

**Ti-6Al-4V ALAŞIMININ İŞLENMESİNDE
KRIYOJENİK SOĞUTMANIN YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Nilay ASLAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2012

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tİ-6AL-4V ALAŞIMININ İŞLENMESİNDE KRİYOJENİK SOĞUTMANIN
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Nilay ASLAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2012

TEZ ONAY SAYFASI

Nilay ASLAN tarafından hazırlanan “Ti-6Al-4V Alaşımının İşlenmesinde Kriyojenik Soğutmanın Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin Araştırılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca/...../..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

İMZA

Danışman : Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ
AKÜ, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği

Başkan : Doç. Dr. Bekir YALÇIN
SDÜ, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği

Üye : Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ
AKÜ, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği

Üye : Yrd. Doç. Dr. İsmail UCUN
AKÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Mühendisliği

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Tİ-6AL-4V ALAŞIMININ İŞLENMESİNDE KRİYOJENİK SOĞUTMANIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Nilay ASLAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Talaşlı imalat, üretim teknolojisinde çok sık kullanılan bir yöntem olup, imalat sırasında neredeyse tüm mekanik parçalara uygulanmaktadır. Söz konusu imalat yönteminde dikkat edilmesi gereken en önemli etken, üretimin en düşük maliyet ile istenilen kalite de ve standartlara uygun olarak gerçekleştirilmesidir.

Bu çalışmada, kesme parametrelerinin kuru kesme, bor yağı ile kesme ve kriyojenik kesme gibi farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve talaş yapısı üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda bor yağı ile kesmenin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerinde olumlu etki ettiği görülmektedir. Bunun nedeni bor yağının soğutma yapmasının yanında yağlayıcı özelliği olmasıdır.

2012, xiii + 83 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Tornalama, Kriyojenik Soğutma, Yüzey Pürüzlülüğü, Takım Aşınması

ABSTRACT
M.Sc Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CRYOGENIC COOLING ON SURFACE
ROUGHNESS IN MACHINING OF Ti-6Al-4V ALLOY

Nilay ASLAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Machining is a widely used method in manufacturing technologies and it is mostly applied to all mechanic parts. The most important point about the mentioned machining method is to verify the production with the desired quality and appropriate standards by obtaining lowest costs.

In this study, cutting parameters such as dry cutting, boron oil cutting and cryogenic cutting how effects surface roughness, cutting wear and chip formation investi gated experimentally. Experiments showed that boron oil cutting inflnenced surface roughness and cutting wear possitively. Also boron oil behaves as a lubricant on cutting surface.

2012, xiii + 83 Pages

Key Words: Turning, Cryogenic Cooling, Surface Roughness, Tool Wear

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Grv. İrfan UCUN'na, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Nilay ASLAN

AFYONKARAHİSAR, 2012

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	3
2.1 Titanyum ve Alaşımları	13
2.1.1 Ticari Safılıkta Titanyum.....	15
2.1.2 Alfa Titanyum Alaşımları.....	15
2.1.3 Beta Titanyum Alaşımları	16
2.1.4 Alfa-Beta Titanyum Alaşımları.....	16
2.2 Titanyum ve Alaşımı Malzemelerin İşlenebilirliği	16
2.3 Talaşlı İmalat ve Talaş Oluşumu.....	17
2.4 Talaş Tipleri	20
2.5 Kesme Kuvvetleri.....	21
2.6 Yüzey Pürüzlülüğü.....	24
2.6.1 İdeal Yüzey Pürüzlülüğü.....	25
2.6.2 Tabii Yüzey Pürüzlülüğü	25
2.6.3 Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü	26
2.6.4 Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler.....	26
2.6.5 Kesme Parametrelerinin Etkisi.....	27
2.6.6 Kesici Takım Aşınmasının Etkisi.....	27
2.6.7 Kesme Kuvvetlerinin Etkisi	27
2.6.8 İlerleme ve Köşe Radüsünün Etkisi	28
2.7 Takım Aşınması	29
2.7.1 Aşınma Tipleri.....	30
2.7.2 Serbest Yüzey Aşınması.....	30
2.7.3 Krater Aşınması	31
2.7.4 Çentik Aşınması	32

2.7.5 Isıl ve Mekanik Çatlaklar	33
2.7.6 Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)	33
2.7.7 Plastik Deformasyon	34
2.7.8 Takım Kırılması	35
2.8 Aşınma Mekanizmaları	35
2.8.1 Adhezyon(yapışma) Aşınması	36
2.8.2 Abrasyon(sürtünme) Aşınması.....	36
2.8.3 Difizyon Aşınması.....	37
2.8.4 Oksidasyon Aşınması.....	38
2.8.5 Yorulma.....	38
3. MATERYAL METOD	39
3.1 Deneysel Çalışmalar.....	39
3.1.1 Kesici Takım ve Kesme Parametreleri.....	39
3.1.2 Bor Yağı.....	41
3.1.3 Sıvı Azot.....	42
3.1.4 Deney Düzeneği	42
3.1.5 Yüzey Pürüzlülüğü.....	44
3.1.6 SEM Analizi.....	45
4. BULGULAR	46
4.1 Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi.....	46
4.1.1 Kesme Hızının Etkisi.....	46
4.1.2 İlerlemenin Etkisi	56
4.2 Kesme Parametrelerinin Takım Aşınması Üzerindeki Etkisi.....	65
4.3 Kesme Parametrelerinin Talaş Yapısı Üzerindeki Etkisi	73
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	76
5.1 Sonuçlar	76
5.2 Öneriler.....	78
6. KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	83

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

V	Kesme hızı
a	Talaş derinliği
f	İlerleme
r	Takım burun(uç) yarıçapı
VB	Yan yüzey(yanak) aşınması
Ra	Ortalama pürüzlülük değeri
Ft	Esas kesme kuvveti
Fr	Pasif kuvvet
Ns	Normal sürtünme kuvveti
Fs	Teğetsel sürtünme kuvveti
Nc	Normal kayma kuvveti
R	Bileşke kuvvet
α	Talaş açısı
ϕ	Kayma açısı
μ	Sürtünme katsayısı
γ	Boşluk açısı

Kısaltmalar

s	Saniye
dk	Dakika
mm	Milimetre
m	Metre
dev	Devir
SEM	Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)
BUE	Built-Up-Edge (Talaş Yığılması)
Ra	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü
μm	Mikron

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 $f_z=0.175$ mm/diş, $paso=1.75$ mm ve $VB_{max}=0.7$ mm koşullarında takım ömrü kesme hızı grafiği (Dhar et al. 2007).....	4
Şekil 2.2 Kesme hızının, takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın kesme hızıyla değişimi (Dhar et al. 2007).....	5
Şekil 2.3 Serbest kenar aşınması 0.3 mm değerine ulaştığındaki kaldırılan talaş hacmi ($V_c = 350$ m/dak ve $f = 0.4$ mm/devir) (Diniz and Oliveria 2004).	6
Şekil 2.4 Birincil kesme kenarında ortalama serbest yüzey aşınmasının zamanla gelişimi (Dhar et al. 2007)..	8
Şekil 2.5 İkincil kesme kenarında ortalama serbest yüzey aşınmasının zamanla gelişimi (Dhar et al. 2007)..	9
Şekil 2.6 Ortalama yüzey pürüzlülüğünün zamanla gelişimi (Dhar et al. 2007)..	9
Şekil 2.7 0 °C altı soğutmada kullanılan takımın gösterimi (Dhar et al. 2007).....	10
Şekil 2.8 0 °C altı soğutma ile farklı kesme hızlarında takım ömrü ($f=0.1$ mm/dev) (Vishal et al. 2008).....	11
Şekil 2.9 Talaş oluşumu	19
Şekil 2.10 Talaş oluşumu ve deformasyon bölgeleri	20
Şekil 2.11 a) Sürekli talaş, b) Süreksiz talaş, c) Dilimli talaş, d) Yığıntı talaş	20
Şekil 2.12 Tornalama işleminde kesme kuvvetleri	22
Şekil 2.13 Ortogonal kesme modelinde kesme kuvvetleri bileşenleri (Şahin 2003).....	22
Şekil 2.14 Takım/talaş ara yüzünde meydana gelen sürtünme düzlemi.....	23
Şekil 2.15 Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi	26
Şekil 2.16 İlerleme ve köşe radyüsünün yüzey kalitesi üzerindeki etkileri	28

Şekil 2.17 Serbest yüzey aşınması	31
Şekil 2.18 Krater aşınması.	32
Şekil 2.19 Çentik aşınması	33
Şekil 2.20 Isıl ve mekanik özellikler	33
Şekil 2.21 Ağız birikimi oluşumu.	34
Şekil 2.22 Plastik deformasyon	34
Şekil 2.23 Takım kırılması	35
Şekil 2.24 Adhezyon aşınmasının meydana gelişi.	36
Şekil 2.25 Sürtünme aşınması mekanizması.	37
Şekil 2.26 Difüzyon.....	38
Şekil 3.1 İş parçasının teknik resmi ve işleme şekli.....	39
Şekil 3.2 Deneylerde kullanılan kesici takım.....	40
Şekil 3.3 Deneylerde kullanılan takım tutucu.	40
Şekil 3.4. Sıvı azotun depolandığı ve kesme esnasında kullanılan mini tank.....	42
Şekil 3.5 Deney düzeneğinin şematik gösterimi	43
Şekil 3.6 Kriyojenik soğutma için kullanılan deney düzeneği.....	43
Şekil 3.7 Deneylerde kullanılan yüzey pürüzlülük cihazı ve ölçüm şekli.....	44
Şekil 3.8 SEM (Scannig Electron Microscope) Cihazı	45
Şekil 4.1 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kuru Kesme, $V=200$ m/dk)	47
Şekil 4.2 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kuru Kesme, $V=150$ m/dk)	48

Şekil 4.3 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Kuru Kesme, $V=100$ m/dk)	48
Şekil 4.4 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Kuru Kesme, $V=75$ m/dk)	49
Şekil 4.5 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Bor Yağı ile Kesme, $V=200$ m/dk)	50
Şekil 4.6 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Bor Yağı ile Kesme, $V=150$ m/dk)	51
Şekil 4.7 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Bor Yağı ile Kesme, $V=100$ m/dk)	51
Şekil 4.8 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Bor Yağı ile Kesme, $V=200$ m/dk)	52
Şekil 4.9 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Kriyojenik Kesme Şartlarında, $V=200$ m/dk)	53
Şekil 4.10 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Kriyojenik Kesme Şartlarında, $V=150$ m/dk)	54
Şekil 4.11 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Kriyojenik Kesme Şartlarında, $V=100$ m/dk)	55
Şekil 4.12 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı	
değişimi (Kriyojenik Kesme Şartlarında, $V=75$ m/dk)	55
Şekil 4.13 Kesme kesme neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünün kesme	
hızıyla değişimi (Kuru kesme)	57

Şekil 4.14 Bor yağı ile kesme neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünün kesme hızıyla değişimi (Bor yağı ile kesme)	59
Şekil 4.15 Kriyojenik kesme neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünün kesme hızıyla değişimi (Kriyojenik kesme).....	60
Şekil 4.16 Başlangıç kesme neticesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (kuru kesme).....	62
Şekil 4.17 Başlangıç kesme neticesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (bor yağı ile kesme)	62
Şekil 4.18 Başlangıç kesme neticesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (kriyojenik kesme).....	63
Şekil 4.19 Kesme hızının farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğüne etkisi ($f=0,05$ sabit)	64
Şekil 4.20 Kesme hızının farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğüne etkisi ($f=0,08$ sabit)	64
Şekil 4.21 Kesme hızının farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğüne etkisi ($f=0,11$ sabit)	65
Şekil 4.22 Kuru Kesme Şartlarında Kesici Uçlar Üzerindeki Aşınmalar	68
Şekil 4.23 Bor Yağı ile Kesme Şartlarında Kesici Uçlar Üzerindeki Aşınmalar.....	70
Şekil 4.24 Kriyojenik Kesme Şartlarında Kesici Uçlar Üzerindeki Aşınmalar	71
Şekil 4.25 Farklı Kesme Şartlarında Takım Aşınmalarının Karşılaştırılması.....	72
Şekil 4.26 Kesme Hızının ve İlerlemenin Talaş Yapısı Üzerindeki Etkisi (Kuru Kesme).....	75
Şekil 4.27 Kesme Hızının ve İlerlemenin Talaş Yapısı Üzerindeki Etkisi (Bor Yağı ile Kesme)	71

Şekil 4.28 Kesme Hızının ve İlerlemenin Talaş Yapısı Üzerindeki Etkisi (Kriyojenik Kesme).....	75
--	----

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Ti-6Al-4V alaşımlarının Kimyasal Bileşimi	39
Çizelge 3.2 Kesici takım tutucu ve geometrik boyutları	41
Çizelge 3.3 Kesme parametreleri	41
Çizelge 3.4 Yüzey pürüzlülük cihazı teknik özellikleri	44

1. GİRİŞ

Talaşlı imalatta yaklaşık 200 yıldan beri kullanılan kesme sıvıları ilk dönemlerde takım soğutmak ve yağlamak için fırçayla uygulanan basit yağlardan ibaretti. Yağlayıcıyı artırmak için bazen hayvansal yağlar da katılmaktaydı. 20. Yüzyılın başlarında F.W. Taylor takım çelikleriyle yaptığı çalışmalarda az miktarda su kullanmanın takım ömrünü artırdığı sonucuna vardı. Daha sonra metal kesme tekniklerinin, makine tasarımlarının ve kesici takım malzemelerinin gelişimine paralel olarak kesme sıvısı formülasyonu da daha karmaşık hale gelmeye başladı (Aronson 1994).

Günümüzde kesme sıvıları talaşlı imalat endüstrisindeki performans gereksinimlerini karşılamak için özel olarak oluşturulmuş yağ, su ve kimyasal katkıların karışımları haline gelmiştir. Kesme sıvıları genel olarak kesme yağları ve su bazlı kesme sıvıları olarak iki gruba ayrılabilir. Uygulamaların yüzde 80 ile 90'ında kullanılan su bazlı kesme sıvılarını ise suda çözünen yağ esaslı kesme sıvısı, sentetik ve yarı sentetik kesme sıvıları oluşturur (Sales et al. 2001).

Kesme sıvıları atölyelerde kesme takımlarının ömrünü artırmak ve işlevini geliştirmek için kullanılmaktadır. Ayrıca verimliliğin ve parça kalitesinin artmasında da çok önemli bir etkidir. Talaşlı imalatta yüksek verimliliğe olan talepteki artışla birlikte yüksek kesme ve ilerleme hızlarına ihtiyaç duyulmuştur. Doğal olarak yüksek kesme sıcaklıkları ortaya çıkmakta ve bu da takım ömrünü azaltmakla kalmayıp parça kalitesini de düşürmektedir. Kesme sıvılarının uygulanması yağlama, soğutma ve talaş uzaklaştırma özellikleri sayesinde talaşlı imalat işleminin performansına olumlu katkı yapar (Dhar et al. 2007).

Teknolojik gelişmelerdeki yeniliklere paralel olarak yüksek kesme hızlarına ve yüksek aşınma dirençlerine sahip kesici takımların üretilmesi, bu bağlamda işlenebilirliği zor olan malzemelerin, talaşlı imalat sektöründe daha fazla kullanılmaya başlanması, talaş kaldırma işleminde kesme parametrelerinin araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Talaş kaldırma esnasında kesici takımın kavrama açısı, talaş derinliği ve ilerleme miktarına göre talaş kesitinin sürekli değişken olması, kesintili talaş kaldırma işleminin

gerçekleşmesinden dolayı yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması değerleri farklılık arz etmektedir. Sonuç olarak günümüz teknolojisinin gelişmesiyle farklı malzemeler ortaya çıkmıştır ve bununla birlikte her malzemeye uygun kesici takım seçilmesi gerekmektedir (Akkurt 2004).

Günümüzde çok farklı alanlarda kullanılmak üzere değişik malzeme türlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Malzeme türlerinin oldukça farklılaşmasından dolayı işlenebilme problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklara göre uygun kesici takım ve soğutma sıvısı seçimi oldukça önemlidir. Bu çalışmada elde edilmesi amaçlanan sonuç; soğutma sıvısı, kesme hızı, ilerleme gibi farklı parametreler kullanılarak bunların yüzey pürüzlülüğü, aşınma ve talaş yapısına etkisinin araştırılması hedeflenmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

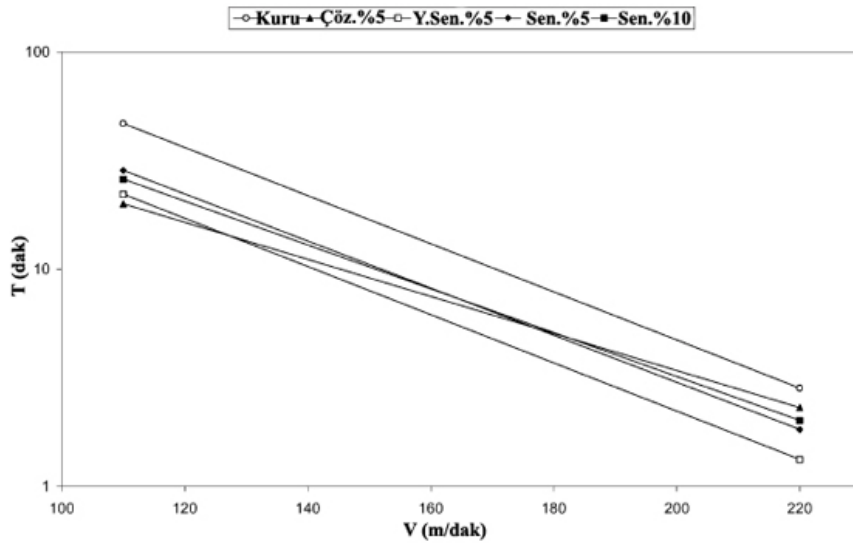
Hızla gelişen günümüz teknolojisinde talaşlı imalatta yeni sorunlar ile karşılaşmaktadır. Son yıllarda özellikle metal işleme teknolojisi oldukça önem arz etmektedir. Farklı yeni malzemelerin geliştirilmesi bunların işlenebilirliği konusunda akademik alanda çok fazla çalışılmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmalar genel olarak soğutma yöntemi, kesme parametreleri ve kesme şartları alanlarında yoğunlaşmıştır. Literatürde yer alan bazı çalışmalara ve elde edilen sonuçlarına aşağıda yer verilmiştir.

Xu ve Geng'in çalışmasında, Ti Beta 21S titanyum alaşımını farklı kesici takım ve işleme parametreleri kullanılarak frezeleme işlemindeki kesme kuvveti ve takım aşınmasını incelenmiştir. İşleme parametrelerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, titanyum alaşımlarının işlenmesinde keskin kenarlı takımların düşük parametrelerle kullanılması gerektiği ve yüksek sıcaklıklardan dolayı soğutma sıcaklığını kontrol edilmesi önerilmiştir. Takımların malzeme ve geometri özelliklerinin, kesme kuvvetleri üzerinde etkili olduğundan bahsedilmiştir (Xu and Geng,2002).

Wang ve arkadaşlarının gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, yeni takım malzemesi olan BCBN (binderless cubic boron nitride), Ti-6Al-4V titanyum alaşımının işlenmesinde kullanılmış ve kesme kuvveti, takım ömrü ve aşınma performansı incelenmiştir. Çalışmada kesme derinliği ve ilerleme hızının artışı kesme kuvvetlerinin de artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte kesme hızının artışı kesme kuvvetlerinin düşmesine neden olmuştur. Ancak kesme hızının etkisinin, ilerleme ve kesme derinliğinin etkisinden az olduğu saptanmıştır. Kesme hızının artışı ile birlikte takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın iş parçası sıcaklığını yükselterek talaş deformasyonunu kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Bu takım tipinde yüksek kesme hızında uzun takım ömrü gözükmemektedir. SEM ve EDX de tamamlanan gözlemler BCBN takımlarda iş parçasının yapışması ve sürtünmenin ana aşınma mekanizmasının oluşum nedeni olduğu belirlenmiştir (Wang et al, 2005).

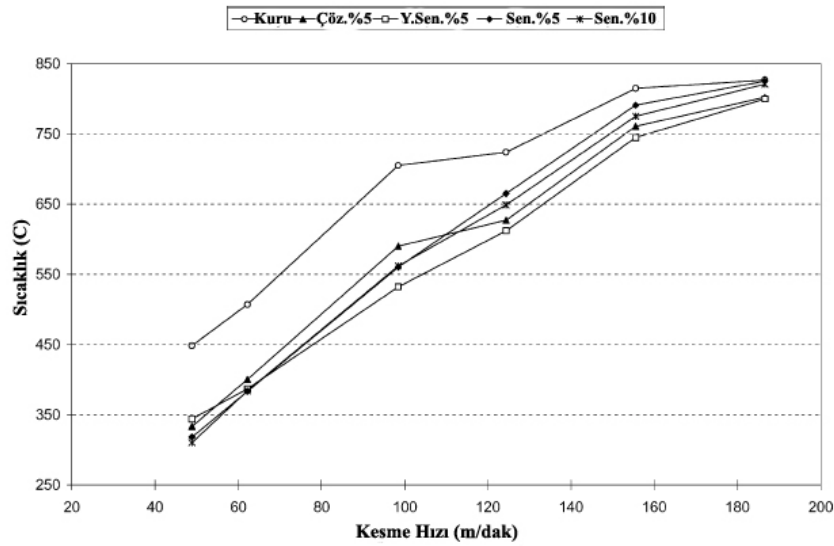
Vieira, Machado ve Ezugwu, AISI 8640 çeliğinin 3 kat kaplamalı karbür takımlarla yüzey frezelenmesinde, mineral yağ emülsiyonunun, yarı sentetik ve sentetik kesme sıvılarının performans etkisini gözlemlemek için deneyler yapmışlardır. Karşılaştırma yapmak amacıyla kuru kesme operasyonu da uygulanmıştır. Farklı kesme hızı, ilerleme ve paso derinliği değerleri kullanılarak yapılan deneyler neticesinde, kesme koşullarına bağlı olmadan, kesme sıvılı kesmedeki takım aşınmasının kuru kesme takım aşınmasına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Vieira et al. 2001).

Şekil 2.1’de Taylor denklemlerinden çıkarılan grafik bulunmaktadır. Bu grafikte; takım ömrünün kesme hızının yükselmesiyle düştüğü görülmektedir. Kuru kesme, diğer kesme şartlarına göre daha uzun takım ömrü olduğu görülmektedir. 125 m/dak kesme hızında mineral yağ emülsiyonun performansı yarı sentetik kesme sıvısını geride bırakmış, 175 m/dak hızda ise sentetik kesme sıvısını da geride bırakmış ve 220 m/dak hızda kuru kesmede elde edilen takım ömrü performansına çok yaklaşmıştır. %5 ile %10 konsantrasyondaki sentetik kesme sıvısı ile yapılan deneyler arasında takım ömrü performansı açısından önemsenmeyecek bir fark vardır. Detaylı bir analiz yapıldığında ise 150 m/dak hıza kadar %5 konsantrasyonlu sentetik kesme sıvısının %10 konsantrasyonluya göre daha iyi performans verdiği gözlenmiştir. Daha yüksek hızlarda, 150 m/dak’ın üzerine çıkıldığında bu sıralama değişir.



Şekil 2.1 $f_z=0,175$ mm/diş, $paso=1,75$ mm ve $VB_{max}=0,7$ mm koşullarında takım ömrü kesme hızı grafiği (Dhar et al. 2007)

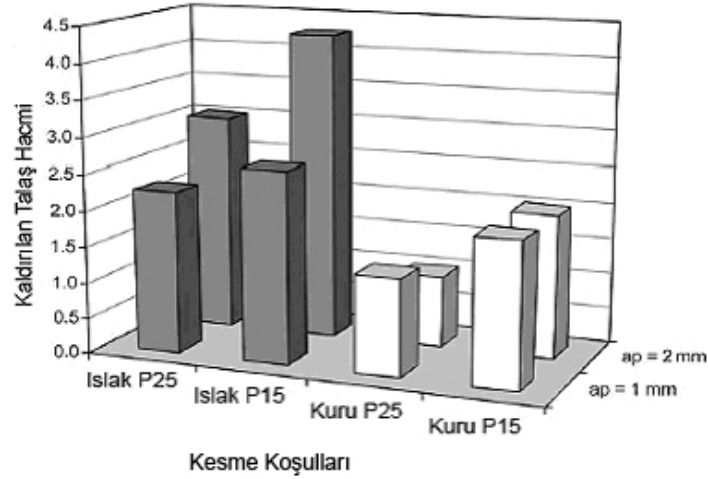
Şekil 2.2’de deneyler esnasında farklı koşullarda ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği görülmektedir. Beklendiği gibi kesme hızındaki artış, takım talaş ara yüzeyindeki sıcaklığı arttırmıştır. En yüksek sıcaklıklara kuru kesme esnasında ulaşılmıştır. Yağlama ve soğutma verimi, yüksek kesme hızlarına çıkıldığında azalma göstermiştir ve kesme hızı 186 m/dak’ya ulaştığında, ikisi de önemsiz bir hale gelmiştir. Bu esnada talaş takım kesişim yüzeyi sıcaklığı 800°C’a ulaşmıştır. Bunun sebebi yüksek kesme hızlarında ısı transferinin gerçekleşmesi için yeterli zamanın olmamasıdır. Buda kesme sıvısının soğutma görevini yerine getirmesine engel olur. En kötü işleme performansı yarı sentetik kesme sıvısında meydana gelmiştir. Bunun sebebi yarı sentetik kesme sıvısının yüksek soğutma kabiliyeti olarak gösterilebilir. İşleme esnasında talaş-takım kesişim yüzeyi sıcaklığı kesme hızının artmasıyla artar. Kesme sıvıları, kuru kesmeye göre talaş-takım ara yüzeyi sıcaklığını düşürürler. Aradaki fark yüksek kesme hızlarında azalarak 186 m/dak hızda önemsiz bir hal alır. Yüksek kesme hızlarında, 110 m/dak değeri aşıldığında, yarı sentetik kesme sıvısı işleme esnasında en iyi soğutma özelliğini gösterir. Bunu sırasıyla emülsiyon bazlı mineral yağ, %5 konsantrasyonlu ve %10 konsantrasyonlu sentetik kesme sıvıları izler.



Şekil 2.2 Kesme hızının, takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın kesme hızıyla değişmesi (Dhar et al. 2007)

Diniz ve Oliveira, ortalama sertliği 97 HRB olan 1045 çeliği üzerinde, kuru kesme ve kesme sıvısı kullanılarak yapılan işleme şartlarındaki performansı karşılaştırmış ve kesici takım malzemelerini tespit etmek için kaba tornalama deneyleri yapmışlardır.

Kesici uç olarak 3 kat kaplamalı P15 ve P25 kalitelerini, kesme sıvısı olarak da 4,3 l/dakika debide ve % 6 konsantrasyonda hazırlanmış sentetik sıvıyı kullanmışlardır. Şekil 2.3.'te görüldüğü üzere, kesme sıvısının kullanılması bütün test şartlarında daha uzun takım ömrü vermektedir. Paso derinliği $a=2$ mm ve P25 kalitesinde karbür takım ile yapılan deneylerde kesme sıvısıyla ulaşılan takım ömrünün, kuru kesmedeki takım ömrüne oranı (rfd) en yüksek değeri olan 3'e eşittir. Diğer taraftan P15 kalitesinde karbür takım kullanıldığında ve $a=1$ mm alındığında $rfd = 1,32$ 'ye gerilemiştir. P15 kalitesindeki kesici takım bütün koşullarda daha uzun takım ömrü vermiştir ve rfd'nin düşmesini sağlamıştır. Bu yüzden, kuru kesme için kesme sıvılı kesmeye nazaran takım ömründe daha fazla artış sağlar. Kuru kesme uygulandığı zaman, sıcak sertliği daha yüksek olan takım malzemesi kullanmak gerekmektedir.



Şekil 2.3 Serbest kenar aşınması 0,3 mm değerine ulaştığındaki kaldırılan talaş hacmi ($V_c = 350$ m/dak ve $f = 0,4$ mm/devir) (Diniz and Oliveria 2004)

Diniz ve ekibinin tespitine göre, paso derinliği parametresi takım ömrü üzerinde en düşük etkiye sahip parametredir. Çünkü paso derinliği büyüdükçe dakikada kaldırılan talaş miktarı ve oluşan ısı artar. Aynı zamanda kesme işlemini yapan takım kenarı da büyür. İş parçasıyla temas eden kesme kenarı büyüdüğü için, kesme kenarı sıcaklığı çok fazla artmaz. Fakat, kesme sıvısı olmadan zor işleme koşullarında, daha büyük paso miktarları verildiğinde takım ucunda oluşan ısınmada daha büyük olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Kuru kesmede paso derinliğinin artması kesici ucun sıcaklığını arttırdığı gibi, sertliğini düşürür ve abrazyon gibi aşınma mekanizmasının etkin olmasına neden olur. Eğer kesme ucunun boyutları sıcaklığı düşük tutacak şekilde

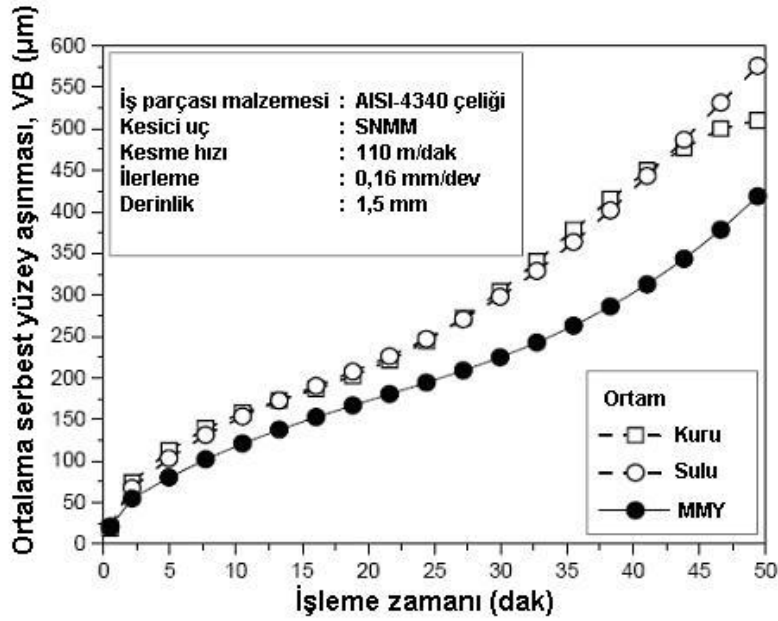
büyültülemezse, kuru kesmede paso derinliğinin arttırılması takım ömrünü düşürür. Bu yüzden kuru kesme, büyük paso derinliklerinde uygulanamaz ve yine bu yüzden kaba tormalama operasyonlarında kuru kesme uygulanması düşük paso derinlikleriyle sınırlandırılmıştır (Diniz and Oliveria 2004).

Diniz ve Micaroni, sertlikleri 55 ile 59 HRd arasında değişen 1045 çeliği iş parçaları üzerinde, ISO P15 kalitesinde 0,4mm ve 0,6mm uç radyusuna sahip 3 kat kaplamalı karbür takımlarla, sentetik kesme sıvısı (% 6 yoğunlaşma) kullanarak ve kuru kesme şartlarında tormalama deneyleri yapmışlardır. Kesme sıvısının kullanılması, kuru kesmeye göre daha uzun takım ömrü verir. Fakat ilerleme arttırıldığında ıslak ve kuru kesmedeki takım ömürleri arasındaki fark azalmaktadır. Islak kesme takım ömrü azalırken, kuru kesme takım ömrü artar. Bunun sebebi, ilerleme arttığı zaman ısı artar fakat bununla beraber takım üzerinde bu ısının dağılacağı alanda artar. Yani ilerleme büyük olduğu zaman, ısının dağılması daha kolay olur, buda kesme bölgesinde sıcaklığın yükselmesini önler. Pürüzlülük, kuru kesmenin kullanıldığı her durumda daha azdır. Kuru kesme, kesme bölgesine yakın kısımlarda iş parçası sıcaklığının artmasına sebep olur. Buda iş parçası sertliğinin azalmasına yol açar. Talaş oluşumu kolaylaşır, kesme kuvvetleri azalır ve daha iyi yüzey kalitesi elde edilir.

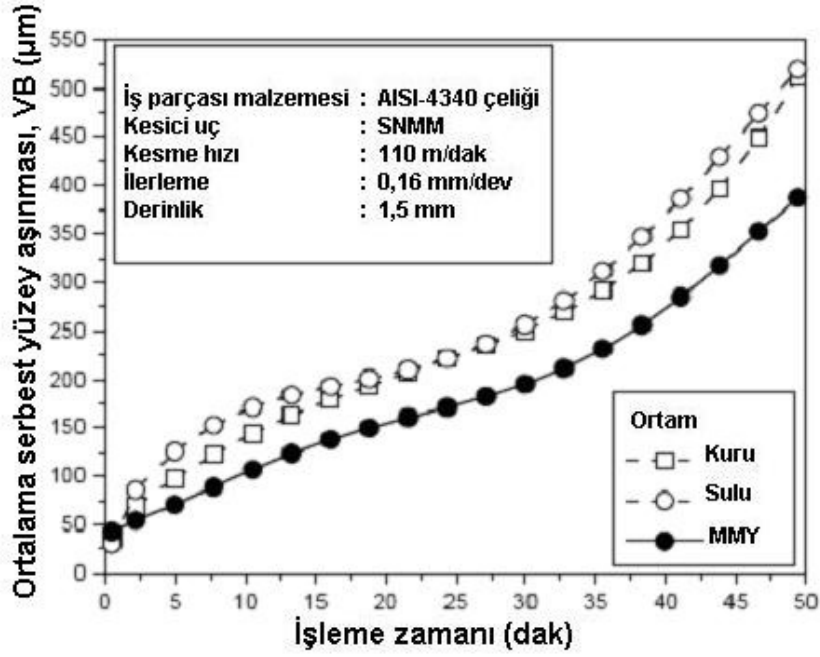
Diniz ve arkadaşları başka bir çalışmada, sertleştirilmiş AISI 52100 çeliğinin kaplanmış CBN takımla; minimum miktarda yağlama, kuru kesme ve sulu kesme şartlarında işlenmesi incelenmiştir. Kesme sıcaklıkları kuru kesmede artmaktadır ve bu artış talaşın deformasyonunu ve kaymasını kolaylaştırarak, yüksek sıcaklık dayanımı yüksek olan takımın fazla zarar görmesini engellemiştir. Minimum miktarda yağlama kullanıldığında; sıvı, sıcaklığın yükselmesine izin vermemiştir. Bu nedenle takım, talaşın ve iş parçasının yüksek sertliğinden dolayı yüksek basınçlar altında kalmıştır ve sonuç olarak takım aşınmaları ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Sulu kesmede ise en yüksek yüzey pürüzlülükleri oluşmuştur. Çünkü soğutma etkisi sayesinde sıcaklık azalarak kesme kuvvetleri ile titreşimler artmıştır (Vishal et al. 2008).

Dhar ve arkadaşları başka bir çalışmada AISI 4340 çeliğinin kaplanmamış karbür takımla işlenmesinde minimum miktarda yağlamanın takım aşınması, yüzey

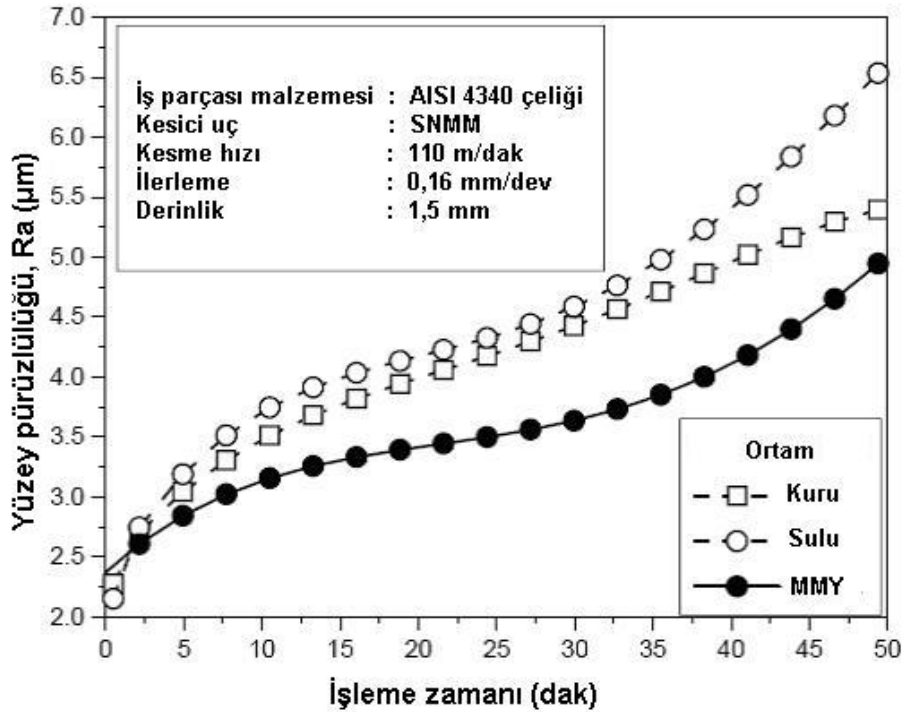
pürüzlülüğü ve boyutsal sapmalar üzerindeki rolünü deneysel olarak incelemişlerdir. Buna göre minimum miktarda yağlama ile işlemenin kesme performansı kuru kesmeye ve geleneksel kesme sıvısıyla işlemeye göre daha iyidir. Çünkü minimum miktarda yağlama, kesme sıcaklığının düşmesini sağlayarak takım-talaş ara yüzeyindeki temasını arttırmış ve kesme ağzının keskinliğini muhafaza etmesini sağlamıştır. Minimum miktarda yağlama kuru kesme ve kesme sıvısıyla kesmeye göre daha az takım aşınması (Şekil 2.4-2.5), daha uzun takım ömrü, daha iyi yüzey kalitesi (Şekil 2.6) ve boyutsal sapmalarda düşüş sağlamıştır. Bunun nedeni olarak, kesme bölgesi sıcaklığındaki düşüş neticesinde, takım-talaş ve takım-iş parçası arasındaki temas bölgesini arttırmış ve takımı kesici kenarının keskinliğini muhafaza etmesi gösterilmiştir. Minimum miktarda yağlama uygulamasıyla aşınmanın ve takım ucu hasarının azalması, yüzey kalitesini arttırmıştır. Takım aşınmasındaki bu azalma sonucunda takım ömrü uzar veya yüksek kesme hızı ve ilerlemeye olanak sağlaması bakımından üretim verimliliği artar (Dhar et al. 2007).



Şekil 2.4 Birincil kesme kenarında ortalama serbest yüzey aşınmasının zamanla gelişimi (Dhar et al. 2007)

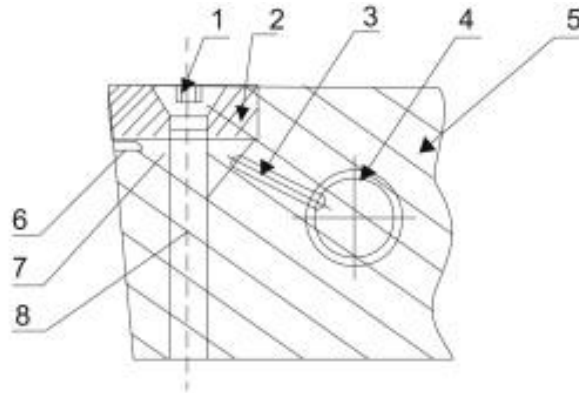


Şekil 2.5 İkincil kesme kenarında ortalama serbest yüzey aşınmasının zamanla gelişimi (Dhar et al. 2007)



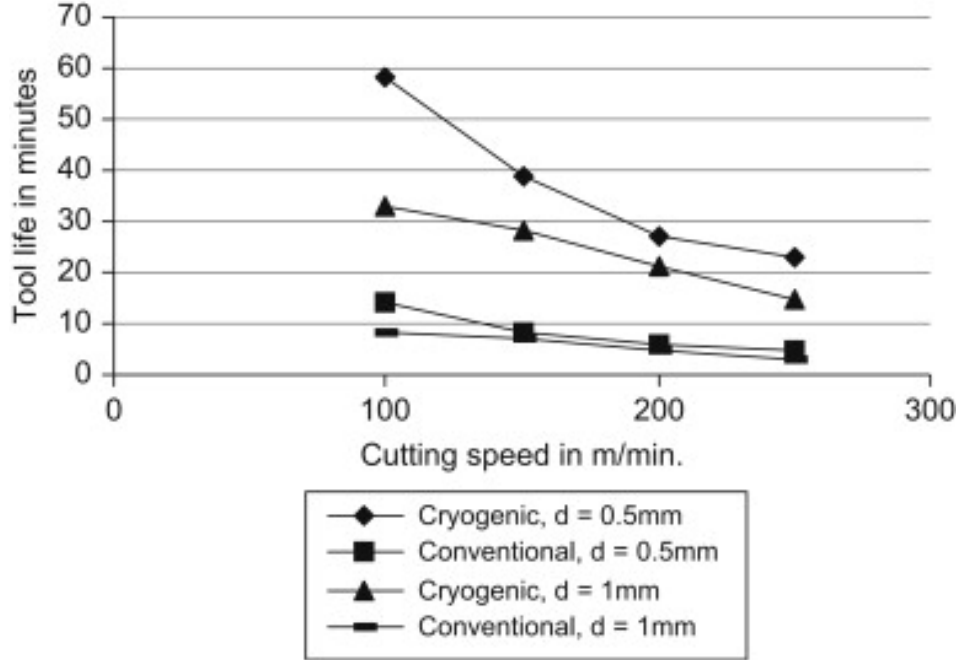
Şekil 2.6 Ortalama yüzey pürüzlülüğünün zamanla gelişimi (Dhar et al. 2007)

Yapılan çalışmada Vishal ve arkadaşları sıvı nitrojenin kullanılması için özel tasarlanmış takım tutucu Şekil 2.7’de gösterilmiştir. Kesici takım katere bağlanmadan önce nitrojen gaz haline çevriliyor ve nitrojenin, takım altındaki küçük bir deliğe doğru akışı sağlanıyor. Kaplanmış carbid takımla paslanmaz çeliğin tornalanması sırasında 100 m/dk – 300 m/dk arasında kesme hızı kullanılarak takım ömrü değişimi Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Geleneksel kesme sıvısıyla işlemede takım ömrü, kesme derinliği 0,5 mm ve kesme hızı 100 m/dk’ da 13,45 dk sürmüştür. Oysaki 0 °C altı soğutma ile kesmede aynı şartlar altında takım ömrü 57,45 dk olduğu gözlemlenmiştir. 0 °C altı soğutmanın uygulanmasıyla takım ömrü 4,27 kat artmıştır. Kaplanmamış mikro kristalli K20 tungsten takımla Ti-6Al-4V alaşım malzemenin kesme hızı 70 m/dk, ilerleme 0,2 mm/dev, kesme derinliği 2 mm şartlarında 0 °C altı soğutmayla işlenmesiyle, maksimum kenar aşınması kuru kesmeye göre 3.4 kat geleneksel kesme sıvısı uygulamasına göre 2 kat azaldığı gözlemlenmiştir. Aşınmadaki bu azalma, difüzyon ve adezyon gibi takım aşınmasını etkileyen sıcaklık oluşumlarının azalması sayesinde oluşmuştur (Vishal et al. 2008).



where (2) insert, (3) small hole passage, (4) liquid nitrogen entry point, (5) tool holder, (6) very small hole for gases nitrogen passage, (7) expanding chamber for liquid nitrogen, (8) threaded screw.

Şekil 2.7 0 °C altı soğutmada kullanılan takımın gösterimi (Vishal et al. 2008)



Şekil 2.8 0 °C altı soğutma ile farklı kesme hızlarında takım ömrü (f=0,1mm/dev)
(Vishal et al. 2008)

Su ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada, çeşitli soğutma-yağlama koşullarında takım ömrünü geliştirecek en iyi soğutma-yağlama koşulunu bulmak amaçlanmıştır. Deneysel Ti-6Al-4V iş parçasının yüksek hızda parmak frezelenmesinde, karbür kaplı takımlar kullanılarak, kuru, normal soğutma, nitrojen-yağ dumanı, basınçlı soğuk nitrojen gazı ve basınçlı soğuk nitrojen gaz –yağ dumanı koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçları, basınçlı soğuk nitrojen gaz –yağ dumanı kesme koşulunun en iyi takım ömrünü sağlayan kesme koşulu olduğunu göstermiştir. Bütün kesme koşulları altında serbest yüzey aşınmasının, en baskın takım bozukluk mekanizması olduğu gözlemlenmiştir. Soğutma-yağlama koşullarında difüzyon ve yorulmanın takımların aşınma mekanizmasının temel nedenleri olduğu söylenmiştir (Su et al. 2006).

Nalbant ve diğerleri, nikel esaslı süper alaşım Inconel 718 malzemesini, iki farklı geometride ve üç farklı malzeme kalitesinde seramik takımlar kullanılarak kuru kesme koşulunda CNC tornada işlemişlerdir. Çalışmada kesme hızı olarak 150, 200, 250 ve 300 mm/dak değerleri alınmış, kesme derinliği 2mm, ilerleme 0,20 mm/dev değerlerinde sabit tutulmuştur. Deneysel sonuçlarında, kesme takımı geometrisinin, malzeme kalitesinin ve kesme hızının kesme kuvvetleri üzerine etkisi anlaşılmasına

çalışılmıştır. Araştırma sonucunda, kesme kuvvetlerinin büyük ölçüde takım geometrisine bağlı olduğu anlaşılmıştır. Kesme hızının etkisi kuvvetler üzerinde fazla olmamakla birlikte kesme hızının artışıyla kesme kuvvetlerinde düşüş gözlenmiştir. Ayrıca yüksek kesme hızların da plastik deformasyon, serbest yüzey aşınması, çentik ve yığılma kenarı takım bozukluk durumları gözlemlenmiştir (Nalbant et al. 2006).

Wang ve arkadaşlarının gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, yeni takım malzemesi olan BCBN (binderless cubic boron nitride), Ti-6Al-4V titanyum alaşımının islenmesinde kullanılmış ve kesme kuvveti, takım ömrü ve aşınma mekanizması şartlarında titanyum alaşımı kanal frezelenildiği zaman takımın aşınma mekaniği ve performansı incelenmiştir. Çalışmada kesme derinliği ile ilerleme hızının artışı ile birlikte kesme kuvvetlerinde artış gözlemlenmiş bununla birlikte kesme hızının artışı ile birlikte ortalama sonuç kuvvetlerinde düşme gözükümüştür. Ancak kesme hızının etkisinin, ilerleme ve kesme derinliğinin etkisinden az olduğu söylenmiştir. Kesme hızının artışı ile birlikte iş parçası talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın iş parçası malzemesinin yumuşatma sıcaklığına yükseldiği belirtilmiş, bunda talaş deformasyonunu kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Bu takım tipinde yüksek kesme hızında uzun takım ömrü gözükmektedir. SEM ve EDX de tamamlanan gözlemler BCBN takımlarda iş parçasının yapışması ve sürtünmenin ana aşınma mekanizmasının oluşum nedeni olduğu belirlenmiştir (Wang et al. 2005).

Lopez de lacalle, J. Perez ve diğerlerinin gerçekleştirmiş olduğu araştırmada, uzay endüstrisinde sıkça kullanılan iki alaşım; nikel esaslı alaşım Inconel 718 ve Ti- 6Al-4V frezelenmesindeki mümkün olabilecek ilerleme durumları için çalışılmıştır. Bu çalışmada frezeleme işleminin verimliliğinin artışı için geometrisi ve kaplaması dikkate alınarak takımın etkisi ve işleme parametrelerinin (ilerleme ve kesme hızı, kesme derinliği) etkisi değerlendirilmiştir. Araştırmada iki alaşım üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır ve frezeleme işleminin verimliliğini artırmaya yönelik genel sonuçlar elde edilmiştir (Lopez de lacalle et al. 2000).

Nouari ve Ginting gerçekleştirmiş olduğu bu çalışmadaki deneyler, iki farklı tip karbür takım uç kullanılarak Ti-6242S titanyum alaşımının kuru kesme şartında parmak

frezelenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu uçlar kaplamasız karbür ve çok katmanlı CVD kaplı karbür takımlardır. Her iki takım için takım ana bozukluk durumu ve aşınma mekaniği çeşitli kesme koşullarında gözlemlenmiştir. Her iki takımda bölgesel serbest yüzey aşınmasının baskın olduğu bulunmuştur. Takım bozukluk durumlarından plastik deformasyon oluşumu kesici takım üzerinde belirgin bir şekilde meydana gelmiştir. Adhezyon ve difüzyon aşınmalarının, takımların aşınma mekaniğini oluşturduğundan bahsetmişlerdir. Kaplamanın tabakalar halinde dizilmesi işleme zamanının bir kaç saniyelik başlangıcından sonra başlangıç bozukluk durumunu meydana getirmiştir. Kaplamalı ve kaplamasız takımların performansları takım ömrü ve bitiş yüzeyi koşullarına göre analiz edilmiştir (Nouari and Ginting 2006).

2.1. Titanyum ve Alaşımları

Titanyum ve alaşımları, başta uçak ve uzay endüstrisinde olmak üzere, tıpta, kimyasal ünitelerde, denizcilikte ve yiyecek endüstrisinde yaygın kullanım alanı olan malzemelerdir. Titanyum esaslı ürünler, çıkarılma ve ayrıştırılma için karmaşık işlemlere ihtiyaç duyma, maden olarak yoğun bulunmama ve buna bağlı olarak da çıkarma ve ayrıştırma için gerekli olan tesislerin yatırımlarının yeterli ölçüde karşılayamama ve son olarak da üretim maliyetinin fazlalığı gibi sebeplerden kaynaklanan yüksek maliyetleri ile dikkat çekerler. Ancak yukarıda sayılan sebeplerden dolayı üretim maliyetleri yüksek olan titanyum, üstün özellikleri sayesinde cazibesini korur. Titanyumun üstün özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Çakır and Ensarioğlu 2005).

- Mükemmel düşük sıcaklık dayanımı
- Yüksek spesifik dayanımı
- Düşük özgül ağırlık
- Yüksek sıcaklık dayanımı
- Düşük ısı iletkenlik
- Düşük sıcaklık yükselişi
- Isıl büzölmelere yüksek direnç
- Mükemmel korozyon direnci

- Son derece düşük mıknatıslık
- Aşırı iletkenlik (Ti-Nb esaslı alaşımlarda görülür.),
- Hidrojen emme,
- Yüksek kimyasal reaktivite
- İyi görüntü.

Titanyum alaşımları, kimyasal reaktifliklerinin yüksek olması nedeniyle kesici takıma kaynak olma eğilimlerinin fazla olması, ısıl iletkenliklerinin düşük olması nedeniyle takım-talaş ara yüzeyindeki temas alanında sıcaklığın yükselmesine sebep olmaları ve mukavemetlerini yüksek sıcaklıklarda korumaları nedeniyle işlenebilirlikleri zor olan malzemeler grubuna girmektedir (Wang et al. 2004).

Titanyum; mükemmel korozyon direnci, iyi yüksek sıcaklık özellikleri ve yüksek dayanım-ağırlık oranı ile nispeten hafif bir metaldir. Titanyumun yoğunluğu 4,43 g/cm³'dir. Titanyumun yoğunluk değeri yaklaşık olarak demirin yoğunluğunun yarısıdır. Isıl iletkenliği 7.1 W/m °K'dır ve bu değer demirinkinin yaklaşık beste birine eşittir. Ergime sıcaklığı ise demirinkinden yaklaşık 130 °C'e yüksek olup 1670 °C' dir (Lacalle et al. 1998). Titanyumun 4,505 Mg m⁻³ yoğunlukta 1380 MPa kadar olan dayanımı, tasarımlarda ağırlığın önemli olduğu medikal, dental, uzay ve uçak sanayi alanlarındaki uygulamalarda mükemmel mekanik özellikler sağlar. Titanyum malzemelerinin, yapışkan koruyucu TiO₂ filmi 535 °C'nin altında ki sıcaklıklarda korozyona karşı mükemmel direnç ve birikinti sağlar. Ancak, yapışkan koruyucu TiO₂ filmi 535 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kırılır ve karbon, oksijen, azot ve hidrojen gibi küçük atomlar titanyumu kırılanaştırır (Askeland 1998). Ayrıca ısının yükseldiği ve oksijence zengin bir ortamda titanyum talaşlarının kolayca tutuşabileceği ve iş parçasının neredeyse tüm takım malzemeleri ile reaksiyona girerek kimyasal tabanlı aşınmalara yol açabileceği söylenebilir (Çakır and Ensarioğlu 2005).

Titanyum düşük sıcaklıklarda Hegzagonal sıkı paket (HSP) yapılı α ve 822 °C üzerinde Hacim merkezli kübik (HMK) yapılı β allotropik bir metaldir (Ezugwu et al. 2003). Alaşım elementleri katı eriyik mukavemetlenmesi sağlar ve allotropik dönüşüm

sıcaklığı değişir. Alaşım elementleri titanyum - kalay, titanyum -alüminyum, titanyum mangan ve titanyum-molibden olarak dört gruba ayrılabilir (Ezugwu et al. 2002).

Kalay gibi ilaveler, dönüşüm sıcaklığını etkilemeksizin katı eriyik mukavemetlenmesi sağlar. Alüminyum, oksijen, hidrojen ve diğer alfa dengeleyici (kararlaştırıcı) elementler α 'dan β 'ya dönüştüğü sıcaklığı yükseltir. Vanadyum, tantalyum, molibden ve niobyum gibi β dengeleyici elementler, dönüşüm sıcaklığını düşürür ve hatta β 'nın oda sıcaklığında dengeli kalmasına neden olur. Son olarak mangan, krom ve demir ötektoid reaksiyon sağlar, α - β dönüşüm sıcaklığını düşürür ve oda sıcaklığında iki faz oluşturur. Saf titanyum, büyük oranda kullanıldığı çevrelerin gözüyle bakılırsa, çok değerli bir malzeme değildir. Tercih edilmesini sağlayan asıl özelliklerini düşük oranlarda eklenen alaşım elemanları ile kazanır (Askeland 1998). Titanyum alaşımları için alaşım durumuna göre bir sınıflandırma, aşağıdaki gibi yapılabilir.

2.1.1 Ticari Saflıkta Titanyum

Alaşımlandırılmamış titanyumun kullanım nedeni üstün korozyon direncine sahip olmasıdır. Ticari saflıktaki titanyum nispeten zayıftır ve yüksek sıcaklıklarda dayanımını kaybeder. Fakat çok iyi korozyon direncine sahiptir. Bu sınıftaki alaşımlar çok düşük sıcaklık uygulamaları içinde gereklidir. Uygulamaları; ısı esanjörleri, boru donanımları, reaktörler, pompalar ile kimya ve petrol endüstrileri için valfleri içerir (Ezugwu et al. 2002).

2.1.2 Alfa Titanyum Alaşımları

Çok bilinen α alaşımlarının hepsi % 5 Al ve % 2,5 Sn içerir. Bunların her ikisi de α 'ya katı eriyik mukavemetleşmesi sağlar. Bu alaşımlar yüksek sıcaklıklarda dayanımlarını iyi korurken, korozyon ve oksidasyon dirençlerine ek olarak kaynaklanabilirlikleri iyidir. Bu alaşımlar çoğunlukla 400 ve 500 °C arasındaki işletme sıcaklıklarında kullanılırlar (Ezugwu et al 2002). Normal olarak iyi süneklik ve şekillendirilebilirliğe sahiptirlerdir. Alfa alaşımları, β bölgesindeki yüksek sıcaklıklarda tavlanırlar ve sonra

soğutulurlar. Hızlı soğutma, çok ince iğnesel şekilli α tane yapısı sağlar. Fırında soğutma ise daha çok levha şeklinde yapı oluşturur (Bargel and Schulze 1980).

2.1.3 Beta Titanyum Alaşımları

Vanadyum ve molibdenin büyük miktarda ilavesi oda sıcaklığında tamamen bir yapısı β üretmekle beraber β olarak adlandırılan alaşımların hiçbiri gerçekten bu miktarlarda alaşımlanmazlar. Bunu yerine bu alaşımlar β dengeleyicilerle zengindirler. Bu nedenle de hızlı soğutma, hepsi β 'dan oluşan dengesiz faz oluşturur. Dayanım katı eriyik mukavemetleşmesinden kaynaklanır. Alaşımları yüksek dayanım sağlamak için yaslandırılabilir. Yüksek sertlikleri, mukavemetleri, soğuk şekil verilebilirlikleri ve yüksek korozyon dirençleri genel özellikleridir (Ezugwu et al, 2002). Uygulamaları yüksek dayanımlı bağlama elemanlarını, kırımları ve uzay uygulamalarında bağlantıları içerir (Bargel and Schulze 1980).

2.1.4 Alfa - Beta Titanyum Alaşımları

α ve β dengeleyicilerin uygun dengesi ile oda sıcaklığında α ve β 'nin bir karışımı üretilir. Tavlama, yüksek süneklik, üniform özellikler ve iyi dayanım kombinasyonu oluşturur. Daha fazla alaşımlanmış α - β alaşımları yüksek dayanımlar elde etmek için ısı işlem görebilir. Alaşıma, β 'ya dönüşüm sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta çözündürme uygulanabilir. Daha sonra alaşım dengesiz aşırı doymuş bir katı eriyik β ' veya titanyum martensit α' oluşturmak için hızla soğutulur. Sonra alaşım 500 °C'ye yakın sıcaklıklarda yaslandırılır veya temperlenir. Düşük yoğunluklu bu malzemeler, mukavemet ve korozyona dayanıklılık özelliklerini yüksek sıcaklıklara kadar korurlar. Uçak iskeleti, roketler, jet motorları ve iniş takım dişlileri için parçalar, ısı işlem görmüş alfa-beta alaşımları için tipik uygulamalardır (Bargel and Schulze 1980).

2.2 Titanyum ve Alaşımı Malzemelerinin İşlenebilirliği

Günümüzde çok farklı malzeme türleri endüstrinin her alanında kullanılmaktadır. Bu malzemeleri endüstride kullanıma hazır hale getirmek için talaşlı imalat en çok

kullanılan bir şekillendirme yöntemidir. Talaşlı imalatta birim zamandaki üretim miktarı ve üretim maliyeti çok önemlidir. Ayrıca malzeme yüzey kalitesinin yüksek ve hassas olması istenir. İşlenen malzemenin yüzey kalitesini etkileyen çok değişik faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler imalatta kullanılan kesme parametreleri olduğu gibi, kesici takım ve malzeme türüne de bağlı olmaktadır.

Talaşlı imalat endüstrisinde çözülmeye çalışılan başlıca problemlerden biriside “işlenebilirlik” tir. Her iyi imalatçı üretmek istediği ürünü nasıl daha hızlı, daha ucuz ve daha kaliteli üretebilir sorularına cevap aramaya çalışır.

“İşlenebilirlik bir malzemenin talaş kaldırma işlemini etkileyen özelliklerin tamamı veya talaş kaldırma yöntemleri ile üretimin kolaylığı veya zorluğudur” (Özçatalbaş 1993).

“İşlenebilirlik çoğunlukla malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerine de bağlıdır. İşlenebilirlik, bir malzemenin istenen yüzey formu ve toleransına getirilmesi için takım ve işleme parametreleriyle bağlantılı olarak, nasıl kolayca kesilebileceğidir. En geniş anlamda işlenebilirlik aşağıdaki kriterlere göre tanımlanır (Ezugwu, 2005).

1. Talaş oluşumu
2. Kesme kuvvetleri
3. Takım ömrü (veya takım aşınması)
4. Yüzey kalitesi
5. Kaldırılan talaş miktarı
6. Yığıntı talaş eğilimi

2.3 Talaşlı İmalat ve Talaş oluşumu

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 şeklinde 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 (Çiftçi 2007).

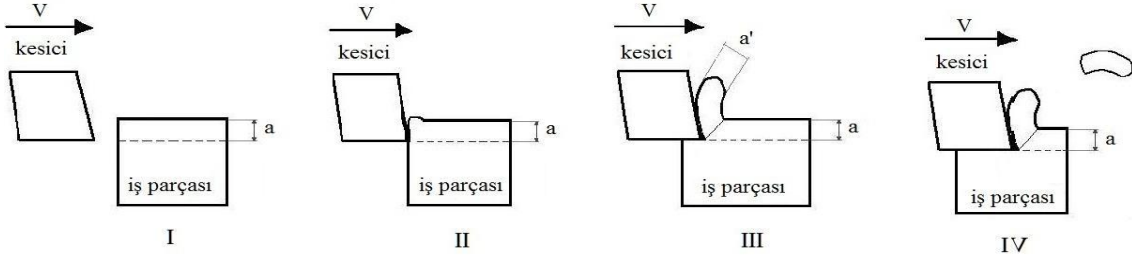
Talaş kaldırma belirli boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için ucu keskin bir takımla ve güç kullanarak, iş parçası (hammadde, taslak) üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırma işlemidir. Ayrılan malzeme tabakasına talaş denir. Fiziksel bakımdan talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değişimine dayanan, iş parçası ve takım üzerinde sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması gibi olayların meydana geldiği karmaşık bir fiziksel olaydır. Bir parça üzerinden belirli bir malzeme tabakasının kaldırılması için, takımın o malzemeye nüfuz etmesi gerekir. Bu da, ancak takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli ve takım malzemesinin parça malzemesinden daha sert olması halinde gerçekleşir. Ayrıca takım ucunun kama şeklinde yapılması olayı kolaylaştıran bir etkendir (Akkurt 1992).

Talaş oluşumunu açıklayabilmek için 2 tip kesme modeli geliştirilmiştir.

a-) 2 Boyutlu Ortogonal (Dik) kesme modeli

b-) 3 Boyutlu Oblik (Eğik) kesme modeli

Talaş kaldırma olayını incelemek için kama şeklinde bir kesme ucundan yapılan ve Şekil 2.9'da gösterilen bir takım/iş parçası modeli oluşturulmuştur.

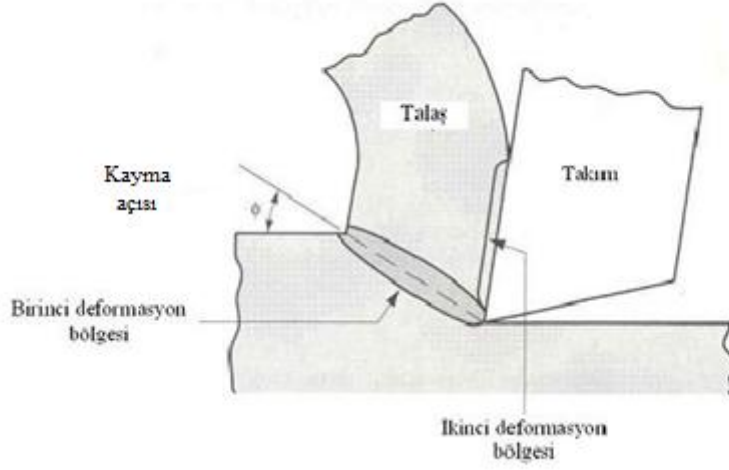


Şekil 2.9 Talaş oluşumu

Şekil üzerinde numaralandırarak talaş oluşumunu basit bir şekilde anlatılacak olursa burada V kesme hızı (m/min), a kesilmemiş talaş kalınlığı (mm), a' kesilmiş talaş kalınlığı (mm) ifade etmektedir. Talaşlı imalat işlemleri farklılık gösterse de talaş oluşum mekanizması genelde aynıdır. Esas olarak talaş, bölgesel (birinci deformasyon bölgesi) kayma işlemi ile çok dar bir bölgede gerçekleşir.

Kesici takım V kesme hızıyla iş parçasına yaklaşır. Kesici takımın iş parçası temasından sonra, iş parçası farklı mekanik ve termal kuvvetlere maruz kalır. Devam eden kesme işleminde malzemenin akma sınırına gelinir. Bu noktaya kadar yapılan işlemler malzemenin elastik deformasyon bölgesinde olduğundan, bu noktada kesme işlemi durdurulur veya geri çekilirse, malzeme ilk haline geri dönebilir.

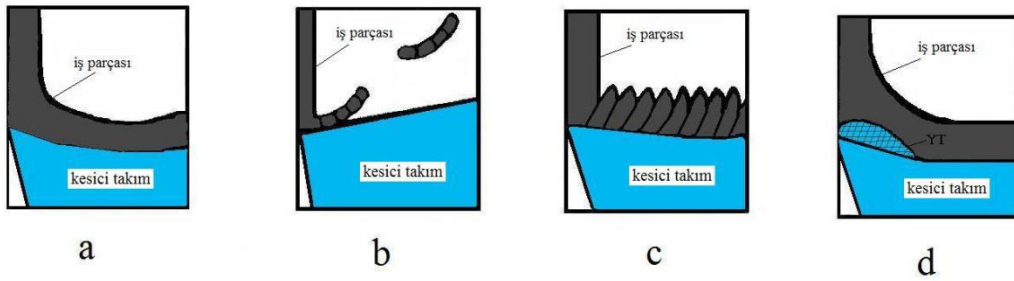
Devam eden kesme işlemi ile malzemenin akma sınırı geçilerek, kalıcı deformasyonların oluşturulduğu plastik davranış bölgesine girilir. Gerilmeler malzemenin akma sınırını aştığında talaş olarak adlandırılan yüzey katmanları, iş parçası boyunca takımın kesme yüzeyinden kayarak parçadan ayrılır. Bu bölgede kuvvetlerin durdurulması veya geri çekilmesi halinde, malzemenin eski haline dönmesi gibi bir durum söz konusu değildir. Bu işlemin süreklilik arz etmesi halinde malzemenin talaş oluşumu meydana gelir.



Şekil 2.10 Talaş oluşumu ve deformasyon bölgeleri

2.4 Talaş Tipleri

Oluşan talaşlar artık malzemeler olmasına rağmen talaşlı imalat işleminde kullanılan enerjinin büyük bir bölümü talaş oluşumunda kullanılmaktadır. Talaşlı imalat işlemlerinde işleme şekli işlenen malzeme ve işleme parametrelerine göre talaşların biçimi değişir. Oluşan talaşların şekli önemli derecede iş parçasının bitirme yüzeyini ve talaşlı imalat işlemini (takım ömrü, titreşim) etkiler. Talaşlı imalat işleminde talaşlar çok çeşitli olmasına rağmen genel olarak sürekli talaş, süreksiz talaş, dilimli talaş ve yığıntı talaş şeklinde sınıflandırılabilir.

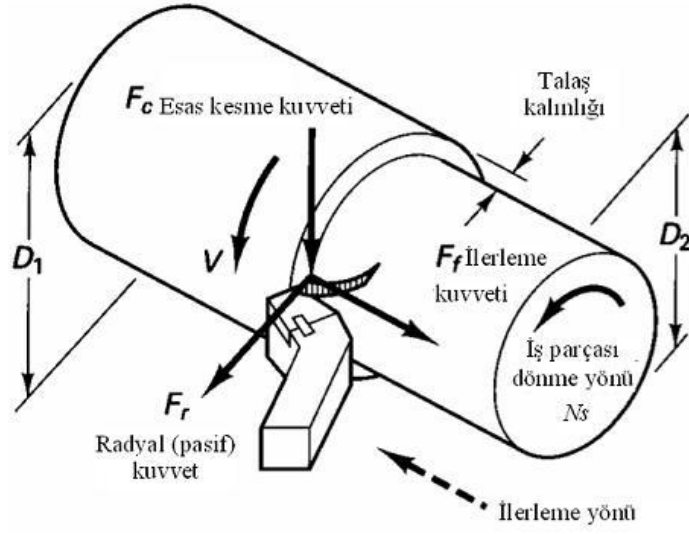


Şekil 2.11 a) Sürekli talaş, b) Süreksiz talaş, c) Dilimli talaş, d) Yığıntı talaş

2.5 Kesme Kuvvetleri

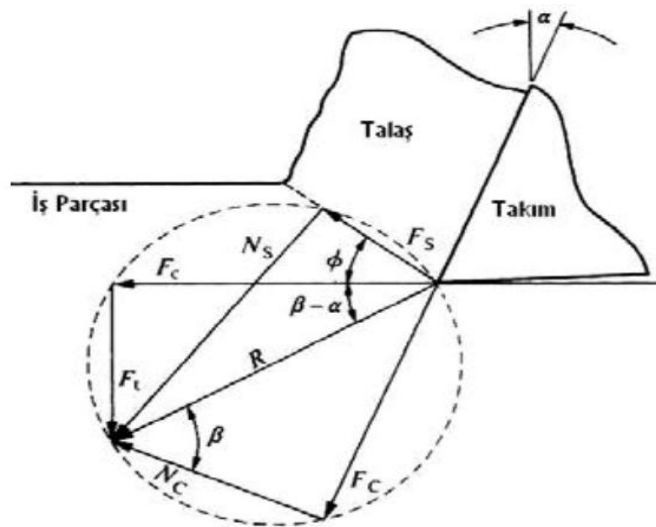
Talaş kaldırma işleminde, talaşı iş parçasından ayırmak için büyük bir güce gereksinim vardır. Günümüzde kesici takımlar tezgah gücünü çok daha efektif kullanmalarının yanında, yüksek işleme hızlarında çalışırlar. Dikkatlice tasarlanmış kesici geometrisi sadece sünek malzemelerin tornalanması işleminde değil, dökme demirlerin frezelenmesi işlemlerinde de kullanılmaktadır. Kesme kuvvetleri teorik olarak hesaplanabildiği gibi bir dinamometre yardımıyla da ölçülebilirler. Bu kuvvetler genellikle talaş kaldırma ve talaş kırma kuvvetleridir. İşlem esnasında ortaya çıkan çok büyük basınç ve sürtünme çeşitli yönlerden kesici uç üzerine etkiyen kuvvetlerin ortaya çıkmasına neden olur (Çakır 2006). Tornalama işlemi esnasında kesme işlemi yapılırken, üç doğrultuda kuvvet meydana gelir. Şekil 2.12’de görüldüğü gibi bu kuvvetler; takım/talaş yüzeyi üzerine etki eden kesme ucuna dik yönde meydana gelen F_t ile gösterilen asıl kesme kuvveti; Bu kuvvet kesme işlemi esnasında meydana gelen en büyük kuvvet olma özelliğine sahiptir. Radyal yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan ve takımın temas ettiği yüzeye dik olarak meydana gelen kuvvet ise radyal (pasif) kuvvettir. F_r ile gösterilen radyal kuvvet genellikle kesme işlemi esnasında meydana gelen en küçük kuvvettir ve çoğu analizde ihmal edilir ve son olarak kesme işlemi esnasında meydana gelen F_f ile gösterilen ilerleme kuvvetidir. Bu kuvvet takımın ilerleme eksenini boyunca meydana gelmektedir (Şahin 2003).

Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgâhlarının, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da kullanılır (Trent E M. 1989). Tornalama işlemi esnasında oluşan kuvvetler Şekil 2.12’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Tornalama işleminde kesme kuvvetleri

Burada kesme kuvvetinin üç bileşeni mevcuttur. Kesme işlemi esnasında meydana gelen asıl ve pasif kesme kuvvetler deneysel çalışmalarla tespit edilebilmektedir. Bulunan sonuçlardan yola çıkarak, diğer sonuçlar teorik olarak hesaplanabilmektedir. Bu kuvvetler Şekil 2.13' te gösterildiği gibi NS, FS normal ve teğetsel sürtünme kuvvetleri, NC, FC normal ve teğetsel kayma kuvvetleridir.



Şekil 2.13 Ortogonal kesme modelinde kesme kuvvetleri bileşenleri (Şahin 2003)

$$\mu = \tan\beta \quad (2.6)$$

$$\beta = \tan^{-1}(\mu) = \tan^{-1}\left(\frac{Fc}{Nc}\right) \quad (2.7)$$

$$\mu = \left(\frac{Fc}{Nc}\right) = \frac{Fc \sin\alpha + Ft \cos\alpha}{Fc \cos\alpha - Ft \sin\alpha} \quad (2.8)$$

İle bulunmaktadır.

2.6 Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırma işleminde, tezgâha girişlerin ve tezgâha dâhil diğer önemli işlemlerle birlikte çıkışlarında dikkate alınması gerekir. Bunlar arasında kesici takım malzemeleri, işlenecek iş parçası, tezgâhın kinematığı, rijitliği ve ekonomikliği sayılabilir. Yüzey pürüzlülüğü ve hassasiyet ürünün son amacını belirlediğinden en önemli çıkış parametrelerindedir. İmalatta işlenmiş yüzey hassasiyetinin elde edilmesi her zaman önemli çıkış parametrelerinden biri olmaktadır. Yüzey hassasiyeti pek çok parametreyi içine alan bir terim olup, bunlar özetle yüzey bitimi ve çatlaklardan arınma, kimyasal değişme, yanma, dönüşme ve aşırı temperleme şeklinde termal hasar ve kalıcı çekme gerilmesi olarak sayılabilir. Bunlardan son bitirme yüzeyi talaş kaldırma işleminde en önemli unsur olup, diğerleri esas olarak taşlanmış yüzeylerle alakalıdır.

Talaş kaldırma işleminde amaç, parça yapım resminde belirtilen tolerans derecesine göre parçaların istenilen geometrik ölçü veya yüzey kalitesinde parça imal edilmesidir. Makine parçasının geometrisi, boyutu ve yüzey kalitesi işleme kalitesini oluşturur. Ancak parça yapım resminde gösterilen ideal ölçülere göre üretimi tamamlanan parça üzerinde boyut, yüzey kalitesi ve geometrisi yüzünden yönünden bazı hatalar ortaya çıkabilir. Bu hatlar “tolerans” olarak adlandırılır ve parçanın kullanıldığı yere göre müsaade edilen belli bir değerde tutulduğu takdirde parçanın çalışmasına engel teşkil etmez. Bu toleranslar da parçanın hem boyut hem de yüzey kalitesini meydana

getirirler. Ancak hatalar (tolerans) ne kadar küçük olursa o kadar yüksek yüzey kalitesi elde edilir. İmalat mühendisliği açısından parçaların kullanılacağı yere göre ekonomiklik de dikkate alınarak parçanın uygun yüzey kalitesinde işlenmesi gerekir. Bu işlemlerde gerçekleştirecek üretim metodunun yanında yüzey kalitesi toleransı ve maliyet arasında bir uzlaşma sağlanmalıdır (Şahin 2000).

İşlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özellikleri, yüzey dokusundan birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu yüzden makine parçalarında yüzey pürüzlülük değerinin tespiti oldukça önemlidir (Atakök 2008).

2.6.1 İdeal Yüzey Pürüzlülüğü

Kesici takımlardaki hatalar, vurutular, kaleme yapışan talaş yığılması gibi faktörler azaltıldığında, kesici uç biçimine ve ilerlemeye bağlı oluşturulan en iyi bitirme değerlerini gösterir. Sayısal karşılaştırmalar ve analizler için, bir dizi veya tek bir faktöre göre işlenmiş yüzeyin pürüzlülüğünü belirlemek çok kullanışlı bir yöntem olabilir. Bu amaçla en genel kullanılan dizi “Ra” aritmetik ortalama değeri olarak bilinir. Genellikle, pratik kesme işlemlerinde kullanılan takımların uçları yuvarlatılmıştır.

2.6.2 Tabii Yüzey Pürüzlülüğü

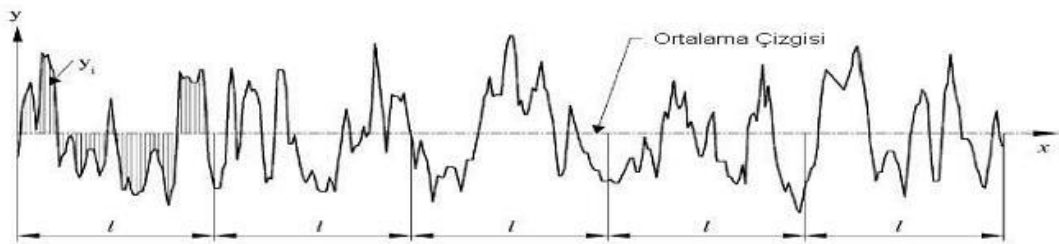
Tabii yüzey pürüzlülüğü, gerçek yüzey pürüzlülüğünün büyük bir kısmını içerir. Tabii yüzey pürüzlülüğünü takım tezgâhı, iş bağlama sistemi, takım sistemi ve çalışma ortamı gibi faktörler etkiler. Bununla birlikte kesici kenardaki yığılmalar da tabii yüzey pürüzlülüğünü arttıran faktörlerdendir. Kesme hızındaki artışla ideal yüzey pürüzlülüğüne yaklaşılabılır. Uç yarıçapı sabit kalmak şartıyla, ilerleme hızındaki artış ise yüzey pürüzlülüğünü arttırır.

2.6.3 Ortalama Yüzey Pürüzlüğü

Şekil 2.15'te 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 (Gadelmavla and Koura 2002).

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^1 |y(x)| dx \quad (2.9)$$

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2.10)$$



Şekil 2.15 Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi

2.6.4 Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

1. Kesici uç üzerine talaşın yapışması
2. Takım ve iş parçasının elastik deformasyonu
3. Takım ve iş parçası arasındaki titreşim
4. Kesme kenarının pürüzlülüğü, birinci ve ikinci kesici kenarda oluşan izler ve aşınma
5. Talaşın plastik akışı.

2.6.5 Kesme Parametrelerinin Etkileri

İşleme kalitesini etkileyen faktörler dört grupta incelenir. Takım tezgahına ait sapmalar tezgahın kinematik mekanizmasındaki mevcut olan hataların etkisinden, ana mil ile kızak yüzeylerinin paralel olmamasından, tezgahın tüm mekanizmaları ve yataklama sistemlerindeki mevcut olan sapmalar ve boşlukların etkisinden, gövde ve ana milin yeterince rijit olmamasından dolayı oluşur.

Bağlama sistemine ait hatalar; ana elemanların imalat hatalarından, tertibatın yeteri kadar rijit olmamasından, ana elemanlarda oluşan aşınmalardan kaynaklanır.

Takım sistemine ait hatalar; takımın konum bakımından hatalı bir şekilde tutturulmasından, kesme kuvvetlerinin etkisi altında şekil değiştirilmelerin oluşması ve takımın aşınmasından kaynaklanır.

Ortamın etkisi altında meydana gelen hatalar; sıcaklığın oluşturduğu şekil değiştirmeleri ve diğer tezgâhlardan gelen titreşimlerden kaynaklanır (Akkurt 1992).

2.6.6 Kesici Takım Aşınmasının Etkisi

Talaş kaldırma işleminde takım aşınması belirlenmesi gereken parametrelerden biridir. Serbest yüzey aşınması üretilen parçanın çapını ve yüzey kalitesini doğrudan etkiler. Takım aşınmasının belirlenmesinde başlıca amaç üretime ara verilmeden aşınmanın tespit edilebilmesidir. Bu amaçla modern tezgâhlarda adaptif denetim mekanizmaları geliştirilmiştir. Otomatik talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımın ömrünü tamamlamadan önce değiştirilmesi gerekir. Aksi durumda üretim devam etmesine rağmen üretilen parçaların tolerans değerleri uygun olmayacaktır.

2.6.7 Kesme Kuvvetlerinin Etkisi

Talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenme için gerekli talaş kaldırma kuvveti F_s kesme kuvveti, F_v ilerleme kuvveti ve F_r radyal kuvvet olmak üzere üç bileşene ayrılır. Kesme kuvvetleri gerek takım, gerekse iş parçası üzerinde bir takım

şekil değiştirmelere neden olarak takım-iş parçası konumunu değiştirirler ve yüzey kalitesini etkilerler.

Kesme parça-takım-tezgâh zinciri esnek bir sistemdir. Dolayısıyla, talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetinin değişken olmasından dolayı titreşimler meydana gelebilir. Bu titreşimler şiddetli oldukları durumda, kötü bir yüzey kalitesine neden olan tırlama olayını oluştururlar.

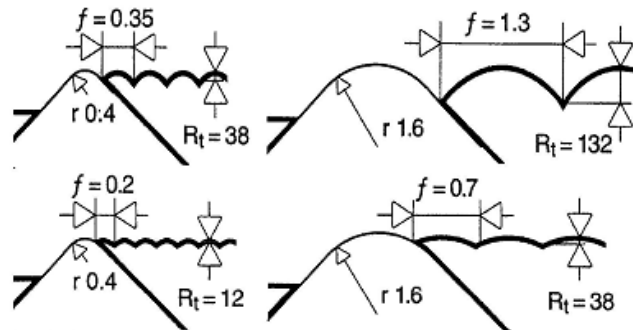
2.6.8 İlerleme ve Köşe Radüsünün Etkisi

Teorik maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri (R_t) daha yüksek kesme hızları ve daha pozitif bir kesme geometrisi kullanılarak artırılabilir. Şekil 2.16'da teorik yüzey pürüzlülüğü (R_t) değerinin ilerleme (f) ve köşe radyüsüne bağlı (r_E) (veya kesici uç çapına) değişimini göstermektedir (Eriksen 1999).

İlerleme ve köşe radüsüne bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalaması olarak adlandırılan (R_a) değeri ise;

$$R_a = \frac{0,321 * f^2}{r_E} \quad (2.11)$$

olarak ifade edilebilir.



Şekil 2.16 İlerleme ve köşe radüsünün yüzey kalitesi üzerindeki etkileri

2.7 Takım Aşınması

Talaş kaldırma işlemi ile ilgili yapılan araştırmaların sonucunda, talaş kaldırma sırasında takımın, takım - talaş ve iş parçası - takım ara yüzeyinde sürtünme, gerilmeler ve yüksek sıcaklıklar olduğu, bunun sonucunda da takımın elastik ve plastik deformasyon ile takım aşınmasının olduğu anlaşılmıştır. Talaş kaldırma sırasında takımın oluşan şekil değişimleri ve aşınma, talaş kaldırma işlemini olumsuz yönde etkilemektedir. Kesme takımlarının performansı; esas olarak aşınma direnci, tokluk ve ısı direnci gibi malzeme özellikleri tarafından kontrol edilir. Takımda meydana gelen aşınmaların oluşturduğu olumsuzluklar; takım ömrünün azalması ve buna bağlı olarak da üretim maliyetlerinin artması ve işlem kalitesinin düşmesidir. Takım ömrünü doğrulukla belirleyebilmek için takım ömrünü olumsuz yönde etkileyen takım bozukluk mekanizmalarının ve bu mekanizmaların oluşma nedenlerinin bilinmesine gerek vardır. Herhangi bir kesici takım; aşınma, plastik deformasyon veya kırılma yoluyla ömrünü tamamlar (Ghani et al. 2004).

Talaş kaldırma sırasında kesme kenarlarında, normal çalışma durumuna göre yüksek sıcaklık, yüklemeler ve sürtünmelerden dolayı aşınma meydana gelir. Takım ömrü diğer bir ifadeyle takımın hasar mekanizmaları, pek çok faktöre bağlı olarak değiştiğinden, kesme şartlarına bağlı olarak takım ömrünü belirlemek oldukça zordur. Takım ömrünü belirlemek için başvurulan önemli bir teknik, Talaş kaldırma sırasında eş zamanlı olarak takımın izlenmesidir.

İdeal bir takım, aşağıda sıralanan şu özelliklere sahip olmalıdır (Şahin 2000).

- 1- Yüksek sıcaklıklarda çalışma için yüksek sıcaklık sertliği,
- 2- Yüksek gerilme karşı yüksek elastik ve plastik deformasyon direnci,
- 3- Talaş kaldırma sırasında oluşan darbelere karşı yüksek kırılma tokluğu,
- 4- Difüzyon, kimyasal ve oksidasyon aşınmasına karşı direnç için özellikle yüksek sıcaklıklarda kimyasal kararlılık,
- 5- Takım kesme kenarındaki ısı birikimini önlemek için yüksek ısı iletkenlik,
- 6- Kesintili talaş kaldırmada yüksek yorulma dayanımı,

- 7- Kesme sırasında oluşan ısınma ve soğumaya karşı yüksek ısıl sok direnci,
- 8- Boyutsal kararlılık için yüksek rijitlik,
- 9- Özellikle yumuşak, sünek malzemelerin işlenmesinde talaş birikmesi oluşumunu (Built -up Edge-BUE) önlemek için uygun sürtünme özellikleri.

2.7.1 Takım Aşınma Tipleri

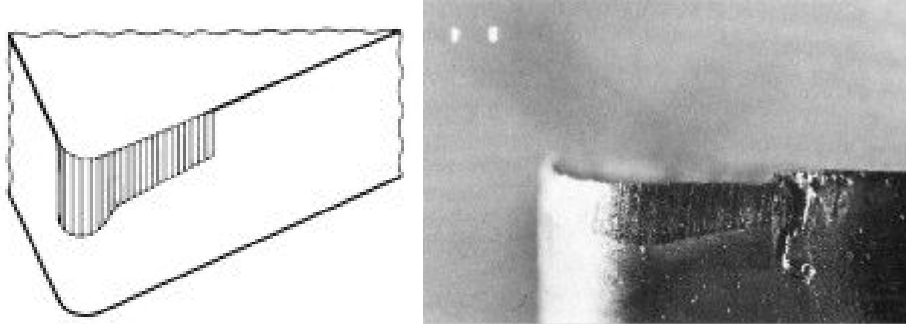
Takım hasarı; aşınma, plastik deformasyon ve kırılma nedeniyle meydana gelir (Özdemir and Erten 2003). Takım aşınması, takımın is parçasıyla ve talaşla temas halinde olan yüzeylerinde meydana gelen bozukluk durumuna veya aşınmayı meydana getiren fiziksel mekanizmaya göre sınıflandırılabilir. Aşınma mekanizmaları; takım malzemesi, iş parçası malzemesi, kesme parametreleri, Talas kaldırma yöntemi ve takım geometrisine büyük ölçüde bağlıdır (Aslan 2005). Takım aşınma tipleri, is parçası ve takım arasındaki malzemenin uyumluluk değişkenlerinden dolayı farklılık gösterir. Takım aşınmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda baskın olarak gözlenen bozukluk mekanizmaları; serbest yüzey aşınması, krater aşınması, çentik, çatlama ve kırılma olmaktadır. Talas kaldırmayla ilgili çalışmalarda ki temel amaç, göz önüne alınan takım hasar mekanizmasından takım ömrünü tespit edecek yöntemler geliştirmektir (Ghani et al. 2004).

Takımda meydana gelen bozukluk mekanizmaları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

2.7.2 Serbest Yüzey Aşınması

Takımın işlenmiş is parçası yüzeyi ile temas halinde olan yan kenar yüzeyinin sürtünmesinden dolayı oluşan aşınma, serbest yüzey aşınması olarak adlandırılır. Sürtünmeden dolayı takım yan kenarında oluşan aşınma bölgesinin genişliği, serbest yüzey aşınmasının miktarı olarak alınır. Serbest yüzey aşınması belirli bir değere ulaştığında, takım kesme işlemini yerine getiremez ve titreşimlere neden olur. Oluşan titreşimler iş parçasının yüzey kalitesini olumsuz etkiler. Ayrıca aşınmadan dolayı meydana gelen sürtünmeden dolayı yüksek ısı açığa çıkar. Kesme kenarında, sıcaklığın

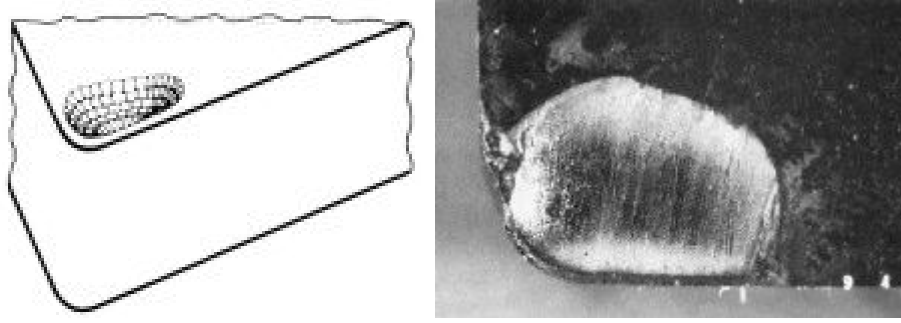
yükselmesinden dolayı takımda meydana gelen deformasyon hızlanacaktır. Serbest yüzey aşınmasının oluşma nedeni abrazyon aşınmasıdır. Serbest yüzey aşınma bölgesi Şekil 2.17 ve Şekil 2.18'deki gibi genellikle üniform genişliktedir ve kenara yakın bölgede oluşur (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.17 Serbest yüzey aşınması

2.7.3 Krater Aşınması

Krater aşınması, takım – talaş ara yüzeyinde, talaşın takım ile temasta olduğu alanda ortaya çıkan talaş yüzeyi aşınmasıdır. Krater aşınması, iş parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinden kayarken temasta bulunduğu alanda oluşturduğu baskıyla veya talaş altındaki aşırı kazıma ile oluşmaktadır. Talaş yüzeyinde aşınma sonucunda oluşan krater Şekil 2.18 ve Şekil 2.19'da görüldüğü gibi takımın kesici kenarının bir miktar gerisinde oluşmaktadır. Krater aşınmasının küçük değerleri takım ömrünü sınırlamaz fakat krater aşınmasının ilerlemesi ile aşınma bölgesi, takım kesme kenarına yaklaşacağı için kesme kenarlarında zayıflama görülmesine ve takımda hızlı bir şekilde kırılma olayı gerçekleşmesine sebep olur. Krater aşınması takım bozukluk durumunun oluşma nedeni abrazyon, difüzyon veya kimyasal aşınmalardır (Ghani et al. 2004). Bu aşınmaların oluşmasında; takım – talaş ara yüzeyindeki yüksek sıcaklıklar önemli rol oynamaktadır (Özdemir and Erten 2003).

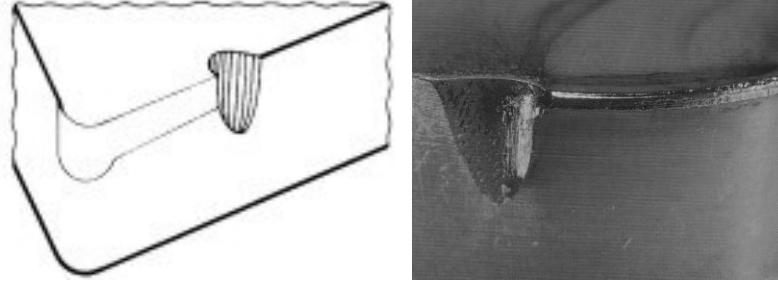


Şekil 2.18 Krater aşınması.

2.7.4 Çentik Aşınması

Çentik aşınması, takım kesme kenarlarından küçük parçaların kırılmasıdır. Çentik aşınması, metal kesme işlemi sırasında, takım ile iş parçasının temas ettiği kesme derinliği mesafesinin bitimine yakın bölgelerde, takım üzerinde oluşur. Şekil 2.19’da çentik aşınması gösterilmektedir. Çentik aşınması, takımın talaş ve yan kenar yüzeyini aynı zamanda etkiler. Çentik aşınması takım bozukluk durumunun oluşma nedenleri; mekanik gerilmeler, ısı gerilmeler ve iş parçasının sert bir yüzey tabakasına sahip olması veya islenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan talaşın özelliklerinden kaynaklanan abrazyon aşınmasıdır. Çentik aşınması, takım malzemesinin yüksek sıcaklık sertliği ve gerilmelere karşı deformasyon direncini artırılarak, azaltılabilir.

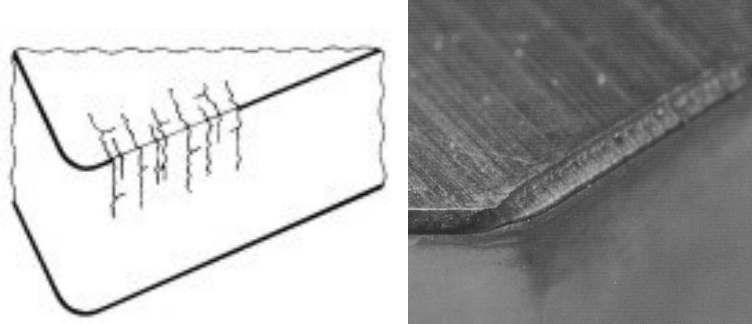
Çentik aşınması seramik gibi gevrek takımlarla yapılan metal kesme işlemlerinde veya sert ya da abraziv parçacıklar içeren metal matrisli kompozitler gibi malzemelerin islenmesi durumunda sıklıkla görülür. Kesme sırasında oluşan değişken kesme kuvvetleri veya sistem rijitliğinin düzgün olmaması nedeniyle meydana gelen titreşimler de kenar çentiklemesine neden olur (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.19 Çentik aşınması.

2.7.5 Isıl ve Mekanik Çatlaklar

Mekanik çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan değişken kesme kuvvetlerinin, kesici takım üzerinde oluşturduğu takım bozukluk durumudur. Mekanik çatlaklar, takım üzerinde malzeme kaybına yol açmaz ancak takım kırılmasını hızlandırırlar. Isıl çatlaklar, talaş kaldırma sırasında oluşan yüksek takım- talaş sıcaklıkları nedeni ile takımın genişmesi ve kesici takım soğuduğunda takımda meydana gelen büzülme etkisiyle oluşur. Çatlak oluşumu takımın hızlı bir şekilde hasara uğramasına neden olur (Özdemir and Erten 2003).

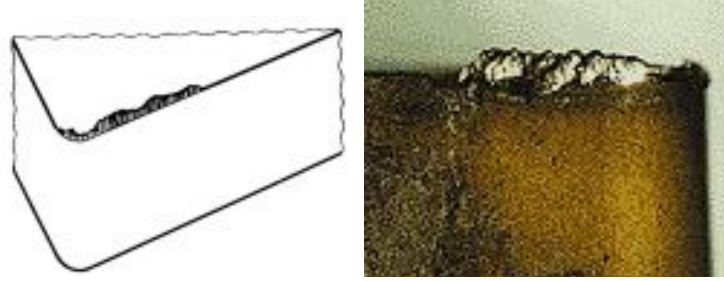


Şekil 2.20 Isıl ve Mekanik Çatlaklar

2.7.6 Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)

İş parçası malzemesinin, kesici takımın kesme kenarına yapışması sonucu oluşan takım bozukluk durumudur (Şekil 2.21). Ağız birikimi oluşumu takım bozukluk durumunun oluşma nedeni adhezyon aşınmasıdır. Ağız birikimi oluşumu genellikle düşük kesme ve

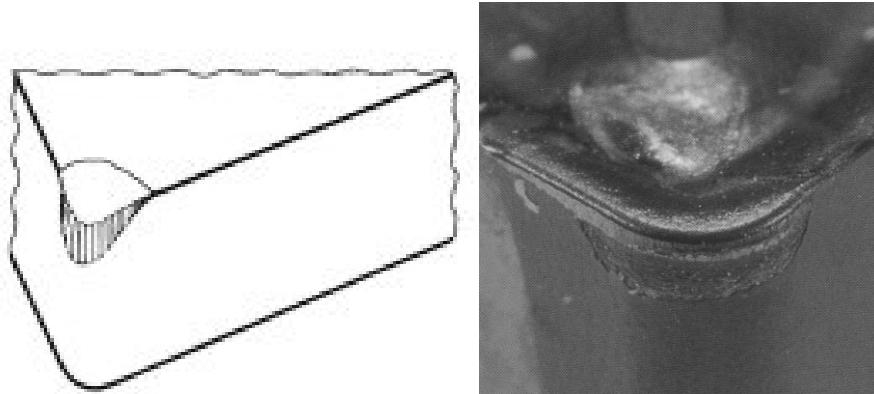
ilerleme hızları ile yumuşak malzemelerin islenmesi sonucu oluşur. Takım kesme kenarına yapışan talaşın, işleme sırasında ayrılması, beraberinde takım malzemesinden de küçük zerreçikler uzaklaştırır ve aşınmaya sebep olur (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.21 Ağzın birikimi oluşumu.

2.7.7 Plastik Deformasyon

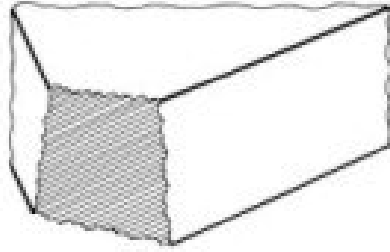
Metal kesme işlemi sırasında, takım - talaş ara yüzeyinde, takım ve talaşın birbirine temas ettiği alan üzerinde, basma gerilmelerinden dolayı takımın deforme olmasıdır (Şekil 2.22). Plastik deformasyon, takım bozukluk durumunun olumsa nedeni yüksek mekanik gerilmeler ve yüksek sıcaklıklardır. Genellikle yüksek kesme kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme değerlerinde ve işleme sırasında yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olan ve sıcaklığa bağlı olarak da takımın sertliğini kaybetmesine sebep olan yüksek kesme hızı değerlerinde, takımın kesme kenarlarında deformasyon oluşur ve talaş kaldırma işlemi sınırlanır (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.22 Plastik deformasyon.

2.7.8 Takım Kırılması

Kesici takımın kesme ucunun veya bozukluk mekanizmalarına bağlı olarak kesme kenarlarının kırılması, takım kırılması olarak adlandırılır. Takım kırılması genellikle seramik esaslı takımlarda, takım bozukluk mekanizmalarının çok fazla etkisi olmadan gerçekleşir. Çünkü yüksek sertliğe sahip takımlar, yüksek sertliklerinden dolayı süneklikleri az olmakla birlikte gevreklerdir. Takım kırılması hasarını önlemek ve takım ömrünü yükseltmek için kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijit takım tertibatlarının kullanılması ve kırılma tokluğu arttırılmış takımların kullanılması gereklidir (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.23 Takım Kırılması

2.8 Aşınma Mekanizmaları

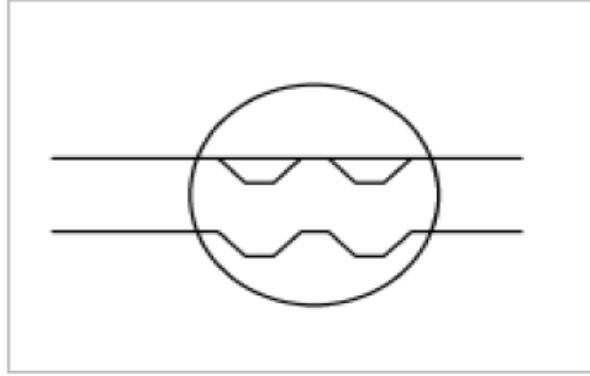
Kesici takım üzerinde oluşan takım bozukluk mekanizmalarına yaygın olarak neden olan aşınma mekanizmaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Adhezyon (yapışma) aşınması,
2. Abrasyon (sürtünme) aşınması,
3. Difüzyon aşınması,
4. Oksidasyon aşınması,
5. Yorulma,

Bu aşınma mekanizmaları hakkında gerekli bilgiler alt bölümler verilmiştir.

2.8.1 Adhezyon (yapışma) aşınması

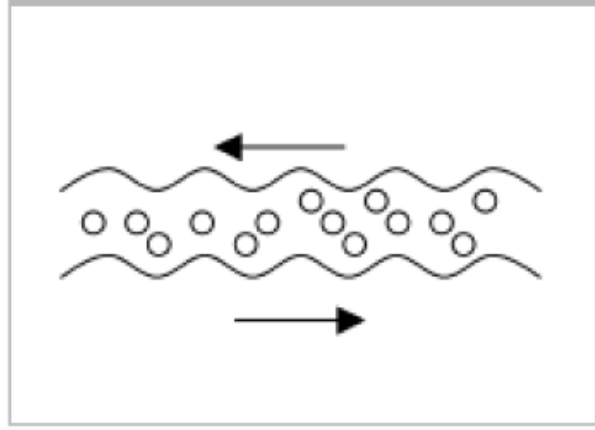
Kesici takım kenarları üzerinde meydana gelen yapışma aşınması, kesici takım ve iş parçasının temas noktalarında oluşan mikro-kaynakların, kesicinin hareketi nedeniyle kırılması sonucu oluşur. Mikro-kaynaklar, takım ve iş parçasının temas bölgelerinde oluşan yüksek basınçlar ve sıcaklıklar nedeni ile metallerin akma sınırına gelmesi ile oluşur (Su et al. 2006). Adhezyon aşınmasına kesme sırasında oluşan talaşın veya küçük parçacıkların, kesme takımına yapışması da neden olur. Şekil 2.24'te adhezyon aşınmasının meydana gelişi gösterilmektedir (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.24 Adhezyon aşınmasının meydana gelişi.

2.8.2 Abrazyon (sürtünme) aşınması

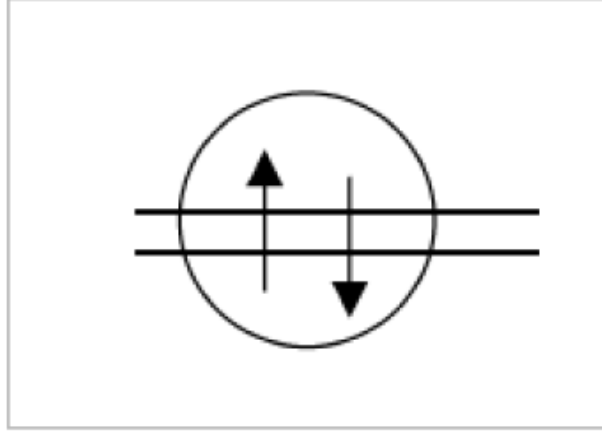
Sürtünme aşınması diğer bir deyişle abrazyon aşınması, talaş altındaki sert parçacıkların takım yüzeyi ve iş parçası arasında taşlamaya neden olarak kesici de oluşturduğu aşınma veya iki yumuşak yüzey arasına sert parçacıkların girmesi ile sürtünmeden dolayı oluşan aşınmadır (Şekil 2.25). Abrazyon aşınmasına sebep olan sert parçacıklar iş parçasında bulunurlar ve kesme işleminde talaşla birlikte takım yüzeyiyle etkili olurlar. Abraziv aşınma, çoğu zaman takım ömrünü kriteri olarak kullanılan serbest yüzey aşınmasının, çentik aşınmasının ve burun yarıçapı aşınmasının kaynağıdır (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.25 Sürtünme aşınması mekanizması

2.8.3 Difüzyon aşınması

İşleme sırasında, takım ve iş parçasının birbirine temas eden yüzeylerinin, işleme sırasında oluşan sıcaklık ve basıncın etkisi sonucu kimyasal reaksiyonla birbirini aşındırması ile difüzyon aşınma mekanizması oluşmaktadır (Su et al. 2006). İşleme sırasındaki yüksek sıcaklıklardan ve basınçtan dolayı, takım ve iş parçası malzemesinin atomları karşılıklı olarak birbirleri üzerine nüfuz eder (Şekil 2.26) veya talaş malzemesiyle katı bir çözelti oluşturur. Bu işlem, iki malzeme arasında ara yüzeyde ya iş parçasının atomlarının difüzyona uğraması ya da takımın yüzey katmanıyla reaksiyon bölgesinde meydana gelerek takım yüzeyini zayıflatır ve takımın talaş yüzeyi üzerinde bir krater aşınması oluşturur (Özdemir and Erten 2003). Difüzyon aşınma hızı, takım malzemesinin iş parçası içinde çözülme kabiliyetine ve yüksek sıcaklıkta takım ile talaş arasındaki temas süresine bağlıdır. Difüzyon aşınma hızı, kesme hızına bağlı olarak artan kesme sıcaklığının, üssü olarak artar (Özdemir and Erten 2003).



Şekil 2.26 Difüzyon aşınması

2.8.4 Oksidasyon aşınması

Takım bileşiklerinin atmosferdeki oksijenle reaksiyona girmesi ile takım yüzeyinde oksit tabakası oluşur. Oluşan oksit tabakası, kesme işlemi esnasında kopar ve takımda aşınmalara sebep olur. Takım bozukluk durumunun oluşmasına neden olan bu oksitlenme olayına oksidasyon aşınması denir. Bu aşınma genellikle, takım üzerinde talaşla doğrudan temasta olmayan yüzeylerde meydana gelir. İş parçasının oksidasyonla aşınması nedeniyle oluşan sert oksit parçacıkları, abrazyon aşınmasını tetikler. Alüminyum oksit bazlı seramik takımlarda malzeme özelliklerinden dolayı oksidasyon aşınması oluşmaz (Özdemir and Erten 2003).

3.8.5 Yorulma

Yorulma, kesme takımında ısının dalgalanması ve kesme kuvvetlerinin değişimiyle meydana gelir. Yorulma sonucunda takımda kırılmalar gözlenir (Ghani et al. 2004).

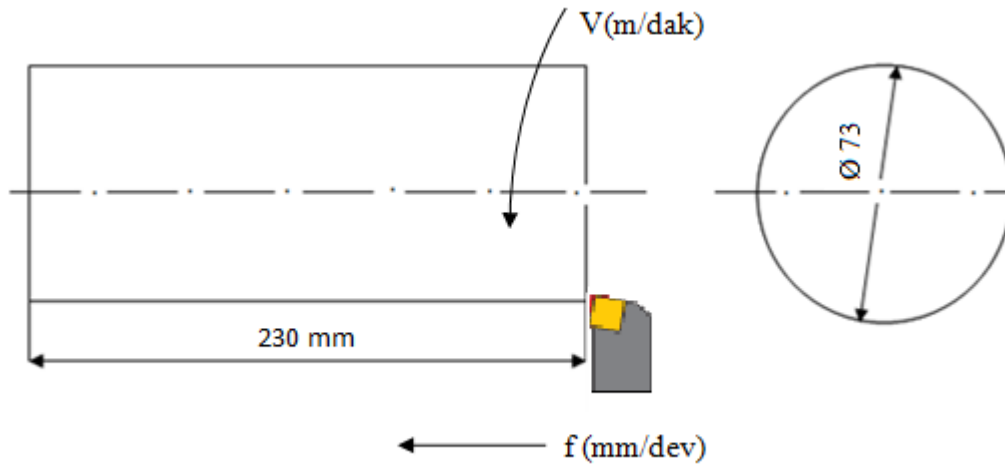
3. MATERYAL ve METOT

3.1 Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada, Ti-6Al-4V alaşımlı malzeme deney numunesi olarak kullanılmıştır. Deneyslerde farklı kesme hızları, ilerleme değerleri ve farklı soğutma sistemleri uygulanmıştır. Bu parametreler göz önüne alınarak yapılan tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğü araştırılmıştır. Ayrıca sabit bir kesme mesafesi sonrasında takımda meydana gelen aşınma tipleri tespit edilmiştir. Ti-6Al-4V alaşımının kimyasal bileşimi Çizelge 3.1’de ve iş parçasının teknik resmi ve işleme şekli ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Ti-6Al-4V alaşımlarının kimyasal bileşimi

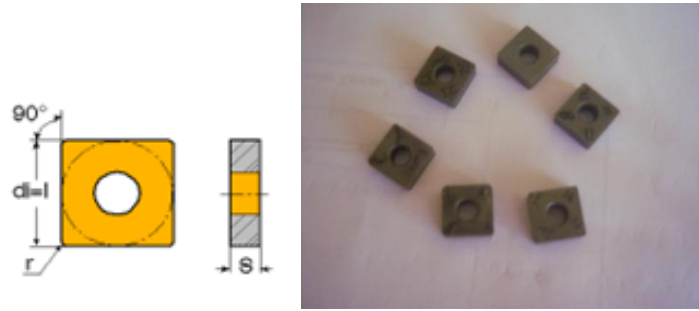
C	Al	O	Fe	V	H	N	Ti	Y
0.010	5.86	0.120	0.200	4.02	0.0023	0.007	Bal.	>0.0050



Şekil 3.1 İş parçasının teknik resmi ve işleme şekli

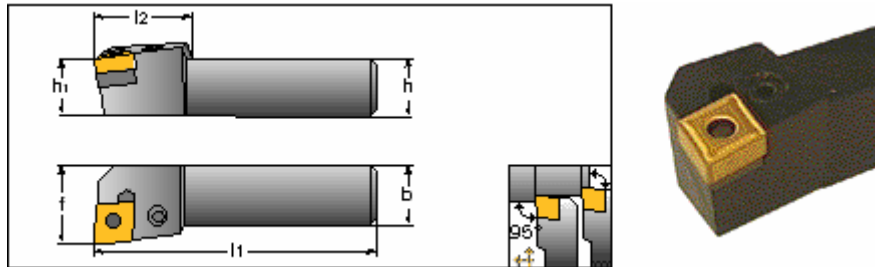
3.1.1 Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Numunelerin işlenmesinde Sinterlenmiş Karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kullanılan kesici takım Şekil 3.2’de gösterilen SNMA 432 (120408) IC20’dir. Takım geometrisi olarak CNMG 120404-TF IC907 P10-P30, M05-M20, K— serisi takım seçilmiştir. Takım tutucu olarak PCLNR 2525 M-12 kodlu takım tutucu kullanılmıştır. Kesici takımlar 80° baklava biçimli, talaş açısı 13° , boşluk açısı 0° ve 0,4 mm uç yarıçapına sahiptir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Deneylerde kullanılan kesici takım

Tornalamada yanaşma açısı takım ömrü açısından önemlidir. Talaş genişliği ve talaş derinliği oranı arttıkça talaş ince ve uzun olurken, bu oran azaldıkça talaş kalın ve kısa olur. Yani, talaş genişliği / talaş derinliği oranı azaldıkça takım daha az aşınır ve aynı takım ömrü için daha yüksek kesme hızları seçilebilir. Şekil 3.3’te kesme işlemlerinde 95° yaklaşma açısına sahip takım tutucu kullanılmıştır. Ayrıca kesici takım tutucuya ait geometrik boyutlar Çizelge 3.2’de verilmektedir.



Şekil 3.3 Deneylerde kullanılan takım tutucu

Çizelge 3.2 Kesici takım tutucu geometrik boyutları.

Gösterim (ISO)	h	h ₁	b	l ₁	l ₂	f	Ga°	Gr°
PCLNR 2525 M-12	25	25	25	150	30	32	-6	-6

Kesme parametreleri Çizelge 3.3'te gösterildiği gibi genellikle titanyum alaşımları ve sert metallerin işlenmesinde kullanılan değerlerde belirlenmiştir. Kesme hızı geniş bir aralıkta tutularak düşük ve yüksek hızlardaki yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve talaş yapısındaki farklılıkların araştırılması amaçlanmıştır. İlerleme değerleri, belirlenirken malzememizin sert bir metal olması dikkate alınarak, minimum değerlerde belirlenmiştir. Soğutma şartları olarak kuru, bor yağı ve kriyojenik soğutma şartları dikkate alınmıştır. Çizelge 3.3'te de görüldüğü üzere 36 adet deney gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3 Kesme Parametreleri

Kesme Hızı (V m/dk)	İlerleme (f mm/dev)	SOĞUTMA ŞARTLARI
75	0,05	Kuru Kesme Şartlarında
100	0,08	Bor Yağı Şartlarında
150	0,11	Kriyojenik Soğutma
200		

3.1.2 Bor Yağı

Talaşlı imalatta takım ve iş parçasında yüksek bir ısı meydana gelmektedir. Oluşan bu ısı takım aşınmasında önemli bir etkiye sahiptir. Bor yağının soğutucu etkisi takım ve iş parçasında oluşan sıcaklığı düşürmekte ve takım aşınmasını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Talaşlı imalatta bor yağının işlevi takım-talaş ve takım iş parçası arasındaki sürtünmeyi azaltmaktadır. Bor yağları işleme sırasında takım iş parçasında oluşan ısıyı azaltmakta, yüzey kalitesini arttırmakta, kesme kuvvetini azaltmakta ve takım ömrünü arttırmaktadır. Fakat bor yağı doğada kolay çözünmediği için son zamanlarda çevre

açısından pek tercih edilmemektedir. Bunun yerine hava soğutma, minimal yağlama sistemleri ve kriyojenik soğutma tercih edilmektedir.

3.1.3 Sıvı Azot

0 °C altı soğutma yöntemi ile işleme, -196 °C' deki sıvı nitrojen kesme sıcaklığını azaltmak için kesme bölgesine uygulanır. Sıvı nitrojen ısı kaynağı noktasına dikkatli bir şekilde iletilir. Nitrojen havada zararsız bir şekilde buharlaşır. Bu teknik uygulanarak elde edilen talaşlarda yağ artıkları olmaz ve geri dönüştürülebilir. 0 °C altı soğutma yöntemi ile işleme difüzyon aşınmasını azaltmaya, daha az bozulmuş takım sertliğine ya da yüksek sıcaklıkta azalan sertliğe olumlu yönde yardımcı olur (Vishal et al. 2008). Bu çalışmada da mini bir tank içerisinde depolanan (Şekil 3.4) sıvı nitrojen 1 bar'lık bir basınç ile kesme bölgesine iletilmiştir.

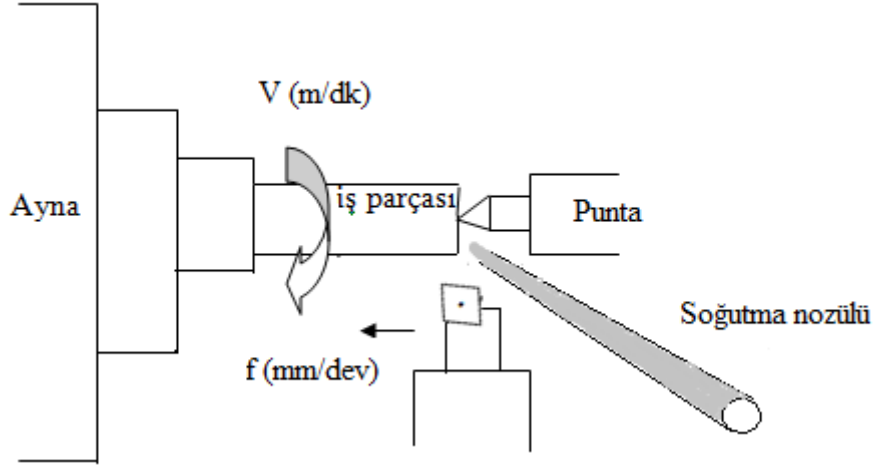


Şekil 3.4 Sıvı azotun depolandığı ve kesme esnasında kullanılan mini tank

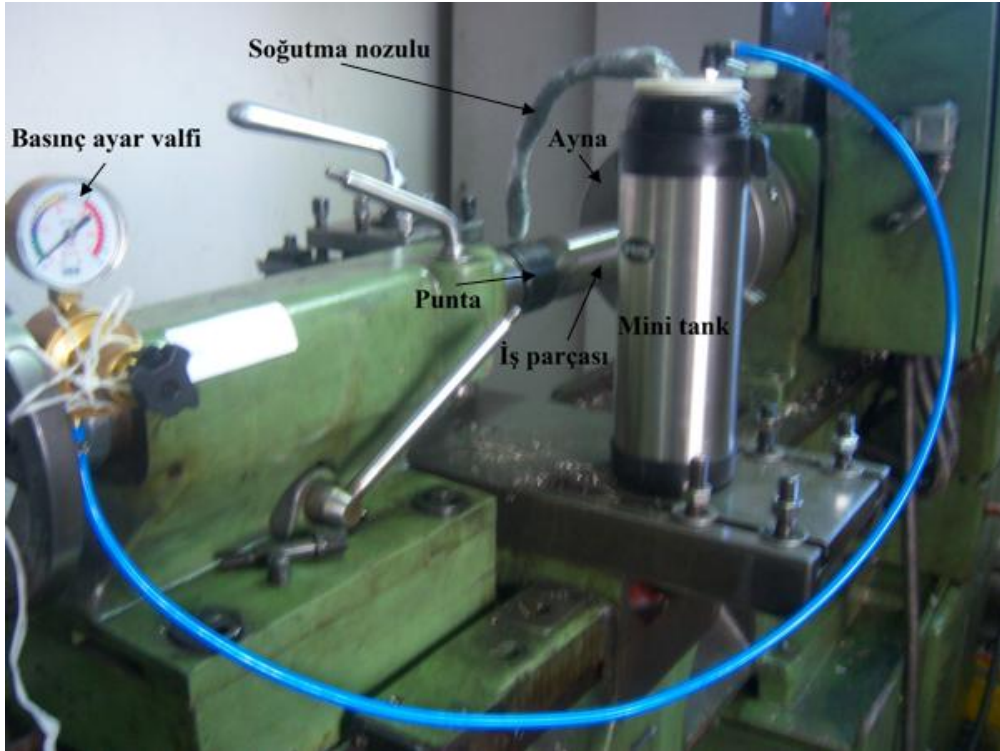
3.1.4 Deney Düzenegi

Termos içerisinde bulunan sıvı azot basınçlı hava vasıtasıyla itilerek Şekil 3.5' te görüldüğü gibi kesme işleminin gerçekleştiği iş parçası takım arasına nüfus ettirilmiştir. İletilen hava 1 adet basınç ayar valfi ile max 1 bar basınçta kalmak üzere kontrol edilmiştir (Şekil 3.5). Deneylede TOS marka klasik bir torna tezgahı kullanılmıştır

(Şekil 3.6). Tezgah motoru bir inventör vasıtasıyla kontrol edilmek istenilen devir sayısı elde edilmiştir. Tank içerisindeki sıvı azotun hemen buharlaşmaması için nozul kısmı yalıtılmıştır. Böylece kesme bölgesine sıvı azot buhar haline gelmeden sıvı haliyle iletilmiştir.



Şekil 3.5 Deney düzeneğinin şematik gösterimi



Şekil 3.6 Kriyojenik soğutma için kullanılan deney düzeneği

3.1.5 Yüzey Pürüzlülüğü

Çizelge 3.4 ve Şekil 3.7’de görüldüğü gibi yapılan deneylerde “MAHR-PERTHOMETER M2” marka yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır. Cihaz işleme yapılmış yüzeyde küçük bir çekiç-kafa içerisinde yerleştirilmiş çözünürlüğü 0,001 μm olan, sabit baskı düzeneğine sahip iğne ile ölçmektedir. Çekiç-kafa yaklaşık 5,6 mm’lik bir hareket çizgisi üzerinden ölçümleri olarak hesaplanmaktadır. Cihaz yüzey kalitesi ile alakalı Ra, Rz, Rmax, R₀ değerlerini verebilmektedir. Bununla birlikte cihaz ölçüm yaptığı yüzey çizgisine ait ölçüm scale grafiğini de şerit kâğıt üzerine çıkarabilmektedir.

Çizelge 3.4 Yüzey pürüzlülük cihazı teknik özellikleri.

Model	Perhometer M2 (Mahr)
Ölçme Hızı	150 $\mu\text{m}/\text{sn}$
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Yoklayıcı Uç Malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Pürüzlülük Ölçme Uzunluğu	5,6 mm



Şekil 3.7 Deneylerde kullanılan yüzey pürüzlülük cihazı ve ölçüm şekli

3.1.6 SEM Analizi

Deneysel çalışmalarda kesici takımların hasarlarının tespitinde Afyon Kocatepe Üniversitesi, TUAM (Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi) bünyesinde bulunan SEM (Scannig Electron Microscope) cihazı kullanılmıştır.

LEO 1430 VP model SEM cihazı W (Tungsten) floment ile çalışmaktadır. (Şekil 3.8) cihaz üzerinde ikincil elektron (secondary electron), geri yansıyan elektron (backscattered electron) ve X ışınları (EDX-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) yöntemleri ile kalitatif ve semi-kantitatif olarak elementer analizleri yapılabilmektedir. Cihaz işletim yazılımında görüntü işleme imkanı sağlamaktadır. Cihaz “değişken basınç” prensibi ile çalışma yeteneğine sahiptir. Her bir kesici takım sabit bir kesme uzunluğu neticesinde SEM analizine tabi tutulmuştur. Yine her kesici takım adına 150, 200 ve 250 boyutlarında görüntüler alınmıştır.



Şekil 3.8 SEM (Scannig Electron Microscope) Cihazı

4.BULGULAR

4.1 Kesme Parametrelerin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

4.1.1 Kesme Hızının Etkisi

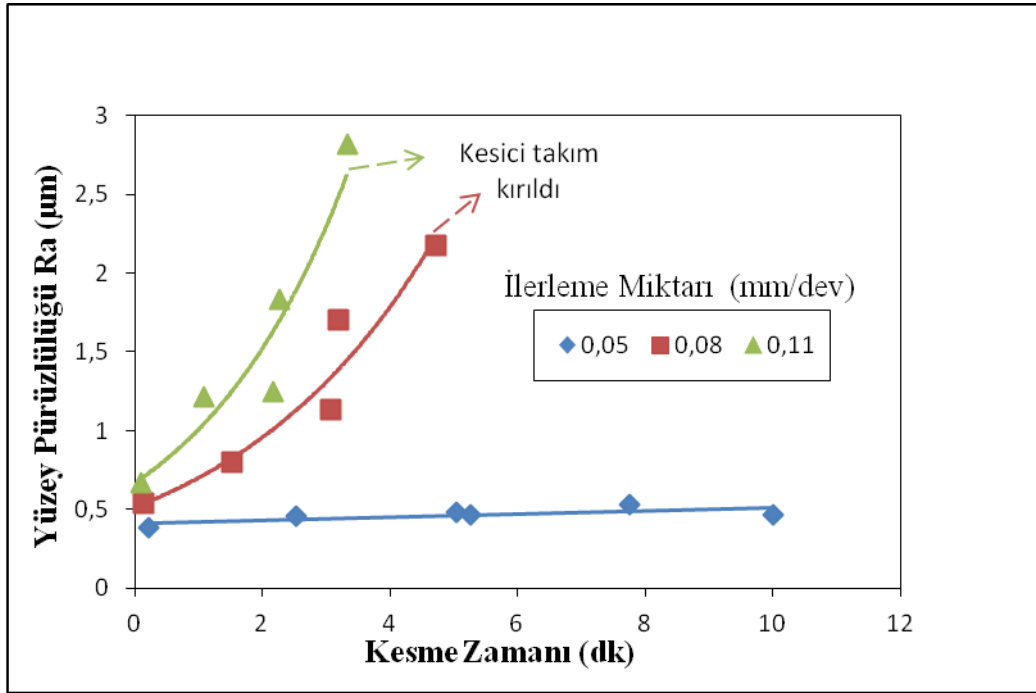
Kesme hızının ve kesme zamanının yüzey kalitesi üzerindeki etkisini ortaya koymak adına bir dizi deney yapılmıştır. Kuru kesme şartları altında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 4.1-4.4 arasında verilmiştir. Bütün kesme şartlarında kesme zamanı 10 dk olarak referans alınmıştır. Kuru kesme şartlarında 200 m/dk kesme hızı ve 0,08-0,11 mm/dev ilerleme değerlerinde kesici takım ciddi oranda aşındığı için kesme zamanımız olan 10 dk'ya ulaşmadan deney sonlandırılmıştır.

Şekil 4.1'de görüldüğü üzere artan kesme zamanına bağlı olarak iş parçası yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır. Özellikle de ilerleme değerinin 0,08 ve 0,11 mm/dev olduğu durumlarda kesme işlemi 4 dk'a civarında iken kesici takımda kırılmalar gözlemlenmiştir. En küçük ilerleme değeri olan 0,05 mm/dev'de 10 dk'da sabit kesme zamanına karşın yüzey pürüzlülüğünde ciddi bir değişim gözlenmediği tespit edilmiştir.

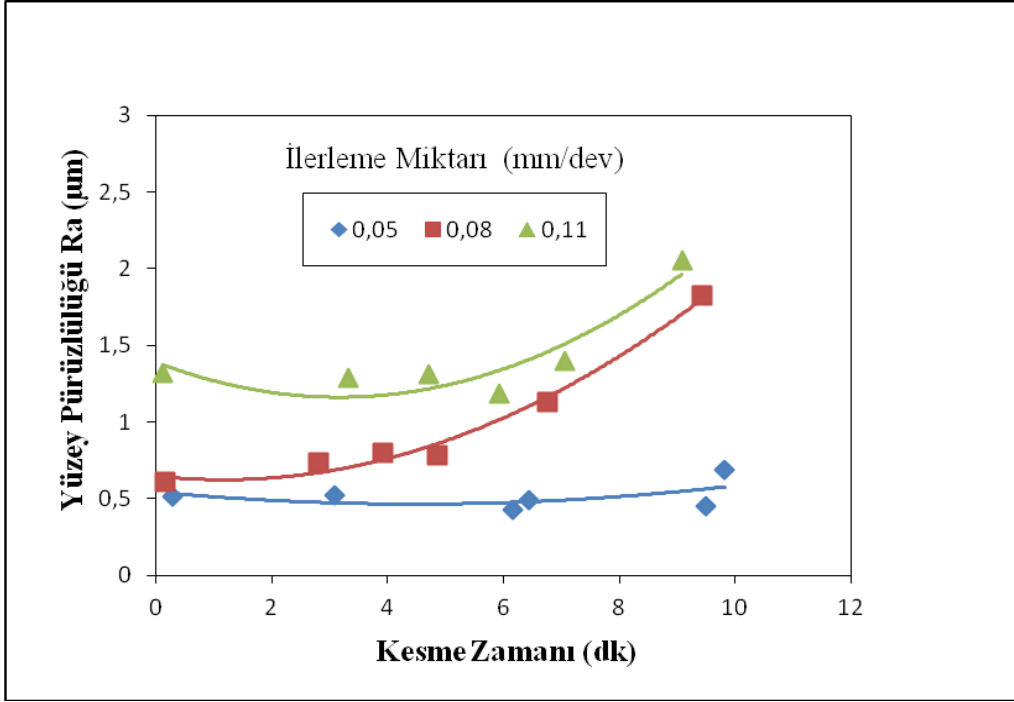
Şekil 4.2-4.4 arasında kesme hızı belirli aralıklarda arttırılarak kuru kesme şartlarında kesme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerden ortaya çıkan ortak sonuç, kesme hızının azalmasıyla birlikte takımda meydana gelen aşınma ciddi oranda azalmaktadır. Bunun neticesinde iş parçasının yüzey kalitesinde bozulma azalmaktadır.

Kesme hızı 150 m/dk olduğunda artan kesme zamanına karşılık 10 dk'lık kesme süresince herhangi bir takım kırılmasına rastlanmamıştır. Kesme hızı 200 m/dk'da olduğu gibi 0,08 ve 0,11 mm/dev ilerleme değerlerinde kesme zamanının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğünde parabolik bir artış görülmektedir. 0,05 mm/dev ilerleme değerinde artan kesme zamanına karşılık yüzey pürüzlülüğü ciddi bir değişim göstermemektedir. Kesme hızı 150 m/dk'nın altına düşürüldüğünde yine kuru kesme şartlarında deney yapıldığında yüzey pürüzlülüğü değerinin ilerlemeye bağlı olarak ciddi olarak değişmediği görülmektedir.

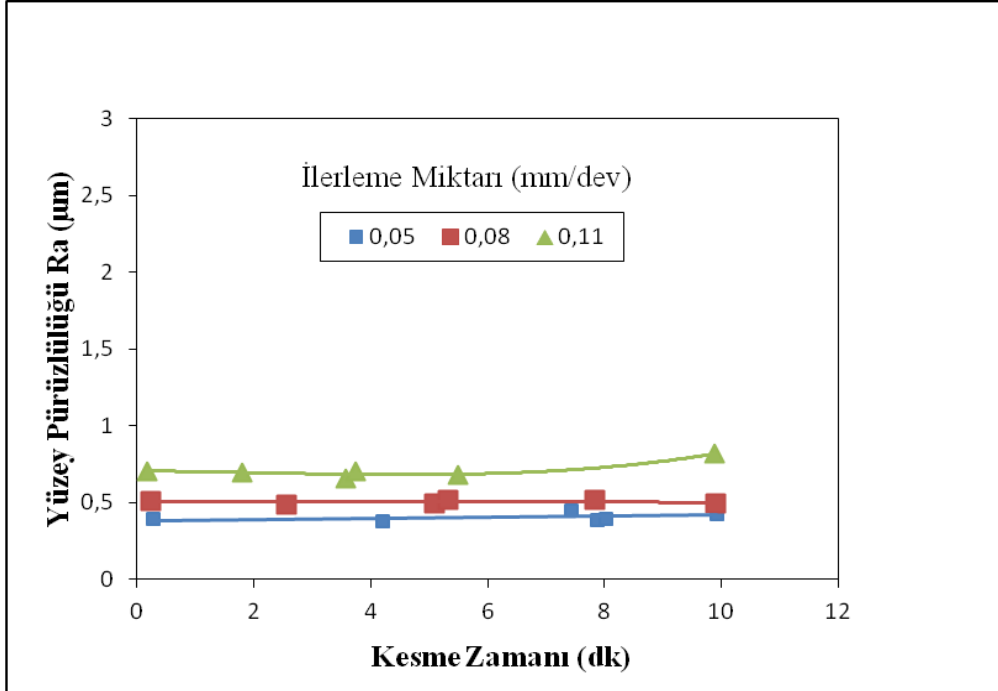
Şekil 4.3 ve 4.4'e bakıldığında her ikisinde de ortak nokta, kesme hızı 100 m/dk ve altında seçilirse ilerleme değerinin ne olduğu çokta önemli olmadığı söylenebilir. Çünkü artan ilerleme değerine karşılık her iki kesme hızında da yüzey pürüzlülüğünde her 3 ilerleme için ciddi bir değişim gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte 100 m/dk kuru kesme şartlarında ve 75 m/dk kuru kesme şartlarında artan kesme zamanına karşılık yüzey pürüzlülüğü ciddi bir artış göstermediği hatta aynı kaldığını söylenebilir.



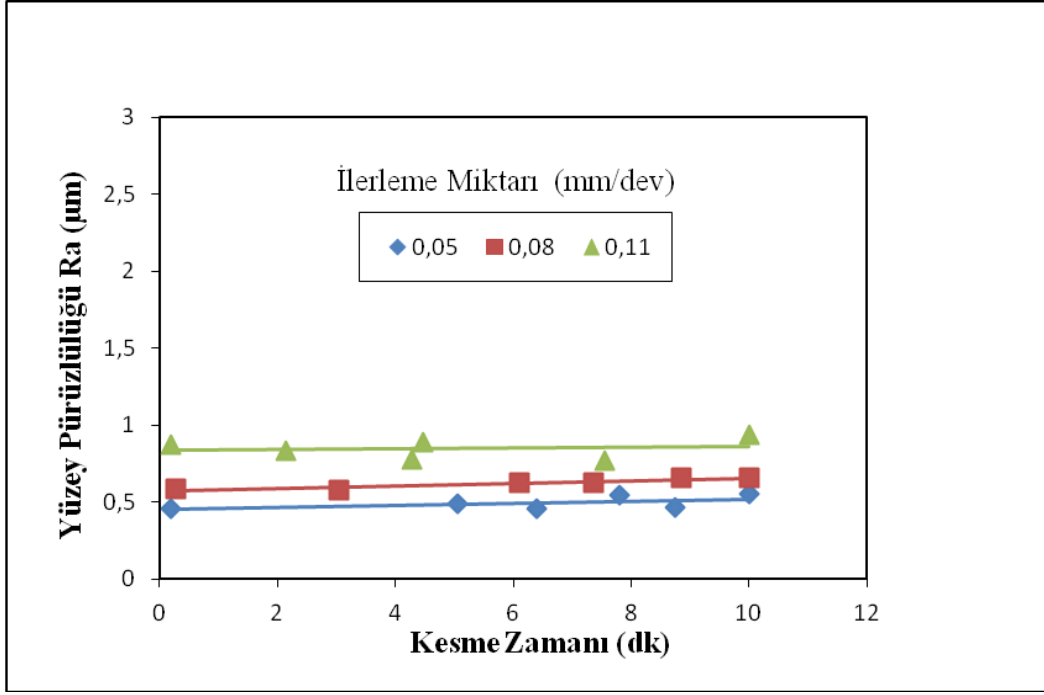
Şekil 4.1 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kuru Kesme, V=200 m/dk)



Şekil 4.2 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kuru Kesme, V=150 m/dk)



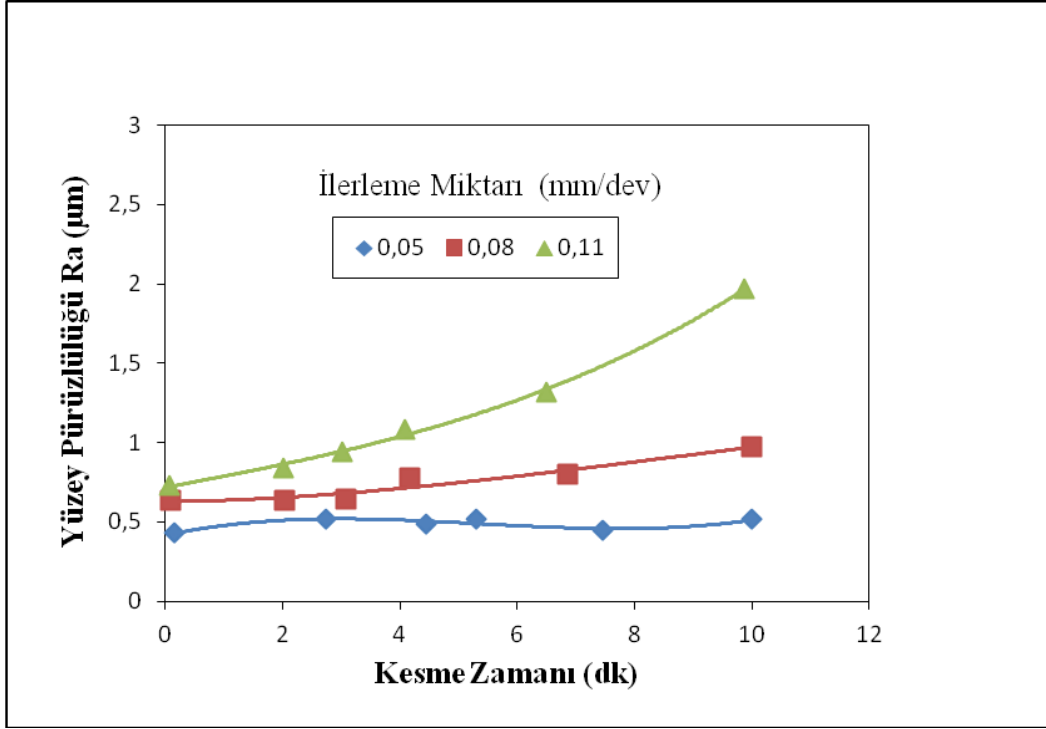
Şekil 4.3 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kuru Kesme, V=100 m/dk)



Şekil 4.4 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi
(Kuru Kesme, $V=75$ m/dk)

Çalışmada kullanılan soğutma tekniklerinden olan bor yağı kullanılarak yapılan kesme deneylerinde ise elde edilen sonuçlar Şekil 4.5-4.8 arasında verilmektedir.

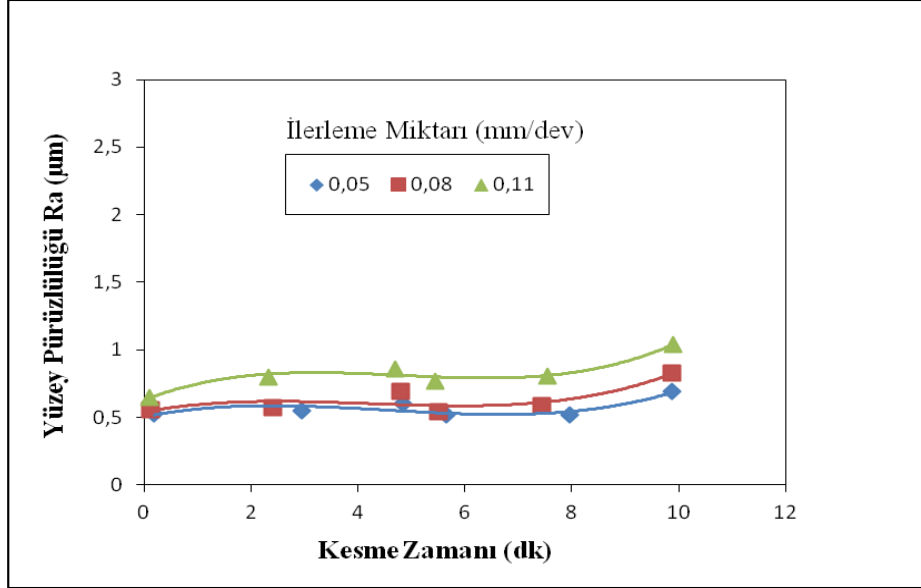
Grafiklere bakıldığında dikkati çeken ilk unsur Şekil 4.1’de 0,08 ve 0,11 mm/dev ilerleme değerlerinde gözlemlenen takım kırılması olayı bor yağı ile işleme şartlarında gözlemlenmemiştir. 0,08 ve 0,11 mm/dev ilerleme değerlerinde 10 dk’lık kesme boyunca herhangi bir takım kırılması görülmemektedir. Buna karşın artan kesme zamanı ile birlikte her 3 ilerleme değerinde de bir miktar yüzey pürüzlülüğü artışı görülmektedir. Fakat 0,11 mm/dev ilerleme miktarında yüzey pürüzlülüğü artışı biraz daha parabolik olduğunu söylenebilir. Buna karşın 0,05 mm/dev ilerleme değerindeki artışın hemen hemen hiç gerçekleşmediği ve işlenen yüzey kalitesinin 10 dk’lık işleme zamanı boyunca 0,5 μm civarında kaldığını söylenebilir.



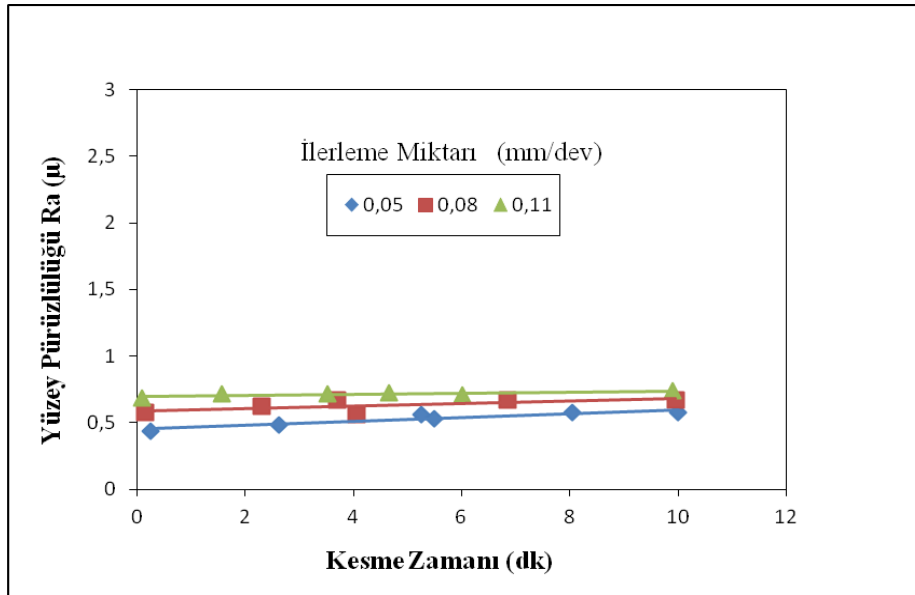
Şekil 4.5 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi
(Bor Yağı ile Kesme, $V=200$ m/dk)

Bor yağı ile yapılan kesme işlemlerinde azalan kesme hızı ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin genellikle $1 \mu\text{m}$ 'nin altında kalmasına neden olmuştur. 150 m/dk'lık kesme hızı ve bundan daha düşük olan kesme hızlarında tüm ilerleme değerleri için elde edilen yüzey kalitesi $1 \mu\text{m}$ ve altında olduğu söylenebilir. Buna karşın 100 m/dk ve 75 m/dk'lık kesme hızlarında ise ilerleme değerinin artması yüzey kalitesini çok fazla değiştirmedeği gözlemlenmiştir. Genellikle azalan kesme hızı bir miktar da olsa yüzey pürüzlülüğü değerinin azalmasına katkı sağlamıştır. 150 m/dk'lık kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değeri genellikle $0,5 \mu\text{m}$ ve üzerinde gerçekleşmiştir. Oysa 75 m/dk'lık kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değeri $0,5 \mu\text{m}$ 'nin da altına düştüğü görülmektedir. Kuru kesme şartlarında 100 m/dk'lık kesme hızının altındaki kesme hızlarında ilerlemenin etkisinin olmadığını söyleyebiliriz. Eğer soğutma sıvısı kullanılırsa bunu 150 m/dk'ya çıkarmak mümkündür. Bor yağı kullanılırsa 150 m/dk ve altındaki kesme hızlarında ilerlemenin artması ortalama yüzey pürüzlülüğünü çok fazla etkilemediğini söylemek mümkündür. Bor yağı ile kesme şartlarında en ideal pürüzlülük değerlerinin 100 m/dk ve 75 m/dk'da gerçekleştiği saptanmıştır. 100 m/dk ve 75 m/dk kesme hızları karşılaştırıldığına kesme zamanı ve üretim hızını dikkate

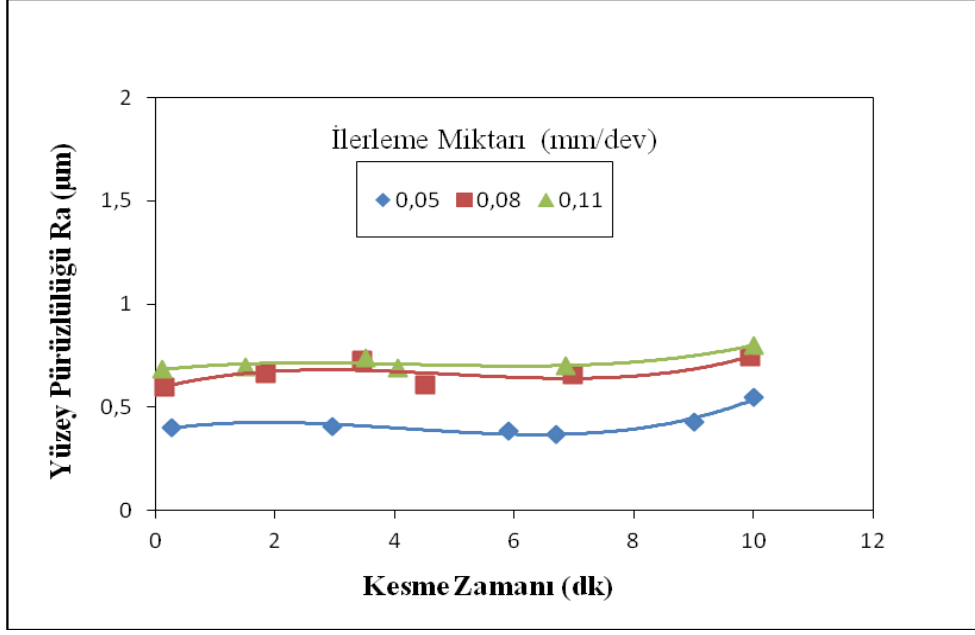
alınırsa en uygun kesme hızı değerinin bor yağı ile kesme şartlarında 100 m/dk olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Bor Yağı ile Kesme, V=150 m/dk)

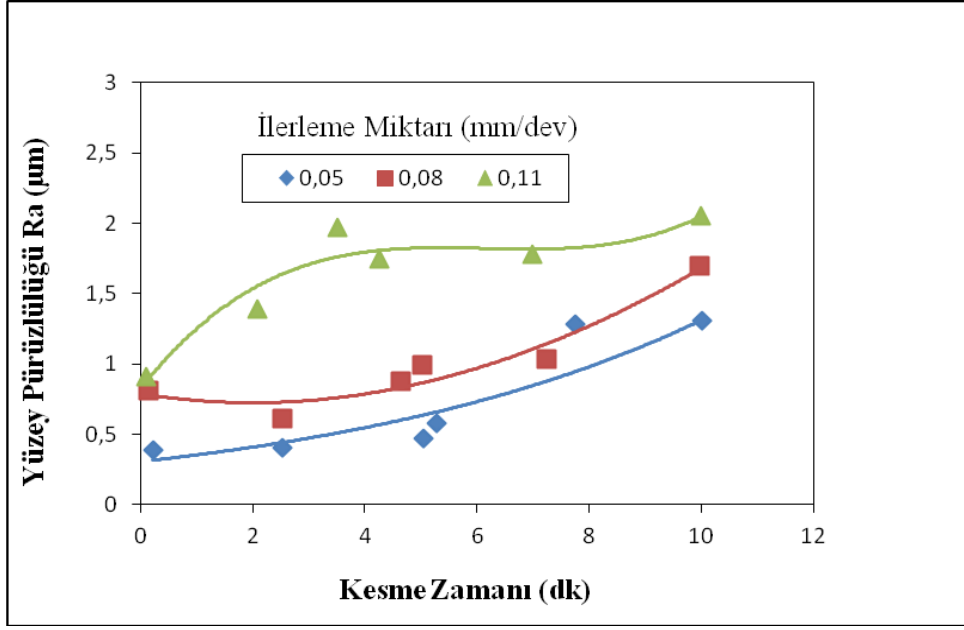


Şekil 4.7 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Bor Yağı ile Kesme, V=100 m/dk)



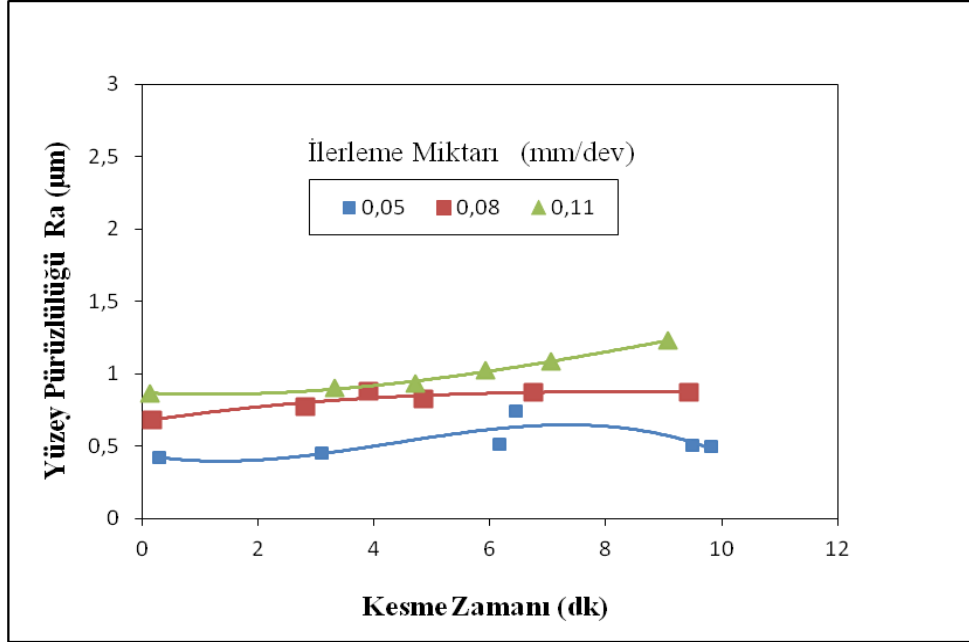
Şekil 4.8 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi
(Bor Yağı ile Kesme, $V=75$ m/dk)

Kriyojenik soğutma yöntemi kullanılarak yapılan kesme işlemlerinde 4 farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme değeri kullanılarak toplamda 10 dk'lık kesme işlemi yapılmıştır. Bu süre zarfında kesme zamanına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 4.9-4.12 arasında verilmiştir. Kriyojenik soğutma tekniği kullanıldığında elde edilen yüzey kalitesinin Şekil 4.5'te verilen bor yağı ile yapılan kesme işlemine nazaran daha kötü olduğu söylenebilir. Bundan dolayı bor yağı kullanılarak yapılan kesme işlemlerinde elde edilen yüzey kalitesinin, kriyojenik kesme şartlarında yapılan deneylere göre daha iyi yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 4.9 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kriyojenik Soğutma Şartlarında, V=200 m/dk)

Şekil 4.5 ve 4.9 karşılaştırıldığında kesme zamanına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim, kriyojenik kesme şartlarında yapılan kesmede her 3 ilerleme değerindeki kesme zamanına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerinin artışı genellikle parabolik bir düzeyde gerçekleşmiştir. Oysa bor yağı ile yapılan kesme şartlarında sadece 0,11 mm/dev ilerlemede yapılan kesme işleminde parabolik bir artış söz konusudur. Bununla birlikte kriyojenik kesme şartlarında 0,11 mm/dev ilerleme için elde edilen yüzey kalitesi hızlı bir artış gösterdikten sonra bir müddet sabit kalmış ve tekrar artmaya devam etmiştir. Kriyojenik kesme şartlarında ilerleme değerlerinin artışı yüzey kalitesini ciddi şekilde değiştirdiğini söylemek mümkündür.

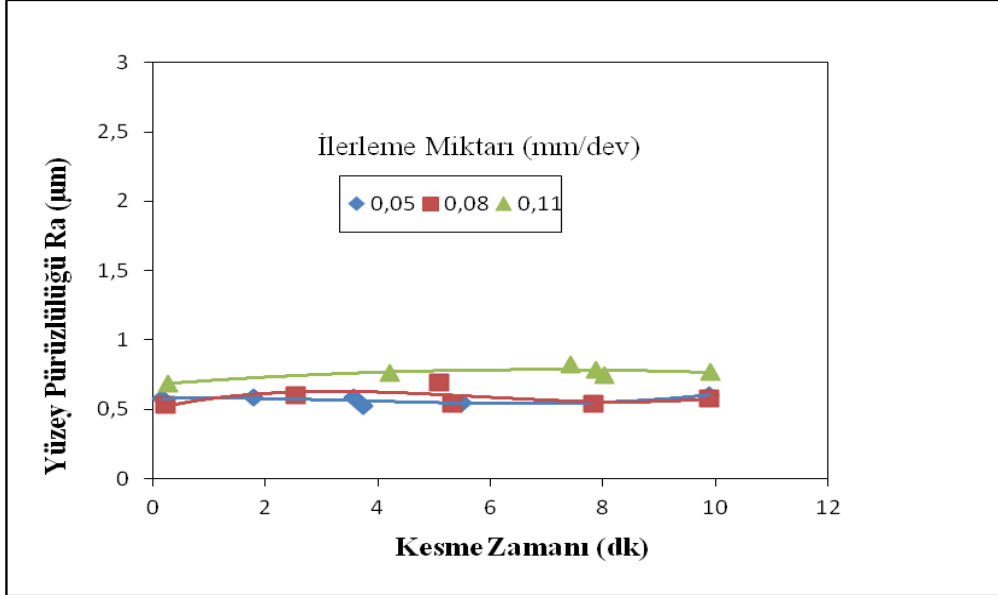


Şekil 4.10 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kriyojenik Soğutma Şartlarında, $V=150$ m/dk)

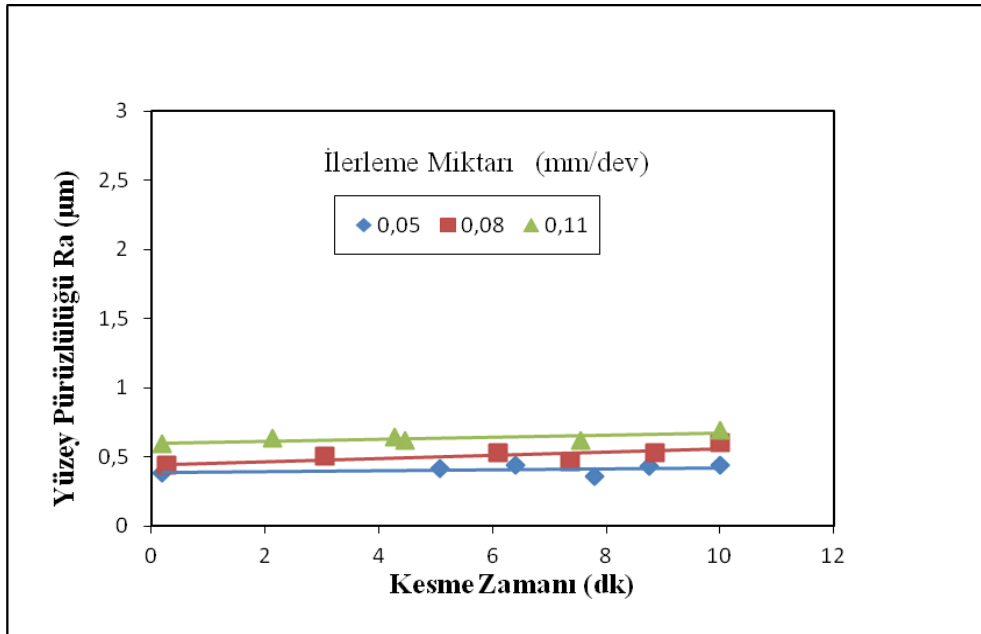
Bor yağı ile kesme şartlarında 150 m/dk ve daha düşük kesme hızlarında tüm ilerleme değerleri için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri 1 μm 'nin altında olduğu görülmektedir. Özellikle 100 m/dk ve 75 m/dk'da yapılan kesme işlemlerinde ilerleme değerinin hemen hemen yüzey pürüzlülüğü üzerinde hiç etkisinin olmadığını söylenebilir. Kriyojenik kesme şartlarında 75 m/dk'da kesme hızında $0,08$ mm/dev ve $0,05$ mm/dev ilerleme değerleri için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri $0,5$ μm 'nin ve altındadır. Bu noktalardan hareketle düşük kesme hızlarında kriyojenik soğutma tekniklerinin kullanılması yüzey kalitesi açısından olumlu etki oluşturmaktadır. Oysa bor yağı ile kesme şartlarında $0,05$ mm/dev ilerlemede yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğü $0,5$ μm 'nin altında gerçekleştiği görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar beraber değerlendirildiğinde; kullanılan soğutma sıvısının türü yüzey pürüzlülüğünü doğrudan etkilediği söylenebilir. Özellikle yüksek kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünü olumlu etkilemektedir. Bunun da temel nedeni kesici takım yüksek kesme hızlarında daha fazla aşınacağı için soğutma yöntemi kullanılmasıyla birlikte o bölgede meydana gelen ısı ciddi oranda bertaraf edilmiş

olmaktadır. Böylece kesici takımın aşınma direnci artırılmaktadır ve kesici geometrisi bozulmayacağı için bu işlenen yüzey kalitesine doğrudan etki etmektedir.



Şekil 4.11 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kriyojenik Soğutma Şartlarında, V=100 m/dk)



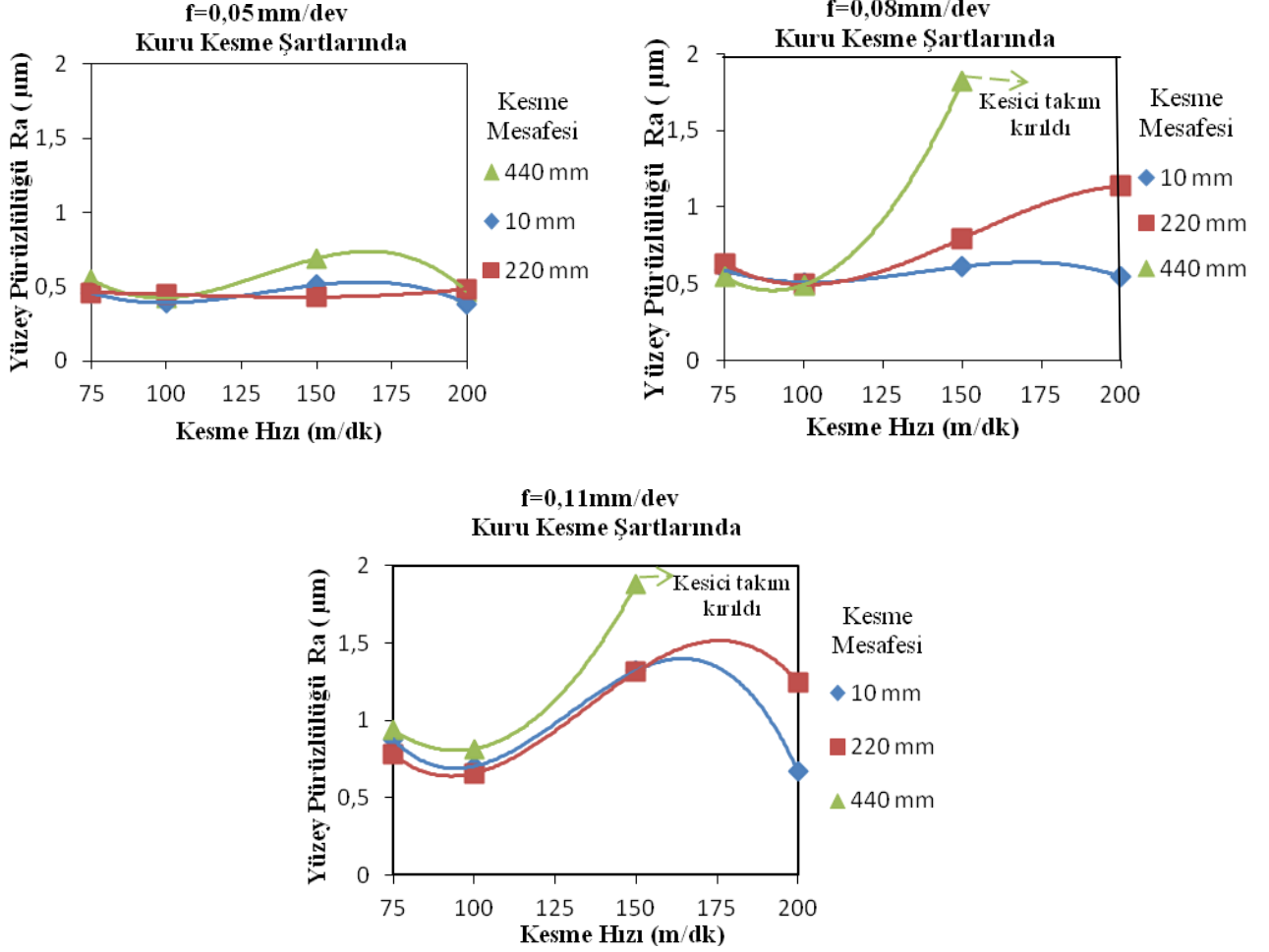
Şekil 4.12 Yüzey pürüzlülüğünün kesme zamanına ve ilerleme değerine bağlı değişimi (Kriyojenik Soğutma Şartlarında, V=75 m/dk)

Bor yağı ile kesmede daha iyi bir yüzey kalitesinin elde edildiğini söylenebilir. Çünkü bor yağı ile kesmede suya ilave edilen bor yağının soğutma etkisinin yanı sıra aynı zamanda yağlayıcı bir etkisi de bulunmaktadır. Bu yağlayıcı etki işlenen parçanın yüzey kalitesini olumlu etkilediği Şekil 4.5 ve 4.9 karşılaştırıldığında net bir şekilde görülmektedir. Bu nedenle kriyojenik kesme şartlarında yüzey pürüzlülüğünün biraz daha yüksek çıkmasının nedeni; kullanılan sıvı azotun herhangi bir yağlayıcı etkisi bulunmamasıdır. Takım-talaş ara yüzeyinde yağlayıcı etki oluşturmadığı için yüzey pürüzlülüğünün daha yüksek çıktığı görülmektedir. Sıvı azot kesme bölgesine yakın tutulup o bölgede soğutma etkisi oluşturulmaya çalışılmış olsa da kesme bölgesindeki sıcaklık ile karşılaştırıldığında aniden buharlaşacağı için takım-talaş ara yüzeyine çok fazla nüfus edemediği düşünülmektedir. Bunun neticesinde kesme işleminde takımın kısmen bor yağına göre daha fazla aşındığı söylenebilir. Çünkü takımda meydana gelebilecek bu aşınma doğrudan yüzey kalitesine etki edecektir.

Şekil 4.5 ve 4.9 karşılaştırıldığında kesme zamanının artmasıyla birlikte kriyojenik kesme de yüzey pürüzlülüğü parabolik olarak artmaktadır. Oysa bor yağında bu artış 0,05 mm/dev ilerlemede hemen hemen hiç yok denecek kadar azdır. 0,08 mm/dev ilerleme de lineer bir artış görülmektedir. Bor yağı ile kesme de bor yağı takım-talaş ara yüzeyine nüfus etme noktasında daha etkili olduğu ve bunun neticesinde de takımın aşınmasını daha geciktirdiği söylenebilir.

4.1.2 İlerlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

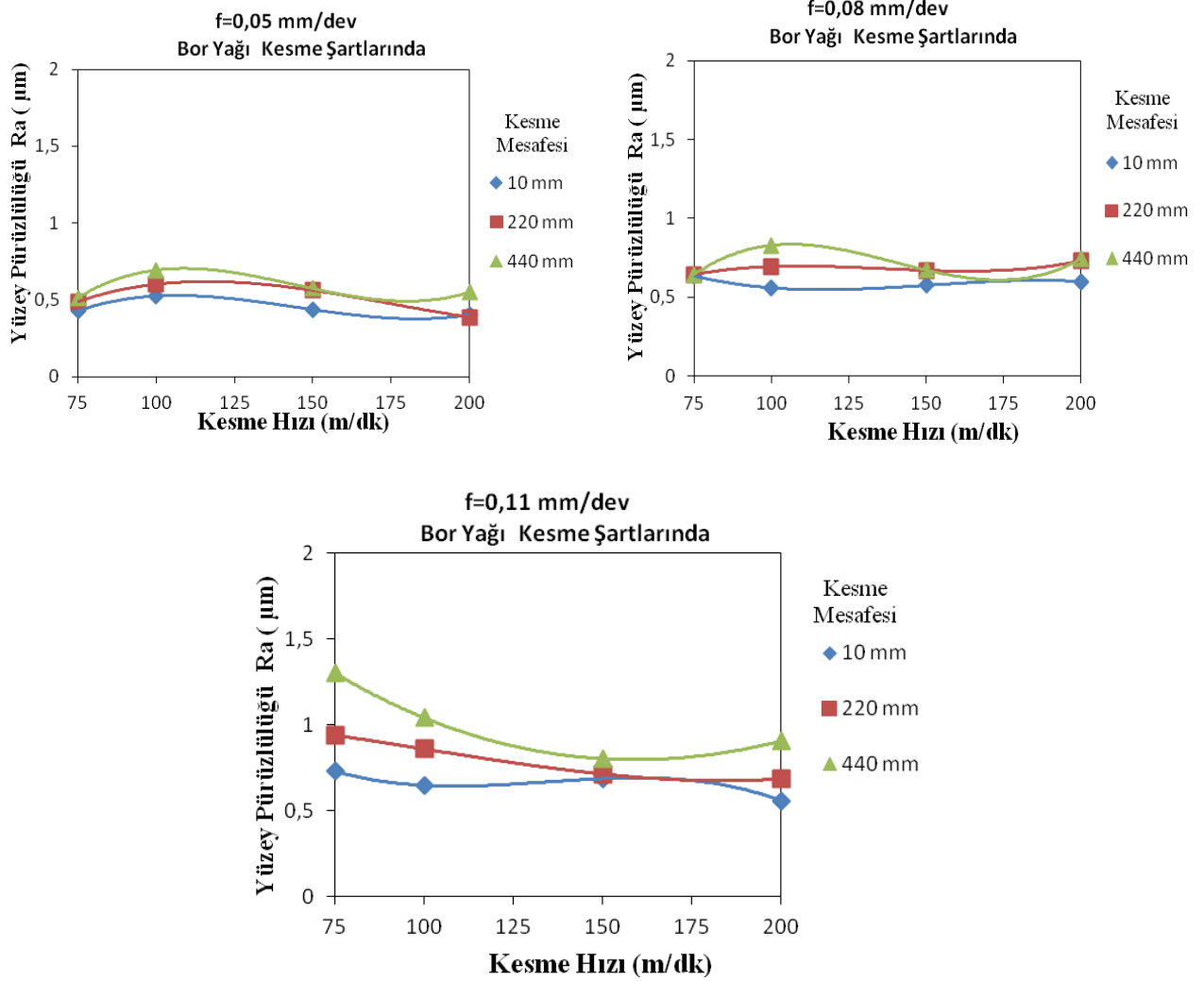
Şekil 4.13'te kuru kesme şartlarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi verilmiştir. İlerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı her 3 grafiği de karşılaştırılmasıyla görülmektedir. Bununla birlikte artan kesme hızı yüzey pürüzlülük değerinin artmasına neden olduğu söylenebilir. Grafiklerde verilen 10 mm, 220 mm ve 440 mm denilen kısımlarda kesme mesafesini göstermektedir. 10 mm'lik kısım kesmeye ilk başlanılan ölçüyü ifade etmektedir. 220 mm ise birinci pasonun sonunu, 440 mm ise ikinci pasonun sonunu ifade etmektedir.



Şekil 4.13 Kuru kesme neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünün kesme hızıyla değişimi

İlerlemenin 0,05 mm/dev durumunda kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünü çokta etkilememektedir. Yüzey pürüzlülüğü 0,5-0,6 μm civarında değerde kalmaktadır. Buna karşın ilerlemenin artmasıyla kesici takıma etkiyen talaş kesiti artmaktadır. Bununla birlikte kesici takıma etkiyen yük miktarı artmaktadır. Bu artan yük kesici takımın aşınmasına neden olacağı için, Şekil 4.13'te verilen 2. ve 3. grafiklerde kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü değeri de artmaktadır. Kesme mesafesinin artmasıyla 10 mm, 220 mm ve 440 mm ile kestiğimiz kesici takımdaki aşınmalar artmaktadır. İkinci pasonun sonunda 150 m/dk kesme hızından sonra 200 m/dk ya ulaşılardan ve 0,08 mm/dev ilerleme de takım kırılmaya uğramıştır. Takımdaki kırılmalar 0,11 mm/dev ilerlemede de görülmektedir.

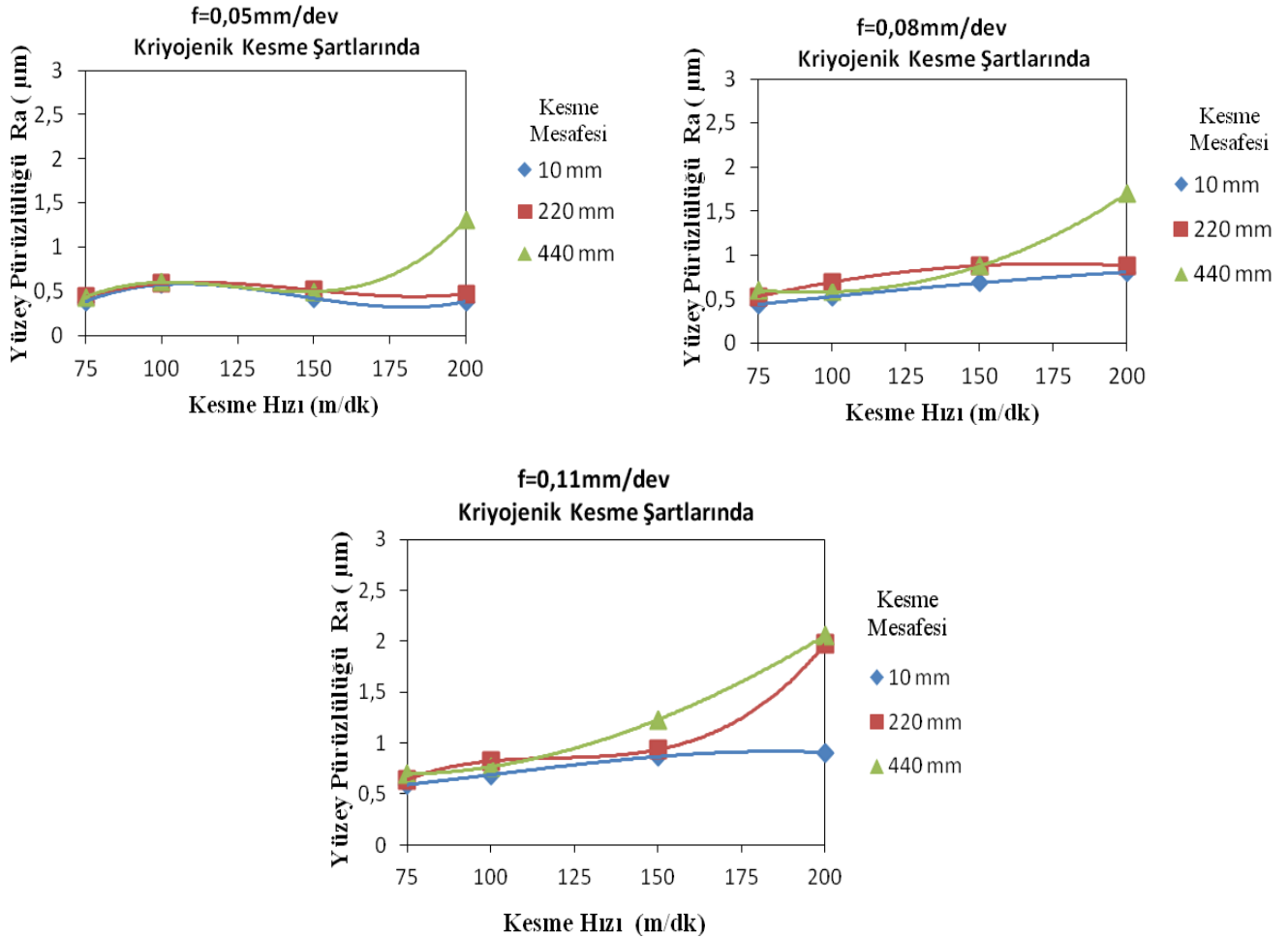
Kuru kesme şartlarından ziyade kesme sıvısı kullanıldığında Şekil 4.14'te bor yağı ile kesme yapıldığında, bor yağı kesici takımında kesme mesafesi açısından takıma ciddi bir aşınma dayanımı kazandırmaktadır. Çünkü kesici takımında birinci paso ve ikinci pasoda bir kırılma riski getirmemiştir. En düşük ilerleme değerinde 0,05 mm/dev ilerlemede birinci paso ve ikinci paso sonunda iş parçasının yüzey pürüzlülüğünün çok değişmediği, 0,5-0,6 μm civarında kaldığını söylemek mümkün. 0,08 mm/dev ilerleme değerinde yüzey pürüzlülüğünün bir miktar arttığı görülmektedir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünün paso sayısının artmasıyla birlikte bir miktar arttığını, 0,7-0,8 μm civarına çıktığını görülmektedir. Buna karşın artan kesme hızıyla birlikte yüzey pürüzlülüğünün 150 m/dk'dan sonra kesme mesafesine bağlı olarak bir miktar düşüş gösterdiğini söyleyebiliriz. İlerleme değerinin 0,11 mm/dev olduğunda dikkat edilecek olursa, kesme mesafelerine bağlı olarak aralarındaki fark açılmaktadır. 0,05-0,08 mm/dev ilerleme değerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri genellikle 0,7 μm 'yi aşmazken, burada kesme mesafesinin artmasıyla özellikle ikinci pasodan sonra yüzey pürüzlülük değerleri 1 μm 'nin üstüne çıkmıştır. Fakat burada kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin bir miktar düşüş gösterdiği Şekil 4.14'ün 3. grafiğinde görülmektedir. Soğutma sıvısı olarak sıvı azot kullanıldığında, bor yağına nazaran oldukça farklılık gözlemlenmiştir. Özellikle 150 m/dk'lık kesme hızının ikinci pasosunda, iş parçasında yüzey pürüzlülüğü ciddi bir artış göstermektedir. Örneğin 0,5-0,08 mm/dev ilerleme değerine bakılacak olursa 150 m/dk'da ikinci pasoda yüzey pürüzlülük değeri 1 μm 'ye çıkarken, kesme hızının 200 m/dk olduğunda yüzey pürüzlülük değeri 1,5 μm 'ye çıkmaktadır.



Şekil 4.14 Bor yağı ile kesme neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünün kesme hızıyla değişimi

Artan kesme hızı kesme bölgesindeki sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Artan sıcaklık dolayısıyla sıvı azotun takım-talaş ara yüzeyine nüfuziyeti ciddi oranda azalmaktadır. Özellikle artan sıcaklık sıvı azotun daha kesme bölgesine nüfuz etmeden buharlaşmasına neden olduğundan kesici takımın aşınmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Kesici takımın aşınması da yüzey kalitesini etkilemektedir. Şekil 4.15'te 3. grafiğe bakıldığında 0,11 mm/dev ilerleme ile yapılan kesme işleminde ise hem birinci hem de ikinci pasoda kesici takımda meydana gelen aşınmanın artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü 200 m/dk kesme hızında 2 μm 'ye kadar çıkmaktadır.

Kriyojenik soğutma ile bor yağı kesme şartları karşılaştırıldığında, kesme hızının etkisinde söylenen ifadenin burada da geçerli olduğunu söylemek mümkündür. Şöyle ki bor yağı ile kesme, yüzey pürüzlülüğü açısından daha verimli olacağı söylenebilir. Çünkü bor yağı, takım-talaş ara yüzeyinde hem soğutma hem de yağlama etkisi oluşturacağından, ikinci pasonun sonunda da yüzey pürüzlülüğü 200 m/dk ve 0,11 mm/dev ilerlemede 1 µm'nin üstüne çıkmadığını gözlemlenmiştir.



Şekil 4.15 Kriyojenik kesme neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünün kesme hızıyla değişimi

Takımın aşınma faktörünü dikkate almadan hangi tür soğutmanın daha iyi bir yüzey kalitesi sağladığını ortaya koymak için 10 mm'lik bir mesafedeki kesme sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri için bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma Şekil 4.16, 4.17 ve 4.18'de verilmiştir.

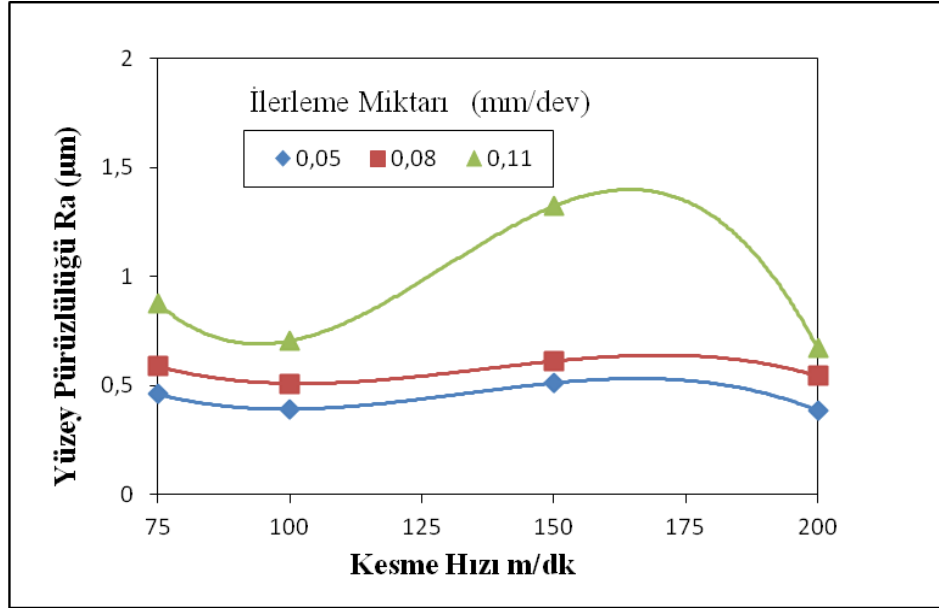
Şekil 4.16’da verilen kuru kesme şartlarında kesme hızının 150 m/dk ve ilerlemenin 0,11 mm/dev olduğu durumda yüzey kalitesi ciddi oranda bir bozulma göstermektedir. 0,05-0,08 mm/dev ilerleme değerleri için tüm kesme hızlarında benzer bir seyir izlemiştir. Şekil 4.16’da dikkati çeken bir unsur ise 200 m/dk kesme hızında elde edilen Ra değerlerinin daha düşük olmasıdır. Bunun nedeni; takım burun radüsünün artan aşınma ile büyümesidir. Bunun neticesinde Ra değeri daha düşük çıkmıştır. Çünkü burun radüsü ile Ra arasında Denklem 3.1’de verildiği üzere ters bir ilişki söz konusudur. Dolayısıyla kuru kesme şartlarında bir kesme işlemi yapılacak olursa, kesme hızının yüzey kalitesi açısından 100 m/dk altında tutulması uygun olacaktır. Tüm kesme hızlarında $f=0,05$ ve $0,08$ mm/dev değerleri de çok rahatlıkla kullanılabilir. Çünkü yüzey pürüzlülük değeri genellikle $0,5-0,6$ μm aralığında kalmıştır.

$$Ra = \frac{f^2}{32 \cdot r} \quad (4.1)$$

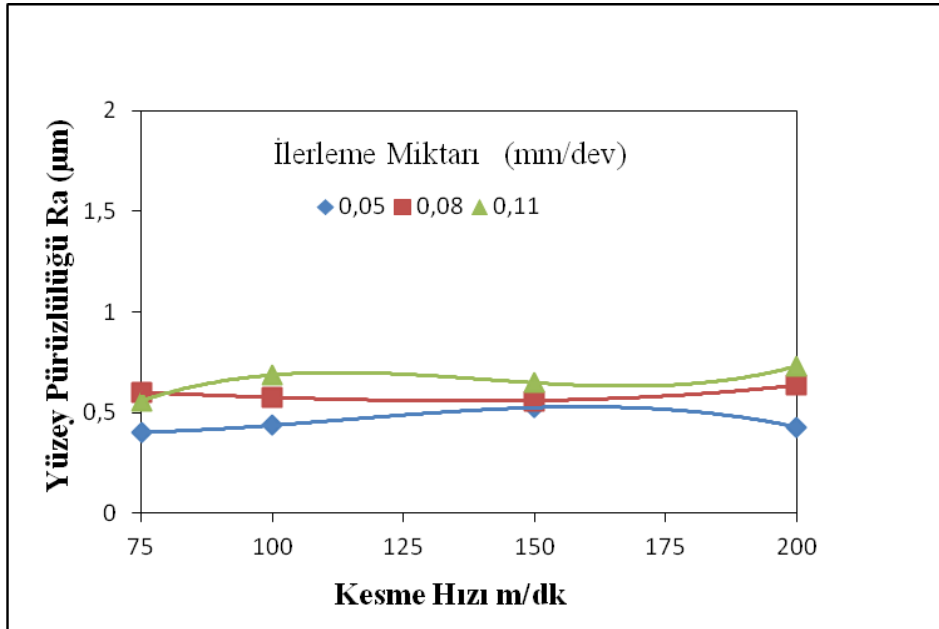
Şekil 4.17’de tüm kesme hızlarında ve ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülük değerinin $0,6-0,7$ μm ’nin üzerine çıkmadığı görülmektedir. Kesme mesafesinin çok kısa olması nedeniyle takımın aşınmadığı kabul edilecek olursa, kesme işleminde bor yağı kullanıldığından tüm kesme hızları ve ilerleme değerleri elde edilecek yüzey kalitesi açısından tavsiye edilebilir.

Şekil 4.16 ve 4.17 birbiri ile kıyaslanacak olursa, bor yağı kullanıldığında $0,11$ mm/dev ilerleme değerinde bile $0,5-0,6$ μm civarında bir yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de bor yağı ile kriyojenik soğutma kullanılarak yapılan kesme işlemi kıyaslanacak olursa, $0,08-0,11$ mm/dev ilerleme için artan kesme hızıyla Ra değerinin küçüğe gittiği görülmektedir. Kesme hızının artmasıyla birlikte kriyojenik kesmede yüzey pürüzlülüğü bir miktar artmış ve $0,7-0,8$ μm ’ye kadar ulaşmıştır. Bunun nedeni ise artan kesme hızıyla takım-talaş ara yüzeyinde sıcaklığın artmasıdır. Takım her ne kadar kısa bir kesme yapmış olsa da kesici takımda meydana gelen küçük bir aşınma yüzey kalitesinin bozulmasına neden olmuş olabilir. $0,05$ mm/dev ilerleme de ise ilerlemenin çok düşük olması yüzey kalitesinin bir miktar

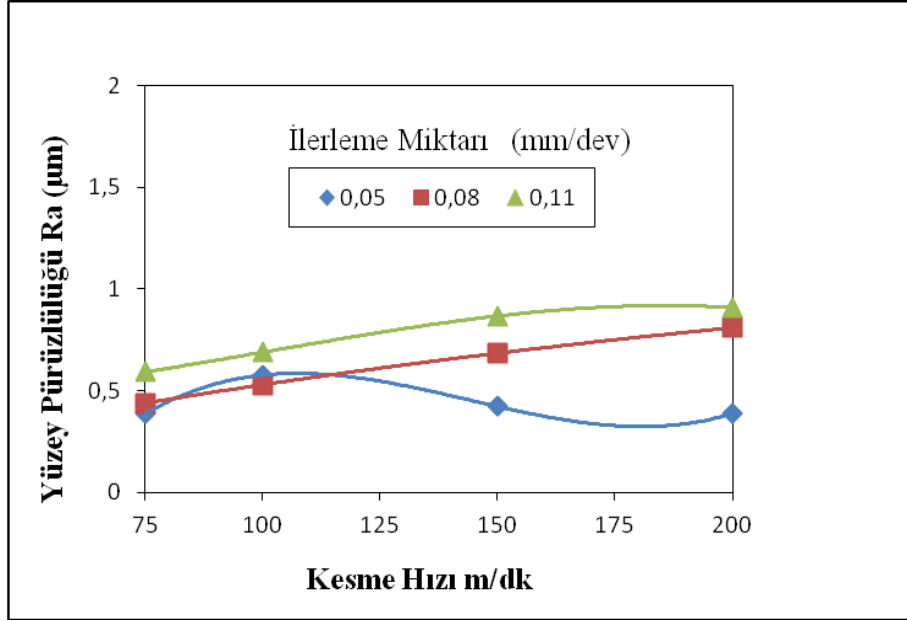
daha iyileşmesine neden olduğu söylenebilir.



Şekil 4.16 Başlangıç kesme mesafesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (Kuru kesme)

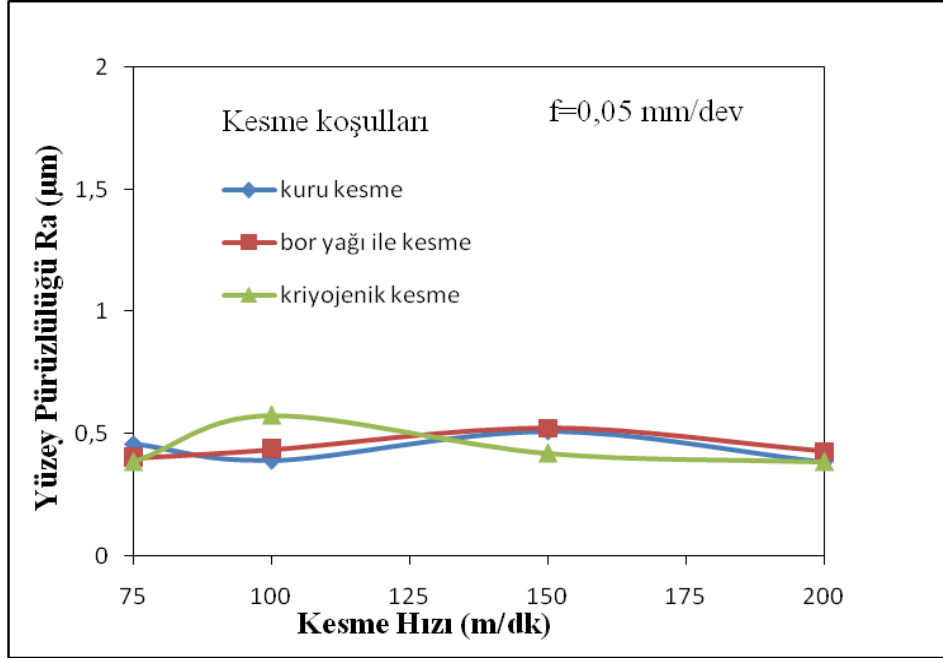


Şekil 4.17 Başlangıç kesme mesafesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (Bor yağı ile kesme)

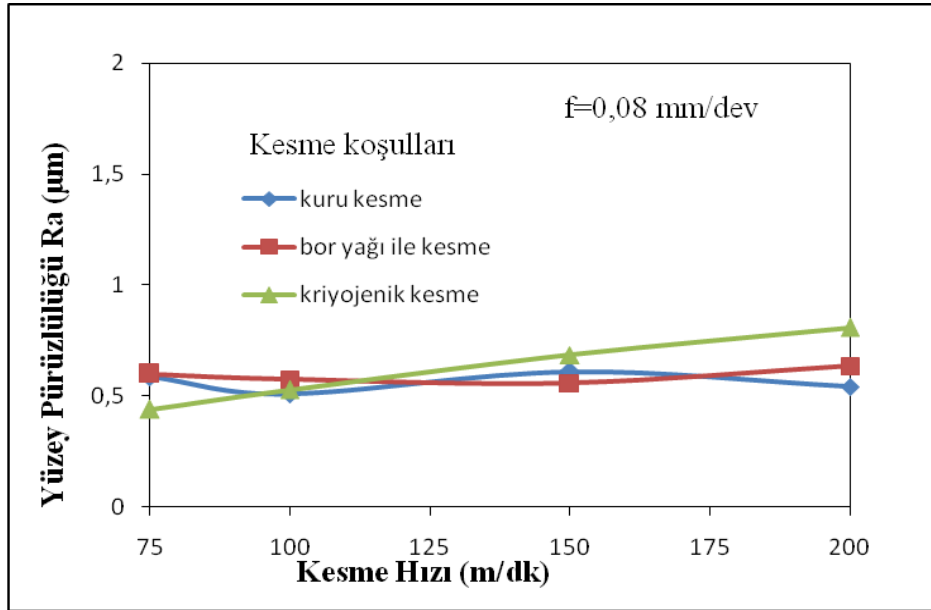


Şekil 4.18 Başlangıç kesme mesafesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (Kriyojenik soğutma)

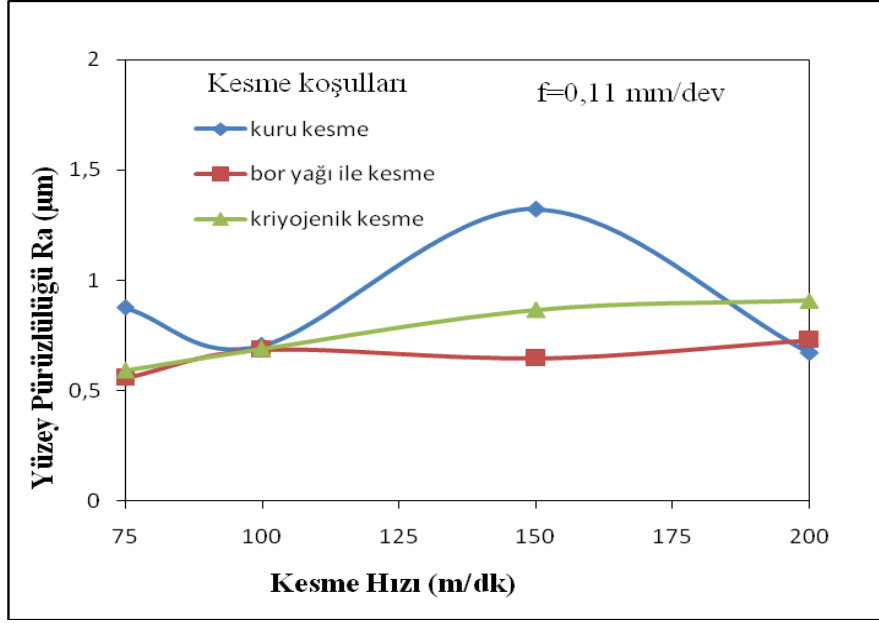
Takımın aşınma faktörünü dikkate almadan başlangıç kesme mesafede ilerleme değerlerini sabit tutarak farklı kesme koşulları için Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21’de verilmiştir. 0.05 mm/dev ilerleme değerinde farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülük değerleri 0,4-0,6 µm arasında değişmektedir. Şekil 4.19’da elde edilen Ra değerlerine göre $f \leq 0,05$ mm/dev ilerleme değerlerinde kesme hızının ve soğutma şeklinin çokta bir etkisi olmadığı sonucuna varılabilir. Çünkü tüm kesme hızı ve kesme şartları için elde edilen Ra değeri genellikle 0,5 µm ve altında kalmıştır. Tabi ki bu durum takımın aşınmadığı kabulü altında geçerlidir. $F=0,08$ mm/dev’de ise kesme hızının etkisi daha net görülmektedir. Bir anlamada artan kesme hızıyla Ra değeri az da olsa lineer bir artış göstermektedir. Özellikle de kriyojenik şartlarda kesme işleminde bu daha da net görülmektedir. $f \geq 0,11$ mm/dev olduğunda kesme hızının ve soğutma şeklinin Ra üzerindeki etkisi daha net olarak görülmektedir. Özellikle $V \geq 125$ m/dk kesme hızında elde edilen Ra değeri 0,5 µm’nin üzerine çıkmakta ve artan kesme hızıyla da artmaktadır.



Şekil 4.19 Kesme hızının farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğüne etkisi($f=0,05$ mm/dev)



Şekil 4.20 Kesme hızının farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğüne etkisi($f=0,08$ mm/dev)



Şekil 4.21 Kesme hızının farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğüne etkisi ($f=0,11$ mm/dev)

Kuru kesme şartlarında bu değer $1,5 \mu\text{m}$ 'ye kadar çıkmaktadır. Fakat ilginç olan bir nokta; $V=200$ m/dk için elde edilen Ra değeri $V=150$ m/dk'ya nazaran daha düşük olmasıdır. Buna neden olan ise; kuru kesme şartlarında $V \geq 200$ m/dk için takımdeki ani aşınma burun yarıçapının artmasına veya burun bölgesinin düşürülmesine neden olmuştur. Dolayısıyla elde edilen Ra değerleri daha küçük elde edilmiştir.

4.2.Kesme Parametrelerinin Takım Aşınması Üzerindeki Etkisi

Yapılan her bir deney için farklı kesici takım kullanılmış, her bir kesme parametresine numara verilerek deneyler kodlanmıştır. Kesme deneyleri sonrasında takımların aşınmasını incelemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Kesme deneyleri esnasında kesici takım üzerinde oluşan hasar tipleri Şekil 4.22, 4.23 ve 4.24'te görüldüğü üzere yan yüzey yanak aşınması, krater aşınması ve plastik deformasyonun ağırlıklı olduğu görülmektedir.

Kesici takımlardan alınan SEM görüntüleri incelendiğinde kesme hızının yüksek olduğu takımlarda daha fazla aşınma meydana gelmiştir. Yüksek hızlarda takım-talaş ara

yüzeyinde sıcaklığın artmasından dolayı takımın abrasiv aşınma mekanizmasıyla aşınmasından kaynaklanmaktadır. Düşük hızlarda da takım aşınması yüksek kesme hızlarına nazaran daha az görülmektedir. Çünkü oluşan ısı yüksek kesme hızlarına nazaran daha azdır. Genel olarak takımlarda meydana gelen aşınmalar, burun bölgelerinde meydana gelmiştir. Özellikle kuru kesme ve bor yağı ile kesme işlemlerinde yüksek kesme hızlarında abrasiv aşınma mekanizmasının bir sonucu olarak krater aşınmalarının olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak karakter aşınmasının sürtünme ve sıcaklığın etkisiyle olduğu düşünülmektedir.

Şekil 4.22 , 4.23 ve 4.24 takım aşınmaları karşılaştırıldığında en iyi takım aşınma direncini bor yağı ile kesme koşullarında görülmektedir. Çünkü bor yağının takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın yanı sıra o bölgede yağlama görevini yapmaktadır. Yağlama sonucunda takım-talaş ara yüzeyinde sürtünmenin azalmasına ve dolayısıyla takımın aşınmasına engel olmaktadır. Kriyojenik kesme koşullarına (Şekil 4.24) bakıldığında sıvı azotun yüksek kesme hızlarında takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın etkisiyle kesme bölgesine ulaşmadan buharlaştığı için aşınmalar bor yağına nazaran daha fazla görülmektedir. En fazla aşınmalar ise kuru kesme şartlarında görülmektedir. Yüksek kesme hızlarında takım-talaş ara yüzeyinde meydana gelen sıcaklığın etkisinden dolayı kesici takımda ciddi oranda aşınmalar görülmektedir.

Şekil 4.22’de kuru kesme şartlarında iki farklı ilerleme ve her bir kesme hızı için takımda meydana gelen aşınma tipleri verilmiştir. Buradan çıkartılacak ilk sonuç artan kesme hızıyla birlikte takımın burun bölgesinde aşırı abrasiv aşınma meydana gelmektedir. Özellikle $V=200$ m/dk’da takımın burun bölgesi kesme bölgesindeki sıcaklığın da etkisiyle ciddi bir aşınmaya maruz kalmakta ve burun yarıçapı büyümektedir. Bununla birlikte takımın talaş yüzeyinde de talaş yapışması (BUE)’da söz konusudur. Özellikle $V>100$ m/dk için talaş yüzeyinde krater oluşumu meydana gelmekte ve kraterin iç kısmı talaş yapışması sonucunda olmaktadır. $V=150$ m/dk ise burun aşınması görülmekte ama buradaki aşınma $V=200$ m/dk kadar aşırı değildir. Takımın burun radüsünü çokta değiştirmediğini söylemek mümkün. $V\leq 100$ m/dk için belirgin bir burun aşınması gözlemlenmemiştir. Fakat minimal düzeyde krater oluşumu ve talaş yapışması meydana gelmiştir.

Şekil 4.25'te 3 farklı kesme durumu için aynı parametrelerde elde edilen ve takımda meydana gelen hasar tipleri verilmiştir. Burada dikkati çeken ilk unsur; tüm kesme işlemlerinde krater aşınması söz konusudur. Bununla birlikte elde edilen kesme işlemlerinde burun bölgesinde burun aşınması meydana geldiği gözlemlenmektedir. Takımlarda meydana gelen krater bölgesinde talaşın aynı zamanda oraya yapıştığı da düşünülmektedir. Benzer bir durum bor yağı ile kesme şartlarında ve kriyojenik soğutma şartlarında da görülmektedir.

	$f=0,05$ mm/dev	$f=0,11$ mm/dev
V=200 m/dk	<p>Talaş yapışması(BUE)</p> <p>Burun aşınması</p>	<p>Krater aşınması</p> <p>Burun aşınması</p>
V=150 m/dk	<p>Krater aşınması</p> <p>Burun aşınması</p>	<p>Krater oluşumu ve BUE</p> <p>Burun aşınması</p>
V=100 m/dk	<p>Krater oluşumu ve BUE</p>	<p>Krater oluşumu</p>
V=75 m/dk		<p>BUE</p>

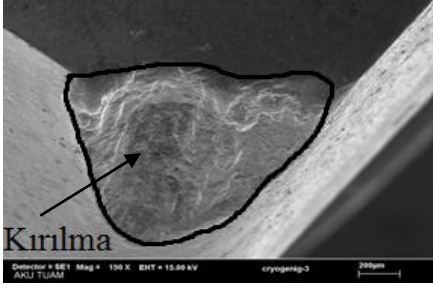
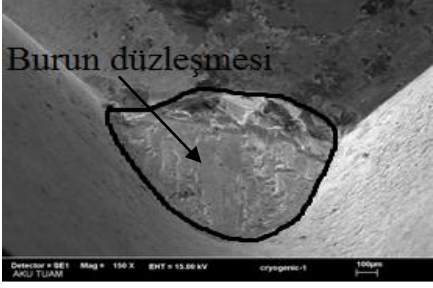
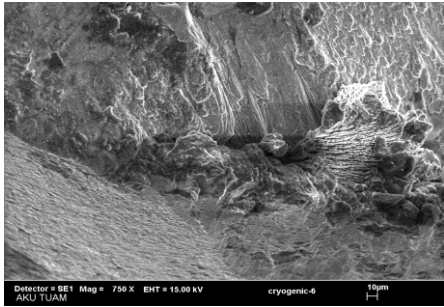
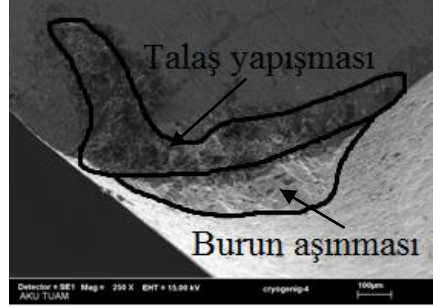

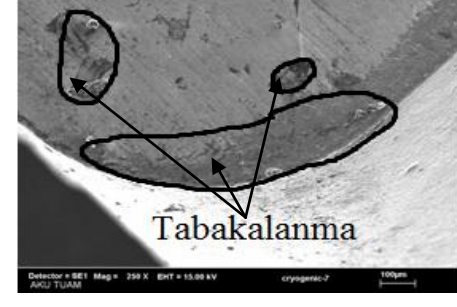
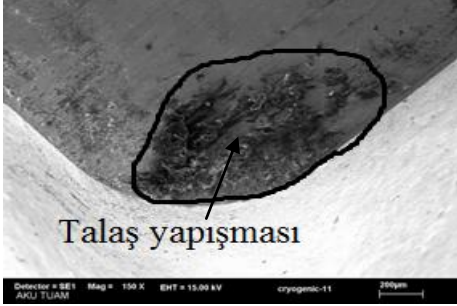
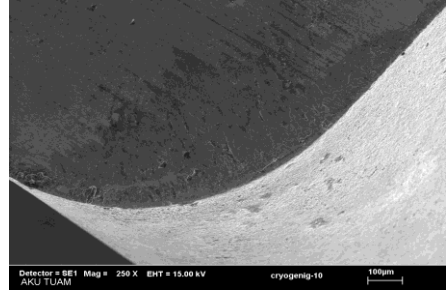
Şekil 4.22 Kuru kesme şartlarında kesici uçlar üzerindeki aşınmalar

Şekil 4.23'te bor yağı kullanılarak yapılan kesme işlemlerinde takımın meydana gelen aşınma tipleri verilmiştir. Özellikle 200 m/dk'da yapılan kesme işlemlerinde takımın burun bölgesinde meydana gelen aşınmanın kuru kesme şartlarında olduğu kadar aşırı olmadığını söylemek mümkündür. Takımın burun radüsünün çokta büyümediği veya o geometrinin çokta bozulmadığını söyleyebiliriz. Burada dikkati çeken bir unsur; $V \leq 150$ m/dk takımın talaş yüzeyinde krater aşınması net olarak görülmektedir. Bununla birlikte hem 200 m/dk hem de 150 m/dk'da burun bölgesinde bir abrasiv aşınma söz konusudur. Fakat 150 m/dk kesme hızında burun aşınması 200 m/dk kesme hızına nazaran biraz daha azaldığı gözlemlenmektedir. $V \leq 150$ m/dk'da takımın talaş yüzeyinde krater oluşumu minimal düzeyde gerçekleşse de takımın geometrisini çokta etkilemediği söylemek mümkündür. Fakat takımın talaş yüzeyinde meydana gelen kraterin talaş yapışmasıyla birlikte olduğu Şekil 4.23'te verilen 100 m/dk ve 75 m/dk kesme hızlarında görülmektedir.

Şekil 4.24'te kriyojenik soğutma şartları kullanılarak yapılan kesme işlemleri neticesinde kesici takımın meydana gelen aşınma tipleri verilmiştir. Dikkati çeken bir unsur; özellikle yüksek kesme hızlarında kesici takımın uç bölgesinde küçük çaplı kırılmaları ve aşırı abrasiv aşınmanın meydana geldiği görülmektedir. Burun bölgesinin geometrisinde ciddi bir bozulma meydana geldiği gözlemlenmektedir. Kesme hızının düşmesiyle birlikte burun bölgesindeki geometride meydana gelen bozulma ciddi oranda azalmaktadır. Bununla birlikte $V \leq 150$ m/dk'da takımın talaş yüzeyinde krater aşınmasının izleri görülmekte ve talaş yüzeyinde talaş yapışması da görülmektedir. Kriyojenik kesmede 100 m/dk kesme hızı ve $f=0,11$ mm/dev ilerlemede takımın talaş yüzeyinde küçük çaplı kırılmalar gözlemlenmiştir. Bu kırılmaların nedeni; talaş yüzeyinde meydana gelen soğumanın etkisiyle ve mekanik yüklerin etkisiyle o bölgede küçük çaplı tabaka şeklinde kırılmalar meydana gelmiş olabilir. $V \leq 100$ m/dk'da takımın talaş yüzeyinde herhangi bir burun aşınmasına rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu durum aslında bir anlamda elde ettiğimiz yüzey pürüzlülük değerlerini doğrulamaktadır.

	f=0,05 mm/dev	f=0,11 mm/dev
V=200 m/dk		
V=150 m/dk		
V=100 m/dk		
V=75 m/dk		

Şekil 4.23 Bor yağı ile kesme şartlarında kesici uçlar üzerindeki aşınmalar

	f=0,05 mm/dev	f=0,11 mm/dev
V=200 m/dk		
V=150 m/dk		
V=100 m/dk		
V=75 m/dk		

Şekil 4.24 Kriyojenik soğutma şartlarında kesici uçlar üzerindeki aşınmalar

V=150 m/dk f=0,11 mm/dev	
Kuru Kesme	
Bor Yağı ile Kesme	
Kriyojenik Soğutma	

Şekil 4.25 Farklı kesme şartlarında şakım aşınmalarının karşılaştırılması

4.3 Kesme Parametrelerinin Talaş Yapısı Üzerindeki Etkileri

Talaşlı üretimde, malzemeler işlenirken elde edilen talaş tipi genellikle; işlenen malzeme cinsi, kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve talaş açısına bağlı olarak değişir. İşleme parametrelerine bağlı olarak en genel şekli ile üç tip talaş biçiminden söz edilebilir. Bunlar; akma talaş, yığma talaş ve kırık (kopuk süreksiz) talaş biçimleridir.

Akma iş parçasından sürekli ve akıcı olarak ayrılan talaş tipidir. Genellikle sünek malzemelerin yüksek kesme hızlarında kesilmesi esnasında oluşur. Kesme süresince harcanan güç, takım ömrü ve elde edilen yüzey kalitesi yönünden tercih edilen Talaş tipidir. Ancak, işçi güvenliği, otomatik çalışmada kontrol problemleri ve çıkan talaşın işlenen yüzeyi çizmesi açısından olumsuz etkileri mevcuttur.

Yığma talaş, sünek ve yumuşak malzemelerin düşük kesme hızlarında işlenmesi esnasında veya takım kesici kenarının kesiciliğini kaybetmeye başladığı andan itibaren oluşan talaş biçimidir. Takım talaş yüzeyinde talaş yığılması, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrünün negatif yönde etkilemesi nedeni ile talaşlı imalatta istenmeyen talaş biçimidir.

Kopuk talaş gevrek malzemelerden talaş kaldırılması esnasında meydana gelen talaş biçimidir. Talaş kısmen şekillendirilebildiğinden ilk bozulma bölgesinde kırılma meydana gelmekte ve bu bölgede talaş parçalara ayrılmaktadır. Dökme demir, pirinç, çinko, porselen gibi malzemelerin işlenmesi esnasında bu tip talaş görülmektedir. Akma talaş için sözü edilen sakıncalar bu talaş biçiminde söz konusu değildir. İş güvenliği, yüzey pürüzlülüğü, kesilen talaşın kesme bölgesinden uzaklaştırılması gibi üstün özellikleri sebebiyle tercih edilen talaş biçimidir.

Kesme hızının azalmasıyla talaşın şekillendirme hızında azalma gözlemlenmiştir. Talaş şekillendirme hızı azaldığı için talaş kıvrılma yarıçapı azalmıştır. Kesme hızını arttırdıkça talaşın bükülme yarıçapı küçük kesme hızlarına nazaran daha büyük yarıçaplı olarak gerçekleşmektedir. Talaş yarıçapında gözlemlenen değişikliğin temel nedeni şekillendirme hızının doğrudan kesme hızına bağlı olmasıdır. İlerleme değerinin düşürülmesiyle talaş kalınlığı azalmaktadır. Talaş kalınlığı azalınca daha ince talaş

kıvrılmaya neden olmaktadır.

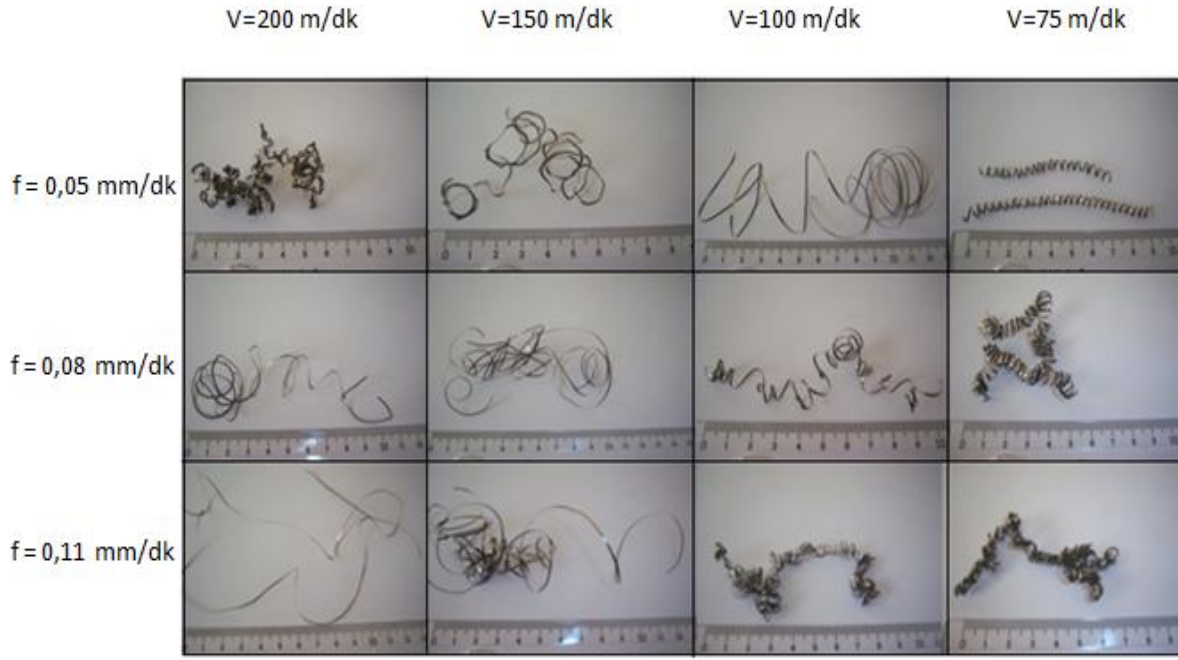
Kesme hızının artması talaş şeklinin daha geniş bükülmesine neden olduğu için daha karmaşık bir talaş yapısı ortaya çıkmıştır. Şekil 4.26, 4.27 ve 4.28'e bakıldığında 150 m/dk ve 200 m/dk'da düşük kesme hızlarına nazaran daha karmaşık bir yapı görülmektedir.

İlerleme değerinin artmasıyla kuru kesme şartlarında ve bor yağı ile kesme şartlarında 100 m/dk ve 75 m/dk'da talaş kalınlaştıkça daha dar alanda yoğunlaşmaktadır. Düşük ilerleme hızında kalınlık düşük olup, bükülünce daha büyük radüslü ve ilerleme arttıkça daha küçük radüslü talaş şekilleri elde edilmektedir. Kriyojenik soğutma koşullarında bu duruma ulaşmak mümkün olmayabilir.

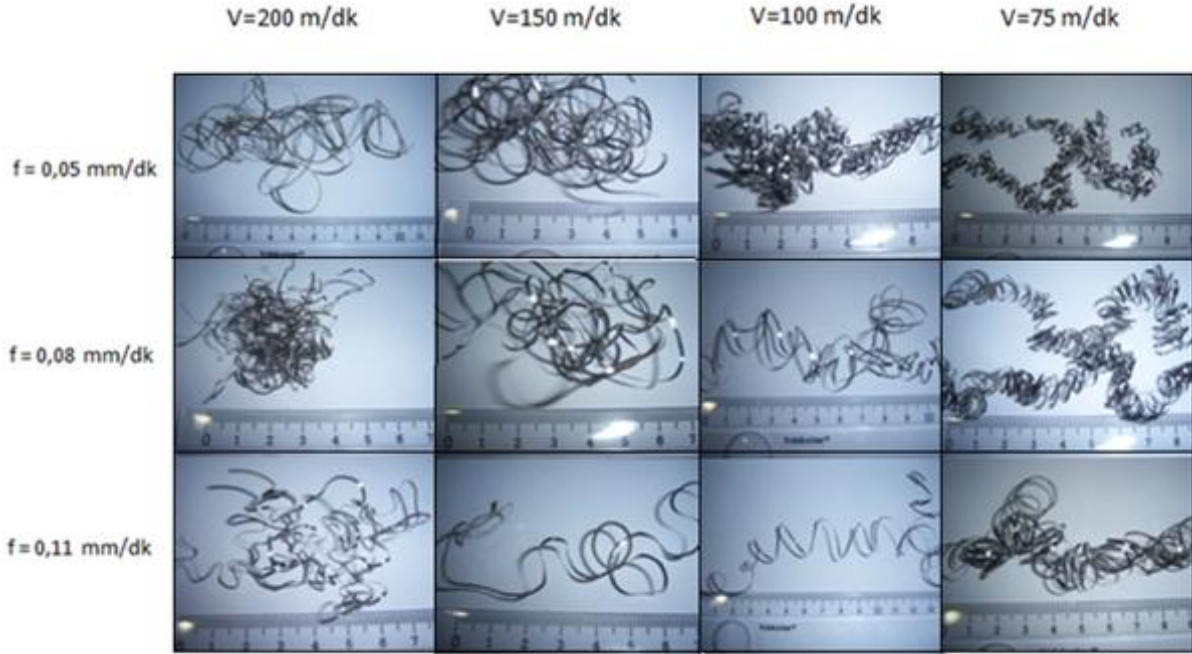
Bor yağı ile kesme şartlarında 75 m/dk kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerlemede spiral talaş ortaya çıkmıştır. Fakat yüksek kesme hızlarında bu durum görülmemektedir. Daha çok karmaşık talaş formu ortaya çıktığı görülmektedir. Soğumanın etkisiyle talaşın kıvrılması değişmektedir. Dengeli soğutmamanın da etkisi olabilir. Fakat nedeni tam olarak anlayamamıştır.



Şekil 4.26 Kesme hızının ve ilerlemenin talaş yapısı üzerindeki etkisi (Kuru kesme)



Şekil 4.27 Kesme hızının ve ilerlemenin talaş yapısı üzerindeki etkisi (Bor yağı ile kesme)



Şekil 4.28 Kesme hızının ve ilerlemenin talaş yapısı üzerindeki etkisi (Kriyojenik soğutma)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

- Kesme hızındaki değişimin aşınma hızını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Yüksek kesme termal etkilerden dolayı krater aşınması meydana gelmiş ve takım ömrünü olumsuz etkilemiştir.
- Kesici takım serbest yüzeyinde aşınmaya yol açan sebepler abrazyon ve adezyondur. Talaş yüzeyinde ise difüzyon, abrazyon ve sürtünmedir.
- İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Çünkü yüksek ilerleme miktarında kesici takımın kaldıracağı talaş miktarı artmakta ve kesicinin birim zamanda almış olduğu yol artmaktadır.
- Kuru kesme şartlarında 200 m/dk , $f=0,11$ mm/dev ve $f=0,08$ mm/dev ilerlemede kesici takım kesme zamanına ulaşmadan hasara uğramıştır. Bunun sebebi kesici takımda soğutma işlemi uygulanmadığından, termal etkilere maruz kalmış ve kesici takımda hızlı bir deformasyon oluşarak takım geometrisi bozulmuştur.
- Kesme hızının azalmasıyla talaşın şekillendirme hızı da azalmakta; bunun sonucunda talaş kıvrılma yarıçapı azalmıştır. Kesme hızını arttırdıkça talaşın bükülme yarıçapı küçük kesme hızlarına nazaran daha büyük yarıçaplı olarak gerçekleşmektedir. Talaş yarıçapında gözlemlenen değişikliğin temel nedeni şekillendirme hızının doğrudan kesme hızına bağlı olmasıdır. İlerleme değerinin düşürülmesiyle talaş kalınlığı azalmıştır. Azalan talaş kalınlığı kıvrılmaya daha müsaittir.
- Kesici takımlarda oluşan aşınmalar incelendiğinde sıcaklığın etkisiyle en fazla krater aşınmasının kuru kesme şartlarında olduğu görülmektedir. Kuru kesme şartlarında soğutma işlemi uygulanmadığından kesici takımda ısı meydana gelmiş ve bu da krater aşınmasına neden olmuştur. Bor yağının takım-talaş ara

yüzeyini daha iyi soğutması ve yağlayıcı etkisinden dolayı krater aşınması oluşumunu kısmen engellemiştir.

- Özellikle kriyojenik kesme şartların da kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünde belirgin artışlara sebep olmuştur. Fakat bor yağı ile kesme şartlarında önemli bir değişiklik görülmemektedir. Yüksek kesme hızlarında sıvı azotun takım-talaş ara yüzeyine yeteri kadar ulaşmamış olması bunun en önemli nedeni sayılabilir.
- Kriyojenik kesme işleminde talaş yüzeyinde küçük tabaka şeklinde kopmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni; takım yüzeyindeki soğutma ve tekrarlı yüklemelerdir.

5.2 Öneriler

- Takım ile iş parçası arasındaki minimum difüzyon eğilimi oluşturacak takımlar kullanılmalı.
- Kesme sıvısı kullanıldığı durumda, tokluğu yüksek bir takıma ihtiyaç duyulur ve kuru kesme uygulanacak ise de takımında yüksek sıcak sertlik özelliği aranır.
- Yüksek kesme hızı ve ilerleme miktarlarında iş parçasına talaşların dolanmasını engellemek için talaş kırıcı kullanılabilir.
- Kuru kesme şartlarında yüksek kesme hızlarında kesici takım hasar gördüğü için daha düşük kesme hızları tercih edilebilir.
- Kriyojenik kesme şartlarında sıvı azotun takım-talaş ara yüzeyine daha iyi iletilmesini sağlamak amacıyla basınç değerini artıracak bir çalışma geliştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

Akkurt, Mustafa., (2004). Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları. Birsen Yayınevi (2004).

Alauddin, M., Mazid, M.A., El Baradi, M. A., Hashmi, M. S. J., (1998). Cutting forces in the end milling of Inconel 718. *Journal of Materials Processing Technology* 77 (1998) 153–159.

Aronson, R.B., (1994). *Machine Tool 101: Part 6, Machine Servers, Manufacturing Engineering*, 6, 47-52.

Arunachalam, R. M., Mannan, M. A., Spowage, A.C., (2004). Residual stress and surface roughness when facing age hardened Inconel 718 with CBN and ceramic cutting tools. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 44 (2004) 879–887.

Aslan, E., (2005). Experimental investigation of cutting tool performance in high speed cutting of hardened X210 Cr12 cold-work tool steel (62 HRC). *Materials and Design* 26 (2005) 21–27.

Atakök, G., (2008). CNC Tornada Talaş Kaldırma İşlemlerinde Talaş Kırıcı Geometrisinin İşlenebilirliğe Etkilerinin Deneysel ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 111 s. İstanbul.

Bargel, H. J., Schulze, G., (1980). *Malzeme Bilgisi Cilt-2*. MBEAE Matbaası, Gebze.

Çakır, M.C., (1999). *Modern Talaşlı imalat Esasları*. Vipasa yayın evi, Bursa.

Çiftçi, Ş., (2007). Kesici takımlar ve kesme teorisi ders notları, ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Ders Notları, Karabük, 3-15.

Çoğun, C., Özseş, B., (2002). Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi. Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak. Der. Cilt 17, No1, 59 – 75.

Dhar, N.R., Ahmed, N.T., Islam, S., (2007). An experimental investigation on effect of minimum quantity lubrication in machining AISI 1040 steel. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 47, 748-753.

Dhar, N.R., Islama, S., Kamruzzaman, M., (2007). Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Tool Wear, Surface Roughness and Dimensional Deviation in Turning AISI-4340 Steel. G.U. Journal of Science, 20 (2), 23-32.

Diniz, A.E., Ferreira, J.R., Filho, F.T., (2003). Influence of refrigeration/lubrication condition on SAE 52100 hardened steel turning at several cutting speeds. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43, 317–326.

Diniz, A.E., Micaroni, R., (2001). Cutting Conditions for Finish Turning Process Aiming: The Use Of Dry Cutting. International Journal of Machine Tools & Manufacture 42 (2002) 899-904.

Diniz, A.E., Oliveira, A.J.d., (2004). Optimizing The Use of Dry Cutting in Rough Turning Steel Operations. International Journal of Machine Tools & Manufacture 44 (2004) 1061- 1067.

Eriksen, E., (1999). Influence From Production Parameters on the Surface Roughness of a Machined Short Fibre Reinforced Thermoplastic. Int Journal of Machine Tools and Manufacture 39, pp. 1611-1618.

Ezugwu, E.O., Bonney, J., Yamane, Y., (2003). An overview of machinability of aeroengine alloys. Journal of Materials Processing Technology 134 (2003) 233–253.

Ezugwu, E.O., (2005). Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 45 (2005) 1353–1367.

Gadelmavla, E.S., Koura, M.M., (2002). Roughness Parameter. *Journal Of Material Processing Technology*, 123: 133-145.

Ghani, J.A., Choudhury, A., Masjuki, H. H., (2004). Performance of P10 TiN coated carbide tools when end milling AISI H13 tool steel at high cutting speed. *Journal of Materials Processing Technology* 153–154 (2004) 1062–1066.

Jawaid, A., Köksal, S., Saharif, S., (2001). Cutting performance and wear characteristics of PVD coated and uncoated carbide tools in face milling Inconel 718 aerospace alloy. *Journal of Proccesing Technology* 116 (2001) 2–9.

Lacalle, L.N., Lopez de Perez, J., Llorente, J.I., Sanchez, J.A., (2000). Advanced cutting conditions for the milling of aeronautical alloys. *Journal of Materials Processing Technology* 100 (2000) 1–11.

Nouari, M., Ginting, A., (2006). Wear characteristics and performance of multi-layer CVD-coated alloyed carbide tool in dry end milling of titanium alloy. *Surface & Coatings Technology* 200 (2006) 5663 – 5676.

Özçatalbaş, Y., (1996). 1050, 4140 ve 8620 Çeliklerinin Isık İşleme Değişen Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Bağlı İşlenebilirlikleri. Doktora Tezi, Sf.19, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özdemir, Ufuk., Erten, Muzaffer., (2003). Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarlarını Azaltma Yöntemleri. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi Ocak 2003 Cilt1 Sayı1* (37–50).

Sales, W.F., Diniz, A.E., Machado, A.R., (2001). Application of Cutting Fluids in Machining Processes. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences, 23, 227-240.

Şahin, Y., (2000). Talaş Kaldırma Prensipleri. Cilt II, Sayfa 1, Nobel Yayınevi, Ankara.

Şahin, Y., (2003). Talaş Kaldırma Teorisi. Gazi Kitabevi, Ankara.

Trent, E. M., (1989). Metal cutting. Butterworths Press, London, p 1-71.

Vishal, S., Sharma, M.D., Suri, N.M., (2008). Cooling techniques for improved productivity in turning, 8 December, 2008.

Vieira, J.M., Machado, A.R., Ezugwu, E.O., (2001). Performance of Cutting Fluids During Face Milling of Steels. Journal of Materials Processing Technology 116 (2001) 244-251.

Wang, Z.G., Wong, Y.S., Rahman, M., (2005). High-speed milling of titanium alloys using binderless CBN tools. International Journal of Machine Tools & Manufacture 45 (2005) 105–114.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nilay ASLAN
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA 20.10.1987
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : nilay_nilay_aslan@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Atatürk Lisesi
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi