanılmaktadır [16-17].

BÖLÜM 3

KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ

Günümüzde her çeşit talaş kaldırma yönteminde belirlenmiş bir iş parçasının, belli şartlarda, en üst düzeyde işleyecek bir kesici takım malzemesi mevcuttur. 20. Yüzyılın başlarında hız çeliklerinin bulunması ile ilerlemeye başlayan kesici takım malzemeleri 1960'larda 100 dakika olan işleme süresinin 1 dakika gibi bir sürenin altında işleme süresine indirmişlerdir.

Kesici takım malzemesi iş parçasının malzemesinden daha sert olduğundan dolayı keser. Herhangi bir imalat işlemine uygun bir kesme takımının seçimi, takımın geometrisi ve takımın malzemesinin yanında aşağıda yer alan etmenlerden etkilenir.

- İşlemin türü
- İş parçasının malzemesi ve geometrik şekli
- Takım tezgâhı
- Kesme parametreleri
- İstenilen yüzey kalitesi
- Genel sertlik
- İşleme maliyetleri

Parça işlemedeki etken faktörler kaba işleme veya ince işleme, sürekli işleme veya kesintili işleme ve işleme payının oranı ile alakalıdır. Takım tezgahının çalışma şartlarının rijitliği, kesme hızı, ilerleme hızı, iş parçasını bağlama yöntemi, tezgahın rijitliği ve yüksek hızlarda titreşimin olup olmaması gibi faktörler etkiler. İş parçasında istenilen yüzey kalitesini elde etmenin bir diğer faktörü ise kesici takım malzemesinin ve geometrisinin iyi seçilmesidir.

Günümüzde kesici takımların malzemeleri ilerleme hızları ve kesme hızlarının yüksek olması gereken durumlarda iş parçasından talaş kaldırma işlemini yapması için üç temel özellik vardır:

- Aşınma direnci (Aşınmaya karşı dayanma kabiliyeti)
- Tokluk (Kırılmaya karşı mukavemet)
- Kızıl sertliği (Yüksek ısılarda sertlik ve kimyasal kararlılığı koruma)

Aşınma Direnci (Wear Resistance): Değişik aşınma türlerine olan dayanma kapasitesi olarak tanımlanabilir.

Tokluk (Toughness): Çoğunlukla eğilme mukavemeti, kırılma mukavemeti gibi çeşitli şekillerde ifade edilir.

Kızıl Sertliği (Heat Hardness): Kesme takımı ile iş parçası üzerinden talaş kaldırma esnasında yüksek hızlarda sürtünmeden dolayı oluşan aşırı sıcaklıklara dayanma direnci olarak tanımlanabilir.

3.1. YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİ

20. Yüzyılın başlarından itibaren ve daima geliştirilmesi üzerine çalışılan bu kesici takım malzemesinin, öteki kesici takım malzemelerine kıyasla maliyetinin uygun olması ve işlenebilirlik kapasitesi sebebi ile geniş bir alanda kullanılmaktadır [19]. Yüksek hız çeliklerinin, normal ortam (oda) sıcaklıklarında ve aşırı sıcaklıklar da iyi sertlik değeri ve iyi ani darbe (şok) mukavemeti yüzünden yüksek verimliliğiyle kesici takım malzemesi olarak tercih edilmektedir. Yüksek hız çeliklerinde kayda değer oranlarda Mo, V, Cr ve W benzeri karbür oluşturu maddelerle alaşım oluşturulmuştur [20]. YHÇ içeriğinde bulundukları temel elementler gereğince iki temel gruba ayrılırlar: W (Tungsten) ağırlıklı yüksek hız çelikleri (AISI T grubu: % 0,7 C, %1 V, %4 Cr ve %18 W) ve Mo (Molibden) ağırlıklı YHÇ (AISI M grubu: %0,8 C, %5-8 Mo, %0,4 Cr, % 1-2 V ve %0-6 W). İmalatı yapılan yüksek hız çeliklerinin önemli kısmını (Amerika'da %95'ini) Molibdenli yüksek hız çeliklerinin oluşturduğu görülmektedir. Molibdenli yüksek hız çeliklerinin başlangıçtaki maliyeti

benzer olan Tungstenli yüksek hız çeliklerinden %40 kadar uygundur. Hatta Molibdenli yüksek hız çelikleri iyi abrasif mukavemet gösterir ve ısıl işlem sırasında daha düşük çarpılma gösterirler [21].



Şekil 3.1. Yüksek hız takım çelikleri.

3.2. TUNGSTEN KARBÜRLER

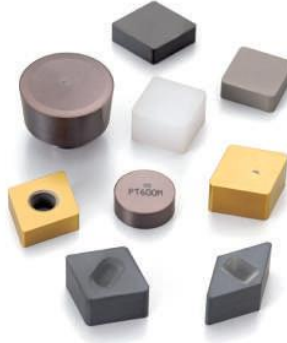
Tungsten karbür malzemeleri yüksek basma mukavemeti ve yüksek sertlikte bir kütle oluşturacak biçimde metal veya demir alaşım grubu ile çok küçük parçalı refrakter metal CaC_2 (karbür) parçacıklardan meydana gelirler. Tungsten karbürler TM prosesleri ile imalatı yapılmaktadır. Sürecin başında W, Ta veya Ti karbür tozlarının hazırlanması işlemi içerir. Bunlardan bir tanesi veya birkaç tanesi bağlayıcı ile harmanlanır. Bağlayıcı olarak genelde Co, nadirde olsa Fe ve Ni kullanılmaktadır. Karışım arzu edilen biçimde yoğun bir kütle şeklinde soğuk pres uygulanır ve arkasından sinterleme yapılır (1370-1480 °C) ya da sıcak preslemeyle biçimlendirilir [22].

Yüksek sıcaklıklarda Co karbürlerle ötektoik yapı meydana getirir ve çok iyi ıslatma niteliği verir. WC (Tungsten karbür), düşük sıcaklık altında katı Co' a yalnızca %1 gibi bir oranda çözünürken, Ni' de %25 ayrıca Fe' de %5 miktarında çözünmektedir. WC'nin yüksek katı çözünürlüğü, Ni ve Fe' de, gevrekliği yükselten bir etki oluşturur. Co oranının artması ile tokluk değerinin artmasına rağmen basma mukavemeti, sertlik, elastikiyet modülü ve abrasif direnç azalır [21-23].

Bu tip kesme takımlarında abrasif unsur olarak WC (tungsten karbür) ile TaC (tantalyum karbür), TiC (titanium karbür) ve NbC (niobyum karbür) de içyapıda bulunabilir. Bu ve benzeri ek karbürler, difüzyona direnen ara bir katman oluşturmalarından dolayı kesici takımlarda ortaya çıkan önemli aşınma tiplerinden biri olan krater aşınmasını önlemektedir [24].

3.3. SERAMİK TAKIMLAR

Metal işleme teknolojilerinin ilerlemesiyle birlikte parça işlemede yüksek hızlara ulaşılması daha uzun ömürlü (yüksek hızlarda çalışabilen) ve iş parçasıyla temasında oluşan etkileri en düşük seviyelerde olan takım malzemelerinin arama çalışmaları hız kazanmıştır. Seramik malzemeler, tokluk dezavantajına sahip olmasına rağmen yüksek sıcaklıklarda mekanik ve kimyasal kararlılığa sahip olduğundan seramik takım malzemeleri alümina (Al_2O_3), silisyum alüminyum oksinitrür ($SiAlON$) [25].



Şekil 3.2. Seramik kesici takımlar.

3.3.1. Alüminyum Oksit Alaşımli Seramik Takımlar

Seramik takımlarda tane boyutunun ortalama değeri birkaç mikron değerindeki çok taneli (polikristalin), yoğun ve korund'um kristal yapıya sahip Al_2O_3 (alümina) içeriğine sahip malzemelerdendir. Seramik takımların malzemeleri sıcak veya soğuk preslemeyle imal edilir. Soğuk preslemeyle seramiğe sahip olması gereken geometrik şekil verilir ve 1600-1700 °C'de sinterleme yapılır. Sıcak preslemedeyse, presleme ve sinterleme işlemleri beraber uygulanır. Bazı çeşit seramiklerdeyse, sinterlemeyi kolaylaştırmak ve tane irileşmesini yavaşlatmak için, az bir oranda titanyum oksit ve

magnezyum oksit eklenir. Şekillendirme sonrası takım, elmaslı merdaneler ile parlatılır [22-24].

3.3.2. Silisyum Alüminyum Oksinitrür (Si-Al-O-N)

Si-Al-O-N bir silisyum-alüminyum oksinitrür türü seramik çeşidi bir malzeme olmasının yanı sıra, sinterleme uygulanabilen silisyum nitrür (Si_3N_4) çeşididir. Silisyum nitrürün kırılma direnci alüminaya göre takribi iki katı civarındadır ve daha güçlü birleşme (bağ) direncine sahiptir. Isıl genleşme katsayısı düşük ($3,2 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$) olması sebebiyle yüksek ısı şok direnci gösterir. Yüksek yoğunluklar da sıcak preslemeyle imal edilir ve takımın biçimlendirme maliyeti fazladır. Si-Al-O-N silisyum nitrür, alüminyum oksit ve alüminyum nitrüre, Y_2O_3 (yitrium oksit) katılmasıyla $1800 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sinterleme işlemiyle imal edilir. Y_2O_3 sinterleme esnasında silikat üreterek sıvı faz sinterlemesine ve böylelikle gözeneklilik miktarını azaltarak takribi tam yoğunlukta (%98) malzemenin üretilmesine olanak sağlar. Si-Al-O-N' nun kırılma direnci ve enine kopma direnci alüminaya göre daha fazla olmasına rağmen, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ wisker seramiklerine göre daha azdır. Si-Al-O-N kesme takımları bilhassa dökme demirlerin ve süper alaşımların (Nikel bileşenli gaz türbin diskleri) işlenmesin de kullanılır [19-20].

3.4. SERMET TAKIMLAR

Sermet takımlar, metalik faz ile bağlanmış seramik malzemeler olup aslında sement karpürler sermet takımların bir alt klasmanıdır. Çeliklerin işlenmesi amacıyla, nikel ve molibdenle bağ kurmuş TiC seçilmelidir [24]. Karakteristik bileşimi %15-8 Mo₂C, %8-25 Ni, ve %60-80 TiC gibidir. Hatta az oranlarda Co, TiN, WC içerebilir. Sermet takımların içyapısı geleneksel sement karpürlere göre farklıdır. Zira sinterleme sıcaklığın da CaC_2 'ün (karpür), bağlayıcı Ni'nin içindeki çözünürlük oranı Co'ya (kobalt) göre daha fazladır. Bundan dolayı ki sermet takımlar, sement karpürlere nazaran daha gevrek karaktere sahiptir. Bu malzemeler oksidasyon mukavemeti ve yüksek krater, düşük sürtünme kuvvetleri ve ısı iletkenliğiyle nispeten düşük yoğunluğa sahiptir. Böylelikle sertlik derinliği yüksek, abrasif direnci kobalt (Co) ile bağlanmış W karpüre göre daha düşüktür [21-23]. TiC-TiN kaplamalı kaliteleri daha

iyi ısı iletkenliği ve daha yüksek hızlar ile karakterize edilmektedir [24]. Kesme takım malzemesi olarak sermetler %20'den daha az miktarda bağlayıcı element içermektedirler. Sermet takımlar dökme demirler ve çelikler için özellikle düşük ve orta yükler etkisinde yüksek hızlarda yüzey işlemede kullanılmaktadırlar. Bu duruma rağmen, kaba işleme ve darbeli işlemlerde, boşluk olan ve gözenekli olan yüzeylerde, grafit ve sıcak iş takım çeliklerinde, sert dökümlerde, demir olmayan malzemelerde (Cu, Al vb.) ve fazla oranlarda Ni bulunduran malzemeler (malzeme içeriğinde bulunan Ni ile sermette bulunan Ni birleşim eğilimi göstermektedir) işleme yapılması halinde kaliteli sonuçlar vermemektedir [25].



Şekil 3.3. Sermet kesici takımlar.

3.5. KÜBİK BOR NİTRÜR (CBN)

Yapay elmas üretiminde kullanılanlar gibi aşırı sıcaklık (1500 °C), aşırı basınç (8GPa) yöntemleriyle hekzagonal-kübik kafes oluşumuyla elde edilmekte olan kübik bor nitrür (CBN), elmaslardan sonraki en fazla sertliğe sahip takımlardır. Az miktarlarda seramik veya metal bağlayıcıyla %100 yoğunluğa sahip bor nitrürle harmanlanır. Günümüzde, General Electric şirketinin BZN ve De Beers şirketinin Amborite ticari ismiyle piyasada çıkardığı iki mamül çokça tercih edilmektedir. CBN (Kübik bor nitrür), özellikle CBN-CBN metaller arası bağlar sayesinde bağlanmaktadır [19]. CBN'nin sertlik değeri, sıcaklığın artmasıyla azalmaktadır. Elmas ile kıyaslandığında CBN'nin önemli bir avantajı, demir ya da diğer metallerle temas anında ya da havanın aşırı sıcak olduğu ortamda çok yüksek kararlılık göstermesidir. Ferro malzemeler ile tepkime direnciyle ve yüksek abrasif (aşınma) direnciyle birleşince CBN, diğer takım malzemelerine göre daha yüksek hızlarda ve sıcaklıklarda sertleştirilmiş malzemeler ve sert dökme demirin işlenmesinde kullanılmaktadır. Hatta, süperalaşım (Ni ve Co içerikli) CBN kesici takımlar ile daha yüksek hızlarda işlenebilmektedir [20-21].



Şekil 3.4. CBN kesici takımlar.

3.6. ELMASLAR

Elmas, doğada oluşan aşınma direnci çok yüksek ve çok sert malzemelerdir. Isıya karşı olan direnci yüksektir ve genleşmesi çok azdır. Bu sebeplerden dolayı işleme esnasında yüzey kalitesi ve tolerans değerleri çok iyi elde edilir. Son yüzey işlemlerinde ve hassas işlemlerde kullanılır. Demir malzemeleri işlemede oluşan yüksek sıcaklıklardan dolayı elmasın grafit haline geçmesine neden olur. Bundan dolayı demir dışı ve metalik olmayan malzemelerin işlenmesi ile sınırlıdır. Genellikle sert ve yumuşak kauçuk, her çeşit plastik, grafit, karbon, metal olmayan malzemelerin bazıları ve seramik malzemelerin işlenmesinde elmas takımlar kullanılır [26-27-28]. Üstelik elmas çok gevrek olmasının yanı sıra belirli bir kristalografik doğrular boyunca kolay ayrılır. 650 °C sıcaklıklarda elmas takımlar hızlı bir şekilde okside oluşumu meydana gelir ve atmosferik basınç altında 1500 °C sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda yine grafit haline dönüşür. Yüksek sıcaklıklarda demir içindeki karbonun basitçe çözülmesi veya demire nüfuz olan grafitte dönüşmesi nedeniyle ferritik malzemelerin işleminde elmas yeteri kadar performans göstermemektedir. Bununla beraber, elmas bakır ve alaşımları, yüksek silisyumlu dökme alüminyum alaşımları, silika cam ile doyurulmuş kauçuk, sinterlenmiş sementte tungsten karbürler, cam fiber-plastik ve karbon- plastik kompozit malzemeler ve yüksek alüminalı seramiklerin işlenmesinde kullanılmaktadır [20-21].

3.7. ÇOK KRİSTALLİ ELMASLAR (PCD)

Doğal tek kristalli elmas bilinmekte olan en sert malzemedir. Elmasın sertliğine en yakın sertlikteki malzeme ise sentetik çok kristalli elmadır (PCD). Sertliğinin ve aşınma direncinin çok yüksek olması nedeniyle taşlamada kullanılan taşların üst yüzeylerinde kullanılır. Sıcaklık ve yüksek basınç altında ince elmas kristallerinin bir araya getirilmesiyle meydana getirilmiştir. Kristaller yapı içerisinde rastgele dağıtılmışlardır bunun nedeni ise oluşabilecek herhangi bir çatlakın yayılmasını önleyebilmektir. Bu durum aşınma direncinin ve sertliğin her yerde yüksek olmasını sağlar [29].

Son zamanlar da çok kristal yapıya sahip takım uçlar kendi kendine sinterlenen yuvalar içinde ya da karbür bir altlık üzerine sinterlenmiş 0.5 mm kalınlıkta bloklar halinde kullanılmaya başlanmıştır. Elmas takımlar, abrasif iş parçalarında çalışmasında öteki takım malzemelerine oranla yüksek başarı elde etmektedir [24].

Fakat görünürdeki mükemmellik kesici takımın kesme bölgesindeki sıcaklıkların 600 °C'yi aşmaması, yüksek çekme mukavemeti ve demir esaslı malzemeler için kullanılamamaları, PCD'nin talaşlı imalat operasyonlarının önemli bir çoğunluğunda kullanılmamasına sebep olur. Kullanıldığı alanların sınırlı olmasına rağmen, PCD bahsi geçen sınırlamalar dışındaki uygulamalarda, bilhassa yüzey kalitesinin ve hassasiyetin yüksek olmasını gerektiren alüminyum, metalik olmayan malzemeler, kompozitler, plastik, reçine, prinç, bronz, çinko alaşımları ve kurşun gibi malzemelerin işlenmesinde kesici takım malzemesi olarak mükemmeldir [30].

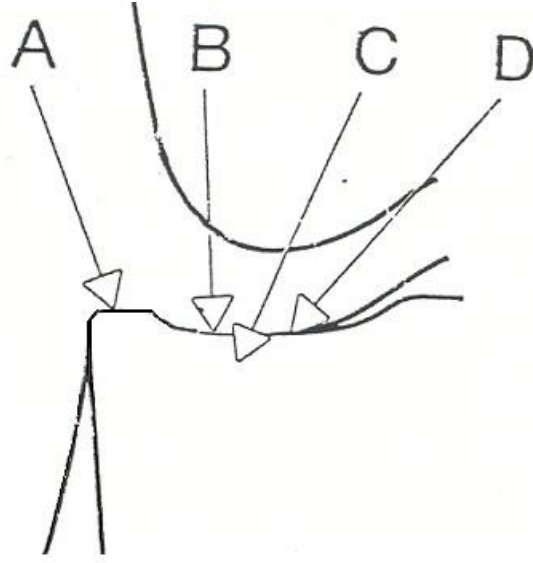
PCD'nin yapısının çok kırılabilir olmasından ötürü, yapılan işlemlerin koşulların çok kararlı olması, rijit tezgâh ve takımlar ve çok yüksek kesme hızları gereklidir. Soğutma sıvısı genel olarak kullanılabilir. Delik işleme ve ince ve yarı ince tornalama genel PCD operasyonlarıdır. PCD uçlu takımlar alın frezeleme işleminde kesici uç veya silici uç olarak tercih edilebilirler. Düşük kesme derinlikleri, düşük ilerlemeler, talaş kaldırma işlemlerinde darbelerden ve ani şoklardan uzak durulması çok önemlidir [28].

BÖLÜM 4

KESİCİ TAKIMLARDA AŞINMA

Talaşlı imalatta iş parçası, takım-talaş arasındaki yüzeyde sürtünmelerin ve ısının oluşması, plastik deformasyona ve kesici takımın aşınmasına neden olur. Plastik deformasyondan ve sürtünmeden dolayı meydana çıkan ısının bir kısmı talaşla taşınmasına karşın, takımın uç kısmında kalan ısının ise kesme şartlarına, takıma ve iş parçası çiftine bağlı olarak yüksek sıcaklıklar oluşturur. Takımın uç kısmında meydana çıkan bu yüksek sıcaklıklar ve mekanik gerilmelerden ötürü kesici takımda malzeme kaybı meydana gelir [31]. Başka bir deyişle aşınma; izafi hareket yapan elemanlar arasında oluşan sürtünmeden dolayı ortaya çıkan malzeme aşınımı ya da kayıplardır. Aşınma; ilerleme hızı, kuvvet, sıcaklık, yağlanma durumu, sertlikten ve malzeme türünden etkilenen kompleks bir durumdur. Bu durumların birkaç tanesinin etkin olması değişik aşınma mekanizmalarını meydana çıkartmaktadır. Bazen, birden fazla aşınma mekanizması birlikte etkin olmaktadır. Dolayısı ile bu durum, aşınmayı ve simülasyonu zor ve karmaşık bir hale getirmektedir [32].

Kesici takımların tamamı talaşlı imalat işlemleri esnasında aşınır ve bu aşınma; kesme takımının ömrünü tamamlamasına kadar sürer. Aşınma, temas halindeki yüzeyler de mekanik etkiler ile malzeme kaybı olarak ifade edilebilir yani takım, iş parçası ve işleme koşulları arasındaki karşılıklı etkileşmenin neticesidir. Takımdaki aşınma mecburidir ve olumsuz bir proses değildir. Olması ya da olmaması değil, gerçekleştiğinde ne düzeyde ve hangi türde olduğu önemlidir. Makul bir sürede, kesme kenarında dikkate değer bir düzeyde talaşlı imalat yapıldığında olumlu bir süreçtir [32-33]. Takımın aşınması, kesme kenarının üzerindeki yük etmenlerinin bir birleşmesinin neticesidir. Kesme kenarının ömrü, takımın geometrik biçimini değiştirmeye çalışan muhtelif yüklerle belirlenir. (Şekil 4.1.) [33].



Şekil 4.1. Tipik aşınma bölgeleri [33].

A. Mekanik Yük Etmenleri: Mekanik yükler statik bileşenlerden farklı olarak, talaş oluşumunun kendiliğinden oluşan farklı dinamik yükler de görülür. Bunlardan en önemlileri kesikli işlemeden dolayı kaynaklananlar, değişen talaş derinliğinden ve freze işlemlerinde ortaya çıkanlardır.

B. Termal (ısı) Yük Etmenleri: Talaşlı imalatta (metalin işlenmesi) kesme takımının yan yüzeyinde (yanaklarda) ve talaş yüzeyinde aşırı miktarda ısının oluşmasına neden olur. Isının oluşturduğu yük büyük oranda takım malzemesinin üstündedir ve frezeleme işlemi benzeri bazı işlemlerde, takımın kesme kenarları iş parçasından uzaklaşırken ve tekrar iş parçasına girdiği esnada ortaya çıkan dinamik bir faktördür.

C. Kimyasal Yük Etmenleri: Talaşın meydana gelmesi-biçimlenmesi süreci, aralıksız olarak yeni metal yüzeyin oluşması anlamı taşır ve talaşın oluşumu esnasında takım malzemesinde durmadan yüksek sıcaklıklar ve gerilmeler oluşur. Metallerin kimyasal tepkimeye girmelerine veya birbirleriyle etkileşime geçmelerine, yeni oluşan bölgeler oldukça uygun bir zemin oluştururlar.

D. Aşındırıcı Yük Etmenleri: Çoğu iş parçasının işlenmesi esnasında, sertlik düzeyleri takımın malzemesiyle kıyaslanabilecek kadar yüksek çeşitlilikte oldukça sert parçacıklar vardır. Bu parçacıklar takıma taşlama işleminden daha çok aşındırma etkisi

yaparlar. Bu kalıntıları ya da kabuk döküntüleri, parçacıkların miktarı malzeme miktarının büyük bir kısmını oluşturmasa da işleme esnasında işlenecek malzemenin kesme kenarına temasıyla neredeyse değişen miktarlarda aşınmaya sebep olur. Kesici takım aşınmasına sebep olan başlıca etmenleri bu şekilde sıralanabilir:

- Takım ve iş parçasının malzemesi
- İlerleme hızı,
- Kesme hızı,
- Takım ve oluşan talaş geometrisi,
- Talaş derinliği,
- Soğutma sıvısı [33]

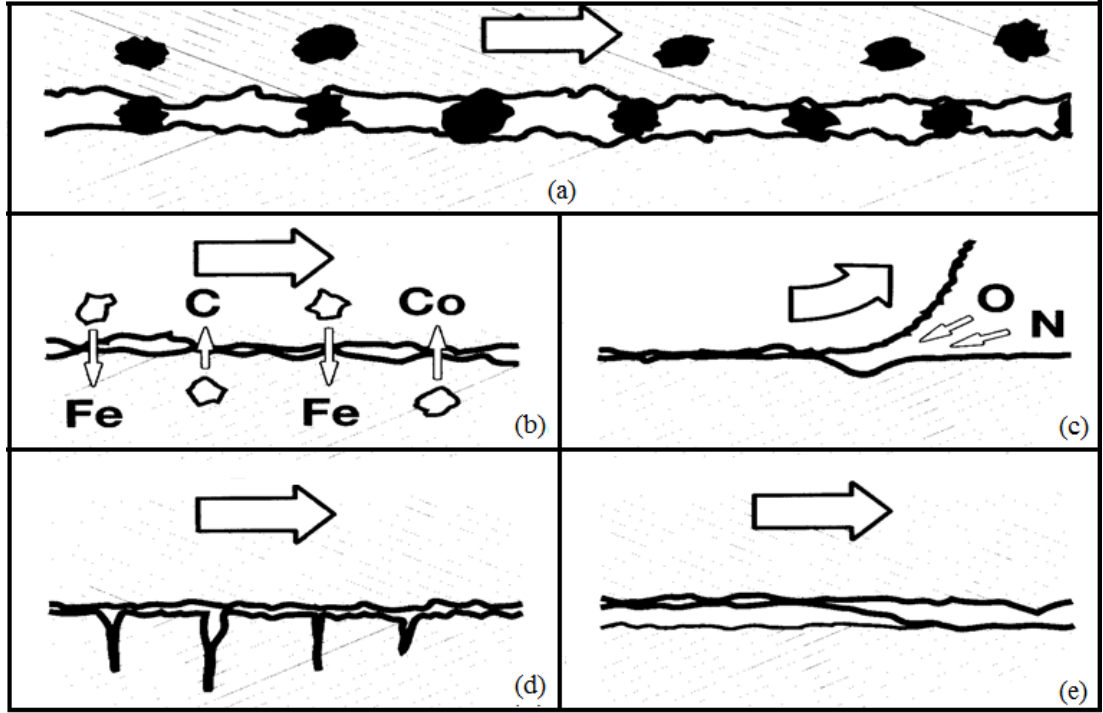
4.1. AŞINMA MEKANİZMALARI

Takımın aşınması kesme kenarının üzerindeki etkin yük etmenlerinin bir sonucudur. Birçok yüke bağlı olarak kesme kenarının ömrü belirlenebilir. Aşınmanın oluşumu takım, işleme şartları ve iş parçası malzemesinin birbirleri üzerindeki etkileşimlerden kaynaklanan bir olaydır. Bu olayların neticesinde bazı ana aşınma mekanizmaları talaş kaldırmaya etki eder.

Bunlar:

- Abrasyon (aşındırıcılarla) aşınma (abresiv),
- Geçişme aşınması (Difüzyon),
- Yükseltgenme aşınması (Oksidasyon),
- Yorulmayla aşınma (statik veya dinamik),
- Yapışma (adhesyon) ile aşınma (adhesiv aşınma),

biçiminde özetlenebilir (Şekil 4.2.). Takım malzemesinin yüklere karşı direnç kapasitesinin talaşlı imalattaki aşınma mekanizmalarından nasıl etkileneceğini belirler [33].



Şekil 4.2. Metallerin işlenmesinde temel aşınma mekanizmaları, a) abresiv, b) difüzyon, c) oksidasyon, d) yorulma, e) yapışma (adhesyon) ile aşınma [33].

4.1.1. Abrasyon Aşınma

Abrasyon aşınma (aşındırıcılarla aşınma – abresiv aşınma) aşırı yaygındır ve genellikle (ama tamamen değil) iş parçası malzemesindeki sert parçacıkları neden olur. İş parçasının yüzeyi ile takımın arasına bu parçacıklar geldiğinde taşlama işlemi benzeri meydana gelir. Abrasiv aşınma, genellikle takım ömrünü etkileyen aşınma türleri olan çentik aşınması, serbest yüzey aşınması ve takım uç yarıçapı (r_e) aşınmasının nedenidir. Kesici uç üstündeki mekanik yüklerin etkisiyle kesici kenarın yan yüzeyinde aşınma meydana gelir. Kesici kenarın abresiv aşınmaya karşı direnç kapasitesi, kayda değer ölçüde kesici takım malzemesinin sertlik değerine bağlıdır. Takım talaş yüzeyinde abresive aşınma oluşmuş ise krater (çukur) olmasına sebebiyet verir [31-32-33].

4.1.2. Difüzyon (Atomik Yer Değiştirme)

Difüzyon aşınmada ise, parçadan talaş kaldırma esnasında meydana çıkan kimyasal yükler etkindir. Difüzyonun oluşmasını takımın kimyasal yapısı ve takım malzemesinin iş parçasının malzemesiyle birleşmeye olan yatkınlığı (benzeşme-yakınlık) belirler. Takım sertlik değeri bu süreç için fazla etken bir değer değildir. İki malzeme arasındaki kimyasal ilişki aşınmanın büyüklüğünü belirler. Takım malzemelerinden bazıları ile iş parçası malzemelerinin bazıları birbirleriyle yüksek birleşme yatkınlığı gösterirken çoğu iş parçası malzemene ise bu yatkınlığı göstermemektedirler.

Difüzyon aşınmasının hızı, takımın malzemesi iş parçası malzemesi içinde çözünme kapasitesine ve aşırı sıcaklıkta kesme takımıyla talaşın arasındaki temas süresiyle ilişkilidir. Difüzyon aşınması, takım malzemesinin iş parçası malzemesi ile daha az çözünme yatkınlığına sahip bir malzeme ile değiştirilmesi gerekir [33-34].

4.1.3. Oksidasyon Aşınma

Bu aşınma mekanizması kesme işlemi sırasında daha çok kimyasal yükler etkisindedir. Takım bileşenlerinin ortamdaki oksijen ile reaksiyona girmesiyle oluşur. Oksidasyonla aşınma çoğunlukla, takımın üzerindeki sıcak alanda takımın talaşla temasının olduğu bölge çevresinde havayla bağlantı kuran taraflarda oluşur. Kesme takımının malzemeleri oksidasyon nedeniyle aşınmaya uğrarlar. Özellikle talaş derinliğinin bittiği yerde ve kesici takımın kenarıyla parçanın ara yüzeyinde oksitlenme oluşur. Bu alanlarda oksidasyon, kesme kenarında tipik çentiklerin meydana gelmesine neden olur. Çentiğin olduğu bölgenin çevresinde takımın malzemesindeki renk değişimleri oksidasyonun oluştuğunu gösterir. Oksidasyon sebebiyle iş parçasındaki aşınma neticesinde, takımdaki abrasiv aşınmayla beraber artan sert oksit parçacıklar oluşur. Al_2O_3 (alüminyum oksit) içerikli seramik takımlarda oluşmaz oksidasyon meydana gelmez [33-35].

Malzemedan malzemeye oksitlenme değişiklik göstermesiyle beraber metallerin birçoğu için aşırı sıcaklıklar ve havanın ortamdaki varlığı demek oksidasyon demektir.

Tungsten ve kobalt, talaş aracılığıyla daha rahat kazılmasıyla uzaklaştırılan gözenekli oksit film biçiminde oluşur. Buna rağmen Al_2O_3 benzeri bazı oksitlerin daha dirençli ve daha serttirler. Kesici takımların bazıları malzemesi gereği oksidasyonda dolayı aşınmaya karşı diğer kesici takımlara göre daha eğilimlidirler. Kesme kenarıyla iş parçasının temas ara bölgesinde, talaş derinliğinin bittiği yerde, hava talaşın kaldırılma sürecine katılır. Oluşan bu ara bölgede oksidasyon kesme kenarın da tipik çentiklerin ortaya çıkmasına sebep olur. Fakat bu aşınma tipi günümüzdeki işleme koşullarında pek görülen bir durum değildir [33].

4.1.4. Yorulma ile Aşınma

Yorulmayla aşınma, genel olarak termomekanik bir süreçtir. Sıcaklıktaki değişimler ve kesme kuvvetlerinin yükselmesi ile düşmesi kesici takımlarda çatlakların oluşmasına ve kırılmalara neden olur. Aralıklı kesmeden ötürü devamlı olarak ısınma, soğuma ve aynı zamanda kesme kenarının çarpmalara ve darbelenmelere maruz kalmasından kaynaklanır. Takım malzemelerinin bazılarında bu tür yorulmaya diğer takım malzemelerine göre daha yatkındır. Bununla birlikte, kesme kuvvetleri çok yüksek olduğunda sadece darbelerden dolayı da meydana gelebilir. Mekanik yorulma sert veya işleme gücü (dayanım sınırı yüksek) malzemelerin çok yüksek ilerleme değerleri ile parça işlemeden veya takımın malzemesi yeteri kadar sert olmamasıyla oluşabilir. Bunun ile plastik deformasyonun bazı durumlarda hâkimiyeti de söz konusudur [33].

4.1.5. Adhezyon (Yapışma) Aşınma

Birbiriyle temas ederek çalışan iki metalin birbirine bastırılmasıyla yüzeyler yüksek yerlerde birbirine temas ederler. Bu durumla beraber temas bölgelerinde aşırı basınçlar oluşur. Oluşan bu basınç sebebiyle metaller arasında temas bölgelerinde atomik bağlar oluşarak mikro kaynaklar ortaya çıkar. Temas yüzeyleri birbirlerine göre nispi hareket ederlerse atomik bağlar kopar ve mikro kaynaklar kırılır. Bu durumda takım ve iş parçası birbirlerinin yüzeylerinden (yumuşak olandan) çok ince parçalar koparılır. Bu şekilde gelişen aşınma adhezyon aşınması olarak adlandırılır.

Takım talaş yüzeyin de düşük işleme sıcaklıklarıyla oluşur. Bu mekanizma genel olarak kesme kenarıyla talaşın arasındaki kenarda yığıntı talaş (BUE) ortaya çıkmasına sebep olur. Yığıntı talaşın aktif bir yapısı vardır. Birbirlerini izleyen katmanlar talaş yüzeyine kaynaklanıp sertleşir ve kesme kenarıyla bütünleşerek takımın bir parçası haline alır. BUE katmanı kopup uzaklaşabilir ve kendini tekrarlayabilir ya da kesici kenardan ufak parçalar kırıp uzaklaşmasına neden olabilir. Belirli sıcaklıklarda, takım malzemesi ve iş parçasının malzemesi arasındaki ilgi ve kesme kuvvetlerinin etkisiyle meydana gelen yüklerin birleşmesi adhezyon aşınmasına sebep olur.

Talaş kaldırma işleminde, bu ana mekanizmalar birleşerek kesici kenarın geometrisini ve yapısını değiştirir. Çoğunlukla takım malzemesinin özelliklerine ve aşınma mekanizmalarına bağlı olarak kesici takımda farklı aşınma tipleri ortaya çıkmaktadır. Bunların en önemlileri; yan yüzey aşınması (yanak aşınması), krater aşınması ve çentik oluşumudur [31-33].

4.2. TAKIM AŞINMA TİPLERİ

Talaşlı imalat işlemlerinde işlenen malzeme, kesici takım ve işleme şekline bağlı olarak farklı aşınmalar meydana gelir. Bu aşınmalarda çeşitli aşınma mekanizmaları etkindir. Kesici takımlarda sıkça görülen aşınma şekilleri yan yüzey aşınması, krater aşınması ve çentik aşınmasıdır.

4.2.1. Yan Yüzey (Yanak) Aşınması

Kesme takımının kenarı yan yüzeylerin de (yanaklarında) çoğunlukla abrasiv aşınma mekanizmasının neden olduğu bir aşınma türüdür (flank wear). Aşınma bandının genişliği aşınma oranını belirlemede kullanılır. Takım mikroskopları kullanılarak aşınma miktarları belirlenebilir. Bu tip aşınma genellikle karşılaşılabilecek normal bir aşınma türüdür ve genel olarak düzenli artış gösteren yanak aşınmasını sağlamak en uygun durum olarak kabul edilir. Yan yüzey aşınma miktarı ISO 3685 standardına göre genellikle 0,3mm olduğunda takım ömrünü tamamladığı varsayılır. Aşırı (yanak) yan yüzey aşınmasının neticesi, daha kötü yüzey dokusu ve ölçü ve toleranslarda sapmalar

söz konusu olur ve kesici kenarın geometrisi değiştiğinden dolayı sũrtũnme artar [33-35].

Yan yũzey aşınmasının nedenleri ve çũzũmleri řu şekilde sıralanabilir:

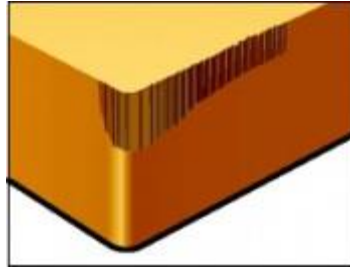
A) Hızlı aşınma; kũtũ yũzey kalitesi veya tolerans değerlerinin dışına çıkılmasına neden olur [36].

Nedenleri:

- Kesme hızı çok yũksek
- Yeteri kadar aşınma direncinin olmaması
- İlerleme çok dũřũk [36]

Çũzũmleri:

- Kesme hızı azaltılmalı
- Aşınmaya nazaran daha dirençli takım seçilmeli
- İlerleme arttırılmalı [36].



şekil 4.3. Hızlı yan yũzey aşınması [36].

B) Aşırı aşınma sebebiyle kesici takımın ũmrũ kısa olur [36].

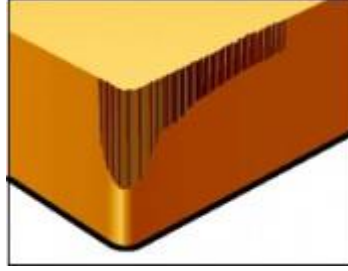
Nedenleri:

- Vibrasyon

- Parça üzerinde çapakların oluşumu
- Talaşların tekrar kesilmesi
- Kötü yüzey kalitesi
- Isının meydana gelmesi
- Fazla gürültü [36]

Çözümleri:

- İlerleme hızı arttırılmalı,
- Talaşların etkili biçimde tahliye edilmeli,
- Uygun kesme değerleri seçilmeli [36]



Şekil 4.4. Aşırı aşınma sebebiyle oluşan yan yüzey aşınması [36].

4.2.2. Çukur (Krater) Aşınması

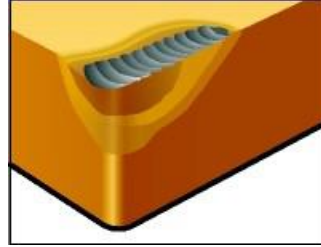
Krater aşınması (crater wear) ya da çukur aşınması diye de tabir edilen aşınma türü, takım talaş yüzeyi üzerinde abrasiv ve difüzyon aşınması nedeniyle oluşur. Krater (çukur), ya sert parçacıkların taşlama (aşındırma) işlemindeki gibi bir etkiyle ya da takımla talaş malzemesinin arasındaki difüzyonun tesiriyle, takımın malzemesi talaş yüzeyinden kopmasıyla oluşur. Sertlik, ısıl sertliğinin ve malzemelerin (takım-iş) arasındaki kimyasal yakınlığın en az düzeyde olması krater aşınması eğilimini de düşürür. Çukur aşınması, kesme kenarının geometrisini bozar ve talaşın oluşumunu ve biçimlenmesini bozulmalara neden olabilir. Kesme kuvvetlerinin doğrultularını (yönlerini) değiştirirken ve aynı anda kesici kenarı zayıflatır [33].

Nedenleri:

- Talaş yüzeyinde aşırı kesme sıcaklığı sebebiyle krater aşınması [36]

Çözümleri:

- Kesici takım seçimi yeniden yapılmalı
- Kesici uç geometrisi takım pozitif seçilmeli
- Düşük bir sıcaklığa ulaşmak için kesme hızı düşürülmeli ve ardından ilerleme hızı azaltılmalı [36]



Şekil 4.5. Kesici takımda oluşan krater aşınması [36].

4.2.3. Plastik Deformasyon

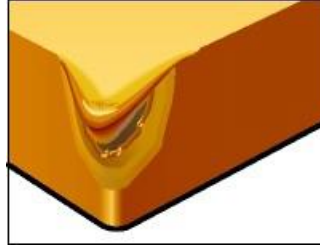
Plastik deformasyon, kesme kenarının üzerindeki aşırı basıncın ve aşırı sıcaklığın birleşiminin bir sonucu olarak meydana gelir. Hızların ve ilerlemelerin yüksek olması, sert iş parçası malzemesinde yüksek sıcaklık ve yüksek basınç anlamına gelir. Takım malzemesinin bu durumlara dayanabilmesi ve plastik şekil değiştirmeye uğramaması için yüksek sıcaklıktaki sertlik değeri önemlidir. Kesici kenarda bir şekil değişikliğinin meydana gelmesi daha fazla sıcaklık oluşumuna, talaş sürekliliğinin değişmesine sebep olur ve kritik düzeye ulaşıncaya kadar etkileri devam eder. Kenar yuvarlamasının (uç radyüsü) ölçüsü ve kesme geometrisi (takım geometrisi) bu tür aşınmayı engellenmekte önemli rol oynar [33].

Nedenleri:

- Kesme esnasında oluşan sıcaklığı ve basıncı çok yüksektir [36]

Çözümleri:

- Aşınmalara karşı dayanıklı (daha sert) bir kalite seçilmeli
- (Kesme) İşleme hızını düşürülmeli,
- İlerleme hızını düşürülmeli [36].



Şekil 4.6. Kesici takımda oluşan plastik deformasyon [36].

4.2.4. Çentik Aşınması

İş parçasının işlenmemiş yüzeyinin kesici kenarla temasta olduğu kısımda çentik aşınması gerçekleşir. Çentik aşınması Şekil 4.7’de görüldüğü gibi yan yüzey aşınmasına göre daha büyüktür. Çentik aşınmasının yan yüzey aşınmasından fazla olmasının sebeplerinden biri iş parçası yüzey katmanının daha sert olmasıdır. Ayrıca, çentik aşınmasında oksidasyon da etkin bir mekanizmadır. Çentik aşınmasının fazla olması, bitirme işlemlerinde yüzeyini (yüzey pürüzlülüğünü) etkiler ve bilhassa kesici kenarın dayanımını zayıflatır [32-33].

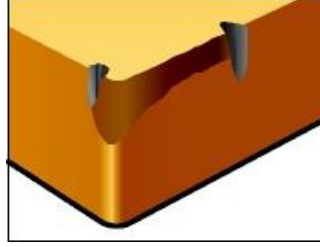
Nedenleri:

- Talaşlar kesme kenarına doğru sapmaktadır
- İşleme ile sertleşen malzemeler [36]

Çözümleri:

- Daha tok bir kalitede takım seçilmeli
- Daha güçlü kesici kenara sahip takım seçilmeli

- Kesme hızı arttırılmalı
- Pozitif bir geometriye sahip takım seçilmeli
- Kesme işleminin başında ilerleme düşürülmeli
- Devamlılığı iyileştirilmeli [36]



Şekil 4.7. Kesici takımda oluşan çentik aşınması [36].

4.2.5. Termal (Isıl) Çatlaklar

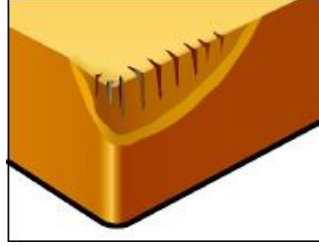
Termal çatlaklar, genellikle ısı çevrimlerinden (sürekli olarak sıcaklığın artıp azalmasından) meydana gelen aşınmadır. Özellikle, frezeleme işleminde ortaya çıkan sıcaklık dalgalanmaları aşınmanın bu türünün oluşmasına neden olur. Termal çatlaklar kesme kenarına dik olarak meydana gelir ve bu çatlakların arasındaki takımın malzemesinin kesme kenarından kopmasıyla uzaklaşabilir. Takımın malzemesi parçacıkların kenardan kendi kendine ayrılmasıyla, kırılma olasılığını artırır ve kesici kenarın değişimine neden olur. Bununla beraber değişen talaş kalınlığı da talaşın kaldırması esnasında oluşan sıcaklık değişimlerini etkiler. Bunun gibi sorunlarda soğutma sıvısı uygulanması, metallere talaş kaldırma esnasında, çoğunlukla zararlı olabilir. Zira soğutma sıvısı, takımın talaş kaldırması esnasında (kesme takımı parçanın içinde) ve talaştan ayrıldıktan sonraki (kesme takımı, parçadan uzaklaştıktan sonra) sıcaklıkları arasındaki farklarını daha da artırır [33].

Nedenleri:

- Vurmalı (Darbeli) işleme
- Farklı farklı kesme sıvısı seçimi [36]

Çözümleri:

- Isı şoklarına karşı daha iyi direnç gösteren daha tok bir kalitede takım seçimi yapılmalı
- Kesme sıvısının ya çokça kullanılmalı ya da katiyen kullanılmamalıdır [36]



Şekil 4.8. Kesici takımda oluşan termal çatlaklar [36].

4.2.6. Mekanik Yorulma Çatlakları

Kesme kuvvetlerindeki darbeler çok fazla olduğunda bu aşınma tipi meydana gelir. Kuvvet kendiliğinden kırılmaya neden olmayacak büyüklüğe sahip olmakla birlikte, sürekli yükte gerçekleşen değişimler sonucu meydana gelen kırılmalardır. Kesme işleminin başlangıcında ve kesme kuvvetinde oluşan değişimlerde bu tip çatlaklar büyüyebilir ve büyüme yönü kesici takımın dayanımını ve tokluğunu büyük oranda etkileyebilir. Bunun gibi çatlaklar, termal çatlaklardan farklı olarak, genellikle kesme kenarına paraleldir [33].

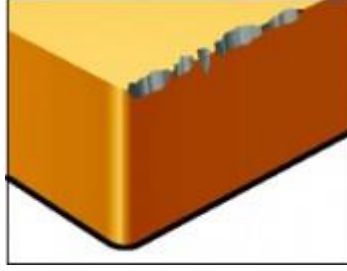
Nedenleri:

- Çok gevrek takım
- Kesici uç geometrisinin zayıf olması
- Talaşın yığılması [36]

Çözümleri:

- Tok bir kalitede takım seçilmeli
- Güçlü geometriye sahip takım seçilmeli
- Kesme hızı yükseltilmeli veya pozitif bir geometriye sahip takım seçilmeli

- Kesmeye ilk başlarken ilerleme hızı düşürülmeli [36]



Şekil 4.9. Kesici takımında oluşan mekanik yorulma çatlakları [36].

4.2.7. Çıtlama (Çentikleme)

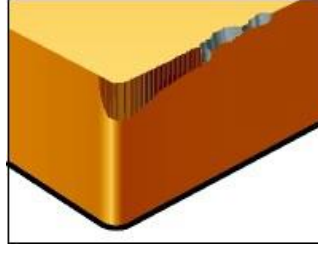
Kesme kenarın da meydana gelen çentikler, aşınmadan ziyade takımın kesme kenarında oluşan küçük boyutlarda ki kırılmalardır. Yükün gelmesiyle ve yükün geri çekilmesinden ortaya çıkan bu yorulma tipi takım malzemesinde küçük parçacıkların takımın çalışma yüzeyinden ayrılmasına neden olur. Genellikle, bu tür aşınmaya darbeli çalışma neden olur. Kesici köşedeki aşınmanın, çentiklemeye mi yoksa yanak aşınmasına mı karşılık geldiği çok dikkatli incelenmelidir. Çıtlama ya da parçacık kopmaları (parçalanma) bu tür kenar kırılmalarının çeşitlerindedir [33].

Nedenleri:

- Talaşlar kesici kenarın üzerine doğru gitmektedir [36]

Çözümleri:

- Tok bir kalitede takım seçilmeli
- Güçlü geometriye sahip takım seçilmeli
- Kesme hızı arttırılmalı
- Pozitif bir geometriye sahip takım seçilmeli
- Kesmeye ilk başlarken ilerleme hızı düşürülmeli [36]



Şekil 4.10. Kesici takımında gerçekleşen çıtlama [36].

4.2.8. Kırılma

Kırılma, kesici kenarın işlevini tamamıyla yitirmesidir. Önceden oluşan şişkinliğin kırılması en tehlikelisi olmakla beraber olabildiğince bu durumdan uzak durulmalıdır. Kenar kırılması çoğunlukla diğerlerinin türlerinin en son raddesidir. Takım geometrisinin değişmesi, kesme kenarının direncinin düşmesi, sıcaklıkların ve kuvvetlerin yükselmeleri kesici kenar hatalarının birçoğuna ortam oluşturacaktır. Ağır kesme şartlarında meydana gelen ya da iş parçası malzemesinden kaynaklanan ani kırılmaların sebep olduğu gevrek kırılma, çalışma taleplerini karşılayamayan takım malzemesi üzerindeki değişik gerilmelerin bir sonucu olabilir [33].

Kesici takımın köşesinde hasara yol açan kırılma aşınması.

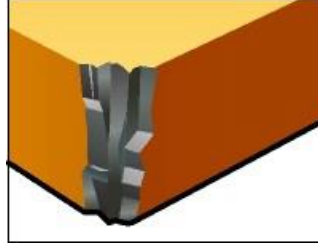
Nedenleri:

- Takımda oluşan salgı
- Vibrasyon
- Takım ömrünün kısa olması
- Yüzey kalitesinin kötü olması
- Fazla gürültü seviyesi
- Radyal kuvvetler çok yüksek [36]

Çözümleri:

- Salgı 0,02 mm'nin (0,0008 inç) altına düşürülmeli
- Ayna ve pensin kontrol edilmeli
- Takım çıkıntısı en aza indirilmeli

- Daha büyük takım çapı seçilmeli
- İlerleme azaltılmalı
- Kesme hızı azaltılmalı [36]



Şekil 4.11. Kesici takımda oluşan kırılma [36].

4.2.9. Kesici Kenarda Yığılma (BUE)

Kesici kenarda yığıntı talaş (BUE) ortaya çıkması, çoğunlukla yüksek sıcaklık ve bu bağlatı içinde olan kesme hızının etkisindedir. BUE kesici kenarın geometrisine olumsuz yönde etkilere neden olur ve aynı anda takımın malzemesi BUE şeklinde kaynaklanmış malzemeyle birlikte kopup uzaklaşabilir. Takımın malzemesi ile iş parçası malzemesinin birbirlerine karşı alakaları da BUE'nin ortaya çıkmasında önemli etkileri vardır. Sıcaklığın düşük olması ve basınçların yüksek olması, iş malzemesinin talaştan takımın kesme yüzeyine basınç kaynağı yapmasına (adhezyon) neden olur [33].

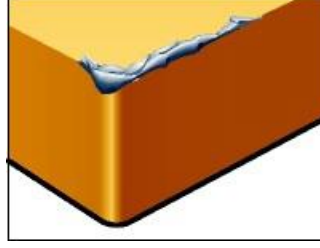
Nedenleri:

- Kesme bölgesindeki sıcaklığın düşük olması
- Alüminyum ve paslanmaz çelik benzeri yapışkan malzemeler
- Düşük kesme hızı
- İlerlemenin düşük olması
- Takımın negatif kesme geometrisine sahip olması
- Yüzey kalitesinin düşük olması [36]

Çözümleri:

- Kesme hızı yükseltilmeli

- Daha uygun bir kesici uç geometrisi seçilmeli
- İlerleme arttırılmalı
- Pozitif geometriye sahip takım seçilmeli
- Yağ buharı veya kesme sıvısı kullanılmalı [36]



Şekil 4.12. Kesici kenarda oluşan BUE [36].

BÖLÜM 5

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

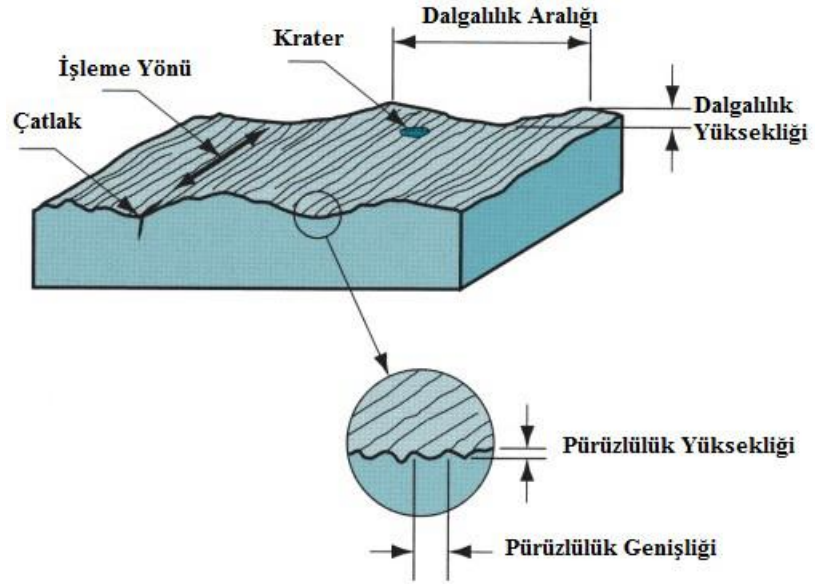
Talaş imalatla iş parçasını şekillendirme esnasında; tercih edilen yöntem, kesici takım türüne ve işleme koşullarıyla alakalı olarak kimyasal, fiziksel, termal faktörlerin ve takım ve iş parçası temasındaki mekanik hareketlerin etkisiyle işlem yapılan yüzeyler de genel olarak istenmemesine rağmen işleme sırasında izler oluşmaktadır. Ortalama yüzey çizgisinin altın tarafında ve üstün tarafında düzensizlikler görülür bu duruma yüzey pürüzlülüğü denilmektedir [37].

Üretilmiş olan iş malzemesi yüzey pürüzlülüğünün, elemanları yataklamasın da ve aşınma yapısının incelenmesiyle malzemenin yorulması bakımından çok önemli olduğu yapılan çalışmalar neticesinde görülmüştür. Pürüzlülük ölçümlerini değerlendirme amacıyla ölçülen profilde pürüzlülük, form ve dalgalılık sapmalarının birbirinden ayrılması gerekir. Günümüz de bu ölçümlerin yeteri kadar doğrulukta, hassasiyette ve kısa bir zaman içinde ölçülmesini sağlayan temas ederek ölçüm yapan indüktif problu yüzey pürüzlülük cihazlarıdır. Yüzey pürüzlülüğünde ölçümün düzgün ve hassas yapılmasıyla aynı anda hangi pürüzlülük değişkenlerinin kullanılacağıının tespitinin ve bunların en doğru şekilde değerlendirilebilmesi büyük öneme sahiptir. İşlenmiş yüzeylerde, kullanılan iş parçası ve işleme yöntemi hangi yöntem tercih edilirse edilsin (tornalama, frezeleme, taşlama vb.) yüzey pürüzlülüğü meydana gelmektedir. Üretimi yapılan iş parçalarında ortaya çıkan yüzey pürüzlülük kalitesi, endüstri alanında çok büyük öneme sahiptir. Bu alandaki araştırma ve geliştirme çalışmaları için çok büyük yatırımlar yapılmaktadır [37].

Talaş kaldırmanın hedefi, iş parçalarına form vermenin yanı sıra bunların geometri, boyut ve yüzey açısından üretim resimlerinde verilen tolerans aralıklarında imal etmektir. Günümüzde seri imalata geçilmesiyle beraber standart mamüller üretmek kaçınılmaz olmuştur. Standartlaşmış ürünlerin imalatında ölçü tamlıklarının yanı sıra yüzey kalitesi de ortaya çıkan etmenlerden birisidir. Metalürji bilimi, yüzey kalitesini iyileştirmeye dayalı yeni malzeme arayışlarının devam ettirmektedir. Malzeme alanının dışında da gelişmeler devam etmektedir. Kesici takım malzemeleri, geometrileri, takım tezgâhları, takım tutucuları, soğutma sıvıları ve işleme metotları benzeri birçok alanda gelişmeler olmaktadır [38].

5.1. YÜZEYİN YAPISININ ÖZELLİKLERİ

Yüzey yapısının kontrolün de yorulma ömrü, yataklama özelliği ve aşınma önemli etmenlerdir. Talaş kaldırılan yüzeyler dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki çeşit yüzey yapısı oluşur. Yüzey geometrisini dalgalılık belirlerken, pürüzlülük yüzeyin kalitesini belirler. Standartlara bakıldığında yüzey pürüzlülüğü, yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğunca, referans bir profile ve profilin ortalama çizgisine göre belirlenir. Geometrik profil genel olarak referans alınır. Profil ortalama çizgisinin konumu, bu çizginin üstünde ve altında kalan bölgelerin toplamı birbirlerine eşit olacak şekilde belirlenir. Düz bir yüzey tarif edildiğinde dalgasız, pürüzsüz tarif edildiğinde ise dalgalı, ancak göz ile kontrolünde ya da tırnakla kontrolünde, pürüzlülükleri fark edilmeyen yüzeyler ifade edilir. Referans alınan bir alın yüzeyine göre yüzey pürüzlerinin durumunu doğrultu belirler. İşleme yöntemine göre yüzey geometrileri değişir. Şekil 5.1.'da işlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri verilmiştir [39].



Şekil 5.1. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri [39].

5.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMLİ OLDUĞU YERLER

Birçok saha da yüzey pürüzlülüğü önemli bir etmendir [37].

Bunlardan bazıları;

- Temaslı (sürtünmeli) yataklar,
- Korozyona uğrama ortamında çalışan elemanlar,
- Bilyalı yataklar,
- Boyanmış veya kaplanmış yüzeyler,
- Sızdırmazlığın gerektiği yüzeyleri,
- Plastik enjeksiyon kalıplarının yüzeyleri,
- Masterlar vb.

5.3. YÜZEY KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Genel olarak yüzeyin kalitesine etki eden etmenlere şöyle bahsedilebilir:

- Kullanılan takım tezgahlarının yeteri kadar rijit olmaması,

- İşlenecek malzemede bağlama yönteminden ötürü oluşan deformasyon,
- Talaş akışından kaynaklı bozukluk,
- İlerleme hızının da ortaya çıkan düzensizlikler,
- İş parçasının kimyasal bozukluğu,
- Rahat biçimlendirilebilir malzemelerin düşük kesme hızlarının da işlendiğinde iş parçasının yüzeyindeki yırtılmalar,
- Tezgâhın kinematik mekanizması,
- Yataklama mekanizmasından kaynaklanan tezgâh hataları,
- Takım tutucu ve takım ucunun rijit olmamasından oluşan imalat hataları,
- Kesicinin seçiminde kesme kapasitesi, geometrisi ve tasarımı gibi faktörlerde hata yapılmasından,
- İşlenen malzemeden talaş kaldırma yönteminden,
- Takım konumlanmasın da ve bağlama hatalarından,
- Takımın aşınmasından kaynaklanan hatalar,
- Ortamın etkisiyle meydana gelen hatalar sayılabilir.

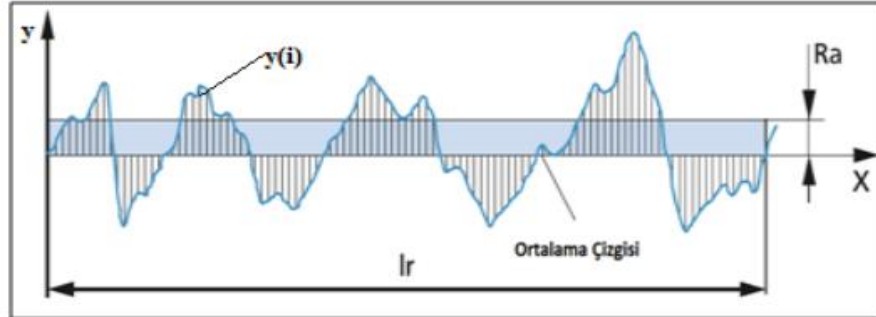
Talaş kaldırma işlemlerinin hepsinde ana hedef iş parçasında arzu edilen geometriyi ve hassas bir bitirme yüzeyini meydana getirmektir. Talaş kaldırma yöntemlerinde; arzu edilen yüzey pürüzlülüğü ve geometri olarak iki önemli kalite yapısının üzerin de durulmaktadır. Talaşlı imalat yöntemlerinde talaşın akışını ve malzemenin dışarı taşınmasının oldukça kompleks olmasından ötürü matematiksel olarak modellenemesi amacıyla çoklu parametreye gereksinim vardır. Kompleks yapıya karşın, kısmen de olsa yüzey pürüzlülüğünün kontrolü, ilk olarak üç önemli talaş kaldırma değişkeni olan kesme hızı, ilerleme hızı ve paso (talaş derinliği) için uygun değerler belirlenerek sağlanabilir. Genellikle, pasonun (talaş derinliğinin) ve ilerleme hızının yükselmesiyle beraber yüzey pürüzlülüğünün oranı artarken, buna ters olarak kesme hızının yükselmesiyle beraber yüzey pürüzlülük değerleri düşmektedir [40].

5.4. YÜZEY KALİTESİ ÖLÇÜM PARAMETRELERİ

Yüzey pürüzlülüğünün kalitesini ölçmede üç çeşit metot uygulanmaktadır. Bu yöntemler Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra), Profilin Karelerinin Ortalamasının Karekökü (Rq) ve On Nokta Yüksekliği (Rz) olarak bilinmektedirler.

5.4.1. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)

Dünya genelinde yüzey kalite kontrolünde kabul edilmiş bir parametredir. Belirli bir uzunlukta ortalama çizgisinin üstünde ve altında meydana gelen bölgelerin mutlak yükseklik ve derinlik değerlerinin aritmetik ortalaması ile elde edilen değerdir. Belirtilen parametrelerin tanımlanması ve ölçmesi basittir. Bu parametreleri genel olarak tanımladığı için dalga boyunda ve profilde oluşan hassas değişimler hakkında yeteri kadar bilgi vermez. Şekil 5.2.'de Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi verilmiştir. [33-41-42]



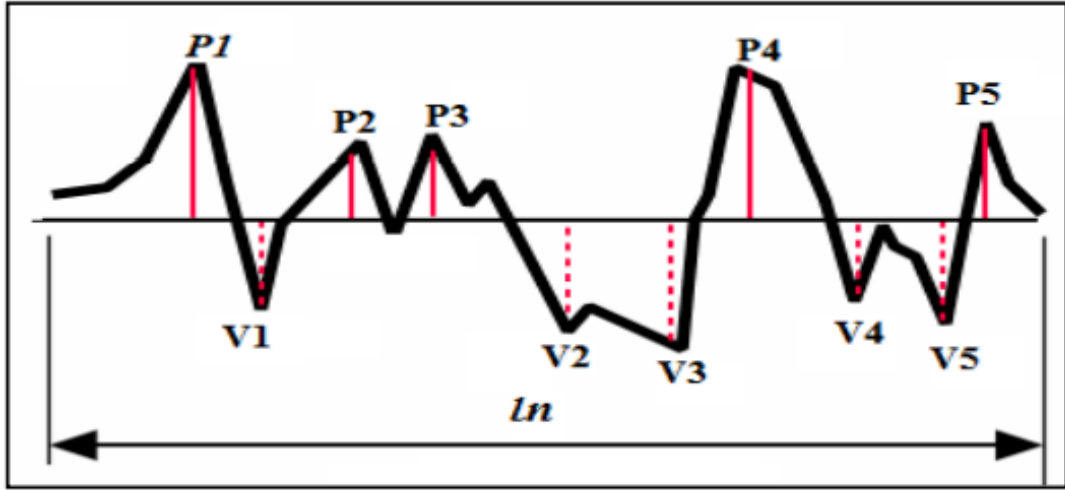
Şekil 5.2. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi [43].

5.4.2. Profilin Karelerinin Ortalamasının Karekökü (Rq)

Bu ölçme yöntemi ortalama yüzey pürüzlülüğüne (Ra) göre daha hassas ölçme bilgisi sağlamaktadır. Bu yöntem profil ortalama çizgisi ile oluşan yükseklik değişimlerinin karelerinin ortalamasının kareköküdür. [33-41-42]

5.4.3. On Nokta Yüksekliği (R_z)

ISO ve DIN standartları olmak üzere iki farklı standart dünya üzerinde kabul edilmiştir. ISO standardına göre en yüksek tepe ve en derin çukurda kalan 10 adet profilin farkının aritmetik ortalaması olarak tanımlarken, DIN standardına göre ise en yüksek ve en çukurda kalan 10 adet profilin toplamının ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Bu parametre ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerinden daha düşük ve yüksek şekilde oluşan tepe ve çukur noktalarının tespit edilmesinden dolayı önemli bir parametredir. [33-41-42]



Şekil 5.3. On nokta yüksekliği parametresinin grafiksel ifadesi [44].

5.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇME METOTLARI

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için yaygın olarak kullanılmakta olan cihaz temaslı yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazıdır. Cihaz tarayıcı kafa ve bir sinyal yükseltici/güçlendiriciden meydana gelir. Tarayıcı kafa da uç yarıçapı küçük olan elmas bir iğne vardır. Ölçümün yapılacağı yüzey de tarayıcı kafa yüzeyde otomatikmen gezdirilir. Yüzeyde ki pürüzlülükten dolayı iğne hareketleri tarayıcı kafa sayesinde elektrik sinyallerine çevrilerek sinyalleri güçlendirici sayesinde büyütülür ve cihaz tarafından kaydedilir. Ekranda veya göstergede ki değerlerin referans çizgisine göre yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalamasını (R_a), ortalamanın karekökü (R_q) veya ortalama pürüz yüksekliği (R_z) gibi düzeltilmiş yüzey pürüzlülük değerlerini verir [45].

Mekanik- elektronik cihaz kullanımı yüzey yapısı için en önemli ölçme tekniği olmakla beraber küçük yarıçaplı elmas iğne işlenmiş yüzey üzerinden geçirilirken yüzey profilinden alınan pürüzlülüğünü okuyarak çıktı olarak verir. Genel olarak standart elmas iğnenin eğrilik yarıçapı 10 µm ancak araştırmalarda 2.5 µm kadar küçük yarıçaplı iğne uçları da kullanılmaktadır [46].

Yüzey pürüzlülüğü; ölçümü yapılmak istenen yüzey özellikleriyle bilinen bir yüzey ile kıyaslanması temeline dayanan, optik cihazlarla veya tarayıcı problemlerle ölçüm yapılması ile belirlenir [45-47]

Aşağıda yüzey pürüzlülüğünün ölçümü için yöntemler verilmiştir.

- Değdirme (Temas) metodu
- Yağlı sistem (Hidrolik) metodu
- Mekanik metot
- Havalı sistem (Pnömatik) metodu
- Elektron mikroskobu metodu
- X ışını metodu
- Kapasitans metodu
- Yüzey dinamometresi metodu
- Optik mikroskop metodu
- Replika (Mask) metodu
- Optik parazit aletleri metodu
- Elektro-fiber-optik sistem metodu
- Optik yansıtma metodu
- Karşılaştırma mikroskobu metodu
- İzleyici uçlu cihazlar metodu
- Kesit alan metodu
- Enterferometrik metotlar [47].

BÖLÜM 6

LİTARATÜR ARAŞTIRMASI

İmalat sektöründe düşük sıcaklıklarda metalleri şekillendirmek için kullanılan kalıplarda genellikle soğuk iş takım çelikleri kullanılmaktadır. Bu çeliklerin yüksek aşınma direnci, mukavemet, tokluk, süneklik, işlenebilme ve sertleştirilebilme gibi özelliklere sahip olması istenmektedir. Bu çelikler yumuşak tavllanmış ya da sertleştirilmiş olarak kullanılır. Bu malzemelerin şekillendirilmesinde tornalama, frezeleme, delik delme, taşlama gibi birçok talaşlı imalat yöntemi kullanılmakta ve bu malzemelerin talaşlı imalatı ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır. Ayrıca malzemelerde ve kesici takımlardaki teknolojik gelişmeler yeni araştırmalara öncülük etmektedir. Soğuk iş takım çeliklerinin işlenmesi ile yapılan araştırmalardan bazıları aşağıda bahsedilmiştir.

Das ve arkadaşları, sertleştirilmiş EN-24 alaşımlı çeliğin kaplamalı sermet takımlarla kuru ve sisli soğutma şartlarda işlenmesinde kesme kuvveti, serbest yüzey aşınması, talaş morfolojisi, krater aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve talaşın mikro sertliği üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Kuru işlemenin, talaş mikro sertliğine ve kesme kuvvetine karşı sis soğutma tekniğine kıyasla daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Krater aşınması, serbest yüzey aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve talaş morfolojisi gibi diğer tepkiler için, soğutma buğu şeklinde teslim edilen soğutucuyu içeren kurulum, kesme bölgesi sıcaklığındaki düşüş ve sert tornalama sırasında talaş-takım etkileşimindeki tamamlayıcı modifikasyon nedeniyle kuru işlemeden daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir [48].

Derakhshan ve Akbari, CBN kesme takımıyla 45-65 HRC sertliğe sahip olan AISI 4140 materyalinin tornalanmasıyla iş malzemesi kesme hızı ve sertliğin yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırmışlardır. Sertliği 45-60 HRC değerleri arasında Ra 0,323

um'yi geçmemiştir. Yüzey pürüzlülüğünün kalitesini önemli seviyede etkileyen faktörün kesme hızındaki artış olduğunu belirtmişlerdir. [49].

Aslan vd, yaptıkları bu çalışmada, ısıl işleme 63 HRC değerinde sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin kaplamasız Al_2O_3+TiCN karışık seramik takımlar ile tormalanmasında ilerleme hızı, kesme hızı ve kesme derinliğinin yan yüzey (yanak) aşınması ve Ra 'nın üzerindeki etkileri Taguchi tekniğini kullanarak incelemişler ve en uygun kesme parametrelerini belirlemişlerdir [50].

Özel vd., ısıl işleme sertleştirilme yapılmış H13 çeliğinin son yüzey tormalanmasında kesme kuvvetlerinin ve pürüzlülüğünün üzerindeki, kenar geometrisinin ise, iş parçası sertliğinin, kesme hızının ve ilerlemenin etkisini incelemişlerdir. Çalışma da sonuç olarak iş parçasının sertliği ilerleme ve kesme hızının ve kenar geometrisinin pürüzlülük üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulmuşlardır. İş parçasının sertliğinin düşük olması ve kenar geometrisinin honlanmış olması düşük teğetsel ve radyal kuvvetler oluşturduğu belirtilmiştir [51].

Mia ve Dhar çalışmalarında, ortalama takımın ve iş parçasının temas ara yüzeyindeki sıcaklığının tahminini yapmak model geliştirmeyi amaçlamışlardır. Sertleştirilmiş AISI 1060 çeliğinin kaplamalı karbür uçlar ile tormalanmasında Yapay Sinir Ağı (ANN) ve yanıt yüzey metodu (RSM) ve ilerleme hızı, kesme hızını ve malzeme sertliği olarak sıcaklığı tahmin etmek için kullanmışlardır. Çalışmalarını yüksek basınçlı soğutma sıvısı ve kuru olarak gerçekleştirmişlerdir [52].

Davoudinejad ve Noordin çalışmalarında sertleştirilmiş DF-3 çeliğinin PVD-TiN kaplı karışık seramik kesme takımlarıyla tormalanmasında kenar geometrisinin takım ömrü, takım aşınması, kesme kuvveti ve işlenmiş yüzeyin yüzey kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmışlardır. İşleme değişkenlerinin performansın özellikleri üzerinde ki etkisi, ANOVA kullanılarak incelenmiştir. Seramik kesme takımlarında temel aşınma tipi olarak krater aşınmasını belirlemişlerdir. En elverişli kesme hızı 155 m/dak olmuştur. Kesme hızının artması kesme kuvvetlerinin azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir [53].

Bingül ve Kaçal, endüstri de plastik enjeksiyon kalıpları ve soğuk şekillendirme uygulamalarında kesme, delme gibi işlemlerde güzel sonuçlar ortaya koyan K390 soğuk iş takım çeliğinin ısı ile sertliği artırıldıktan sonra tornalanması incelemiştir. Farklı sıcaklık değerlerinde temperleme yapılmış üç adet iş parçası üzerin de torna deneylerinde CBN uçlar kullanılarak yapılmış ve performansın özellikleri araştırılmıştır. Deneylerinde dört farklı kesme hızı ve dört farklı ilerleme değeri kullanılmıştır. En iyi sonuçları düşük temperleme sıcaklığında ki numunede elde etmişlerdir [8].

Agrawal vd.'nin çalışmasında 69 HRC sertliğine sahip AISI 4340 takım çeliğinin tornalanmasın da işleme yapılan parçanın yüzey pürüzlülüğüne kesme değişkenlerinin etkilerini inceleyebilmek için 39 set deney yapılmıştır. İşleme sonucunda, malzemedeki ortalama işlenmiş yüzey pürüzlülüğünün tahminini ve geliştirilmesi için çeşitli regresyon modelleri girdi olarak kullanılmışlardır. Uygun görülen model AISI 4340 çeliğin işlenmesi esnasın da yüzey pürüzlülüğünün tahmini için çoklu regresyon modelleri üzerinde üstün bir seçenek olmuştur [54].

Kaçal ve Yıldırım'ın çalışmalarında, ısı ile 60 HRC'ye sertleştirilmiş PMD23 toz metal çeliğinin tornalanması, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü bakımından değerlendirmeye almışlardır. Deneyleri üç değişik ilerleme, kesme hızında ve kesme derinliğinde kuru şartlar da yapılmışlardır. Takım incelenmesinde krater aşınmasının ve bir miktar kadar da serbest yüzey aşınmasının olduğu görülmüştür. İlerlemenin ve kesme derinliğinin artırılmasıyla Ra değerleri artmıştır. ANOVA sonuçlarına göre ise Ra'nın üzerindeki en belirgin değişkenin kesme derinliği olduğu, ikinci seviyeden en belirgin değişkenin ise ilerlemenin olduğu tespit etmişlerdir [55]. Aynı malzemenin seramik takımla işlenmesi ile ilgili yapılan çalışmada, ilerlemenin en belirgin değişken olduğu görülmüştür [56].

Zeyveli ve Demir çalışmalarında AISI H13 takım çeliğinin işlenmesinde kesme değişkenlerinin yüzey pürüzlülüğündeki etkileri incelemiştir. Çalışmanın neticesinde; kaliteli yüzey pürüzlülük sonuçlarını 0,5 mm/dev ilerlemede elde etmişlerdir. Kesme hızının artması kesme kuvvetlerinin azalmasında etkili olduğunu göstermişlerdir [57].

Kumar ve arkadaşları püskürtmeli soğutma ve kaplanmış karbür takımlar (TiN/TiCN/Al₂O₃/TiN) ile sertleştirilmiş AISI D2 çeliğinin tornalanmasında aşınma modlarını, yüzey özelliklerini, talaş-takım ara yüz sıcaklığını ve talaş morfolojisini araştırmışlardır. Sonuçlar, yüzey pürüzlülüğü, yüzey topolojisi, serbest yüzey aşınması, talaş morfolojisi, talaş azaltma katsayısı ve takım ömrü bağlamında işleme sırasında elverişli talaş takım etkileşimi olduğunu belirtmişlerdir. Püskürtmeli soğutmada su jetinin atomizasyonu nedeniyle meydana gelen buharlaşma ile soğutma sağlamış ve yeterli bulunmuştur. Sert tornalamada takım ucunda abrasive aşınma, ufalanma ve kırılma gibi aşınma modları görülmüştür. Kesme derinliği 0,1 mm, İlerleme 0,04 mm/dev, kesme hızı 108 m/dak optimum işleme parametreleri olarak bulunmuş ve parametrelerde takım ömrünü 20,3 dakika olarak bulmuşlardır [58].

Liew ve arkadaşları, D2 çeliğinin karbür kesici takım ile tornalanmasında çoklu yanıt için optimum parametreleri belirlemek için Taguchi Tepki Yüzeyi Metodolojisini (RSM) uygulamışlardır. Çalışmalarında 0,1 g karbon nanofiberin iki aşamalı bir yöntemle stabilize ederek 1 litre deiyonize su ile karıştırarak nano akışkan hazırlanmışlardır. Takım aşınmasını etkileyen en önemli faktörün kesme hızı, yüzey pürüzlülüğü için de en önemli faktörün ilerleme hızı olduğunu bulmuşlardır. Çoklu tepkiler için optimum koşul (Serbest yüzey aşınması, Vb ve yüzey pürüzlülüğü, Ra), soğutma sıvısı olarak karbon nanofiber (CNF) nano akışkan kullanılarak 144,58 m / dak kesme hızı, 0,14 mm / dev ilerleme hızında elde etmişlerdir [59].

López-Luiz ve arkadaşları, maksimum yan yüzey aşınmasını (VB max) ve yüzey pürüzlülüğünü (Ra) optimize etmek Taguchi L9 ortogonal dizini, varyans analizi, sinyal-gürültü oranları ve yanıt yüzey metodolojisini kullanmışlardır. Kuru ortamda PVD-TiAlN kaplı WC kesici uçla sertleştirilmiş AISI D2 (65 HRC) çeliğini tornalamışlardır. Regresyon modellerini kullanarak maksimum serbest yüzey aşınmasını ve yüzey pürüzlülüğünü optimize ederek kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızını doğrulamışlardır. Sinyal-gürültü oranlarının ilişki sonuçları, 200 m/dak kesme hızı, 0,2 mm kesme derinliği ve 0,20 mm/dev ilerleme hızı ile Ra'yı, 150 m/dak kesme hızı, 0,4 mm kesme derinliği ve 0,3 mm/dev ilerleme hızı ile VB max optimize etmişlerdir. Varyans analizi ile yüzey pürüzlülüğünü etkileyen ana parametrenin

kesme derinliği olduğu; ilerleme hızının, serbest yüzey aşınmasında en etkili parametre olduğunu belirtmişlerdir [60].

Rajbongshi ve Sarma, çevre dostu olduğu düşünülerek zorlamalı hava soğutmalı durumda kaplamalı karbür takım kullanılarak AISI D2 çeliğinin işlenmesinde çok amaçlı bir optimizasyon yöntemi (Gray ilişkisel analizi) ve Taguchi'nin ortogonal dizi (OA) tekniğini ele almışlardır. Üç farklı seviyede kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğini proses parametreleri olarak kullanmışlardır. Performans parametrelerini yüzey pürüzlülüğü, serbest yüzey aşınması ve kesme kuvveti olarak belirlemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü, serbest yüzey aşınması ve kesme kuvveti değerini elde etmek için işlem parametrelerinin optimum seviyelerini bulmak için gri ilişkisel analiz tekniğı kullanmışlardır. Deneysel çalışmadaki gri ilişkisel derecenin derecesine dayanan optimal seviyeler ve gri ilişkisel dereceden gelen parametrelerin seviye bazında optimal seviyelerini karşılaştırmışlardır [61].

Reis ve arkadaşları, AISI 4340 çeliğinin tornalanmasında farklı talaş kırıcı geometrilerine (MP ve LP) sahip tek kaplamalı sermet ve çok katmanlı kaplamalı karbür takımların kesme performansı ve aşınma davranışlarını araştırmışlardır. Başlangıçta, talaşların sıcaklığı 200, 250 ve 300 m/dak kesme hızları altında incelenmiş, ardından 250 m/dak kesme hızı altında MP talaş kırıcı için takım aşınmasını, aşınma mekanizmalarını ve işlenmiş yüzey kalitesini incelemişlerdir. Sonuç olarak talaş sıcaklığının kesme hızının artmasıyla arttığı ayrıca sermet ve MP talaş kırıcı takımlarda en yüksek talaş sıcaklıklarını gözlemlemişlerdir. Kaplamalı sermet takım ve sinterlenmiş karbür takımlarda serbest yüzey ve krater aşınması oluşmuş ve en fazla aşınma sermet takımlarda görülmüştür. Kesici takımlarda yapışma ve aşındırıcı aşınma mekanizmaları oluşurken, kaplanmış karbür takımda çentik aşınması ve ufalanma gözlemlemişlerdir. Kaplamalı karbür takım ile iyi bir işlenmiş yüzey kalitesi elde etmişlerdir [62].

Çoban, PMD 23 toz metalürjik çeliğinin seramik kesici takım ile tornalanmasında en iyi yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme parametrelerini belirlemeyi amaçlamıştır. Üç farklı kesme hızı (200, 350, 500 m / dak.), Üç farklı ilerleme hızı (0,1–0,2–0,3 mm / dev) ve üç farklı takım ucu yarıçapı (0,4 - 0,8-1,2 mm) kullanmış ve kesme derinliğini

0,8 mm sabit olarak uygulamıştır. Yüzey pürüzlülüğü ve pürüzlülük değişimini kesme hızı, ilerleme hızı ve takım ucu yarıçapı açısından değerlendirmiştir. İşlemlerin özelliklerini araştırmak için varyans analizi (ANOVA) kullanmıştır. Deneysel çalışma sonucunda, kesme parametrelerinin ilerleme hızı ve takım yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi olduğunu ancak kesme hızının etkisinin anlamlı olmadığı bulmuştur [63].

Özbek ve Saruhan, kalıp endüstrisinde yaygın olarak kullanılan AISI D2 takım çeliğinin kuru ve min. miktarda yağlama (MQL) koşullarda işlenmesinde sıcaklık, kesici takım titreşim genliği, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü değerlendirmişlerdir. Deneyler, sabit bir kesme derinliğinde (1 mm) iki farklı kesici takım kaplama türü (CVD-kimyasal buhar biriktirme ve PVD-fiziksel buhar biriktirme) ve üç farklı kesme hızı (60, 90 ve 120 m / dak) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlerleme hızı (0,09 mm / dev). Sonuçlar, kuru kesmeye göre takım aşınması, kesme sıcaklığı ve kesici takım titreşim genliğinin sırasıyla%23, 25 ve%45 daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bu iyileştirmeler sayesinde, iş parçasının yüzey pürüzlülüğünde %89 azalma ve takım ömründe %267'ye kadar bir artış bulmuşlardır [64].

Guo ve arkadaşları, sertleştirilmiş AISI H13 çeliğin işlenmesinde CVD kaplamalı ve kaplamasız sermetler ve sementite karbür takımlar kullanmışlardır. Üç parametrenin (kesme hızı, derinlik ve ilerleme hızı) artmasıyla serbest yüzey aşınmasının arttığı, kaplamalı sermetlerin, kaplamasızlara göre daha uzun bir takım ömrüne sahip olduğu görülmüştür. Kesme derinliği ve ilerleme hızının artması ile kesme kuvveti artar. Daha düşük bir tokluk nedeniyle, kaplamalı sermetlerde çatlaklar daha kolay başlar ve yayılır. Kaplanmış sermetler, kaplanmış sinterlenmiş karbürlere göre daha kısa takım ömrü göstermiştir. Kaplanmış sermetlerin yüksek sıcaklıkta mükemmel difüzyon ve adhesion aşınma direnci ile iyi bir yüzey kalitesi sergilediğini ifade etmişlerdir [65].

Sharma ve arkadaşları, AISI D2 çeliğinin tungsten karbürle tornalanmasında minimum miktarda yağlamada karbon nano tüplerin etkilerini araştırmışlardır. Deneyleri Taguchi tasarımı ve analizi yardımıyla tasarlamışlar ve analiz etmişlerdir. Optimize edilmiş sonuçlar, nano sıvı (NFMQL) kullanılarak minimum miktarda yağlamanın,

kesme bölgesi sıcaklığı ve yüzey pürüzlülüğü açısından geleneksel kesme sıvısı kullanılarak minimum miktarda yağlama tekniğine göre ümit verici sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir [66].

Xu ve arkadaşları Yüksek mukavemetli çeliklerin işlenmesi için iki tür Ti (C, N) içerikli sermet takımı, TMWNC ve TMWC üretmişlerdir. Bu çalışmada, her iki takımın da kesme performanslarını talaş morfolojisi, kesme kuvveti, kesme sıcaklığı ve takım aşınma ve aşınma mekanizmaları açısından incelemişlerdir. Sonuçlar, aynı kesme hızında, TMWC takımının ömrünün TMWNC takımına göre daha düşük kesme kuvveti ve daha yüksek kesme sıcaklığına sahip TMWNC takımından daha uzun olduğunu ortaya koymuştur. TMWNC takımı için kesme hızı arttığında yapışma, aşındırıcı aşınma ve termal-mekanik yorulma etkileri nedeniyle yüzeyde pullanma ve burun kırılması meydana gelmiştir. TMWC takımında ise, yapışma aşınması ve aşındırıcı aşınmanın bir sonucu olarak kırılmalar meydana gelmiştir. Sonuçta yüksek mukavemetli çeliklerin işlenmesinde daha yüksek kırılma tokluğuna sahip TMWNC takım, daha iyi kesici kenar direnci sunduğunu ve daha yüksek sertlik ve sıcak sertliğe sahip TMWC takımın kırılmaya karşı daha iyi direnç gösterdiğini belirtmişlerdir [67].

Son zamanlarda, endüstriler ve araştırmacılar sürdürülebilir, çevre dostu ve temiz üretime odaklandılar. Ayrıca soğutucuların / madeni yağların üretim maliyetlerini ve enerji tüketimini, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda soğutma sıvılarının maliyetinin toplam üretim maliyetlerinin yaklaşık %7-17'sini oluşturduğu ve kesici takım maliyetlerinin yaklaşık %7 olduğu belirtilmiştir [68].

Ayrıca bu çalışmalar, bunları en aza indirmek için kuru işleme, minimum miktarda yağlayıcı (MQL), soğutulmuş hava, sıkıştırılmış soğuk hava, gaz soğutma, hava soğutma, yüksek basınçlı soğutma (HPC) ve katı soğutucular / yağlayıcılar gibi farklı tekniklerin kullanıldığını göstermiştir [69].

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin incelendiği ve son zamanlarda farklı ve çevreci soğutma yöntemleri üzerine çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Toz metalürjisi ile üretilen soğuk takım iş

Çelikleri zerine yapılan çalışmaların yeterli olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada toz metalürjisi yöntemiyle ticari olarak üretilen Böhler K490 Microclean soğuk takım iş çeliğinin karbür ve sermet kesici takımlarla kuru ve buharlı soğuk hava ile işlenmesinde kesici takım performansı ve işlenen yüzeyde elde edilen yüzey pürüzlülükleri incelenmiştir.

BÖLÜM 7

MALZEME VE UYGULAMA

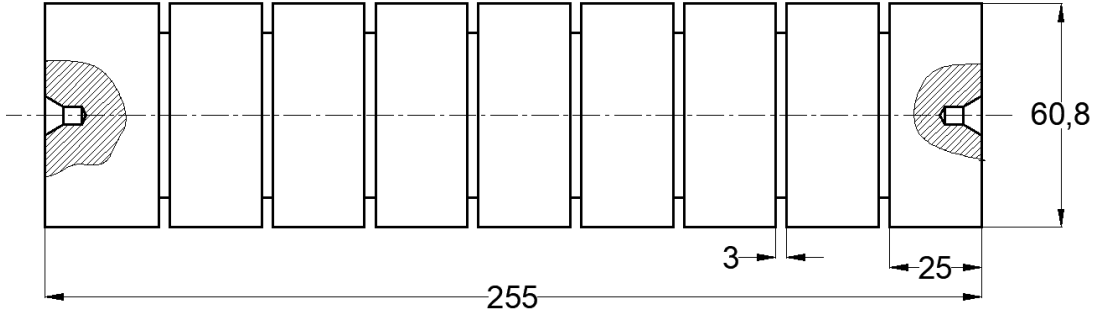
7.1. DENEY NUMUNESİ

Böhler K490 Microclean, birçok alanda kullanılan soğuk iş takım çeliğidir. Yüksek aşınma direnci ve basma direncinin yanı sıra çok iyi düzeyde sertlikle birleşmesiyle arzu edilen uygulamalarda, Böhler K490 Microclean takım çelikleri içerisinde bu özelliklerin hepsini içerdiğini ispatlamıştır. K490 malzemeleri şekillendirme ve delme takımları, kalıplar ve zımbalar soğuk iş takımları, çekme, derin çekme ve ekstrüzyon takımları, madeni para takımları, bükme takımları, vida ovalama takımları, endüstriyel bıçaklar, makine parçaları üretiminde kullanılmaktadır. Çizelge 7.1’de Böhler K490 malzemesinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Çizelge 7.1. Böhler K490 çeliğinin temel kimyasal bileşimi (ağırlıkça %).

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Nb	Diğer İlaveler
1,40	0,59	0,36	6,50	1,47	3,70	3,47	0,21	Kalan

K490 MICROCLEAN malzemesi Böhler Uddeholm Çelik Sanayi ve Tic. A.Ş./Kocaeli firmasından Ø 60,8x255 mm ölçülerinde temin edilmiştir. Malzeme sertliği 255 HRB’dir. Deneylerde kullanılan iş parçası malzemesini ayna punta arasında bağlayabilmek için punta delikleri açılarak 25 mm boyunda kademeler oluşturulmuştur. Oluşturulan 25 mm’lik kısımlar farklı kesme parametreleri ile işlenmiştir. Tornalama deneylerinde kullanılan deney numunenin resmi Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Hazırlanmış deney numunesi.

7.2. CNC TORNA TEZGÂHI

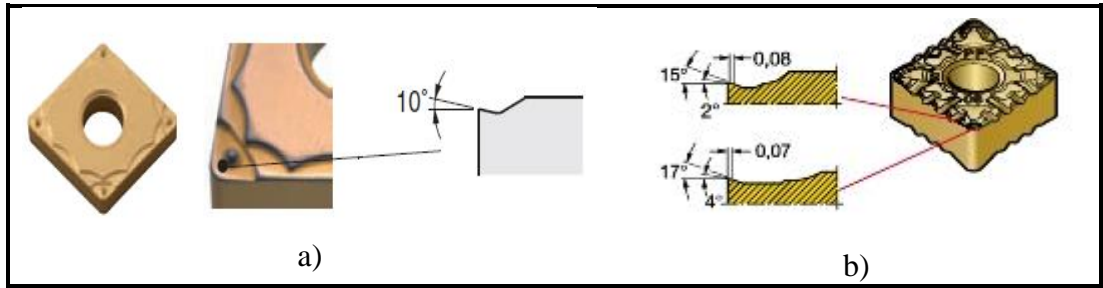
Talaş kaldırma işlemleri Karabük Üniversitesi, TOBB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda bulunan Taksan TTC-550 marka CNC torna tezgâhında yapılmıştır. Takım tezgâhının özelliklerinin bazıları şöyledir: Tezgâh gücü 7,5 kW, devir sayısı max. 5000 dev/dak, hidrolik ayna çapı 200 mm, taret takım sayısı 12, ölçü hassasiyeti 0,01 mm ve işletim sistemi Fanuc'tur. Kullanılan takım tezgâhı Şekil 7.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 7.2. Deneyde kullanılan takım tezgâhı.

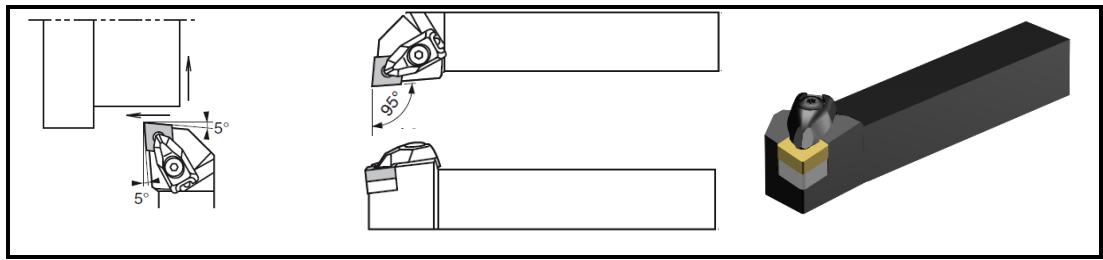
7.3. KESİCİ TAKIMLAR VE TAKIM TUTUCU

Dış çap tornalama deneylerinde Kyocera firması tarafından üretilen CNMG 120404 GP PV7020 kalitesinde ISO kodlu PVD (TiCN) kaplamalı sermet kesici takım ile Sandvik firması tarafından üretilen CNMG 120404 PF 4215 kalitesinde CVD (TiCN+AL₂O₃+TiN) kaplamalı tungsten karbür kesici uçlar kullanılmıştır. GP ve PF bu kesici uçların geometrilerini ifade etme olup ve kesici uç geometrileri Şekil 7.3'te gösterilmiştir.



Şekil 7.3. Kesici uç geometrileri a) GP geometri b) PF geometri [73].

Dış çap tornalama deneylerinde kullanılan takım tutucu, sermet ve karbür kesici takımların geometrileri ve üretici firmaların tavsiyeleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Sermet ve karbür kesici takımları bağlamak için DCLNR 2020 K 12 ISO kodlu dış çap tornalama kateri kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kater Şekil 7.4'te gösterilmiştir.

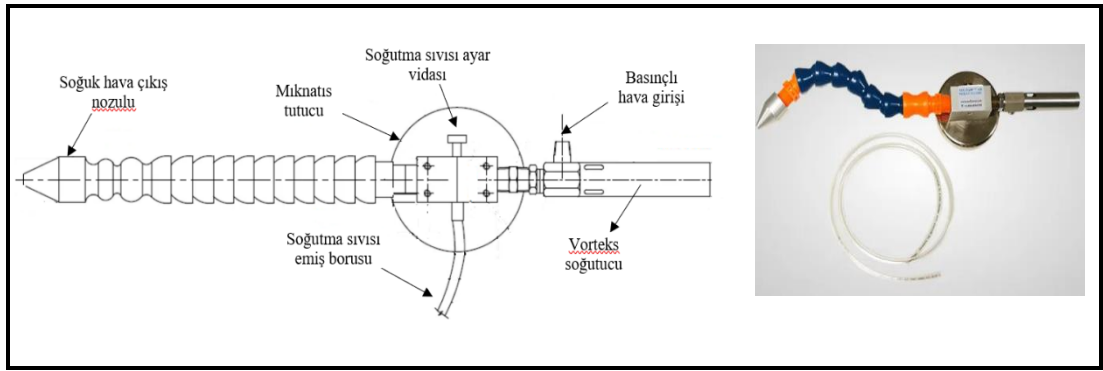


Şekil 7.4. Deneylerde kullanılan dış çap kateri.

7.4. BASINÇLI HAVA SOĞUTMA SİSTEMİ

Soğutma sıvılarının maliyet, çevre ve insan sağlığı gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır. Günümüzde soğutma sıvılarının kullanımını azaltmaya yönelik bir birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışma Nex Flow marka Frigid-X Sub-ZeroVortex

Buharlı soğutma sistemi kullanılmıştır. Vorteks tüpe giren basınçlı havanın sıcaklığı dağıtım tüpündeki sıvıyı yaklaşık 5 derece C⁰'y kadar düşürerek soğutma sıvısını "buğu" şeklinde basınçlı soğutulmuş hava ile dışarıya atar. Bu soğutma ile %20'ye kadar daha az soğutucu/yağlayıcı kullanılarak daha hızlı üretim oranları ve iyileştirilmiş kalite sağlanabilir. Ayarlama vidası ile gereken buhar miktarını kontrol edilir. Basit kullanım, ayar vidası dışında hareketli parçaların olmaması, uzun ömür, düşük maliyetli işletim ve sıfır bakım anlamına gelir. Bu soğutma sistemi Şekil 7.5'te gösterilmiştir.



Şekil 7.5. Buhar püskürtmeli soğuk hava tabancası.

Deneylerde %5 karışım oranında Mobilcut 100 soğutma sıvısı kullanılmıştır. Mobilcut 100, kararlı emülsiyonlar oluşturmak üzere değişik sularla karışabilen konvansiyonel sütsü metal işleme sıvısıdır Çok yönlü performansı, bu ürünü ekonomik performansın ana kriter olduğu, demir ve demir dışı alaşımların geniş yelpazedeki kesme ve taşlama operasyonları için uygun kılar. Mükemmel emülsiyon kararlılığı, takım tezgâhı ve parçaları için uzun süreli korozyondan koruma sağlar. Mobilcut 100 sıvısının özellikleri aşağıda belirtilmektedir;

- Kararlı emülsiyonlar ve solüsyonlar oluşturarak kullanım ve bakım kolaylığı sağlar.
- Uzun süreli yapısal kararlılık ile karışım ömrünü uzatır ve kötü kokuları azaltır.
- Düşük köpüklenme potansiyeline sahip olduğundan yüksek basınçlı sistemlerde bile performansı geliştirir.
- Korozyona karşı yüksek düzeyde koruma sağlayarak tezgâh bakımını ve parçaların yeniden işlenmesini azaltır.

- Geniş uygulama alanı sahip olduğundan daha az ürün çeşidi kullanımı ve envanterleri azaltma potansiyeli sunar.
- Kokusuz çalışma alanı sağlayarak çevresini iyileştirir.

Çizelge 7.2. Soğutma sıvısının özellikleri ve spesifikasyonları.

Kinematik Viskozite @ 40 oC, mm ² /s, ASTM D445	32
Akma Noktası, °C, ASTM D97	10
Özgül Ağırlık 15,6°C'de, ASTM D4052	0,881
pH, Emülsiyon, Distile Suda %10, ASTM E70	10

7.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ

Yüzey pürüzlülük değerleri Mahr marka MarSurf M 300 tipi yüzey pürüzlülük cihazıyla ölçülmüştür. İşlenen yüzeyin beş farklı bölgesinden ölçümler yapılmış ve ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri Çizelge 7.3'de verilmiştir. Yüzey pürüzlülük cihazının görseli ise Şekil 7.6'da verilmiştir.

Çizelge 7.3. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri.

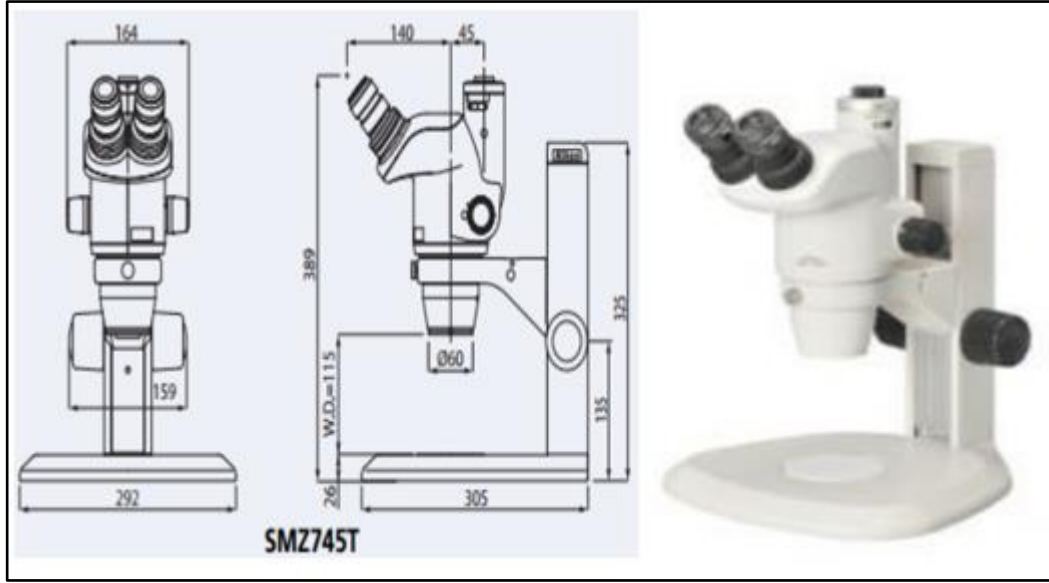
Ölçme Prensibi	Tarama ucunun yöntemi
Girdiler	Endüktif destekli prob
Ölçüm aralığı μm	350-180-90
Temas hızı	0,5 mm/s
Taramanın ucu	2 μm
Ölçümün kuvveti	0,7 mN
Kalibrasyon İşlevi	Dinamik
İşletim Sıcaklık Aralığı	+5 °C± 40 °C
Depolama için Sıcaklık Aralığı	-15 °C± 55 °C
Ağırlık Tahrik ünitesi	Yaklaşık 300 g
Ağırlık Ölçüm aleti	Yaklaşık 1 kg



Şekil 7.6. Yüzey pürüzlülük cihazı.

7.6. KESİCİ TAKIM AŞINMA ÖLÇÜMÜ

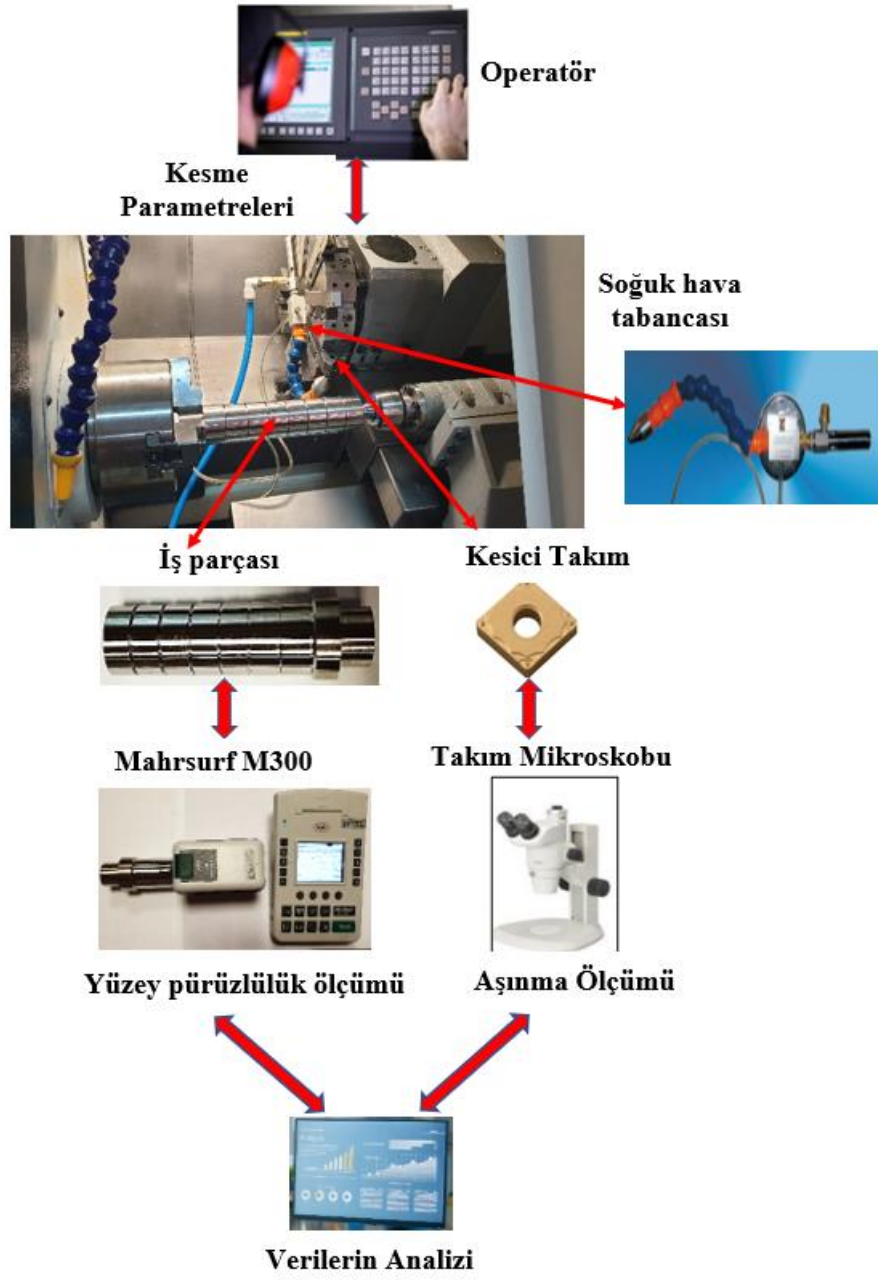
Dış çap tornalama deneyleri sonrasında kesici takımlarda oluşan aşınmaları ve aşınma tiplerini için Nikon SMZ 745T model bir takım mikroskobu kullanılmıştır. Takım mikroskobu 0,67-50X zoom büyütme özelliğine ve 115 mm çalışma mesafesine sahiptir. Mevcut takım mikroskobu ile 100X'e kadar zoom büyütme yapılabilmektedir. Takım mikroskobu 0,01 mm hassasiyetinde X ve Y yönünde hareket eden milimetrik tablaya sahiptir. Kesici takımında oluşan aşınmalar mikroskoba yerleştirilen bir kamera ile bilgisayar ortamına aktarılmakta ve bu görüntüler Clemex Captiva 6.0 bilgisayar yazılımı kullanılarak takımlar incelenebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Takım mikroskobu Şekil 7.7'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan kesici takımların her birinin talaş yüzeyleri ve yan kenar yüzeylerinin görüntüleri alınarak incelenmiştir.



Şekil 7.7. Kesici takım mikroskobu.

7.7. DENEY DÜZENEGİ

Denev sistemi, toz metalürjisi ile ticari olarak üretilen Böhler K490 soğuk takım iş çeliğinin farklı kesme parametrelerinde kuru ve buharlı soğuk hava ile işleminde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne ve kesici takım performansına etkisini içermektedir. Deneyler ilk olarak kuru işleme şartlarında belirlenen kesme parametrelerinde sermet ve karbür kesici takımlar ile işlenmiştir. Daha sonra aynı kesme parametreleri kullanılarak 6 bar hava basıncında soğuk hava tabancası kullanılarak soğutma sıvısı buhar şeklinde kesme bölgesine gönderilerek tornalama işlemi yapılmıştır. Deneylerde belirli bir standart sağlayabilmek adına her bir deney sonrası tezgâh durdurulup, kesme hızı, ilerleme ve kullanılan kesici takım değiştirilmiş ve deneylerde aynı şartlarda tekrarlanarak işleme yapılmıştır. Tornalama işleminden sonra işlenen yüzeylerin beş farklı yerinden yüzey pürüzlükleri ölçümleri yapılmış ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Daha deneylerde kullanılan kesici takımlar takım mikroskobu ile incelenerek görüntüleri alınmıştır. Elde edilen veriler analiz edilerek ilgili sonuçlar elde edilmiştir. Oluşturulan deney düzenegi Şekil 7.8'de gösterilmiştir.



Şekil 7.8. Oluşturulan deney düzeği.

BÖLÜM 8

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Böhler K490 soğuk takım iş çeliğinin tornalanmasında iki farklı kesici takım malzemesi, üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme miktarı girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar kuru ve buharlı soğutma sıvısı kullanılarak yapılmış ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesici takım oluşan aşınmalar incelenmiştir.

8.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşlı imalat işleminin amaçlarından birinin yüzey pürüzlülüğü olduğu bilinmektedir. Bu nedenle işlenen yüzeylerin kalitesinin artırılması oldukça önem arz etmektedir. İşleme yöntemleri ve parametreleri, kesici takım malzemesinin kalitesi ve geometrisi, iş parçası malzemesinin özellikleri vb. gibi birçok değişkeninin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi olmaktadır. Literatürde ve ortalama yüzey pürüzlülüğünün teorik olarak hesaplanmasında en önemli parametrenin ilerleme miktarı olduğu da bilinmektedir. Bu bağlamda üç farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme miktarı, sabit kesme derinliğinde karbür ve sermet kesici takımlarla kuru ve buharlı soğuk hava şartları altında tornalama işlemi yapılmış elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

8.1.1. Kuru İşlemede Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Kuru işleme, kesme sırasında herhangi bir soğutucu/yağlayıcı kullanılmayan bir işlemdir, kesme sıvılarının kontaminasyonundan, bertarafından ve tehlikesinden uzak durmak için uygulanır. Kuru işleme, yüksek sürtünmeye neden olarak sıcaklığın artmasına neden olur. Kuru işleminin takım aşınması, takım ömrünün kısalması, yüzey pürüzlülüğünün bozulması ve iş parçasının metalürjik özellikleri gibi bazı olumsuz etkileri vardır. Kesici takım malzemelerindeki gelişmeler, kaplama

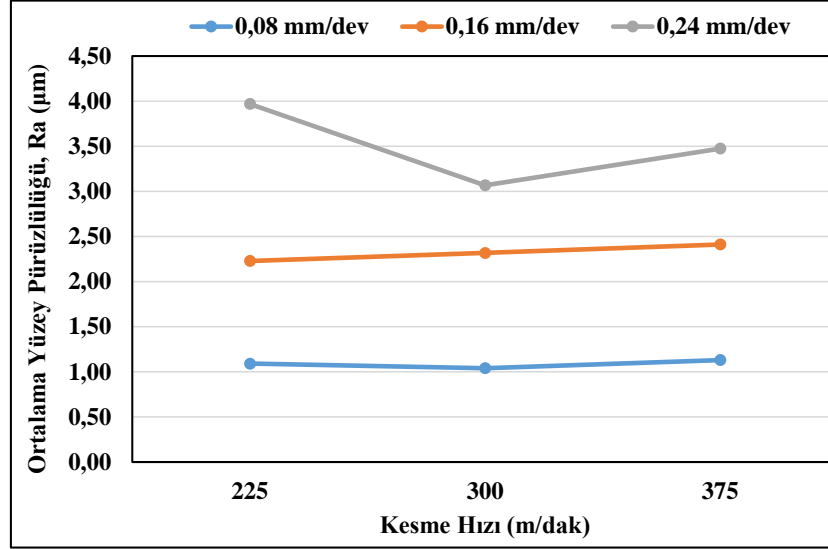
özellikleri, kesici takım geometrileri ve kesme parametrelerinin optimizasyonu bugünlerde bazı malzemelerin kuru işlenmesine imkân sağlamakta ve kesme sıvılarını kullanmadan sürdürülebilir üretime katkıda bulunmaktadır. Buna ek olarak, kuru kesme termal şoku azaltarak ve darbeli işlemede takım ömrünü uzatır.

Deneysel çalışmada iş parçası soğutma sıvı kullanmadan kuru işlenmiş ve işlenen yüzeylerin beş farklı noktasında ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonrasında elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri hesaplanmıştır. İşlenebilirlik deneylerinden elde edilen sonuçlar önce karbür ve sermet kesici takımlar için ayrı ayrı grafikler oluşturularak bir değerlendirme ve her iki kesici takım için tek bir grafik oluşturularak bir karşılaştırma yapılmıştır. Böhler K490 toz metalürjik çeliğinin sermet ve karbür kesici takımlarla kuru olarak tormalanmasında elde edilen ortalama Ra değerlerinin grafikleri Şekil 8.1 ve Şekil 8.2.'de verilmiştir.

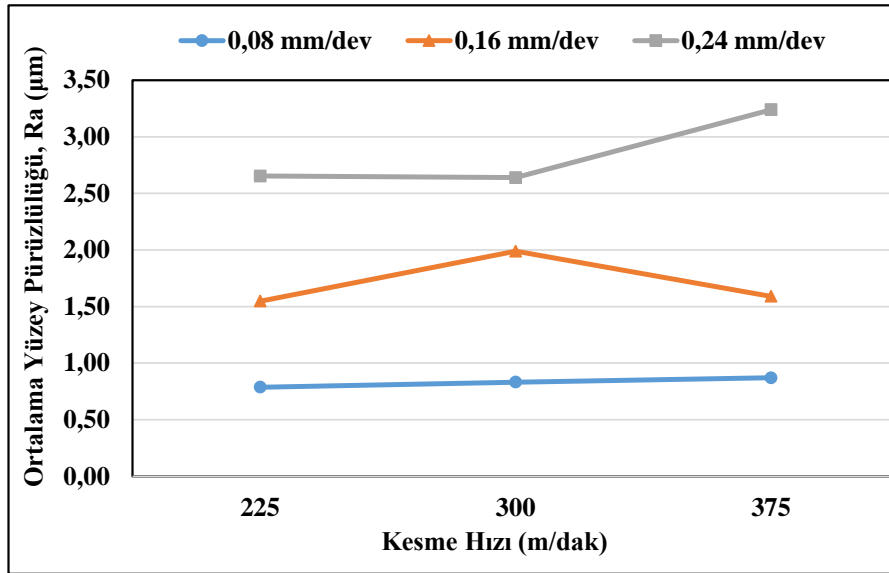
Şekil 8.1'deki grafik incelendiğinde sermet kesici takımla kuru işlemede üç farklı kesme hızında ilerleme miktarının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir. Bu artış beklenen bir durum olup ilerleme miktarının artmasıyla talaş kesiti ve hacmi artmakta ayrıca ilerleme talaşın kısmen biçimlendirilmesine neden olduğundan ilk deformasyon bölgesindeki kırılmalar sonucu yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olmaktadır [74-75]. Düşük yüzey pürüzlülüğü değeri elde etmek için kesme hızının artması ilerleme hızının düşük tutulması önerilmektedir. Sermet ile işlemede en düşük yüzey pürüzlülük değeri (1,042 μm) 300 m/dak kesme hızında 0,08 mm/dev ilerlemede elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise (3,970 μm) 225 m/dak kesme hızında 0,24 mm/dev ilerlemede elde edilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü genel olarak kesme hızının artması ile düştüğü ifade edilmektedir. Ancak sermet ile kuru işlemede elde edilen bulgular bu eğilimi destekler nitelikte değildir. Sadece 0,24 mm/dev ilerleme miktarında kesme hızı 225 m/dak kesme hızından 300 m/dak kesme hızına yükseldiğinde Ra değerinde yaklaşık %22 bir azalma görülmüştür. Bu durum yüksek kesme hızlarında takım talaş ara yüzeyinde sıcaklı artışıyla plastik deformasyon işleminin kolaylaşmasına atfedilebilir. Kesme hızının belirli seviyedeki artışı yüzey pürüzlüğünde iyi bir değer sağlanırken yüksek seviyelerde kötüleşme sağlanabilir. 0,24 mm/dev ilerlemede kesme hızı 375 m/dak

çıkıldığında Ra değerinde bir artış olduğu görülmüştür. Kesme hızının artmasıyla oluşan yüksek sıcaklık artışı takım aşınmasını arttırmakta ve aynı zamanda tezgâhta oluşan titreşimler kötü yüzey kalitesine neden olmaktadır [70-71].



Şekil 8.1. Sermet kesici takımla kuru işlemede yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.

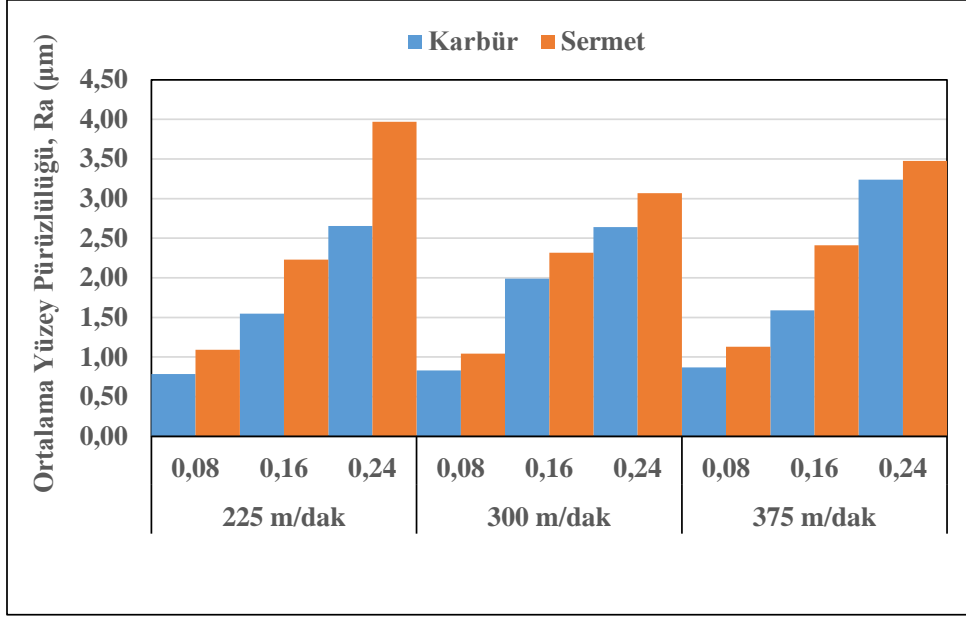


Şekil 8.2. Karbür kesici takımla kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.

Şekil 8.2'deki grafikte karbür kesici takımla işlemede elde edilen Ra değerleri gösterilmiştir. Karbür kesici takımla kuru işlemede en düşük Ra değeri 0,787 µm ölçülmüştür. Bu değer 225 m/dak kesme hızı ve 0,08 mm/dev ilerlemede elde

edilmiştir. En yüksek Ra değeri 3,239 μm ise 375 m/dak kesme hızı 0,24 mm/dev ilerlemede elde edilmiştir. Karbür ile işlemede de ilerleme miktarının artmasıyla Ra değerlerinin arttığı görülmektedir. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında kesme hızının artmasıyla Ra değerlerinde yaklaşık %5'lik bir artış görülmüştür. 0,16 mm/dev ilerleme miktarında ise kesme hızı 225 m/dak'dan 300 m/dak çıkarıldığında Ra değerinde yaklaşık olarak %22 bir artış görülürken, 375 m/dak kesme hızında ise yaklaşık %25'lik bir azalma görülmüştür. 0,24 ilerleme miktarında 375 m/dak kesme hızında Ra değerinde bir önceki kesme hızına göre %18'lik bir artış olmuştur.

Şekil 8.3'te karbür ve sermet kesici takımlarla kuru işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Her iki kesici takımla işlemede elde edilen Ra değerleri benzer eğilimler göstermiştir. Sermet kesici takımlarla elde edilen Ra değerleri karbür kesici takımla elde edilen Ra değerlerinden daha yüksektir. Kesici takım malzemeleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, 225 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının artmasıyla birlikte sermet kesici takımlarla elde edilen Ra değerinde karbürle elde edilen Ra değerine göre %28-%33 bir artış görülmüştür. 300 m/dak kesme hızında Ra değerindeki artış %14-20 olurken 375 m/dak kesme hızındaki artış ise %7 ila %34 arasında olmuştur. Sermet kesici takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülüğündeki bu artış takım aşınmasına atfedilebilir. Özellikle düşük hızlarında bu artışın daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum düşük kesme hızlarında yüksek kesme kuvvetleri ve yığıntı talaş oluşumu yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olmaktadır. Tungsten karbür esaslı kesici takımların mekanik dayanımları ve aşınma dirençleri sermetlerden daha yüksek olduğundan daha iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir [72].



Şekil 8.3. Kuru işlemede yüzey pürüzlüğünün kesici takım malzemelerine göre değişimi.

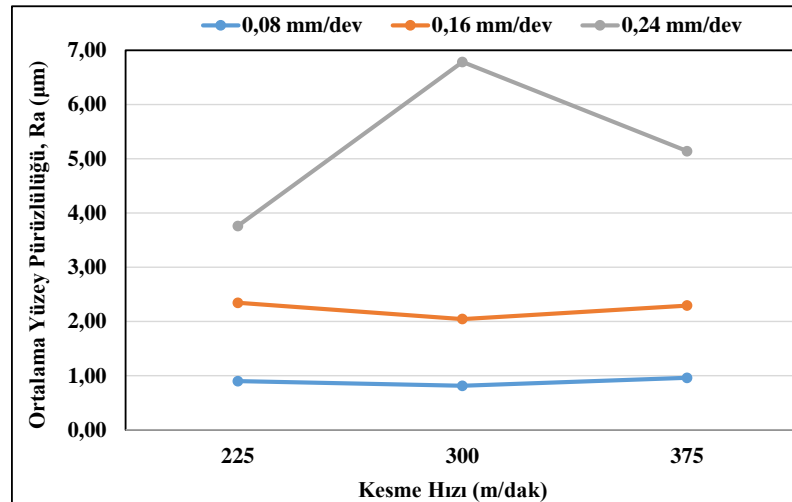
8.1.2. Buharlı Soğuk Hava ile İşlemede Elde Edilen Yüzey Pürüzlülükleri

Talaşlı imalatın amacı, en düşük maliyetle en yüksek boyutsal doğruluğu ve yüzey bütünlüğünü elde etmektir. Alaşımli çeliklerin işlenmesinde, kesme bölgesinde yüksek ısı oluşur ve bu yüksek takım aşınması, düşük takım ömrü ve düşük yüzey kalitesi ile sonuçlanır. İyi yüzey kalitesi ve takım ömrü elde etmek genel olarak soğutma sıvıları/yağlayıcılar için yaygın olarak kullanılır. Ayrıca soğutucuların/yağlayıcıların çevreye ve insan sağlığına verdiği zarar oldukça fazladır. Bu nedenle, son zamanlarda bu olumsuz etkileri azaltmak için sürdürülebilir üretime doğru bir eğilim var. Sürdürülebilir üretim, soğutucu / yağlayıcıların kullanımını, çevresel atıkları ve enerji tüketimi azaltılarak sağlanabilir. Bu amaçla Böhler K490 TM soğuk takım iş çeliğinin buharlı soğuk hava (mist cold air cooling) ile işlenebilirliği araştırılmıştır.

Deneyisel çalışmada iş parçası sermet ve karbür kesici takımlarla buharlı soğuk hava kullanılarak işlenmiş ve işlenen yüzeylerin beş farklı noktasından ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonrasında elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak Ra (ortalama yüzey pürüzlülük) değerleri hesaplanmıştır.

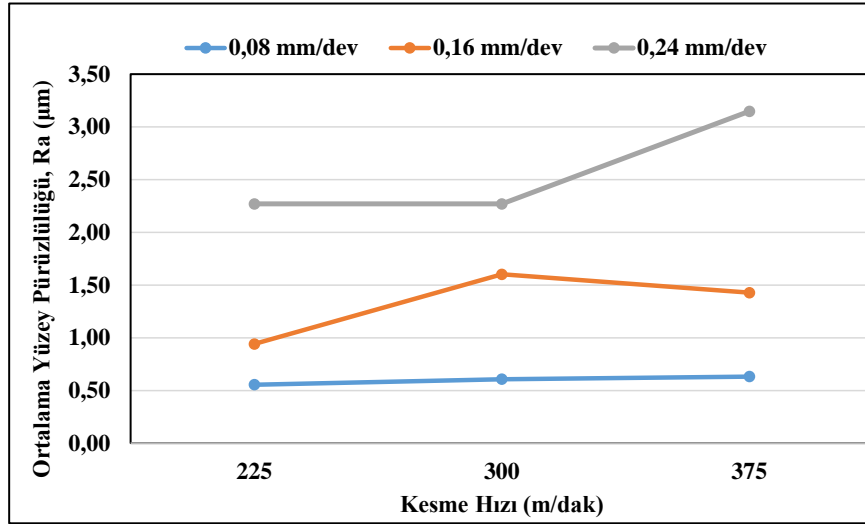
Böhler K490 çeliğinin buharlı soğuk hava kullanarak sermet kesici takımla işlenmesi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 8.4'te gösterilmiştir. Sermetle buharlı soğuk hava ile işlemede en düşük yüzey pürüzlülüğü 300 m/dak kesme hızı ve 0,08 mm/dev ilerleme ile elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü 300 m/dak kesme hızı, 0,24 mm /dev ilerleme miktarında elde edilmiştir. İlerleme miktarının artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmüştür. Özellikle 0,24 mm/dev ilerleme miktarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri oldukça yüksek ölçülmüştür. Bunun nedeni kaldıran talaş hacmine ve kesme kuvvetlerindeki artışına atfedilebilir. Yüksek kesme kuvvetlerindeki artış titreşime neden olabilir. Ayrıca kesici takım iş parçası üzerinde büyük adımlarla ilerlediğinden oluşan izlerin aralığı arttığından pürüzlülüğün atmasına neden olmuştur.

0,08 mm/dev ilerleme ve 0,16 mm/dev ilerleme miktarında oluşan yüzey pürüzlülük değerleri tüm kesme hızlarında benzer eğilimler göstermiştir. Her iki ilerleme miktarında kesme hızının 225 m/dak'dan 300 m/dak çıkması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %10 ila %12 arasında bir azalma 300 m/dak kesme hızından 375 m/dak kesme hızına çıkarılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %10 ila %15 arasında bir artış görülmüştür.



Şekil 8.4. Sermet kesici takımla buharlı soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi.

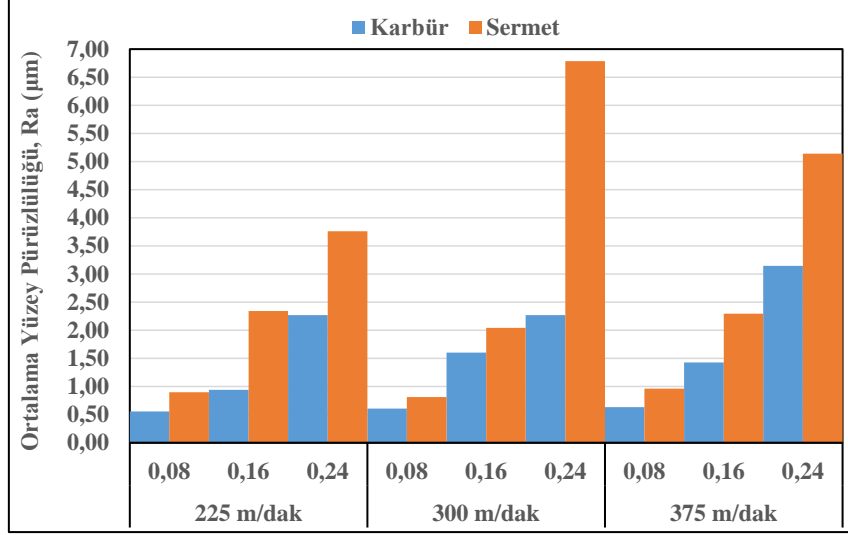
Şekil 8.5'teki grafikte karbür kesici takımla işlemede elde edilen Ra değerleri gösterilmiştir. Karbür kesici takımla buharlı soğuk hava ile işlemede en düşük Ra değeri 225 m/dak kesme hızı ve 0,08 mm/dev ilerlemede 0,555 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek Ra değeri 3,239 μm ise 375 m/dak kesme hızı 0,24 mm/dev ilerlemede elde edilmiştir. Karbür ile işlemede de ilerleme miktarının artmasıyla Ra değerlerinin arttığı görülmektedir. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında kesme hızının artmasıyla Ra değerlerinde yaklaşık %4 ila %8'lik bir artış görülmüştür. 0,16 mm/dev ilerleme miktarında ise kesme hızı 225 m/dak'dan 300 m/dak çıkarıldığında Ra değerinde yaklaşık olarak %41 bir artış görülürken, 375 m/dak kesme hızında ise yaklaşık %12'lik bir azalma görülmüştür. 0,24 ilerleme miktarında 225 m/dak ve 300 m/dak kesme hızlarında aynı Ra değeri elde edilirken 375 m/dak kesme hızındaki Ra değerinde bir önceki kesme hızına göre %28'lik bir artış olmuştur.



Şekil 8.5. Karbür kesici takımla buharlı soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.

Şekil 8.6'da karbür ve sermet kesici takımlarla kuru işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Her iki kesici takımla işlemede elde edilen Ra değerleri benzer eğilimler göstermiştir. Sermet kesici takımlarla elde edilen Ra değerleri karbür kesici takımla elde edilen Ra değerlerinden daha yüksektir. Kesici takım malzemeleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, 225 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının artmasıyla birlikte sermet kesici takımlarla elde Ra değerinde karbürle elde edilen Ra değerine göre %38 ila %60 bir artış görülmüştür.

300 m/dak kesme hızındaki Ra değerindeki artış %22 ila %67 olurken 375 m/dak kesme hızındaki artış ise %34 ila %39 arasında olmuştur.



Şekil 8.6. Kuru işlemede yüzey pürüzlüğünün kesici takım malzemelerine göre değişimi.

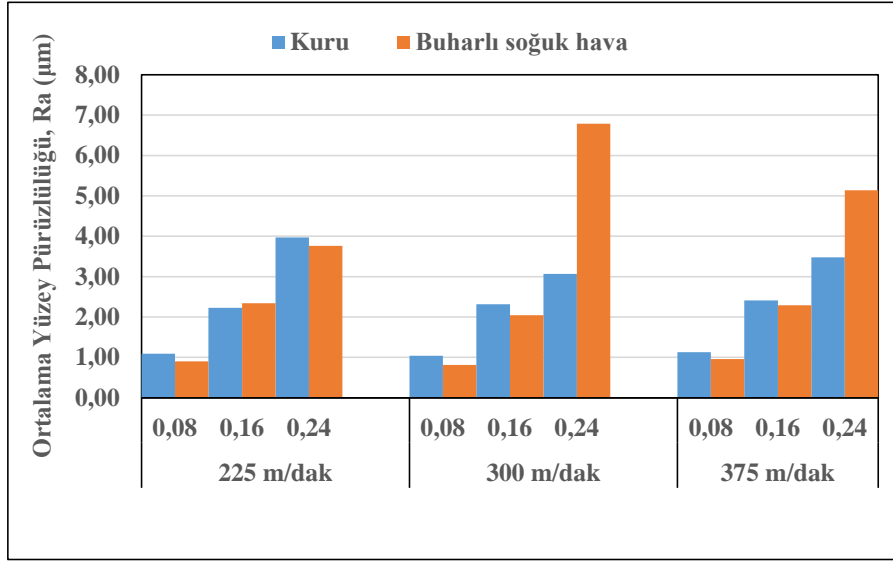
Şekil 8.7’teki grafikte sermet kesici takımla kuru ve buharlı soğuk hava ile işleme sonrası oluşan Ra değerleri karşılaştırılmıştır. Buharlı soğutma ile işlemede kuru işleme göre 0,08 mm/dev ilerleme miktarında 225 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülük değerinde %18’lik azalma, 300 m/dak kesme hızında %5’lik bir artış ve 375 m/dak kesme hızında %5’lik bir azalma görülmüştür.

0,16 mm/dev ilerlemede, Ra değerinde 225 m/dak kesme hızında %22, 300 m/dak kesme hızında %12 bir azalma görülürken 375 m/dak kesme hızında ise %121’lik bir artış görülmüştür.

0,24 mm/dev ilerlemede, Ra değerinde 225 m/dak kesme hızında %15, 300 m/dak kesme hızında %5 azalma varken 375 m/dak kesme hızında %148’lik bir artış görülmüştür.

Buharlı soğuk hava ile işlemede elde edilen Ra değerlerinin düşük olması takım talaş arasında oluşan sıcaklığın ve takım aşınmasının azalmasına atfedilebilir. Buharlı soğuk hava hem soğutma hem de yağlama işlemi yaptığından kesici takım ile iş parçası

arasındaki sürtünmeyi de düşürmektedir. Sermet kesici takımlarda işlemede işleme şartları karşılaştırıldığında kesme hızının ve ilerlemenin artmasıyla yüzdelik değişimlerin azaldığı ve hatta Ra değerlerinin kötüleştiği görülmektedir. Bu durum yüksek işleme parametrelerinde soğutma ve yağlamanın yetersiz olduğunu göstermektedir. Ayrıca çıkan talaşlar soğuk buhar nozulunun konumu değiştirmekte bu da Ra değerlerinde kötüleşmeye neden olmaktadır.

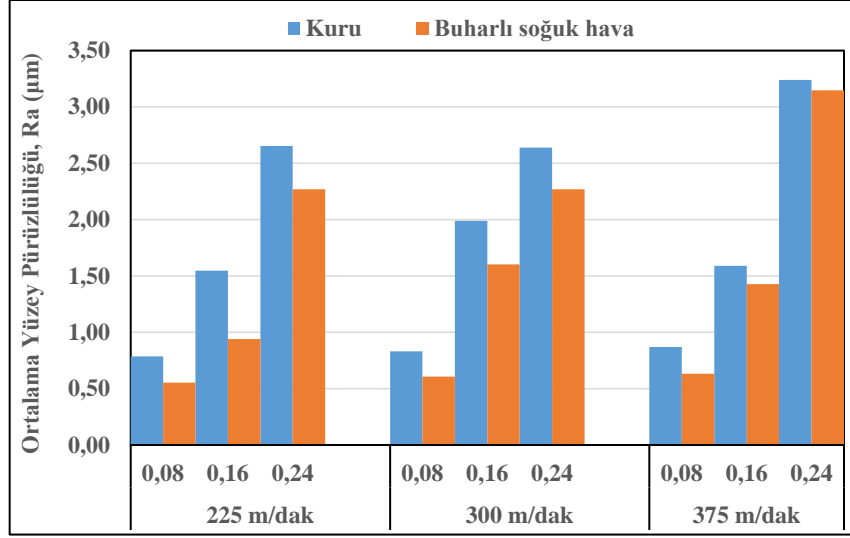


Şekil 8.7. Sermet ile işlemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

Şekil 8.8'teki grafikte karbür kesici takımla kuru ve buharlı soğuk hava ile işleme sonrası oluşan Ra değerleri karşılaştırılmıştır. 0,08 mm/dev ilerleme miktarında 225 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülük değerinde buharlı soğuk hava ile işlemede kuru işlemeye göre %29, 300 m/dak kesme hızında %39 ve 375 m/dak kesme hızında %14'lük bir azalma görülmüştür.

0,16 mm/dev ilerlemede, Ra değerinde 225 m/dak kesme hızında %27, 300 m/dak kesme hızında %19, 375 m/dak kesme hızında %14'lük bir azalma görülmüştür.

0,24 mm/dev ilerlemede, Ra değerinde 225 m/dak kesme hızında %27, 300 m/dak kesme hızında %10, 375 m/dak kesme hızında %3'lük bir azalma görülmüştür.



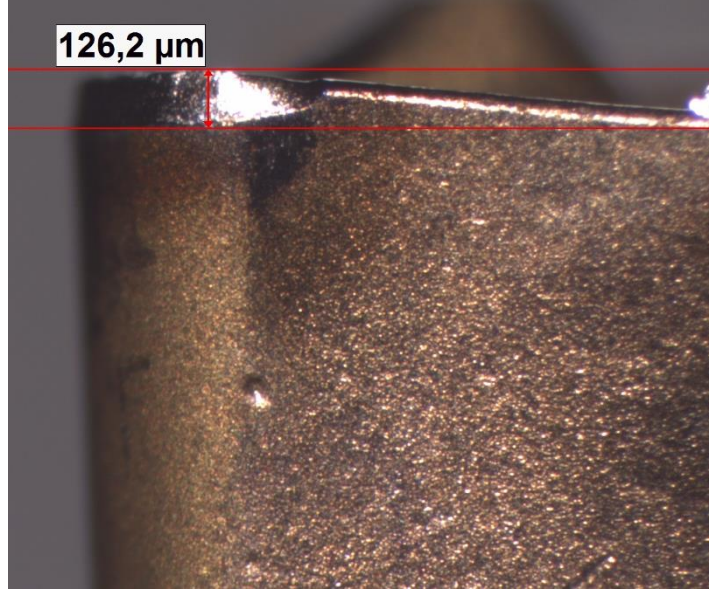
Şekil 8.8. Karbür ile işlemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

8.2. KESİCİ TAKIM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Böhler K490 toz metalürjik çeliğinin sermet ve karbür kesici takımlarla kuru ve buharlı soğuk hava şartlarında sabit kesme derinliğinde, farklı kesme hızı ve ilerleme ile işlenmesinden sonra kesici takımlarda oluşan aşınmalar takım mikroskobu ile incelenmiştir. Sermet ve karbür kesici takımlardaki aşınmaların aynı şartlarda oluşması için iş parçasından her bir kesici takım ve işleme parametresinde 15 mm³ talaş kaldırılmıştır. Kesici takımların talaş yüzeyleri ve yan kesme kenarları 50x büyütmede incelenerek Clemex Captiva yazılımında görüntüler üzerinden ölçümler yapılmıştır.

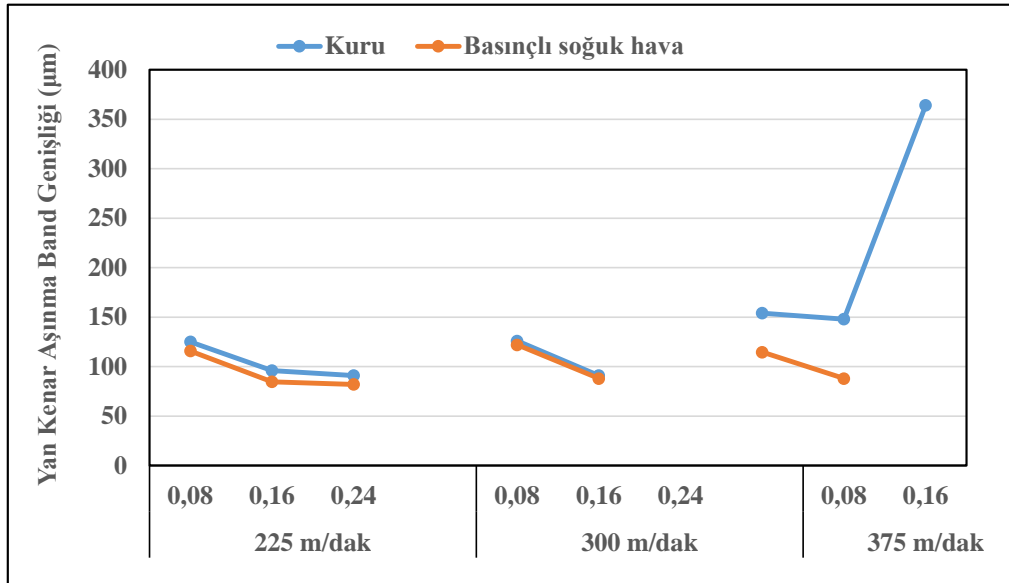
8.2.1 Sermet Kesici Takım Performansının İncelenmesi

Farklı işleme parametrelerinde kuru ve buharlı soğuk hava ile işlemede sermet kesici takımların yan kenarlarının ve talaş yüzeylerinin takım mikroskobu ile görüntüleri incelenmiş ve yazılım ile kesici takımların yan kenarlarında oluşan aşınma band genişlikleri ölçülmüştür. Ölçümün nasıl yapıldığı Şekil 8.9'da gösterilmiştir.



Şekil 8.9. Sermet kesici takımında oluşan yan kenar aşınma miktarının ölçümü.

Sermet kesici takımlarla kuru ve buharlı soğuk hava ile işlemede oluşan aşınma miktarlarının işleme parametrelerine göre değişimi Şekil 8.10’da gösterilmiştir.

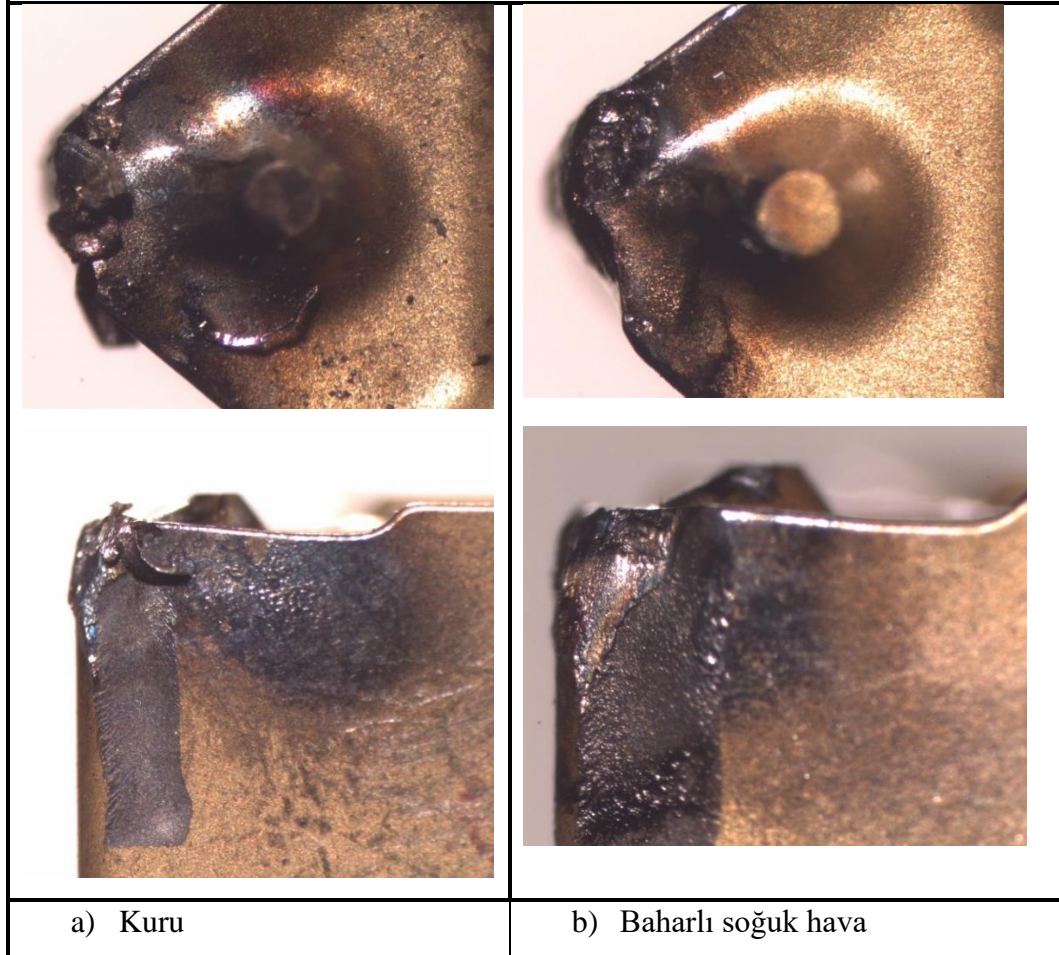


Şekil 8.10. Sermet kesici takımla işlemede oluşan aşınma miktarları.

Sermet kesici takımlarla 225 m/dak kesme hızında işlemede ilerlemenin artması ile aşınma miktarının azaldığı görülmektedir. İlerlemenin artması ile kesici kenarın iş parçasına temas süresi kısalmakta bu da sıcaklık oluşumunu azaltmaktadır. Aynı zamanda buharlı soğuk hava kesme bölgesindeki sıcaklığı ve kesme sıvısının talaş

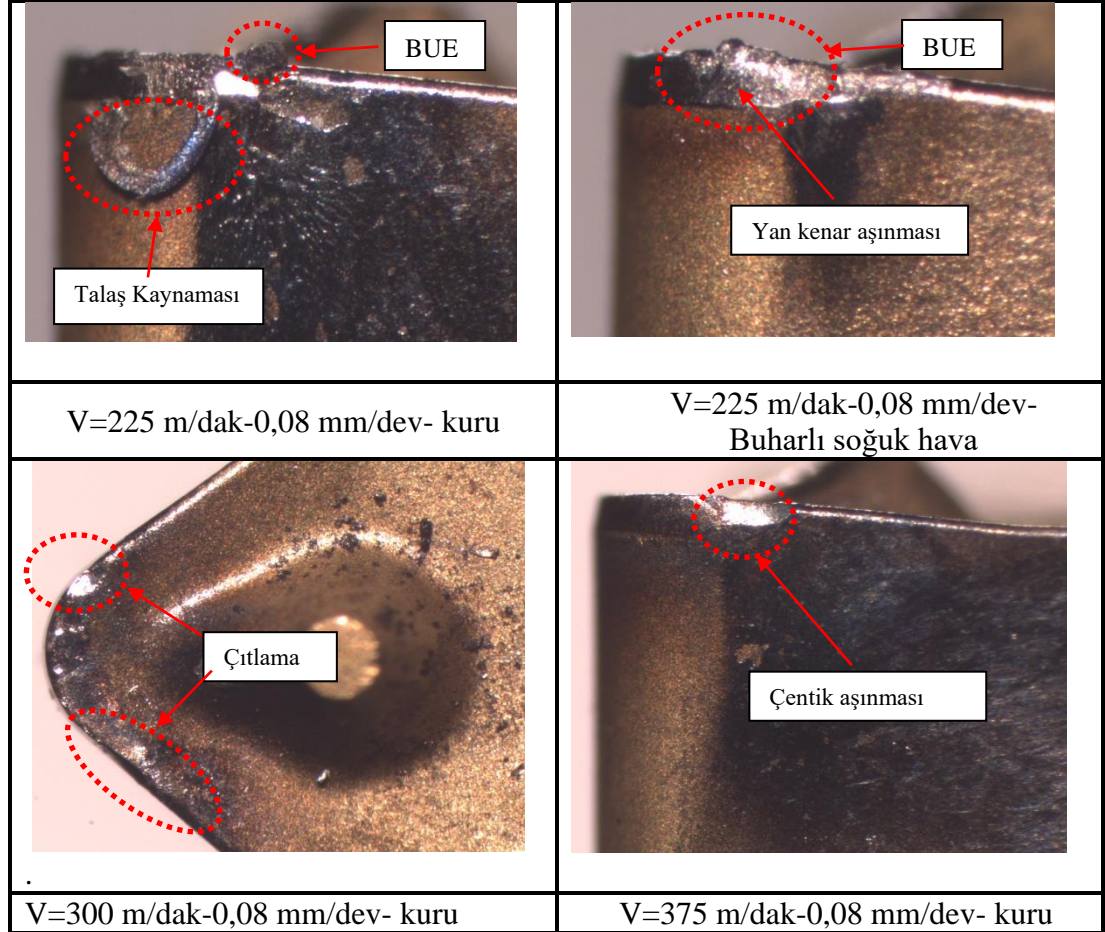
sıvanmasını azalmaktadır. Basınçlı soğuk hava ile işlemede kuru işlemeye göre takım aşınmasında %7 ila %12 arasında bir azalma olmuştur.

300 m/dak kesme hızında takım aşınmalarında benzer bir eğilim söz konusudur. 0,08 mm/dev ve 0,16 mm/dev ilerleme miktarlarının takım aşınmasında %12-%14 arasında bir azalma görülmüştür. Ancak 0,24 mm/dev ilerleme miktarında hem kuru hem de buharlı soğuk hava ile işlemede kesici kırılmış ve takım ömrünü tamamlamıştır (Şekil 8.11). İlerleme miktarının artması ile kesme kuvvelerinde bir artış meydana gelir. Sermetlerin toklukları karbürlerden düşük olduğundan sermetlerde çatlak ve kırılmalar başlar ve bu çatlaklar daha kolay yayılabilir. Bu nedenle ağır işleme şartlarında karbürlere göre daha kısa bir takım ömrü gösterirler [59].



Şekil 8.11. Sermet kesici takımında 300 m/dak kesme hızı ve 0,24 mm ilerleme oluşan kırıklar.

Sermet kesici takımında benzer kırılma 375 m/dak kesme hızı, 0,24 mm/dev ilerleme ve buharlı soğuk hava ile işlemede de oluşmuştur. Aynı işleme parametresinde kuru işlemede en fazla aşınma meydana gelmiştir.

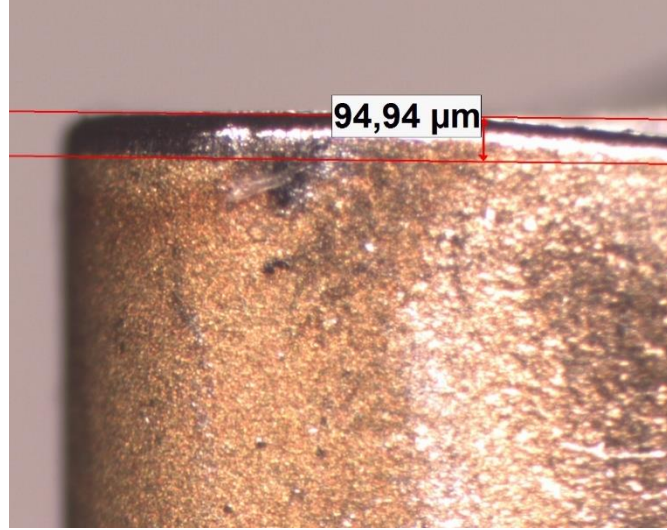


Şekil 8.12. Sermet kesici takımında oluşan aşınma mekanizmaları ve tipleri.

Sermet kesici takımlarda kuru ve buharlı soğuk hava ile işlemede genellikle abresiv ve adhesiv aşınma mekanizmalarının olduğu görülmektedir. Düşük kesme hızlarında kuru işlemede adhesiv aşınma mekanizması sonucu yığıntı talaş oluşumu (BUE) görülürken buharlı soğuk hava ile BUE oluşumunda bir azalma görülmüştür. Sermet kesici takımların keskin kenarlarında makro kırılmalar görülmektedir. Özellikle bu kırılmaların kuru işlemede daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca 300 m/dak ve 375 m/dak kesme hızlarında ilerlemenin tüm seviyelerinde her iki işleme şartında sermet kesici takımlarda çentik aşınması görülmüştür (Şekil 8.12).

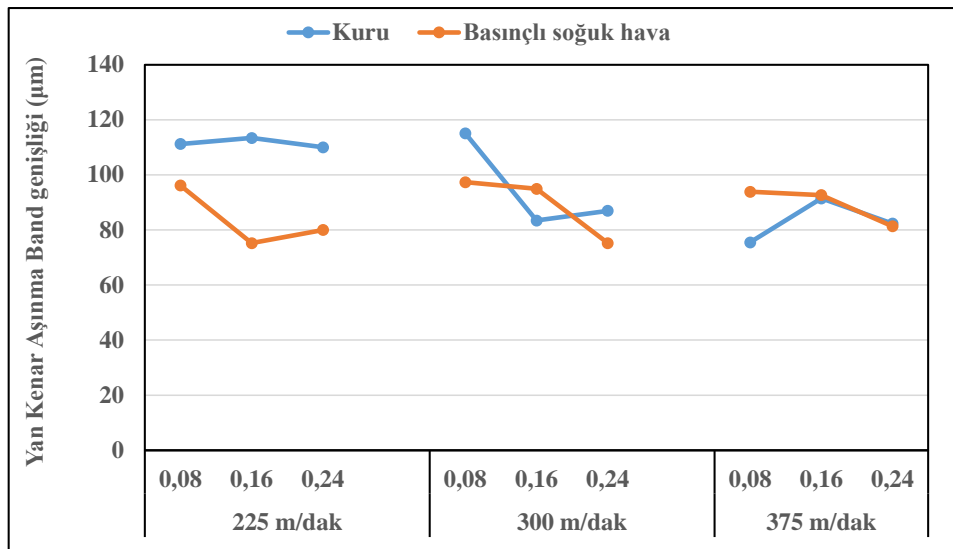
8.2.2 Karbür kesici takımda oluşan aşınmaların incelenmesi

Farklı işleme parametrelerinde kuru ve buharlı soğuk hava ile işlemede karbür kesici takımlarda oluşan aşınma yan bant genişliklerinin takım mikroskobu ile görüntüleri alınmış ve yazılım ile yan kenar aşınma band genişlikleri ölçülmüştür (Şekil 8.13).



Şekil 8.13. Karbür kesici takımında oluşan yan aşınma miktarının ölçümü.

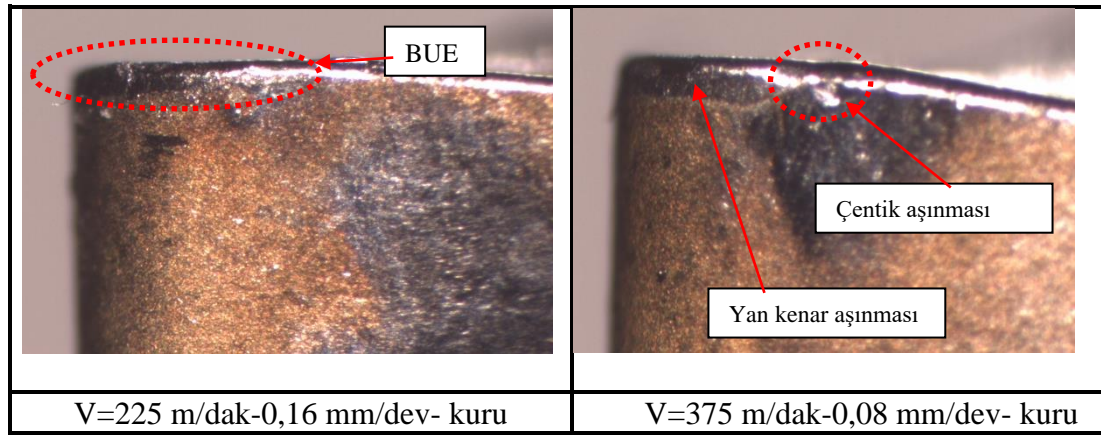
Karbür kesici takımlarla kuru ve buharlı soğuk hava ile işlemede oluşan aşınma miktarlarının işleme parametrelerine göre değişimi Şekil 8.14’te gösterilmiştir.



Şekil 8.14. Karbür kesici takımla işlemede oluşan aşınma miktarları.

Karbür kesici takımlarla 225 m/dak kesme hızında işlemede ilerlemenin 0,08 mm/dev 0,16 mm/dev ilerlemeye çıkması buharlı soğuk hava ile işlemede aşınma miktarının azaldığı görülmektedir. Basınçlı soğuk hava ile işlemede kuru işleme göre takım aşınmasında %14 ila %37 arasında bir azalma olmuştur. Buharlı soğuk havanın düşük kesme hızlarında iyi bir soğutma ve yağlama yaptığı söylenebilir. Ayrıca karbür takımlardaki çok katlı kaplamanın da bir etkisi olduğu düşünülmektedir (Şekil 8.14).

Karbür ile kuru ve buharlı şartlar altında işlemede takım aşınmalarında benzer bir eğilim söz konusudur. 0,08 mm/dev ve 0,16 mm/dev ilerleme miktarlarının takım aşınmasında %12-%14 arasında bir azalma görülmüştür. 300 m/dak ve 375 m/dak kesme hızlarında buharlı soğuk havanın etkisi tam olarak görülemediği. Bunun nedeni yüksek kesme hızı ve ilerlemede talaş hızı artmakta ve oluşan talaşlar buharlı soğutmadaki nozulun yönünü değiştirebilmektedir. Nozulun yönü değiştiğinde iyi soğutma gerçekleşmediğinden takım aşınmalarında bir artış söz konusu olabilmektedir.



Şekil 8.15. Karbür kesici takımda oluşan aşınma mekanizmaları ve tipleri.

Karbür kesici takımlarda kuru ve buharlı soğuk hava ile işlemede de genellikle abrasiv ve adhesiv aşınma mekanizmalarının oluştuğu görülmektedir. Düşük kesme hızlarında kuru işlemede karbürlerde oluşan yığıntı talaşın (BUE) sermetlere göre daha az olduğu görülmektedir. Karbür takımlarda oluşan çentiklerin sermetlere göre daha az olduğu görülmektedir (Şekil 8.15).

Sermet ve karbür kesici takımların kuru ve buharlı işleme şartlarında yan kenar aşınma performansları incelendiğinde en iyi aşınma direncini karbür takım göstermiştir. Karbür takımda oluşan aşınmanın daha az olmasının nedeni çok katlı bir kaplamaya (Ti(C,N)+ Al₂O₃ +TiN) sahip olması ayrıca ikinci katmanda Al₂O₃ bulunmasıdır. Her iki kesici takım malzemesinde de Ti(CN) alt kaplama maddesi olup çok iyi bir yapışma ve yüksek aşınma direnci sağlar. Karbür takımlarda Al₂O₃ ve TiN ayrıca iyi bir direnç sağlayarak yanak aşınmasını en aza indirir [29-63-66].

BÖLÜM 9

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

9.1 SONUÇLAR

Böhler K490 toz metalürjik çeliğinin kuru ve buharlı soğuk hava ile dış çap tornalama işleminde kesici takım malzemesinin, kesme hızının ve ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sabit 0,5 mm talaş derinliği (a_p) alınarak finiş işlemi uygulanmıştır. İşlenebilirlik deneylerinde kaplamalı sermet ve tungsten karbür kesici takımlar, üç farklı seviyede kesme hızı (225,300,375 m/dk) ile üç farklı seviyede ilerleme miktarı (0,08, 0,16, 0,24 mm/dev) olarak kullanılmıştır. Deney numunesi belirlenen parametrelerde işlenmiş ve işleme sonrası işlenen yüzeyde yüzey pürüzlülükleri ile kesici takım aşınmaları ölçülmüştür.

Deneysel sonuçlarda elde edilen bulgular aşağıda belirtilmiştir.

- İlerleme miktarının artmasıyla kuru ve buharlı soğuk hava ile işlemede ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde genel olarak bir artış olduğu görülmüştür.
- En düşük yüzey pürüzlülük değeri kaplamalı tungsten karbür takımla 225 m/dak kesme hızı, 0,08 mm/dev ilerleme miktarı buharlı soğuk hava ile işlemede 0,555 μm olarak ölçülmüştür.
- En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri kuru işlemede sermet kesici takımla 300 m/dk kesme hızı ve 0,24 mm/dev ilerleme miktarında 6,785 μm olarak ölçülmüştür.
- Genel olarak sermet ve karbür kesici takımlarla buharlı soğuk hava ile işlemede kuru işleme göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

- Kuru ve buharlı soğuk hava şartlarında işlemede en düşük yüzey pürüzlülük değerleri karbür kesici takım ile elde edilmiştir.
- Sermet kesici takımlarla düşük kesme hızlarında işlemede kesici kenarda yığıntı talaş oluşumu görülmüştür.
- 300 m/dak kesme hızı, 0,24 mm/ilerlemede her iki kesme şartında ve ayrıca 375 m/dak kesme hızı 0,24 mm/dev ilerleme miktarında sermet kesici takımlar kırılmıştır.
- Kuru işlemede yüksek kesme hızlarında kesici takımlarda çentik oluşmuştur.
- Karbür kesici takımlarda yığıntı talaş oluşumu, yan kenar aşınması, çıtlama gibi aşınma tiplerinin sermetlere göre daha az olduğu görülmüştür.
- Böhler K490 toz metalürjik çeliğin işlenmesinde yüzey pürüzlüğü ve takım aşınması bakımından karbür takımların daha verimli ve ekonomik olacaktır.
- Buharlı soğuk hava ile işleme, yüzey pürüzlüğüne ve takım aşınmasının azalmasına katkı sağladığından alternatif bir soğutma yöntemi olarak uygulanabilir.

9.2. ÖNERİLER

Aşağıdaki önerilerin bu konunun tamamlayıcısı olacağı ve diğer çalışmalara yardımcı olacağı düşünülmektedir.

- Farklı soğutma sistemleri ile işleminin takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkileri araştırılabilir.
- Bu malzemeye ısı işlem uygulayarak farklı sertliklerde üretilen toz metalürjik çeliklerin işlenebilirliği ve kesici takım performansları incelenebilir.
- Farklı kesici takım malzemeleri ve kesici takım geometrilerinin toz metalürjik çelikler üzerindeki etkisi incelenebilir, modellenilebilir ve optimize edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Onur C., İnem, B., “AISI W1 ve L2 Soğuk İş Takım Çeliklerinin Düşük Sıcaklıklarda (120 °C) Menevişlenmesi İle Optimum Tokluğun Geliştirilmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 18, No 1*, Ankara, s.109-124 (2003).
2. Salak A., Selecka M., ve Danninger H., (2004), “Machinability of powder metallurgy steels”, Cambridge, 186, s. 393-395, 453.
3. Tönshoff, H.K., Arendt, C. and Ben Amor, R., “Cutting of hardened steel”, *Annals of the CIRP*, 49: 547-566 (2000).
4. Bruni, C., Forcellese, A., Gabrielli, F. and Simoncini, M., “Hard turning of an alloy steel on a machine tool with a polymer concrete bed”, *Journal of Materials Processing Technology*, 202: 493-499 (2008).
5. Gezgin, A., “Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-87 (2007).
6. Şirin, E., “AISI D2 Soğuk İş Takım Çeliğinin Frezede İşlenebilirliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2010).
7. Hu, H.J., Huang, W.J., “Studies on wears of ultrafine-grained ceramic tool and common ceramic tool during hard turning using Archard wear model”, *Int J Adv Manuf Technol* 69, s. 31–39 (2013).
8. Bingül, E., Kaçal, A., “Hard Turning of Powder Metallurgical Cold Work Tool Steel Tempered in Different Tempering Temperature”, *Journal of Scientific & Industrial Research*, 72, s.498-505 (2013).
9. Kaçal, A., Yıldırım, F., (2013), “High Speed Hard Turning of AISI S1 (60WCrV8) Cold Work Tool Steel”, *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 10, No. 8, s. 169-186.
10. Ekerer, F.A., “Alumina-SiC Parçacık Destekli T/M Al- Matriksli Kompozitlerin Üretilmesi Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya (2007).
11. Babayev, Y., Karadeniz, S. ve Memmedov, A., “Fe-Cu karışımı toz malzemenin tribolojik özelliklerinin incelenmesi”, 3. Makina Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, 16-17 Eylül, Konya, s. 127-130 (2005).
12. Erdoğan, M., “Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri 1. Cilt”, *Nobel Yayın Dağıtım*, 265-274 (2000).
13. Demirok, S., “Çeliklerin Farklı Sertlik Oranlarında İşlenebilirliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze (2008).

14. Erdem, S., “Yüksek Karbon İçeriğine Sahip, Yüksek Kromlu, Manganeli ve Alaşımız Düşük Karbonlu Çeliklerin Aşınma Davranışlarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi*, FÜBAP Proje No: 1071 (2006).
15. Çiğdem M., İmal Usulleri, *Çağlayan Kitap Evi*, İstanbul, Sf. 329-354 (2006).
16. Özgün Ö., “Toz Metalurjisi ile Üretilen Alaşımli Çeliklerin Mikroyapı ve Mekanik Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya (2007).
17. Bakan Halil İ., “Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilen Cu-Cr Elektrik Kontak Malzemesinin Sinterleme Davranışlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (1999).
18. Demirayak, İ.; “Kesme Parametreleri ve Kaplama Tabakasının Talaş Kaldırma İşlemine Etkileri” Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa (2006).
19. Trent, E.M., “Metal Cutting”, London (1983).
20. Edwards, L., Endean, M., “Manufacturing with Materials, Material in Action Series”, England, 250-261 (1990).
21. Culp, N.J., Huffman, D.D. ve Henry, R.J., “Tools Metarials”, Metals Handbook, Desk Edition, ASM, Ohio 18-1-18.14 (1997).
22. Avner, S. H., Introduction to Phsical Metallurgy, Book Comp., New York, 472-477 (1974).
23. American Society for Metals, Materials for Cutting Tools, Metals Handbook 8th Edition, Vol. 3 Machining, Ohio, 311-324 (1967).
24. Schey, J.A., “Introduction to Manufacturing Processes”, Second Edition, McGraw-Hill Book Comp., New York, 472-477 (1987).
25. Dawis, J. R., (Ed.), 1995, “Tool Materials”, ASM Specialty Handbook, Ohio, 32-76, 85-99.
26. Çakır, M. C., “Talaşlı İmalat Yöntemlerinin ve Kesici Takımların Tarihsel Gelişimi”, *Makine Teknik Dergisi*, 4(1), 1(1996).
27. Avuncan, G.,” Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar”, *Makine Takım A.Ş.*, İstanbul, (1998).
28. Uyanık, C., “Talaşlı İmalatta Seramik Kesicilerin Verimliliği”, *Yüksek Lisans Tezi*, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya, (1997).

29. Kandemir, K., “Kesici Takım Malzemesi Olarak Kullanılan Seramikler”, *Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi*, Denizli, (1998).
30. Çakır, M. C., “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, *Vipaş A.Ş.*, Bursa, (1999)
31. Motorcu, A. R., “Ç1050, Ç4140 ve Ç52100 çeliklerinin işlenebilirliği ve modeller geliştirilmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 11-23 (2006).
32. Taylan, F., “Sert malzemelerin frezelenmesinde takım aşınma davranışlarının belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 38-53, (2009).
33. Şeker, U., “Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı”, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları*, Ankara (2000).
34. Çakır, M.C., “Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri”, *Vipaş A.Ş.*, Bursa, (2000).
35. Özdemir, U., ERTEN, U., “Talaşlı imalat sırasında kesici takımında meydana gelen hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri”, *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1(1): 37-50, 2003.
36. İnternet: Sandvik coromant <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/milling/pages/troubleshooting.aspx> (2020).
37. İşbilir F., “Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkili faktörlerin analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara (2006).
38. Tekauit İ., “Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara (2008).
39. Lou M. S., Chen J. C., Li C. M., “Surface roughness prediction technique for CNC end milling”, *Journal of Industrial Technology*, Volume 15, Number 1 (1999).
40. Neşeli S., “Tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya (2006).
41. Yılmaz, E., “Dış tornalama işleminde, takım tutucu malzemesinin ve sertliklerinin (HRC) yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisinin gri ilişkisel analiz yöntemi ile belirlenmesi”, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 7-9 (2010).
42. Davim J. P., “Surface Texture Characterization and Evaluation Related to Machining”, *Surface Integrity in Machining*, Springer, London, 37-66 (2010).
43. İnternet: Jenoptik AG, “Roughness Measuring Systems From Jenoptik – Surface Texture Parameters In Practice”, <http://www.jenoptik.com/cms/products.nsf/>

0/1A7134BF9D269B8CC1257B9B00525CEA/\$File/faltblatt_rauheit_en_10037109_06_2013.pdf?Open (2014).

44. İnternet: Zygo Corporation, “Surface Texture Parameters”, <http://action.zygo.com/acton/attachment/4246/f-00ce/0/-/-/-/file.pdf> (2014)
45. Vural M., “İML 401 imalat laboratuvarı-1 talaşlı imalatta yüzey pürüzlülüğünün tayini”, Ders notları, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul (2006).
46. Şahin Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 2”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara (2001).
47. Güllü A., Özdemir A., Demir H., “Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri ve Mukayesesi”, *Teknoloji*, sayı (1-2), s.72-92, (2003).
48. Anshuman Das . Nirmal Tirkey. Saroj Kumar Patel . Sudhansu Ranjan Das . Bibhuti Bhusan Biswal., “A Comparison of Machinability in Hard Turning of EN-24 Alloy Steel Under Mist Cooled and Dry Cutting Environments with a Coated Cermet Tool” *Journal Fail. Anal. and Preven.*, 19:1, s.15–130 (2019).
49. Derekhshan E.D. ve Akbari A.A., “Experimental investigation on the effect of workpiece hardness and cutting speed on surface roughness in hard turning with CBN tools”, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol II, London U.K. (2009).
50. Aslan E., Camuşcu N. ve Birgören B., “Design optimization of cutting parameters when turning hardened AISI 4140 steel (63 HRC) with Al₂O₃+TiCN mixed ceramic tool”, *Materials and Design*, 28, s. 1618-1622 (2007).
51. Özel T., Hsu T-K. And Zeren E., “Effects of cutting edge geometry, workpiece hardness, feed rate and cutting speed on surface roughness and forces in finish turning of hardened AISI H13 steel”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 25, s. 262-269 (2005).
52. Mozammel Mia, M., Nikhil R Dhar, N.R., “Response surface and neural network based predictive models of cutting temperature in hard turning”, *Journal of Advanced Research*, 7, s.1035-1044 (2016).
53. Davoudinejad, A., Noordin, M.Y., “Effect of cutting edge preparation on tool performance in hard-turning of DF-3 tool steel with ceramic tools”, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 28 (11), s. 4727-4736 (2014).
54. Agrawal, A., Goel, S., Rashid, W.B., Priceb, M., “Prediction of surface roughness during hard turning of AISI 4340 steel (69 HRC)”, *Applied Soft Computing*, 30, s. 279-286 (2015).
55. Kaçal, A., Yıldırım, F., “PMD23 Çeliğinin Tornalanmasında CBN kesici Uçların Kesme Performansının Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Aşınması Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 31, No 1, s.181-189 (2016).

56. Kaçal, A., “Investigation of Cutting Performance of the Ceramic Inserts in Terms of the Surface Roughness and Tool Wear at Turning of PMD 23 Steel”, *Applied Mechanics and Materials*, 686, s.10-16 (2014).
57. Zeyveli, M., Demir, H., “AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün deneysel incelenmesi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25: (1-2), s. 251 – 261 (2009).
58. R. Kumar, A.K. Sahoo, P.C. Mishra , R.K. Das “Investigation on Tool Wear and Surface Characteristics in Hard Turning Under Air-Water Jet Spray Impingement Cooling Environment”, *Tribology in Industry*, Vol. 41, No. 2, s.172-187 (2019).
59. Liew J., Shaaroni A., Razak J.A., Kasim M.S., Sulaiman M.A., “Optimization of Cutting Condition in the Turning of AISI D2 Steel by using Carbon Nanofiber Nanofluid Pay”, *International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562*, Vol. 12, No. 10, s. 2243-2252 (2017).
60. López-Luiz N., Jiménez Alemán O., Alvarado Hernández F., Montoya Dávila M., Baltazar-Hernández V. H., “Experimentation on Tool Wear and Surface Roughness in AISI D2 Steel Turning with WC Insert”, *Modern Mechanical Engineering*, 8, s204-220 (2018).
61. Rajbongshi S.K., Sarma D.K., “Process Parameters Optimization Using Taguchi’s Orthogonal Array and Grey Relational Analysis during Hard Turning of AISI D2 Steel in Forced Air-Cooled Condition”, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* s.491 (2019).
62. Reis B.C.M., Santos A.J., Santos N.F.P., Camara M.A., Faria P.E., Abrao A.M., “Cutting performance and wear behavior of coated cermet and coated carbide tools when turning AISI 4340 steel”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 105:1 s.655–1663 (2019).
63. Çoban A. “Determination of Ceramic Cutting Tool Performance on Machining of Steel (PMD23) Produced by Powder”, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8-1, s.193-198, (2020).
64. Özbek O., Saruhan H., “The effect of vibration and cutting zone temperature on surface roughness and tool wear in eco-friendly MQL turning of AISI D2”, *Journal of Materials Research and Technology*, 2020;9(3), s.2762–2772 (2020).
65. Liu J., Xiong J., Guo Z., Qin C., Xiao Y., You Q., “Characteristics and cutting performance of the CVD coatings on the TiCN-based cermets in turning hardened AISI H13 steel” *Journal of Materials Research and Technology*, 2020;9(2), s.1389–1399 (2020)
66. Sharma P., Sidhu B.S., Sharma J., “Investigation of effects of nanofluids on turning of AISI D2 steel using minimum quantity lubrication”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.108 s. 72-79 (2015).

67. Xua Q., Zhao J., Ai X., “Fabrication and cutting performance of Ti (C, N)-based cermet tools used for machining of high-strength steels”, *Ceramics International* Vol. 43 6286–6294 (2017).
68. Debnath S., Reddy M.M., Yi Q.S., “Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: a review”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 83 s.33-47, [https://doi.org/10.1016/j.jclepro. \(2014\).](https://doi.org/10.1016/j.jclepro. (2014).)
69. Shokrani A., Dhokia V., Newman S.T., “Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids”, *The International Journal of Machine Tools and Manufacture* Vol. 57, s.83-101 (2012).
70. Shaw, M.C., “Metal cutting principles”, *Oxford University Press*, Oxford, s.28-65, s.68-70 (1991).
71. Boothroyd, G., Knight, W.A., *Fundamental of Metal Machining and Machine Tools* Third edition, *Mc Graw-Hill*, Singapore, s.20-26 (2005).
72. Klaasen H., Kübarsepp J., Roosaar T., Viljus M., Traksmäa R., “Adhesive wear performance of hardmetals and cermets”, *Wear* 268(1):1122–1128 (2010).
73. Coromant, S., “Modern metal cutting – A practical handbook”, *English Edition, Sandvik Coromant*, Sweden, I-III: (1994).
74. Kalyon, A., “Yüksek kromlu beyaz dökme demirlerin aşınma davranışlarının ve işlenebilirliğinin deneysel olarak incelenmesi”, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-96, Karabük, (2015)
75. Şahin, Y. , “Talaş Kaldırma Prensipleri 1”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, (2000)

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet AYDİN 1992 yılında İstanbul'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. İsmet Aktar Teknik Lisesi Makine Teknolojileri Bölümü'nden mezun oldu. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Eğitimi Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2016 yılında iyi derece ile mezun oldu. Turaş A.Ş. firmasında Tasarım Mühendisi olarak göreve başladı. Özel sektördeki çalışma hayatına Yelken Kalıp Pencere Kapı Aksesuarları ve Metal San. Tic. A.ş. firmasında İmalat Mühendisi olarak devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Merkez Mah. Altınoğlu Sk.

No:2/4 İç Kapı:34

AVCILAR / İSTANBUL

Tel : (544) 361 81 53

E-posta : ahmetaydin075@gmail.com