



**Ç 4140 MALZEMESİNİN TORNALANMASINDA İLERLEME,
KESME HIZI VE KESİCİ TAKIMIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ,
TAKIM ÖMRÜ VE AŞINMAYA ETKİLERİ**

Burhan KARAYEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2015

Burhan KARAYEL tarafından hazırlanan “Ç 4140 MALZEMESİNİN TORNALANMASINDA İLERLEME, KESME HIZI VE KESİCİ TAKIMIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ, TAKIM ÖMRÜ VE AŞINMAYA ETKİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makina Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof.Dr. Muammer NALBANT

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Başkan : Prof.Dr. Mahmut GÜLESİN

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Üye : Prof.Dr. Hasan GÖKKAYA

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 13/05/2015

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

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

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

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

Burhan KARAYEL

13/05/2015

Ç 4140 MALZEMESİNİN TORNALANMASINDA İLERLEME,
KESME HIZI VE KESİCİ TAKIMIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ,
TAKIM ÖMRÜ VE AŞINMAYA ETKİLERİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Burhan KARAYEL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2015

ÖZET

Bu çalışmada, Ç 4140 çeliğinin işlenebilirlik özellikleri CNC torna tezgahında, tornalama yöntemiyle; takım aşınması ve ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmiştir. Deneylerde iki farklı kesici takım kullanılmıştır. Her iki kesici takım da TNMG profiline sahiptir. Takımlardan biri 160408 boyutlarında GM talaş kırıcı formuna sahip ve CVD yöntemiyle Al_2O_3 ve TiCN malzemesiyle kaplanmış NC3020 (P20) kalitesinde, diğeri ise; 220408 boyutlarında HM talaş kırıcı formuna sahip ve CVD yöntemiyle Al_2O_3 , TiC ve TiCN malzemeleriyle kaplanmış NC3030 (P30) kalitesindedir. Kuru kesme şartlarında yapılan deneylerde kullanılan kesme parametreleri; yüzey pürüzlülüğü deneylerinde beş farklı kesme hızı (150-200-250-300-350 m/dak), üç farklı ilerleme miktarı (0,15-0,25-0,35 mm/dev) ve sabit kesme derinliği (2 mm) kullanılmıştır. Takım ömrü deneylerinde; beş farklı kesme hızı (150-200-250-300-350 m/dak), sabit ilerleme miktarı (0,25 mm/dev) ve sabit kesme derinliği (2 mm) kullanılmıştır. Kullanılan kesici takımlar tarama elektron mikroskobu (SEM) ile incelendiğinde, çatlama ve çentik aşınma tiplerinin etkin olduğu görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde; kesme hızı ile takım ömrü arasında üçüncü dereceden azalan bir ilişki olduğu, kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin az olduğu, ilerleme miktarı ve kesici takım kalitesinin ise etkili olduğu, ilerleme miktarı ile ortalama yüzey pürüzlülük değeri arasında artan doğrusal ilişki olduğu sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca NC3020 kalitesindeki kesici takım, NC3030 kalitesindeki kesici takıma göre daha iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir. En uzun takım ömrü; TNMG 220408 kesici takımıyla 150 m/dak kesme hızında 73,70 dak talaş kaldırarak gerçekleştirilmiştir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü; TNMG 160408 kesici takım ile 150 m/dak kesme hızında, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında 0,983 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülük değeri ise; TNMG 160408 kesici takımı ile 200 m/dak kesme hızında 0,35 mm/dev ilerleme miktarında 5,138 μm olarak ölçülmüştür.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar Kelimeler : Tornalama, Ç 4140, işlenebilirlik, takım ömrü, takım aşınması, ortalama yüzey pürüzlülüğü
Sayfa Adedi : 85
Danışman : Prof. Dr. Muammer NALBANT

EFFECTS OF FEEDRATE, CUTTING SPEED AND CUTTING TOOLS ON AVERAGE
SURFACE ROUGHNESS, TOOL LIFE AND WEAR IN TURNING OF AISI 4140

MATERIAL

(M. Sc. Thesis)

Burhan KARAYEL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2015

ABSTRACT

In this study, the machinability characteristics of AISI 4140 steel has been evaluated in terms of wear and average surface roughness by the turning process in CNC lathe. Two different cutting tools were used in the experiments. Both cutting tools have TNMG profile. One of the tools has with the quality of NC3020 (P20), 160408 size and GM chip breaker and was coated with Al_2O_3 and TiCN by CVD method, while the other one has NC3030 (P30) quality, 220408 size and HM chip breaker and was coated with Al_2O_3 , TiC and TiCN by CVD method. The experiments were conducted under dry cutting conditions, and the cutting parameters used were five different cutting speeds (150-200-250-300-350 m/min), three different feed rates (0.15-0.25-0.35 mm / rev) and a fixed depth of cut of 2 mm in surface roughness tests. In experimental tool life; five different cutting speeds (150-200-250-300-350 m/min.), constant feed rate of 0.25 mm/rev and constant cut depth of 2 mm were used. When the used cutting tools observed in scanning electron microscopy (SEM), chipping and notch wear were found to be dominant for the wear type. An overall evaluation; it was observed that cutting speed had no effect, however feed rate and insert grade had effect on the surface roughness, the relationship between cutting speed and tool life can be expressed by a third order degree equation and relationship between feed rate and average surface roughness can also expressed with linear increasing relationship. Although NC3020 quality cutting tools yielded average surface roughness less than NC3030 quality cutting tools. The longest tool life was realized as 73.70 min. by TNMG 220408 cutting tool at cutting speed of 150 m/min. The minimum average surface roughness was measured as 0.983 μm by TNMG 160408 cutting tool at cutting speed of 150 m/min and feed rate of 0.15 mm/rev with NC3020 insert. The maximum average surface roughness was measured as 5.138 μm by TNMG 160408 cutting tool at cutting speed of 200 m/min and feed rate of 0.35 mm/rev with NC3020 insert.

Science Code : 708.3.028

Key Words : Turning, AISI 4140, machinability, tool life, tool wear,
average surface roughness.

Page Number : 85

Supervisor : Prof. Dr. Muammer NALBANT

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Muammer NALBANT'a, deneylerde kullanılan kesici takımlar ve malzemelerin temininde maddi desteklerinden dolayı PARK TERMİK AŞ.'ye ve saygı değer yetkili personellerine ve manevi desteğiyle çalışmalarımda yalnız bırakmayan değerli eşim Fatma Zehra KARAYEL'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Yapılan Çalışmalar	3
2.2. Ç 4140 Çeliği İle İlgili Çalışmalar	13
2.3. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi	17
3. TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK.....	19
3.1. Giriş.....	19
3.2. Talaşlı İmalat	20
3.2.1. Tornalama	21
3.3. İşlenebilirlik	23
3.3.1. İşlenebilirliği etkileyen faktörler.....	23
3.4. Talaşlı İmalat Mekaniği ve Talaş Oluşumu	25
3.4.1. Dik (Ortogonal) kesme.....	27
3.4.2. Eğik (Oblique) kesme	29
3.5. Talaşlı İmalat İşleminde Isı ve Sıcaklık.....	30
3.6. Kesici Takım	32
3.6.1. Kesici takım geometrisi.....	32

	Sayfa
3.6.2. Kesici takım malzemeleri.....	33
3.7. Takım Aşınması.....	36
3.7.1. Aşınma	36
3.7.2. Takım aşınma mekanizmaları	40
3.8. Takım Aşınma Çeşitleri	42
3.8.1. Yan kenar (Yanak) aşınması	42
3.8.2. Krater aşınması.....	43
3.8.3. Plastik deformasyon	44
3.8.4. Termal çatlaklar	45
3.8.5. Çentik aşınması	46
3.8.6. Yığılma – Sıvanma (BUE).....	47
3.8.7. Mekanik yorulma kırılmaları	48
3.8.8. Kırılma	49
3.8.9. Çıtlama (Tanecik Kopması)	50
3.9. Takım Aşınmasının Kontrolü	51
3.10. Talaşlı İmalat İşleminde Yüzey Pürüzlülüğü.....	52
3.10.1. Yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu durumlar.....	53
3.10.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler	53
3.10.3. Yüzey pürüzlülüğünün oluşumu.....	54
3.10.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri	54
3.10.5. Yüzey pürüzlülük parametreleri	56
4. MALZEME VE METOD.....	59
4.1. Deney Numuneleri	59
4.1.1. Deney numunelerinin hazırlanması.....	59
4.2. Kesici Takım ve Takım Tutucu	60
4.3. Takım Tezgâhı	61

	Sayfa
4.4. Takım Aşınması Ölçümü	62
4.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	63
4.6. Kesme Parametreleri	64
5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME	65
5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi.....	65
5.2. Takım Ömrü'nün Değerlendirilmesi.....	69
5.3. Takım Aşınmasının incelenmesi	71
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
6.1. Sonuç.....	77
6.2. Öneriler	78
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	85

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Ç 4140 çeliğin kimyasal bileşimi (Ağırlıkça% oranı)	59
Çizelge 4.2. Kesici takım tutucu boyutları.....	61
Çizelge 4.3. JOHNFORD T35 CNC torna tezgahının özellikleri.....	61
Çizelge 4.4. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri	63
Çizelge 4.5. Kesme parametreleri ve seviyeleri.....	64
Çizelge 5.1. Deney sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.	66
Çizelge 5.2. Kesme hızlarına bağlı olarak takım ömrü değerlerinin değişimi.....	70
Çizelge 5.3. Aşınma tipleri ve etkin aşınma mekanizmaları.	72

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Torna tezgahı ve tornalama işleminin şematik olarak gösterimi	22
Şekil 3.3. Çekme dayanımına (TS) karşılık, sertlik (HB) ve süneklikteki (D) değişim	25
Şekil 3.4. Talaş oluşumu	26
Şekil 3.5. Tipik bir talaş kırma işlemi	27
Şekil 3.6. Dik kesme modeli	28
Şekil 3.7. Ortogonal kesmede oluşan deformasyon bölgeleri	29
Şekil 3.8. Eğik kesme	30
Şekil 3.9. Kesme bölgesinde ısı oluşumu	31
Şekil 3.10. Sağ yönlü kesme işlemi yapan, sağ yan kesici takım görüntüsü	32
Şekil 3.11. Kesici takımdaki aşınmalar	38
Şekil 3.12. Kesici takım ucundaki aşınmalar	38
Şekil 3.13. Temel aşınma mekanizmaları	39
Şekil 3.14. Yan kenar aşınması görüntüsü	43
Şekil 3.15. Krater aşınması görüntüsü	44
Şekil 3.16. Plastik deformasyon görüntüsü.....	45
Şekil 3.17. Termal çatlak görüntüsü	46
Şekil 3.18. Çentik aşınması görüntüsü.....	47
Şekil 3.19. BUE oluşumu görüntüsü.....	48
Şekil 3.20. Mekanik yorulmadan kaynaklanan kırılmalar görüntüsü	49

Şekil	Sayfa
Şekil 3.21. Kırılma görüntüsü.....	50
Şekil 3.22. Çıtlamanın oluşumu görüntüsü.....	51
Şekil 3.23. Takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler	52
Şekil 3.24. İlerleme ve takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	54
Şekil 3.25. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu	56
Şekil 3.26. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi	57
Şekil 3.27. Profil ve genlik dağılım eğrisi	58
Şekil 4.1. Deney numunesinin boyutları.....	59
Şekil 4.2. NC3030 kalitesindeki takımın kaplama katmanları (a), NC3020 kalitesindeki takımın kaplama katmanları (b)	60
Şekil 4.3. TNMG Kesici takım ölçüleri	60
Şekil 4.3. Baskı parçalı sıkma sistemli takım tutucu	61
Şekil 4.4. Kesici ucun yanak aşınmasının ölçülmesi	62
Şekil 4.5. MAHR- Perthometer M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük cihazı	63
Şekil 5.1. Kesme hızlarına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi.....	67
Şekil 5.2. İlerleme miktarı ile ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi	68
Şekil 5.3. Kesme hızı-Takım ömrü grafiği	71
Şekil 5.4. TNMG 220408 HM NC3030 takımın 150 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı.....	73
Şekil 5.5. TNMG 220408 HM NC3030 takımın 250 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı.....	73

Şekil	Sayfa
Şekil 5.6. TNMG 220408 HM NC3030 takımın 300 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı.....	74
Şekil 5.7. TNMG 160408 GM NC3020 takımın 350 m/dak.'daki aşınmasının SEM fotoğrafı.....	75
Şekil 5.8. TNMG 160408 GM NC3020 takımın 300 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı.....	75

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
V	Kesme hızı
f	İlerleme hızı
a	Talaş derinliği
F_C	Esas kesme kuvveti
F_F	İlerleme kuvveti
F_R	Radyal kuvvet
F_t	Kesme kuvveti
VB_{max}	Maksimum serbest yan yüzey aşınması
VB	Serbest yan yüzey aşınması
KT	Krater derinliği
KB	Krater genişliği
KM	Krater orta eksen mesafesi
Ra	Ortalama yüzey pürüzlülük değeri
R_t	Maksimum yüzey pürüzlülüğü
R_{sk}	Genlik dağılım eğrisi
α	Talaş açısı
L	Örnekleme uzunluğu
Ln	Ölçüm uzunluğu
r	Takım uç radyüsü
NbC	Niobyumkarbür
NbCN	Niobyumkarbonitrür
Al	Alüminyum
Cu	Bakır
Ca	Kalsiyum

Kısaltmalar**Açıklamalar****Al₂O₃**

Alüminyum oksit

AISI

Amerikan demir ve çelik enstitüsü

BUE

Built up edge

C

Karbon

CNC

Bilgisayarlı sayısal denetim

Cr

Krom

CVD

Kimyasal buhar çökeltme

HB

Brinel Sertlik

HRC

Rockwell-C sertlik birimi

HSS

Yüksek hız çeliği

HV

İş parçasının Vickers cinsinden sertlik değeri

ISO

Uluslararası standart organizasyonu

KBN

Kübik bor nitrür

PVD

Fiziksel buhar çökeltme

SEM

Tarama elektron mikroskobu

TiC

Titanyum karbür

TiN

Titanyum nitrür

TaC

Tantal karbür

WC-Co

Tungsten karbür-kobalt

1. GİRİŞ

Ç 4100 serisi çeliği; düşük alaşımlı yapı çelikleri, dövme kalite çelikler, orta karbonlu çelik ve alaşımlı çelik olarak da isimlendirilir [1]. En önemli özelliği, içerdiği Cr ve Mo alaşım elementleri nedeniyle, su verme sonrasında sert martenzitik bir yapı oluşturabilmesi, mukavemet, süneklik ve tokluk gibi mekanik özelliklerin bir arada sağlanmasına imkan vermesidir [2]. Tüm bu nedenlerle Ç 4140 çeliği her zaman kullanım alanı yaygın olan bir çeliktir. Başlıca kullanım alanları arasında, otomobil ve uçak yapımında; krank mili, aks mili ve kovanı, yivli mil ve benzeri sünekliği yüksek parçalar, ayrıca dişli çark ve bandaj vb. parçaları sayabiliriz [1].

Geçmiş 100 yılda talaşlı imalatta üretimi arttırma çabaları; hassaslık ve güvenilirlik, ileri teknolojiye dayalı otomasyon, sayısal kontrollü tezgahlar, esnek üretim sistemleri vb. metotların gelişmesine yol açmıştır. Takım tezgahlarındaki gelişmelerle birlikte iş parçalarının güvenilir, verimli, hassas ve seri bir şekilde üretilmesi de karbür, sermet, seramik ve kübik bor nitrür (KBN) gibi yeni takım malzemelerinin de gelişmesine sebep olmuştur. Endüstriyel gelişmeler nedeniyle talaş kaldırma işlemleri imalat endüstrisinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Genel olarak bir ürünün imalatı; ürün tasarımı, işlem planlama, işleme operasyonları ve kalite kontrol gibi aşamaları içermektedir. İşlenebilirlik çalışmaları, özellikle işlem planlama ve işleme operasyonları ile ilişkilendirilebilir. İş parçalarının işlenebilirliğini anlamak ve buna göre verimli bir işlem planlaması yapmak imalat mühendisleri açısından oldukça önemlidir. Ürünün tasarımında malzeme seçimi, tasarımın amacına hitap etmesi ve üretim maliyetlerini azaltması açısından önemlidir. Özellikle işleme maliyetlerini azaltmak, takım ömrünü arttırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etme isteği, talaş kaldırma alanında araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır [3, 4].

Daha iyi kesme işlemi için yapılan çalışmalar, sinterlenmiş karbür takımların titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) gibi malzemelerle değişik metotlarla kaplanmasına ve performanslarının değerlendirilmesine yöneliktir. Çok katmanlı kaplamalar, krater ve yan kenar aşınması dayanımını arttırmasıyla son yıllarda çok katmanlı kaplamaların kullanımını da arttırmıştır [3-6]. Takım ömrü deneyleri, kesici takımın ömrünü tamamlayana kadar talaş kaldırmak suretiyle yapıldığı için deneylerde daha fazla malzemeye ve tezgah kullanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenlerle de deney

maliyetinde artışlar gözlemlenmektedir.

Talaşlı imalatla karşılaşlan en önemli sorunlardan bir tanesi, kesici takım aşınmasının zamanında tespit edilememesidir. Aşınmış bir kesici ile yapılan talaş kaldırma işleminde, istenen parça boyutları ve yüzey kalitesini elde etmek güçleşeceği gibi tezgâha verebileceği zararlar da bilinmelidir. Ayrıca, keskinliğini kaybetmiş olan kesici takıma etkiyen direnç kuvvetlerinin artması, kesme işlemi için gereken talaş kaldırma kuvvetlerinin de artmasına neden olacaktır. Takım aşınması, yüzey pürüzlülüğünü de etkileyen en önemli etkenlerden bir tanesidir. Bu sebeplerden dolayı, kesici takım aşınması kesme işleminin verimliliğine olan etkisinden dolayı göz önüne alınması gereken en önemli kriterlerden bir tanesidir. Kesme işlemi esnasında oluşan sürtünme, ısı, kuvvet, vb. etkenlerden dolayı kesici takım üzerinde birçok olumsuz durum ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzluklar, kesici takımın uç ve yan yüzeylerinde aşınmalara neden olmaktadır. Kesici uçta ve yan yüzeyde oluşan aşınmalar yüzey kalitesinde bozulmalara neden olacağı gibi üretimin kesici takım değiştirilmeden devam ettirilmesi üretim ve takım maliyetlerini artıracaktır [7]. Kesici takımın ömrünü tamamladıktan hemen sonra değiştirilebilmesi gerekir. Bunun için ise kesici takımın ömrünün bilinmesi gerekmektedir. Her takımın ömrü her malzemede aynı olmadığı ve her malzemede her takım aynı şekilde aşındırmadığı için malzeme ve kesici takımdan biri değişirse takımın ömrü de değişir. Takım ömrü deneylerinde farklı kesme parametrelerinde (kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği) kesici takımların ömürleri ölçülür. En uzun takım ömrünü veren kesme parametrelerinin iş parçası üzerinde nasıl bir yüzey kalitesi oluşturacağının da bilinmesi gerekmektedir. Bu sebepten literatürde çok sayıda takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü araştırması mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı, Ç 4140 malzemesinin tornalamasında; kesme parametrelerinin işlenebilirlik üzerindeki etkileri incelemek, kesici takımlardan maksimum verimi sağlayacak ve istenilen yüzey kalitesini elde edecek kesme parametrelerini belirlemek, bunun için; tornalama yaparak takım ömrü ve ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini ölçmek, deneylerde ömürleri sonlanan kesici takımların SEM fotoğraflarını çekerek kesici takım aşınmalarını ve etkin aşınma mekanizmalarını incelemektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırması, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine yapılan çalışmalar ve Ç 4140 çeliği ile ilgili çalışmalar başlıkları altında yapılmıştır.

2.1. Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Yapılan Çalışmalar

Akademik anlamda yapılan çalışmalar incelendiğinde; kesme parametreleri belirlenirken istenilen yüzey kalitesinde en uzun takım ömrünü sağlayan parametrelerin belirlenmesi için deneylerde kesici takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü birlikte araştırılmıştır.

Talaş kaldırma sırasında, iş parçası, takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünmeler ve meydana gelen ısı takımın aşınmasına ve plastik deformasyona sebep olur. Plastik deformasyon ve sürtünme sonucu açığa çıkan enerjinin çoğu ısıya dönüşürken bu ısının büyük bir kısmı talaşla dışarı atılır. Takım ucunda kalan ısı ise kesme şartlarına, iş parçası takım çiftine bağlı olarak yüksek sıcaklıklar oluşturur. Takım ucunda oluşan bu yüksek sıcaklıklar ve mekanik gerilmelerden dolayı kesici takım ani olarak malzeme kaybına maruz kalır [8]. Kesici takımdaki bu aşınma kesme işlemini tam olarak yerine getirememesine ve istenilen ölçü ve yüzey kalitesini verememesine sebep olur. Böyle bir durumda derhal takımın değiştirilmesi veya bilenmesi gerekmektedir. Bir kesici takımdan tam performans alınabilmesi için takımın erken değiştirilmemesi gerekmektedir. Takım tam ömrünü tespit edebilmek için belirli kesme parametreleri ve deney koşullarında kabul edilebilir aşınma miktarına kadar takımlarla talaş kaldırma işlemi yapılır.

Talaşlı imalatla iş parçası yüzey kalitesi önemli çıkış parametrelerindendir. Yüzey hassasiyeti; yüzey pürüzlülüğü, yüzey çatlakları, kimyasal değişme, yanma, temperlenme gibi termal hasarlar ve kalıcı gerilme gibi birçok parametreyi içine alan bir terimdir. Bunlardan yüzey pürüzlülüğü talaş kaldırma işleminde önemli bir çıkış parametresi olmakta iken; diğerleri ise genelde taşlama işleminin birer çıkış parametresidir [8].

Uluğ, AISI 1050 malzemesinin tornalanması esnasında, SNMG formundaki kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımların, takım ömürlerini araştırmıştır. TSE 10329 (ISO 3685) referans alınarak yapılan deneylerle Taylor takım ömrü modelindeki “n” üstel değerini belirlemiştir. Deneyler, beş farklı kesme hızı (280, 315, 350, 390 ve 450 m/dak),

0,25 mm/dev sabit ilerleme miktarı ve 2,5 mm sabit kesme derinliğinde kuru kesme şartlarında CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, Taylor takım ömrü modelindeki “n” üstel değeri, “C” sabiti, yan kenar aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerini ölçmüştür. Taylor takım ömrü modeline göre “n” üstel değerinin hesaplanması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama grafik yöntemi ile Kesme hızı – Takım ömrü (Log V - Log T) grafiği çizilerek matematiksel hesaplamalar yapmıştır. İkinci aşama ise regresyon hesaplama yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonuç olarak, kaplamalı ve kaplamasız takımlar için “n” üstel ve “C” sabiti belirlenmiştir. Gerek grafik ve gerekse regresyon yöntemleriyle “n” ve “C” değerleri aynı bulunmuştur. Bunun yanı sıra kesme hızının takım ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [7].

Koçak, biyel kolu olarak kullanılan GGG 90 sınıfı küresel grafitli dökme demir malzemesinin kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması açısından ISO 3685’e uygun olarak işlenebilirliğini araştırmıştır. Deneyler, 250 mm uzunluğunda ve 90 mm çapında numuneler üzerinde, dört farklı kesme hızında (250, 300, 350 ve 400 m/dak), üç farklı ilerleme (0,2-0,25-0,3 mm/dev) ve 1,6 mm sabit kesme derinliğinde kuru kesme şartlarında tornalanarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, küresel grafitli dökme demirler için tavsiye edilen K10/20 kalite kaplamasız sementit karbür, K10/20 kalite CVD yöntemiyle kaplanmış (TiN-MT/TiCN) sementit karbür, K05/10 kalite PVD yöntemiyle kaplanmış (TiN-Al₂O₃-TiCN-TiN) sermet ve K10/20 kalite CVD yöntemiyle kaplanmış (TiN-Al₂O₃) seramik takımlar kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü deneyleri sonrası kesici takımlar karşılaştırıldığında kaplamasız karbür takımla en iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. En düşük kesme kuvvetleri kaplamalı karbür takımla yapılan deneylerde ölçülmüştür. Sermet takım; aşınma deneylerinde en iyi performansı gösterirken, seramik takımın kesici kenarında yivler oluşmakta ve kırılarak aşınmıştır [9].

Ulusoy, otomotiv sektöründe kullanılan bağlantı rekorlarının imalatı için en kısa sürede, en kaliteli ve en fazla ürünü daha ucuza üretmek amacıyla yaptığı çalışmada; Bağlantı rekoru imalatında 11SMnPb37 otomat çeliğini kullanmış ve bu çeliğin tercih nedeni olarak kolay işlenmesini belirtmiştir. Çalışmada, üretim açısından, orta karbonlu çeliklerin yerine kullanılıp kullanılamayacağını araştırmıştır. Üretimde farklı ilerleme ve kesme hızlarını kullanmıştır. Ayrıca malzeme çeşidine göre kesme hızı, ilerleme hızı, yüzey pürüzlülüğü, üretim süreleri ve yıllık üretim adetlerini hesaplamış ve birbiri ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, ilerleme hızının artmasıyla imalat sürelerinin azaldığı ve

yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Ç1040 çeliği kullanımında takım ömrü azalırken yüzey kalitesi artmıştır. Malzemelere göre yıllık üretim adetleri değerlendirildiğinde ise, Ç1040 çeliği kullanımının daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir [10].

Çevik, tornalama işlemi esnasında hızlı kesici takım aşınmasına neden olan malzemelerin işlenmesinde kesici takım ömrünü iyileştirmeye yönelik bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşımda, aşınmış kesici takımın yan boşluk açısının değiştirilmesi amaçlanmıştır. Bu şekilde, kesici takım yan yüzeyindeki yan yüzey aşınma bandının ikinci bir yan boşluk açısı olarak işlem yapacağı düşünülmüştür. Bu amaçla, sementit karbür kesici takım kullanılarak küresel grafitli dökme demirler üzerinde talaş kaldırma deneyleri yapılmıştır. Kesici takım yan boşluk açılarını 3, 5, 7 ve 9° olarak değiştirecek şekilde takım tutucu altına kamalar yerleştirilmiştir. Boşluk açısının değiştirilmesi sonucu aşınmış bir kesici takımın kesme işlemini tekrar etkin olarak yapabileceğinin belirlemek için deneyler esnasında kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Elde edilen kesme kuvvetleri sonuçları, aşınmış bir kesici takımın boşluk açısının değiştirilmesi ile bu takımın belirli bir süre daha etkin olarak kesme işlemi yapabileceğini göstermiştir [11].

Altinkaya, yaptığı çalışmada; üç değişik kaplama ve formda kesici uç kullanarak AISI 316 östenitik paslanmaz çeliği frezeleme metoduyla soğutma sıvısı kullanmadan işlemiştir. İşleme esnasında her bir kaplamalı takımla üç değişik kesme hızı (180, 225, 270 m/dak) ve üç değişik ilerleme oranı, (0,05, 0,1, 0,15 mm/dev) talaş derinliği sabit tutularak ayrı ayrı uygulanmıştır. Sonuç olarak kullanılan kesici takımlardan TiAlN malzemesiyle kaplanmış takımın diğer takımlardan daha iyi aşınma ve yüzey pürüzlülük sonuçları verdiği ortaya çıkmıştır. TiAlN kaplı kesici takım sırasıyla TiN/TiCN/TiN kaplanmış takım ve TiN/TiCN/Al₂O₃ kaplanmış takım takip etmiştir. Takım aşınmaları genel olarak kesme hızının artmasıyla artmış, ilerleme değerlerinin artmasıyla azalmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri ise genel olarak kesme hızının artmasıyla azalmış, ilerlemenin artmasıyla artış eğilimi göstermiştir [12].

İşbilir, talaş kaldırmada kesme hızının ve değişken yüklemenin kesici takım ömrüne etkilerini incelediği çalışmada; sabit ve değişken yükleme koşullarında talaş kaldırma testleri gerçekleştirmiştir. Oluşturulan kuvvet ölçüm sistemi ile esas kesme kuvvetleri ölçülmüş ve takım aşınması incelenerek takım ömürleri belirlenmiştir. Testler sonucunda,

kesme hızındaki artışın ve değişken yüklemenin takım ömrünü azalttığı tespit edilmiştir [13].

Çiftçi, Sıvı metal karıştırma- basınçlı döküm yöntemiyle ortalama 30, 45 ve 110 μm boyutlu SiC parçacıklardan ağırlıkça %8, 16 ve 32 oranlarında içeren 2014-Al esaslı metal matrisli kompozit (MMS) malzemeler üretmiştir. Üretilen MMK malzemelerin mikro yapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Kaplamasız sementit karbür, kaplamalı sementit karbür, kübik bor nitrür (CBN) ve elmas kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanılarak MMK malzemeler işlenebilirlik deneylerine tabi tutulmuştur. İşlenebilirlik deneyleri tornalama yöntemiyle, soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmış ve işlenebilirlik kriterlerinden kesici takım aşınması ve iş parçası yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Ayrıca, elmas kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla işleme esnasında kesme kuvvetleri de ölçülmüştür. Deneyler farklı kesme hızları, sabit talaş derinliği ve sabit ilerleme hızında yapılmıştır. Artan parçacık oranı ve boyutu ile kullanılan bütün kesici takımlarda aşınma artmıştır. CBN kesici takımlar haricinde artan kesme hızıyla da kesici takım aşınması artmıştır. Elmas kaplamalı sementit karbürler diğer sementit karbürlerden daha iyi aşınma direnci gösterirken en düşük aşınma direncini de kaplamasız sementit karbürler göstermiştir. Kaplamasız ve kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla elde edilen yüzeyler arasında bir karşılaştırma yapıldığında kaplamasız sementit karbürlerin ortalama yüzey pürüzlülük değerine (R_a) göre özellikle düşük kesme hızlarında daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Kaplamalı sementit karbür kesici takımlarda daha kararlı bir yığıntı talaş oluştuğu ve bununla daha yüksek (R_a) değerlerine sebep olduğu düşünülmüştür. Aşınmış kesici takımlar optik ve tarama elektron mikroskoplarında (SEM) incelenerek aşınma biçimleri ve mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Bütün kesici takımlarda etkin olan aşınma biçimi yan yüzey aşınması olmuştur. Kaplamasız ve kaplamalı sementit karbürlerde abrasif aşınma mekanizmasının etkili olduğu ve yüksek kesme hızlarında da ilave olarak kesici uçta kırılmalar görülmüştür. Elmas kaplamalı sementit karbürler ve CBN kesici takımlarda ise abrasif ve adhesiv aşınma mekanizmalarının birlikte etkili oldukları görülmüştür. Ayrıca, en büyük boyutlu parçacıklarla (110 μm) takviyeli MMK malzemenin CBN kesici takımla işlenmesinde kesici uçta yoğun bir şekilde kırılmalar görülmüştür [14].

Demirayak, yaptığı çalışmada; kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme oranı, talaş derinliği) ve kesici takım kaplama tabakasının, kesici takımda meydana gelen serbest

yüzey aşınması ve iş parçası yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. İncelemeler sonrasında TiAlN kaplamalı uçların T(C,N)+ Al₂O₃ + TiN kaplamalı uçlara göre hem kesici kenarda meydana serbest yüzey aşınmasında hem de iş parçası yüzey kalitesi üzerinde çok olumlu etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir [15].

Gürbüz ve arkadaşları, kesici takım kesici kenar formu ve talaş kırıcı formlarının, talaş kaldırmayla oluşan kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylerde AISI 316L paslanmaz çelik malzeme için ISO 3685'e uygun 75 derece yanaşma açısına sahip SNMG 120408 formunda, CVD kaplı (M25) kalitesinde sementit karbür kesici takımlar ile buna uygun PSBNR 2525M12 formunda takım tutucu kullanılmıştır. Üç farklı talaş kırıcı ve kesici kenar formu (MR-MM-QM) için de kesme derinliği ve ilerleme değeri arttığında kesme kuvvetlerinin arttığı, buna karşın kesme hızındaki artışla birlikte kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmüştür. Genellikle en yüksek kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri MR talaş kırıcı formunda, en düşük kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri QM talaş kırıcı formunda elde edilmiştir. MR-MM-QM talaş kırıcı ve 10 kesici kenar formu için, kesme hızındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerlerinin düştüğü, fakat kesme derinliği ve ilerlemedeki artışla birlikte yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı görülmüştür [16].

Şan, Mikroalaşımlı çeliklerinin işlenebilirliğini, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmiştir. Deney numunesi olarak orta karbonlu vanadyum mikroalaşımlı (38MnVS5) çeliği kullanılmış ve takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Kesici uç olarak kaplamasız UTi20T, PVD ile kaplanmış VP15TF ve CVD yöntemiyle kaplanmış UC6010 karbürü kesici uçlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri; kesme hızı 150-200-250-300-400 m/dak, ilerleme miktarı 0,15-0,25-0,35 mm/dev ve kesme derinliği 2,5 mm kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tüm kesici takımlar için, kesme hızının azaltılmasıyla, takım ömrü belirgin bir şekilde artmıştır. PVD yöntemiyle kaplanmış VP15TF kesici takım, 150 m/dak ile diğer kesici takımlara göre daha yüksek bir takım ömrü sergilemiştir. Ve en iyi yüzey pürüzlülüğü PVD yöntemiyle kaplanmış VP15TF kesici takımla (0,73 µm) elde edilmiştir. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin kesme hızından daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır. İlerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü de artmıştır [17].

Kuş, AISI 52100 (100 Cr6) rulman çeliğinin ısıtılı işlemsiz olarak işlenmesinde karbür ve

sermet kesici takımların performansını belirlemek amacıyla tornalama yöntemiyle işleme deneyleri yapmıştır. Tornalama deneyleri karbür kesici takımlar için 150, 200, 250, 300 m/dak kesme hızlarında ve sermet kesici takımlar için 200, 250, 300, 350 m/dak kesme hızlarında, 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 0,5 mm kesme derinliğinde yapılmıştır. Deneyler sonucunda kesici takımında oluşan aşınma miktarları ve işlenmiş yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, tarama elektron mikroskobu (SEM) ile kesici takım aşınmaları ve etkin aşınma mekanizmaları incelenmiştir. Farklı üreticilerden temin edilen karbür kesici takımların performanslarında farklılıklar görülmüştür. Sermet kesici takımlarda kesici uç kırılmaları ve çok miktarda çentik aşınması görülmüştür [18].

Özdemir ve Çakır yaptıkları çalışmada, takım geometrisinin ve kesme parametrelerinin başlangıç aşınmasına olan etkilerini incelemişlerdir. İş parçası malzemesi östemperlenmiş dökme demir ve kesici takım olarak da ISO TNMG 160408 (K10) sinterlemiş karbür kesici uç kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarında iki farklı yanaşma açısı (60° ve 90°), üç farklı kesme hızı (200–270–340 m/dak), üç farklı ilerleme oranı (0,14–0,18–0,22 mm/dev) ve üç farklı talaş derinliği (1–1,5–2 mm) gibi kesme parametrelerinin başlangıç aşınmasına etkileri incelenmiştir [19].

Sayıt tarafından küresel grafitli dökme demir malzemeler için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizi incelenmiştir. Çalışmasında, 1, 2 ve 4 adet kanal bulunan silindirik numuneler hazırlanmıştır. Sinterlenmiş kesici takım kullanılmış ve kesme parametresi olarak iki farklı kesme hızı (240 - 340 m/dak), iki farklı ilerleme (0,11 – 0,32 mm/dev) ve iki farklı talaş derinliği (1 - 2 mm) seçilmiştir. Deneyler, ISO 3685 referans alınarak, yanak aşınma değeri 0,3 mm ye ulaşınca kadar gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında talaş oluşum şekilleri, kanal sayısı ve kesme hızının etkisi, kesme şartları ve takım aşınması, ilerleme hızı etkisi ve yüzey pürüzlülüğü değerleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir [20].

Ashby ve arkadaşları tarafından, seramik takımlarla östemperlenmiş dökme demirlerin işlenmesi neticesinde takım aşınması ve takım ömrü belirlenmeye çalışılmıştır. Torna tezgahında yapılan deneylerde, 150 - 450 m/dak kesme hızı değerleri kullanılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde, takımlar üzerindeki aşınma tipi yanak aşınması olarak görülmüştür. Yüksek hızlarda ise takımlarda kırılmalar belirlenmiştir [21].

Er, yapmış olduğu çalışmada sertleştirilmiş takım çeliğini 7 farklı kesici takım ile işlemiş ve kesici takımdaki aşınma mekanizmalarını incelemiştir. Kesici takım olarak, PVD kaplamalı alüminyum oksit ve titanyum karbon-nitrür tabakalı seramik, PCBN, CVD TiN-TiCN-Al₂O₃ kaplamalı sert metal, PVD kaplamalı sermet, PVD TiN kaplamalı sert metal, kaplamasız sert metal, kaplamasız sermet kullanılmıştır. ISO 8688-1 standardına göre talaş kaldırılmıştır. Sonuç olarak farklı malzeme çiftlerine ait takım ömrü grafikleri oluşturulmuş ve malzeme çiftleri ‘‘n’’ ve ‘‘C’’ sabitleri belirlenmiştir [22].

Yalçinkaya, PVD metodunu kullanarak tornadaki takma uçlarda çeşitli kaplama kalınlıkları ve malzemeleri için takım ömür testlerini incelemiştir. Çalışmalarında TiN, TiAlN, AlTiN, TiAlNC ve TiAlNCr kaplama malzemeleri kullanarak, dört farklı kesme hızı (120, 150, 180 ve 210 m/dak) ve üç farklı ilerleme değerleri (0,2-0,3-0,4 mm/dev) alınarak takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine bakılmıştır. Her bir deney şartı için farklı bir kesici kenar kullanılmıştır. Deney malzemesi olarak AISI 304 paslanmaz çelik kullanılmıştır. Deneysel çalışma kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda en iyi aşınma direnci TiN kaplamalı kesici takımlarda görülmüştür. En iyi yüzey pürüzlülüğü, 2 µm kaplama kalınlığına sahip TiAlNC kaplamalı takımlarla elde edilmiştir. Bu kesici takımla, ilerleme 0,2 mm/dev ve kesme hızı 180 m/dak değerlerinde yüzey pürüzlülük değeri 0,61µm olarak bulunmuştur [23].

Acır ve arkadaşları AI-4Cu/B4Cp kompozit malzemenin işlenmesinde, TiN/TiAlN çok kaplanmış sementit karbür ve kaplanmamış sementit karbür kesici takımların takım aşınmasına etkilerini incelemiştir. Deneylerde, beş farklı kesme hızı (100-130-169-220-286 mm/dak), sabit ilerleme (0,20 mm/diş) ile sabit talaş derinliği (1,5 mm) kullanılmıştır. Deneyler sonucunda, kaplamalı kesici takımda diğer takımlara göre daha az bir yanak aşınmasının olduğu belirtilmiştir. Kesme hızının takım aşınmasında önemli derecede etkili olduğu, ayrıca kaplamasız kesici takımın, kaplamalı kesici takıma göre daha fazla aşınmaya uğradığı tespit edilmiştir [24].

Tomac ve Tonnessen, yaptıkları çalışmada, SiC takviyeli Al esaslı kompozit malzemenin tornalama metoduyla işlenmesinde takım aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir. Bu çalışmada, iki farklı takım kullanmışlardır. Bu takımlardan çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kaba işlemede ve PCD kesici takımlar ise bitirme işleminde kullanılmıştır. PCD ile sementit karbür kesici

takımların performanslarının aynı kesme şartlarında takım ömrüne göre karşılaştırılmasını yapmışlardır. Aynı kesme şartlarında (kesme hızı: 60 m/dak, talaş derinliği: 0,4 mm ve ilerleme: 0,1 mm/dev) PCD kesici takımda 0.4 mm aşınma değerine 62 dakikada ulaşılmıştır [25].

Parlak, çelik talaşı takviyeli dökme demir kompozitlerin işlenebilirliğini deneysel olarak incelemiştir. Çelik talaşları kalıp boşluğuna dik, homojen dağılım gösterecek şekilde yerleştirilip üzerine ergitilmiş dökme demir (GG 20) dökülerek yuvarlak numuneler elde edilmiştir. Her bir numune için kesme parametreleri, kesme hızı (135–200 m/dak), ilerleme oranı (0,1–0,3 mm/dev) talaş derinliği (0,5–2 mm) olarak belirlenmiştir. Deneyler son aşama yüzey pürüzlülük değerleri alınmış ve karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda takım ömrü denklemleri ve yüzey pürüzlülük denklemleri oluşturulmuştur. Oluşturulan denklemlerin güvenilirlik aralıkları belirlenmiş ve modelin yeterliliği test edilmiştir [26].

Franc ve arkadaşları, krater aşınmasını deneysel olarak incelemişlerdir. AISI 8620 çeliğini 0,25 mm/dev ve 300 m/dak’ da yapılan tornalama işleminde kaplamasız uçta 10. dak’da 10,4 μm , 28. dak’da ise 50,1 μm derinlik değerinde krater aşınması oluşmuştur, 3 μm TiN kaplı uçta ise 10. dak 3.51 μm 28. dak 6,52 μm derinlik değerinde krater aşınması görülmüştür. TiN kaplı kesici ucun krater aşınmasına karşı daha dayanıklı olduğu ve takım ömrünün uzadığı görülmüştür [27].

Nouari ve arkadaşları, alüminyum bakır alaşımının (2024) kaplamasız sementit karbür kesici takımla işlenmesinde takım aşınma davranışlarını incelemişlerdir. Kesme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (30-60-180-360 m/dak) ve iki farklı ilerleme değeri (0,1 – 0,3 mm/dev) belirlemişlerdir. Kesici takımda BUE (built-up-edge), difüzyon aşınması meydana geldiği görülmüştür [28].

Başaltın, “Zamana göre takım aşınmasının işleme sesi ile deneysel incelenmesi” isimli çalışmasında, kesici takımda oluşan aşınma miktarının kesme sesine göre belirlenebileceğini araştırmıştır. Bu işlem için SAE 1030 dövme çelik malzemesi kullanılmıştır. Deneyler CNC tipi torna tezgâhında 130, 140, 150 m/dak kesme hızları ve 0,15-0,2-0,3 mm/dev ilerleme aralıkları kullanılarak 2,5 mm talaş derinliğinde yapılmıştır. Deneyler sonunda elde edilen değerler göz önünde bulundurularak kesme hızı olarak 140 m/dak ve 0,2 mm/dev ilerleme hızı belirlenmiştir. Bulunan kesme parametreleri

kullanılarak 5 ile 20 dakika arasındaki her bir dakika için işleme zamanlarında oluşan takım aşınmasının işlemedeki ses değişimine etkisi analiz edilmiştir. Analizlerde IC 8250 ve IC 9250 iki tip kesici uç kullanılmıştır. Zamana bağlı VB yanak aşınması değerleri incelendiğinde 5. dakikadaki yanak aşınması 0,074 mm iken ile 20. dakikadaki yanak aşınması 0,20 mm değere yükselmiştir. Deneyler sonucunda aşınma miktarı ile işlemede doğan titreşim arasında ilişkinin yüksek olduğu ve kesme sesine göre kesici takımdaki aşınma miktarının tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur [29].

Tekaüt, takım tezgâhlarındaki malzemenin işlenmesi esnasında, kesici takımda oluşan titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkisini inceleyerek, en uygun kesme şartlarını tayin etmek istemiştir. Bu amaçla, kuru kesme şartları altında, dört farklı talaş kırıcı (SA, MA, MS, GH) formuna sahip kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanılarak, işleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kesme parametreleri olarak, sabit kesme derinliğinde (2,5 mm) dört farklı kesme hızı (200, 250, 300, 350 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,15- 0,25- 0,35 mm/rev) kullanılmıştır. Bu kesme parametreleri ile 40 mm çapındaki AISI 1050 malzemesi deney numunelerinden 50 mm boyunda talaş kaldırılarak 48 adet deney yapılmıştır. Farklı kesme hızlarında talaş kırıcı performansları değerlendirildiğinde; 200 m/dak kesme hızında en iyi sonuçlar MS talaş kırıcı formuyla, ikinci en iyi sonuçlar ise SA talaş kırıcı formuyla elde edilmiştir. Her dört talaş kırıcı formu için 250 m/dak kesme hızı ve 0,25 mm/dev ilerleme değeri, ortak olarak en iyi sonuçların gözlendiği optimum değerler olmuştur [30].

Balcı, AISI 304 paslanmaz çelik malzemenin tornalama yöntemiyle işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini incelenmiştir. Dört farklı uç yarıçapına sahip kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanılarak işleme deneyleri yapılmıştır. Deneyler, farklı ilerleme hızları ve talaş derinliklerinde soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Kesici takım uç yarıçapı, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin iş parçası ortalama yüzey pürüzlülük değerine (Ra) etkileri incelenmiştir. Deneysel sonuçlardan kesici takım uç yarıçapının ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği görülmüştür. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takım ile genellikle en düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilirken 0,4 mm silici (wiper) kesici uç geometrisine sahip kesici takım ile da en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. 0,05 ve 0,1 mm/dev ilerleme hızlarında kesici takım uç yarıçapının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri beklenmedik bir şekilde artmıştır [31].

Demir ve arkadaşları, farklı hızlarda (havada, kumda ve fırında) soğutulan yüksek dayanımlı düşük alaşımlı 30MnVS6 mikroalaşımlı çelikleri kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmişlerdir. Deneyler tornalama metoduyla dört farklı kesme hızı (90-120-150 ve 180 m/dak), üç farklı ilerleme miktarı (0,1-0,15 ve 0,20 mm/dev) ve 1 mm sabit talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan kuru şartlarda yapılmıştır. Uygulanan farklı soğutma hızları ile iş parçalarının mikroyapıları ve sertlikleri değiştirilmiş ve bu değişikliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Karşılaştırma amacıyla ham malzeme üzerinde de deneyler yapılmıştır. En düşük kesme kuvvetleri, ham malzeme ve kumda soğutulan malzemede 150 m/dak kesme hızında, fırında ve havada soğutulan malzemelerde ise 180 m/dak kesme hızında oluşmuştur. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri kumda soğutulan malzemede elde edilmiştir [32].

Şeker, kesici takımın kesme işlemi esnasında meydana gelen değişiklikleri, oluşturulan entegre sistem ve yazılım ile on-line olarak takip etmiş, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünü yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri ile tahmin etmiştir. Takımın durumunu en iyi şekilde gözlemleyebilmek için, sistemde takım durumunu temsil edebilecek veriler toplanmıştır. Oluşturulan değişik parametrelerdeki yapay sinir ağları öncelikle örnek deney verileri kullanılarak eğitilmiş, ardından test verileri ile denenmiştir. Bulanık mantık ise yapay sinir ağları ile tahmin edilen aşınma ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin belirlenen seviyelerde sınıflandırılması için kullanılmıştır [33].

Özer, TiC+TiN, TiC kaplı sementit karbür, kaplamasız sementit karbür ve CBN kesici takımların AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğin işlenebilirlik özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla, talaş kökü morfolojisi, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. İşlenebilirlik deneyleri kuru tornalama ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 60 m/dak kesme hızı, 0,12 mm/dev ilerleme hızı ve 1,2 mm talaş derinliği sabit tutulmuştur. TiC+TiN kaplı sementit karbür takım en yüksek kesme kuvveti değerlerini vermiştir. CBN takım en düşük kesme kuvvetlerini vermesine karşın, kısa işleme mesafelerinde takımda kırılmalar meydana gelmiştir. Kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü bakımından en uygun değerler TiC kaplı sementit karbür takım ile talaş kaldırma işleminde elde edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri kaplamasız takımlarla elde edilmiştir. TiC kaplamalı takımın CBN takıma göre daha yüksek kesme kuvveti değerleri elde edilmiştir [34].

Gökkaya ve arkadaşları, PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. AISI 1030 çeliği farklı kaplama malzemesine sahip kesici takımlarla, CNC torna tezgâhında soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. Deneyler, CVD yöntemiyle üç katlı kaplama uygulanmış (en üstte TiN kaplı), PVD yöntemiyle AlTiN ve TiAlN kaplanmış üç farklı sementit karbür takımla, kesme derinliği sabit tutularak (2 mm) üç farklı kesme hızı (100, 200, 300 m/dak) ve beş farklı ilerleme hızı (0,25-0,30-0,35-0,40-0,45 mm/dev) değerlerinde talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilerek, bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kaplama malzemesi, ilerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilere sahip parametreler olduğu görülmüştür [35].

2.2. Ç 4140 Çeliği İle İlgili Çalışmalar

Ç 4140 çeliği talaşlı imalat sektöründe çok geniş kullanım alanlarına sahip ve içinde bulundurduğu alaşım elementleri ile farklı işlenebilirlik özellikleri olan çeliklerdir. Bu çeliklere farklı ısıt işlemler uygulanarak mekanik özelliklerinde değişiklik yapılabilmektedir. Bu sebeple literatürde farklı sertliklerde ve kesicilerle çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Motorcu, ısıt işlemsiz ve ısıt işlem görmüş Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 52100 çeliklerinin kaplamalı karbür, sermet, seramik ve kübik bor nitrür (KBN) kesici takımlarla işlenmesinde kesme parametreleri ve takım geometrisinin yanı sıra, iş parçası ve takım sertliklerinin, takım ömrü, takım aşınması, talaş atılabilirliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Taguchi Tekniği kullanılarak en yüksek takım ömrü değerlerini veren optimal kontrol faktörleri belirlenmiştir. Tahminsel takım ömrü denklemleri çıkartılmıştır. Buna ek olarak, Merkezi Kompozit Tasarım ve Yanıt Yüzey Tekniğinin birlikte kullanılmasıyla deneysel verilerden faydalanılarak tahminsel Ra, Rz ve Rmax yüzey pürüzlülük denklemleri geliştirilmiştir. Ayrıca, aşınmış uçların SEM görüntüleri çekilerek takım aşınma tipleri belirlenmiştir. Kontrol faktörlerinin talaş tipleri ve talaş eğrilik yarıçapları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmaların çoğunda, sırasıyla kesme hızı, ilerleme miktarı, kesici takım sertliği ve iş parçası sertliğinin takım ömrü üzerinde en etkili parametreler olduğu saptanmıştır. Faktör etkileşimlerinin yer aldığı tahminsel denklemler daha güvenilir sonuçlar vermiştir. Isıt işlemsiz Ç 1050 ve Ç 4140 çeliklerinin seramik takımlarla işlenmesinde burun aşınması ve krater aşınması

gözlenmiştir. Fakat kaplamasız seramik takımlarda çentik aşınması oluşmuştur. Isıl işlem görmüş çelikleri kaplamalı seramik ve karbürlerle işlenmesinde takım kırılması etkin olarak görülmekte iken kaplamasız seramiklerle işlemede krater aşınması etkin olarak oluşmaktadır. Ancak, ısıl işlemsiz durumdaki Ç 52100 çeliğinin kaplamalı karbür takımla işlenmesinde yan kenar aşınması ve kaplama katmanında kırılmalar etkin iken kaplamasız ve kaplamalı seramiklerde ise yan kenar ve krater aşınmasının etkili olduğu gözlenmiştir. Buna ilaveten, küreselleştirilmiş Ç 52100 çeliğinin karbür takımlarla yüksek kesme şartlarında işlenmesinde ise mekanik yorulma çatlakları oluşmuştur. Aynı iş parçasının seramik takımlarla işlenmesinde ise yan kenar aşınması ve krater aşınması etkin olarak oluşmaktadır. Son olarak, su verme+temperleme ısıl işlemi uygulanmış Ç 52100 çeliğinin seramik ve KBN takımlarla düşük ve orta kesme şartlarında işlenmesinde ise yan kenar ve krater aşınması etkin olarak oluşmuştur. Fakat kesme parametrelerinin arttırılmasıyla seramik takımların kırıldığı görülmüştür. Bunlara dışında, yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametreler sırasıyla ilerleme miktarı, kesme hızı ve talaş derinliği olmuştur. Isıl işlemsiz Ç 1050 çeliğinin işlenmesinde kaplamalı seramik takımlar daha iyi yüzey pürüzlülükleri sağlamışken Ç 4140 çeliklerinin işlenmesinde ise kaplamasız seramik takımlarla daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Isıl işlem görmüş çeliklerin işlenmesinde genelde en düşük yüzey pürüzlülükleri sırasıyla kübik bor nitrür, kaplamasız seramik, kaplamalı seramik ve kaplamalı karbür takımlarla elde edilmiştir. Ayrıca, talaş tipleri ve eğrilik yarıçapları en çok talaş derinliği ve kesme hızına bağlı olarak değişmiştir [8].

Motorcu ve arkadaşı, AISI 4140 çeliğinin farklı kaplamalı karbür ve sermet kesici takımlarla işlenebilirliğini inceledikleri çalışmalarında; iki kaplamalı karbür takım malzemesi; TP100 ve TP1000 ve sermet kesici takımlarla AISI 4140 çeliği üzerinde işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. İşleme testleri, ilerleme miktarı ve talaş derinliği sabit tutularak değişik kesme hızlarında kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Tüm takımlar için, kesme hızının düşmesiyle, takım ömrü belirgin bir şekilde artmıştır. Sermet takımlar kaplamalı karbür takımlardan daha iyi takım ömrü performansı sergilemiştir [36].

Abukhshim ve arkadaşları, yüksek dayanımlı alaşımlı çeliğin yüksek hızla tornalanmasında ısı dağılımını araştırdıkları çalışmalarında, yüksek kesme hızlarında metaller işlenirken iş parçasındaki yumuşamayı artıran ve bundan dolayı kesme kuvvetlerini düşüren birincil kayma düzleminde yüksek sıcaklıklar oluşturduğunu buna

dayanarak yüksek dayanımlı alaşımlı çeliğin (AISI/SAE-4140) yüksek hızda, tornalanmasında kesici takımındaki ısı dağılım miktarının tahmini üzerine bir çalışma yapmışlardır. Amaçları kesilme düzlemindeki ısı alanının karakterize edilmesi ve bu şekilde yüksek hızda işlemenin mekanizmalarının kavranmasıdır. Deneyleri 200 ve 1200 m/min arasındaki kesme hızlarında dik kesmede gerçekleştirmiş ve takım yüzeyindeki aşınmanın sıcaklık ölçümlerini yapmışlardır. Bu sıcaklıklar, sonlu elemanlar ısı analizinden elde edilen kesici takımındaki sıcaklık dağılımlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçta; takım talaş ara yüzeyinde kesici takıma iletilen ikincil ısı kaynağının oranının kesme hızıyla önemli ölçüde değiştiği, 1200 m/min'da yüksek hızla işleme bölgesinde %65'e yakın seviyeye yükseldiği tespit edilmiştir. Bu sonucun yüksek hızla işleme operasyonlarında kesici kenar aşınması ve kesici takımların ısı genleşmesinin başlaması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir [37].

Dhar ve arkadaşları, araştırmalarında takım talaş ara yüzey sıcaklığı, takım aşınması, ölçü tamlığı ve standart ilerleme hızı koşulları altındaki AISI 4140 çelik tornalama bitirme yüzeyi üzerinde, sıvı azot püskürtmesi aracılığıyla kriyojenik soğutmanın rolünü incelemişlerdir. Bitirme yüzeyi ve ölçüsel tamlığın AISI 4140 çeliğin tornalanmasında kriyojenik soğutma şartlarında önemli ölçüde iyileştirildiğini, günümüz teknikleriyle kriyojenik soğutmanın yanak aşınmasında önemli azalmalara neden olduğunu ve bu nedenle beklenen iyileştirilmiş takım ömrünü sağladığını belirtmişlerdir. Kriyojenik soğutmanın uygun takım-talaş etkileşimi ve kesme bölgesi sıcaklığında önemli azalmalar sağladığını tespit etmişlerdir [38].

Harju ve arkadaşları, çalışmalarında modifiye edilmiş ve edilmemiş ticari amaçlı ıslah çelikleri (AISI 4140) ile kuru tornalama deneyleri yapmışlardır. Titanyum nitrür kaplamalı HSS ve H13 takım çeliği kesici takım malzemesi olarak kullanılmıştır. Koruyucu katmanın türü ve çeliklerin içerisindeki kalıntılar X-ray Enerji Ayırıcı Spektroskopu (EAS), Tarama Elektron Mikroskopu (SEM) ve X-ray Fotoelektron Spektroskopu (XFS) gibi çözümlemeli takımları kullanarak incelenmişlerdir. TiN kaplamalı bir takım ile Ca eklenmiş çelik tornalanırken Ca'nın koruyucu katmanı tek başına oluşturamayacağını, ama diğer çelik alaşım elementleri ve Ca birleşimli çeliğin işlenebilirliğinin artmasında etkili olacağını tespit etmişlerdir [39].

Harju ve arkadaşları, titanyumnitrür kaplamalı takımların aşınma ömründe malzeme

bileşiminin etkisini araştırdıkları çalışmalarında; AISI 4140'a yakın özellikler gösteren üç ıslah çeliği, hem titanyum nitrür kaplamalı hem de kaplamasız HSS uçlar kullanılarak kuru tornalamada karşılaştırmışlardır. A, B, C çeliklerinden B ve C çeliklerine kalsiyum eklenmiş iken A çeliği kalsiyum içermemektedir. B çeliği kaplamasız HSS uçlarla yapılan kuru tornalamada en iyi sonucu vermiştir. B çeliği, A çeliğinin 2 katından fazla C çeliği ile 1,5 katı daha fazla aşınma ömrü elde edilmiştir. TiN kaplamalı kesici uçlarla kesme hızının yükseldiği ve performansın önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir. C çeliğinin en iyi ikinci çelik olduğu, A çeliğinden yaklaşık 26 kat, B çeliğinden ise 9 kat daha fazla aşınma ömrü verdiği, C çeliği tornalanırken aşınma yüzeyindeki yapışkan koruyucu tabakanın formasyonunun değişimi aşınma ömründeki gözlem farklılıklarını açıklayacak bir mekanizma şeklinde olduğu açıklanmıştır [40].

Boehnke ve arkadaşları, sülfürün, kalsiyumlu sülfür gibi tellürlü sülfürün işlenebilirliğe etkisini araştırdıkları çalışmalarında, mekanik özelliklere etkisi ve davranışlarının ardından mikroyapılı orta karbon çeliklerinin, normalleştirilmiş koşuldaki Cf 53 çeliği ve AISI 4140 (42CrMo4) çeliğin ıslah koşullarında işlenebilirliğini araştırmışlardır. İşlenebilirlik deneyleri, karbür ve HSS kesici takımlarla tornalama işlemleri ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerin sonucunda tellürün işlenebilirliğin mekanik özelliklerini ciddi manada etkilediğini bulmuşlardır [41].

Kankaanpää ve arkadaşları, TiN kaplamalı HSS kesici takımlar kullanılarak Ca eklenmiş çeliklerin işlenebilirliği üzerinde yaptıkları çalışmalarında; tornalama testlerini TiN kaplamalı ve kaplamasız HSS kesici takımlarla gerçekleştirmişlerdir. İş parçası malzemesi olarak AISI 4140 ve AISI 8620 çelikleri kullanmışlardır. Her bir çeliğin Ca miktarı araştırılmıştır. Ca miktarı belirli sınırlarda olduğunda ve HSS kaplamasız takımlarla işlendiği zaman, standart değerlerden daha uzun takım ömrü elde edildiği, kesici takımlar TiN kaplandığında, Ca ekleme dereceleriyle takım ömrünün %40 ile %500 arasında arttığını tespit etmişlerdir [42].

Kılıçlı ve arkadaşları, farklı mikroyapılara sahip AISI 4140 çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve talaş atılabilirliğini inceledikleri çalışmalarında; tam tavlama, su verme+temperleme ve küreselleştirme, ısıt işlemleri uygulanmış AISI 4140 çeliğinin yüzey pürüzlülükleri ve talaş atılabilirlik davranışlarını incelenmişlerdir. Numuneler, talaş derinliği sabit tutularak kuru kesme şartları altında farklı kesme hızı ve ilerleme

miktarlarında işlenmiştir. Deneysel sonuçlara göre, en düşük yüzey pürüzlülüğü daha düşük kesme hızı ve ilerleme miktarlarında su verilmiş+temperlenmiş numunelerde elde edilmiştir. Küreselleştirilmiş numunelerde küreselleştirme süresinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmış ve numunelerin tamamında, ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Isıl işlemlerin talaş atılabilirlik üzerine belirgin bir etkisinin olmadığını fakat; tüm kesme hızlarında ve en yüksek ilerleme miktarında daha iyi talaş atılabilirlik elde edildiğini söylemişlerdir [43].

2.3. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Literatür araştırmasında, talaşlı imalatta kaçınılmaz olan takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü konularının araştırıldığı görülmektedir. İmalat sürecinde bu iki konunun etkilerini en aza indirilebilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Takım aşınması, takım ve iş parçası arasındaki sürtünmeden kaynaklanmaktadır. Çalışmalar daha çok takım iyileştirmeleri ve takımın verimli kullanılması üzerine odaklanmıştır. Takım iyileştirme çabaları, aynı şartlar altındaki farklı takımların aşınmaları incelenmek suretiyle yapılmıştır. Kesici takımın tam verimli kullanılması çalışmaları ise kesici takımların kesme şartlarının değiştirilip (kesme hızı, ilerle, talaş derinliği, soğutmalı veya kuru kesme gibi) en uzun takım ömrünü veren parametrelerin bulunmasıyla yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü çalışmalarında; kesici takım profili, talaş kırıcı formu ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır.

Kesici takımın en uzun ömrünün bulunması çalışmalarında, her malzemenin kendine özgü kimyasal ve mekanik özellikleri olduğundan, çalışmalarda belirli bir malzemenin kesme parametreleri değiştirmek suretiyle takım ömürleri kıyaslanmıştır. Ç 4140 çeliği kullanılarak takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü deneyleri yapılmış olup, 30 HRC'lik sertliği olan Ç 4140 çeliğini, TNMG profilli NC3020 ve NC3030 kalitesinde kesici takımlarla, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu çalışmada 30 HRC'lik sertliğe sahip Ç 4140 çeliği, TNMG profilli NC3020 ve NC3030 kalitesinde kesici takımlarla, takım aşınması, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü kriterleri araştırılarak bir değerlendirme yapılmıştır.

3. TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK

3.1. Giriş

İmalatın amacı, hammadde ile ürün arasındaki dönüşümü sağlamaktır. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için pek çok değişik teknolojik yöntemler kullanılabilir. İmal Usulleri adı verilen bu teknolojik yöntemler, talaşlı imalat ve talaşsız imalat yöntemleri olarak iki temel gruba ayrılabilir. Bu iki temel grup arasındaki fark; talaşlı imalat yöntemlerinde (tornalama, frezeleme, planyalama) hammadde-ürün dönüşümü sırasında hammadde üzerinden talaş kaldırılması, talaşsız imalat yöntemlerinde (kaynak, döküm, dövme) ise hammadde üzerinden talaş kaldırmadan bu dönüşümün sağlanabilmesidir [44].

Makine parçalarının büyük çoğunluğu talaşlı imalat yöntemiyle elde edildiğinden dolayı ekonomik faktörler üzerinde bu yöntem önemli bir etkiye sahiptir. Bu doğrultuda talaş kaldırmayı etkileyen faktörleri optimize etmek demek maliyeti de optimize etmek demektir. Talaş kaldırmayı etkileyen faktörler: kesici takım, işlenen malzeme kesme parametreleri ve tezgâh durumu gibi başlıklar altında toplanılabilir. Talaşlı imalatı etkileyen faktörler içerisinde, malzemeye göre kesici takım seçimi önemlidir. Malzeme için seçilen kesici takımın performansı yüksek olursa, takımla işlenen parça sayısı artar ve maliyet düşer [9].

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

iletkenlik işlenebilirlik yönünden genelde faydalıdır [45].

Talaşlı imalat işleminde işleme parametrelerin malzemeye uygun seçilmemesi kesicilerin kırılması, hızlı aşınması ve deformasyonu gibi istenmeyen sıkıntılara neden olur. Bu durum, tezgâh boş zamanının artması, iş parçasının ölçü tamlığının bozulması veya işin kalitesinin yeni bir işlem gerektirecek derecede yetersizliği gibi bir dizi ekonomik kayıplara sebep olacaktır. Malzemenin işlenebilirlik özelliği önceden iyi tespit edilmemişse bu kayıplar kaçınılmazdır [45].

Metal kesme işlemi teknolojisi, talaşlı imalat işlemi ile ilgisi olan bütün endüstri dallarından yapılan katkılarla arttırılmıştır. Karbon takım çeliklerinin yerine yüksek hız ve sementit karbür kesici takımlar kullanılarak kesme hızları önemli derecede arttırılmıştır. Bu işlemler sonucu da makine takım imalatçıları kesici takımdan en üst düzeyde yararlanılacak şekilde kesici takım tasarlamaya başlamışlardır. Bunun sonucu olarak otomatik makinelerle ve bilgisayarlı sayısal kontrollü tezgahlar işçilik maliyetleri azaltmıştır. Takım tasarımcıları ve talaşlı imalat uzmanları kesici takım ömrünü ve kesme hızlarını arttırmak için kesici takım geometrilerini optimize etmişlerdir. Aynı zamanda soğutma sıvısı imal edenler de soğutma sıvıları ve yağlayıcılar geliştirerek takım ömrünü ve yüzey kalitesini iyileştirmeye çalışmışlardır [46].

3.2. Talaşlı İmalat

Talaşlı üretim işlemi en önemli imalat yöntemlerinden biridir. Talaşlı imalat işleminde iş parçasını (yarı mamul, döküm, dövülmüş, haddelenmiş) istenilen geometriye getirmek için üzerindeki fazlalıklar uygun takım tezgâhı (torna, freze, matkap) ve kesici takım kullanılarak talaşlar seklinde uzaklaştırılıp, istenilen boyutlar ve yüzey kalitesi sağlanır. İş parçası metal olduğu zaman işlem metal kesme olarak da isimlendirilir. Talaşlı imalat işleminde etkin olan kesme hareketi iş parçasının kesici takım önündeki plastik deformasyonunu ve deforme olan bu katmanın talaşa dönüşmesini gerektirir [47].

Aşağıdaki sebepler dikkate alındığında talaşlı imalat işleminin en önemli imalat yöntemlerinden biri olduğu anlaşılır;

1. Çok çeşitli malzemeler talaşlı imalat yöntemiyle şekillendirilebilir. Gerçekte bütün katı

malzemeler işlenebilir. Polimer ve polimer esaslı kompozitler de talaşlı imalat yöntemiyle işlenebilir.

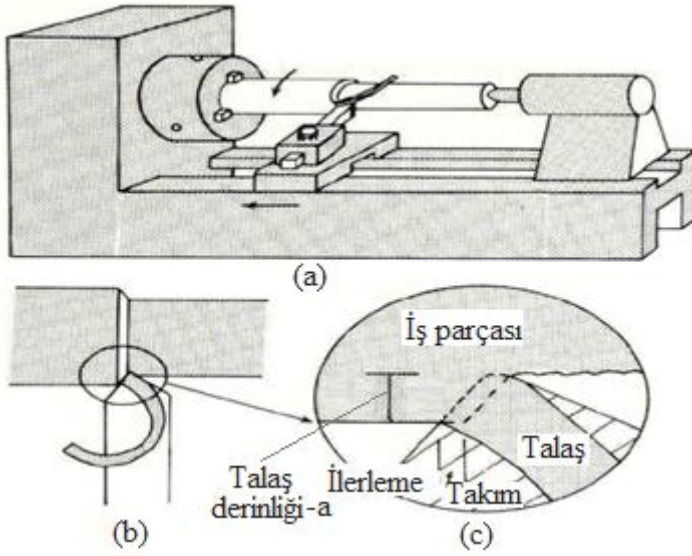
2. Talaşlı imalat işlemiyle düz ve dairesel yüzeyler gibi düzenli geometriler oluşturulabilir. Birkaç talaşlı imalat işlemi sırayla uygulanarak hemen hemen bütün karmaşık geometriler elde edilebilir.

3. Talaşlı imalat işlemiyle iş parçası ölçüleri çok yakın toleranslarda elde edilebilir ve çok iyi yüzey kalitesi elde edilebilir [47].

Değişik geometrik yüzeylere sahip iş parçalarını işleyebilmek için farklı talaş kaldırma işlemleri ve bu işlemleri yapabilmek için farklı takım tezgahları geliştirilmiştir. Talaşlı imalatta başlıca torna, freze ve taşlama takım tezgahları kullanılmaktadır. Bu tezgahlarla yapılan işlemlere de tornalama, frezeleme ve taşlama ismi verilmektedir.

3.2.1. Tornalama

Tornalama işlemi talaşlı imalat ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda en çok kullanılan talaşlı imalat yöntemidir. Etkin bir talaşlı imalat işlemi olan tornalama işlemi dairesel iş parçalarının işlenmesinde kullanılır. İşlenecek olan iş parçası genelde bir aynaya bağlanarak döndürülür. Bir takım tutucu üzerine rijit olarak bağlanmış kesici takım dönen iş parçası ekseninde ilerletilerek ve iş parçasından bir katman kaldırılarak, dairesel veya daha karmaşık profilli yüzeyler oluşturulur. Şekil 3.1’de torna tezgahı ve tornalama işlemini şematik olarak gösterilmektedir [48].



Şekil 3.1. Torna tezgahı ve tornalama işleminin şematik olarak gösterimi [11]

Torna tezgahında silindirik tornalama, delik delme, raybalama, kılavuz çekme, pafta çekme, konik tornalama, alın tornalama, vida çekme... gibi işlemlerin yanında taşlama, frezeleme, profil tornalama, yay sarma, demir, çelik, ağaç, plastik alaşımlar ve yumuşak gereçlere istenilen şekil ve biçim verme işlemleri uygulanabilir [49].

Talaşlı imalat işlemlerinde talaş kaldırma işlemini etkileyen üç temel kavram mevcuttur. Bunlar; kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğidir. Kesmeyi en çok etkileyen parametre ise kesme hızı olduğu yapılan çalışmalarla ispatlanmıştır. Bu parametrelerin tornalama işlemlerine göre tanımlarını aşağıdaki şekilde yapabiliriz.

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

İlerleme hızı (f), iş parçası malzemesinin her bir dönüşünde kesici takımın iş parçası eksenine paralel olarak kat ettiği mesafedir.

Kesme derinliği (a_p), iş parçası malzemesinden kaldırılan malzemenin derinliğidir ve iş parçası eksenine dik yönde ölçülür. Bu üç kesme parametresinin çarpımıyla ekseriyetle metal kesme işleminin verimliliğini ifade eden talaş kaldırma oranı bulunur [50].

3.3. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, birçok kitap, makale veya tartışmalarda kolay veya zor işlemenin bir kriteri olarak malzemenin kalitesi veya varlığını ifade etmek için kullanılır. İşlenebilirlik kavramının kesin bir tanımı olmamakla birlikte en basit şekilde aşağıdaki gibi tanımlanabilir [45].

İşlenebilirlik “bir malzemenin istenilen biçimde, boyutta ve yüzey kalitesinde işlenmesinin kolaylığını veya zorluğunu gösteren bir kavramdır” [45].

İş parçasının kimyasal bileşimi, mikro yapısı, ısıtma işlemi, saflık vb. bütün değişkenler işlenebilirliği etkiler. Talaş oluşumu, takım aşınması, bitirme yüzeyi kalitesi ve kesme kuvvetleri gibi işlenebilirlik karakteristikleri ile iş parçasının işlenebilirliği belirlenebilir. Fakat bu karakteristiklerin işleme parametrelerine de bağımlılığı önemlidir [45].

İşlenebilirlik evrensel olarak tanımlanmış standart bir özellik değildir. Genellikle iş parçasının işlenebilme kabiliyeti olarak adlandırılır. İşlenebilirlik üzerinde kesici 8 kenarın, takım tutucunun, takım tezgahının, kullanılan işlemlerin ve işleme koşullarının da etkisi büyüktür [51].

3.3.1. İşlenebilirliği etkileyen faktörler

Malzeme mikroyapısının etkisi

Metal ve alaşımlarının işlenebilirliği, mikroyapısı ile ilgili olup, yapıda sert parçacıkların bulunması kesici takım ömrünü düşürürken, yapıdaki taneler büyüdükçe takım ömrü artar [45].

İşlenebilirliğin değerlendirilmesi ve işleme şartlarının optimizasyonu amacı ile yaygın kullanılan iş parçası malzemeleri gözden geçirildiğinde öncelikle temel malzeme özellikleri ve bunların işlenebilirliği nasıl etkilendiği dikkate alınmalıdır [52].

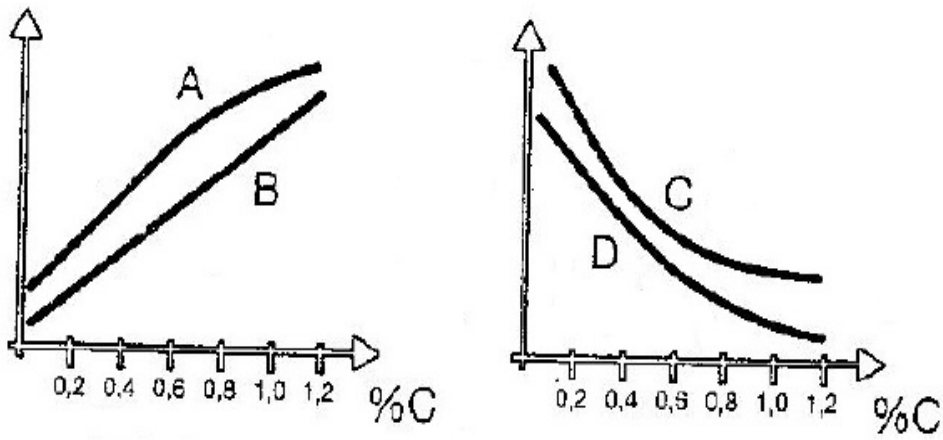
Şekil 3.2’de iş parçası karbon muhtevası ile değişen dört temel mekanik malzeme özelliğindeki genel eğilimi göstermektedir. Bunlar:

A: Çekme Dayanımı

B: Sertlik

C: Darbe Dayanımı

D: Uzama (Yüzde uzama – süneklik) [53].



Şekil 3.2. Malzemelerin temel mekanik özelliklerinin karbon muhtevası ile değişimi [53]

Isıl işlemin etkisi

Metal ve alaşımları çeşitli ısıt işlemlere tabi tutulduğunda sertlik, süneklik ve dayanım özellikleri değişir. Özelliklerdeki bu değişim, bu malzemelerin işlenebilirliğini etkiler [45].

Alaşım elementlerinin etkisi

İş parçası malzemesi içerisindeki alaşım elementleri malzemelerin işlenebilirliğini etkiler. Çelik içerisinde karbon miktarı azaldıkça, işlenebilme özelliği düşer. Çünkü azalan karbon miktarı ile süneklik arttığından kesici takım ucunda önemli derecede yığıntı talaş oluşur. Bu da yüzey kalitesini önemli derecede kötüleştirir. Diğer taraftan karbon oranı arttırıldıkça malzemenin sertliği arttığından, takım aşınması hızlanır [45]. Benzer şekilde diğer alaşım elementleri de malzemelerin özelliklerini değiştirdiği için işlenebilirliği etkiler. Ayrıca, kurşun, kükürt ve silisyum gibi bazı elementler talaş oluşumu esnasında kayma düzleminde boşluk oluşturarak veya takım talaş ara yüzeyinde sürtünme katsayısını

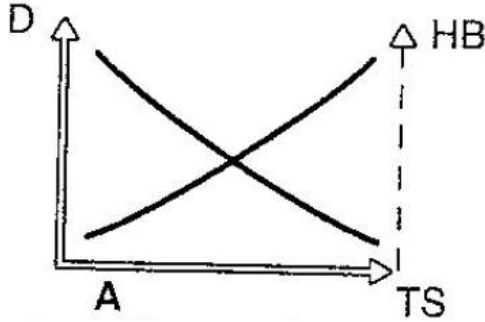
azaltarak işlenebilirliği kolaylaştırır [46].

Mekanik özelliklerin etkisi

Malzemelerde genelde, sertlik ve çekme dayanımı arasında ilişki bulunmaktadır. Bir malzemenin sertliği ve çekme dayanımı arttıkça, işlenebilirlik özelliği o derece azalmaktadır [45].

Düşük yüzey kalitesine, çapak oluşmasına ve kısa takım ömrüne sebep olan BUE oluşmasından dolayı problemlere yol açan çok sünek malzemeler bu durumun dışındadır. Bu tür malzemelerde soğuk çekme işlemleri ve benzeri yollarla artırılmış sertlik olumlu bir etkiye sahiptir [53].

Düşük süneklik değeri genellikle olumludur. Talaş oluşumu bakımından bir avantajdır ve enerji verimli bir talaş kaldırma yöntemi söz konusudur. Düşük süneklik yüksek sertlikle oluşur ve bunun tersi yüksek süneklik, düşük sertlik demektir. İyi işlenebilirlik, genellikle sertlik ve süneklik arasındaki bir uzlaşma noktasındadır. Şekil 3.3'te çekme dayanımına karşılık, sertlik (HB) ve süneklikteki (D) değişim görülmektedir.

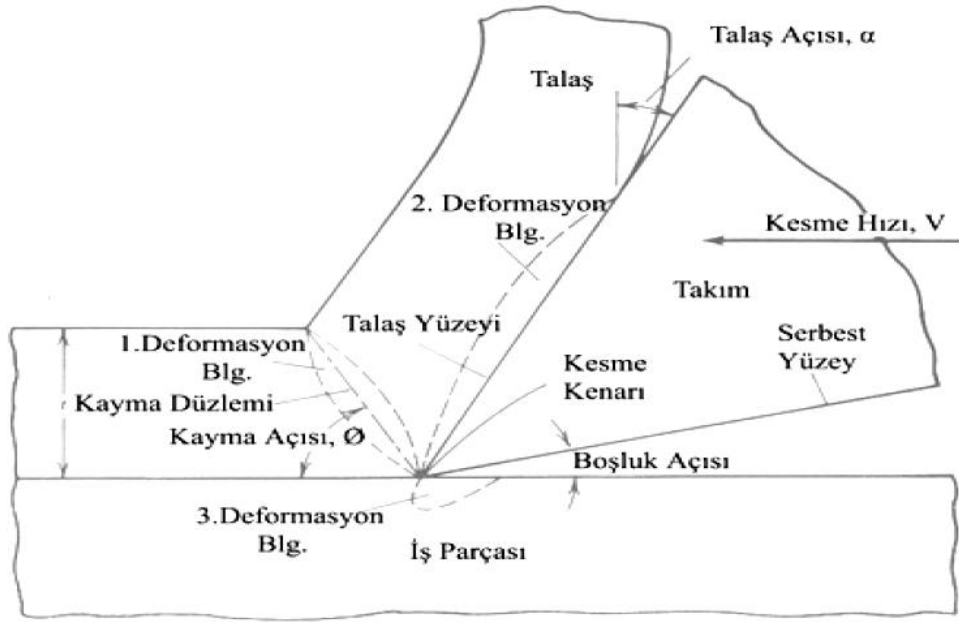


Şekil 3.3. Çekme dayanımına (TS) karşılık, sertlik (HB) ve süneklikteki (D) değişim [53]

3.4. Talaşlı İmalat Mekaniği ve Talaş Oluşumu

Tornalama, frezeleme, delme ve vida açma gibi talaşlı imalat işlemlerinde iş parçası yüzeyinden talaşlar şeklinde malzemeler kaldırılır. Talaşlı imalat işlemi farklılık gösterse de (tornalama, frezeleme vb.) talaş oluşum mekanizması temelde aynıdır. Esas olarak, talaş, bölgesel bir kayma işlemi ile çok dar bir bölgede gerçekleşir (Şekil 3.4'de birinci

deformasyon bölgesi). Kesici takımın iş parçası ile temasa geçmesiyle öncelikle iş parçasında elastik (geçici) deformasyon oluşur. Devam eden kesme süreci ile daha sonra iş parçasının akma dayanımı geçilir ve iş parçası malzemesi plastik (kalıcı) olarak deformasyona uğrar (kalıcı olarak şekil değiştirir). Kesici takım ve iş parçasının nispi hareketi ile plastik şekil değiştirmenin devam etmesi esnasında tavlınmış iş parçası malzemesinde yüksek dislokasyon birikmesi oluşur. Yüksek dislokasyon birikmesi de iş parçasında deformasyon sertleşmesine neden olur. Deformasyon sertleşmesi bir doyum noktasına ulaştığında iş parçası kaymaya maruz kalır ve deformasyona uğrayan bölge kesici takım talaş yüzeyinden koparıl原因 olarak talaşlar şeklinde atılır [47].



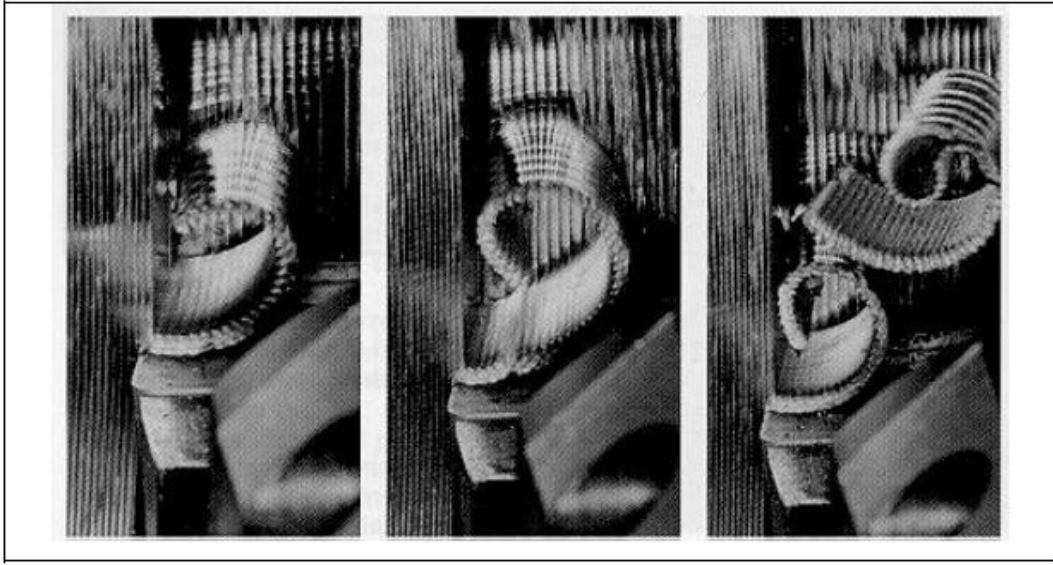
Şekil 3.4. Talaş oluşumu [54]

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

1. Kesici olarak kullanılan bir takımın, iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması,
2. Talaş derinliği ve ilerlemeyle iş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan kesici uç geometrisine sahip olması,
3. İş parçası malzemesinin direncini yeterli kuvvetle yenmesi için iş parçası ve takım

arasında bir kesme hızı veya nispi hareketin oluşmasıdır [9].

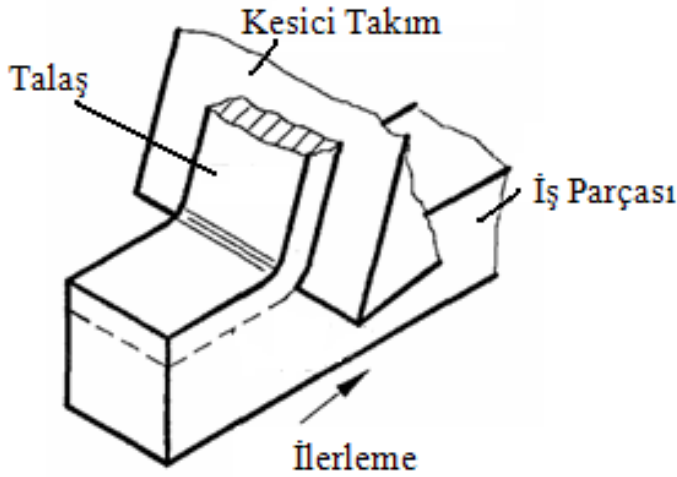
Talaş oluşumu ilk kıvrılma ile başlar ve kesme verileri (özellikle ilerleme ve Talaş derinliği), talaş açısı, iş parçası malzemesinin çeşidi ve koşulları, köşe yarıçapının büyüklüğü gibi faktörlerden etkilenir. Belirli bir uzunluğa kadar dairesel şekilli veya helisel talaşlar en uygun talaş kesitleridir ve ancak çok iyi tasarlanmış bir kesici geometrisi ile elde edilirler. Şekil 3.5'te tipik bir talaş kırma işlemi gösterilmiştir [15].



Şekil 3.5. Tipik bir talaş kırma işlemi [15]

3.4.1. Dik (Ortogonal) kesme

Talaş kaldırma alanında ilk büyük gelişme Merchant'ın çalışmaları sayesinde olmuştur. Merchant dik (Ortogonal) kesme adını taşıyan bir model oluşturmuştur. Talaş kaldırma işleminin fiziksel ve teorik analizi genelde bu model esas alınarak yapılır. Burada kama şeklinde ve kesme ağzı kesme hız vektörüne dik olan takım, talaş yüzeyi ve serbest yüzey ile sınırlıdır. Talaş yüzeyi talaşın temas ettiği yüzeydir. Serbest yüzey ise parçanın işlenmiş yüzeyine dönük yüzeydir. Bu iki yüzeyin kesişmesi takım ucunu meydana getirir. Şekil 3.6'da dik kesme modelinin şematik şekli görülmektedir [55].

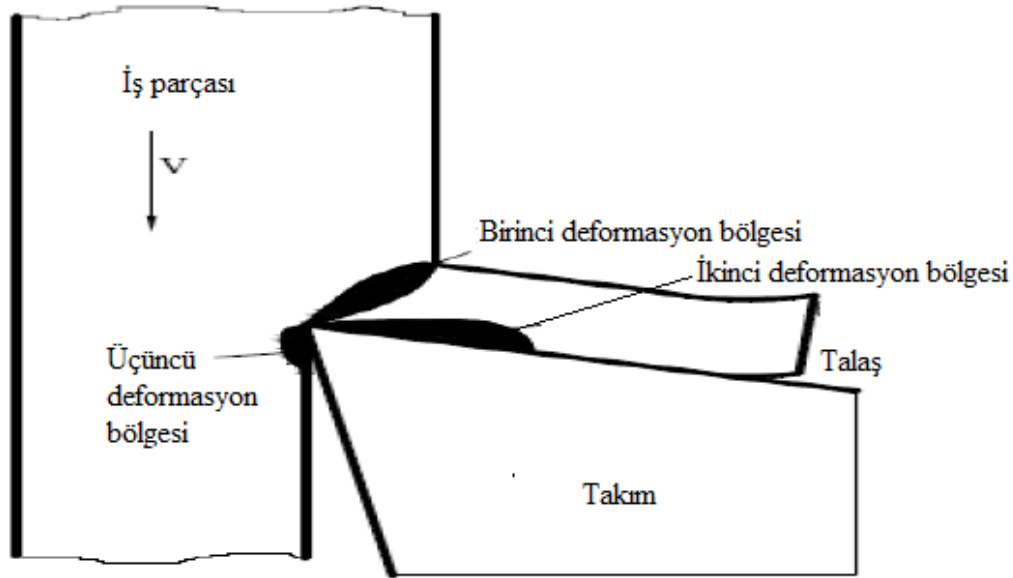


Şekil 3.6. Dik kesme modeli [55]

Ortogonal kesme, kesme kenarı, kesme hızına (V) dik olan düz takımla şekillendirme işlemine benzer. Kesme genişliği (b) ve kesme derinliği (paso) (a) ile metal talaş, iş parçasından kesilerek ayrılır. Ortogonal kesmede kesme işlemi kesme kenarı boyunca uniform olarak düşünülür. Böylelikle malzemenin kenarına yayılma olmaksızın iki boyutlu düz birim şekil değiştirme işlemi gerçekleşmiş olur. Dolayısıyla, kesme kuvvetleri sadece esas kesme kuvveti (F_c) ve ilerleme kuvveti (F_f) olarak isimlendirilen hız ve kesilmemiş talaş kalınlığı doğrultusunda güç sarf eder [56].

Şekil 3.6’da ortogonal kesmenin kesit görünüşünden de anlaşılabacağı üzere kesme işleminde üç adet şekil değiştirme (deformasyon) bölgesi vardır. Takım kenarı iş parçasına dalarken takımın malzeme içerisinde hareketiyle bir talaş formu oluşmaya başlar ve ilk kayma bölgesi oluşur. Malzemenin kesilmesiyle talaş kısmen şekil değiştirir ve takımın talaş yüzeyi boyunca hareketiyle ikinci deformasyon bölgesi oluşur. Takımın yan yüzeyindeki sürtünme bölgesinde ise üçüncü bölge meydana gelir. Talaş başlangıçta takımın talaş yüzeyine yapışır ve burada yapışma bölgesi oluşur. Kayma alanındaki (talaşın takım talaş yüzeyinde ilerlediği) sürtünme gerilmesi yaklaşık olarak malzemenin kayma gerilmesine eşittir. Talaş yapışma olayı biter ve sürekli kayma sürtünmesiyle talaş yüzeyinde talaş akması başlar. Talaş takımdan ayrılır, takımın talaş yüzeyi ile temas kaybolur. Temas uzunluğu kesme hızı, takım geometrisi ve malzeme özelliklerine bağlıdır. Birincil kesme bölgesinin analizinde basit olarak iki tip varsayım vardır. Merchant ince tabakalar için kesme bölgesinin tahmin edilmesinde bir ortogonal kesme modeli geliştirmiştir. Lee, Shaffer, Palmer ve Oxley plastisite kanunlarıyla uyumlu kayma deformasyon bölgesinde

“kayma açısı tahmini” yapabilen kendilerine ait analiz oluşturmuşlardır. Bu çalışmada birincil kayma deformasyon bölgesi ince alanlar için tahmin edilmiştir. Deformasyon geometrisi ve kesme kuvvetleri Şekil 3.7’de ortogonal kesmenin kesitiyle gösterilmektedir [56].



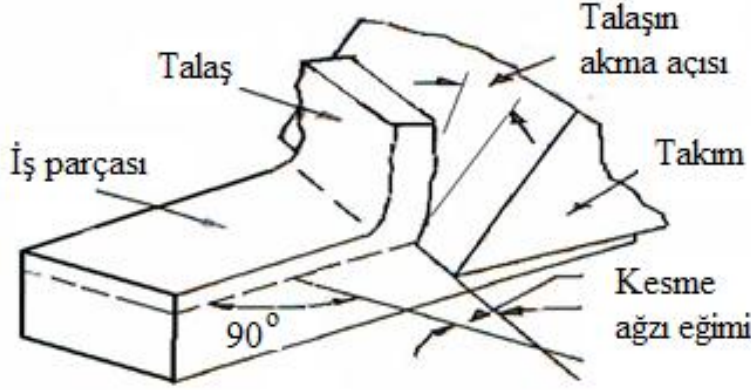
Şekil 3.7. Ortogonal kesmede oluşan deformasyon bölgeleri [56]

3.4.2. Eğik (Oblique) kesme

Talaş kaldırma teorisinde dik modelin yanı sıra; takımın kesme kenarı kesme hız vektörüne eğik olan eğik modelde kullanılmaktadır. Talaş, takımla parçadan kaldırılan malzeme tabakasıdır. Teorik hesaplamalarda şekil değiştirmemiş talaş kalınlığı ve genişliği esas alınır. Parçadan ayrılan talaş ile teorik talaş boyutları birbirinden farklıdır. Parçadan ayrılan talaş daha kalın ve daha kısadır [55].

Talaşlı imalatta kesme kuvvetlerine ait ilk çalışmalar ve matematiksel ifadeleri Merchant tarafından 1940 yılında geliştirilmiştir. Merchant talaş kaldırma olayını fiziksel yönden incelemiş ve talaşın nasıl meydana geldiğini açıklamaya çalışmıştır. Çalışmaları sonucunda dik bir modeli ortaya atmış ve takımın etkisi altında kaldırılacak malzemenin önce elastik ve sonra plastik bir şekil-değiştirme göstererek; takımın kesme yönü ile belirli bir açı yapan bir düzlemde talaş olarak ana malzemedan ayrıldığını varsaymıştır [15].

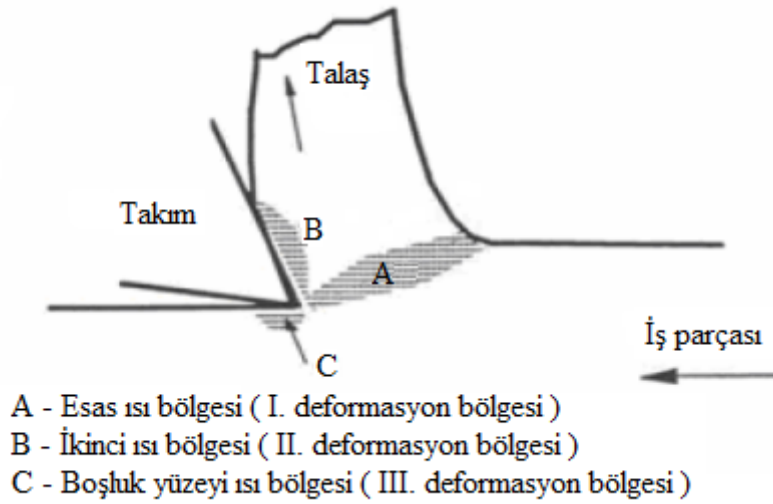
Kesici uç kesme kenarının, iş parçasına hareketinin açılı olması durumunda (Şekil 3.8) eğik (oblique) kesme olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 3.8. Eğik kesme [55]

3.5. Talaşlı İmalat İşleminde Isı ve Sıcaklık

Talaşlı imalat işleminde kullanılan güç ekseriyetle ısıya dönüşerek talaşın, iş parçasının ve kesici takımın sıcaklığını arttırdığı için talaşlı imalatın ekonomik ve teknik yönü ile ilgili problemler doğrudan ve dolaylı olarak bu ısı oluşumu ile ilgilidir. Sıcaklık artışı, metal kesme işlemi esnasında oluşan ısı ve aynı zamanda bu ısının uzaklaştırılması durumuna bağlıdır. Oluşan ısı sonucu sıcaklık artışı kesici takım performansını ve iş parçası kalitesini etkiler [46, 14, 57]. Isı oluşumunu, ısı akışını ve kesici uç yakınında kesici takım ve iş parçasındaki ısı dağılımını etkileyen faktörlerin bilinmesi önemlidir. Kesme sıcaklığını ölçmek için çeşitli deneysel ve teorik metotlar geliştirilmiştir ancak sıcaklığın belirlenmesi ve kesme bölgesindeki belirlemek hala büyük bir problemdir [46]. Kesme bölgesinde ısı üretme kapasitesine göre ısı oluşturan üç kapasitesine göre ısı oluşturan üç bölge vardır (Şekil 3.9):



Şekil 3.9. Kesme bölgesinde ısı oluşumu [14, 57]

A- Kayma düzlemi; buradaki plastik deformasyon önemli bir ısı kaynağı olup oluşan ısıнын çoğu talaşta kalır.

B- Takım-talaş ara yüzeyi temas bölgesi; buradaki ilave plastik deformasyon olur ve kayma hareketinden dolayı ısı oluşumunda önemli derecede etkilidir.

C- Takım yan yüzeyi, burada yeni oluşan iş parçası yüzeyinin takım yüzeyine sürtünmesiyle ısı oluşur. Özellikle bu sürtünme yan yüzey aşınması ile artar [14, 57].

Isının takım aşınması ve takım ömrü üzerinde doğrudan bir etkisi vardır ve kesme hızının artışını sınırlandırır. Oluşan ısıнын çoğu kesme bölgesinden talaş, iş parçası, kesici takım ve ortam tarafından uzaklaştırılır. Bunların her biri tarafından uzaklaştırılan ısıнын miktarı iş parçası malzemesi, kesme parametreleri, kesici takım malzemesi, takım geometrisi ve kesme şartlarıyla değişir [14, 46].

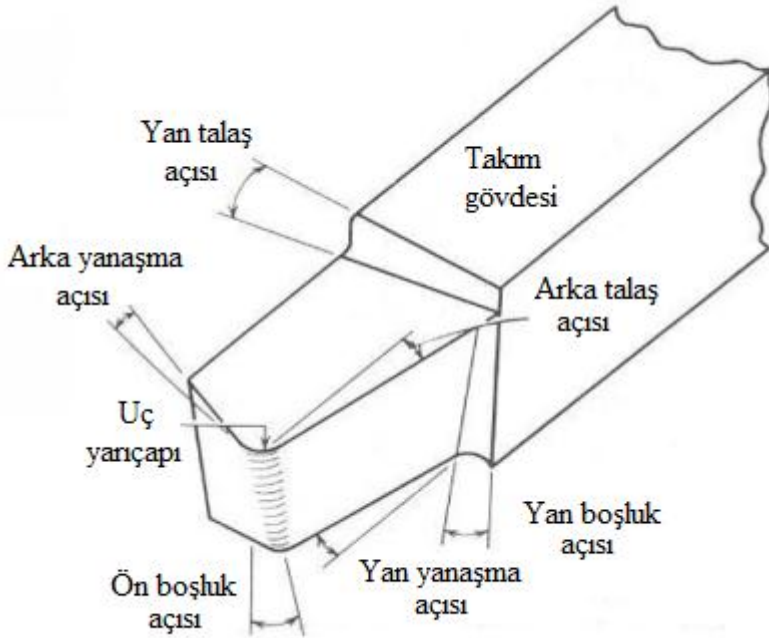
Kesme hızı, kesme sıcaklığı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Kesme hızının artmasıyla metal kesme işlemindeki deformasyon ve sürtünme için kullanılan birim zamandaki enerji artar ve bu da ısıyı ve dolayısıyla sıcaklığı artırır [14, 57].

3.6. Kesici Takım

3.6.1. Kesici takım geometrisi

Talaşlı imalat işleminde etkin bir şekilde kesme işleminin yapılabilmesi için kesici takım uygun geometriye sahip olmalıdır. Çeşitli talaşlı imalat işlemleri için kesici takım geometrileri de farklılık gösterir. Kesici takımlar tek noktadan kesme işlemi yapan ve çok noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlar olmak üzere genelde iki kategoriye ayrılır. Bununla birlikte, bütün talaşlı imalat işlemlerinde talaş oluşum mekanizması temelde aynı olduğu için tek noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlara uygulanan kurallar, genelde çok noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlara uygulanan kurallar ile aynıdır. Tornalama işleminde genelde tek noktadan kesme işlemi yapan kesici takımlar kullanılır [14].

Şekil 3.10'da tek noktadan, sağ yönlü kesme (sağ yan) işlemi yapan bir kesici takım görülmektedir.



Şekil 3.10. Sağ yönlü kesme işlemi yapan, sağ yan kesici takım görüntüsü [14, 47]

Kesici takım geometrisi esas olarak takım malzemesinin ve iş parçası malzemesinin özelliklerine bağlıdır. Şekil 3.10'da görüldüğü gibi bir kesici takım üzerinde çeşitli açılar

mevcuttur. Ancak, bunların en önemlileri talaş açıları ve boşluk açılarıdır [18].

Talaş açıları iş parçası malzemesinde kesme işlemi esnasında oluşan kaymayı ve talaş oluşumunu etkiler. Talaş açıları pozitif veya negatif olabilir. Pozitif talaş açıları kesme kuvvetlerini düşürerek iş parçasında, kesici takımda ve takım tezgahında daha az sapmalara neden olur. Sert iş parçalarının işlenmesinde talaş açıları küçük olmalıdır. Sementit karbür, seramik ve elmas kesici takımlarda hatta negatif olmalıdır. Genel olarak yüksek sertlikteki iş parçalarının işlenmesinde kullanılan kesici takımlarda talaş açıları küçük olmalıdır. Yüksek hız çeliği kesici takımların talaş açıları kesici takım tipi (tornalama, frezeleme ve vargelleme gibi) ve iş parçası malzemesine bağlı olarak normalde pozitif seçilir [18].

Genel olarak, talaşlı imalat işlemlerinde güç tüketimi her bir derece talaş açısı için yaklaşık olarak % 1 azalır. Kama açısı ($90 - \text{talaş açısı} - \text{boşluk açısı}$), kesici takımın dayanımını ve ısı iletme kabiliyetini belirler. Boşluk açıları esas olarak takım ömrünü ve iş parçası yüzey kalitesini etkiler. Kesici takımdaki ve iş parçasındaki sapmaları (eğilmeleri) azaltmak ve iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için büyük boşluk açıları gereklidir. Yüksek hız çeliği için 5 – 10 derece arasındaki boşluk açıları normaldir. Küçük değerler sert malzemeler için tercih edilir. Sementit karbürler için ise dayanımı artırmak için küçük boşluk açıları gereklidir [47].

3.6.2. Kesici takım malzemeleri

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan kesici takımlar, talaşlı imalat işlemlerinin maliyeti ve ürün kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Talaşlı imalat işlemlerinin maliyetinin düşük olması için kesici takımların yeterince uzun bir süre keskinliğini korumaları ve kesme hızının ilerleme hızının ve talaş derinliğinin yüksek olması istenir. Kesici takımlar, kesme işlemini etkin bir şekilde yapabilmeleri için talaşlı imalat esnasındaki yüksek gerilme, sıcaklık ve sürtünme etkilerine uzun süre dayanacak kabiliyette olmalıdır [47].

Talaşlı imalat işlemi esnasında yüksek sıcaklık ve gerilmeler nedeniyle kesici takımların etkin bir şekilde uzun süre kesme işlemi yapabilmesi için kesici takım malzemeleri aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır [58]:

1. Yüksek sertlik,
2. Yüksek tokluk,
3. İş parçasına karşı kimyasal olarak asallık,
4. Oksidasyon ve kimyasal olarak çözünmeye (dissolution) karşı kararlılık,
5. Isıl şoklara karşı direnç.

Düşük sertlik ve adezyon arzu edilmez. Zira bunlar takım profilinin bozulmasına yol açar, takım burnu yuvarlaklaşır. Uygun olmayan tokluk ve termal şok direnci takım ağzının talaşlanması ve hatta tamamen hasarına sebep olur. Ne var ki, malzemenin sertlik ve ısı direnci, genellikle, ancak tokluğun azalması ile sağlanabilir [59].

Sementit karbür kesici takımlar

Bu malzemeler çok yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetli bir kitle oluşturacak şekilde bir metal veya demir alaşım grubu ile çok ince taneli refrakter metal karbür partiküllerinden oluşurlar. Sementit karbürler toz metalurjisi teknikleri ile üretilmektedir. Proses esasen tungsten, titanyum veya tantalum karbür tozlarının hazırlanmasını kapsar. Bu tozlardan biri veya birkaçı bağlayıcı ile karıştırılır. Bağlayıcı metal olarak genellikle kobalt, nadiren de nikel ve demir kullanılmaktadır. Bu karışım istenilen şekilde kompakt kitle halinde soğuk preslenir ve akabinde sinterlenir (1370-1480°C) veya sıcak presleme ile şekillendirilir. Kobalt yüksek sıcaklıklarda karbürlerle ötektik oluşturur ve çok iyi ıslatma özelliği gösterir. Tungsten karbür, düşük sıcaklıkta katı kobaltta yalnızca %1 oranında çözünürken, nikelde %25 ve demirde %5 oranında çözünmektedir. Nikel ve demirde, tungsten karbürün yüksek katı çözünürlüğü, gevrekliği arttırıcı bir etki yapar. Kobalt miktarının artışıyla tokluğun artmasına karşılık sertlik, basma mukavemeti, elastik modül ve abrasif direnç azalır [18].

Bu tür kesici takımlarda abrasif eleman olarak tungsten karbür (WC) ile beraber titanyum karbür (TiC), tantalum karbür (TaC) ve niyobyum karbür (NbC) de mikro yapıda yer alabilir. Bu tür ilave karbürlerin, difüzyona direnç gösteren bir ara tabaka meydana getirmelerinden dolayı kesici takımlarda karşılaşılan önemli hasar türlerinden biri olan

kraterleşme engellenmektedir. Bazı özel sert metallerde sert faz olarak krom karbür, molibden karbür ve bağlayıcı metal olarak nikel bulunabilir. Sade tungsten karbür kaliteler dökme demir, östenitik çelik, demir dışı ve metal dışı malzemelerin işlenmesinde kullanılırken tungsten karbür yanında titanyum ve tantalyum karbür de ihtiva eden kaliteler ise ferritik çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar [18].

Kaplmalı kesici takımlar talaşlı imalat endüstrisinde hızla yaygınlaşmıştır ve günümüzde kullanılan sementit karbür kesici takımların % 75'i kaplamalıdır. Kaplama, kesici takım ömrünü iki kat, üç kat veya daha fazla artırabilmektedir. Kesici takımlarda kesici takım yüzeyindeki malzeme aşınmaya dirençli, sert ve kimyasal olarak asal olmalıdır. Kimyasal olarak asal olma, kesme esnasında kesici takım malzemesi ile parçası malzemesinin etkileşimini engeller. İnce ve kimyasal olarak kararlı olan TiC, TiN veya Al₂O₃ refrakter malzemeler kaplama olarak kullanılır. Kaplamanın altındaki sementit karbür, kaplama malzemesi ile karşılaştırıldığında tok, darbeye ve kırılmaya dayanıklıdır [18].

Kaplamanın etkin olabilmesi için kaplama malzemesinin sert, refrakter, kimyasal olarak kararlı ve kesme koşullarında kesici takım ve iş parçası malzemesinin birbirleri ile etkileşimini engellemek için kimyasal olarak asal olmalıdır. Kaplama, ince taneli, birleştiricisiz ve gözeneksiz olmalıdır. Doğal olarak, kaplama metalürjik olarak altlığa (sementit karbüre) birleştirilir. Kaplama, takım ömrünü uzatmak için kalın ancak kırılma direnci karşı dayanıklı olması için de ince olmalıdır [18].

Kaplama malzemesi düşük bir sürtünme katsayısına sahip olmalı ki talaşların kesici takım talaş yüzeyine yapışma eğilimi daha az olsun. TiC kaplanmış kesici takımlar 1969 yılında ilk olarak üretilmiştir. Günümüze kadar kaplama malzemeleri çeşitlenmiştir (TiC, TiN, Al₂O₃, HfN veya HfC). İlk zamanlarda tek katlı kaplamalar kullanılmasına rağmen, günümüzde kullanılan kesici takımlarda çoğunlukla çok katlı kaplamalar kullanılır. Bu şekilde, her bir katman kendine ait özellikleri kesici takıma aktarır. En çok kullanılan kaplama kombinasyonları TiN/TiC/TiCN/TiN ve TiN/TiC/Al₂O₃'tür. Kimyasal buhar kaplaması yöntemi (CVD) sementit karbürleri kaplamak için kullanılan bir yöntemdir. Kaplama, sementit karbür altlık üzerinde veya yakınında kimyasal reaksiyonla gerçekleşir. Kimyasal buhar kaplaması yönteminde kaplama malzemesi atomların birikimi ile gerçekleşir. Bu nedenle, en yüksek yoğunluklu kaplama elde etmek mümkündür [47].

Sermetler

Sermetler, metalik bir fazla bağlanmış seramikler olup esasen sement karbürler sermetlerin bir alt sınıfıdır. Çelik kesimi için, nikel ve molibdenle bağlanmış TiC tercih edilmektedir. Tipik bileşimi %8-25 Ni, %15-8 Mo₂C ve %60-80 TiC şeklindedir. Ayrıca küçük miktarlarda WC, Co, TiN içerebilir. Sermetlerin mikroyapısı geleneksel sement karbürlerden farklıdır. Çünkü sinterleme sıcaklığında karbürün, bağlayıcı nikel içindeki çözünürlüğü kobaltinkinden daha fazladır. Bu nedenle sermetler, sement karbürlerden daha gevrek karakterdedir. Bu malzemeler yüksek krater ve oksidasyon direnci, düşük sürtünme katsayısı ve termal iletkenlik ile nispeten düşük yoğunluğa sahiptir. Bununla birlikte sertlik derinliği yüksek, abrasif direnci kobaltla bağlanmış tungsten karbürden daha düşüktür. Karışık TiC-TiN kaliteleri daha iyi termal iletkenlik ve daha yüksek hızları ile karakterize edilmektedir [18].

Kesici takım olarak sermetler %20'den daha az bağlayıcı içermektedirler. Bu malzemeler çelik ve dökme demirler için özellikle orta ve hafif yükler altında yüksek hızda yüzey operasyonlarında kullanılmaktadır. Buna karşın, kaba ve darbeli işlemlerde, boşluklu ve pürüzlü yüzeylerde, sert dökümlerde, grafit ve sıcak iş takım çeliklerinde, demir dışı malzemelerde (Al, Cu vb.) ve yüksek oranda nikel içeren malzemelerde (malzemelerdeki nikel ile sermetteki nikel birleşme eğilimi göstermektedir) kullanılması halinde iyi sonuçlar vermemektedir [59].

3.7. Takım Aşınması

3.7.1. Aşınma

Aşınma, kesici takımın malzeme kaybından ileri gelen ve ilk şekline göre oluşan farklılıktır. Bütün kesici takımlar, talaş kaldırma sırasında ömürlerinin sonuna kadar aşınırlar [45].

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

veya kırılma gibi geometrik değişiklikler meydana gelir ve kesici takım plastik deformasyona uğramış olur [18].

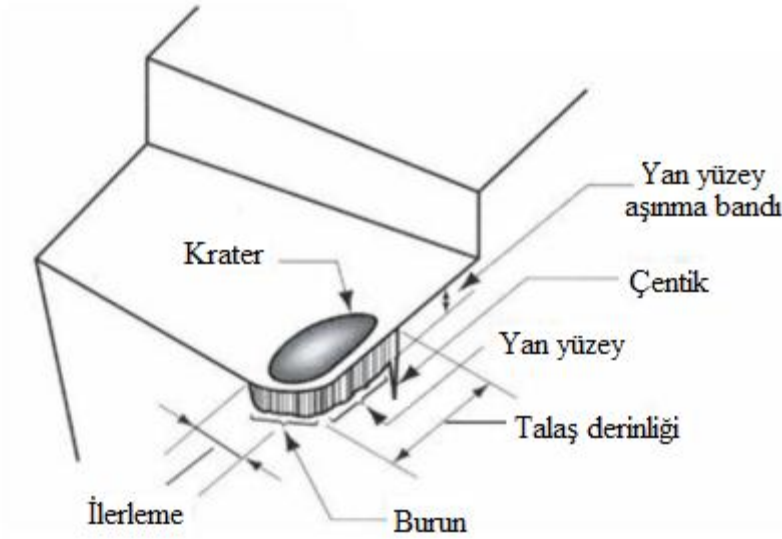
Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takımın aşınması anlayabilmek için aşağıdaki etkilerden biri veya birkaçının aynı anda gözlenmesi gerekir [60]:

1. Kesme kuvvetlerindeki aşırı yükselme
2. Sıcaklık artışı
3. Aşırı titreşim
4. Yüksek gürültü
5. İşlenen malzeme boyutlarındaki değişim
6. İşlenen yüzeyin bozulması [60].

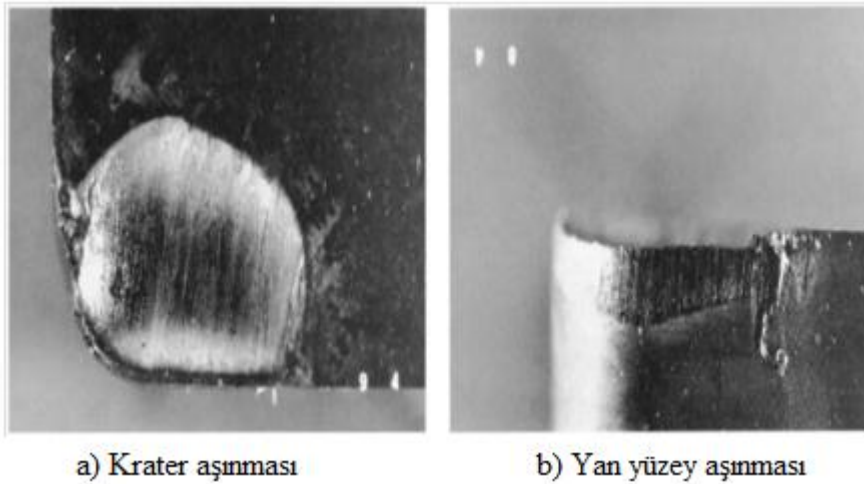
Kesici takım; kırılma, plastik deformasyon ve tedrici takım aşınması sonucunda kesme yeteneğini kaybeder.

1. Kırılma: Kesici takıma gelen anlık yüksek kuvvetler nedeniyle oluşan kırılmalar veya sürekli olmayan kesme işlemi (frezeleme işlemi gibi) esnasında mekanik ve ısı yorulmalar sonucu kırık oluşumundan dolayı kesici takımda kırılma ve pullanma soyulma şeklinde oluşan aşınmalardır.
2. Plastik deformasyon: Kesici takımda plastik deformasyon, yüksek basınç ve sıcaklık sonucu oluşur. Plastik deformasyona uğramış kesici takım geometrisi değiştiği için kesme işlemini etkin bir şekilde yapamaz, sıcaklık artar ve talaş akısı değişir. Plastik deformasyona direnç için kesici takımın sıcak sertlik özelliğinin iyi olması gerekir. Ayrıca, uç yuvarlatma ve kesme geometrisi iyileştirilerek plastik deformasyona direnç artırılabilir.
3. Tedrici takım aşınması: Kesici takım üzerinde tedrici aşınma talaş yüzeyi ve yan yüzey olmak üzere iki bölgede görülür. Talaş yüzeyindeki aşınma “krater aşınması” ve yan yüzeydeki aşınma da “yan yüzey (yanak) aşınması” olarak isimlendirilir. Krater aşınması,

kesici takım talaş yüzeyinde talaşın hareketiyle oluşan içbükey alandır. Krater aşınmasının büyüklüğü, bu alanın derinliği ve alanı ölçülerek belirlenir. Yan yüzey aşınması ise yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile kesici takım yan yüzeyinin sürtünmesiyle oluşur. Yan yüzey aşınması bu aşınma bandının genişliği ile ölçülür. Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de bu kesici takım aşınmaları gösterilmiştir. Kesici takımın iş parçası orijinal yüzeyi ile temasta olan yan yüzeyinde çoğunlukla daha fazla bir aşınma görülür. Çentik aşınması olarak adlandırılan bu aşınmanın sebebi iş parçası yüzeyinin soğuk haddeleme veya önceki işlemlerden dolayı sertleşmiş olması, dökümden kalan sert malzemeler ve diğer nedenlerdir [58].



Şekil 3.11. Kesici takımdaki aşınmalar [58, 60]



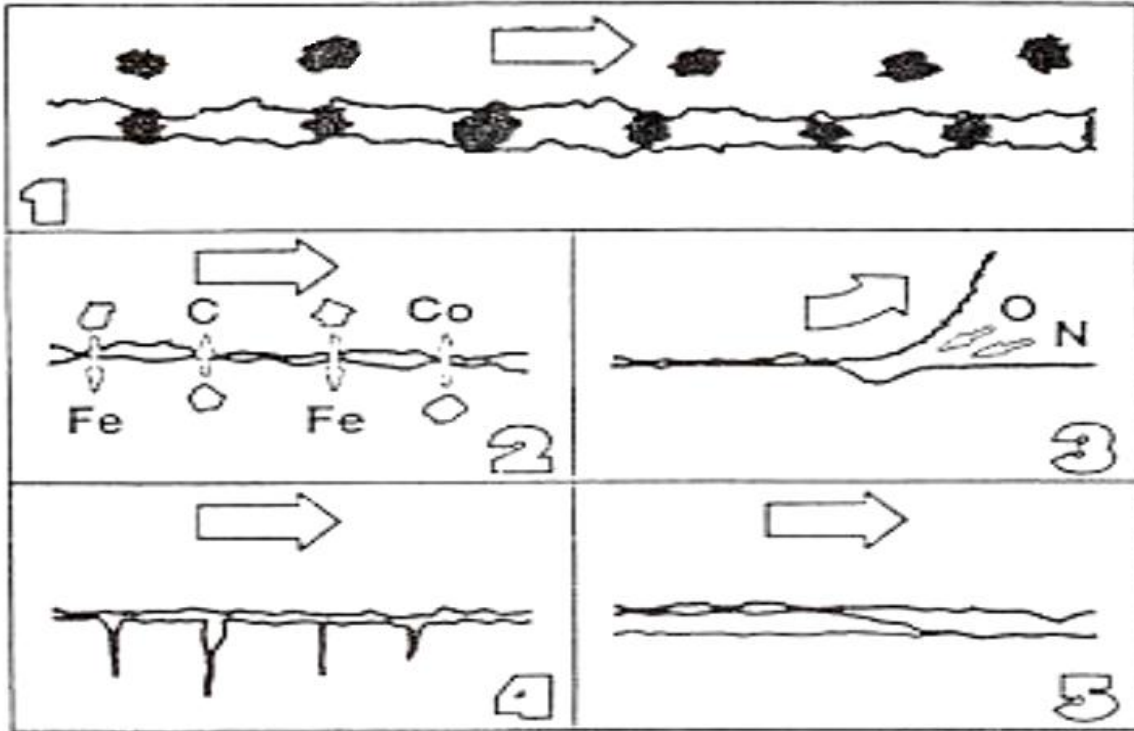
Şekil 3.12. Kesici takım ucundaki aşınmalar [60]

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

Bunlar:

1. Abrasyon (aşındırıcılarla) aşınma (abrasif aşınma)
2. Difüzyon aşınma
3. Oksidasyon aşınma
4. Yorulma ile aşınma (statik veya dinamik)
5. Yapışma (adhesyon) ile aşınma (adhesif aşınma) şeklinde özetlenebilir (Şekil 3.13).

Takım malzemesinin yüklere karşı direnç kabiliyeti, metal işlemedeki aşınma mekanizmaları tarafından nasıl etkileneceğini tayin eder [60].



Şekil 3.13. Temel aşınma mekanizmaları [12, 60]

3.7.2. Takım aşınma mekanizmaları

Abraziv aşınma mekanizması

Abraziv aşınma mekanizması çoğunlukla iş parçası malzemesinin sert taneciklerinin sebep olduğu aşınma şeklidir. Sert tanecikler yumuşak malzemenin yüzeyinden parçalar koparması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Kopan parçacıklar malzemelerin ara yüzünden uzaklaştırıldığı, yapışmanın olmadığı ve böylelikle yüzeyde malzeme kaybının fazla olduğu bir mekanizmadır.

Kesici kenarın abraziv aşınma mekanizmasına karşı direnç kabiliyeti önemli ölçüde sertliğine bağlıdır. Sert parçacıkların yoğun bir şekilde sıkıştırılması ile oluşan takım malzemesi abrasif aşınma mekanizmasına karşı koyabilecektir. Fakat işleme sırasında oluşan diğer yük faktörleri ile başa çıkacak şekilde donatılmış olmayabilir. Abrasif aşınma mekanizması takım talaş yüzeyinde ise krater oluşmasına sebep olur [8].

Difüzyon aşınması mekanizması

Bir yüzeyden diğerine atom transferleri ile gerçekleşir ve takım malzemesi ile iş parçası malzemesi arasındaki ilgiye bağlıdır. Metalik kristallerdeki atomların, yüksek atomik konsantrasyonlu bölgeden, düşük atomik konsantrasyonlu bölgeye geçmeleri suretiyle meydana gelir. Talaş yüzeyinde, krater (oyuk) şeklinde bir aşınma çeşidine neden olan bu aşınma, sıcaklığa önemli şekilde bağlıdır. Yayınma hızı sıcaklıktaki artışla üstel olarak artar. Bu aşınma, takım çeliği ve hız çeliği takımlarda görünmez. Çünkü bu malzemeler yayınmanın görüldüğü sıcaklıklara erişmeden (1000°C 'nin üzeri değerler) sertliklerini kaybederek yumuşarlar [18].

Wolfram karbürün çözülmesi sırasında açığa çıkan karbon, konsantrasyonun düşük olduğu tarafa doğru hareket eder. Başka bir anlatımla çeliğe doğru yayınır. Karbon yayınması, kobalt fazından geçer. Karbonun kobalt içindeki maksimum çözünürlüğü 1200°C . 'de %0.7 düzeyindedir. Fe atomlarının varlığı bu çözünürlüğü %1.5 ile 2 arasına kadar yükseltir. Yayınan Fe, böylece çözülmeyi hızlandıran iki reaksiyonu yönlendirmiş olur [61].

Oksidasyon aşınma mekanizması

Havanın etkisi ile yüksek kesme sıcaklıklarında meydana gelen ve yüzeylerde bir oksit tabakasının oluşması ile sonuçlanan bir aşınma çeşididir. Kesme işleminden sonra kesici takım incelendiğinde, temas yüzeylerinin yakınlarında renklemelerin olduğu görülür. Bu renklemeler kesici takım malzemesinin oksidasyona uğradığının göstergesidir. Oluşan oksit tabakası kesme ağzında çok küçük çentikler meydana getirir. Çeşitli takım malzemeleri, çeşitli oksit tabakaları oluşturur. Örneğin tungsten ve kobalt, sürtünme ile kolay uzaklaştırılan gözenekli bir oksit tabakası oluşturur. Alüminyum oksidi çok kuvvetli ve serttir. Buna bağlı olarak bazı takım malzemeleri oksidasyon aşınmasına daha elverişli, bazıları değildir [61].

Yorulma aşınma mekanizması

Yorulma aşınması genellikle termo-mekanik bir kombinasyondur. Sıcaklık dalgalanmaları ve kesme kuvvetlerinin değişmesi, kesici kenarda çatlamlara ve kırılmalara sebep olur. Titreşimli ve seri darbeli talaş kaldırmada, sıcaklık etkisi altında, kritik bir periyodik yüklemenin oluşması ile takım malzemesi termal olarak yorulur. Yorulma sonucunda çatlaklar ilerleyerek mikroskobik boyutta küçük parçacıkların kopmasına, bunun sonucu olarak da yorulma aşınma mekanizmasının meydana gelmesine sebep olmaktadır [7].

Adhesiv aşınma mekanizması

Bu aşınma aynı zamanda “yıpranma aşınması” diye de bilinir. Takımın talaş yüzeyinde daha çok düşük işleme sıcaklıklarında oluşur. Uzun talaş (akma talaş) ve kısa (kopuk) talaş veren iş parçası malzemelerinin hepsinde (çelik – alüminyum ve dökme demir gibi) söz konusu olabilir. Bu mekanizma genellikle kesici kenar ile talaş arasında kenarda yığılmış talaş oluşmasına sebep olur. Dinamik bir yapısı vardır. Talaştan birbirini takip eden katmanlar talaş yüzeyine kaynaklanarak sertleşir ve kesici kenarın bir parçası halini alır. Kenarda yığılmış talaş tabakası yırtılıp uzaklaşır ve tekrar birikmeye başlayabilir veya kesici kenardan küçük parçaların kırılıp uzaklaşmasına, kırılmaya sebep olabilir. Bazı kesici malzemeleri ve bazı iş parçası malzemeleri örneğin sünek (özlü-çekilebilir) çelikler gibi bu basınçla kaynamaya diğerlerinden daha fazla eğilim gösterirler. Daha yüksek işleme sıcaklıklarına ulaşıldığında bu durum için şartlar önemli ölçüde ortadan kalkar [60].

3.8. Takım Aşınma Çeşitleri

Takım aşınması tipleri ve sebep olan aşınma mekanizmalarının bilinmesi, kesici takım ve iş parçası malzemesi için doğru işlem şartlarının belirlenmesi, verimliliği optimize etmek ve işlem operasyonlarını değerlendirmek için çok önemlidir. Oluşan aşınma tipleri ve sebep olan aşınma mekanizmaları şu şekilde sınıflandırılmıştır [8]:

1. Yan kenar aşınması: Abrasif aşınma mekanizması ile,
2. Krater aşınması: Abrasif aşınma ve difüzyon aşınma mekanizması ile,
3. Plastik deformasyon: Yorulma aşınma mekanizması ile,
4. Termal çatlaklar: Isıl-termal yorulma mekanizması ile,
5. Çentik aşınması: Oksidasyon, adhezyon ve mekanik aşınma ile,
6. Yığılma-sıvanma: Adhezyon aşınması ile.
6. Mekanik yorulma çatlakları: Mekanik yorulma mekanizması ile,
7. Çıtlama (Çentiklenme): Yorulma mekanizması ile,
8. Kesici ucun kırılması: Plastik deformasyon ile,

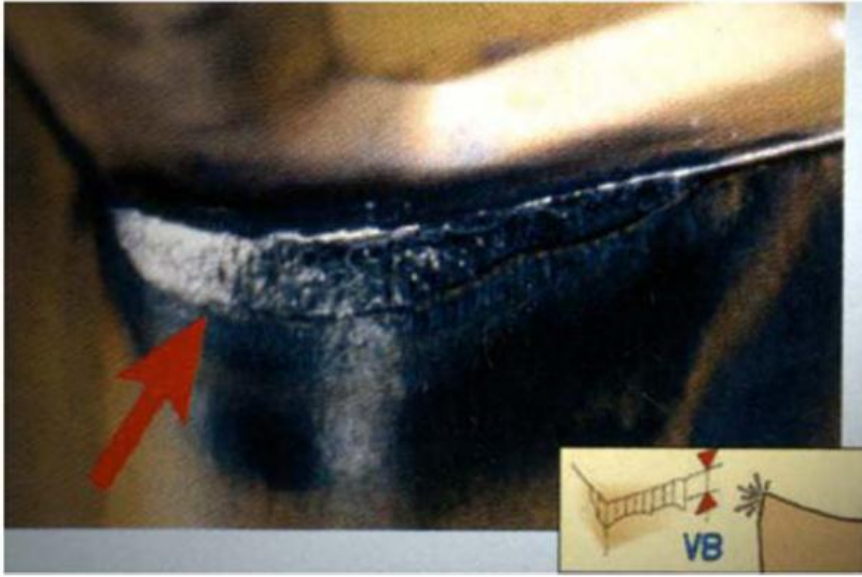
3.8.1. Yan kenar (Yanak) aşınması

Takımın kesme kenarı ve yan yüzeyinde meydana gelen aşınma yan kenar aşınması olarak adlandırılır ve bir aşınma bölgesi oluşur. Bu aşınma bölgesinin işlenmiş yüzeyle sürtünmesiyle, talaş kaldırılan parça yüzeyinde hasar meydana gelir ve oluşan yüksek yüzey kuvvetleri nedeniyle boyutsal doğrulukta azalma ve sapmalar meydana gelir [13].

Yan kenar aşınması genellikle kesme kenarlarının abrazyonu ile oluşur. Yan kenar aşınma bölgesi genellikle üniform genişliktedir ve kenara yakın bölgede oluşur. Yan kenar aşınmasının ortadan kaldırılması mümkün olmayıp, azaltılabilmesi için tedbir alınması

mümkündür [13].

Serbest yüzeyde aşınma çoğaldıkça, kesme kuvveti artacak, kesme sırasında oluşan ısı da artacağı için ortaya kötü bir yüzey kalitesi çıkacaktır. Bu yüzden yan kenar aşınmasının çabuk oluşmasından kaçınılmalıdır. Şekil 3.14'te kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen yan kenar aşınması görülmektedir [14].



Şekil 3.14. Yan kenar aşınması görüntüsü [62]

3.8.2. Krater aşınması

Şekil 3.15'te kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen krater aşınması görülmektedir. Bu aşınma türü küçük talaş parçacıklarının, takım yüzeyine yapışmaları ve sonrasında koparak takım malzemesi üzerinde girintiler oluşturmaları, bu sebeple takımı zayıflatmaları şeklinde oluşmaktadır. Difüzyon aşınma mekanizmalarında kimyasal veya metalürjik etmenler rol oynamaktadır. Kesici takımın kimyasal özellikleri ve takım-iş parçası ara ilişkisi de difüzyon aşınmasının oluşumunu belirler. Aşırı miktarda gerçekleşen krater aşınması kesici kenar geometrisini değiştirir ve talaş biçimini bozar. Bu da dayanımın düşmesine ve de kesme kuvvetlerinin yönlerinin farklılaşmalarına neden olur [63].



Şekil 3.15. Krater aşınması görüntüsü [62]

3.8.3. Plastik deformasyon

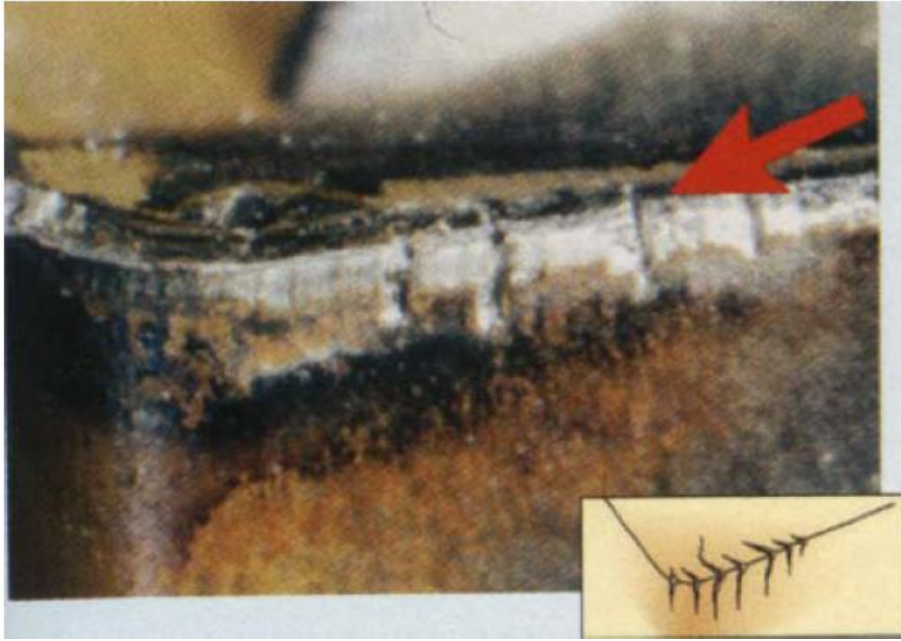
Şekil 3.16’da kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen plastik deformasyon görülmektedir. Plastik deformasyon, kesici kenar üzerindeki yüksek basınç ve yüksek sıcaklık kombinasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkar. Yüksek hızlar ve yüksek ilerlemeler, sert iş parçası malzemesi, sıcak ve basınç anlamı taşır. Takım malzemesinin bunlara karşı koyabilmesi ve plastik olarak şekil değiştirmemesi için yüksek sıcaklık sertliği kritiktir. Kesici kenarda bir şişmenin oluşması daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına, geometrinin deformasyonuna, talaş akışının değişmesine sebep olacak ve kritik bir noktaya ulaşmıncaya kadar etkisi devam edecektir. Kenar yuvarlatmanın (uç yarıçapı) boyutu ve takım geometrisi (kesme geometrisi) bu tip aşınmanın engellenmesinde önemli rol oynar [63].



Şekil 3.16. Plastik deformasyon görüntüsü [62]

3.8.4. Termal çatlaklar

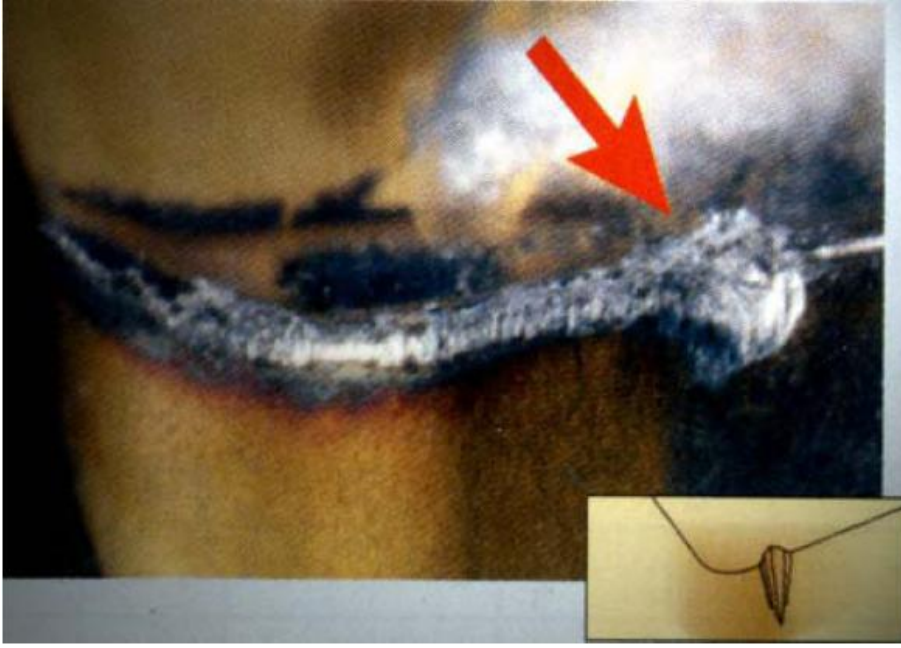
Şekil 3.17’de kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen termal çatlaklar görülmektedir. “Termal çatlaklar genellikle ısıl değişimlerden kaynaklanan yorulma aşınmasıdır. Oluşan sıcaklık değişimleri bu tip aşınmanın oluşmasına sebep olur. Termal çatlaklar kesici kenara dik olarak gerçekleşir ve bu aradaki takım malzemesi kesici kenardan koparak ayrılabilir. Bu da takımın kırılma ihtimalini arttırır ve kesici kenar bozulmasına sebep olur”. Yüksek kesme hızında, büyük hacimde talaş kaldırılması da bu aşınma tipinin oluşmasında rol oynar. Aşınmaya daha mukavim (termal şoklara dayanıklı) kesici uç kalitesi seçilmesi, pozitif açılı takım kullanılması, kesici ucun köşe radyüsünün arttırılması, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliklerinin azaltılması, bol ve sürekli soğutma uygulanması veya hiç uygulanmaması ile aşınmanın önüne geçilebilmektedir [12].



Şekil 3.17. Termal çatlak görüntüsü [62]

3.8.5. Çentik aşınması

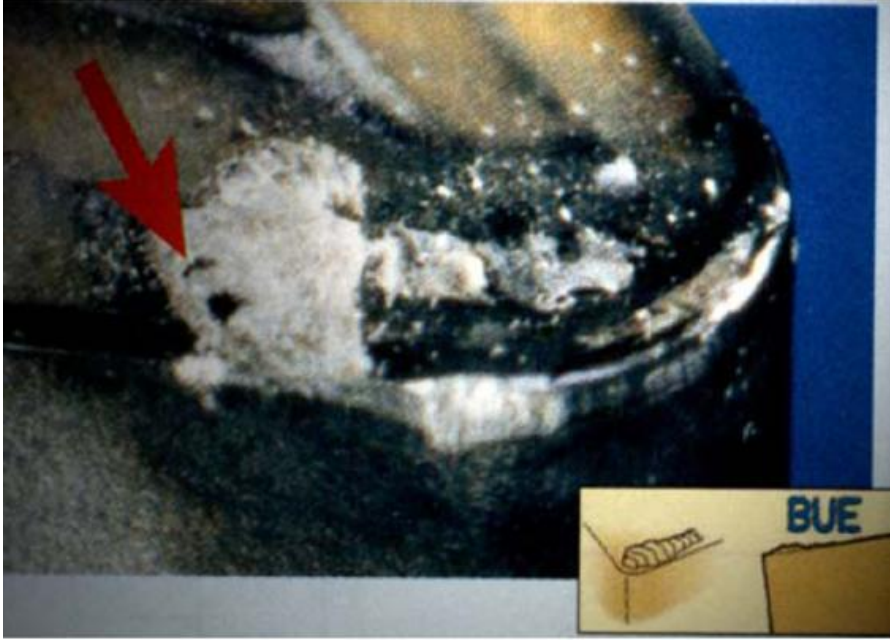
Şekil 3.18’de kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen çentik aşınması görülmektedir. Bu aşınma biçimi yan yüzey aşınması ve bunun yanında, iş parçası yüzeyiyle kesişen ana kesici kenardaki noktaya bitişik bölgede oluşan aşınma durumunda oluşabilen bir aşınma biçimidir. Muhtemel sebebi kırılğan kesici takım kullanılması, zayıf kesici takım geometrisi ya da köşede oluşan sıvanmalardır. Kenar üzerinde derin oyuk, kanal, derin çukur tarzında belirtiler gözlemleniyorsa bu durum iş parçası üzerinde sert veya aşındırıcı bir bölge olduğunun göstergesidir. Bahsedilen aşındırıcı bölge, dövme, kalıplama veya sıcak şekillendirme sonucu oluşmuş bir bölge olabilir. Tornalamada, iş parçasının yüzeyinde mekanik yüklenmeler sonucu gereksiz ve beklenenin dışında sertleşmeler olması mümkündür. Bu yüzden başlangıçta sert tabaka veya kaplanmış yüzey olarak adlandırdığımız tabakadan toz talaş dediğimiz bir talaş kaldırılması ve alttaki temiz ve beklenen sertlikteki tabakaya ulaşılması gerekir [63].



Şekil 3.18. Çentik aşınması görüntüsü [62]

3.8.6. Yığılma – Sıvanma (BUE)

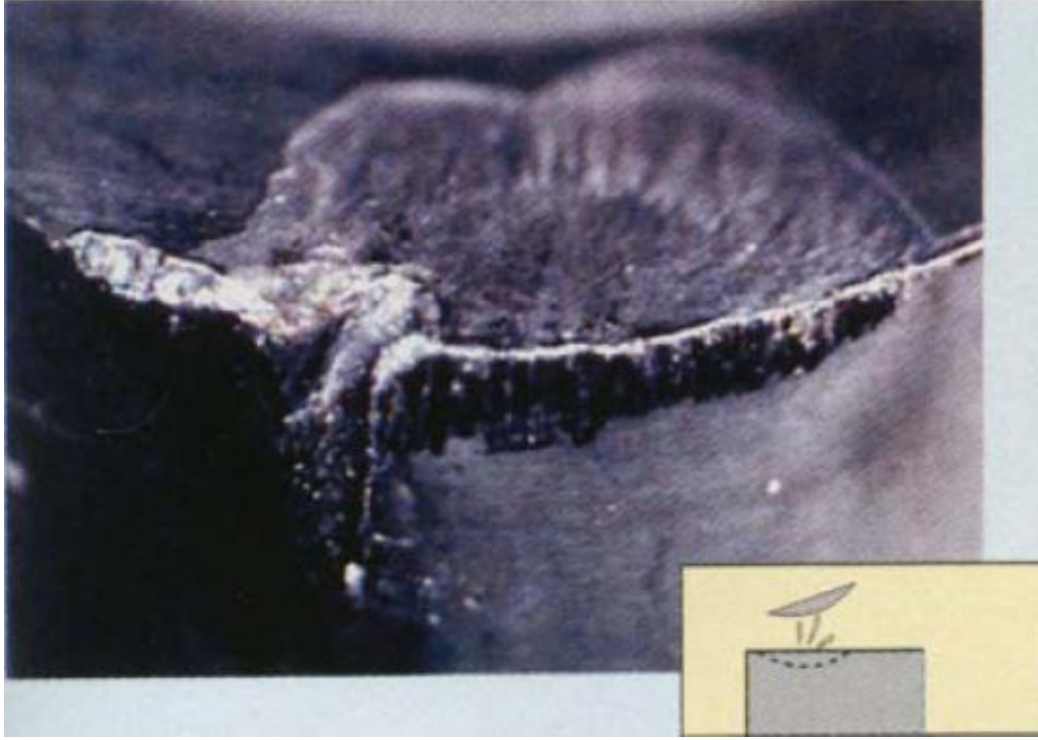
Şekil 3.19’da kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen yığılma görülmektedir. Önemli ölçüde sıcaklığa dolayısıyla kesme hızına bağlı bir aşınma türüdür. Takım yüzeyine kaynak olan malzemeden dolayı ortaya çıkan, takım yüzeyinden parçacık kopmasına neden olan yığılma kenar istenmeyen durumdur. Yığılma kenar oluşumuna iş parçası ve takım arasındaki afinite de etkide bulunur. Düşük sıcaklıklar ve yüksek basınçlar iş parçası malzemesinin takım yüzeyine kaynak olmasına neden olur. Yığılma kenar oluşumuna sebebiyet veren sıcaklık ve kesme hızları bilindiğinden bu tip aşınmanın kolaylıkla önüne geçilebilir. Birçok modern talaş kaldırma işleminde kesme hızları yığılma kenar oluşum alanının çok üzerindedir ve birçok kalite yığılma kenar oluşumuna engel olacak şekilde seçilir. Yığılma kenar oluşumuna izin verildiği takdirde yüzey kalitesi bozulur ve bu oluşum devam etmesi halinde kenarın kırılması ve hatta ömrünü tamamlaması söz konusu olabilir. Yukarıda ana aşınma tiplerinden bahsedilmiştir. Bu aşınma tiplerinden bazıları aşınma olmayıp kesici ucun aniden kırıldığı durumlardır ve bu durumların önüne geçilmesi şarttır. Daha çok serbest yüzeyde görülen düzenli bir aşınma kesici kenarın ne zaman değiştirileceğini belirlemesi sayesinde optimum takım ömrü sağlayacaktır [64].



Şekil 3.19. BUE oluşumu görüntüsü [62]

3.8.7. Mekanik yorulma kırılmaları

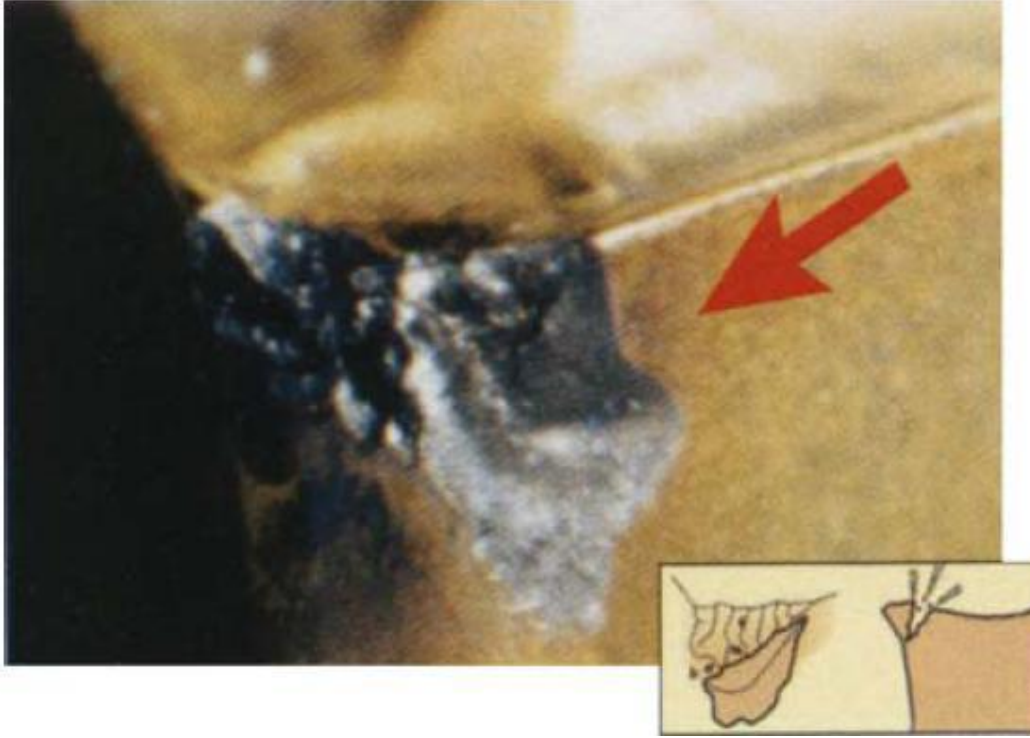
Şekil 3.20’de kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen mekanik yorulma kırılmaları görülmektedir. Mekanik yorulma kırılmaları kesme kuvvetlerindeki ani değişimler sonucunda ortaya çıkarlar. Mekanik yükün kendi başına çatlak oluşturacak büyüklükte olmamasına rağmen mekanik yükteki sürekli değişim çatlğa neden olur. Kesmenin başlangıcında ve kesme kuvvetinin büyüklüğü ve yönündeki değişimler kesici ucun mukavemetinden ve tokluğundan fazla olduğunda bu tip aşınma gözlenir [64].



Şekil 3.20. Mekanik yorulmadan kaynaklanan kırılmalar görüntüsü [62]

3.8.8. Kırılma

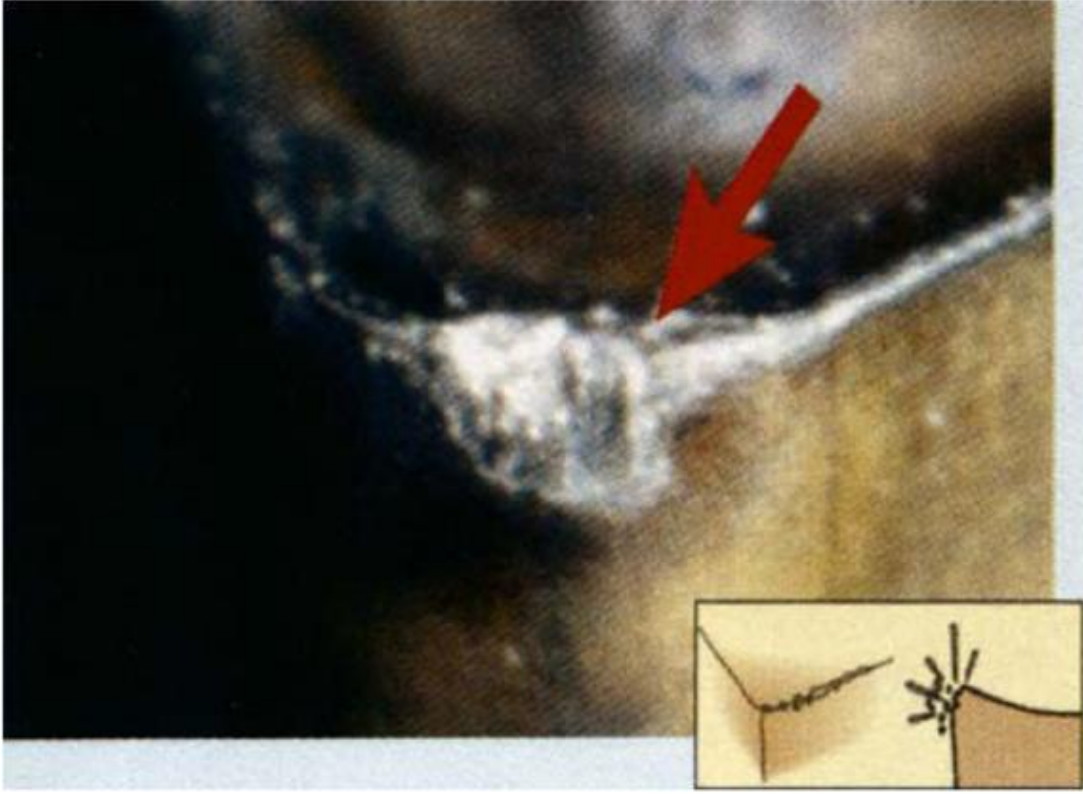
Şekil 3.21’de kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen kırılmalar görülmektedir. Kırılma, kesici kenarın görevinin tamamen sona ermesidir. Önceden oluşan şişkinliğin kırılması en tehlikelisi olup mümkün olduğunca bundan kaçınılmalıdır. Kenar kırılması genellikle diğer aşınma tiplerinin en son noktasıdır. Geometrinin değişmesi, kesici kenarın dayanımının zayıflaması, sıcaklık ve kuvvet yükselmeleri pek çok kesici kenar hatalarına zemin hazırlayacaktır. Ağır kesme şartlarında (kesme parametrelerinin büyük olması) oluşan veya iş parçası malzemesinden kaynaklanan ani kırılmaların sebep olduğu gevrek kırılma, çalışma taleplerini (ihtiyaçlarını) karşılamaya muktedir olmayan bir takım malzemesi üzerindeki değişik gerilmelerin bir sonucu olabilir [12].



Şekil 3.21. Kırılma görüntüsü [62]

3.8.9. Çıtlama (Tanecik Kopması)

Şekil 3.22’de kesici takımda talaş kaldırma sonrası meydana gelen tanecik kopması görülmektedir. “Kesici kenarda meydana gelen çentikler, aşınmadan ziyade kesici kenardaki küçük boyutlu kırılmalardır”. Kesici kenardaki mekanik gerilmeler aşırı ise ve uç aşırı bir şekilde sıcaklık değişimlerine maruz kalıyorsa, ucun kesici kenarında küçük parçalar halinde kopmalar olacaktır. Önlemek için, daha sünek bir sert metal kalitesi seçilmesi, büyük köşe radyüsü kullanılması, kesme hızı ve ilerlemenin arttırılması, kesme derinliğinin arttırılması, daha rijit takım kullanılması, profil takım geometrisi seçilmesi gibi alternatifler denenmelidir [12].



Şekil 3.22. Çıtlamanın oluşumu görüntüsü [62]

3.9. Takım Aşınmasının Kontrolü

Bir takımın yararlı çalışma süresi, kesici ucu iş parçası üzerinde kaldığı toplam zamandır. Bu zaman zarfında uçta oluşan aşınmaların kontrol edilmesi ile takım ömrünün azalması, ölçülerde sapmaların meydana gelerek ölçü kontrolünü zorlaşması ve işlenmiş yüzeylerin bozuk çıkması engellemiş olur [12].

VBmax = Maksimum serbest yan yüzey aşınması

VB = Serbest yan yüzey aşınması

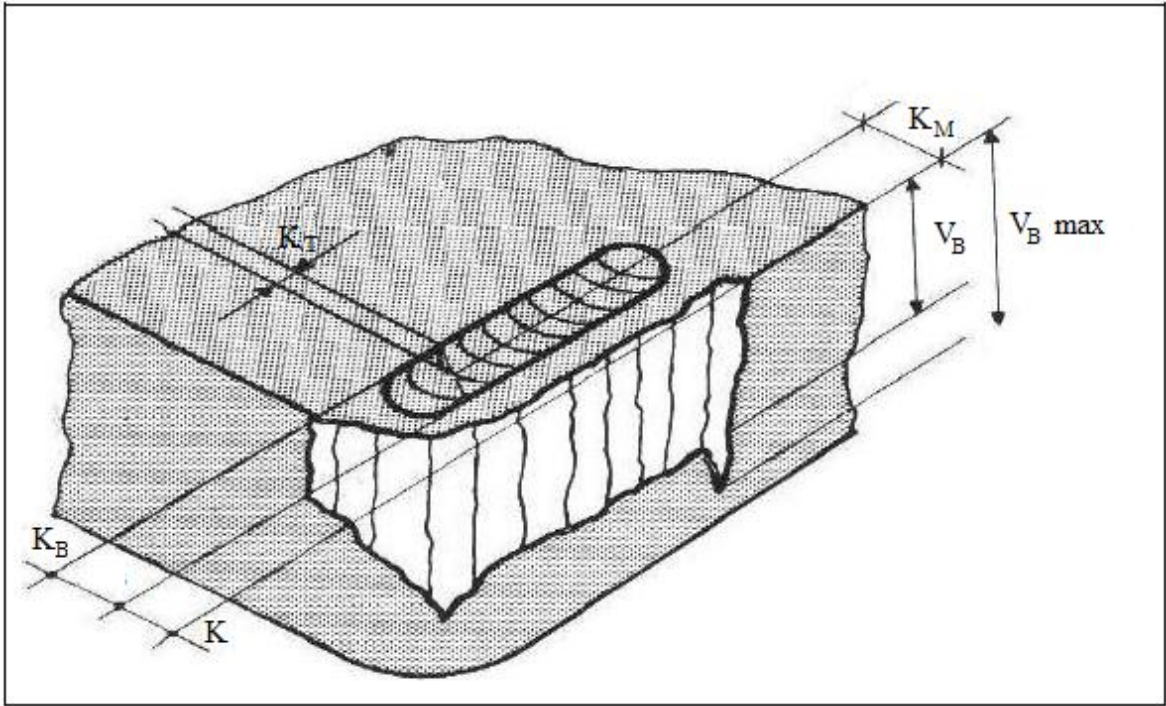
KT = Krater derinliği

KB = Krater genişliği

KM = Krater orta eksen mesafesi

Takım aşınması, belli bir seviyeye ulaşmadan önce geçen işleme zamanına bağlı olarak

geliştiğinde, muayene ve kontrol yöntemleriyle belirlenir. Uygun bir mikroskop veya büyüteç en yaygın kullanılan kontrol aletleridir. Yan yüzey aşınması asıl kesme kenarından ölçülür. Ölçüm yapmak için aşınan kısım üç bölgeye ayrılarak incelenir. Toplam uzunluk dört eşit parçaya bölünür ve 1 / 4'lük kısımlar iki başta ve 1 / 2'lik kısım ortada kalacak şekilde üçe ayrılarak analiz yapılır. Şekil 3.23'te takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler görülmektedir [65].



Şekil 3.23. Takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler [12]

3.10. Talaşlı İmalat İşleminde Yüzey Pürüzlülüğü

Talaşlı imalatta üretilen parçalar gözle incelendiği zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de gerçekte parça yüzeyindeki gerçek sürtünme alanı parça alanından daha az olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlüğü (R_a) gereksinimi yaklaşık olarak $1,6 \mu\text{m}$ 'yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standartları belirlenmiştir. Ülkemizde TS 2040 nolu yayınlı yüzey kaliteleri bir standarda bağlanmıştır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemiştir [66].

3.10.1. Yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu durumlar

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları:

1. Sürtünmeli yataklar,
2. Korozyon ortamında çalışan parçalar,
3. Yuvarlanmalı yataklar,
4. Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler,
5. Sızdırmazlık yüzeyleri,
6. Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri,
7. Masterlar vb. [66].

3.10.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler şunlardır:

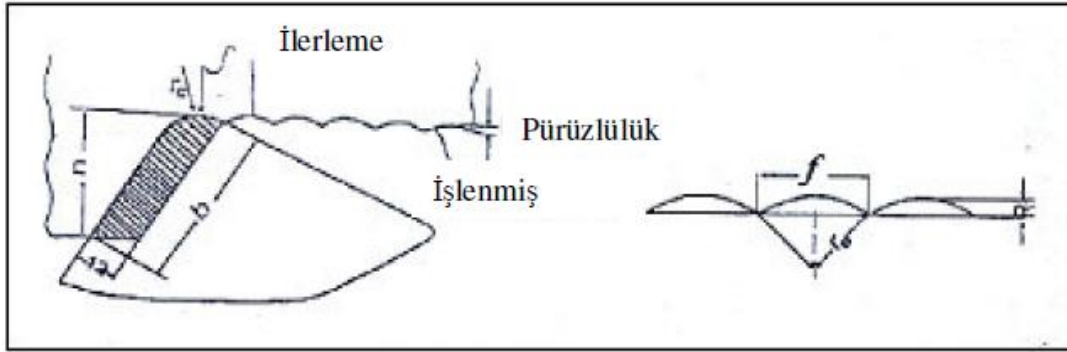
1. Takım tezgahının rijitlik durumu,
2. Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
3. Takım tutucu rijitlik durumu,
4. Takım aşınmasının etkileri,
5. Takım geometrisi,
6. Kesme parametreleri,
7. Malzemenin mekanik özellikleri,

8. Soğutma sıvısının etkileri [66].

3.10.3. Yüzey pürüzlülüğünün oluşumu

İdeal yüzey pürüzlülüğünün oluşumu Şekil 3.24'te şematik olarak gösterilmektedir. Uygulamada, genellikle aşağıda tanımlanan ideal pürüzlülük şartlarına ulaşmak mümkün değildir. Normalde gerçek pürüzlülükte en etkili pürüzlülük tipi doğal yüzey pürüzlülüğüdür. Doğal yüzey pürüzlülüğüne sebep olan en önemli faktörlerden biri yığıntı talaş oluşumudur. İdeal yüzey pürüzlülüğü, geometrik hesaplamalarla elde edilen ve aşağıda verilen eşitlikle elde edilir [67].

$$Ra = \frac{0,064xf^2}{8r} \quad (3.1)$$



Şekil 3.24. İlerleme ve takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi [67]

Yığıntı talaş devamlı olarak birikir, dağılır ve dağılan sert parçalar iş parçasına sürtünür. Talaş takım sürtünmesini azaltan ve yığma uç oluşumunu azaltan takım geometrisi ve kesme parametreleri daha düzgün yüzey oluşmasını sağlar. Genelde yüzey pürüzlüğü değerleri olarak taşlama işlemi için 0,05-1,6 µm, finiş tornalama için 0,1 den 1,0 µm, frezeleme ve kaba tornalama için ise 1,6 µm'den daha yüksek olan Ra değerleri kabul edilebilir [66].

3.10.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri

Çeşitli şekillendirme işlemleri sonucu oluşan yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için farklı metotlar mevcuttur. Talaşlı imalat metotlarıyla elde edilen yüzeylerin pürüzlülük

değerlerinin belirlenmesinde izleyici uca sahip cihazlar kullanılır. Yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için kullanılan bazı metotlar şöyledir;

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden genelde iğne olarak 900 uç açılı ve 4-12 µm yarıçapa sahip iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [68].

Optik metot: Bir yüzey üzerine yansıtılan ışının geliş açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörlerle ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

Temas metodu: Yüzey üzerinde dolaştırılan bir probun sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin karşılaştırılması esasına dayanır.

Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak en düşük 500 g ağırlığın yüzeyde, yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçme tekniğidir.

Hidrolik metot: Belli eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde yağ damlasının akış süresi ile pürüzlülük değeri arasında kurulan bir ilişki ile pürüzlülük değeri ölçülmesi esasına dayanır.

Yüzey dinamometresi metodu: İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, parçaların pürüzlülük değerine bağlıdır. İki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

X ışını metodu: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınları ile 0,00254-0,0508 µm arasındaki pürüzlük değerleri ölçülebilir.

Elektron mikroskobu metodu: Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu bu metodu sınırlamaktadır.

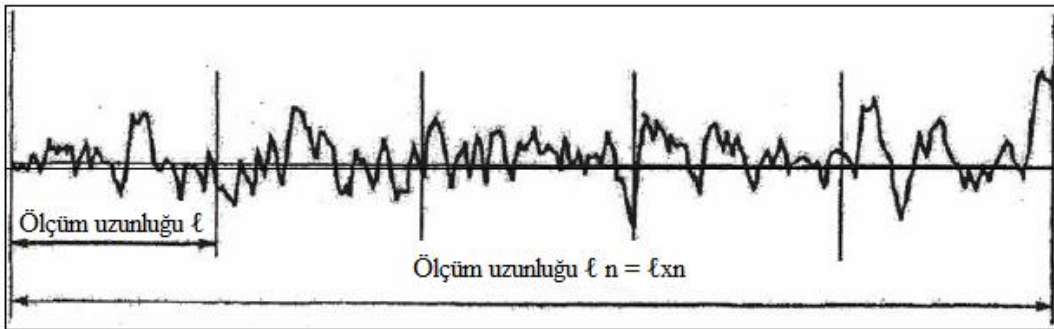
Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz - asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında %80 oranında bilgi verir.

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlüğü ölçülecek malzeme X, Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur [66].

3.10.5. Yüzey pürüzlülük parametreleri

Örnekleme uzunluğu ve örnekleme sayısı

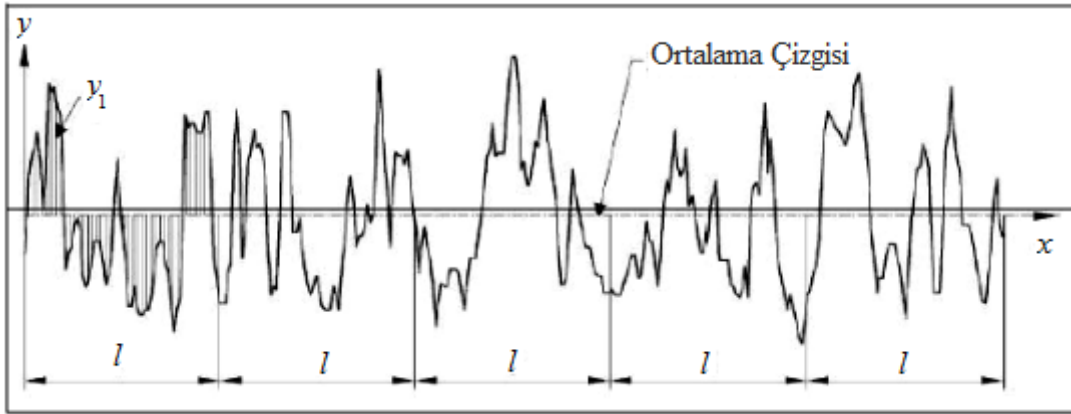
Şekil 3.25'te ℓ ile ifade edilen örnekleme uzunluğu kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir. Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir araya gelmesi ile ℓ_n ile ifade edilen ölçüm uzunluğu oluşur. ℓ_n uzunluğu $n > 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (ℓ) ile n çarpılarak elde edilir ($\ell_n = \ell \cdot n$) [69].



Şekil 3.25. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu [69]

Ortalama çizgisi

Ölçme uzunluğu içinde profilin üstte ve altta kalan alanlarının eşit olduğu yerden geçen doğrudur [66]. Şekil 3.26'da tipik yüzey pürüzlülüğü üzerinde ortalama çizgisi gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi [69]

Ortalama yüzey pürüzlüğü (Ra)

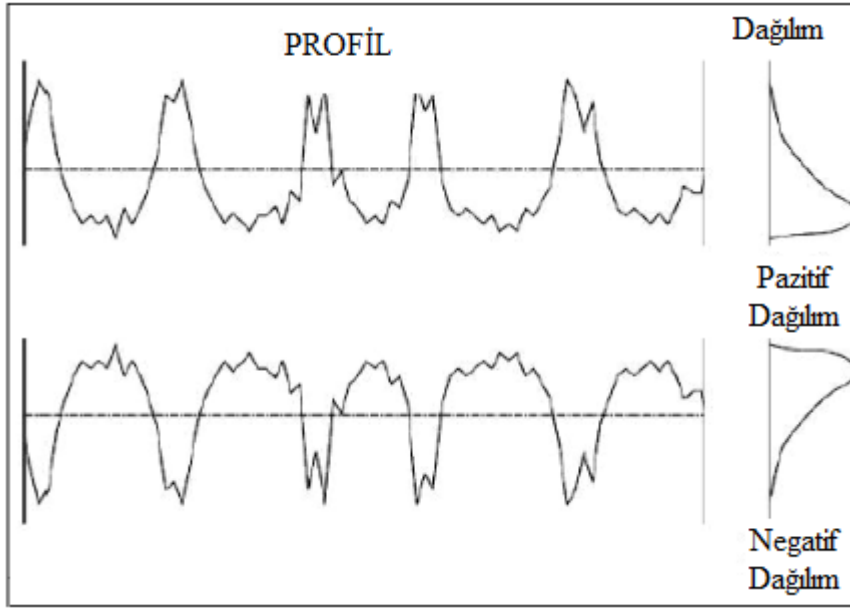
Şekil 3.27’de gösterildiği gibi ortalama çizgisinin altında ve üstünde oluşan mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalama değeridir. Kalite kontrolünde dünya çapında kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlaması ve ölçmesi kolaydır. Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değişimler hakkında yeterli bir bilgi vermez. Matematiksel tanımlaması aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [69].

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (3.2)$$

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (3.3)$$

Genlik dağılım eğrisi (Rsk)

Şekil 3.27’de gösterildiği gibi bu parametre profil genlik yoğunluğun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağılım eğrisidir. Aynı Ra ve Rq değerine sahip profilleri ayırt etmeye yarayan bir değişkendir.



Şekil 3.27. Profil ve genlik dağılım eğrisi [69]

4. MALZEME VE METOD

Bu bölümde deneylerde kullanacak; deney numuneleri, kesici takım uçları, kesici takım tutucu, tezgah ve ölçüm araçları tanıtılacaktır.

4.1. Deney Numuneleri

30 HRC sertliğe sahip, Ç 4140 alaşımlı karbon çeliği kullanılmıştır. Ç 4140 çeliğine ait spektro kimyasal analiz sonuçlar numunenin temin edildiği firmadan alınarak Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ç 4140 çeliğin kimyasal bileşimi (Ağırlıkça% oranı) [70]

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	Al	Fe
0,42	0,26	0,8	1,08	0,16	0,07	0,08	0,042	kalan

4.1.1. Deney numunelerinin hazırlanması

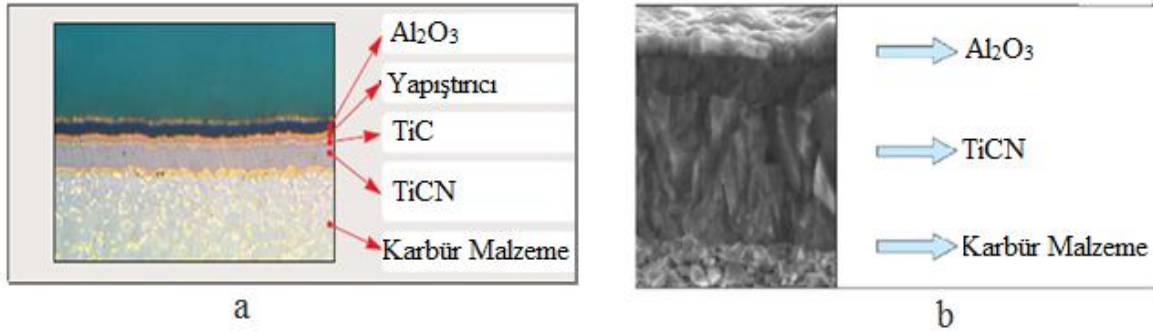
Deney malzemesi TS 10329 göz önünde bulundurularak çap/boy oranı 1/10’dan küçük olacak şekilde Ø100x220 mm boyutlarında hazırlanmıştır (Şekil 4.1). Numuneler; ayna-punta arasında işlemeye uygun olacak biçimde numunelerin ucuna 3,15 mm çapında ve 120 derece koruyucu havşası olan punta deliği açılmış, ayna tarafına ise çapı 80 mm’ye düşürülerek bir kademe oluşturulmuştur. İş parçası numunesi üzerinden 1 mm tabaka talaş kaldırılarak numune haddedeleden kaynaklı ve bağlanmadan kaynaklı meydana gelebilecek salgı yok edilmeye çalışılmıştır



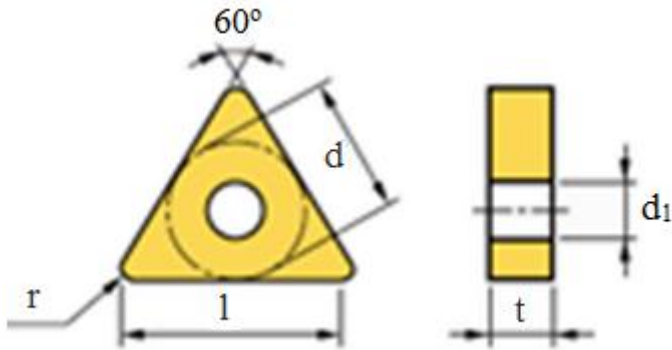
Şekil 4.1. Deney numunesinin boyutları

4.2. Kesici Takım ve Takım Tutucu

Deneylerde KORLOY marka TNMG 220408 HM NC3030 ve TNMG 160408 GM NC3020 kaplamalı karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takımlardaki; kaplama katmanları Şekil 4.2’de, takım profili (TNMG) Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

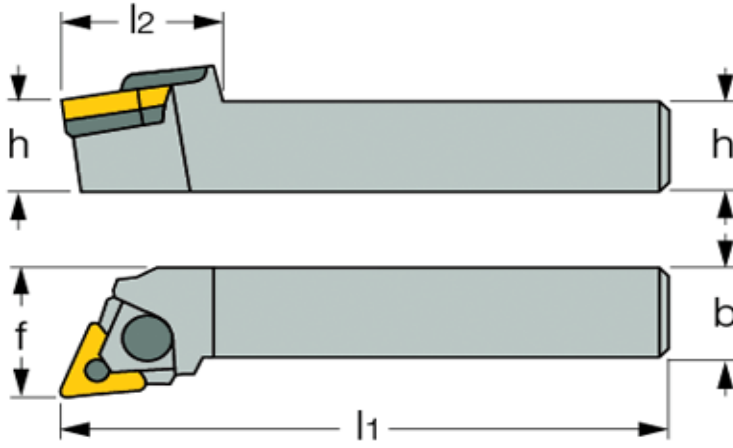


Şekil 4.2. NC3030 kalitesindeki takımın kaplama katmanları (a), NC3020 kalitesindeki takımın kaplama katmanları (b) [71, 72]



Şekil 4.3. TNMG Kesici takım ölçüleri

Deneylerde kullanılan her iki kesici takım da TNMG profiline sahip fakat boyutları farklı olduğundan iki farklı takım tutucu ISO 3685 standardında belirtilen özelliklere ve deneylerin yapılacağı şartlara uygun olarak mekanik sıkmalı tip uçlar sert metal malzeme için, baskı parçalı sıkma sistemli takım tutucular kullanılmıştır (Şekil 4.3). Takım tutucunun boyutları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Baskı parçalı sıkma sistemli takım tutucu

Çizelge 4.2. Kesici takım tutucu boyutları

Kesici takım tutucu	h	b	l1	l2	f	Ga0	Gr0	R/L
MTJNR 2525M-16W-M	25	25	150	32	32	-6	-6	R
MTJNR 2525M-22W	25	25	150	38	32	-6	-6	R

4.3. Takım Tezgâhı

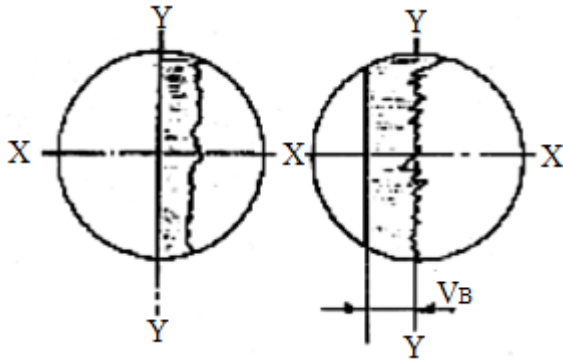
Yapılan deneysel çalışmalarda, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü CNC Atölyesinde bulunan JOHNFORD T35 CNC Torna Tezgahı kullanılmış olup bu tezgahın bazı özellikleri Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. JOHNFORD T35 CNC torna tezgahının özellikleri

x eksen (mm)	250
z eksen (mm)	600
Tezgah Gücü (kW)	10
Devir sayısı (rpm)	4000
Hidrolik ayna çapı (mm)	250
Hassasiyet (mm)	0,001
Taret, takım bağlama kapasitesi	12

4.4. Takım Aşınması Ölçümü

Aşınmanın ölçülebilmesi için optik mikroskop kullanılmıştır. Mikroskobun X-Y eksenlerinde hareket eden tablasının, X doğrultusundaki ilerlemesini ölçebilecek 0,005 mm hassasiyetinde bir tambur bulunmaktadır. Bu sayede, kesici ucun yan yüzeyinin 0,005 mm hassasiyette ölçülebilmesi sağlanmıştır. Mikroskobun göz merceğine takılı bulunan ‘+’ şeklindeki işaret, ölçüme referans olacak bir koordinat sistemini oluşturmuştur. Aşınma ölçümünün yapılabilmesi için kesici, iki adet destek arasında mikroskobun tablasına yerleştirilmiştir. Gözlenen ucun talaş ve yan yüzey birleşme köşesi dikey (Y – Y) koordinat eksenini ile karşılaştırılmış, daha sonra tabla X-X doğrultusunda gezdirilerek kesici takım yanak aşınması (VB) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.4). Her kesme hızında belirli süre aralıklarında ölçümler tekrarlanmıştır. Kesici takım yan yüzey aşınması ölçümü için 0,01 mm hassasiyetli WF 20X bir takım mikroskobu kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Kesici ucun yanak aşınmasının ölçülmesi

Takım ömrü, 190 mm’lik her pasoda takma ucun mikroskop altında incelenmesiyle yapılmıştır. Her kontrol mesafesinde uçtaki aşınma miktarı ve o zamana kadar kaldırdığı talaş hacmi not edilmiştir. Yan kenar aşınma kriteri, $VB=0,3$ mm’ ye ulaştığı zaman, takımın aşındığı kabul edilmiş ve deney sonuçlandırılmıştır.

Kesici takımdaki aşınmaların daha ayrıntılı olarak incelenmesi için Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü’nde yer alan “INSTRUMENT JSM-6060” marka kodlu cihazında tarama elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır.

4.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Pürüzlülük ölçümünde profil metodu kullanılmıştır. Bu amaçla profil değişimini Ra, Rz ve Rmax cinsinden okuyabilen ve Şekil 4.5'te görülen MAHR-Perthometer M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır. Cihazla 150 μm 'ye kadar yüzey pürüzlülükleri ölçülmektedir. Ölçme işlemi yapılmadan önce yüzey pürüzlülük cihazı, yüzey pürüzlülük değeri önceden bilinen kalibrasyon blokları ile kalibre edilmiştir. Örnekleme uzunluğu (lc) 0,8 mm alınmıştır. Ölçülecek yüzey uzunluğu (L) örnekleme uzunluğunun en az 5 katı olacağından 10 mm seçilmiştir.



Şekil 4.5. MAHR- Perthometer M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük cihazı

Her yeni deneyin başlangıcında, boyuna tornalamaların yapıldığı yüzeyler üzerinde yapılan ölçümler, iş parçası eksenine paralel olacak şekilde ve iş parçası kendi eksenini etrafında 120° döndürülerek üç ayrı yüzeyden ölçüm değerleri alınarak yapılmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazının teknik özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri

MODEL	Perthometer M1 (Mahr)
Ölçme Hızı	150 $\mu\text{m}/\text{sn}$
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Uç Malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	10 mm
Tarama Hızı (mm/sn)	0,5
Boyutları (mm)	190x170x75
Yaklaşık Ağırlığı (gr)	900
Dil	Seçilebilir 10 Avrupa, 3Asya dili

4.6. Kesme Parametreleri

Torna tezgahında talaş kaldırma işleminde kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen bir çok faktör kesme işlemine etki etmektedir. Bu parametrelerin başında kesici takım geometrisi, kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gelmektedir. Takım ömrü deneylerinde beş farklı kesme hızı (150 m/dak, 200 m/dak, 250 m/dak, 300 m/dak, 350 m/dak), sabit ilerleme miktarı (0,25 mm/dev) ve sabit talaş derinliği (2 mm) seçilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü deneylerinde ise ; beş farklı kesme hızı (150 m/dak, 200 m/dak, 250 m/dak, 300 m/dak, 350 m/dak), üç farklı ilerleme miktarı (0,15 mm/dev, 0,25 mm/dev, 0,35 mm/dev) ve sabit kesme derinliği (2 mm) olarak seçilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Kesme parametreleri ve seviyeleri

Deneyler	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)
Takım Ömrü	150	0,25	2
Yüzey Pürüzlülüğü	200	0,15 0,25 0,35	
	250		
	300		
	350		

5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırmada, farklı özellikteki 2 kesici takım kullanılarak, Ç 4140 alaşımlı karbon çelik numuneler üzerinde takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü deneyleri yapılmıştır. Takım ömrü deneyleri deney maliyetleri göz önünde bulundurularak takım ömrünü en çok etkileyen kesme parametresi olan kesme hızının 5 farklı seviyesinde sabit talaş derinliği ve sabit ilerleme miktarında gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü deneyleri ise 5 farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme miktarı ve sabit talaş derinliğinde gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada deneylerin sonuçları 3 başlık altında değerlendirilmiştir.

1. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi
2. Takım ömrünün değerlendirilmesi
3. Takım aşınmasının incelenmesi

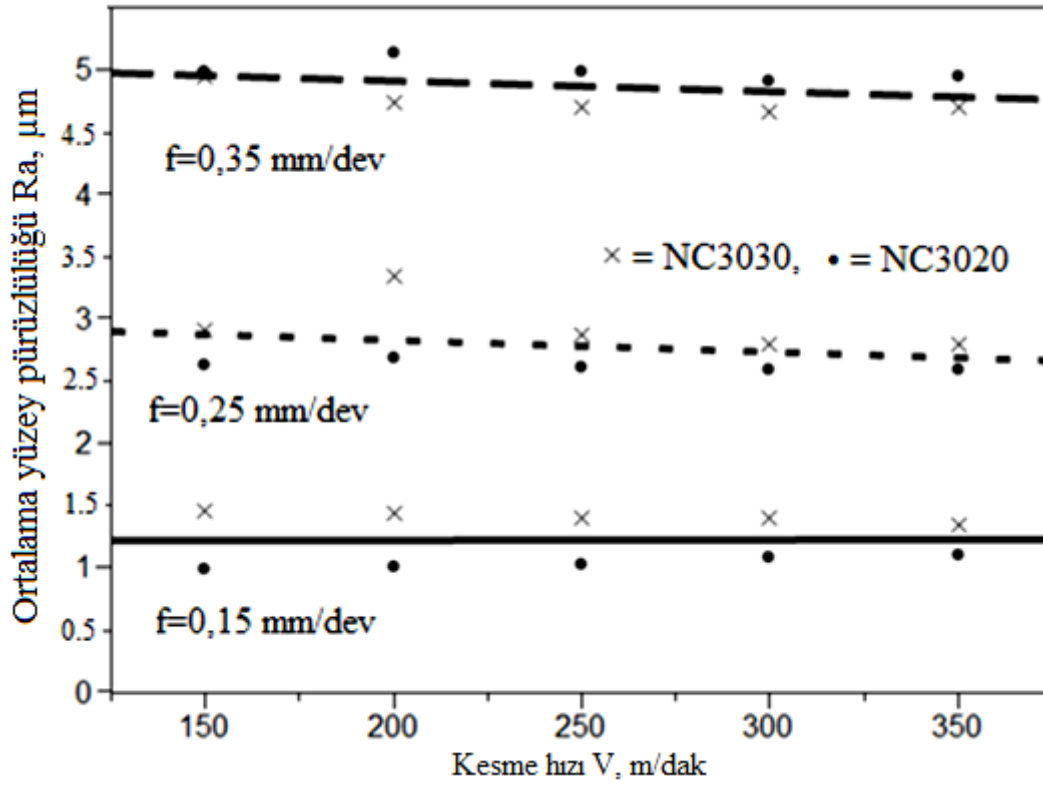
5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

İki farklı kesici takım, beş farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme miktarı ve sabit talaş derinliği ile yapılan deneyler sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Deney sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri

Deney no	Kesme derinliği (mm)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Kesme hızı (m/dak)	Ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra (μm)	
				NC3030	NC3020
1	2	0,15	150	1,466	0,983
2			200	1,437	1,003
3			250	1,398	1,029
4			300	1,401	1,082
5			350	1,352	1,096
6		0,25	150	2,917	2,629
7			200	3,104	2,687
8			250	2,875	2,617
9			300	2,803	2,583
10			350	2,804	2,593
11		0,35	150	4,949	4,996
12			200	4,737	5,138
13			250	4,705	4,995
14			300	4,661	4,908
15			350	4,712	4,958

Yapılan deneyler sonucu elde edilen verilerden NC3030 kalitesindeki takım ve NC3020 kalitesindeki takımın 5 farklı kesme hızında, 3 farklı ilerleme miktarında ortalama yüzey pürüzlülük değerleri grafik olarak Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Kesme hızlarına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi

Şekil 5.1'deki grafik incelendiğinde, her iki kesici takım için de artan kesme hızıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünde olumlu yönde düşme görülmüştür.

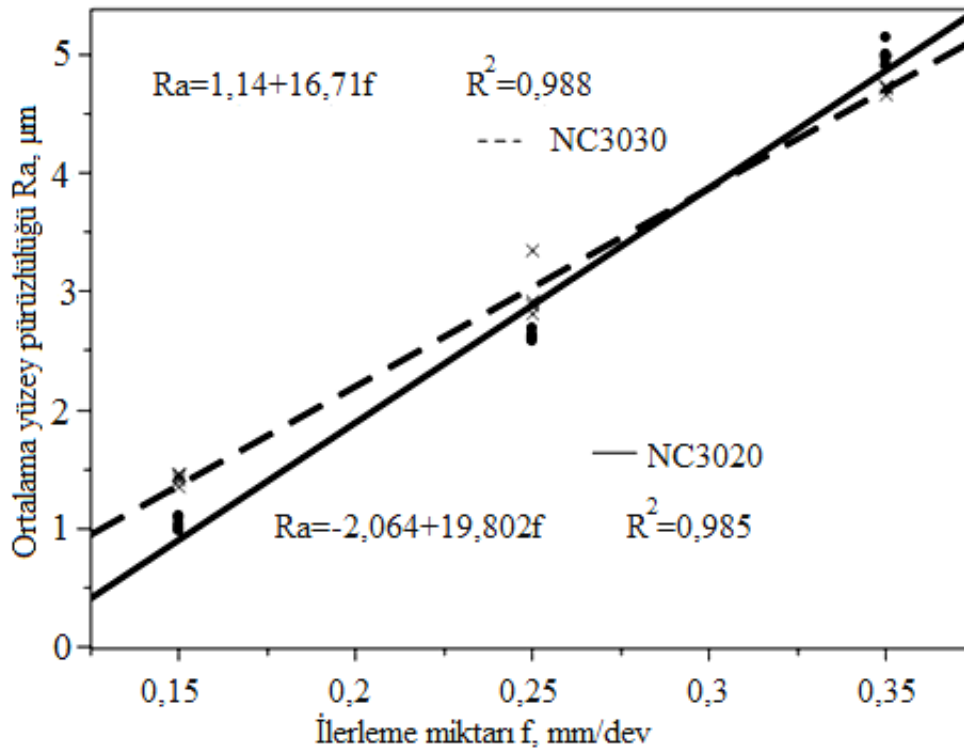
NC3030 kalitesindeki kesici takımı için; 0,35 mm/dev ilerleme miktarında 150 m/dak kesme hızında ortalama yüzey pürüzlülük değeri 4,949 µm iken 350 m/dak'lık kesme hızında bu değer yaklaşık %4,8'lik düşerek 4,712 µm ölçülmüştür. 0,25 mm/dev ilerleme miktarında 150 m/dak kesme hızında ortalama yüzey pürüzlülük değeri 2,917 µm iken 350 m/dak'lık kesme hızında bu değer yaklaşık %3,8'lik düşerek 2,804 µm ölçülmüştür. 0,15 mm/dev ilerleme miktarında 150 m/dak kesme hızında ortalama yüzey pürüzlülük değeri 1,466 µm iken 350 m/dak'lık kesme hızında bu değer yaklaşık %3,8'lik düşerek 1,352 µm ölçülmüştür. NC3020 kalitesindeki kesici takım da kesme hızı ve ilerleme miktarlarındaki değişimle, yüzey kalitesindeki değişim benzer eğilim göstermiştir.

Kesme hızının artışıyla birlikte azalan yüzey pürüzlülüğü değerlerinde iyileşme gözlemlenmiştir. Kesme hızının artmasıyla iyileşen yüzey pürüzlülüğünün sebebi, yüksek hızlarda deformasyon bölgelerinde artan sıcaklığa bağlı olarak kesme bölgesinde deformasyon işleminin kolaylaşması, iş parçası malzemesinin, kesici kenar ve burun

radiusu çevresinde rahat bir şekilde deforme edilmesi ve bu sayede herhangi bir yırtılma olmadan şekillendirilebilmesi ile açıklanabilir [7].

NC3030 kalitesindeki kesici takımla en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri; 0,15 mm/dev ilerleme miktarında, 350 m/dak kesme hızında 1,352 μm ölçülmüştür. NC3020 kalitesindeki kesici takımla en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri; 0,15 mm/dev ilerleme miktarında, 150 m/dak kesme hızında 0,983 μm ölçülmüştür. NC3030 kalitesindeki kesici takımla yapılan tüm deneylerin ortalama yüzey pürüzlülüğünün ortalaması 3,021 μm hesaplanmıştır. NC3020 kalitesindeki kesici takımla yapılan tüm deneylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalaması 2,886 μm olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar doğrultusunda NC3020 kalitesindeki kesici takımla, NC3030 kalitesindeki kesici takıma göre daha iyi iş parçası yüzey kalitesi elde edilmiştir.

İlerleme miktarının ortalama yüzey pürüzlülük değeri üzerindeki etkisini daha iyi gözlenmesi için Şekil 5.2’de üç farklı ilerleme miktarındaki ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini gösteren grafik oluşturulmuştur.



Şekil 5.2. İlerleme miktarı ile ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

Şekil 5.2'deki grafikler incelendiğinde literatürdeki benzer çalışmaların paralelinde ilerleme miktarı artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde artma olduğu gözlenmiştir. İlerleme miktarının artması kesici takımın, iş parçası eksenine doğrultusunda artan hareketi sonucu kaldırması gereken talaşı tam kaldıramayıp parçacıklar bırakmasına neden olmaktadır. Bu da yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olmaktadır. Deneylerde kullanılan iki kesici takım içinde, ilerleme miktarı ile ortalama yüzey pürüzlülük değerleri arasında artan doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.

NC3020 kalitesindeki takımın 0,15 mm/dev ilerleme miktarında beş farklı kesme hızındaki ortalama yüzey pürüzlülük değerinin ortalaması 1,096 μm iken, 0,25 mm/dev ilerleme miktarında ortalama yüzey pürüzlülük değerinin ortalaması %139 artarak 2,622 μm hesaplanmıştır. 0,35 mm/dev ilerleme miktarındaki ortalama pürüzlülük değerinin ortalaması %90 artarak 4,999 μm hesaplanmıştır.

NC3030 kalitesindeki takımın 0,15 mm/dev ilerleme miktarında beş farklı kesme hızındaki ortalama yüzey pürüzlülük değerinin ortalaması 1,411 μm iken, 0,25 mm/dev ilerleme miktarında ortalama yüzey pürüzlülük değerinin ortalaması %105 artarak 2,901 μm hesaplanmıştır. 0,35 mm/dev ilerleme miktarındaki ortalama pürüzlülük değerinin ortalaması %63 artarak 4,753 μm hesaplanmıştır.

İlerle miktarının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerini arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer sonuçlara literatürde rastlanmaktadır [9, 15, 30, 65]. Her iki kesici takımın kaplama katmanlarının farklı olması, talaş kaldırma esnasında oluşan ısıya gösterdikleri direncin farklı olmasına neden olur. Bu sebeple; değişen kesme parametreleriyle, ortalama yüzey pürüzlülük değerindeki değişimler, iki kesici takımında da farklı oranlarda gerçekleşmiştir.

5.2. Takım Ömrü'nün Değerlendirilmesi

Takım ömrünü belirlemek için $VB=0,3$ mm yan kenar aşınması kriteri esas alınmıştır. Kesici takımın yan yüzeyinde oluşan aşınma; 190 mm'lik her pasoda takımçı mikroskobu ile ölçülmüştür. İki farklı kesici takım ile 2 mm sabit kesme derinliği değerinde beş farklı kesme hızı ve 0,25 mm/dev sabit ilerleme miktarında yapılan deneyler sonucunda elde edilen takım ömürleri Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Deneyler; kesme hızı-takım ömrü

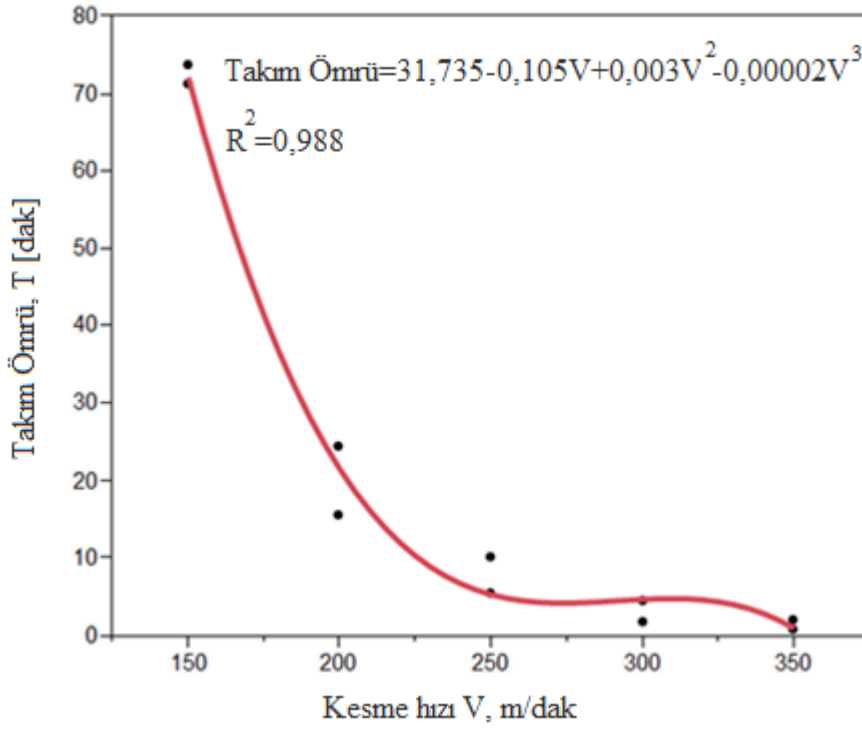
süresi grafikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılan deneylerde toplam 18738291 mm³ talaş kaldırılmıştır.

Çizelge 5.2. Kesme hızlarına bağlı olarak takım ömrü değerinin değişimi

TNMG 220408-HM NC3030		
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Takım Ömrü T, (dak)
1	150	73,70
2	200	15,48
3	250	5,50
4	300	1,72
5	350	0,84
TNMG 160408-GM NC3020		
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Takım Ömrü T, (dak)
1	150	71,22
2	200	24,30
3	250	10,03
4	300	4,44
5	350	1,89

Takım ömrü deneyleri sonucunda en uzun takım ömrü NC3030 kaliteye sahip takımla 150 m/dak kesme hızında 73,70 dakika olarak ölçülmüştür. NC3020 kalitesine sahip kesici takımın 150 m/dak kesme hızındaki takım ömrü ise, 71,22 dak olduğu görülmektedir. Her iki takımın 150 m/dak'lık kesme hızındaki takım ömrünü kıyaslandığında NC3020 kalitesindeki takımın ömrü NC3030 kalitesindeki takımın ömründen %4 daha az olduğu görülmüştür. 200 m/dak'lık kesme hızındaki takımların ömrüne bakıldığında NC3030 kalitesindeki takımın ömür süresi 15,48 dak iken NC3020 kalitesindeki takımın ömür süresi 24,30 dak olduğu ölçülmüştür. Kesme hızını 150 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarıldığında NC3030 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %80'lik, NC3020 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %66'lık azalma olduğu tespit edilmiştir. Kesme hızını 200 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarıldığında NC3030 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %64'lık kısalma olarak 5,5 dak olduğu, NC3020 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %59'lık kısalma olarak 10,03 dak olduğu tespit edilmiştir. Kesme hızını 250 m/dak'dan 300 m/dak'ya çıkarıldığında NC3030 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %69'luk kısalma olarak 1,72 dak, NC3020 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %56'lık kısalma olarak 4,44 dak olduğu tespit edilmiştir. Kesme

hızını 300 m/dak'dan 350 m/dak'ya çıkarıldığında NC3030 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %57'lik kısalma olarak 0,84 dak, NC3020 kalitesindeki takımın takım ömründe yaklaşık %56'lık kısalma olarak 1,89 dak olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.3'te kesme hızındaki artışla takım ömrü arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 5.3. Kesme hızı-Takım ömrü grafiği

Literatürdeki takım ömrü deneylerinde görüldüğü gibi bu çalışmada da kesme hızı artıkça takım ömründe belirgin bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Kesme hızı ile takım ömrü arasında her iki kesici takım için de üçüncü dereceden azalan bir ilişki olduğu söylenebilir. Kesme hızının artmasıyla artan ısı ve basıncın, aşınma mekanizmalarının etkisini artırarak kesici takımın ömrünü kısalttığı söylenebilir.

5.3. Takım Aşınmasının incelenmesi

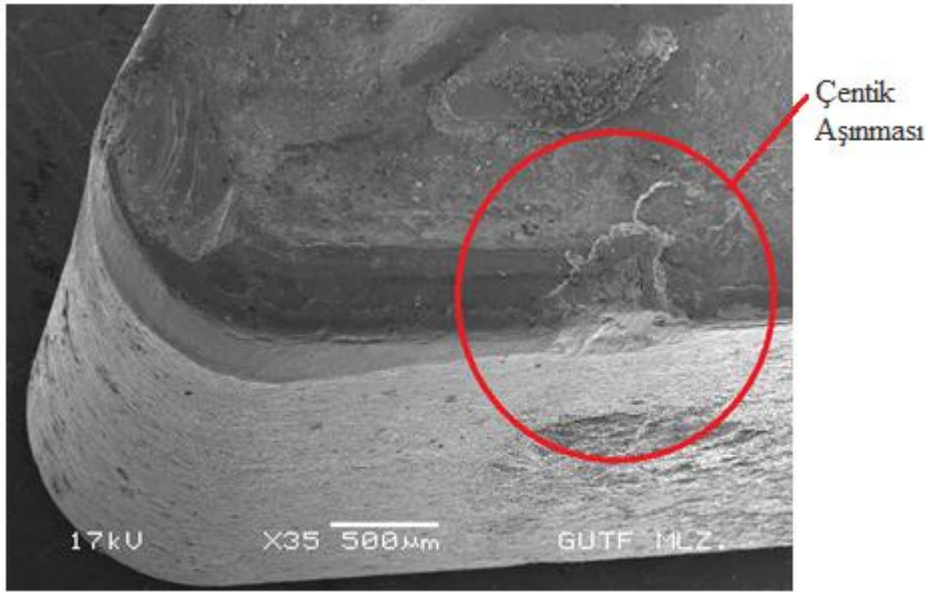
Deneylerde 10 tane kesici takım ömrü sonlanıncaya kadar kesme işlemi yapılmıştır. Kesici takımlardaki etkin takım aşınma mekanizmaları ve aşınma tiplerinin incelenmesi tarama elektron mikroskobu (SEM) ile fotoğraflanarak incelenmiştir. Kesici takımlar, kesme parametreleri, aşınma tipleri ve aşınma mekanizmaları Çizelge 5.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Aşınma tipleri ve etkin aşınma mekanizmaları

Takım No	Takımlar	Kesme Parametreleri			Aşınma Tipleri	Aşınma Mekanizmaları
		Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Kesme Derinliği (mm)		
1	TNMG 220408-HM NC3030	150	0,25	2	Çentik aşınması	Yapışma mekanizması
2		200			Çıtlama	Yorulma mekanizması
3		250			Çıtlama	Yorulma mekanizması
4		300			Mekanik yorulma kırılması	Mekanik yorulma mekanizması
5		350			Plastik deformasyon	Yorulma aşınma mekanizması
6	TNMG 160408-GM NC3020	150			Çentik aşınması	Yapışma mekanizması
7		200			Çentik aşınması	Oksidasyon ve yapışma mekanizması
8		250			Çentik aşınması	Oksidasyon mekanizması
9		300			Kırılma	Plastik deformasyon
10		350			Plastik deformasyon	Yorulma aşınma mekanizması

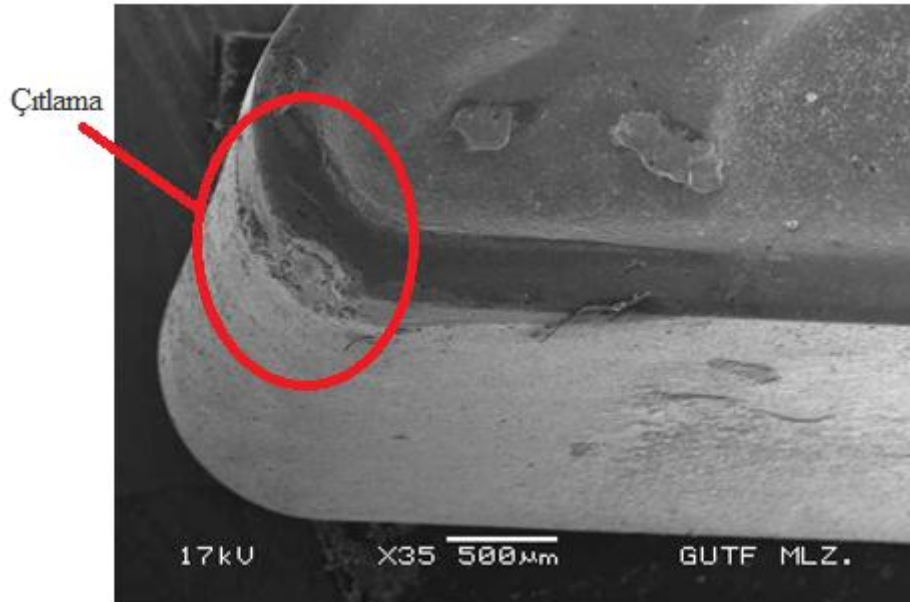
Çizelge 5.3'te aşınma tiplerinin takımın kalitesine ve kesme parametrelerindeki farklılığa göre değiştiği görülmektedir. TNMG 220408 HM NC3030 takımında çıtlamalar ağırlıklı olarak görülmekteyken, TNMG 160408 GM NC3020 takımında çentik aşınmaları ağırlıklı olarak görülmektedir. Her iki takımında da en yüksek kesme hızı olan 350 m/dak'da yüksek basınç ve yüksek sıcaklık kombinasyonunun sonucu olarak plastik deformasyon aşınması görülmektedir.

Şekil 5.4'de 8 numaralı takımın çentik aşınması olduğu görülmektedir. Aynı aşınma tipi 1, 6 ve 7 numaralı takımlarda da görülmüştür. 1 ve 6 nolu takımlarda yapışma aşınma mekanizmaları belirginken, 7 ve 8 nolu kesici takımlarda kesme hızının artmasıyla oksidasyon aşınma mekanizmasının etkinleştiği düşünülmektedir.



Şekil 5.4. TNMG 220408 HM NC3030 takımın 150 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı

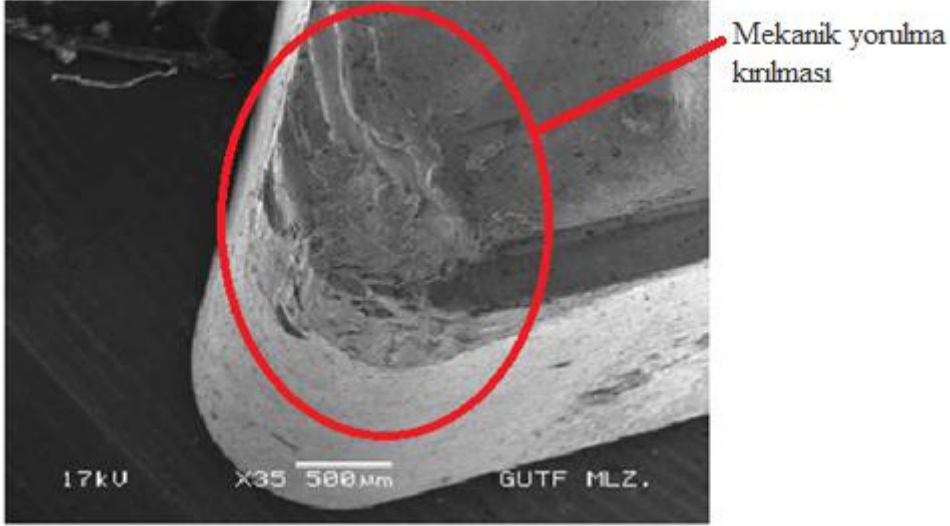
Şekil 5.5'te 3 numaralı takımın SEM fotoğrafında çatlama olduğu görülmektedir. Bu çatlamlar 2 numaralı takımında da görülmüştür. Kesici ucun maruz kaldığı mekanik zorlanmaların neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.5. TNMG 220408 HM NC3030 takımın 250 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı

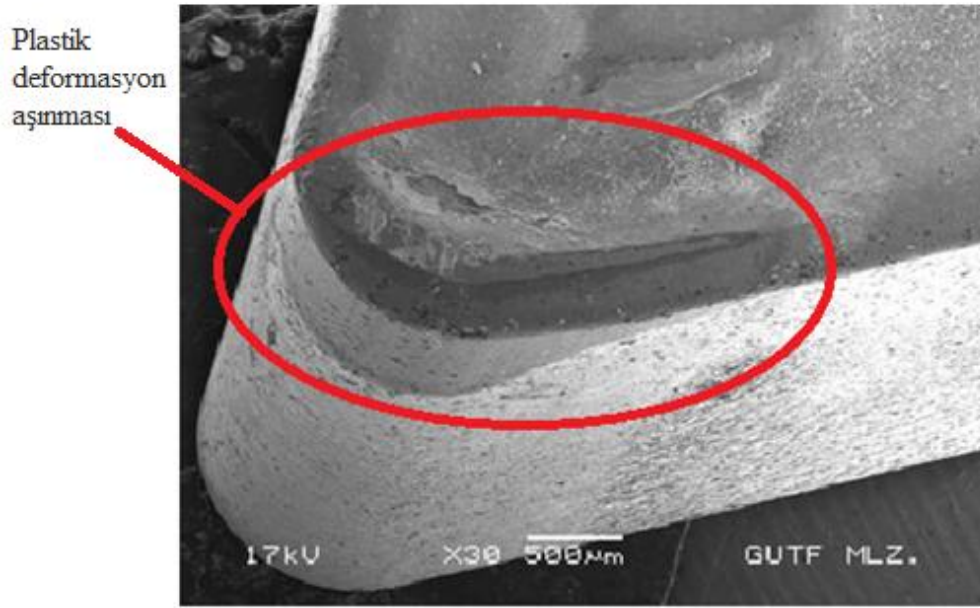
Şekil 5.6'da 4 numaralı kesici takımında mekanik yorulma kırılması meydana gelmiştir.

Kesici takımın uç profilinden dolayı dayanımının düşük olduğu ve yüksek kesme hızından kaynaklanan yüksek sıcaklıkla mekanik yorulma aşınma mekanizmaları ile birlikte bu aşınma tipi oluştuğu düşünülmektedir.



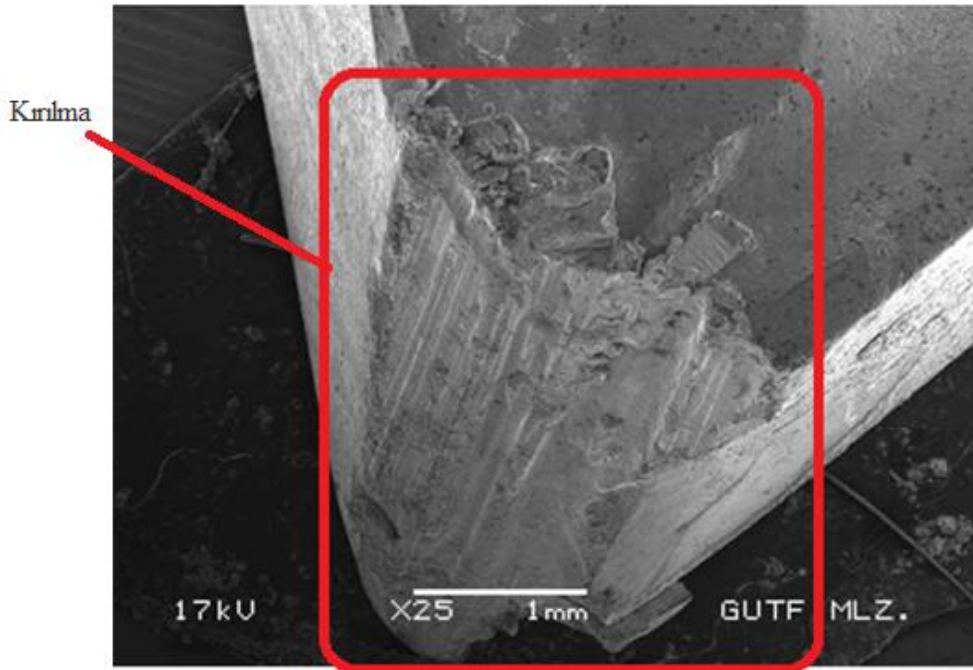
Şekil 5.6. TNMG 220408 HM NC3030 takımın 300 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı

Şekil 5.7'de 10 numaralı kesici takımın plastik deformasyon aşınmasına maruz kaldığı görülmektedir. 5 numaralı kesici takımda plastik deformasyon aşınması görülmüştür. Bu iki takımda da aynı tip aşınma olmasının sebebi; yüksek kesme hızında açığa çıkan yüksek sıcaklık, kesici takımın kaplama yapısını bozduğundan meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 5.7. TNMG 160408 GM NC3020 takımın 350 m/dak.'daki aşınmasının SEM fotoğrafı

Şekil 5.8'de ise 9 numaralı kesici takımın SEM fotoğrafında kırılma takım aşınması görülmektedir. Kesici kenarın dayanımının zayıflaması, sıcaklık ve kuvvet yükselmeleri sonu bu aşınmanın olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.8. TNMG 160408 GM NC3020 takımın 300 m/dak'daki aşınmasının SEM fotoğrafı

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Ç 4140 çeliği için yapılan talaş kaldırma deneylerinin sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Kesme hızının takım ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Kesme hızı ile takım ömrü arasındaki bu etkinin azalan üçüncü dereceden bir denklemle ifade edilebileceği belirlenmiştir.
- En yüksek takım ömrü 150 m/dak kesme hızında, TNMG 220408-HM NC3030 kesici takımında 73,70 dak ve TNMG 160408-GM NC3020 kesici takımında ise 71,22 dak' da olarak ölçülmüştür. En düşük takım ömrü ise 350 m/dak'lık kesme hızında TNMG 220408-HM NC3030 kesici takımında 0,84 dak ve TNMG 160408-GM NC3020 kesici takımında 1,89 dak olarak ölçülmüştür.
- TNMG 220408-HM NC3030 takım ile yapılan takım ömrü deneylerinde kesme hızı 150 m/dak'dan 350 m/dak'ya çıkarıldığında; takım ömrü %98,8 kısalarak 73,70 dak'dan 0,84 dak'ya düşmüştür. TNMG 160408-GM NC3020 takım ile yapılan takım ömrü deneylerinde kesme hızı 150 m/dak'dan 350 m/dak'ya çıkarıldığında; takım ömrü %97,3 kısalarak 71,22 dak'dan 1,89 dak'ya düşmüştür. TNMG 220408-HM NC3030 kesici takımını kesme hızının artmasıyla etkinliğini arttıran, aşınma mekanizmalarından daha çok etkilenmiştir.
- Kesme parametrelerinden ilerleme miktarı ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisinin olduğu; ilerleme miktarının artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür.
- Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemekle birlikte, ortalama yüzey pürüzlülüğü kesme hızının artışına bağlı olarak iyileşmiştir.
- TNMG 220408-HM NC3030 kesici takımında en düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri; 350 m/dak'lık kesme hızında, 0,15 mm/dev ilerleme miktarı, 1,352 μm 'dur. TNMG 160408-GM NC3020 kesici takımında en düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri; 150

m/dak'lık kesme hızında, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında 0,983 μm 'luk ölçülmüştür.

- Takımların en yüksek ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ise; TNMG 220408-HM NC3030 kesici takımında 150 m/dak kesme hızında, 0,35 mm/dev ilerleme miktarında 4,949 μm iken, TNMG 160408-GM NC3020 kesici takımında 200 m/dak kesme hızında, 0,35 mm/dev'lik ilerleme miktarında, 5,138 μm 'dur.
- TNMG 160408-GM NC3020 kesici takımıyla daha düşük ortalama yüzey pürüzlülük değerleri gözlemlenmiştir. Talaş kaldırma esnasında oluşan ısı, kesici takımın kaplama malzemesine göre farklılık gösterir. Bu sebeple kesici takımlardaki ortalama yüzey pürüzlülük değerlerindeki farkın kesici takımların kaplama malzemesinin farklı olmasıyla ilişkilendirilmiştir.
- SEM fotoğraflarının incelemelerinde TNMG 220408-HM NC3030 takımında; 150 m/dak kesme hızında çentik, 200 ve 250 m/dak'lık kesme hızlarında çıtlama, 300 m/dak kesme hızında mekanik yorulma kırılması, 350 m/dak kesme hızında plastik deformasyon aşınma tipi görülmüştür. TNMG 160408-GM NC3020 takımında; 150, 200 ve 250 m/dak'lık kesme hızlarında çentik, 300 m/dak kesme hızında kırılma, 350 m/dak kesme hızında da plastik deformasyon aşınma tipi görülmüştür.

6.2. Öneriler

- Takım ömrü ve yüzey pürüzlülük deneyleri kuru kesme şartlarında yapılmıştır, soğutma sıvısı kullanılarak deneyler tekrarlanıp soğutma sıvısının takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılabilir.
- Aşınma deneylerinde farklı ilerleme miktarında ve talaş derinlikleri seçilerek deneyler yapılabilir.
- Deney numunelerine ısı işlem uygulanarak mikro yapıları değiştirilebilir ve uygulanan ısı işlemlerin işlenebilirlik üzerindeki etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Kesti, E. (2009). “Ç – 4140 Çeliğinin, Mikro Yapı ve Mekanik Özelliklerine Su Verme Ortamının Etkilerinin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, **Selçuklu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya.
2. Avner, S.H. (1986). Introduction to Physical Metallurgy, McGraw Hill Book Company, 2.ed., New York, 315-336
3. Şahin, Y. (2000). “Talaş kaldırma prensipleri-1”, **Nobel Yayın Dağıtım**, Ankara, 335-346
4. Çakır, C. (1999). “Modern talaşlı imalatın esasları”, **Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları**, Bursa, 140:1-110
5. Jindal, P.C., Santhanam, A.T., Schleinkofer, U. and Shuster, A.F. (1999). “Performance of PVD TiN, TiCN and TiAlN coated cemented carbide tools in turning”, **International Journal of Refractory Metals and Hard Materials**, 17: 163-170
6. Grezesik, W. (1998). “The role of coatings in controlling cutting process when turning with coated indexable inserts”, **Journal of Materials Processing Technology**, 79: 133-143
7. Uluğ, D. (2014). “Kaplama ve kaplamasız sementit karbür takımlar için taylor takım ömrü modeli’ndeki “n” üstel değerinin deneysel olarak araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara
8. Motorcu, A. R. (2006). “Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 52100 çeliklerinin işlenebilirliği ve modeller geliştirilmesi” Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 11-14
9. Koçak, H. (2011). “GGG 90 küresel grafitli dökme demirin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması açısından değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-11
10. Ulusoy, A. (2008). “Orta karbonlu ve otomat çeliklerinde kesme hızının işlenebilirlik üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kütahya, 19-20
11. Çevik, E. (2006). “Tornalama işleminde kesici takım ömrünün iyileştirilmesine yönelik alternatif bir yaklaşım” Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 4-9
12. Altinkaya, E. (2006). “AISI 316 Östenitik çeliğin işlenmesinde kesme değerlerinin ve takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkilerinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 30-40
13. İşbilir, Ö. (2008). “Talaş kaldırmada değişken yüklemenin takım ömrüne etkisinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 32-37

14. Çiftçi, İ. (2003). “Alüminyum esaslı kompozitlerde takviye oranı ve boyutunun mekanik özellikler ve işlenebilirlik üzerine etkisinin araştırılması”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 32-42
15. Demirayak, İ. (2006). “Kesme parametreleri ve kaplama tabakasının talaş kaldırma işlemine etkileri” Yüksek Lisans Tezi, **Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, 43-44
16. Gürbüz, H., Kafkas, F., Şeker, U. (2012). “AISI 316L çeliğinin işlenmesinde kesici takım kesici takım formu ve talaş kırıcı formlarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi”, **Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi**, 1(2): 173-174
17. Şan, S. (2007). “Mikroalaşımli çeliklerin işlenebilirliğinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara , 20-120
18. Kuş, A. (2013). “AISI 52100 rulman çeliğinin tornalanmasında uygun kesici takım ve kesme parametrelerinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük
19. Özdemir, K. ve Çakır M. C. (2008). “Kesme parametrelerinin başlangıç aşınma etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, **Uludağ Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 13, Bursa
20. Sayit, E. (2007). “Küresel grafitli dökme demir malzemesi için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizi” Yüksek Lisans Tezi, **Afyon Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocatepe Afyon, 1-40
21. Ashby I.R., Wallbank J. and Boud F. (2003). “Ceramic tool wear when machining austempered ductile Iron” **University of Warwick**, Warwick Manufacturing Group, Department of Engineering, Coventry CV4 7AL, UK
22. Er, A. O. (2008). “İşlenmesi güç malzemelerin talaşlı üretimde kesici performanslarının araştırılması”, Doktora Tezi, **Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kırıkkale, 1-171
23. Yalçinkaya, A. A. (2009). “PVD metodunu kullanarak tornadaki takma uçlarda çeşitli kaplama kalınlıkları ve malzemeleri için takım ömür testlerini incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü**, 10-115
24. Acır, A., Karakaş S. M., Übeyli M., Asal Ö. (2006). “Metal matiksli kompozitlerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının aşınmaya etkisinin deneysel incelenmesi” **Timak-Tasarım İmalat Analiz Kongresi**, Balıkesir, 26-28 Nisan
25. Tomac, N. ve Tonnessen, K. “Machinability of particulate aluminium matrix composites”, **Annals of the CIRP**, 41 (1): 55-58
26. Parlak, Ş. (2006). “Çelik Talaşları İle Takviyeli Dökme Demir Kompozitlerinin İşlenebilirliklerin Deneysel Olarak İncelenmesi” Yüksek Lisans Tez, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 1-173

27. Franc R., Oso de A'vila, Abrao A.M., Cristina G., Dur aes de Godoy. (2006). "The Performance of TiN coated carbide tools when turning AISI 8620 steel", **Journal of Materials Processing Technology**,179: 161-164
28. Nouari M., Gehin D., Gomez S., Manaud J. P. (2005). "Wear behaviour of cemented carbide tools in dry machining of aluminium alloy", **International Journal Of Machine Tools And Manufacture**, 259: 1117-1189
29. Başaltın, M. (2010). "Zamana göre takım aşınmasının işleme sesi ile deneysel incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, 1-120, Ankara
30. Tekaüt, İ. (2008). "Takım Tezgahlarındaki Kesici Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-103
31. Balcı, B. (2008). "AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 8-72
32. Demir, H. ve Özlü, B. (2008). "Düşük soğutma hızlarında soğutulmuş 30MnVS6 mikroalaşımli çeliğin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi" **Karabük Üniversitesi, Teknoloji Dergisi**, 11(4) 297-303
33. Şeker, H. (2010). "Takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri ile tahmin edilmesi" Yüksek Lisans Tez, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 5-82
34. Özer, A., Bahçeci E. (2009). "AISI 410 Martensitik Paslanmaz Çeliklerin Kesici Takım Ve Kaplamasına Bağlı İşlenebilirliği" **Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 24 (4): 693-698
35. Gökkaya, H., Sur G., Dilipak H. (2004). "PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi", **Teknoloji Dergisi**, 7(3):473-478
36. Motorcu, A. R., Şahin, Y. (2004). "AISI 4140 Çeliğinin Farklı Kaplamalı Karbür Ve Sermet Kesici Takımlarla İşlenebilirliği", **On Birinci Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi**, Antalya, Türkiye, 13 - 15 Ekim, 1-13
37. Abukhshim, N.A., Mativenga, P.T., Sheikh, M.A. (2005). "Investigation Of Heat Partition In High Speed Turning Of High Strength Alloy Steel", **Internationa Journal of Machine Tools and Manufacture**, December, 45(15) : 1687-1695
38. Dhar, N. R., Paul, S., Chattopadhyay, A. B. (2002). "Machining Of AISI 4140 Steel Under Cryogenic Cooling—Tool Wear, Surface Roughness And Dimensional Deviation", **Journal of Materials Processing Technology**, May, 123 (3) : 483- 489
39. Harju, E., Korhonen, A. S., Jiang, L., Ristolainen, E. (1996). "Effect Of Work Material Composition On The Wear Life Of TiN-Coated Tools", **Surface and Coatings Technology**, November, 85(3) : 189-203

40. Harju, E., Kivivuori, S., Korhonen, A. S. (1999). "Formation Of A Wear Resistant Non-Metallic Protective Layer On PVD-Coated Cutting And Forming Tools", **Surface and Coatings Technology**, February, 112 (1-3) : 98-102
41. Boehnke, K., Engineer, S., Fleischer, H. J., Schueler, V. (1984). "Effect Of Sulfur, Sulfur With Tellurium As Well As Sulfur With Calcium On Machinability And Mechanical Properties Of Some Stainless Steels With Different Microstructures", **Thyssen Edelstahl Technische Berichte**, December, 10(2) :158-173
42. Kankaanpaa, H., Pontinen, H., Korhonen, A. S. (1987). "Machinability Of Calcium-Treated Steels Using TiN-Coated High-Speed Steel Tools", **Materials Science and Technology**, Feb, 3 (2) : 155-158
43. Kılıçlı, V., Motorcu, A. R., Erdoğan M., Şahin, Y. (2004). "Farklı Mikroyapılara Sahip AISI 4140 Çeliğinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Ve Talaş Atılabilirliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi", **On Birinci Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi**, Antalya, Türkiye, 13 - 15 Ekim, 1-15
44. Özdemir, U., Erten, M. (2003). "Talaşlı imalat sırasında kesici takımda meydana gelen hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri", **Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi**, 1(1): 37-38
45. Özçatalbaş, Y. (1996). "1050,4140,8620 Çeliklerinin ısıtılma işlemle değişen mikroyapı ve mekanik özelliklerine bağlı işlenebilirlikleri", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 25-40
46. Çiftçi, İ. (2011). "İmalat yöntemleri", **Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi**, Lisansüstü Ders Notları, Karabük, 1-47
47. Çiftçi, İ. (2011). "Kesici takımlar ve kesme teorisi, ders notları", Z.K.Ü. **Karabük Teknik Eğitim Fakültesi**, Karabük, 30
48. Özçatalbaş, Y., Ercan, F. ve Türker, M. (1997). "Ç1050 çeliğinde mikroyapı ve mekanik özelliklerin talaş morfolojisi ile işleme özelliklerine etkisi" **9. Uluslar Arası Metalürji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı**, İstanbul, 319-324
49. İnternet: **İnönü Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü** "Üretim yöntemleri" <http://iys.inonu.edu.tr/webpanel/dosyalar/170/file/torna.pdf> (2013).
50. Trent, E.M. (1989). "Metal cutting", **Butterworths Press**, London, 1-171
51. Demirok, S. (2008). "Çeliklerin farklı sertlik oranlarında işlenebilirliklerinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gebze , 25-50
52. Uzun, G. (2008). "Farklı ısıtılma işlemlerin Ç 5140 çeliğin işlenebilirliğine etkisinin incelenmesi", Bilim Uzmanlığı Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük , 10-50
53. Sandvik Coromant. (1994). "Modern metal cutting-a practical handbook, English Edition", **Sandvik Coromant**, Sweden, 1-3: 20-100

54. Şeker, U. (1997). "Takım tasarımı ders notları", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 59-102
55. Özay, Ç. (2009). "Teğetsel tornalama-frezeleme yönteminde işleme parametrelerinin teorik ve deneysel olarak araştırılması" Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 8-27
56. Taylan, M. (2011). "Sertleştirilmiş takım çeliklerinin delinmesinde kesme parametrelerinin takım aşınması ve talaş oluşumuna etkisinin deneysel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 7-8
57. Sur, G. (2008). "Karma takviyeli alüminyum matriskli kompozitlerin üretimi, mekanik özellikler ve işlenebilirliklerin incelenmesi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 106-108
58. Şirin, Ş. (2012). "Al₂O₃ Seramik malzemenin talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirilmesinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 21-30
59. Özdemir, Ö., İpek, M., Zeytin S. (2000). "Kesici takım malzemeleri" *MMO Mühendis ve Makine*, 41(487): 2-9
60. Pul, M. (2010). "Al matrisli MgO takviyeli kompozitlerin infiltrasyon yöntemi ile üretilmesi ve işlenebilirliğinin değerlendirilmesi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 90-95
61. Gündoğdu, H.E. (2006). "Kesme sıvılı ve kuru talaşlı işlemenin iş parçası ve kesici takım üzerindeki etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 6-9
62. Sandvik Coromant "Teknik kılavuz", (2010).
63. Şenkal, D. (2012). "Yüzeyi sertleştirilmiş soğuk iş kalıp çeliklerinin tornalanması işlemlerinde takım ömrü-kesme parametreleri ilişkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 27-30
64. Yazman, Ş. (2006). "Östemperlenmiş ferritik küresel grafitli dökme demirlerde kesme parametrelerinin işlemeye etkilerinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 24-34
65. Taylan, F. (2009). "Sert malzemelerin frezelenmesinde takım aşınma davranışlarının belirlenmesi", Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 48-56
66. Özses, B. (2002). "Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 6-25
67. Shaw, M.C. (1985). "Metal cutting principles", *Oxford University Press*, London, 210- 265

68. Bayrak, M. (2002). “Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-35
69. Gadelmavla, E, S., and Koura, M, M. (2002). “Roughness parameter”, **Journal Of Material Processing Technology**, 123: 133-145
70. Malzeme özellikleri, **RAMATEKS Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş.**, İstanbul, (2010).
71. **Korloy** Katalog no:142
72. **Korloy** Katalog no:165
73. Tekaslan, Ö.,Gerger N. ve Şeker U. (2008). “CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti” **Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 16, Kütahya
74. Çaydaş, U., Haşçalık, A. (2005). “CNC tornalamada işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, **TEKNOLOJİ**, 8, (2):167-172

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAYEL, Burhan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 28.02.1986, Adana
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (506) 782 84 70
 Faks :
 e-mail : burhankarayel@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /F.B.M.E.	2015
Lisans	Dumlupınar Üniversitesi/ T.E.F.	2009
Lise	Yeşilevler Teknik Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-2011	Toki Şehit Fikret Yükselen İ.Ö.O.	Teknoloji Tasarım Öğretmeni
2011-2013	Şarkışla M.T.A.L.	Makine Öğretmeni
2013-Halen	Çayırhan Turgay Ciner M.T.A.L.	Makine Öğretmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Karayel B., M Nalbant. “Ç4140 Malzemesinin Tornalanmasında İlerleme, Kesme Hızı ve Kesici Takımın Yüzey Pürüzlülüğü, Takım Ömrü ve Aşınmaya Etkileri” **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (MTED)**, 11-3, 33-43, (2014).

Hobiler

Yüzme, gezme, futbol, balık tutma, film seyretme, bilişim teknolojileri.



GAZİ GELECEKTİR..