



**X38CrMo16 KALIP ÇELİĞİNİN KÜRESEL UÇLU PARMAK
FREZE İLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Lütfi SÖZER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2015

Lütfi SÖZER tarafından hazırlanan “X38CrMo16 KALIP ÇELİĞİNİN KÜRESEL UÇLU PARMAK FREZE İLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makina Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN
İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

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

.....

Başkan : Doç. Dr. Hakan DİLİPAK
İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

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

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökhan SUR
Makine Mühendisliği, Karabük Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 31/03/2015

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

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK BEYAN

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

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

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

.....
Lütfi SÖZER
03/04/2015

X38CrMo16 KALIP ÇELİĞİNİN KÜRESEL UÇLU PARMAK FREZE İLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Lütfi SÖZER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mart 2015

ÖZET

İmalat maliyetlerinin azaltılmasında önemli bir etken olan kesme parametrelerinin doğru seçimi, arzu edilen yüzey pürüzlülüğüne ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. İstenilen yüzey pürüzlülük değerleri ancak kesme parametrelerinin iyi bir kombinasyonu neticesinde elde edilebilmektedir. Yapılan bu deneysel çalışmada plastik hacim kalıpcılığında yaygın olarak kullanılan X38CrMo16 (DIN 1.2316) plastik kalıp çeliğinin küresel uçlu sementit karbür parmak freze ile işlenmesi sonucu oluşan yüzey pürüzlülüğü, kullanılan kesici takımlardaki aşınmalar ve talaş kaldırma işlemi sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri incelenmiştir. Çalışmada 8 mm çapında kaplamasız ve iki farklı kaplama kalitesine (TiN, AlTiN) sahip üç adet küresel uçlu sementit karbür parmak frezeler kullanılmıştır. İşleme parametrelerinden ise kesme derinliği (a_p : 0,4 mm) ve yanıl kayma miktarı (a_e : 0,4 mm) sabit tutulmuş, üç farklı kesme hızı (V_c : 100, 120, 140 m/dak) ve üç farklı ilerleme miktarı (f_z : 0,05; 0,07; 0,09 mm/diş) kullanılmıştır. Deneyler kuru kesme şartlarında, 3 eksen CNC freze tezgahında gerçekleştirilmiş ve deney süresince kesici takımında meydana gelen kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Talaş kaldırma işlemi bittikten sonra yüzey kuru hava ile temizlenmiş ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Takım ömrü kıstası olarak kesici takım üzerinde oluşan aşınma izlerinin 0,2 mm'ye ulaşması kabul edilmiştir. Bu aşınmalar deneyler sırasında optik mikroskop ile belirli aralıklarda ölçülerek kontrol edilmiş, daha sonra bu aşınmalar taramalı elektron mikroskopunda (SEM) fotoğraflanmıştır. Sonuç olarak artan ilerleme miktarına paralel olarak yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiği tespit edilmiştir. En iyi yüzey pürüzlülük değerleri TiN kaplamalı takımında ölçülmüştür. Takım aşınması ile ilgili yapılan deneylerde en iyi performans AlTiN kaplamalı takım da gözlenmiştir. Aşınmaların yanak aşınması şeklinde oluştuğu görülmüştür. Kesici takımlar kesme kuvveti bazında değerlendirildiğinde en iyi performansı gösteren takım TiN kaplamalı takım olmuştur.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : İşlenebilirlik, frezeleme, yüzey pürüzlülüğü, işleme, küresel uçlu parmak freze

Sayfa Adedi : 100

Danışman : Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN

THE INVESTIGATION OF THE MACHINABILITY OF X38CrMo16 DIE STEEL
WITH A BALL END MILL

(M. Sc. Thesis)

Lütfi SÖZER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

March 2015

ABSTRACT

The selection of correct cutting parameter, which is an important factor in decreasing manufacturing cost, makes easy to achieve desired surface roughness. The desired surface roughness values can only be obtained by a good combination of cutting parameters. In this experimental study; surface roughness, cutting forces and tool wear when machining the plastic mold steel X38CrMo16 (DIN 1.2316) which is widely used in the plastics molding with ball end mills have been investigated. In this study, 8 mm diameter uncoated carbide ball-end mill, TiN coated carbide ball-end mill and AlTiN coated carbide ball-end mill were used. Step over (a_e : 0,4 mm) and cutting depth (a_p : 0,4 mm) of the cutting parameters were kept constant and three different cutting speeds (V_c : 100, 120, 140 m/min) and three different feed rates (f_z : 0,05; 0,07; 0,09 mm/tooth) were used. The experiments were performed on a 3-axis CNC milling machine and cutting forces acting on the cutting tool were measured during the experiments. After the machining process was finished, the surface was cleaned by dry air and surface roughness was measured. Cutting tools were worn up to 0,2 mm, the wear was controlled by measuring at regular intervals during experiments with an optical microscope. Then the wear was photographed by a scanning electron microscope (SEM). As a result, it was determined that the surface roughness increased in parallel with the increasing of feed rate. The best surface roughness was measured with the TiN coated tool. In the experiments related tool wear the best performance was observed with AlTiN coated tool. Tool wears were determined as flank wear. When cutting tools are evaluated on the basis of cutting forces, the TiN coated tool showed the best performance.

Science Code : 708.3.028

Key Words : Machinability, milling, surface roughness, machining, ball end mill

Page Number : 100

Supervisor : Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN

TEŐEKKÖR

Bu çalışmanın gerçekleőmesinde yapmış olduğu çok değerli katkıları ve yōnlendirmeleri için tez danıőmanım Sayın Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN'e, çalıőmalarım boyunca bana destek olan Sayın Arő. Gör. Dr. Gültekin UZUN'a, birlikte çalıőmaktan zevk aldığım değerli dostlarıma teőekkörü bir borç bilirim.

Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan, maddi - manevi destekleri ile sürekli beni destekleyen aileme ve sevgili Tuğba AYHAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalıőmayı 07/2014-02 proje kodu ile destekleyen Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Yapılan Çalışmalar	5
2.2. Kesme Kuvveti ile İlgili Yapılan Çalışmalar	10
2.3. Kesme Kuvveti ve Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Yapılan Çalışmalar	12
2.4. Kesici Takım Aşınması ile İlgili Yapılan Çalışmalar	14
2.5. Kesici Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Yapılan Çalışmalar	18
3. İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK	21
3.1. Talaşlı İmalat ve Talaş Oluşumu.....	21
3.2. Frezeleme	23
3.3. Aynı Yönlü ve Zıt Yönlü Frezeleme Yöntemleri.....	24
3.3.1. Aynı yönlü frezeleme.....	24
3.3.2. Zıt yönlü frezeleme	24
3.3.3. Zıt yönlü frezeleme ve aynı yönlü frezelemenin karşılaştırılması	24

Sayfa

3.4. Frezelemede Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler	25
3.5. Frezelemede Kesme Parametreleri.....	26
3.5.1. Kesme hızı.....	26
3.5.2. İlerleme hızı	27
3.5.3. Kesme derinliği	27
3.6. Frezede İşleme Süresi	28
3.7. Takım Ömrü	29
3.8. Takım Aşınması	30
3.9. Takım Aşınma Tipleri	30
3.9.1. Yanak aşınması	31
3.9.2. Krater aşınması.....	31
3.9.3. Plastik deformasyon	32
3.9.4. Çentik aşınması	32
3.9.5. Termal çatlaklar	33
3.9.6. Mekanik yorulma çatlakları	33
3.9.7. Çıtlama (çentiklenme).....	33
3.9.8. Kırılma	34
3.9.9. Yığılma kenar (BUE)	34
3.10. Takım Aşınma Mekanizmaları.....	35
3.10.1. Abrasiv aşınma mekanizması	35
3.10.2. Difüzyon aşınma mekanizması	36
3.10.3. Oksidasyon aşınma mekanizması	36
3.10.4. Yorulma aşınma mekanizması	36
3.10.5. Adhesiv aşınma mekanizması	36

	Sayfa
3.11. Takım Aşınmasının Ölçülmesi.....	37
3.12. Kesici Takım Kaplamaları	38
3.12.1. TiN kaplama.....	39
3.12.2. AlTiN kaplama.....	39
3.12.3. TiCN kaplama	40
3.12.4. Al ₂ O ₃ kaplama.....	41
3.12.5. TiC kaplama	41
3.12.6. CrN kaplama	41
3.12.7. CrC kaplama.....	41
3.13. Yüzey Kalitesi.....	41
3.14. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçümü ve Gösterimi	42
3.14.1. Ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra.....	43
3.14.2. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü, Rq.....	43
3.14.3. Profildeki en büyük iki noktanın yüksekliği, Ry	44
3.14.4. Profilin maksimum yüksekliği, Rz ve maksimum tepe yüksekliği, Rp.....	44
3.14.5. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması, Rsm.....	45
3.15. Kesme Kuvvetleri.....	45
4. MATERİYAL VE METOT	49
4.1. Materyal	49
4.1.1. İş parçası malzemesi	49
4.1.2. Kesici takımlar	50
4.1.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri.....	51
4.1.4. Kesme kuvveti ölçümleri	52
4.1.5. Aşınmaların ölçülmesi	55

	Sayfa
4.1.6. Takım tezgahı.....	56
5. DENEY BULGULARI VE DEĞERLENDİRME.....	59
5.1. Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi	68
5.2. Kesici Takım Aşınmalarının İncelenmesi	68
5.3. Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
6.1. Sonuçlar.....	85
6.1.1. Kesme kuvvetleri ile ilgili sonuçlar	85
6.1.2. Kesici takım aşınmaları ile ilgili sonuçlar.....	86
6.1.3. Yüzey pürüzlülükleri ile ilgili sonuçlar.....	86
6.2. Öneriler	87
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	97
Ek-1. X38CrMo16 kalite plastik kalıp çeliği malzeme sertifikası.....	98
Ek-2. Deneylerde kullanılan CNC kodları.....	99
ÖZGEÇMİŞ	100

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri	30
Çizelge 3.2. TiN kaplama kimyasal özellikleri.....	39
Çizelge 3.3. AlTiN kaplama kimyasal özellikleri.....	40
Çizelge 4.1. DIN 1.2316 çeliğinin kimyasal kompozisyonu	50
Çizelge 4.2. DIN 1.2316 çeliğinin mekanik özellikleri	50
Çizelge 4.3. Kullanılan kesici takımın özellikleri.....	51
Çizelge 4.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı teknik özellikleri.....	52
Çizelge 4.5. Amplifier teknik özellikleri	53
Çizelge 4.6. Dinamometre teknik özellikleri	54
Çizelge 4.7. Johnford VMC–550 CNC dik işleme merkezi teknik özellikleri	57
Çizelge 5.1. Deneyleerde kullanılan değişkenler	59
Çizelge 5.2. Elde edilen bileşke kuvvetler	59
Çizelge 5.3. Takım aşınma deneylelerinde kullanılan parametreler ve takımların çalışma süreleri	68
Çizelge 5.4. Yüzey pürüzlülüğü deneylelerinde kullanılan kesme parametreleri ve elde edilen yüzey pürüzlülük değeri.....	79

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Talaş oluşumu.....	22
Şekil 3.2. Talaş oluşumu ve deformasyon bölgeleri	22
Şekil 3.3. Zıt yönlü frezeleme ve aynı yönlü frezeleme şematik gösterimi.....	25
Şekil 3.4. Alın frezelemede tabla hareket boyu	28
Şekil 3.5. Bazı takım aşınma tiplerinin kesici takımdaki yeri	35
Şekil 3.6. Takım aşınmasının ölçülmesi	38
Şekil 3.7. Yüzey kalitesini belirleyen faktörler	42
Şekil 3.8. Ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra	43
Şekil 3.9. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü, Rq	44
Şekil 3.10. Profildeki iki en büyük noktanın yüksekliği, Ry	44
Şekil 3.11. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması, Rsm	45
Şekil 3.12. (a) ve (b) eğik kesme işleminin şematik olarak gösterilmesi, (c) çıkan talaş	46
Şekil 3.13. Dik kesmenin şematik gösterimi	47
Şekil 4.1. Deney numunesi ve bağlama kalıbına bağlantı şekli	49
Şekil 4.2. Kesici takımlar (a) TiN kaplamalı, (b) AlTiN kaplamalı, (c) kaplamasız.....	50
Şekil 4.3. Küresel uçlu parmak frezenin boyutları	51
Şekil 4.4. Efektif çapın (Dw) gösterimi	51
Şekil 4.5. Kesme kuvvetlerinin ölçümü için kurulan deney düzeneği.....	53
Şekil 4.6. 13. deney için elde edilen kesme kuvveti grafiği	55
Şekil 5.1. Kaplamasız karbür kesici takımla elde edilen ilerleme - kesme kuvveti grafiği	62
Şekil 5.2. TiN kaplamalı karbür kesici takımla elde edilen ilerleme - kesme kuvveti grafiği	63

Şekil	Sayfa
Şekil 5.3. AlTiN kaplamalı karbür kesici takımla elde edilen ilerleme - kesme kuvveti grafiği	65
Şekil 5.4. Kesme kuvvetleri için kesme hızı – ilerleme miktarı ilişkileri.....	67
Şekil 5.5. f_z : 0,05 mm/diş ilerleme değerinde (a) V_c :100 m/dak, (b) V_c : 120 m/dak, (c) V_c :140 m/dak kesme hızları için aşınma değerleri.....	70
Şekil 5.6. f_z : 0,07 mm/diş ilerleme değerinde (a) V_c :100 m/dak, (b) V_c : 120 m/dak, (c) V_c :140 m/dak kesme hızları için aşınma değerleri.....	72
Şekil 5.7. f_z : 0,09 mm/diş ilerleme değerinde (a) V_c :100 m/dak, (b) V_c : 120 m/dak, (c) V_c :140 m/dak kesme hızları için aşınma değerleri.....	74
Şekil 5.8. Takım aşınma miktarları için kesme hızı – ilerleme ilişkisi.....	76
Şekil 5.9. Kaplamasız karbür kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülüğü grafiği...	80
Şekil 5.10. TiN kaplamalı karbür kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülüğü grafiği.....	81
Şekil 5.11. AlTiN kaplamalı karbür kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülüğü grafiği	82
Şekil 5.12. Yüzey pürüzlülük değerleri için kesme hızı – ilerleme miktarı ilişkileri	83

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Kesici uçtaki yanak aşınması.....	31
Resim 3.2. Kesici uçtaki krater aşınması	32
Resim 3.3. Kesici uçtaki plastik deformasyon.....	32
Resim 3.4. Kesici uçtaki çentik aşınması.....	33
Resim 3.5. Kesici uçtaki termal çatlaklar	33
Resim 3.6. Kesici uçta çentiklenme	34
Resim 3.7. Kesici uçta kırılma	34
Resim 3.8. Kesici uçta BUE oluşması	34
Resim 4.1. Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	52
Resim 4.2. Yanak aşınmasının ölçülmesinde kullanılan optik mikroskop	56
Resim 4.3. Johnford VMC-550 CNC dik işleme merkezi	57
Resim 5.1. 140 m/dak kesme hızı ve 0,09 mm/diş ilerleme kesme şartlarında kullanılan TiN kaplamalı kesici takımındaki kaplama tabakasının kalkması.....	64
Resim 5.2. 140 m/dak kesme hızı ve 0,09 mm/diş ilerleme kesme şartlarında kullanılan AlTiN kaplamalı kesici takımındaki kaplama tabakasının kalkması.....	66
Resim 5.3. V_c :140 m/dak, f_z : 0,07 mm/diş kesme şartlarında kaplamasız karbür kesici takım ile işleme sonrasında takımın durumu (X100)	78
Resim 5.4. V_c :100 m/dak, f_z : 0,07 mm/diş kesme şartlarında TiN kaplamalı karbür kesici takım ile işleme sonrasında takımın durumu (X100)	78
Resim 5.5. V_c :140 m/dak, f_z : 0,09 mm/diş kesme şartlarında AlTiN kaplamalı karbür kesici takım ile işleme sonrasında takımın durumu (X100)	79

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
a_e	Yanal kayma miktarı (mm)
Al₂O₃	Alüminyum Oksit
a_p	Kesme derinliği (mm)
D	Kesici çapı (mm)
D_w	Efektif çap (mm)
f_z	Kesici ağız başı ilerleme (mm/diş)
K_w	Kilowatt
N	Devir sayısı (dev/dak)
r	Takım uç yarıçapı (mm)
R_a	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü
R_{sm}	Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması
T_c	Kesici takım ömrü (saat)
T_h	İşleme süresi (dak)
V_c	Kesme hızı (m/dak)
V_f	İlerleme hızı (mm/dak)
Z	Frezenin kesici diş sayısı
Kısaltmalar	Açıklamalar
AISI	Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
AlTiN	Alüminyum Titanyum Nitrür
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
BUE	Built Up Edge – Yığılma Kenar
DIN	Alman Standartlar Enstitüsü
HSS	Yüksek Hız Çeliği
ISO	Uluslar Arası Standartlar Teşkilatı
PCBN	Çok Taneli Kübik Bor Nitrür
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu

Kısaltmalar**TiC****TiN****TS****Açıklamalar**

Titanyum Karbür

Titanyum Nitrür

Türk Standartları

1. GİRİŞ

Dünyada bilimsel ve teknolojik gelişmeler hızla devam etmekte, Ar-Ge çalışmaları ile yeni teknolojik gelişmeler sağlanmaktadır. Gelişmekte olan yeni teknolojilerin yardımı ile insanların ihtiyacı olan mal ve ürünler de değişmekte ve gelişmektedir. Sektördeki, mal ve ürünlerin üretildiği ortamlar her geçen gün kendini yenilemekte, modern makine, teçhizat ve üretim yöntemleri ile tanışmaktadır. NC (Nümerik Kontrollü) ve CNC (Bilgisayar Nümerik Kontrollü) takım tezgahlarının gelişimi sayesinde talaşlı imalat yöntemlerindeki üretim kapasitelerinin artması, imalat maliyetinin azalması, daha kaliteli imalatın gerçekleşmesi, daha karmaşık geometrik şekle sahip iş parçalarının istenilen hassasiyette ve yüzey kalitesinde üretilebilmesi sağlanmıştır. Böylece bilimsel ve teknolojik gelişmelerin üretime aktarılması, sanayide kullanılmasıyla ilgilenen imalat mühendisliği, üretim faaliyetlerinde çok önemli bir konuma gelmiştir (Akkurt, 2004: 125,190; Aslan, 2005; Gülmez, 2003; Lacalle, Lopez de Perez, Llorente ve Sanchez, 2000; Şahin, 2000).

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. Frezeleme işlemi diğer talaşlı imalat işlemlerine göre farklı karakteristik özellikler göstermektedir. Talaş kaldırma esnasında kesici takımın kavrama açısı, kesme 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 (Akkurt, 2004: 125,190; Aslan, 2005; Gülmez, 2003; Lacalle ve diğerleri, 2000; Şahin, 2000).

Talaş kaldırarak işleme tekniği; şekli, boyutları ve yüzey kalitesi önceden belirlenmiş parçaların takım tezgahlarında kesme operasyonu ile şekillendirilmelerini kapsar (Şahin, 2000). Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nispi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında, gerilim oluşturarak gerçekleştirilir. Talaşlı imalat işlemlerinde mekanik enerji kullanılır. İşleme esnasında mekanik enerjinin hepsi ısı enerjisine dönüşür (Şahin, 2001).

Metallerin verimli işlenmesi için, sadece işlenen malzeme hakkında verilere sahip olmak yeterli olmamakta, işlenecek malzemeye uygun kesici takımın doğru seçimi de gerekmektedir. İşlenebilirlik; iş parçası sertliği ve dayanımı, deformasyon sertleşmesi kapasitesi, kesici takım ile iş parçası arasındaki sürtünme katsayısı gibi mekanik özelliklerin yanı sıra ısıl özellikler ve mikro yapıya da bağlıdır (Çakır, 1997).

Kalıp yapımında çelik malzeme seçiminin önemi büyüktür. Kalıp çeliklerinin seçilmesinde, kimyasal etkileşmeye dayanıklılık, yüzey sertleştirilmesi ve işlenebilirlik özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Bununla birlikte, kalıbın tasarım boyutları, yüzey parlatılabilirliği, kaynak edilebilirliği gibi parametreler de ön planda tutulmalıdır. Artan kalıp ölçüleri, daha yüksek tokluk ihtiyacı doğurmaktadır. Dolayısı ile uygulanacak ısıl işlemler, sertleşmede deformasyon problemlerini (çarpılma, çatlama, vb.) meydana getirebilmektedir (Süzgünol ve Kayır, 2012).

Kalıp parçalarının yüzey kalitesinin yüksek olması, kalıptan elde edilecek ürünün de yüksek yüzey kalitesinde olmasını sağlayacaktır. İyi planlanmış bir CNC frezeleme işlemi kalıp parçalarının yüzey kalitesini artırırken, ince yüzey temizleme işlemlerinden olan parlatma işleminin gerekliliğini de en aza indirecektir. Kalıp imal endüstrisinde ince yüzey temizleme işlemleri, toplam kalıp imal maliyetinin % 20'sini kapsar (Ataşımşek, 2002: 310,370; İ. Yelbey ve B. Yelbey 2002). Kalıp parçalarının yüzey kalitesini tespit etmenin en pratik yolu, yüzey pürüzlülüğünü ölçmektir. Kalıp parçalarının yüzey kalitesinin elde edilmesi, doğru malzeme seçimi ve kullanılan CNC frezeleme parametrelerine bağlıdır. Seçilen malzemeye ilişkin en uygun frezeleme parametreleri elde edilirse, en düşük yüzey pürüzlülüğü ve dolayısıyla yüksek yüzey kalitesine ulaşılır. En uygun frezeleme parametrelerinin elde edilmesi, yüzey kalitesini artırırken kalıp imal zamanını da azaltır. Kalıp imali için harcanan zaman ve işçilik, toplam maliyetin % 15'ini kapsar (Bouaziz, Younes, Zghal, 2004; Krajnik ve Kopac, 2004).

Günümüz teknolojisinde genel olarak farklı yapılara sahip kalıp malzemeleri ve geleneksel malzemelerin işlenebilirliğinin tespiti amacıyla yeni tip kesici takımlar farklı firmalar tarafından imal edilerek talaşlı imalat sektöründe kullanılmak üzere piyasaya sürülmektedir. Bu kesici takımların yüzeyleri, aşınmaya dirençli, sert ve işleme esnasında iş parçası ve kesici takımın etkileşimini engellemek ve dayanımı artırmak amacıyla çok katlı kimyasal buhar biriktirme (CVD) ve fiziksel buhar biriktirme (PVD) yöntemleri

kullanılarak kaplamalı olarak üretilmektedir (Acır, 2006). Son yıllarda, kesici takımların kaplanması kesici takım teknolojisinde önemli bir gelişme sağlayarak, kesici takımların performansını önemli ölçüde arttırmıştır. Kaplanmış sementit karbür kesici takımlar, esas olarak sementit karbür bir kesici takımın bir veya daha fazla, aşınmaya dirençli ince katmanla kaplanması ile elde edilen kesici takımlardır. Titanyum karbür (TiC), titanyum nitür (TiN), alüminyum titanyum nitür (AlTiN) ve/veya alüminyum oksit (Al_2O_3) yaygın olarak kullanılan kaplama malzemeleridir (Çiftçi, Türker ve Şeker, 2004; Groover, 1996). İnce ve sert kaplama tabakalarının takım aşınmasını azalttığı ve verimliliği arttırdığı bilinmektedir (Çiftçi ve diğerleri, 2004; Ezugwu ve Okeke, 2001).

X38CrMo16 (DIN 1.2316) çeliği yüksek korozyon direncine sahiptir. İyi parlayabilen, aşınmaya ve paslanmaya karşı dirençli, krom ve nikel kaplaması gerektirmeyen, desenleme ve yüzey dağlaması yapılabilen, martenzitik yapıda paslanmaz krom çeliğidir. En uygun aşınma dayanımı ve parlatılabilirlik özelliğine sahiptir. Yüksek miktarda krom içermesi sebebiyle nitrasyon işlemi için uygun değildir. 1.2316 çeliği genellikle yüksek korozyon direncinin gerektiği olduğu kalıplarda, paslanmazlık ve parlaklığın gerektiği plastik enjeksiyon kalıplarında, korozyon etkisine sahip polivinil klorür (PVC) türü plastiklerin kalıplarında, ekstrüzyon preslerinin takımlarında kullanılır.

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.

Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD) tezgahlarının, imalat yazılımlarının ve kesici takım sektörünün gelişmesi ile spesifik parçaların imal edilebilirliği mümkün hale gelmiş ve bu durum sonucunda rekabet artmıştır. Rekabetin artması ile kaliteli ürünü düşük maliyetlerle imal etme anlayışı daha ön plana çıkmıştır. Düşük maliyetlere ancak kesme parametrelerinin iyi bir kombinasyonu neticesinde ulaşılabilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü gibi işlenebilirlik çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Bu alışmada DIN 1.2316 kalite plastik kalıp eliğinin AlTiN kaplamalı küresel uçlu karbür parmak frezelerle, TiN kaplamalı küresel uçlu karbür parmak frezelerle ve kaplamasız küresel uçlu karbür parmak frezelerle işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü, kesici takım aşınması ve kesme kuvvetlerinin incelenmesi üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Talaşlı imalatta özellikle metal parçaların imalat işlemi, talaş kaldırma işleminin etkilendiği faktörlerden dolayı oldukça karmaşıktır. Kesici takımın, iş parçasından talaş kaldırması sırasında birçok olumsuz şartlar oluşmakta iken, bu olumsuz şartları en aza indirerek istenilen kalitede imalat yapabilmek önemlidir. İmalatın en iyi şekilde gerçekleştirilmesi için, talaş kaldırma sırasında kesme parametreleri değiştirilerek, en ideal kesme şartları belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda, gerek firmaların AR-GE birimleri ve kesici takım firmaları tarafından ve gerekse akademik alanda birçok araştırma yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir (Gezgin, 2007).

2.1. Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Franco ve arkadaşları, yuvarlak uçlu kesici takımlarla yüzey frezelemede, radyal ve aksel kaçıklık gibi takım hatalarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmıştır (Franco, Estrems ve Fuara, 2004). Deneylerde malzeme olarak karbon çeliğini kullanılmıştır. Yüzey frezeleme işlemleri için 12 mm çapında 4 adet kesici uç, 0,5 mm sabit kesme derinliği, 120 m/dak kesme hızı ve dört farklı ilerleme miktarı (0,4; 0,6; 0,8; 1,0 mm/diş) kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün önceden tahmini için sayısal model oluşturulmuştur. Rastgele seçilen radyal (ϵ_{ri}) ve aksel kaçıklık (ϵ_{ai}) değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini teorik olarak değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar deneysel yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, radyal ve aksel kaçıklık değerinin artmasıyla yüzey kalitesinin kötüleştiği tespit edilmiştir. Daha iyi yüzey kalitesi istenildiği durumlarda, bu takım hatalarına dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Hartomacioğlu yaptığı çalışmada serbest şekilli yüzeylerin işlenmesinde kesici takım geometrinin yüzey pürüzlülüğü ve şekil hatasına etkisini incelemiştir (Hartomacioğlu, 2011). Deneylerde 7075 malzemesinin serbest yüzey frezelenmesi için üç farklı çapa (6, 8, 12 mm), 2 kesici ağza, TLN kaplamaya sahip, küresel uçlu parmak frezeler kullanılmıştır. Deneylerde kaba işleme ve bitirme işleme operasyonlarını uygulanmıştır. Kaba işleme operasyonları için 45 mm/dak kesme hızı, üç farklı ilerleme (119, 179, 239 mm/dak), üç farklı kesme derinliği (1,2; 1,6; 2,4 mm) ve üç farklı yanal kayma miktarı (1,2; 2,1; 2,8 mm) kullanmıştır. Bitirme operasyonu için ise için 55 mm/dak kesme hızı, üç farklı ilerleme (88, 131, 175 mm/dak), 0,3 mm kesme derinliği, üç farklı yanal kayma miktarı

(0,346; 0,40; 0,49 mm) kullanılmıştır. Deney sonucunda yüzey pürüzlülüğü üzerinde en önemli etkiyi kesici takım çapının yaptığı, kesici takım çapının artmasıyla pürüzlülük değerinin azaldığı, kesme kuvvetlerinin ise arttığı belirtilmiştir. Kesici takımın çapı arttıkça işleme süresinin kısaldığı, çap küçüldükçe işleme süresin arttığı tespit edilmiştir.

Dabade ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmalarında, yuvarlatılmış kesme kenarına sahip kesici takımların yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. (Dabade, Joshi ve Ramakrishnan, 2003). Deneylerde haddelenmiş alüminyum plakaları karbür uçlu kesici takımlarla farklı eğim açılarındaki (20° , 30° , 45°) frezeleme işlemine tabi tutmuşlardır. Frezeleme deneyleri üç farklı kesme hızında (70,68; 141,37; 282,74 m/dak), üç farklı ilerlemede (0,08; 0,16; 0,32 mm/dev) ve üç farklı kesme derinliğinde (0,25; 0,5; 1 mm) yapılmıştır. Deney sonuçlarında oluşan yüzey pürüzlülük değerleri değerlendirilmiştir. Eğim açısı, yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği ve eğim açısındaki artış yüzey pürüzlülük değerini azalttığı belirtilmiştir. Buna, iş parçası ile kesme kenarı arasındaki temas uzunluğundaki artışın sebep olduğu ve eğim açısı, ilerleme oranı, kesme derinliği; talaş kesit alanını önemli derecede etkilediği belirtilmiştir. Eğim açısındaki azalma ile talaş kesit alanının arttığı, bunun muhtemel sebebi ise daha düşük eğim açılarındaki talaş kesit yüksekliğindeki artış olduğu belirtilmiştir. İlerleme oranı ve kesme derinliğindeki artış talaş kesit genişliğini ve yüksekliğini artırmış ve bu nedenle bir düzlem yüzey frezeleme çakısı 30° ve 45° arasında eğim açısında daha iyi yüzey oluşturduğu ve daha düşük kesme derinliklerinde yüzey frezeleme için uygulanabilir bir seçenek olduğu belirtilmiştir.

Hayajneh ve arkadaşları alüminyum parçaların yüksek hız çeliği kesici takımlarla ile frezelenmesinde devir sayısı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır (Hayajneh, Tahat ve Bluhm, 2007). Deneyler dört farklı devir sayısında (750, 1000, 1250, 1500 dev/dak), yedi farklı ilerlemede (150, 225, 300, 375, 450, 525, 600 mm/dak), üç farklı kesme derinliğinde (0,25; 0,75; 1,25 mm) ve kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Deneyler sonucunda yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü için ilerleme miktarının en önemli faktör olduğu belirtilmiştir. İşlenen yüzeylerin pürüzlülüğünü etkileyen en önemli etkileşimler ilerleme ile kesme derinliği ve ilerleme ile kesme hızı arasında olduğu ifade edilmiştir.

Çetin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada kaplamasız sermet takımla AISI 6150 çeliğinin frezelenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır

(Çetin, Bilgin, Ulaş ve Tandıroğlu, 2011). Frezeleme işlemleri beş farklı kesme hızında (220, 240, 260, 280, 300 m/dak), üç farklı ilerlemede (0,10; 0,16; 0,18 mm/diş), iki farklı kesme derinliğinde (0,5; 1 mm) ve kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Bu kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılarak optimum kesme parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Her deneyin bitişinde yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için iş parçası üzerinden aynı ekseninde 3 farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. En iyi yüzey pürüzlülük değeri 0,5 mm kesme derinliğinde, 280 m/dak kesme hızında, 0,10 mm/diş ilerlemede 0,137 μm olarak belirtilmiştir. Kesme hızı değeri arttıkça yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. Fakat yüksek kesme hızlarında ise yüzey pürüzlülük değerinde artışlar meydana gelmiştir. Bu duruma ise takım aşınmasının sebebiyet verdiği görülmüştür. İlerleme hızının ve kesme derinliğinin artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde artışlar meydana gelmektedir. Bu durum her iki parametrenin de yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir.

Yalçın ve arkadaşları Inconel 718 malzemesinin yüzey frezelemesinde, CVD kaplama teknolojisi ile geliştirilmiş, iki farklı geometriye sahip kesici takım kullanılarak, kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir (Yalçın, Korkut ve Kuş, 2009). Üç farklı kesme hızı (45, 90, 180 m/dak), üç farklı ilerleme (0,05; 0,10; 0,20 mm/diş), 1 mm sabit kesme derinliğinde ve iki farklı geometriye sahip kesici takım ile 18 adet deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda yuvarlak uç geometrisine sahip kesici takıma ait yüzey pürüzlülük değerlerinin belirgin olarak düşük olduğu belirtilmiştir. Düşük ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülük değerleri, tüm kesme hızları için düşük olarak gerçekleştiği belirtilmiştir. Artan ilerleme miktarıyla yüzey pürüzlülüğünde kötüleşme meydana geldiği, ancak yüksek kesme hızlarında artan ilerleme miktarında bile yüzey pürüzlülüğünün sabit kaldığı ifade edilmiştir.

Özçelik ve arkadaşları “Düzlem yüzey frezelemede takım tutucuları ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi” isimli çalışmalarında shrink, weldon ve pens takım tutucunun düzlem yüzey frezelemedeki performanslarını karşılaştırmışlardır (Özçelik, Kuram ve Sert, 2011). AISI D2 soğuk iş takım çeliği karbür parmak freze kesici takımıyla belirli kesme parametrelerinde frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Frezeleme deneyleri üç farklı kesme hızında (100, 140, 180 m/dak), üç farklı ilerlemede (0,1; 0,2; 0,3 mm/dak) üç farklı kesme derinliğinde (0,3; 0,5; 0,7 mm), üç farklı yana kayma mesafesinde (1, 2, 3 mm) ve kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Her bir deneyden sonra

işlenen yüzeyde kesme uzunluğu boyunca beş farklı noktadan iş parçasının yüzey pürüzlülüğü ölçümleri gerçekleştirilmiştir ve analiz için ortalama değerler kullanılmıştır. Kullanılan takım tutucular için yana kayma mesafesinin ve ilerleme değerlerinin düşük seviyeleri düşük yüzey pürüzlülük değerleri verdiği belirtilmiştir.

Nas tarafından yapılan çalışmada frezeleme işleminde kesici uç sayısının titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir (Nas, 2008). Bu çalışmada, AISI 1050 çelik malzeme, kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılarak alın frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Alın frezeleme deneyleri beş farklı kesme hızında (60, 90, 120, 150, 180 m/dak), üç farklı kesme derinliğinde (1, 2, 3 mm) ve üç farklı ilerlemede (0,05; 0,1; 0,15 mm/dev), soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Alın freze çakısındaki kesici takım sayısının titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemek amacıyla deneylerde farklı sayılarda (1, 2, 3, 6 adet) kesici takımlar kullanılmıştır. Frezeleme işlemi esnasında oluşan titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve titreşim üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kesici uç sayısı arttığında yüzey pürüzlülük değerinin önemli miktarda arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, titreşimin de yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Kesme hızı arttırıldığında kesme hızının artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmüştür.

Yılmaz yaptığı çalışmasında frezeleme operasyonlarında, işleme parametrelerinin takım tezgahında oluşan titreşimlere ve elde edilen yüzey kalitesine etkisini araştırarak en uygun işleme parametrelerini belirlemeyi hedeflemiştir. (Yılmaz, 2009). İşleme parametreleri olarak üç farklı kesme hızı (132, 220, 308 m/dak), dört farklı ilerleme (0,05; 0,1; 0,15; 0,2 mm/diş), iki farklı kesme derinliği (1; 1,5 mm) ve üç farklı sayıda kesici uç (1, 2, 4 adet) kullanılmıştır. Çalışmada AISI 1050 deney malzemesi üzerinden talaş kaldırılmıştır. Titreşim ivme seviyelerinin artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde de bir artış görülmüştür. Bu durum titreşimlerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki olumsuz etkisini ortaya koymuştur. Kesme derinliği ve kesici diş sayısının artması ile tüm deneylerde ki titreşim ivme seviyelerinde istisnasız olarak bir artış görülmüştür. Kesme derinliği ve kesici uç sayısının, iş parçası ile kesici takım arasındaki temas alanını arttırdığından dolayı sistemde oluşan titreşim frekanslarını da arttırdığı tespit edilmiştir. Farklı frezeleme işlem parametreleri değerlendirildiğinde; en düşük titreşim ivme seviyesi için en uygun işleme parametresi 132 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/diş ilerleme miktarı, 1 mm kesme derinliği ve 1 adet kesici uç sayısı olmuştur. En düşük yüzey pürüzlülüğü değeri için en uygun işleme

parametresi ise 308 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/diş ilerleme miktarları ve 1 adet kesici uç sayısı olmuştur.

Kara çalışmasında, Taguchi Metodu yardımıyla, GF 24Mn5 N malzemenin frezeleme operasyonunda, işleme parametrelerinin yüzey kalitesine etkisinin optimizasyonu üzerine çalışmıştır (Kara, 2012). Çalışmasında GF 24Mn5 N malzemesinin yüzey frezeleme işlemlerinde 63 mm çapında 4, 5 ve 6 ağızlı tarama kafası ve 345R-1305M-KH sert maden uçlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak üç farklı kesme hızı (120, 160, 200 m/dak), üç farklı ilerleme miktarı (200, 250, 300 mm/dak), üç farklı kesme derinliği (0,3; 0,5; 0,8 mm) ve üç farklı takım diş sayısı (4, 5, 6 adet) kullanılmıştır. Deney sonucunda kesme hızıyla yüzey pürüzlülüğü arasında ters bir orantı olduğu ve yüzey pürüzlülüğüne etkileyen en önemli faktörün % 68,04'lük bir oranla kesme hızı olduğu görülmüştür. Çalışma sonunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük sonuçları değerlendirildiğinde kesme derinliği ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. İlerleme oranı arttıkça yüzey pürüzlülüğü oranı da artmaktadır. İlerleme oranı deneylerde yüzey pürüzlülüğünü ikinci etkileyen faktör olmuştur (% 28,49).

Sai ve diğerleri bitirme yüzeyi frezelemede, işlenebilirlik parametrelerinin yüzey oluşumları üzerine etkilerini incelemişlerdir (Sai, Salah ve Lebrun, 2001). Çalışmalar, karbon çeliği ve paslanmaz çelik ile dört farklı kesme hızı (160, 220, 315, 440 m/dak), dört farklı ilerleme miktarı (0,05; 0,1; 0,15; 0,2 mm/diş) ve 0,5 mm kesme derinliği kullanılarak yapılmıştır. Yüzey frezeleme işlemlerinde takma uçlu karbür takım kullanılmıştır. Her iki deney malzemesi içinde, ilerleme miktarının artmasıyla Ra pürüzlülük değeri artmıştır. Kesme hızının artan değerlerinde ise yüzey pürüzlülüğü iyileşmiştir. Araştırmacılar bu durumu artan kesme hızıyla birlikte, takım talaş temas uzunluğunun kısalmasına ve kesme kuvvetlerinin azalmasına, bu yüzden de deformasyonların küçülmesine bağlamışlardır. Araştırmacılar ayrıca; düşük kesme hızlarında BUE oluştuğunu ve yüzey pürüzlülüğünün kötü çıktığını, paslanmaz çelikteki yüzey kalitesinin karbon çeliğinden daha kötü olduğunu ve bunun da malzemeler arasındaki sertlik ve mikro yapının farklı olmasından kaynaklandığını da belirtmişlerdir.

Yine kesme parametreleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine bir çalışmada Baran tarafından yapılmıştır. Baran yaptığı bu çalışmasında sertleştirilmiş kalıp çeliklerinin yüksek hızda işlenmesinde uygun kesme parametrelerinin seçimi üzerine çalışmıştır (Baran, 2006). Bu

çalışmada serbest şekilli yüzeyleri yüksek hızda işleme teknolojisi kullanılarak, 51 HRC sertlik değerinde sertleştirilmiş, yarı çapı 21 mm ve merkez açısı 150° olan küresel formlu DIN 1.2344 sıcak iş çeliğini üç farklı aşamada işlemiştir. Birinci aşamada kaba işleme, ikinci aşamada ön finiş işleme ve üçüncü aşamada son finiş işleme yapılmıştır. Kaba işlemede 20 mm çapa, 5 mm köşe radiusuna sahip takma uçlu kesici takım kullanılmıştır. Bu aşama için kullanılan kesme parametreleri ise; kesme derinliği 0,1 mm, yanal kayma miktarı 10 mm, tabla ilerlemesi 2500 mm/dak, iş mili devri 2500 dev/dak, ön finişe bırakılan talaş miktarı 0,2 mm'dir. Ön finiş işleme için 14 mm çapa sahip küresel uçlu parmak freze kullanılmıştır. Ön finiş işlemleri parça boyuna dik çift yönlü paralel işleme mantığı ile 0.1 mm ve 0.05 mm talaş paylı olarak işlenmiştir. Ön finiş işlemede kesme parametreleri; tabla ilerlemesi 3000 mm/dak, iş mili devir sayısı 7000 dev/dak ve kullanılan yanal kayma değeri takım çapının % 3'ü (0,42 mm) olarak kullanılmıştır. Son finiş işleme ise 6mm çapa sahip TiAlN kaplamalı küresel uçlu parmak freze kullanılarak iki farklı kesme derinliği (0,05; 0,1 mm), iki farklı yanal kayma (0,05; 0,1 mm), iki farklı kesici ağız başına ilerleme (0,05; 0,1 mm/diş) ve dört farklı kesme hızı (32,04; 44,86; 188,50; 263,89 m/dak) kullanılarak yapılmıştır. Deney kesimlerinde işleme yönleri de eş yönlü, zıt yönlü ve çift yönlü olarak farklı şekillerde işlemiştir. İşlenen malzeme üzerinde 15°, 45°, 75°, 90°, 105°, 135° ve 165° merkez açılı doğrultularda yüzey pürüzlülükleri incelenmiştir. İncelemeleri neticesinde bulunan sonuçlar şunlardır:

- Küresel uçlu takımlarla yapılan çalışmalarda takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından takım-parça temas açısı 15° derece ve üstü değerlerde seçilmeli.
- Yüksek devir yüzey kalitesini olumlu etkiler.
- Sert kalıp çeliklerinin yüksek hızda işlenmesinde aynı yönlü işleme yöntemi tercih edilirse optimum yüzey kalitesi elde edilebilir.
- Sert malzemelerde finişe bırakılan talaş miktarı 0,2 mm'yi aşmamalıdır. Üstü değerlerde yüzey kalitesi ve takım ömrü olumsuz etkilenecektir.

2.2. Kesme Kuvveti ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Kadrigama ve arkadaşları, istatistiksel bir yaklaşım kullanarak AISI P20 takım çeliği için frezeleme işleminde üretilen kesme kuvvetini tahmin etmek için deneysel ve sonlu eleman çalışmasını incelemişlerdir (Kadrigama, Noor, Rahman, Bakar ve Mohammad, 2009). Frezeleme işlemleri üç farklı kesme hızı (100, 140, 180 m/dak), üç farklı ilerleme (0,1; 0,2;

0,3 mm/dev), üç farklı aksel kesme derinliği (1; 1,5; 2 mm) ve üç farklı radyal kesme derinliğinde (2; 3,5; 5 mm) yapılmıştır. Kesici takım olarak TiN kaplamalı, kare tipli, talaş kırıcı formuna sahip karbür kesici takımlar kullanılmış ve deneyler de soğutma sıvısı kullanılmıştır. Kesme kuvvetinin üzerinde en etkin parametrelerin sırasıyla oranı daha sonra aksel kesme derinliği, radyal kesme derinliği ve son olarak kesme hızı olduğu belirtilmiştir. Kesme kuvveti, ilerleme oranı ve kesme derinliğinin artmasıyla artmış olup kesme hızının artmasıyla azalmıştır.

Korkut ve Dönertaş tarafından yapılan bir başka çalışmada da kesme parametrelerinin frezelemede oluşan kesme kuvvetleri üzerine etkileri incelenmiştir (Korkut ve Dönertaş, 2003). Deneylerde Ç1040 ve Ç1020 sade karbonlu çelik malzemelerin Böhler SB40, SBF, TPKN 16 03 PPR sert maden uçlarla alın frezelemesi işlemlerinde oluşan kesme kuvvetlerindeki değişimleri üç boyutlu olarak ölçülmüşlerdir. Kesme parametresi olarak beş farklı kesme hızı (44, 56, 71, 88, 111 m/dak), beş farklı ilerleme miktarı (20, 40, 63, 80, 100 mm/dak), altı farklı kesme derinliği (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 mm) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kesme derinliği ve ilerleme değeri arttıkça kesme kuvvetlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Ç1020 malzemede Ç1040'a göre daha büyük kesme kuvvetlerinin ölçüldüğünü tespit edilmiştir. Takım-talaş temas uzunluğunun kısılması ve kesme düzlemi açısının artması ile kesme kuvvetlerini azalmıştır. Ç1020 ve Ç1040 malzemelerde, kesme hızının azalması ile kesme kuvvetlerinin de azaldığı belirtilmiştir.

Uysal ve arkadaşları ise kesici ağız yuvarlatılmış, aşınmış takımlarla ortogonal talaş kaldırmada kesme kuvvetlerinin deneysel incelenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır (Uysal ve Altan, 2013). Yapılan çalışmada CuZn30 iş parçasının işlenmesinde ortogonal talaş kaldıran test cihazı kullanılmıştır. Talaşlı imalat işlemleri için kesici ağız yuvarlıkları 50 µm, 100 µm ve 150 µm olan TPGN 160308 kodlu kesici uçlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak serbest yüzey aşınma miktarları, kritik aşınma miktarından daha az olacak şekilde 50 µm, 125 µm ve 200 µm olarak belirlenmiştir. Talaş kaldırma işlemleri, 0,25 m/dak, 0,5 m/dak ve 0,75 m/dak kesme hızlarında, 100 µm, 150 µm ve 200 µm kesme derinliklerinde ve talaş açısı 2° ve 6° olacak şekilde seçilmiştir. Deneyler sonucunda kesici takım serbest yüzey aşınması arttıkça artan sürtünme kuvvetlerinden dolayı kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvetin arttığı tespit edilmiştir. Kesme derinliği arttıkça kesme kuvvetin arttığı, kesme hızı artması ile de kesme kuvvetinin bir miktar azaldığı vurgulanmıştır.

2.3. Kesme Kuvveti ve Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Çakmak yaptığı çalışmada frezeleme işleminde takım talaş kırıcı formunun yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisini deneysel olarak araştırmıştır (Çakmak, 2013). Bu çalışmada, AISI 1040 imalat çeliğinden hazırlanmış numuneler üzerinde frezeleme işlemi yapılarak yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Deneyler, CNC dik işleme merkezine bağlanan dinamometre ve bu dinamometrenin üzerine bağlanan deney parçalarının işlenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde dört farklı talaş kırıcı geometrisine sahip (R390-11 T3 08E-PL 1030, R390-11 T3 08M-PL 1030, R390-11 T3 08M-PM 1030, R390-11 T3 08M-MM 2040) kesici takımlar kullanılmıştır. Kesme derinliği 1 mm, ilerleme miktarı 0,05; 0,10 ve 0,15 mm/diş olarak belirlenmiştir. Kesici takımlar ile belirtilen kesme şartlarında, dört farklı kesme hızında (150, 225, 300, 375 m/dak) frezeleme işlemi yapılmıştır. Her talaş kırıcı geometrisi için ayrı ayrı işlenen parçalarda talaş kırıcı geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, en iyi yüzey pürüzlülük değerleri ve en düşük kesme kuvveti değerleri E-PL 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlarla elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülükleri bütün kesiciler için genel olarak ilerlemenin artışı ile artmış, kesme hızının artışı ile azalmıştır. Kesme kuvvetleri genel olarak ilerleme değerlerinin artmasıyla artmış, kesme hızlarının artmasıyla azalmıştır.

Domaç AISI 1040 imalat çeliğinden hazırlanmış numunelerin frezelenmesinde farklı uç geometrilerine sahip takımların (SPMT 1204 AEN, SPMW 1204 AEN-A57, SPMT 120408-D51) kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmıştır (Domaç, 2011). Frezeleme işlemleri beş farklı kesme hızında (120, 140, 200, 240, 280 m/dak), üç farklı ilerlemede (0,1; 0,15; 0,2 mm/diş), iki farklı kesme derinliğinde (0,5; 1 mm) ve kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Her uç geometrisi için ayrı ayrı işlenen parçalarda kesici uç yarıçapı ve uç geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Kesme kuvvetleri açısından incelendiğinde, genel olarak sadece “pahlı” olan kesici uç en iyi sonuçları verdiği belirtilmiştir. “Pahlı ve radyuslu” olan kesicide en yüksek kesme kuvvetleri ortaya çıktığı belirtilmiştir. Deney sonuçları yüzey pürüzlülüğü yönünden değerlendirildiğinde sadece “pahlı” kesicinin en iyi pürüzlülük değerlerini verdiği belirtilmiştir. En kötü yüzey pürüzlülüğü değeri ise “pahlı ve radyuslu” olan kesici uç ile işlemlerde elde edildiği belirtilmiştir. Kullanılan kesici uçlardan sadece “radyuslu” olanın

hemen hemen tüm kesme şartlarında, oluşan kesme kuvvetleri ve çıkardığı yüzey pürüzlülüğü yönünden diğer kesicilerin ara değerlerini ortaya çıkardığı belirtilmiştir.

Şahin çalışmasında AISI H13 (DIN 1.2344) çeliğinin frezede tarama başlığı ile işlenmesi sırasında parça yüzey bölgesinde oluşan ısı oluşumu incelemiştir. Ayrıca, kesme parametrelerine bağlı olarak oluşan kesme kuvvetlerini ve yüzey pürüzlülüğünü de tespit etmiştir (Şahin, 2012). Frezeleme deneylerinde Mitsubishi firması tarafından üretilen uç yarıçapı 1,5 mm olan, AlTiN kaplamalı karbür uçlar kullanılmıştır. Kesme parametresi olarak üç farklı kesme derinliği (1,78; 2,5; 3,5 mm), üç farklı kesme hızı (132, 220, 308 m/dak), ve dört farklı ilerleme miktarı (0,125; 0,2; 0,315; 0,5 mm/diş) kullanılmıştır. Deney sonucunda yüzey pürüzlülüğünün değişiminde ilerleme hızının kesme hızına kıyasla daha etkili bir parametre olduğu tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde, ilerleme hızının, kesme derinliğine kıyasla daha etkili parametre olduğu tespit edilmiştir. Kesme kuvvetlerinin değişiminde ise ilerleme hızı ve kesme derinliğinin artırılmasıyla, kuvvet bileşenlerinin ve bileşke kuvvetin arttığı tespit edilmiştir. Kesme hızının artırılmasıyla da bu değerlerin genelde düşme eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

Seymen yaptığı çalışmada alüminyumun elmas benzeri karbon (DLC) kaplanmış parmak freze ile işlenmesinin deneysel olarak incelemiştir (Seymen, 2009). 7075 serisi alüminyum malzemenin frezeleme işlemlerinde iki farklı çapta (8, 10 mm), DLC kaplamalı takımlar kullanmıştır. Kesme işlemi kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir. Deneylerde üç farklı fener mili hızı (1200, 1700, 2200 dev/dak), üç farklı ilerleme oranı (0,02; 0,03; 0,04 mm/dev), üç farklı kesme derinliği (4, 8, 12 mm) ve üç farklı işleme genişliği (2, 3, 4 mm) kullanmıştır. Yüksek kesici takım hızlarında 10 mm çaplı parmak freze ile işlenen yüzeyin pürüzlülük değerinin 8 mm çaplı parmak freze göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Fener mili hızının artması ile yüzey kalitesinde kötüleşme olduğu tespit edilmiştir. Artan fener mili hızı ile beraber parmak freze çapının büyümesinin, işlenen yüzeyin kalitesini arttırdığı da vurgulanmıştır. İlerleme miktarının artması ile yüzey pürüzlülük değerinde de artış söz konusudur. Kesme kuvvetlerinde ise en etkili faktörlerin sırası ile işleme genişliği ve ilerleme oranı olduğu, minimal etkiye sahip faktörlerinse yine sırası ile kesme derinliği ve fener mili hızı olduğu belirtilmiştir.

Korkut ve Dönertaş tarafından yapılan çalışmada, yüzey frezeleme işleminde kesme

kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım-talaş temas uzunluğu üzerine kesme hızı ve ilerleme miktarının etkisi incelenmiştir (Korkut ve Dönertaş, 2007). Yüzey frezeleme deneylerinde beş farklı kesme hızı (44, 56, 71, 88, 111 m/dak) ve üç farklı ilerleme miktarı (20, 63, 100 mm/dak), 2 mm sabit kesme derinliği kesme şartlarında AISI 1020 çeliği ve AISI 1040 çeliği işlenmiştir. Kesici takım olarak sementit karbür uçlar kullanılmıştır. AISI 1020 çeliği, AISI 1040 çeliğinden daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri vermiştir. Ayrıca, kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı belirtilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada da AISI D2 soğuk iş takım çeliği CNC dik işleme merkezinde simetrik alın frezeleme işlemine tabi tutularak kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerini incelenmiştir (Şirin, Turgut ve Korkut, 2012). Deneylerde PVD yöntemi ile $TiAl+Al_2O_3+ZrN$ kaplanmış karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Deneyler dört farklı kesme hızı (70, 90, 110, 130 m/dak), üç farklı ilerleme (0,05; 0,1; 0,15 mm/diş) ve sabit kesme derinliği (0,5 mm) kullanılarak, kuru şartlarda yapılmıştır. Frezeleme işleminde kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğündeki değişimlerin analiz edilmesi için kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Bu parametrelerin kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri araştırılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametreler sırasıyla takım geometrisi, ilerleme miktarı ve kesme hızı olduğu tespit edilmiştir. Deneyler sonucu, düşük ilerleme ve kesme hızı değerlerinde taşlama kalitesinde yüzeyler elde edilmiştir. En iyi yüzey pürüzlülük değeri 70 m/dak kesme hızında 0,05 mm/diş ilerleme değerinde, en kötü pürüzlülük değeri 130 m/dak kesme hızında 0,15 mm/diş ilerleme değerinde elde edilmiştir. Takım aşınması sadece, en sert olan malzemede plastik deformasyon olarak tespit edilmiştir.

2.4. Kesici Takım Aşınması ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Ucun ve arkadaşları yaptığı çalışmada inconel 718 süper alaşımının işlenmesinde kaplanmış mikro takımların aşınma davranışları ve aşınma performansını araştırmıştır (Ucun, Aslantaş ve Bedir, 2010). Çalışmada inconel 718 nikel esaslı süper alaşımı iş malzemesi olarak seçilmiştir. Kesme deneylerinde kesici takım olarak, 740 μm çapa sahip TiN, AlTiN, CrN kaplı ve kaplamasız takım olmak üzere 4 farklı tungsten karbür (WC) mikro freze takım kullanılmıştır. Kesme parametresi olarak, 17000 dev/dak devir sayısı ile 150 mm/dak ilerleme hızı ve 0,1 mm kesme derinliği kullanılmıştır. Kesme işleminde her bir

deney için sabit bir talaş hacmi (10 mm^3) dikkate alınmıştır. Tüm deneyler kuru kesme koşullarında gerçekleştirilmiş olup soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Çalışmanın sonucunda kesme işleminde kaplamalı takımların kaplamasız takıma nazaran daha iyi performans gösterdiğini belirtilmiştir. Bu bağlamda, kesici takımlar aşınma performansları açısından değerlendirildiğinde en iyi performansı AlTiN kaplı kesici takımın sergilediği vurgulanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü için yapılan yorumlarda ise, AlTiN kaplı kesici takımın diğer takımlara nazaran daha iyi bir davranış sergilediği belirtilirken en kötü performansı gösteren takımın kaplamasız takım olduğu da belirtilmiştir.

Koca ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 55 HRC sertliğe sahip DIN 1.2344 ESR sıcak iş kalıp çeliği, farklı kesme parametreleri ile işlendikten sonra kesici uçlar üzerinde oluşan aşınmanın talaşlı imalat parametrelerine bağlı olarak değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır (Koca, Oral ve Çakır, 2012). Çalışmada kesme parametresi olarak üç farklı kesme hızı (70; 94,5; 127,5 m/dak), beş farklı ilerleme miktarı (0,5; 0,63; 0,78; 0,98; 1,22 mm/dev) ve 0,3 mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Yüzey frezeleme işlemleri için 20 mm çapında ve iki ağızlı takım tutucucu ve RT 130414 hf 2003 kodlu TiAlN kaplamalı takma uç kullanılmıştır. Deney sonuçlarında düşük ilerleme değerlerinde takımın iş parçası ile daha uzun süre temas etmesi sonucu oluşan ısının aşınmayı tetiklediği ve arttırdığı tespit edilmiştir ayrıca artan kesme hızı ve ilerleme miktarının takım çalışma sürelerine olumsuz yönde etki ettiği de belirtilmiştir.

Camuşcu ve Aslan, farklı sertliklerdeki X210CR12 soğuk iş takım çeliğinin parmak frezeleme işleminde, kaplamalı sinterlenmiş karbür ve kaplamalı sermet kesici takımların performanslarının karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır (Camuşcu ve Aslan, 2005). Çalışmalarında 35 HRC ve 62 HRC'ye sertleştirilmiş X210CR12 soğuk iş takım çeliğinin kuru kesme şartlarında işlemişlerdir. Kesici takım olarak kimyasal buhar çökertme yöntemiyle TiCN, fiziksel buhar çökertme yöntemi ile TiCN+TiAlN kaplamalı sinterlenmiş karbür kesici uçlar ve fiziksel buhar çökertme ile TiAlN kaplamalı sermet kesici uçlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak iki farklı ilerleme miktarı (0,1; 0,2 mm/dev), iki farklı kesme hızı (50, 100 m/dak), iki farklı kesme derinliği (0,2; 0,4 mm) kullanılmıştır. TiCN+TiAlN kaplamalı sinterlenmiş karbür ve TiAlN kaplamalı sermet kesici takımlar hem yanal yüzey aşınması hem de işlenmiş parçanın yüzey kalitesi açısından TiCN kaplamalı sinterlenmiş karbür takıma göre daha iyi performans göstermiştir. 35 HRC sertliğindeki malzemenin işlenmesinde, kesme hızı ve kesme

derinliği iki katına çıkarıldığı halde kesici takım ömrünün, 62 HRC sertliğindeki malzemenin işlendiği duruma kıyasla daha uzun olduğu gözlenmiştir.

Kopya freze tezgahlarında küresel uçlu parmak frezelerle işleme de takım aşınmalarının incelenmesi üzerine bir çalışmada Tomas ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (Tomas, Jozef, Mario ve Ivan, 2014). Deneylerde AISI 1045 kalite karbon çeliğini 0,05 mm/diş ilerleme miktarı, 70 m/dak kesme hızı, iki farklı takım yolu ve 0,5 mm yanal kayma ve kesme derinliği kesme şartlarını kullanarak işlemişlerdir. Kesici takım olarak 12 mm çapa ve 2 adet kesici ağza sahip kaplamasız küresel uçlu karbür takım kullanılmıştır. Deneylerde, açılı yüzey (15°) aşağı yönlü ve yukarı yönlü frezeleme metodu ile işlenirken her 2 metrelik kesme mesafesinden sonra (10,75 dak) takımlarda ki aşınmalar ölçülmüştür. Takımlar 0,3 mm aşınma miktarına kadar aşındırılmış bunun sonucunda yukarı yönlü frezelemenin aşağı yönlü frezelemeye göre daha üstün (% 241) bir performans sergilediği tespit edilmiştir. Kesici takımın temas alanının aşağı yönlü frezelemede daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Nordin ve arkadaşları, östenitik paslanmaz çeliğinin frezelenmesinde çok katmanlı PVD TiN/ TaN kaplı takımların aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir (Nordin, Sundström, Selinder ve Hogmark, 2000). Çalışmada, SEKN 1204 AZ sinterlenmiş karbür takım kullanarak AISI 316 stenitik paslanmaz çeliğin yüzeyi frezelenmiştir. Kesme parametresi olarak 2 mm sabit kesme derinliğinde dört farklı (45, 180, 675 ve 1350 m) diş başına düşen kesme mesafelerini baz almışlardır. Deneyler sonucunda, kesici takımın yan ve st yüzeylerinde, adhezyon aşınması, abrazyon aşınma, çentik aşınması, mekanik çatlaklar, plastik deformasyon ve krater aşınma mekanizmalarının olduğu gözlenmiştir. Çok katmanlı kaplamalar tek katlı kaplamalardan daha iyi takım ömrü performansı sergilemiştir. Ayrıca, TiN kaplama TaN kaplamadan daha iyi takım ömrü performansı vermiştir. Kaplama kalınlığının takım ömrü üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı da belirtilmiştir.

İşlemesi zor malzemelerin yüksek hızlarda işlenmesinde takımlarda meydana gelen aşınmaları araştıran bir alışma Kim ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (Kim S, Lee, Kang ve Kim J, 2001). Çalışmada, TiAlN kaplı karbür ve TiN kaplı HSS takım kullanarak, sertleştirilmiş elik (28HRC, 42HRC, 60HRC) ve Inconel 718 malzemeler üzerinde frezeleme işlemi yapılmıştır. Kesme parametresi olarak iki farklı kesme hızı (90, 210

m/dak), 0,1 mm/diş ilerleme miktarı, 0,5 mm aksenal kesme miktarı ve 2 mm radyal kesme miktarı kullanmışlardır. Kesici takımlar 0,3 mm'ye kadar aşındırılmıştır. Frezeleme işlemlerini kuru, su soğutuculu ve basınçlı hava ortamında gerçekleştirmişlerdir. Basınçlı hava ile soğutma için deney düzeneği hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda, kesme ortamında kullanılan basınçlı hava soğutucusunun takım ömrünü diğer ortamlara göre daha da arttırdığı rapor edilmiştir. Ayrıca, HSS takımında 0,1 mm yanak aşınması değerinden sonra, aşırı çentik aşınması olduğu tespit edilmiştir.

Kaplamaların takım ömrüne etkisini incelemek amacıyla Gu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, kaplamasız karbür, TiN, TiAlN ve ZnN kaplamalı uç kullanarak AISI 4140 çelik malzemenin yüzeyi frezelenmiştir (Gu J, Barber, Tung, ve Gu R, 1999). Kesme parametrelerinden ise dört farklı kesme hızı (60, 120, 180, 240 m/dak) ve üç farklı ilerleme miktarı (0,125; 0,2; 0,275 mm/diş) kullanılmıştır. Takma uçlu kesici takıma TiN kaplamalı, AlTiN kaplamalı ve ZrN kaplamalı tek uç takılarak yapılan çalışmada, en yüksek aşınma direncine TiAlN kaplamalı kesici uçlar ile ulaşılmıştır. Düşük kesme hızlarında BUE oluşması, yüksek kesme hızlarında ise kesme bölgesindeki sıcaklıktan dolayı aşınmanın arttığı tespit edilmiştir. Kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla takım ömrünün kısaldığı ve ayrıca, takım ömrü üzerinde kesme hızının etkisinin ilerleme miktarından daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Jawaid ve arkadaşları, PVD yöntemi ile kaplanmış TiN kaplı ve CVD yöntemi ile kaplanmış TiCN+Al₂O₃ kaplı iki farklı karbür takımla Ti 6Al 4V titanyum alaşımının yüzeyini frezeleyerek aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir (Jawaid, Sharif ve Koksal, 2000). Deneyler sırasında 4 farklı kesme hızı (55, 65, 80, 100 m/dak) ve iki farklı ilerleme miktarı (0,1; 0,15 mm/diş) kullanılmıştır. Kesici takımın yan ve üst yüzeylerinde oluşan adhezyon, difüzyon, plastik deformasyon, talaş yığılması (BUE), termal çatlaklar ve sürtünme (attrition) aşınma mekanizmalarını SEM incelemeleri ve EDAX analizleri ile belirlenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, 55 m/dak'lık kesme hızı ve 0,1 mm/diş ilerleme miktarında 30 dakikalık takım ömrüne ulaşılmıştır. CVD kaplı takımın performansı PVD kaplı takımdan daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kesme hızı ve ilerleme miktarının artırılmasıyla takım ömrünün azaldığı rapor edilmiştir.

2.5. Kesici Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Gezgin yaptığı çalışmada AISI D3 soğuk iş takım çeliğın CNC dik işleme merkezinde, kaplamalı karbür takımlarla işlenmesinde, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının, takım ömrü, kaldırılan talaş hacmi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin incelemiştir (Gezgin, 2007). Yüzey frezeleme işlemlerinde SEMT13T3AGSN takım geometrisinde ve JM talaş kırıcı formuna sahip VP15TF kaplamalı karbür uçlar kullanılmıştır. VP15TF kaplama kalitesi (Al,Ti)N katmandan oluşmaktadır. Takım ömrü deneyleri için üç farklı kesici uç sayısı (1, 3, 6 adet), üç farklı ilerleme miktarı (0,08; 0,1; 0,125 mm/diş), üç farklı kesme hızı (416, 500, 600 m/dak) ve 1 mm kesme derinliği kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü deneyleri için ise dört farklı kesici uç sayısı (1, 2, 3, 6 adet), üç farklı ilerleme miktarı (0,08; 0,12; 0,18 mm/diş), üç farklı kesme hızı (80, 120, 180 m/dak) ve 1 mm kesme derinliği kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla takım ömrünün azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan kesici uç sayısı ve ilerleme miktarının artmasıyla kaldırılan talaş hacmi de artarken, yüksek kesme hızı değerlerinin seçilmesiyle azalmıştır. SEM incelemeleri sonucunda yanak aşınmasının kesici takımdaki hâkim aşınma tipi olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülük değerleri, kesici uç sayısı ve ilerleme miktarının artmasıyla artarken, kesme hızının önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametrelerin sırasıyla kesici uç sayısı, ilerleme miktarı ve kesme hızı olduğu belirtilmiştir.

Altınkaya yaptığı çalışmada AISI 316 östenitik çeliğın işlenmesinde kesme değerlerinin ve takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkilerinin incelenmesini çalışmıştır (Altınkaya, 2006). Bu çalışmada, üç farklı kaplama ve formda kesici uç (KC525, KC725, KC935) kullanılarak AISI 316 östenitik paslanmaz çelik frezeleme metoduyla soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. İşleme esnasında her bir kaplamalı takımla üç farklı kesme hızı (180, 225, 270 m/dak) ve üç farklı ilerleme miktarı (0,05; 0,1; 0,15 mm/dev) kesme derinliği sabit tutularak ayrı ayrı uygulanmıştır. Sonuç olarak kullanılan kesici takımlardan TiAlN malzemesiyle kaplanmış takımın diğer takımlardan daha iyi aşınma ve yüzey pürüzlülük sonuçları verdiği ortaya çıkmıştır. TiAlN kaplı kesici takımı sırasıyla TiN/TiCN/TiN kaplanmış takım ve TiN/TiCN/Al₂O₃ kaplanmış takım takip etmiştir. Takım aşınmaları genel olarak kesme hızının artmasıyla artmış, ilerleme

değerlerinin artmasıyla azalmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri ise genel olarak kesme hızının artmasıyla azalmış, ilerlemenin artmasıyla artış eğilimi göstermiştir.

Tütünsatar çalışmasında AISI 1045 iş parçası malzemesinin farklı mikro kesici takımlar ile frezelenmesi işleminde, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması kriterlerini incelemiştir (Tütünsatar, 2010). Parmak frezeleme işlemlerinde 0,8 mm çapa sahip kaplamasız (WC), AlTiN kaplamalı ve TiN kaplamalı kesici takımlar kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasının belirlenmesinde beş farklı kesme hızı (75, 125, 200, 250, 300 m/dak) ve üç farklı ilerleme miktarı (0,1; 0,15; 0,20) kullanmıştır. Yüzey pürüzlülük deneyleri için üç farklı kesme derinliği (0,1; 0,15; 0,20 mm) kullanılırken, aşınması deneylerinde tek kesme derinliği (0,175 mm) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en iyi yüzey pürüzlülük değeri AlTiN kaplamalı freze ucu ile 0.129 μm olarak 15 μm kesme derinliği ve 250 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir. Ayrıca artan ilerleme kesme derinliğine bağlı olarak, her bir kesici takım için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri de artmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirildiğinde, en iyi performansı AlTiN kaplı kesici takım göstermiştir. Buna karşın kaplamasız ve TiN kaplı kesici takım için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirine yakın olarak ölçülmüştür.

Literatürler incelendiğinde frezeleme yöntemiyle gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemlerinde farklı parametreler ve değişik koşulların kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü üzerindeki etkilerinin incelendiği görülmektedir. Yapılan bu çalışmaların genellikle takma uçlu kesici takımlarla veya parmak frezelerle yapıldığı buna karşılık küresel uçlu parmak frezelerle yapılan çalışmaların miktarının çok az olduğu görülmektedir.

Bundan dolayı bu çalışmada ise DIN 1.2316 kalite plastik kalıp çeliğinin farklı kaplamalara sahip küresel uçlu parmak frezelerle işlemede oluşan yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve takım aşınması durumları incelenmiştir.

3. TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK

3.1. 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 tezgahı (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.

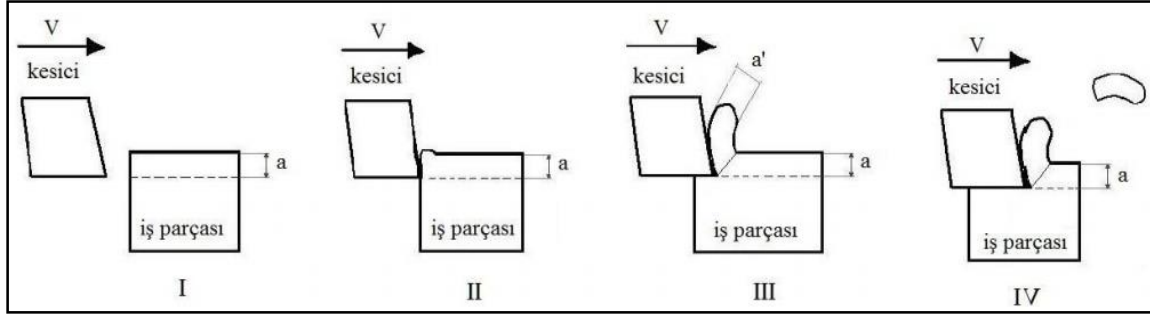
Talaş kaldırma belirli boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için ucu keskin bir takımla ve güç kullanarak, iş parçası (hammadde, taslak) üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırma işlemidir. Ayrılan malzeme tabakasına talaş denir. Fiziksel bakımdan talaş kaldırma işlemi, 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 etkidir (Akkurt, 2004: 125,190).

Talaş oluşumunu açıklayabilmek için 2 tip kesme modeli geliştirilmiştir.

a-) Ortogonal (Dik) kesme modeli,

b-) Oblik (Eğik) kesme modeli .

Talaş kaldırma olayını incelemek için kama şeklinde bir kesme ucundan yapılan ve Şekil 3.1’de gösterilen bir takım/iş parçası modeli oluşturulmuştur.

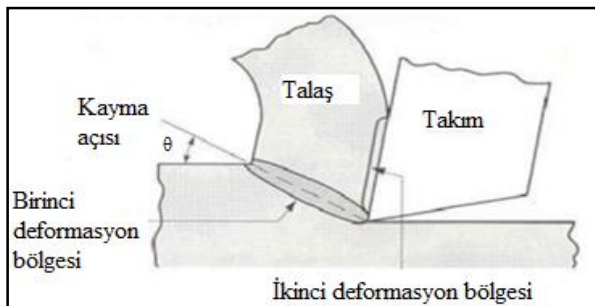


Şekil 3.1. Talaş oluşumu

Burada V kesme hızını (m/dak), a kesilmemiş talaş kalınlığını (mm), a' kesilmiş talaş kalınlığını (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 etkilere 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 3.2). (Akkurt, 2004: 125,190; Gülmez, 2003; Şahin, 2000).



Şekil 3.2. Talaş oluşumu ve deformasyon bölgeleri

3.2. Frezeleme

Frezeleme işlemi; çevresinde kesici ağızları bulunan kesici takımın, kendi eksenini etrafında dönme hareketine karşılık, freze tezgahının tablasına bağlanmış olan iş parçasının belirli eksenlerde ilerleme hareketi yapmasıyla meydana gelen talaş kaldırma işlemidir (Akkurt, 2004: 125,190; Gülmez, 2003).

Freze tezgahları, takımı taşıyan ve malafa denilen elemanın konumuna göre yatay, dikey ve universal freze olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Universal freze tezgahları, takımı taşıyan elemanın eğik duruma getirilebilmesinden dolayı yatay ve düşey freze tezgahlarının yerine her ikisinin de görevini yapabilirler. Freze tezgahları manuel ve CNC kontrollü olmak üzere iki gruba ayrılır (Akkurt, 2004: 125,190; Gülmez, 2003; Şahin, 2000).

Frezeleme yöntemi ile talaş kaldırma işlemi diğer talaş kaldırma işlemlerinden farklı olarak, kesici takımda bulunan kesici ağız sayısının birden fazla olması ve kesici takımların çeşitliliği bakımından oldukça karmaşık bir talaş kaldırma işlemidir. Frezelemede, farklı uygulamalar için çok değişik şekilli çok farklı freze çakıları bulunmaktadır. Tek kesici ağza sahip kesiciler bulunmakla birlikte, kesici ağız sayısı 100'e kadar olan freze çakıları olabilmektedir. Frezeleme işleminde her uç, yay şeklinde talaş çıkararak yeni yüzey meydana getirir. Frezeleme işlemlerinin en önemli özelliği, her kesici ucun, kesme hareketinin kesik olmasıdır. Her diş kesicinin bir dönüşünden daha az kesme yapar ve kesme işlemi bir çevrimin sadece küçük kısmında gerçekleşir. Her uç iş parçası ile temas yaptığı zaman periyodik olarak darbeye maruz kalır. Kesme işlemi esnasında takımın kesme kenarı ısınır ve gerilim artar. Bunu gerilme olmayan soğumaya müsaade eden dönem takip eder. Kesme dönemleri zamanları saniyenin az bir kısmında ve saniyede birkaç kere tekrarlanır. Dolayısıyla takım mekanik ve ısı yorulmaya maruz kalır. Ancak frezeleme ile talaş kaldırma işleminde diğer talaşlı imalat yöntemlerinden farklı olarak, aynı anda birden fazla kesici ağızlarla talaş kaldırıldığı için verimliliği yüksek talaşlı bir imalat yöntemidir. Frezeleme işleminde, kesici takımın kendi etrafında dönme ve iş parçasının ilerleme yönü arasındaki farklılıklardan dolayı talaş oluşumu sırasında talaş kalınlığı değişiklik arz eder. Bu sebeple frezeleme işlemlerinde aynı yönlü ve zıt yönlü olmak üzere iki farklı frezeleme yöntemi kullanılır (Akkurt, 2004: 125,190; Gülmez, 2003; Şahin, 2000).

3.3. Aynı Yönlü ve Zıt Yönlü Frezeleme Yöntemleri

3.3.1. Aynı yönlü frezeleme

Aynı yönlü frezeleme yönteminde kesici takım, parçanın ilerleme yönüne göre aynı yönde döner. Aynı yönlü frezeleme yönteminde, talaş kalınlığı en çok değerden, kesici takımın iş parçasını terk ettiği noktadaki en az değere kadar sürekli azalır. Aynı yönlü frezeleme yönteminde kesme kuvveti en çok bir değerden sıfır değerine kadar azalmaktadır (Dursun, 2007).

3.3.2. Zıt yönlü frezeleme

Zıt yönlü frezeleme yönteminde kesici takım, parçanın ilerleme yönüne karşı olarak dönmektedir. Zıt yönlü frezeleme yönteminde, kesici takımın iş parçası ile ilk temas ettiği noktadaki talaş kesiti en az, kesici takımın iş parçasını terk ettiği noktadaki talaş kesiti en çok olacaktır. Karşıt frezeleme yönteminde kesme kuvveti sıfırdan en çok değerine ulaşmaktadır (Dursun, 2007).

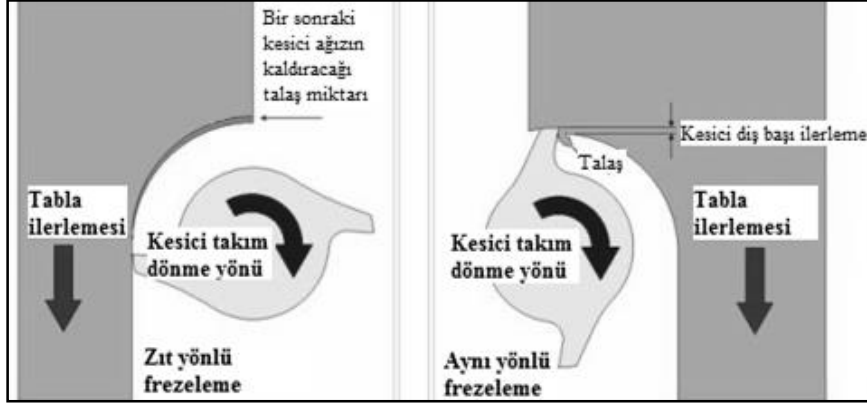
3.3.3. Zıt yönlü frezeleme ve aynı yönlü frezelemenin karşılaştırılması

Zıt ve aynı yönlü frezeleme yöntemi (Şekil 3.3) ile talaş kaldırma işleminin, takım ömrü yüzey pürüzlülüğü, enerji sarfiyatı ve iş parçası bağlama kolaylığı gibi koşulları dikkate alındığında birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı yönleri bulunmaktadır. Bu farklılıkları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Akkurt, 2004: 125,190; Gülmez, 2003; Şahin, 2000).

- 1-) Zıt yönlü frezelemede kesme kuvveti ile iş parçasının karşı koyma kuvveti zıt olduğundan meydana gelen kesme kuvveti bileşkesi büyüdüğünden tezgahın enerji sarfiyatı artmaktadır.
- 2-) Döküm yoluyla elde edilen parçaların yüzeylerinde sert tabaka olduğundan aynı yönlü frezeleme yönteminde kesici kenar başlangıçta sert tabakaya nüfuz etmeye çalışır. Bu nedenle takım daha çabuk aşınır.
- 3-) Zıt yönlü frezeleme yönteminde kesici kenar daha yumuşak olan işlenmiş yüzeye nüfuz edecektir. Ancak kesme ağzının ucu çok azda olsa yuvarlatılmış olması nedeniyle dış önce kayacak ve daha sonra malzemeye nüfuz edecektir. Bu kayma

takım aşınmasına ve takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır.

- 4-) Zıt yönlü frezeleme yönteminde talaş kaldırma esnasında iş parçasının yüzeyinde oluşan elastik ve plastik deformasyon etkisinden dolayı işlenen iş parçasının yüzey kalitesi iyi değildir.



Şekil 3.3. Zıt yönlü frezeleme ve aynı yönlü frezeleme şematik gösterimi (Makespace, 2013)

3.4. Frezelemede Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler

Talaş kaldırma işleminde, kesici takım iş parçası üzerinde belirli kuvvetlerle temas ettiğinde ve kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiği zaman takım ucunun temas ettiği malzeme katmanında önce elastik daha sonrada plastik şekil değişiklikleri oluşarak malzeme tabakasında akmalar başlar. Gerilmeler malzemenin kopma sınırını geçtiği anda “talaş” olarak adlandırılan belirli bir yüzey tabakası, iş parçası boyunca parçadan ayrılır. Bu parçanın ayrılış biçimi, parça malzemesinin mekanik özelliklerine ve kesme şartlarına bağlı olarak değişik bir şekilde gerçekleşir ve farklı talaş tipleri meydana gelir. Bu nedenle, talaş kaldırma işlemine etki eden faktörlerin bilinmesi ve birbirine etkilerinin dikkate alınması gereklidir. Talaş kaldırmayı etkileyen başlıca faktörler;

- Kesici takım ömrü, T_c (s),
- Kesme hızı, V_c (m/dak),
- Kesme derinliği, a_p (mm),
- Dakikada ilerleme hızı, F (mm/dak),
- Kesme açıları,
- Titreşim durumu,
- Soğutma sıvısı,

- Takım/iş parçası malzeme çifti,
- Takım burun yarıçapı, r (mm) (Şahin, 2003: 169,280).

3.5. Frezelemede Kesme Parametreleri

3.5.1. Kesme hızı

Bir freze takımının, çevresindeki kesen bir dişin (noktanın) bir dakikada metre cinsinden keserek aldığı yol kesme hızıdır. Kesme hızı “Eş. 3.1” de verilen formül ve birimlerle ifade edilir.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{10000} \text{ (m/dak)} \quad (3.1)$$

V_c = Kesme hızı (m/dak),

D = Freze takımının çapı (mm),

N = Devir sayısı (dev/dak).

Kesme hızı değerleri, genellikle kesici takım firmalarının kataloglarından seçilmektedir. Uygun kesme hızının seçilmesi takım ömrü ve işleme zamanı açısından önemlidir. Kesici takım düşük kesme hızlarında kullanıldığında işleme süresi artacağından dolayı zaman kaybı olmakta, aşırı hızda ise sürtünme ve ısıdan dolayı takım çabuk aşınmakta ve değiştirilmesi de zaman kaybına ve maliyetin artmasına yol açmaktadır. Bu şartlarda işlenen malzemeler için uygun kesme hızının seçimi gerekir. Farklı metallerin sertliği, yapısı ve işlenebilirliği değiştiğinden, değişik kesici takım ve iş malzemesi için farklı kesme hızları tercih edilmelidir. Belli bir malzemeyi işlemek için uygun kesme hızının belirlenmesinde:

- İş parçası malzemesi,
- Kesici takım malzemesi,
- Takım çapı,
- Gerekli bitirme yüzeyi,
- Kesme derinliği,
- Tezgah ve bağlama elemanlarının rijitliği,

gibi faktörler dikkate alınmalıdır (Şahin, 2003: 169,280).

3.5.2. İlerleme hızı

Kesme hızı ve ilerleme hızı birbirine çok yakın şekilde bağlıdır. İlerleme hızı; kesmek üzere döndürülen freze takımının altından, iş parçasının bir dakikada milimetre cinsinden aldığı yoldur. İlerleme hızı “Eş. 3.2” de verilen bağıntı ile hesaplanır (Şahin, 2003: 169,280).

$$F = f_z \cdot Z \cdot N \quad (3.2)$$

F= Tabla ilerleme hızı (mm/dak),

f_z = Diş başına ilerleme (mm/diş),

Z= Frezenin kesici diş sayısı (adet),

N= Devir sayısı (dev/dak).

Diş başına ilerleme (f_z) frezeleme işleminde önemli bir faktördür. Freze başlığı çok uçlu bir takımdır, dolayısıyla her ucun yeterli bir talaşı kaldırabilmesi için uygun bir ilerleme değerine gereksinimi vardır. Diş başına ilerleme bir kesici kenarın parçaya girişi ile bir sonraki kesici kenarın parçaya girişi arasında geçen sürede tablanın ilerlediği mesafe olarak tanımlanır. Bu nedenle bu büyüklük takımdaki mevcut uç sayısı ve ilerleme hızına bağlı olarak değişir (Çakır, 2000: 223,230).

İlerleme miktarının uygun seçilmemesi, en azından yüzey kalitesini, kesiciyi ve imalat sayısı ile maliyetini etkileyecektir. İlerleme miktarı düşük seçildiğinde frezeleme işlemi çok geç bitecektir. İlerleme miktarı çok yüksek seçildiğinde ise takım kırılacaktır.

3.5.3. Kesme derinliği

Kesme derinliği, takımın iş parçası içine dikey olarak dalma miktarıdır. Genellikle, a_p ile gösterilir. Kesme derinliğinin uygun seçilmemesi işleme zamanını ve maliyeti etkilemektedir. Yeterli kesme derinliğinin verilmemesi durumunda, işlemi tamamlamak için birden fazla paso gerekecek ve dolayısıyla bu da daha fazla zaman kaybına neden olacaktır (Şahin, 2000).

3.6. Frezede İşleme Süresi

Frezelemede işleme süresi, işin maliyetini etkileyen unsurlardan biridir. Takım çapının büyüklüğünden, ilerleme hızının doğru seçilmemesinden ve bilinçsiz verilecek kesme derinliğinden artmaktadır. Bunlarla yapılacak zaman kaybı toplam maliyeti etkiler (İpekçioğlu, 1984: 1,3). İşleme süresi “Eş. 3.3”de verilen bağıntı ile hesaplanır

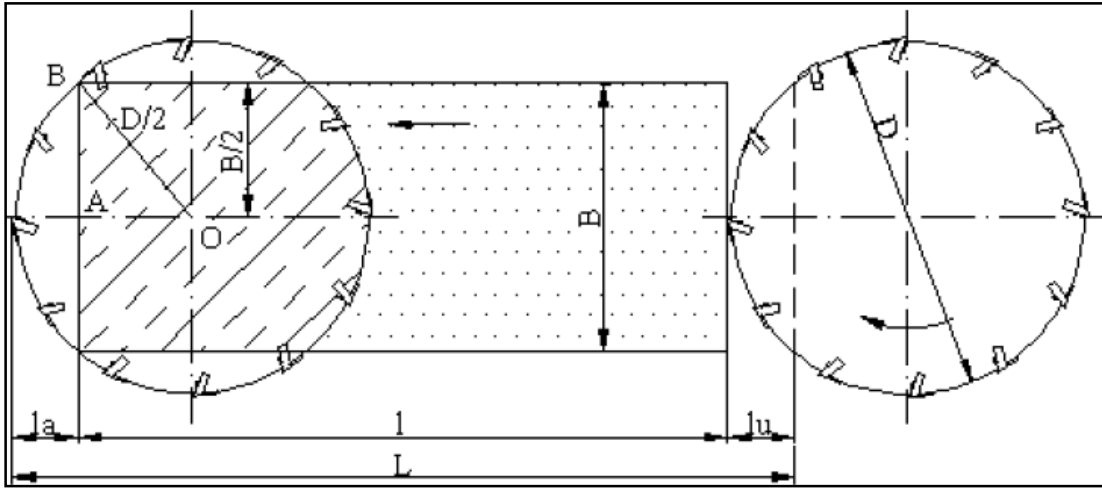
$$Th = \frac{L}{F} \quad (3.3)$$

Th= İşleme süresi (dak),

L= İşin frezelenmesi için tablanın hareket boyu (mm),

F= Dakikada ilerleme hızı (mm/dak).

Şekil 3.4’te alın frezeleme işlemlerinde tabla hareket boyu (L) görülmektedir. Burada işlenecek parça boyuna (l), takımın iş parçasına giriş ve çıkış uzaklıkları (l_u , l_a) ilave edilir ve “Eş. 3.3” de yerine yazılarak işleme süresi bulunur.



Şekil 3.4. Alın frezelemede tabla hareket boyu (Motorcu, 2001)

$$Th = \frac{l+l_a+l_u}{f_z \cdot Z \cdot N} \quad (3.4)$$

l= İş Parçasının boyu (mm),

l_a = Çıkış uzaklığı (mm),

l_u = Giriş uzaklığı (mm),

f_z = Diş başına ilerleme miktarı (mm/diş),

Z = Diş sayısı (adet),

N = Devir sayısı (dev/dak).

Giriş uzaklığı, Şekil 3.4'te verilen OAB dik üçgeninden;

$$lu = \frac{D - \sqrt{D^2 - B^2}}{2} \quad (3.5)$$

olarak yazılabilir. Burada;

D : Kesici takım çapı (mm),

B : İş parçası genişliği (mm).

Giriş uzaklığı da açılmış haliyle tekrar yazılırsa işleme süresi "Eş. 3.6" da verilen bağıntı ile hesaplanır (Motorcu, 2001).

$$Th = \frac{l + la + \frac{D - \sqrt{D^2 - B^2}}{2}}{f_z \cdot Z \cdot N} \quad (3.6)$$

3.7. Takım Ömrü

Takım ömrü, pratik çalışmalarda istenilen boyutta ve yüzey kalitesinde iş parçalarını üretmek için takımın körlenme zamanı yani takımın daha fazla kesme özelliğini sürdürememesi olarak adlandırılabilir. Ancak, her bir takım için takım ömrü kesme şartlarına bağlı olarak farklı olacaktır. Ekonomik bir takım ömrü, uygun kesme şartlarında ve kesici takımla sağlanabilmektedir. Fakat uygun değerlerin seçilmemesi durumunda takım ömrü kısılacaktır. Takımın körlenmesi sonucu bilenmesi veya değiştirilmesi maliyetleri yüksek olduğundan, çok kısa takım ömrüne sahip olan takımlar ekonomik olmayacaktır. Diğer yandan uzun takım ömrü elde etmek için, çok düşük kesme hızı ve ilerleme hızının kullanılması, üretim hacmini düşüreceğinden dolayı ekonomik olmayacaktır. Uygun takım ömrünün belirlenmesi için, kesici takımda meydana gelecek aşınma mekanizmaları ve tiplerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Uluslararası standartlara göre aşınma ile takımın bozulması, takım ömrünün belirlenmesinde belirli

kriterler kullanılmaktadır. Birden fazla aşınma türünün ölçülebildiği yerde, her tip kaydedilmeli bunlardan herhangi birisi aşınma kriteri limitine ulaştığı zaman takım ömrüne ulaşılmış kabul edilir (Davim ve Figueira, 2006).

3.8. Takım Aşınması

Aşınma, kesici takımın malzeme kaybından ileri gelen ve ilk şekline göre oluşan farklılıktır. Takım aşınması, kesici kenar üzerine uygulanan yük faktörlerinin bir kombinasyonunun ürünüdür. Kesici kenarın ömrü, kenar geometrisini değiştirmeye çalışan bu faktörler sayesinde belirlenir. Aşınmaya sebep olan esas yük faktörleri; mekanik, ısı, kimyasal ve sürtünme faktörleridir.

Talaş oluşumu sırasında talaş çok yüksek bir basınçla takım yüzeyine basmakta, talaşın akma sırasında takım yüzeylerinde büyük sürtünmeler meydana gelmektedir. Gerek sürtünmelerden, gerekse malzemenin plastik şekil değiştirmesinden ve talaş oluşumundan dolayı yüksek ısı oluşmaktadır. Talaş kaldırma sırasında meydana gelen sürtünmeler ve sıcaklık ise takımın aşınmaya karşı mukavemetini azaltan ve aşınmayı hızlandıran bir etkidir. Sürtünme, parçadan çıkan talaş ile talaşın takım üzerinde kaydığı yüzey (talaş yüzeyi) arasında ve parçanın işlenmiş yüzeyi ile takımın bu yüzeye bakan yüzeyleri (serbest yüzey ve yanak) arasında meydana gelmektedir. Dolayısıyla aşınma; talaş yüzeyinde, yanakta ve serbest yüzeyde veya her üç yüzeyde de meydana gelebilir (Habalı, 2003).

3.9. Takım Aşınma Tipleri

Takım aşınma mekanizmalarının biri veya bir kaçının bir araya gelmesi sonucu takımın, aşağıda verilen takım aşınma tipleri oluşur. Çizelge 3.1'de aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri

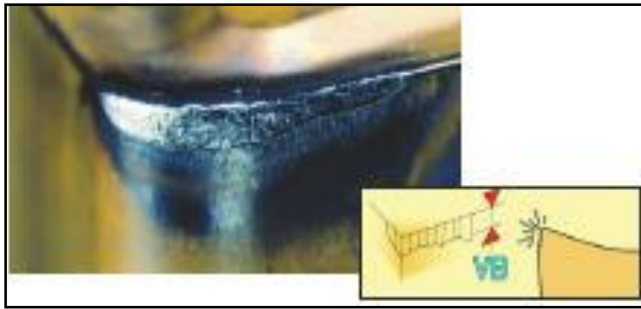
Aşınma Tipi	Aşınma Mekanizmaları
Yan yüzey (yanak) aşınması	Abraziv aşınma mekanizması
Krater aşınması	Abraziv ve difüzyon aşınma mekanizması

Çizelge 3.1. (devam) Aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri

Plastik deformasyon	Termal ve mekanik yorulma aşınma mekanizması
Çentik aşınması	Oksidasyon ve yapışma mekanizması
Termal çatlaklar	Termal yorulma mekanizması
Mekanik yorulma çatlakları	Mekanik yorulma mekanizması
Çentikleme	Mekanik yorulma mekanizması
Kırılma (kesici ucun kırılması)	Aşırı yüklenmeler
Yığılma-sıvanma (BUE)	Adhezyon aşınma mekanizması

3.9.1. Yanak aşınması

Kesici kenarın yan yüzeylerinde, genellikle abrazyon aşınma mekanizmasından kaynaklanan aşınma tipidir (Resim 3.1). Talaş oluşumu sırasında ana kesici kenar, yardımcı kesici kenar ve uç radyüsü iş parçası ile temastadır. Bu temas nedeniyle oluşan yan yüzey aşınması en yaygın ve beklenen aşınma tipidir. Aşırı yan yüzey aşınması sonucu daha kötü yüzey dokusu ve hassasiyetinden sapma söz konusu olur ve kesici kenar şekil değiştirdiğinden sürtünme artar.



Resim 3.1. Kesici uçtaki yanak aşınması (Sandvik Coromant, 2015)

3.9.2. Krater aşınması

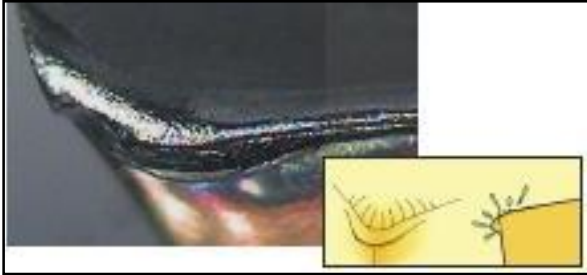
Bu aşınma tipi, talaş yüzeyinde abrazyon ve difüzyon aşınma mekanizmaları sebebiyle oluşur. Krater aşınması talaş yüzeyinin kesici kenara paralel aşınarak çukurlaşmasıdır ve en sık rastlanan yüzey aşınma tipidir (Resim 3.2). Sertlik, kızıl sertlik ve malzemeler arasındaki minimum kimyasal yakınlık krater aşınması eğilimini de minimize eder.



Resim 3.2. Kesici uçtaki krater aşınması (Sandvik Coromant, 2015)

3.9.3. Plastik deformasyon

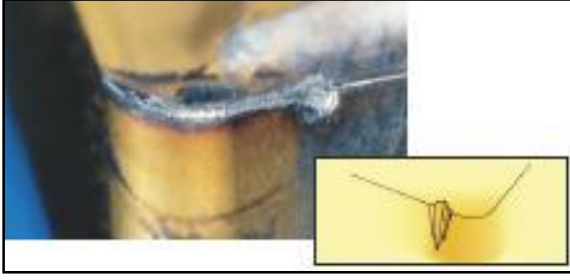
Bu aşınma tipi, kesici kenar üzerindeki yüksek basınç ve yüksek sıcaklık kombinasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkar. Takım malzemesini plastik deformasyona karşı koyabilmesi için yüksek kızıl sertliğine sahip olmalıdır. Kesici kenarın deformasyonu daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına, geometrinin ve talaş akışının değişmesine neden olacaktır (Resim 3.3).



Resim 3.3. Kesici uçtaki plastik deformasyon (Sandvik Coromant, 2015)

3.9.4. Çentik aşınması

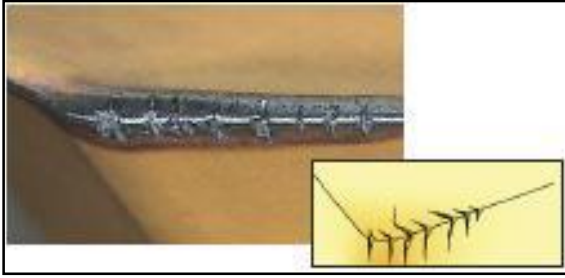
Yardımcı kesici kenarda çentik aşınması tipik bir adhesiv aşınması olmakla beraber oksidasyon aşınma mekanizmasıyla büyüyebilir. Yan kesme kenarında çentik oluşması, mekanik yüklerin bir sonucudur ve genellikle sert malzemelerin işlenmesi sırasında oluşur. Aşırı çentik aşınması, bitirme talaşındaki yüzey dokusunu etkiler ve kesici kenarın dayanımını zayıflatır (Resim 3.4). Çentik aşınması takımdan önceden geçen iş parçasının sertleşme etkisinden kaynaklanabilir. Takımlarda çentik aşınması genellikle yaklaşık 0,7 mm'nin üzerine çıktığında etkili olur.



Resim 3.4. Kesici uçtaki çentik aşınması (Sandvik Coromant, 2015)

3.9.5. Termal çatlaklar

Bu aşınma tipi, genellikle sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan yorulma aşınmasının sonucudur. Termal çatlaklar kesici kenara dik olarak ortaya çıkar ve bu çatlaklar arasındaki takım malzemesi kenardan koparak ayrılabilir. Özellikle, frezelemede oluşan sıcaklık değişimi bu tip aşınmanın oluşmasına sebep olur (Resim 3.5).



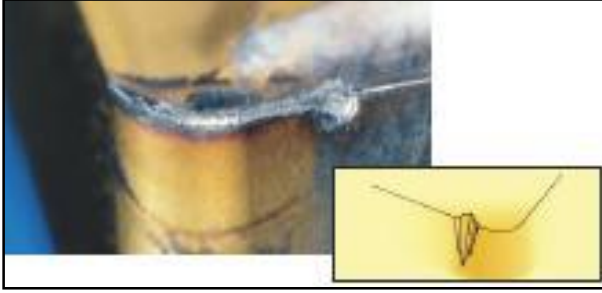
Resim 3.5. Kesici uçtaki termal çatlaklar (Sandvik Coromant, 2015)

3.9.6. Mekanik yorulma çatlakları

Bu aşınma tipi, kesme kuvveti darbeleri aşırı olduğunda oluşur. Bu tip çatlaklar, termal çatlaklardan farklı olarak, genellikle kesici kenara paraleldir.

3.9.7. Çıtlama (çentiklenme)

Kesici kenarda meydana gelen çentikler, aşınmadan ziyade kesici kenar hattındaki küçük boyutlu kırılmalardır. Çoğunlukla, kesikli (darbeli) çalışma bu aşınma tipine neden olur (Resim 3.6).



Resim 3.6. Kesici uçta çentiklenme (Sandvik Coromant, 2015)

3.9.8. Kırılma

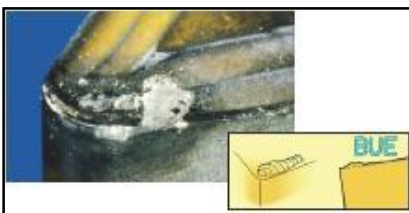
Kırılma, kesici kenarın görevinin tamamen sona ermesidir. Plastik deformasyon sonucu takımın kırılması en tehlikelisi olup, mümkün olduğunca bundan kaçınılmalıdır. Kenar kırılması genellikle diğer aşınma tiplerinin en son noktasıdır (Resim 3.7).



Resim 3.7. Kesici uçta kırılma (Sandvik Coromant, 2015)

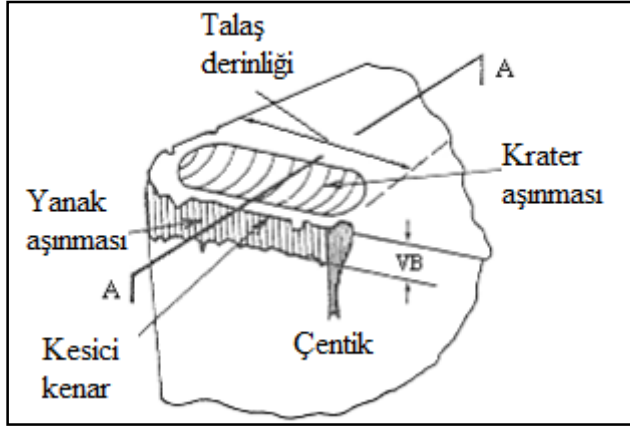
3.9.9. Yığılma kenar (BUE)

BUE oluşması, genellikle sıcaklık ve onunla ilişkili bir durum olan kesme hızının etkisindedir. BUE kesici kenar geometrisinde olumsuz değişikliğe sebep olur ve aynı zamanda takım malzemesi BUE biçiminde kaynaklanmış malzemeyle birlikte koparak uzaklaşabilir (Resim 3.8). İşlenen malzemenin sünek olması BUE oluşumunda önemli rol oynar.



Resim 3.8. Kesici uçta BUE oluşması (Sandvik Coromant, 2015)

Şekil 3.5'te aşınma mekanizmaları sonucu oluşan takım aşınma tiplerinin kesici takım üzerindeki konumları gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Bazı takım aşınma tiplerinin kesici takımdaki yeri (Shaw, 1989)

3.10. Takım Aşınma Mekanizmaları

Talaş kaldırma sırasında kesici kenar üzerinde etkili olan yük faktörlerinin sonucu olarak, bazı temel aşınma mekanizmaları meydana gelir. Bunlar:

- a-) Abraziv aşınma,
- b-) Difüzyon ile aşınma,
- c-) Oksidasyon aşınması,
- d-) Yorulma ile aşınma,
- e-) Adhesiv aşınma mekanizması şeklinde özetlenebilir.

3.10.1. Abraziv aşınma mekanizması

Abraziv aşınma çok yaygındır ve çoğunlukla iş parçası malzemesinin sert parçacıkları sebep olur. Sert parçacıklar iş parçası yüzeyi ile takım arasına geldiğinde, taşlama işlemine benzer bir durum oluşur. Kesici kenarın yan yüzeyinde aşınmaya sebep olan uç üzerindeki mekanik yüklerin sonucudur. Kesici takımın abraziv aşınmaya karşı direnç kabiliyeti önemli ölçüde sertliğine bağlıdır.

3.10.2. Difüzyon aşınma mekanizması

Difüzyon aşınmasında, talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kimyasal yükler daha etkilidir. Takım malzemesinin kimyasal özellikleri ve takım malzemesinin iş parçası malzemesiyle olan birleşme eğilimi, difüzyon aşınma mekanizmasının oluşmasını belirleyecektir. Tungsten karbür ve çelik birbirine karşı difüzyon aşınma mekanizmasının oluşmasına sebep olan birleşme eğilimine sahiptirler. Bu aşınma sonucunda takımın talaş yüzeyinde krater oluşması söz konusudur. Mekanizma daha çok sıcaklığa bağlıdır ve bu sebeple yüksek kesme hızlarında daha büyüktür. Difüzyon aşınması, karbonun talaşa difüzyonu ve takım içine çelikten demir transferi şeklinde meydana gelmektedir.

3.10.3. Oksidasyon aşınma mekanizması

Pek çok malzeme için oksitlenme oldukça farklı olmakla beraber, metal malzemelerin çoğu için yüksek sıcaklık ve havanın varlığı oksidasyon demektir. Bazı kesici takımlar oksidasyon sebebiyle aşınmaya daha meyillidir. Kesici takımlarda oksitlenme, özellikle kesici kenarla parçanın ara yüzeyinde, talaş genişliğinin bittiği yerde (kesme derinliğinde), hava talaş kaldırma sürecine katılma imkânı elde eder. Oksidasyon bu bölgede, kesici kenarda tipik çentiklerin oluşmasına sebep olur. Ancak bu aşınma günümüz işleme şartlarında nispeten yaygın olmayan bir aşınma çeşididir.

3.10.4. Yorulma aşınma mekanizması

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

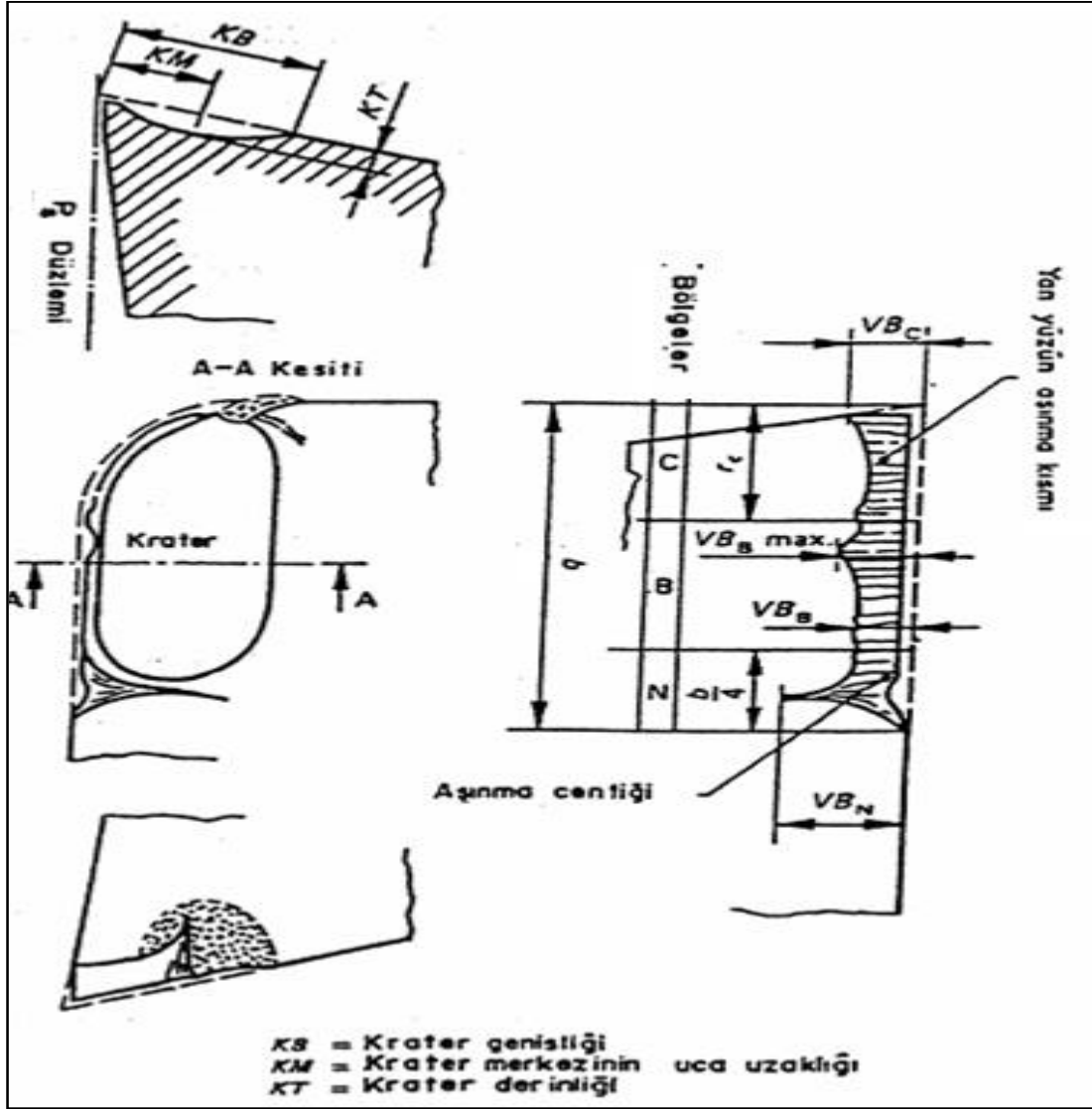
3.10.5. Adhesiv aşınma mekanizması

Bu aşınma mekanizması, takımın talaş yüzeyinde çok düşük işleme sıcaklıklarında oluşur. Uzun talaş ve kısa talaş veren iş parçalarının hepsinde de söz konusu olabilir. Bu mekanizma genellikle, kesici kenar ile talaş arasında, kenarda BUE oluşmasına sebep olur.

Takım yüzeyinde oluşan yığılma talaş, koparak uzaklaşır ve tekrar birikmeye başlayabilir veya kesici kenardan küçük parçacıkların kırılıp uzaklaşmasına, kırılmaya sebep olabilir.

3.11. Takım Aşınmasının Ölçülmesi

Serbest yüzey ve krater aşınması en yaygın aşınma tipleri olduğu için ve hemen hemen tüm talaşlı imalat yöntemlerinde serbest yüzey aşınması meydana gelmektedir. Dolayısıyla ile takım aşınmasının izlenmesinde genellikle serbest yüzey aşınması ölçümü (VB) kullanılır. Talaş yüzeyi üzerinde ise; krater genişliğinin takım ucuna olan maksimum mesafesi KB, maksimum krater derinliği KT ve krater merkezinin takım ucuna olan mesafesi KM en çok ölçülen büyüklüklerdir. Bu değerler Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Takım aşınmasını izleme yöntemleri direk ve endirekt yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Aşınmanın direk izlenmesi yöntemlerinde, talaş kaldırma işlemi durdurularak takım üzerinde meydana gelen aşınma fiziksel olarak ölçülür. Endirekt yöntemlerde ise talaş kaldırma işlemi kesintiye uğratılmadan, talaş kaldırmada elde edilen değişik sinyaller (titreşim, gürültü, güç, kesme kuvveti, iş mili hız değişimi, iş parçası boyutları değişiminin ölçümü gibi) kullanılarak takım aşınmasının durumu hakkında bilgi edinilir. Endirekt yöntemde talaş kaldırma işlemi durdurulmadığından direk yöntemde olduğu gibi bir üretim kaybı söz konusu değildir. Ancak takım aşınmasının izlenmesi için algılanan sinyaller üzerinde bozucu etkiler olduğu için, takım aşınmasının güvenilir bir şekilde izlenebilmesi konusunda problemler mevcuttur. Takım aşınmasının direk olarak ölçülmesi için mikroskopla takımın aşınmış yüzey büyüklüğünün ölçülmesi veya takımdaki ağırlık ölçümü ile aşınma nedeniyle meydana gelen hacimsel kayıp hesaplanabilir. Eş zamanlı (on-line) olarak takım aşınmasının izlendiği metotlar olarak; optik, pnömatik, elektrik, yer değişimi ve kuvvet ölçümleri söylenebilir. Bu metotlar içinde, kuvvet ve güç ölçüm yöntemi daha pratiktir (Özdemir ve Erten, 2003).



Şekil 3.6. Takım aşınmasının ölçülmesi

3.12. Kesici Takım Kaplamaları

Kesici takımlar asıl kesici takım malzemesinden farklı ve daha sert bir malzeme ile kaplanarak, daha yüksek kesme hızı, daha yüksek aşınma direnci, daha yüksek takım ömrü ve daha iyi kimyasal kararlılık elde edilir. Kesici takım malzemelerindeki en önemli gelişme, takımların yüzeylerinin birkaç mikron kalınlığındaki tabaka ile kaplanmasıdır. Kesici takımların yüzey kaplamalarında birçok element kullanılmaktadır (Seymen, 2008).

3.12.1. TiN kaplama

En eski ve en bilinen kaplama çeşididir. Demir, çelik vb. metaller, metal işleme, kesme kalıpları, aşınmaya maruz parçalar, tıbbi ve dekoratif parçalar için genel amaçlı bir kaplamadır. Matkap uçları, frezeler, bıçaklar, broşlar, kesme-bükme kalıpları, zımbalar ve azdırma çakıları gibi birçok takım ve kalıpta kullanılmakta, performans yönünden kaplanan parçaların ömründe 3~30 kat arasında bir artış sağlamaktadır. Kaplanan parçaların ömründeki artış, kesici takımların tipine, işlenen malzemenin cinsine, kullanılan tezgahın cinsine, kullanılan soğutma sıvısına ve işlem kalitesine göre farklılıklar gösterir (Titanit, 2012). Çizelge 3.2’de TiN kaplamaya ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Çizelge 3.2. TiN kaplama kimyasal özellikleri (Titanit, 2012)

Sertlik (HV 0,05)	2900 ±200
Oksidasyon Sıcaklığı (°C)	550
Yüzey Pürüzlülüğü (Ra µm)	0,2
Kalınlık (µm)	2-3
Sürtünme Katsayısı	0,65
Renk	Altın Sarısı

Yüksek sertliğe ve düşük sürtünme katsayısına sahip olan TiN, metalin metale sürtünmesinden dolayı oluşan aşınmaları önler, kayganlığı artırır, yapışma-sarma gibi problemleri minimuma indirir. Kesme anında uç birikintilerin büyümesini engelleyerek iş parçası yüzeyinin temiz çıkmasını sağlar. Ayrıca ısı iletkenliğinin düşük olması nedeniyle takıma ısı transferini engelleyerek takım ve tezgahla daha yüksek devirlerde çalışma olanağı sağlar. Sürtünme katsayısı düşük olduğu için kesme ve sürtünme kuvveti azalır, kaygan yüzeyde talaş akışını kolaylaştırır (Titanit, 2012).

3.12.2. AlTiN kaplama

Zafır kaplamalar, özellikle yüksek sıcaklıklarda çalışan kalıp ve takımlar için idealdir. Yüksek kesme sıcaklığında iyi ısı iletkenliği ve kimyasal kararlılığı ile kesici uçta oluşan ıyıyı talaş parçalarına aktarır. Böylece daha yüksek hızlarda çalışmaya olanak vererek daha hızlı üretim, daha az bakım, daha az bileme, daha az ayar sağlayarak üretimin daha verimli olmasını, kesicinin veya kaplanan parçanın ömrünün uzun olmasını sağlar. Özellikle

sürekli talaş kaldıran takımlarda iyi performans göstermekte, yüksek ömür artışı sağlamaktadır. Çizelge 3.3'te AlTiN kaplamaya ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Çizelge 3.3. AlTiN kaplama kimyasal özellikleri (Titanit, 2012)

Sertlik (HV 0,05)	3600 ±400
Oksidasyon Sıcaklığı (°C)	800
Yüzey Pürüzlülüğü (Ra µm)	0,2
Kalınlık (µm)	2-5
Sürtünme Katsayısı	0,42
Renk	Siyah / Füme

Zafır kaplamalar oksitlenme sıcaklığı en yüksek (800°C) kaplama çeşitleridir. Buna ilaveten iyi ısı iletkenliğine sahiptir. İyi ısı iletkenliği malzemenin ısı yorulmasını önleyerek, yüksek sıcaklıklarda çalışan kalıp ve takımları aşınmaya karşı korur. Zafır kaplamalar; nikel alaşımları, paslanmaz çelik ve dökme demir, sıcak dövme malzeme, basınçlı döküm (enjeksiyon) ve ekstrüzyon kökenli malzeme ile yüksek hızda çalışan soğutmasız ve sertleştirilmiş çelik malzemenin işlemlerinde iyi sonuç vermektedir (Titanit, 2012).

3.12.3. TiCN kaplama

Kırmızımtırak - siyah rengindedir. TiN'ün değişik bir türü olup, daha yüksek sertliğe (sertliği 4000 HV'ye kadar çıkabilmektedir) ve daha düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Isıl iletim katsayısı diğerlerine göre nispeten düşük olduğu için çeliklerde aşınımı azaltıcı ve ısı iletkenliğini artırıcı etkisi mevcuttur. Termal kararlılığını 350°C' ye kadar koruyabilir. TiCN çok iyi yapışma özelliğine ve çok yüksek aşınma direncine sahiptir. Bu sebepten dolayı çok katlı kaplamalarda ara kaplama tabakası olarak kullanılır. Üstteki tabakalara ilave aşınma direnci özelliği kazandırır. Aralıklı kesme işlemlerinde (frezeleme gibi) daha uygundur. Mekanik şokların sebep olduğu ve kesme köşesinin kırılması ile sonuçlanan uygulamalarda düşük sürtünme katsayıları ile TiCN çok verimlidir. Kaplama kalınlığı 2-4 mikron arasında değişir. TiC ve TiN arasında bir karışımdır. TiCN kaplamanın uzayabilme kabiliyeti çok düşüktür. Uzayabilme kabiliyeti % 0.2 - 0.3 arasında değişir (Demirayak, 2006).

3.12.4. Al₂O₃ kaplama

Kimyasal kararlılığı ve kızıl sertliği yüksek bir malzemedir. Sertliği 2300 HV'dir. Isıl iletkenliği çok azdır. Şeffaf renktedir. Yüksek aşınma direncine sahip fakat kırılğan bir yapısı vardır. Tok bir yapı üzerine uygulanır ve kesici uç yapısını güçlendirir. Bu nedenle ısıl zorlanmalardan gelen aşınmaları geciktirir. TiC'ün üzerine kaplanmış Al₂O₃ (Alüminyum oksit) yeni bir uygulamadır. Tok ve aşınma direnci yüksek yapı üzerinde % 100 sert partiküllerin bulunması nedeniyle kesici uç yapısını daha çok iyileştirmiştir. (Demirayak, 2006).

3.12.5. TiC kaplama

Gri renktedir. Oldukça sert bir kaplamadır. Dolayısıyla mekanik sürtünme sonucu oluşabilecek uç aşınmalarını geciktirir. İlk kullanılan kaplama malzemesidir. Artık pek uygulama alanı yoktur. 3000 HV sertliği vardır (Demirayak, 2006).

3.12.6. CrN kaplama

Oldukça yumuşaktır (1800 HV). Diğerlerine nazaran parça üzerine kaplama kalınlığı daha ince olup, korozyona dayanımı diğer kaplamalara göre daha iyidir. 700°C'ye kadar dayanabilir (Demirayak, 2006).

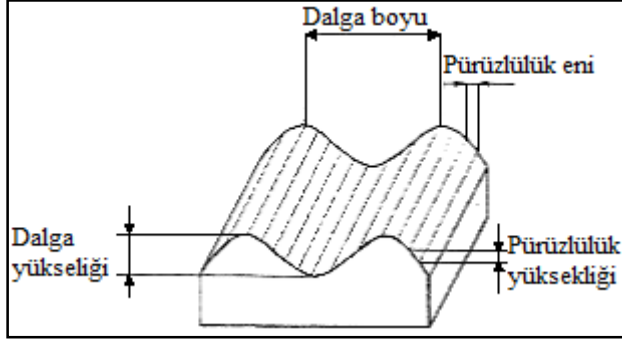
3.12.7. CrC kaplama

Krom karbür kaplaması TiN ve TiCN gibi sert değildir (78 Rc) ve düşük yağlama kalitesine sahiptir. Bakır, zirkonyum, nikel ve titanyum alaşımlarını işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. 700°C'de mükemmel bir termal kararlılık gösterir. Yapışkan malzemeyi işlemede, takımların kesici kenarında korozyon dayanımını ve oksidasyon dayanımını muhafaza eder (Demirayak, 2006).

3.13. Yüzey Kalitesi

Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir (Şekil 3.7). Dalgalık, yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Standart yüzey pürüzlülüğü değerlendirme

kriterleri, yüzeye dik olan bir kesitte belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olarak belirlenir (Akkurt, 2004: 125,190).



Şekil 3.7. Yüzey kalitesini belirleyen faktörler (Ay, 2003)

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde genellikle ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) dikkate alınır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) gereksinimi yaklaşık olarak $1,6 \mu\text{m}$ 'yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğünü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standardı belirlenmiştir. Ülkemizde TS 2040 nolu yayımla yüzey kaliteleri bir standarda bağlanmıştır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemiştir (Can, 2003).

Yüzey kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Parçanın işlenmesi sırasında takım hatalarına ve kesme sırasında meydana gelen titreşimlere bağlı olarak iş parçasında geometriksel hatalar meydana gelir. Kesici takım hataları; takımın hatalı olarak yerleştirilmesi, kesici takımın kesme esnasında kesme kuvveti etkisiyle şekil değiştirmesi ve takım aşınması olarak karşımıza çıkar (Ay, 2003).

3.14. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçümü ve Gösterimi

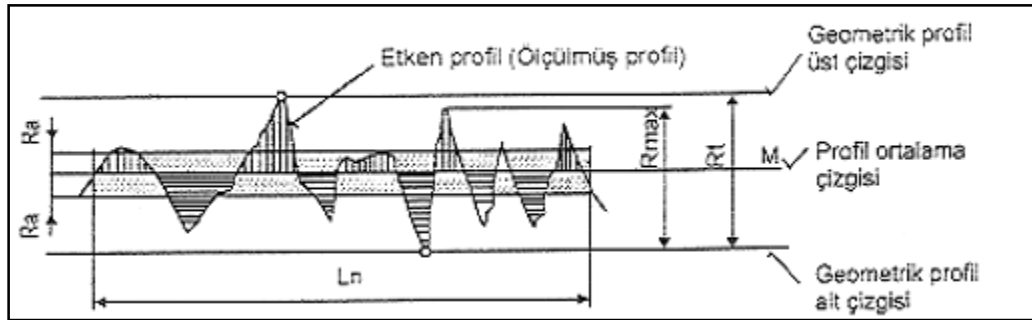
Bitirme yüzeyinin yapısı ve gösterimi ANSI standardında ve ISO 1302'de belirtildiği gibi sembollerle gösterilir. Pürüzlülük, profil ortalama çizgisinden mikron (μm) olarak ifade edilen aritmetik ortalama sapma olarak tanımlanır.

3.14.1. Ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra

Belirli bir ölçüm uzunluğundaki (l_n) ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a), merkez çizgisinden ölçüm uzunluğuna kadar olan mesafede ölçülen yükseklik değişimlerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 3.8). Kalite kontrolünde dünya çapında kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlanması ve ölçülmesi kolaydır. R_a yüzey pürüzlülüğünün matematiksel tanımlaması aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilmektedir.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |x| dx \quad (3.7)$$

$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n} \quad (3.8)$$



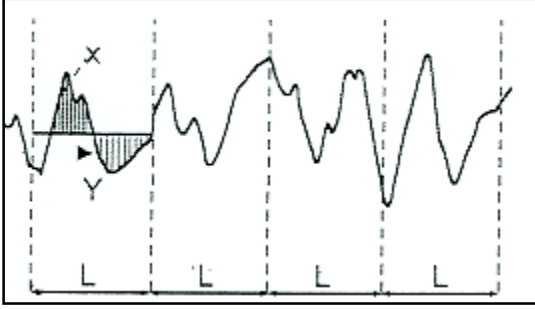
Şekil 3.8. Ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra (Bayrak, 2002)

3.14.2. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü, Rq

R_q , profil ortalama çizgisi ile oluşturduğu yükseklik değişimlerinin (Y_i) karelerinin ortalamasının karekökü olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.9). Bu parametre ortalama yüzey pürüzlülüğü R_a 'dan daha hassas bilgi vermektedir. R_q yüzey pürüzlülüğünün matematiksel ifadesi aşağıdaki eşitliklerle ifade edilebilir.

$$R_q = \left(\frac{1}{N} \sum Y_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.9)$$

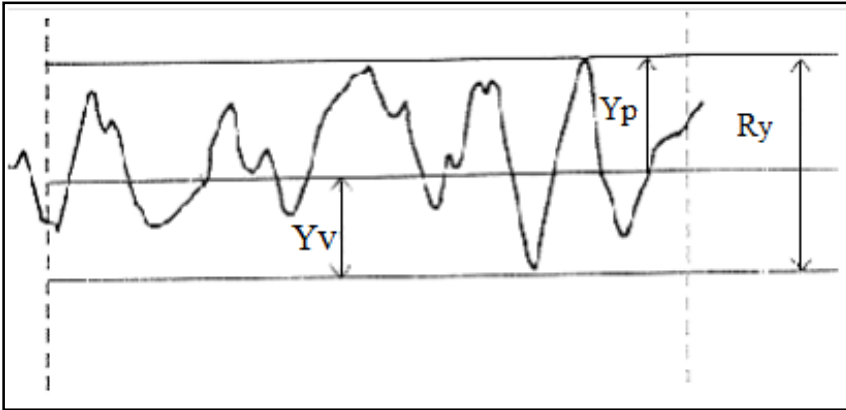
$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L x^2 |x| dx} \quad (3.10)$$



Şekil 3.9. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü, R_q (Bayrak, 2002)

3.14.3. Profildeki en büyük iki noktanın yüksekliği, R_y

R_y , Şekil 3.10'da belirtildiği gibi ortalama çizgisine göre, üstte kalan en yüksek tepenin yüksekliği olan Y_p ile alta kalan en derin girintinin derinliği olan Y_v 'nin toplamıdır.



Şekil 3.10. Profildeki iki en büyük noktanın yüksekliği, R_y (Bayrak, 2002)

3.14.4. Profilin maksimum yüksekliği, R_z ve maksimum tepe yüksekliği, R_p

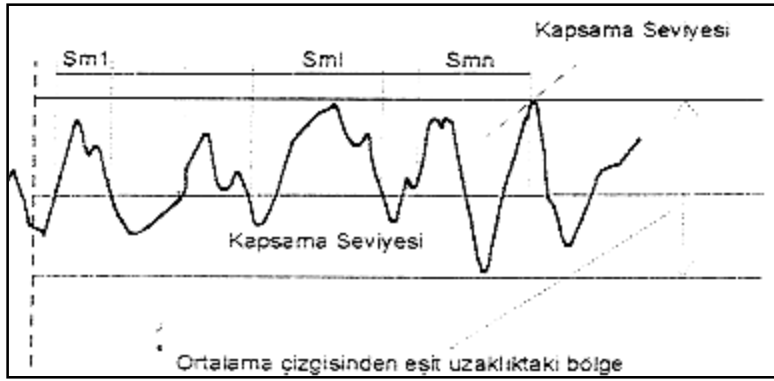
R_z profil tepe yüksekliği ve derinliklerinin her örnekleme uzunluğu için değerlerinin toplamının, toplam örnekleme uzunluğu miktarına bölünerek hesaplanır (Bayrak, 2002).

Rz yüzey pürüzlülüğünün matematiksel ifadesi aşağıdaki eşitliklerde verildiği gibi ifade edilir.

$$R_z = \frac{(R_1 + R_2 + R_4 + R_6 + R_9) - (R_3 + R_5 + R_7 + R_8 + R_{10})}{5} \quad (3.11)$$

3.14.5. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması, Rsm

Tepe profili ve buna komşu olan vadi profillerine “profil elemanları” denir. Örnekleme uzunluğunda yer alan profil elemanlarının genişliği Sm ile ifade edilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması, Rsm

3.15. Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerini etkileyen faktörlerden birisi takım-talaş arasındaki temas uzunluğudur. Örneğin; iki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemeleri işlemede, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğunun olmasından dolayı çok küçük kuvvetler meydana gelmektedir. Kesme hızının artırılmasıyla, kayma açısı artmakta, daha ince talaş oluşmakta ve temas uzunluğu azaldığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım-talaş arasındaki temas uzunluğunun sınırlandırılmasıyla kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisinden de etkilenmektedir. Talaş açısının optimum bir değeri mevcut olup, bu değer daha fazla artışı kesici ucun dayanımını azaltacağından aşınmayı artırır. Artan aşınma ile birlikte boşluk yüzeyi temas alanı artacağından oluşan kesme kuvvetleri artacaktır. Talaşlı imalatta takım tezgâhlarının pek çoğu için kesme kuvveti, talaş kesiti ile işlenen malzemenin özgül kesme direncinin

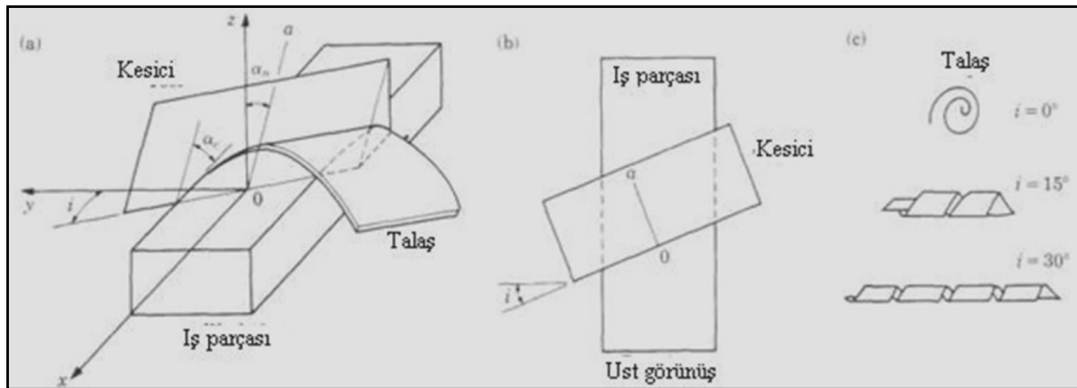
çarpımı esasına dayanır ve buna bağlı kesme gücü bu esasa göre belirlenir. Bu hesaplamada, talaş geometrisi de büyük önem taşımaktadır (Shaw, 1989).

Deneysel araştırmaların ortaya koyduğu sonuçlara göre, talaş kaldırma sırasında asıl kesme kuvvetini etkileyen değişik faktörler vardır. Bunların en önemlileri:

- Kesme hızı faktörü (k_v),
- Talaş açısı faktörü (k_γ),
- Takım aşınma faktörü (k_u),
- Takım malzemesi faktörü (k_o)'dür.

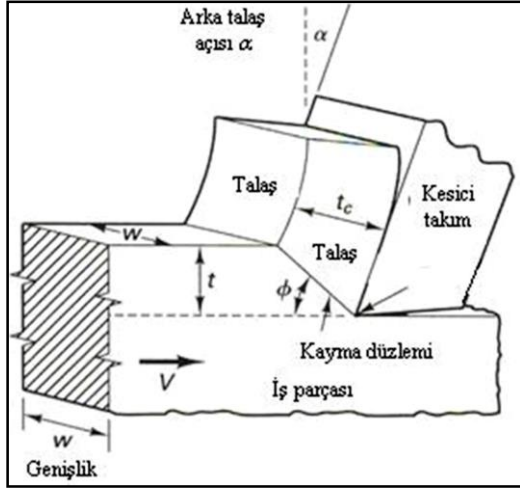
Talaşlı imalat mekaniği ve talaş oluşumu ile ilgili çalışmaların çoğunda, işlenen parça olarak metaller ele alınmıştır (Groover, 1996). Vargelleme, delme, frezeleme ve tek noktadan kesme işlemi yapılan tornalama gibi işlemler eğik kesme işlemleridir. Eğik kesmede, kesici takımın kesici kenarı kesme hız vektörüne eğimlidir. Bu eğim, talaşın akış yönünü ve böylece de takımın performansını önemli şekilde etkilemektedir (Hüseyinoğlu ve Tosun, 2009).

Dik kesme işleminde ise kesici takımın kesici kenarı kesme hız vektörüne diktir. Şekil 3.12'deki "i" açısı 0° olduğunda işlem dik kesme işlemi olur (Kalpakjian, 1991). Şekil 3.12.a'da eğik kesme işlemi esnasında oluşan bileşke kuvvet üç bileşene (x, y ve z yönlerinde) ayrılırken dik kesme işleminde y yönündeki kuvvet bileşeni sıfır olur. Dolayısıyla dik kesme işleminde bileşke kuvvet yalnızca x ve z yönlerinde iki bileşene ayrılır.



Şekil 3.12. (a) ve (b) eğik kesme işleminin şematik olarak gösterilmesi, (c) çıkan talaş (Kalpakjian, 1991)

Dik kesme işleminde kayma işleminin tek bir düzlemde gerçekleştiği (kayma işlemi gerçekte ise dar bir kayma bölgesinde gerçekleşir), kesici ucun mükemmel sivri olduğu ve kesici takım boşluk yüzeyi ile yeni işlenen yüzey arasında bir sürtünme olmadığı varsayılır. Şekil 3.13'te görüldüğü gibi iş parçası kesici takım önünden V hızında geçer. V , kesme hızıdır.



Şekil 3.13. Dik kesmenin şematik gösterimi (Kalpakjian, 1991)

Kesilmemiş talaş kalınlığı t 'dir. Talaşta V_c hızı ile kesici takım-talaş yüzeyi üzerinden geçer. Bu durumda kayma V_s hızında ve kayma açısı ϕ 'da gerçekleşir. Burada kesici takım bir α arka talaş açısına ve bir γ boşluk açısına sahiptir (Kalpakjian, 1991).

Dik kesme modeli, talaş oluşturma işlemi esnasında iş parçası malzemesinin davranışını, kesici takım geometrisinin en kritik elemanını (talaş açısı) ve kesici takım, talaş ve yeni oluşan iş parçası yüzeyi arasındaki etkileşimleri açıklamak için yeterlidir.

Talaşlı imalat işlemi gerçekte üç boyutlu ve oldukça karmaşık olduğu için talaşlı imalat işleminin mekaniğinin tanımlanmasında iki boyutlu dik kesme modeli çok kullanılmıştır. İki boyutlu dik kesme modeli talaşlı imalat işleminin analizinde önemli bir rol oynar. Bu modele göre, iş parçasının kesici takımı zorlamasıyla kayma düzleminde iş parçasının kayma gerilmesinin aşılmasıyla talaş oluşumu gerçekleşir (Şahin, 2003).

Gerçekte talaş oluşumu ince bir bölgede gerçekleşir. Talaş oluşumu plastik deformasyonun önemli derecede rol oynadığı bir işlemdir. Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, iş parçasının kesici takım önündeki bölgesel deformasyonu ile gerçekleşir.

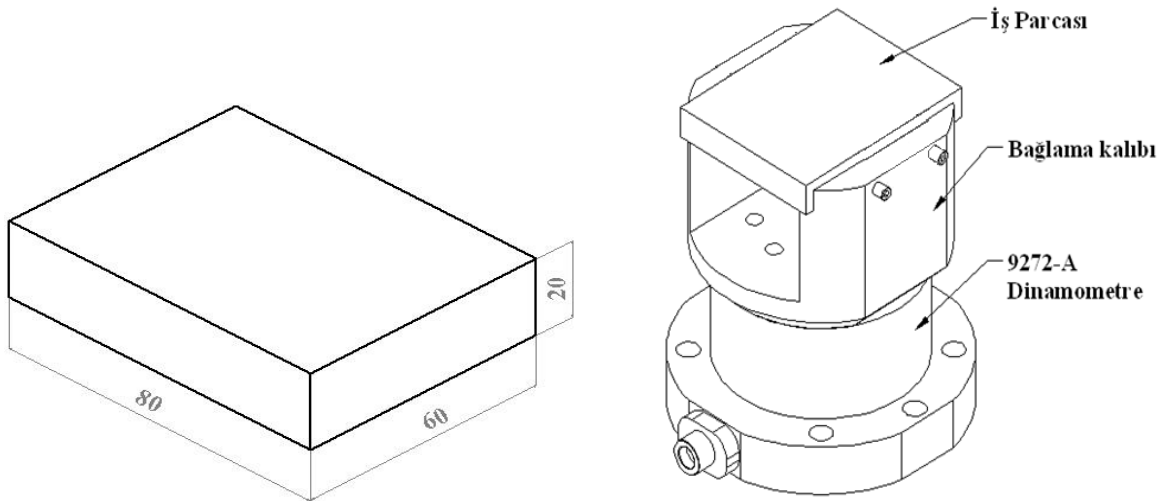
İş parçası ve kesici takım arasındaki bağıl hareket sonucu, iş parçasında oluşan gerilme iş parçasını birinci deformasyon bölgesinde plastik deformasyona uğratarak talaş oluşumunu gerçekleştirir. Oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek atılır. Birinci kayma (deformasyon) düzleminde oluşan talaş kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerken kayma veya yapışma sonucu ikinci defa deformasyona uğrar ve kesme bölgesinden atılır.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

4.1.1. İş parçası malzemesi

X38CrMo16 (DIN 1.2316) plastik kalıp çeliği yüksek korozyon direncine sahiptir. İyi parlayabilen, aşınmaya ve paslanmaya karşı dirençli, krom ve nikel kaplaması gerektirmeyen, desenleme ve yüzey dağlaması yapılabilen, martensitik yapıda paslanmaz krom çeliğidir. Optimum aşınma dayanımı ve parlatılabilirlik özelliğine sahiptir. Yüksek miktarda krom içermesi sebebiyle nitrasyon işlemi için uygun değildir. 1.2316 genellikle yüksek korozyon direncinin gerekliliği olduğu kalıplarda, paslanmazlık ve parlaklığın gerektiği plastik enjeksiyon kalıplarında, korozyon etkisine sahip polivinil klorür (PVC) türü plastiklerin kalıplarında, ekstrüzyon preslerinin takımlarında kullanılır. DIN 1.2316 çeliğinin kimyasal kompozisyonu Çizelge 4.1’de, mekanik özellikleri Çizelge 4.2’de ve malzeme sertifikası EK-1’de verilmiştir. Deney numuneleri tedarikçi firmadan 65x85x25 mm ölçülerinde kestirilerek tedarik edilmiştir. Daha sonra talaş kaldırma işlemleri sırasında oluşabilecek farklılıkları ortadan kaldırmak için parçanın bütün yüzeyleri universal freze tezgahında temizlenerek parça ölçüleri 60x80x20 mm ölçüsüne işlenmiştir. Deneyleerin gerçekleştirilebilmesi için iş parçası dinamometreye bir bağlama kalıbı yardımı ile bağlanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Deney numunesi ve bağlama kalıbına bağlanış şekli

Çizelge 4.1. DIN 1.2316 çeliğinin kimyasal kompozisyonu

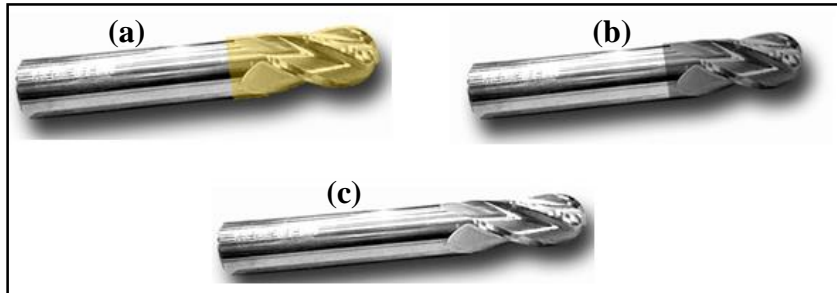
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
En az %	0,33					15,50	0,80	
En fazla %	0,45	1,00	1,50	0,030	0,030	17,50	1,30	1,00

Çizelge 4.2. DIN 1.2316 çeliğinin mekanik özellikleri

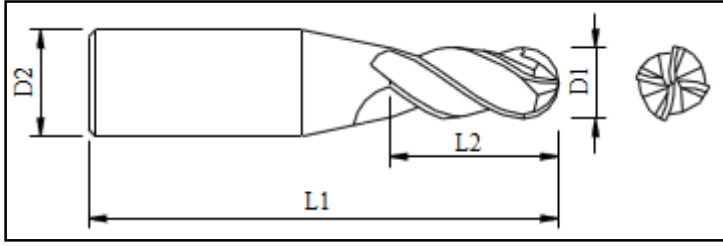
Özgül ağırlık	7,70 Kg/dm ³ (20°C'de)
Isıl iletkenlik	15 W/(m.K) (20°C'de)
Sertlik	30-32 HRC
Çekme dayanımı	1135 Mpa
Uzama	10,0 %
Elastikiyet modülü	207 Gpa

4.1.2. Kesici takımlar

Deneyleerde Turcut firması tarafından üretilen 8 mm çapında AlTiN kaplamalı karbür, TiN kaplamalı karbür ve kaplamasız karbür olmak üzere 3 farklı grupta küresel uçlu parmak frezeler kullanılmıştır (Şekil 4.2). Kesici takımlara ait özellikler Şekil 4.3 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir. Kesici takımlar 8 mm'lik pens yardımı ile takım tutucuya bağlanmıştır. Takımlar tezgaha her bağlandığında takımdaki salgıların TS ISO 8688-2'ye göre uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Gerçekleştirilen deneyleerde kesme derinliği (a_p) 0,4 mm olarak tercih edilmiştir. Bu kesme derinliği için kesici takımın kesme yapan efektif çapı (D_w) "Eş. 4.1" kullanılarak hesaplanmış ve efektif çap (Şekil 4.4) 3,49 mm olarak bulunmuştur. Ancak deneyleerde daha uzun sürede yapılacağı düşünülündüğünden dolayı kesici takımın kendi çapı dikkate alınarak kesme parametreleri hesaplanmış ve her bir deney bu parametrelere göre yapılmıştır.



Şekil 4.2. Kesici takımlar (a) TiN kaplamalı, (b) AlTiN kaplamalı, (c) kaplamasız

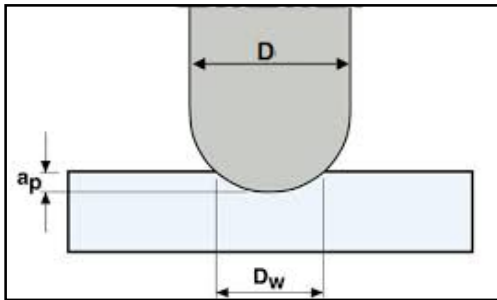


Şekil 4.3. Küresel uçlu parmak frezenin boyutları

Çizelge 4.3. Kullanılan kesici takımın özellikleri

Kesici takım cinsi	Küresel uçlu parmak freze
Üretici	Turcut
Kesici ağız sayısı	4 adet
Malzeme	Mikro taneli karbür sınıfı
Takım boyu (L ₁)	78 mm
Helis boyu (L ₂)	20 mm
Takım çapı (D ₁)	8 mm
Bağlama çapı (D ₂)	8 mm
Uç yarıçapı	4 mm (tam yarıçap)
Kaplama türü	Kaplamasız, TiN, AlTiN

$$D_w = 2 \times \sqrt{a_p(D - a_p)} \quad (4.1)$$



Şekil 4.4. Efektif çapın (D_w) gösterimi (Seco Machining Navigator, 2004)

4.1.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için “Mahr Perthometer M1” yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır (Resim 4.1). Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için 3 farklı takımla 27 ayrı deney yapılmıştır. Ölçümler kesme uzunluğu boyunca yani takım yoluna paralel olacak şekilde ve üç ayrı yüzeyden yapılmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerleri Microsoft Excel programına

kaydedilmiş ve aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlarının güvenilirliği için her ölçüm 3 kez yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazının teknik özellikleri Çizelge 4.4’te verilmiştir.



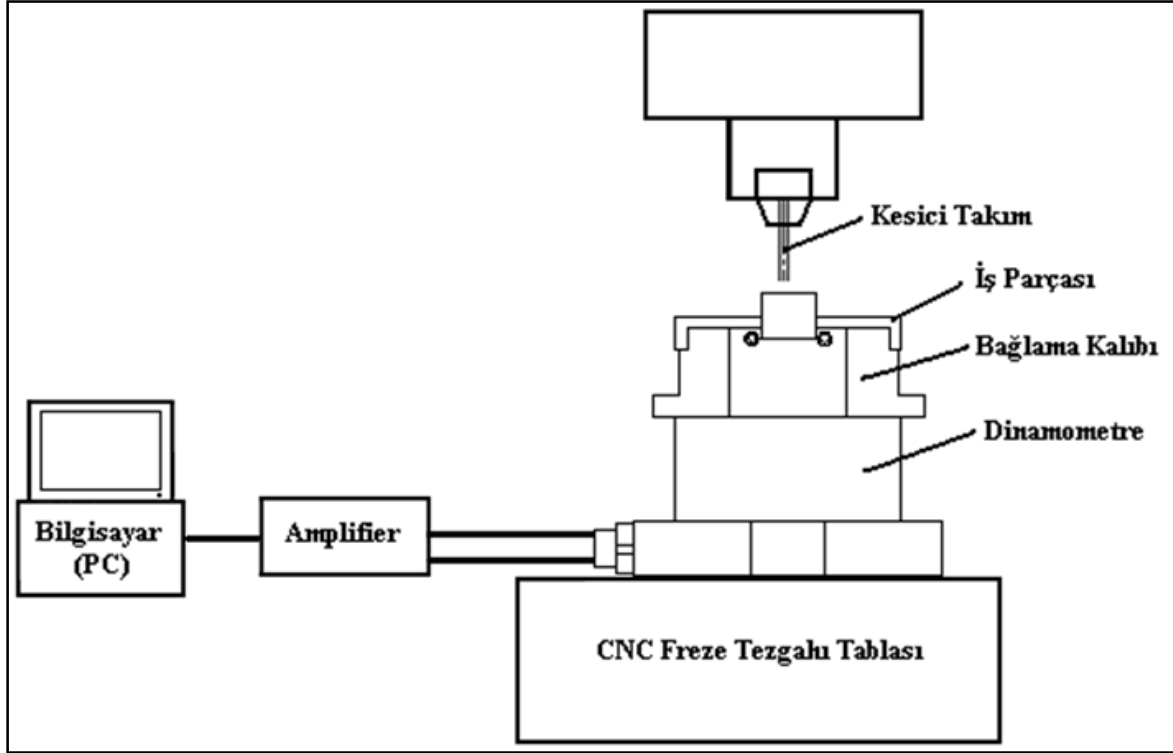
Resim 4.1. Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

Çizelge 4.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı teknik özellikleri

Model	Mahr Perthometer M1
Ölçme prensibi	Sylus metodu
Tarama hızı (mm/sn)	0,5
Ölçüm aralıkları	100-150
Profil çözünürlüğü (mm)	12
Filtre	Gaussian
Örnekleme uzunluğu (mm)	0,08; 0,25; 0,8; 2,5
Tarama uzunlukları (mm)	1,75; 5,6; 17,5
Örnekleme uzunluğu sayısı	5’den büyük
Dil	Seçilebilir 10 Avrupa, 3 Asya dili
Güç kaynağı	Entegre, NiCd sarj edilebilir pil
Boyutlar (mm)	190x170x75
Yaklaşık ağırlık (gr)	900

4.1.4. Kesme kuvveti ölçümleri

Deneysel kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Kesme kuvvetlerini ölçmek için kullanılan deney düzeneği Şekil 4.5’te verilmiştir.




Şekil 4.5. Kesme kuvvetlerinin ölçümü için kurulan deney düzeneği

Kesme kuvveti ölçümleri Kistler 9272 üç bileşenli piezoelektrik dinamometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu dinamometre Kistler 5070A çok kanallı şarj amplifiere bağlanmıştır. Amplifier ve dinamometrenin teknik özellikleri Çizelge 4.5'te ve Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Amplifier teknik özellikleri

	Amplifier Teknik Özellikleri	Tip 5070A
	Kanal sayısı	8
	Açıklama	19" rack
	Bağlantı	Fischer 9 pol. Neg.
	Ölçüm aralığı	$\pm 200 \dots 200000$ pC
	Frekans aralığı	$\sim 0 \dots > 45$ kHz
	Çıktı sinyali	± 10 V
	Güç	100...240 V
	Arayüz	RS-232C

Çizelge 4.6. Dinamometre teknik özellikleri

	Dinamometre Teknik Özellikleri		Tip 9272
	Kuvvet aralığı (kN), (F _x , F _y , F _z)		-5,...,10
	Tepki verme (N)	F _x , F _y	<0,01
		F _z	<0,02
	Hassasiyet (pC/N)	F _x , F _y	-7,8
		F _z	-3,5
	Doğrusallık % FSO		≤±1
	Histerezis % FSO		≤1
	Doğal frekans f _n (kHz)	F _x , F _y	≈1,5
		F _z	≈4
	Çalışma sıcaklığı (°C)		0...70
	Kapasitans (pF)	F _x , F _y , F _z	185
		M _z	420
	20 °C'deki yalıtım direnci (Ω)		>10 ¹³
	Topraklama yalıtımı (Ω)		>10 ⁸
Koruma sınıfı		IP 67	
Ağırlık (kg)		4,2	

Yüzey frezelemede kesici takımın bir kesici ucunun üzerine etki eden kesme kuvveti bileşenleri şu şekildedir:

F_x: Anlık ilerleme bileşeni (X yönünde elde edilen kesme kuvvetinin doğrultusu),

F_y: Anlık normal bileşendir (Y yönünde elde edilen kesme kuvvetinin doğrultusu),

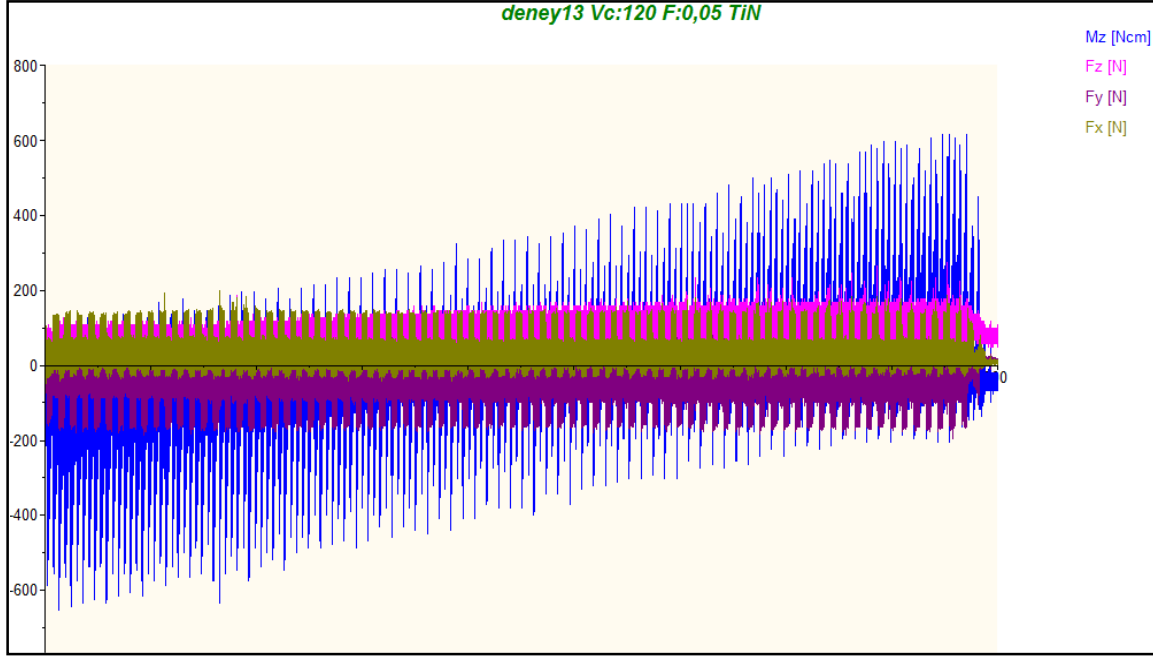
F_z: Anlık dikey bileşen (Z yönünde elde edilen kesme kuvvetinin doğrultusu),

F_R: Anlık iş parçası üzerinde oluşan bileşke kesme kuvvetidir.

F_x, F_y ve F_z sırasıyla X, Y ve Z yönlerinde ilerleme bir kesici uç üzerindeki anlık kesme kuvvetleridir (Alauddin, Mazid, El Baradi, Hashmi, 1998). Elde edilen F_x, F_y, F_z kesme kuvvetleri, bileşke kuvvet (F_R) formülü ile hesaplanmıştır (Altıntaş, 2000).

$$F_R = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2 + (F_z)^2} \quad (4.2)$$

Daha sonra dinamometre sinyal yükselticiye bağlanarak veriler ara kablo vasıtasıyla bilgisayara aktarılmıştır. Elde edilen veriler DynoWare yazılımı ile incelenmiştir. Bilgisayara aktarılan verilerin bir örneği Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



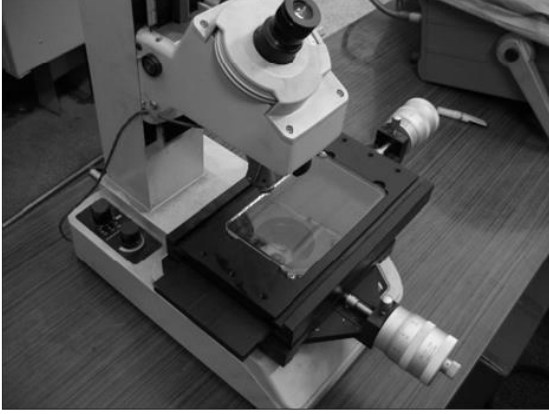
Şekil 4.6. 13. deney için elde edilen kesme kuvveti grafiği

4.1.5. Aşınmaların ölçülmesi

Takım ömrü deneyleri imalatçı firmanın el kitabında belirttiği üzere kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Yine imalatçı firmanın el kitabında belirtildiği üzere yanal kayma 0,4 mm ve kesme derinliği de 0,4 mm olarak seçilmiştir. Deney çalışmaları öncesinde CNC tezgahının genel bakımı yapılmış, tezgaha mengene bağlanıp mungenenin tezgah tablasına paralelliği komparatör saati ile kontrol edilmiştir. Bir aparat vasıtası ile iş parçası dinamometreye bağlanmış ve dinamometre de dikkatli bir şekilde mengeneye bağlanarak deney düzeneği hazır hale gelmiştir. İş parçasının referans noktası tezgaha tanımlanmış ve deneyler için çalıştırılacak olan CNC kodları tezgaha yazılmıştır (EK-2).

Her deney için CNC programında gerekli değişiklikler yapılmış, farklı ilerlemeler ve devir sayıları programa tanımlanmıştır. Devir sayısı ve ilerleme (Vf), “Eş. 3.1” ve “Eş. 3.2” kullanılarak hesaplanmıştır.

Pilot deneyler sırasında yapılan takım aşınması ölçümleri TS ISO 8688-2’de belirtilen 0,3 mm’ye göre kontrol edilmiştir. Daha sonra aşınma üst sınırı deneyler fazla uzun süreceği düşünüldüğünden 0,2 mm olarak belirlenip bütün kesici takımlar bu üst sınıra kadar aşındırılmıştır. Belirli kesme sürelerinden sonra uçlar 0,001 hassasiyetli X, Y, Z yönünde ölçüm yapabilen Resim 4.2’de gösterilen verniyer bölüntülü mikroskop ile kontrol edilmiştir. Uçlarda meydana gelen aşınmalar belirli aralıklarla ölçülüp not edilmiştir. Deneylerin güvenilirliği açısından her ölçüm 3 kez tekrarlanmıştır. Ayrıca takımlardaki aşınmalar Dino-Lite AM-211 maksimum 200x büyütme olanağına sahip USB mikroskop kullanılarak fotoğraflanmış ve ölçümler yine bu fotoğraflar üzerinden de tekrar kontrol edilmiştir. Takımlardaki aşınmaların daha net görülebilmesi için aşınmalar SEM mikroskopunda incelenmiş ve örnekleme resimler çekilmiştir. SEM çalışmalarında JEOL JSM-6300 model tarama elektron mikroskop kullanılmıştır.



Resim 4.2. Yanak aşınmasının ölçülmesinde kullanılan optik mikroskop

4.1.6. Takım tezgahı

Talaş kaldırma deneyleri Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümünde yer alan CNC atölyesinde bulunan Johnford VMC-550 marka CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Kullanılan takım tezgahının bazı özellikleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.



Resim 4.3. Johnford VMC-550 CNC dik işleme merkezi

Çizelge 4.7. Johnford VMC-550 CNC dik işleme merkezi teknik özellikleri

Tezgah gücü (Kw)	10
Maksimum devir sayısı (dev/dak)	8000
X eksen (mm)	600
Y eksen (mm)	500
Z eksen (mm)	600
Hassasiyet (mm)	0,001
Kontrol paneli	Fanuc

5. DENEY BULGULARI VE DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada kesme hızı, ilerleme miktarı ve takım kaplaması cinsi değişimlerinin takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 3 farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme ve 3 farklı takım (Çizelge 5.1) kullanılarak toplam 27 adet deney yapılmıştır. Kesme derinliği ve yanal kaymalar kesici takım firmasından tedarik edilen katalog bilgileri baz alınarak sabit tutulmuştur.

Çizelge 5.1. Deneyleerde kullanılan değişkenler

Kesme hızı – V_c (m/dak)	100, 120, 140
İlerleme miktarı – f_z (mm/diş)	0,05; 0,07; 0,09
Takım Kaplaması	-Kaplamaşız Karbür -TiN Kaplamalı Karbür -AlTiN Kaplamalı Karbür

5.1. Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi

Deneyleerde ölçülen kuvvetlerin “Eş. 4.2” kullanılarak elde edilen bileşke kuvvetleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Bu bölümde kesme parametreleri arasındaki ilişkiler göz önüne bulundurularak, kesme kuvvetleri değişimleri açısından kesici takımlar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.2. Elde edilen bileşke kuvvetler

Deney No	Kuvvetler (N)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	Ortalama	Bileşke Kuvvet (N)
1. Deney	F_x	104,98	124,51	124,51	122,07	119,02	165,17
	F_y	70,80	56,15	73,24	68,36	67,14	
	F_z	97,66	97,66	87,89	87,89	92,78	
2. Deney	F_x	183,11	178,22	163,57	139,16	166,02	201,63
	F_y	85,45	78,12	85,45	85,45	83,62	
	F_z	87,89	78,12	68,36	78,12	78,12	
3. Deney	F_x	180,66	158,69	141,60	173,34	163,57	219,03
	F_y	80,57	90,33	102,54	97,66	92,78	
	F_z	126,95	107,42	117,19	97,66	112,31	
4. Deney	F_x	124,51	109,86	100,10	63,48	99,49	129,66
	F_y	41,50	61,04	75,68	75,68	63,48	
	F_z	39,06	39,06	68,36	68,36	53,71	

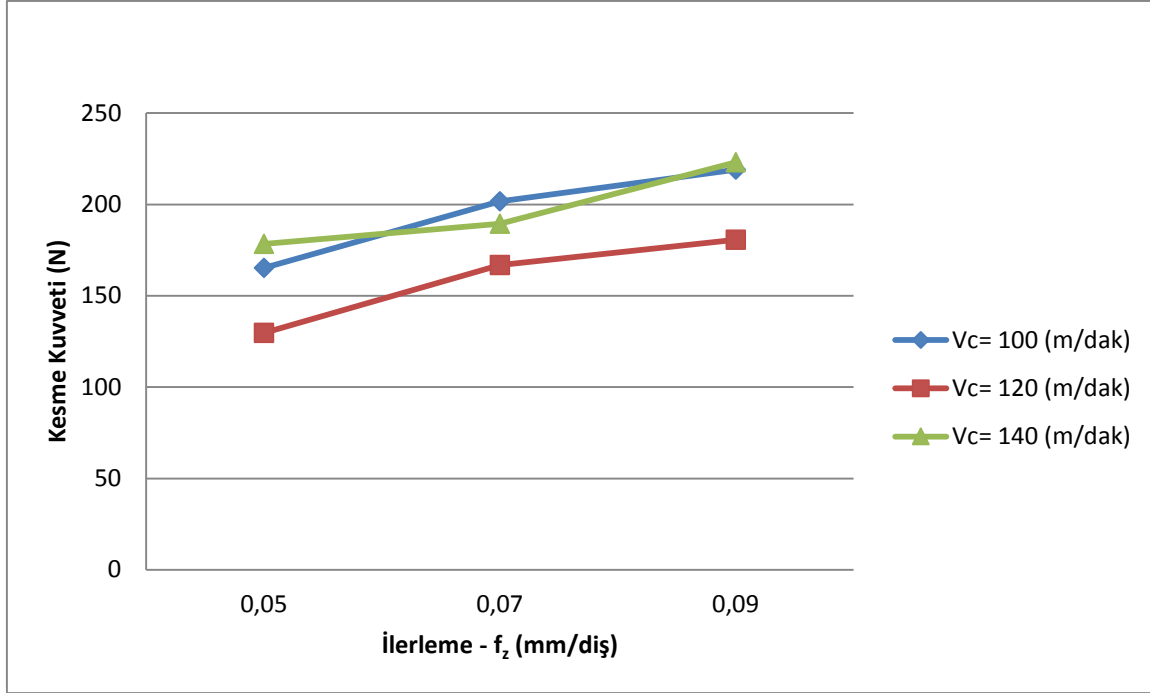
Çizelge 5.2. (devam) Elde edilen bileşke kuvvetler

Deney No	Kuvvetler (N)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	Ortalama	Bileşke Kuvvet (N)
5. Deney	F _x	87,89	146,49	129,39	112,30	119,02	166,76
	F _y	43,95	63,48	87,89	61,04	64,09	
	F _z	97,66	87,89	117,19	87,89	97,66	
6. Deney	F _x	114,75	173,34	124,51	124,51	134,28	180,67
	F _y	75,68	68,36	109,86	43,95	74,46	
	F _z	78,12	117,19	87,89	97,66	95,22	
7. Deney	F _x	200,20	102,54	126,95	109,86	134,89	178,42
	F _y	109,86	75,68	56,15	65,92	76,90	
	F _z	126,95	68,36	58,59	97,66	87,89	
8. Deney	F _x	183,11	158,69	156,25	97,66	148,93	189,51
	F _y	75,68	73,24	80,57	56,92	71,60	
	F _z	97,66	107,42	97,66	68,35	92,77	
9. Deney	F _x	217,29	173,34	163,57	148,93	175,78	223,07
	F _y	107,42	83,01	61,04	78,12	82,40	
	F _z	126,95	107,42	117,19	87,89	109,86	
10. Deney	F _x	131,84	112,30	85,45	129,39	114,75	145,46
	F _y	51,27	43,95	51,27	58,59	51,27	
	F _z	68,36	68,36	97,66	58,59	73,24	
11. Deney	F _x	122,07	80,57	73,24	63,36	84,81	146,82
	F _y	102,54	139,16	78,12	92,77	103,15	
	F _z	78,12	58,59	48,83	58,59	61,03	
12. Deney	F _x	153,81	129,39	87,89	122,07	123,29	160,79
	F _y	78,12	70,80	78,12	53,71	70,19	
	F _z	97,66	68,36	58,59	78,12	75,68	
13. Deney	F _x	92,77	117,19	87,89	112,30	102,54	136,46
	F _y	68,36	51,27	61,04	53,71	58,60	
	F _z	78,12	68,36	78,12	48,83	68,36	
14. Deney	F _x	114,75	134,28	141,60	146,48	134,28	201,24
	F _y	68,36	117,19	102,54	97,66	96,44	
	F _z	87,89	126,95	117,19	126,95	114,75	
15. Deney	F _x	183,11	144,04	139,16	131,84	149,54	202,57
	F _y	100,10	126,95	104,98	78,12	102,54	
	F _z	107,42	97,66	78,12	78,12	90,33	
16. Deney	F _x	97,66	78,12	78,12	56,15	77,51	148,45
	F _y	124,51	134,28	92,77	119,63	117,80	
	F _z	48,83	39,06	48,83	48,83	46,39	
17. Deney	F _x	161,13	126,95	119,63	139,16	136,72	176,15
	F _y	56,15	95,21	65,92	53,71	67,75	
	F _z	97,66	68,83	87,89	97,66	88,01	

Çizelge 5.2. (devam) Elde edilen bileşke kuvvetler

Deney No	Kuvvetler (N)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	Ortalama	Bileşke Kuvvet (N)
18. Deney	F _x	156,25	148,93	148,93	197,75	162,97	216,90
	F _y	102,54	97,66	92,77	85,45	94,61	
	F _z	87,89	107,42	97,66	136,72	107,42	
19. Deney	F _x	87,89	83,01	97,66	117,19	96,44	132,16
	F _y	46,39	63,48	61,04	53,71	56,16	
	F _z	58,59	68,36	87,89	68,36	70,80	
20. Deney	F _x	153,81	90,33	107,42	117,19	117,19	151,57
	F _y	83,01	43,95	68,36	53,71	62,26	
	F _z	78,12	68,36	78,12	68,36	73,24	
21. Deney	F _x	178,22	104,98	114,75	153,81	137,94	182,08
	F _y	90,33	85,45	43,95	51,27	67,75	
	F _z	107,42	107,42	78,12	97,66	97,66	
22. Deney	F _x	119,63	92,77	104,98	70,80	97,05	133,09
	F _y	43,95	51,27	29,30	78,12	50,66	
	F _z	87,89	68,36	87,89	58,59	75,68	
23. Deney	F _x	126,95	161,13	104,98	112,30	126,34	175,53
	F _y	53,71	95,21	68,36	109,86	81,79	
	F _z	97,66	87,89	97,66	78,12	90,33	
24. Deney	F _x	131,84	161,13	148,93	97,66	134,89	191,21
	F _y	75,68	85,45	90,33	65,92	79,35	
	F _z	126,95	107,42	107,42	97,66	109,86	
25. Deney	F _x	214,84	153,81	97,66	107,42	143,43	200,12
	F _y	109,86	83,01	78,12	73,24	86,06	
	F _z	107,42	68,36	117,19	146,48	109,86	
26. Deney	F _x	166,02	129,39	141,60	107,42	136,11	185,50
	F _y	95,21	92,77	85,45	87,89	90,33	
	F _z	107,42	68,36	87,89	87,89	87,89	
27. Deney	F _x	146,48	107,42	124,51	151,37	132,45	194,50
	F _y	109,86	92,77	100,10	92,77	98,88	
	F _z	107,42	126,95	78,12	97,66	102,54	

Deneyleerde zig-zag takım yolu kullanılmıştır. Kesme kuvvetleri incelenirken zıt yönlü frezeleme ve aynı yönlü frezeleme esnasında oluşan kesme kuvvetleri ayrı ayrı ölçülmüş ve bileşke kuvvetlerin birbirlerine eşit olduğu görülmüştür. Aynı yönlü frezeleme de F_x yönündeki kuvvetler yüksek çıkarken zıt yönlü frezelemede ise F_y yönündeki kesme kuvvetleri yüksek çıkmıştır. Aynı yönlü frezelemede F_x yönündeki kesme kuvvetinin yüksek çıkmasının nedeni kuvvetin yönünün parçaya doğru olmasındandır (Dursun, 2007).



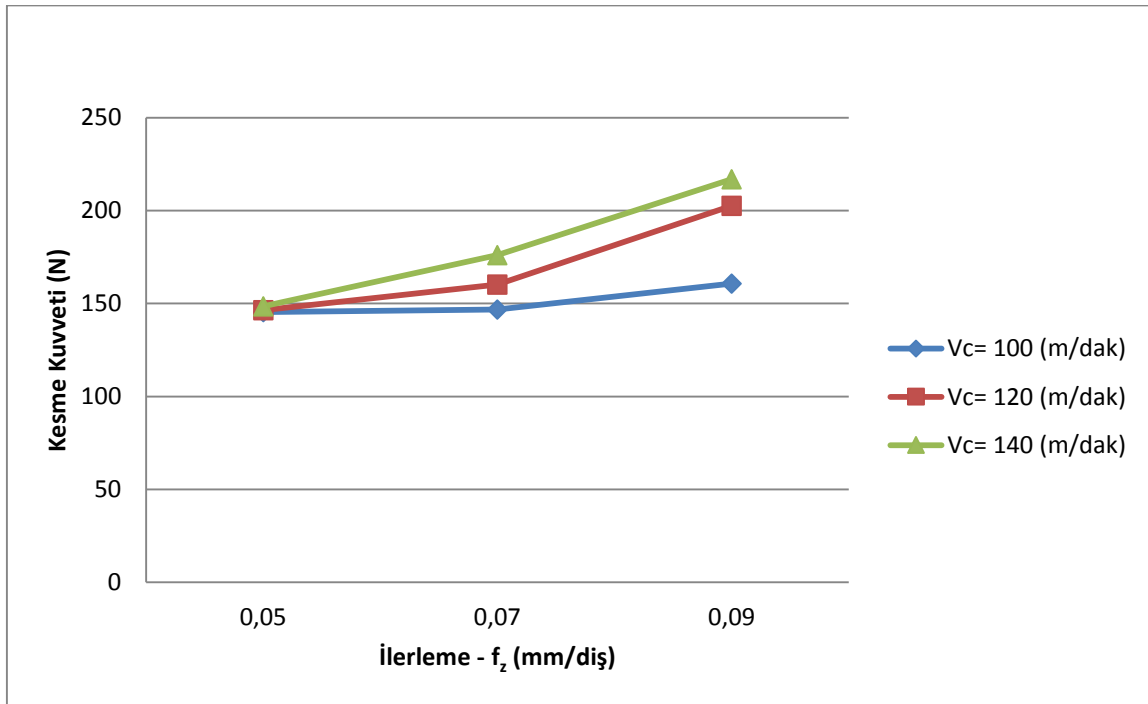
Şekil 5.1. Kaplamasız karbür kesici takım ile elde edilen ilerleme - kesme kuvveti grafiği

Şekil 5.1’de kaplamasız karbür kesici takım için kesme kuvvetlerindeki değişimler görülmektedir. Kaplamasız karbür kesici takım için en düşük kesme kuvveti değeri 120 m/dak kesme hızında, 0,05 mm/diş ilerleme miktarında 129,66 N olarak ölçülürken, en yüksek kesme kuvveti değeri ise 140 m/dak kesme hızında, 0,09 mm/diş ilerleme miktarında 223,07 N olarak ölçülmüştür. Grafikte görüldüğü üzere ilerleme miktarlarının artmasıyla kesme kuvvetleri de artmaktadır. Düşük ve yüksek kesme hızında kesme kuvveti değerleri yüksek ölçülürken orta değer kesme hızında kesme kuvvetleri daha düşük değerlerde ölçülmüştür. Bunun sebebi, düşük kesme hızlarında kesme yapılan bölgede daha az ısınma olmakta ve malzeme kesilirken daha yüksek kesme kuvvetleri elde edilmektedir. Kesme kuvvetlerinin yükselmesi kesici takımdaki titreşimleri arttırabilir ve takım aşınmasını hızlandırabilir. Yüksek kesme hızında kesme kuvvetinin artmasının sebebi olarak kullanılan kesici takımın formu gösterilebilir. Küresel uçlu parmak frezelerle alın frezeleme işlemi yapılırken küresel frezenin altında talaş birikmesi olmaktadır. Alında biriken bu talaşın kesme kuvvetlerini arttırdığı düşünülmektedir.

100 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0,05 mm/diş’ten 0,07 mm/diş’e çıkarılmasıyla kesme kuvveti değerlerinde % 18,08’lik bir artış olurken, ilerleme miktarı 0,09 mm/diş’e çıkarıldığında bu oranın % 24,59 olduğu görülmektedir.

120 m/dak kesme hızında ise ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvveti değerlerinde % 22,25'lik bir artış olurken, ilerleme miktarının 0,09 mm/diş'e çıkarılması sonucu kesme kuvvetlerinde % 28,23'lük bir artış görülmüştür.

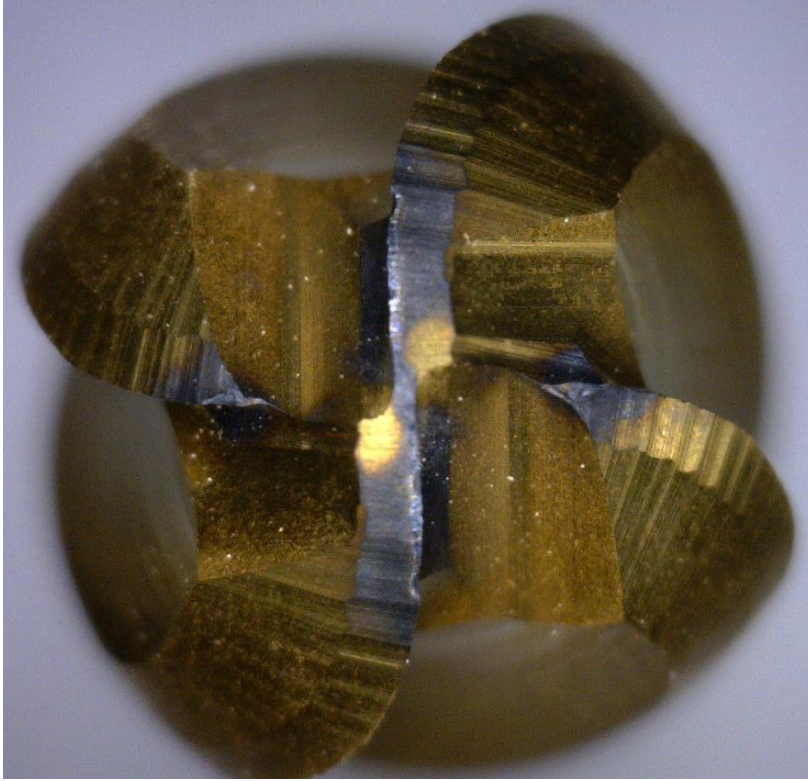
140 m/dak kesme hızı için incelendiğinde ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e çıkarılması sonucu % 5,85'lik bir artış görülürken ilerleme miktarının 0,09 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvvetinde ki artış oranı % 20,02 olmuştur.



Şekil 5.2. TiN kaplamalı karbür kesici takım ile elde edilen ilerleme - kesme kuvveti grafiği

TiN kaplamalı kesici takım için ölçülen kesme kuvvetleri Şekil 5.2'de görülmektedir. TiN kaplamalı kesici takım için en düşük kesme kuvveti değeri 100 m/dak kesme hızında, 0,05 mm/diş ilerleme miktarında 156,46 N olarak ölçülürken, en yüksek kesme kuvveti değeri ise 140 m/dak kesme hızında, 0,09 mm/diş ilerleme miktarında 216,9 N olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının artması ile kesme kuvvetlerinin de arttığı görülmektedir. İlerleme miktarını arttırmak birim zamanda kesici ağız başına düşen talaş miktarını arttırmış bu da takımın aşınmasına ve kesme kuvvetlerinin artmasına sebep olmuştur. Kesme hızı değerleri arttıkça kesme kuvvetlerinde de artış görülmektedir. Bunun sebebinin ise kesme hızının artması ile beraber takımında meydana gelen hızlı aşınmalar olduğu ve

oluşan talaşların alın helis kanallarda sıkıştığı tahmin edilmektedir. Yüksek kesme hızlarında takım daha çabuk aşındığı için takım üzerinde bulunan kaplama da aşınmış ve kesici kenarın keskinlik özelliği azalmıştır (Resim 5.1). Kesici kenarın körelmesi ve uzaklaştırılmayan talaşlar, kesici takımın altında birikmeye başlamış, bundan dolayı yüksek kesme hızlarında yüksek kesme kuvveti değerleri elde edildiği düşünülmektedir.

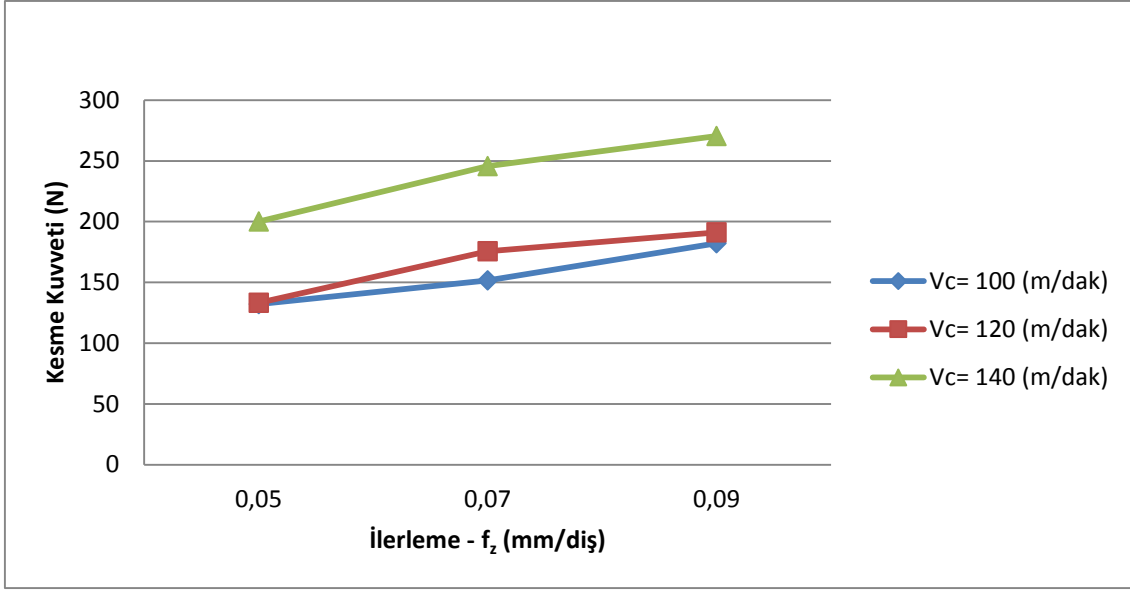


Resim 5.1. 140 m/dak kesme hızı ve 0,09 mm/diş ilerleme miktarı kesme şartlarında kullanılan TiN kaplamalı kesici takımdaki kaplama tabakasının kalkması.

100 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvvetlerinde % 1,0'lik bir artış görülürken, ilerleme miktarının 0,09 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvveti değerlerinde % 9,53'lük bir artış görülmüştür.

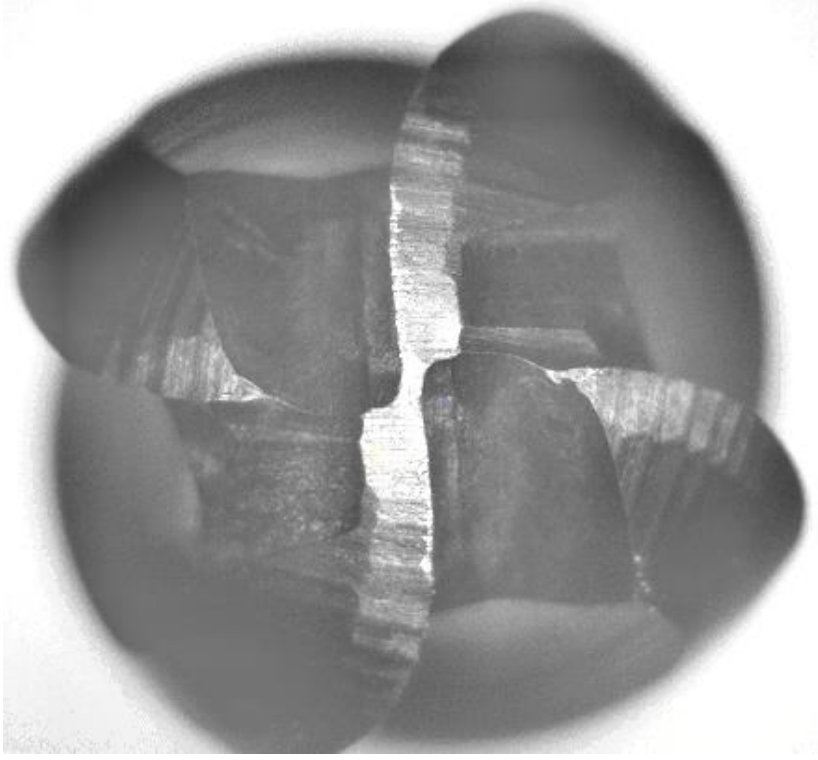
120 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvveti değerlerinde % 8,60'lık, ilerleme miktarının 0,09 mm/diş'e çıkarılmasıyla da % 27,70'lik bir artış görülmüştür.

140 m/dak kesme hızında ise, ilerleme miktarı önce 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e, sonra da 0,09 mm/diş'e çıkarılmış ve kesme kuvveti değerlerindeki artış oranları ise sırası ile % 15,73 ve % 31,56 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.3. AlTiN kaplamalı karbür kesici takım ile elde edilen ilerleme - kesme kuvveti grafiği

AlTiN kaplamalı kesici takım için yapılan deneyler sonucu elde edilen kesme kuvveti değerleri Şekil 5.3'te görülmektedir. Şekil 5.3'te gösterilen grafik incelendiğinde AlTiN kaplamalı takım da en düşük kesme kuvveti değeri 100 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/diş ilerleme miktarında 132,16 N olarak ölçülmüştür. En yüksek kesme kuvveti değeri ise 140 m/dak kesme hızı ve 0,09 mm/diş ilerleme miktarında 270,49 N olarak ölçülmüştür. Yine AlTiN kaplamalı takım için yapılan deneylerde de görülmektedir ki ilerleme miktarının artışına bağlı olarak kesici ağız başına düşen talaş hacmi artmış ve buna bağlı olarak kesme kuvveti değerleri de artmıştır. Kesme hızlarının artırılmasıyla kesme kuvvetlerinde meydana gelen artışın sebebinin ise yüksek kesme hızlarında kesici takımın daha çabuk aşınması ve küresel uçtaki helis kanallarda talaşların atılmayarak sıkışmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Resim 5.2).

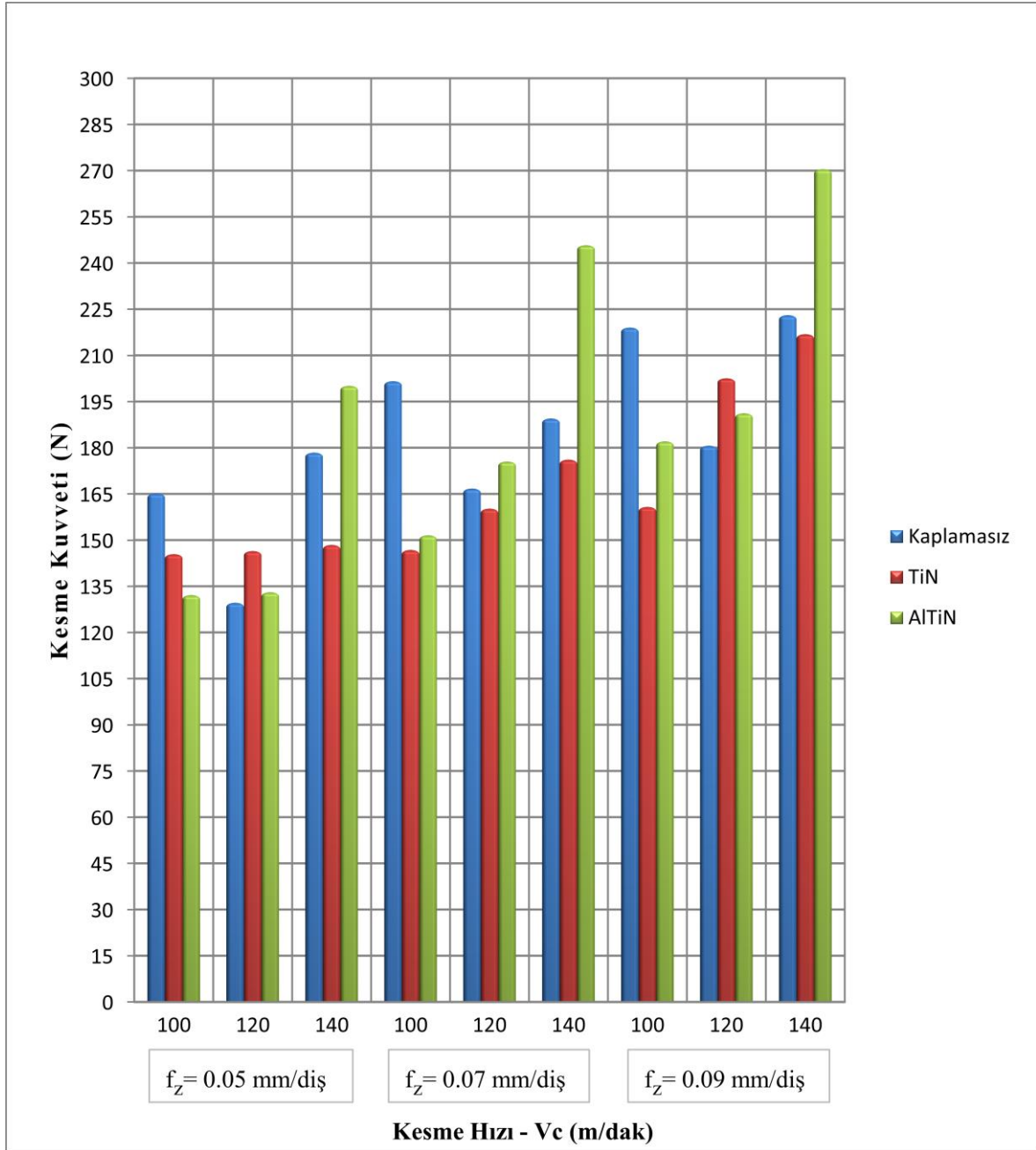


Resim 5.2. 140 m/dak kesme hızı ve 0,09 mm/diş ilerleme miktarı kesme şartlarında kullanılan AlTiN kaplamalı kesici takımdaki kaplama tabakasının kalkması.

100 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvveti değerlerinde % 12,81'lik bir artış görülmüş, bununla beraber ilerleme miktarının 0,09 mm/diş'e çıkarılmasıyla bu oranın % 27,42 olduğu görülmüştür.

120 m/dak kesme hızında ise ilerleme miktarı 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvveti değerlerinde % 24,18'lik bir artış görülmüştür. İlerleme miktarının 0,09 mm/diş'e çıkarılmasıyla da artıştaki bu oran % 30,40 olmuştur.

140 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,07 mm/diş'e çıkarılmasıyla kesme kuvveti değerlerinde % 18,58'lik bir artış olurken, ilerleme miktarı 0,09 mm/diş'e çıkarıldığında bu oranın % 26,02 olduğu görülmektedir.



Şekil 5.4. Kesme kuvvetleri için kesme hızı – ilerleme miktarı ilişkileri

Kullanılan kesici takımlar kesme kuvveti bakımından karşılaştırıldığında en düşük kesme kuvveti kaplamasız karbür kesici takımla 120 m/dak kesme hızında ve 0.05 mm/diş ilerleme miktarında ölçülmüştür (Şekil 5.4). Şekil 5.4'te görülmektedir ki yapılan bütün deneylerde artan ilerleme miktarı ile beraber kesme kuvveti değerleri de artış göstermiştir. Artan ilerleme ile beraber kesici kenara düşen talaş hacmi de artmakta ve bu durum yüksek değerlerde kesme kuvvetlerinin ölçülmesine sebep olmaktadır. Kesme hızının artması ile talaş tahliyesi zorlaşmış ve bu durum da yine kesme kuvveti değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Kesme kuvveti deneyleri sonucunda en iyi performansı gösteren takımın TiN

kaplamalı takım olduğu görülmektedir. Kaplamasız takımların TiN kaplamalı takımlara göre daha kötü performans sergilemesinin sebebinin kaplamasız takımlarda talaş tahliyesinin daha zor olması ile açıklanabilir. AlTiN kaplamalı takımın TiN kaplamalı takıma göre daha kötü performans sergilemesi ise AlTiN kaplamanın TiN kaplamaya göre daha kötü performans sergilemesinin sebebinin ise AlTiN kaplamanın TiN kaplamaya göre daha fazla kalınlıkta olmasına atfedilmiştir. Küresel uçlu kesici takımlarda kaplama malzemesi kesici kenarda radyus oluşmasına sebep olmakta ve kesici kenarın formunu bozmaktadır. TiN kaplamaya kıyasla AlTiN kaplamanın bu durumdan daha fazla etkilendiği ve kesme kuvveti değerlerinin daha yüksek çıktığı düşünülmektedir.

5.2. Kesici Takım Aşınmalarının İncelenmesi

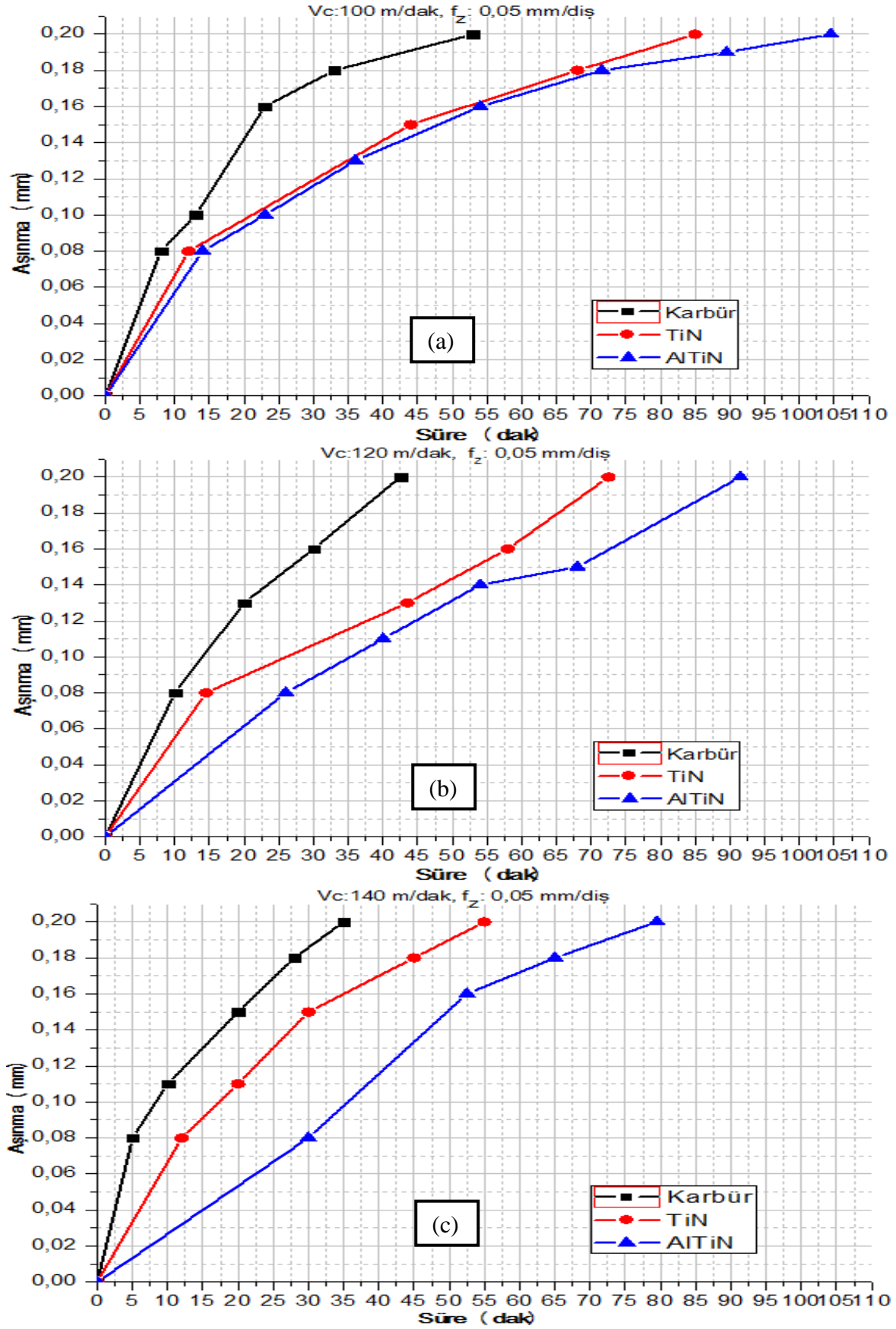
Gerçekleştirilen 27 deney sonucunda her bir kesicide oluşan takım aşınmaları değerlendirilmiştir. Aşınma üst sınırı 0,2 mm olarak tayin edilmiştir. Takımlardaki aşınma miktarı 0,2 mm'ye ulaşana kadar takımlar belirli sürelerde çalıştırılmış ve çalışma süreleri not edilerek toplam çalışma süreleri hesaplanmıştır. Takımların toplam çalışma süreleri ile ilgili veriler Çizelge 5.3'te verilmiştir. Kesici takım aşınmalarını etkileyen en büyük faktör kesme hızı miktarıdır (Gu ve diğerleri, 1999; Jawaid ve diğerleri, 2000; Kim ve diğerleri, 2001; Liu ve diğerleri, 2005). Bu sebepten dolayı takım aşınmaları incelenirken kesme derinliği sabit tutularak farklı kesme hızlarında ki aşınmalar incelenmiştir.

Çizelge 5.3. Takım aşınma deneylerinde kullanılan parametreler ve takımların çalışma süreleri

Kesici Takım	Deney No	İlerleme (mm/diş)	Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma Süresi (dak)
Kaplamasız Karbür	1	0,05	100	53
	2	0,07	100	40
	3	0,09	100	29
	4	0,05	120	42,5
	5	0,07	120	31,5
	6	0,09	120	23,5
	7	0,05	140	35
	8	0,07	140	28
	9	0,09	140	18
TiN Kaplamalı Karbür	10	0,05	100	85
	11	0,07	100	75
	12	0,09	100	66
	13	0,05	120	72,5

Çizelge 5.3. (devam) Takım aşınma deneylerinde kullanılan parametreler ve takımların çalışma süreleri

TiN Kaplama Karbür	14	0,07	120	62,5
	15	0,09	120	40,2
	16	0,05	140	55
	17	0,07	140	51
	18	0,09	140	37,5
AlTiN Kaplama Karbür	19	0,05	100	104,5
	20	0,07	100	96,5
	21	0,09	100	92,5
	22	0,05	120	91,5
	23	0,07	120	88,5
	24	0,09	120	81,5
	25	0,05	140	79,5
	26	0,07	140	73,5
	27	0,09	140	65



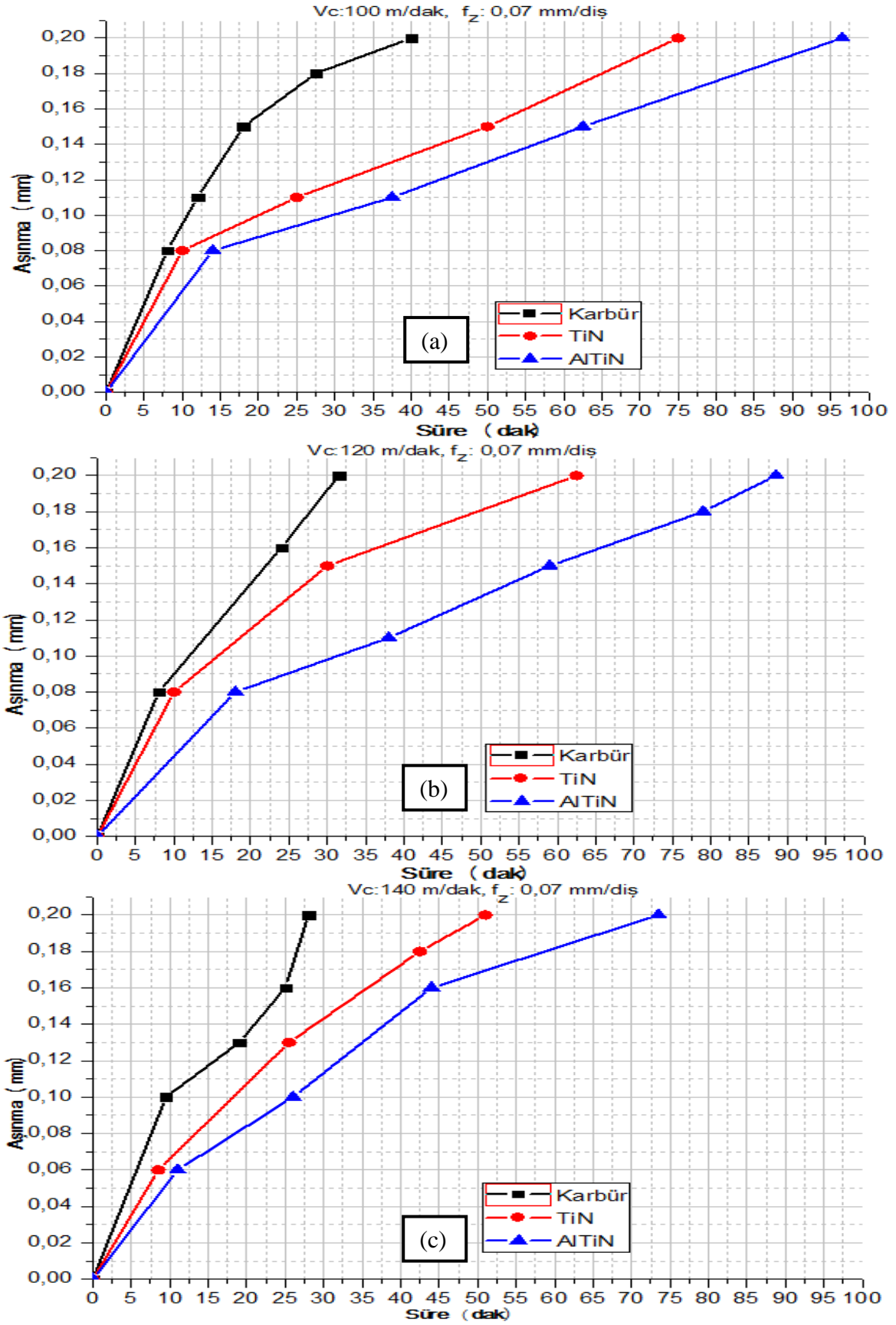
Şekil 5.5. $f_z: 0,05 \text{ mm/diş}$ ilerleme değerinde (a) $V_c: 100 \text{ m/dak}$, (b) $V_c: 120 \text{ m/dak}$, (c) $V_c: 140 \text{ m/dak}$ kesme hızları için aşınma değerleri

Şekil 5.5-a grafiği incelendiğinde aşınmaya karşı en yüksek direnci gösteren takımın AlTiN kaplamalı takım olduğu görülmektedir. Aşınmaya gösterdiği direnç bakımından AlTiN kaplamalı takımı TiN kaplamalı takım ve ardından kaplamasız takım takip etmiştir. 100 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/diş ilerleme miktarında yapılan deneylerde kaplamasız takım 53 dakika çalışma sonucunda 0,2 mm aşınma değerine ulaşmıştır. TiN kaplamalı takım, kaplamasız takımla kıyaslandığında TiN kaplamalı takımın % 60,38 kat daha üstün performans sergilediği, kaplamasız takım ve AlTiN kaplamalı takım kıyaslandığında ise bu oranın % 97,17 olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 5.5-b grafiği incelendiğinde 0,05 mm/diş ilerleme ve 120 m/dak kesme hızında AlTiN kaplamalı takımın TiN kaplamalı ve kaplamasız takımlara nazaran daha uzun takım ömrü sergilediği görülmektedir. 0,2 mm olan üst sınır aşınmasına AlTiN kaplamalı takım 91,5 dakikada, TiN kaplamalı takım 72,5 dakikada, kaplamasız takım ise 42,5 dakikada ulaşmıştır. AlTiN kaplamalı takım, TiN kaplamalı ve kaplamasız takıma göre sırası ile % 26,21 ve % 115,29 daha uzun takım ömrü performansı sergilemiştir.

Şekil 5.5-c grafiğinde; kesme şartları olarak 140 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/diş ilerleme miktarı kullanılarak yapılan deneylerde, AlTiN kaplamalı takımın diğer takımlara göre daha üstün performans sergilediği görülmektedir. AlTiN kaplamalı takım 0,2 mm aşınma değerine 79,5 dakikada ulaşmış ve TiN kaplamalı takıma göre % 44,55 oranında üstün performans sergilemiştir. AlTiN kaplamalı takım, kaplamasız takımla kıyaslandığında ise bu oranın % 127,14 olduğu tespit edilmiştir.

0,05 mm/diş sabit ilerleme miktarında, kesme hızı değerlerinin arttırılmasıyla takım ömürlerinin kısaldığı görülmektedir (Şekil 5.5). Bunun sebebinin artan kesme hızı ile birlikte artışa geçen kesme sıcaklığı olduğu söylenebilir (Altınkaya, 2006; Demirayak, 2006; Ghani ve diğerleri, 2002; Işık, 2006; Özses, 2002). Kesme hızının % 20 arttırılması ile AlTiN kaplamalı takımın performansında % 14,84 düşüş gözlenirken bu değer TiN kaplamalı takım için % 17,24 ve kaplamasız takım için % 24,71'dir. Kesme hızının % 40 arttırılması sonucunda ise AlTiN kaplamalı takımın performansında % 31,45'lik düşüş, TiN kaplamalı takımın performansında % 54,55 ve kaplamasız takımın performansında da % 51,43'lük düşüşler tespit edilmiştir. AlTiN kaplamanın, kaplamasız ve TiN kaplamalı takımlara göre daha üstün performans sergilemesinin sebebi ise AlTiN kaplamalı takımın diğer iki takıma nazaran daha yüksek sertlik, daha yüksek oksidasyon sıcaklığı ve daha düşük sürtünme katsayısına atfedilmiştir (Altınkaya, 2006; Demirayak, 2006; Uçun, 2010).



Şekil 5.6. $f_z: 0,07 \text{ mm/diş}$ ilerleme değerinde (a) $V_c: 100 \text{ m/dak}$, (b) $V_c: 120 \text{ m/dak}$, (c) $V_c: 140 \text{ m/dak}$ kesme hızları için aşınma değerleri

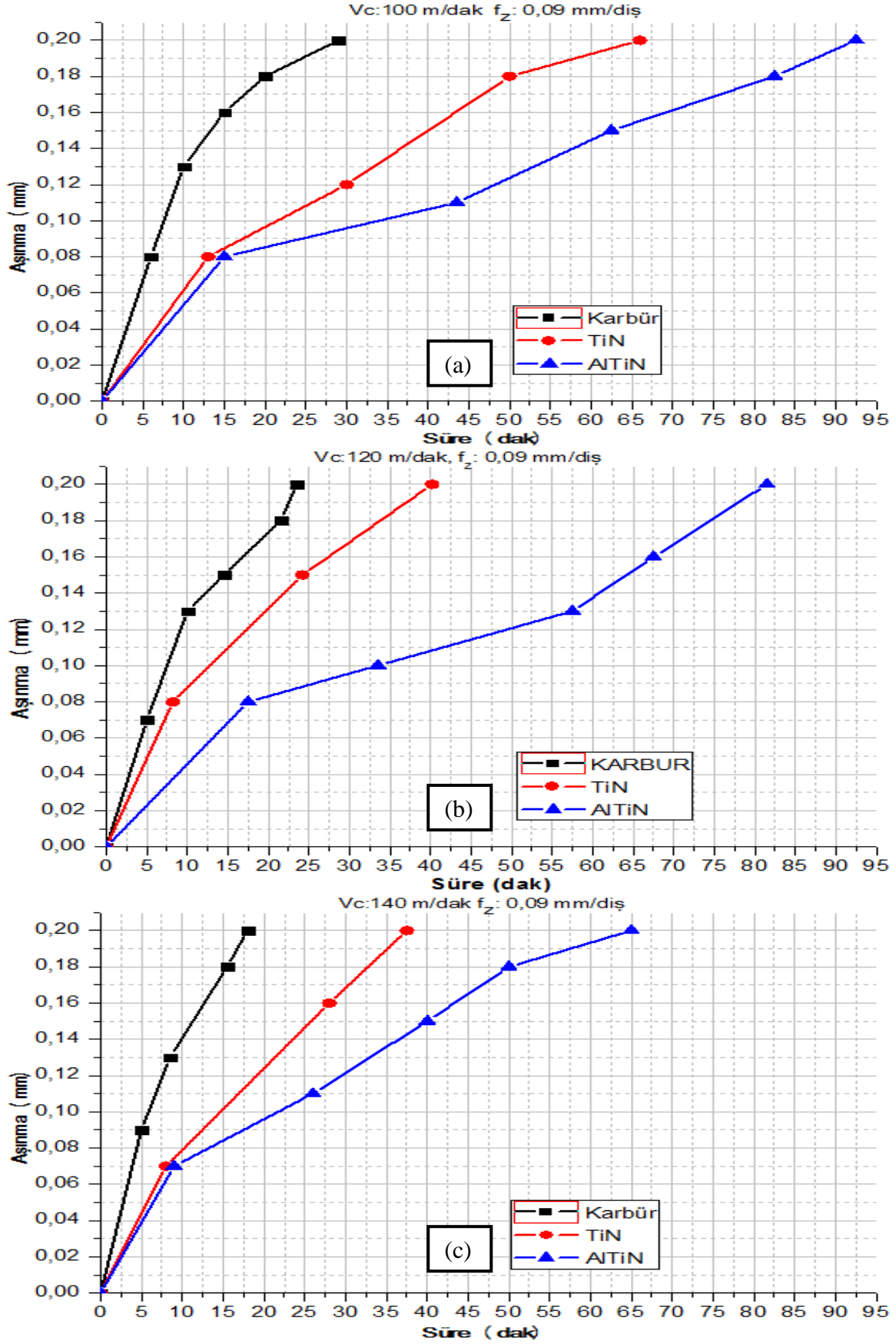
0,07 mm/diş ilerleme miktarı ve 100 m/dak, 120 m/dak ve 140 m/dak kesme hızı parametreleri kullanılarak yapılan deneyler sonucunda oluşan kesici takımların ömür grafikleri Şekil 5.6'da verilmiştir.

Şekil 5.6-a grafiği incelendiğinde 100 m/dak kesme hızında kaplamasız takım 0,2 mm aşınma miktarına 40'ıncı dakikada ulaşmıştır. TiN kaplamalı takım ise 75 dakikada ömrünü tamamlamış ve kaplamasız takıma göre % 87,50 kat daha üstün performans sergilemiştir. AlTiN kaplamalı takım ise 96,5 dakikada ömrünü tamamlayarak kaplamasız takıma karşı % 141,25'lik bir oranda daha üstün performans göstermiştir.

Şekil 5.6-b grafiği incelendiğinde ise 120 m/dak kesme hızında yine kaplamasız takım kaplamalı takımlara kıyasla ömrünü daha kısa sürede, 31,5 dakikada tamamlamıştır. Kaplamalı takımlar kıyaslandığıında ise AlTiN kaplamalı takım ömrünü 88,5 dakikada tamamlayarak, ömrünü 62,5 dakikada tamamlayan TiN kaplamalı takıma karşı % 41,60 üstün performans göstermiştir. AlTiN kaplamalı takım kaplamasız takım ile kıyaslandığıında ise bu değer % 180,95 olarak tespit edilmiştir.

Şekil 5.6-c grafiğinde ise 140 m/dak kesme hızında AlTiN kaplamalı takımın TiN kaplamalı ve kaplamasız takımlara nazaran daha uzun takım ömrü sergilediği görülmektedir. 0,2 mm olan st sınır aşınmasına AlTiN kaplamalı takım 73,5 dakikada, TiN kaplamalı takım 51 dakikada, kaplamasız takım ise 28 dakikada ulaşmıştır. AlTiN kaplamalı takım, TiN kaplamalı ve kaplamasız takıma göre sırası ile % 44,12 ve % 162,50 daha uzun takım ömrü performansı sergilemiştir.

Şekil 5.6'da verilen a, b, c grafikleri bir arada incelendiğinde kesme hızının arttırılması ile takımların ömürlerini tamamlama sürelerinin de kısalđıđı görülmektedir. Bu durum kesme hızının arttırılması sonucu kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklığın artmasına atfedilmiştir (Altınkaya, 2006; Demirayak, 2006; Ghani ve diğerleri, 2002; Işık, 2006; zses, 2002). Kesme hızının 100 m/dak'dan 120 m/dak'ya çıkarılması sonucu kaplamasız takımın performansında % 26,98, TiN kaplamalı takımın performansında % 20, AlTiN kaplamalı takımın performansında ise % 9,04 oranında düşüşler görülmüştür. Kesme hızının 100 m/dak'dan 140 m/dak'ya çıkarılması ile performanstaki düşüş oranları; kaplamasız takım için % 46,86, TiN kaplamalı takım için % 47,06 ve AlTiN kaplamalı takım için % 31,29 olarak ölçülmüştür.



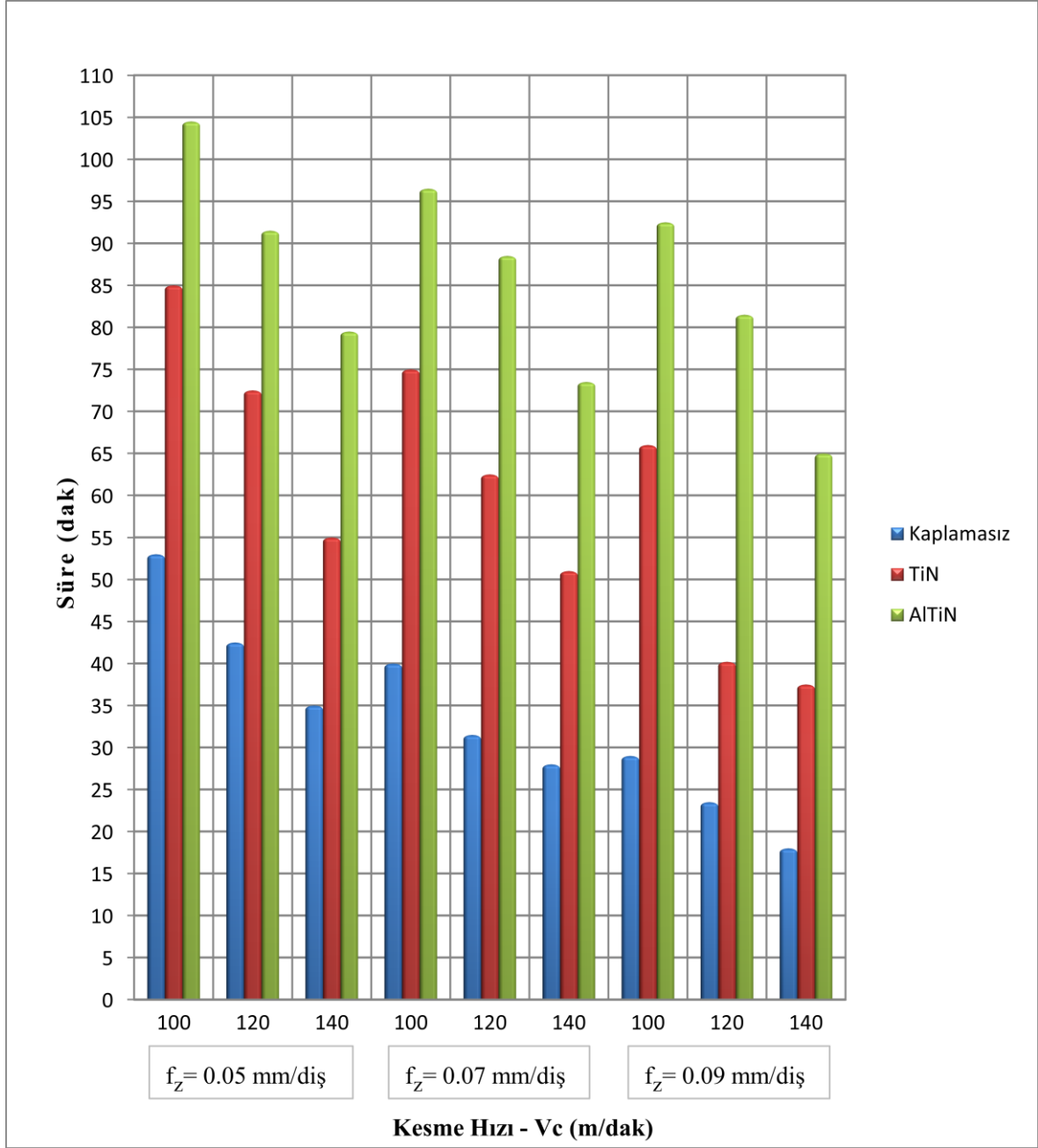
Şekil 5.7. $f_z: 0,09 \text{ mm/diş}$ ilerleme değerinde (a) $V_c: 100 \text{ m/dak}$, (b) $V_c: 120 \text{ m/dak}$, (c) $V_c: 140 \text{ m/dak}$ kesme hızları için aşınma değerleri

0,09 mm/diş ilerleme miktarı kullanılarak elde edilen takım ömrü grafiği Şekil 5.7'de sunulmuştur. Şekil 5.7'de görüldüğü gibi kesme hızının artırılması takım ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir. Kesme bölgesinde oluşan sıcaklık kesme hızının artması ile beraber daha da artmakta ve bu durum takımın daha çabuk aşınmasına sebep olmaktadır (Altinkaya, 2006; Demirayak, 2006; Ghani ve diğerleri, 2002; Işık, 2006; Özses, 2002). Kesme hızının 100 m/dak'dan 120m/dak'ya çıkarılmasıyla AlTiN kaplamalı takımda % 13,50, TiN kaplamalı takımda % 64,18 ve kaplamasız takımda % 23,40 oranında performans düşüşleri görülürken; kesme hızının 140 m/dak'ya çıkarılması ile bu performans düşüşleri AlTiN kaplamalı takım için % 41,54, TiN kaplamalı takım için % 76 ve kaplamasız takım için % 61 olarak ölçülmüştür.

Şekil 5.7-a grafiği incelendiğinde görülmektedir ki AlTiN kaplamaya sahip takımlar, TiN kaplamaya sahip takımlardan ve kaplamasız takımlardan daha uzun takım ömrü performansı göstermiştir. 0,09 mm/diş ilerleme ve 100 m/dak kesme hızında AlTiN kaplamalı takım ömrünü 92,5 dakikada tamamlarken, TiN kaplamalı takım 66 dakikada, kaplamasız takım ise 29 dakikada tamamlamıştır. AlTiN kaplamalı takımın, TiN kaplamalı takımdan % 40,15, kaplamasız takımdan ise % 218,97 kat daha uzun ömür performansı sergilediği tespit edilmiştir.

Şekil 5.7-b'de 0,07 mm/diş ilerleme miktarı ve 120 m/dak kesme hızı deneyleri için sunulan grafik incelendiğinde en düşük takım ömrü performansını sırası ile kaplamasız takım, TiN kaplamalı takım ve AlTiN kaplamalı takımların sergilediği görülmektedir. Kaplamasız takım 23,5 dakikada, TiN kaplamalı takım 40,2 dakikada ve AlTiN takım 81,5 dakikada ömürlerini tamamlamışlardır. Bu kesme şartında AlTiN kaplamalı takım TiN kaplamalı takımına göre % 102,74 ve kaplamasız takıma göre de % 246,81 daha uzun ömür performansı göstermiştir.

0,09 mm/diş ilerleme ve 140 m/dak kesme hızı parametreleri kullanılarak yapılan deneyler sonucunda oluşturulan Şekil 5.7-c grafiği incelendiğinde, yine AlTiN kaplanmış takımların, TiN kaplanmış ve kaplanmamış takımlara nazaran daha iyi performans sergilediği görülmektedir. AlTiN kaplamalı takım ömrünü 65 dakikada, TiN kaplamalı takım 37,5 dakikada ve kaplamasız takım da 18 dakikada ömürlerini tamamlamışlardır. AlTiN kaplamalı takım TiN kaplamalı takıma göre % 73,33 kat daha iyi performans sergilerken bu değer kaplamasız takım için % 261,11 kattır.

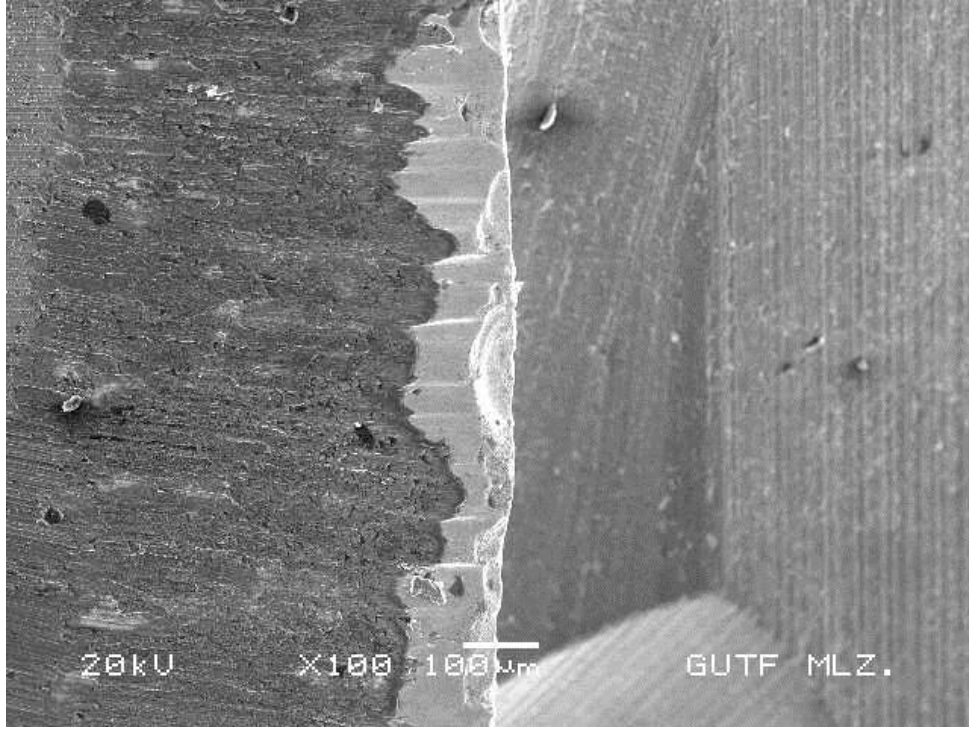


Şekil 5.8. Takım aşınma miktarları için kesme hızı – ilerleme ilişkisi

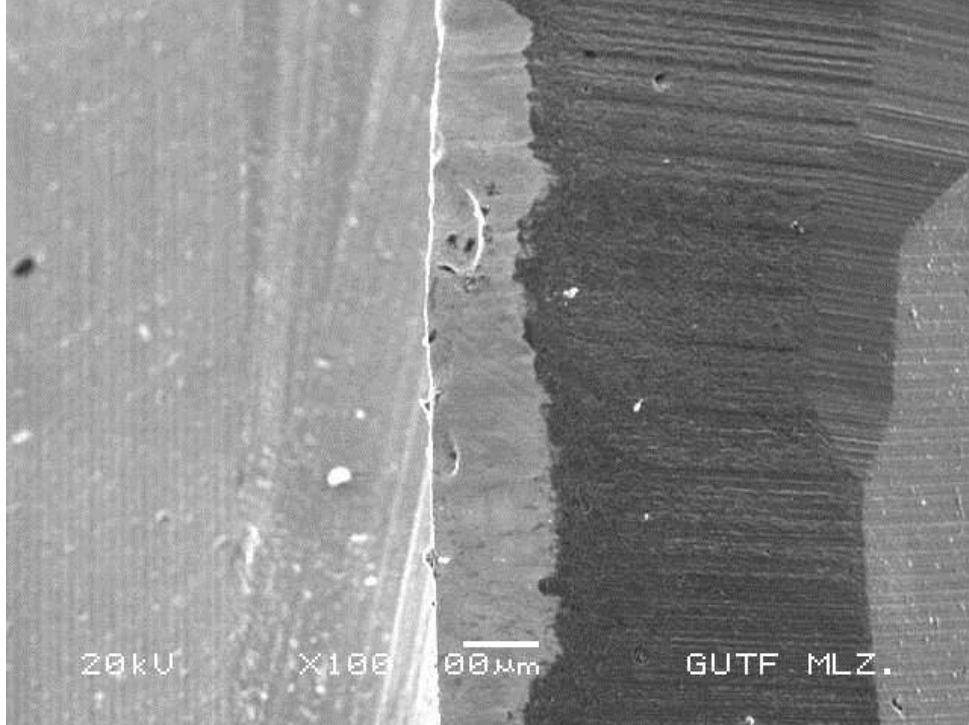
Seçilen bütün kesme parametrelerinde ve yapılan bütün deneylerde AlTiN kaplamalı takımın, kaplamasız ve TiN kaplamalı takıma karşı üstün performans sergilediği görülmektedir. Bunun durum AlTiN kaplamanın yüksek sertliğe, yüksek oksidasyon direncine ve düşük sürtünme katsayısına sahip olması ile açıklanabilir. Kaplama tabakasının yüksek sertliğe sahip olması aşınmaya karşı gösterdiği direnci arttırmaktadır. Yüksek sürtünme katsayısı ise kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kesici takımın daha çabuk aşınması kaçınılmazdır. Elde edilen sonuçlara da bakıldığında kaplama malzemelerinin sahip olduğu sürtünme katsayıları ile

takımların ömürlerini tamamlama süreleri arasında ters bir orantı söz konusudur. İlerleme miktarının arttırılması ile takım ömründe düşüş olduğu da Şekil 5.8’de görülmektedir. İlerleme miktarının % 44,44 arttırılması ile TiN kaplamalı takımın ömrü % 28,79 oranında azalırken, kesme hızının % 40 oranında arttırılması sonucu takım ömründe % 54,55’lik bir düşüş görülmektedir. AlTiN kaplamalı takım için bu değerler incelendiğinde ise ilerleme miktarının % 44,44 arttırılması takım ömründe % 12,97’lik bir düşüşe sebep olurken, kesme hızının % 40 arttırılması sonucu takım ömründe % 31,45’lik bir performans düşüşü tespit edilmiştir. Görülmektedir ki kesme hızının takım ömrü üzerine etkisi ilerleme miktarının etkisinden daha yüksektir. İlerleme miktarının artması sonucu takım ömrünün kısılması kesici ağız başına düşen talaş miktarının artması ve devamında kesme bölgesinde oluşan ısının artması ile açıklanabilir. İlerleme miktarının da kesme hızı kadar olmasa da, takım talaş ara yüzey sıcaklığını arttırdığı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Daha yüksek kesme sıcaklıklarının kesici takımdaki aşınmayı hızlandırması sonucu, daha kısa takım ömrü elde edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda da, takım ömrünün ilerleme miktarının artmasıyla azaldığı rapor edilmiştir (Abou-El-Hossein ve Yahya, 2005, Gu ve diğerleri, 1999; Habalı, 2003; Jawaid ve diğerleri, 2000).

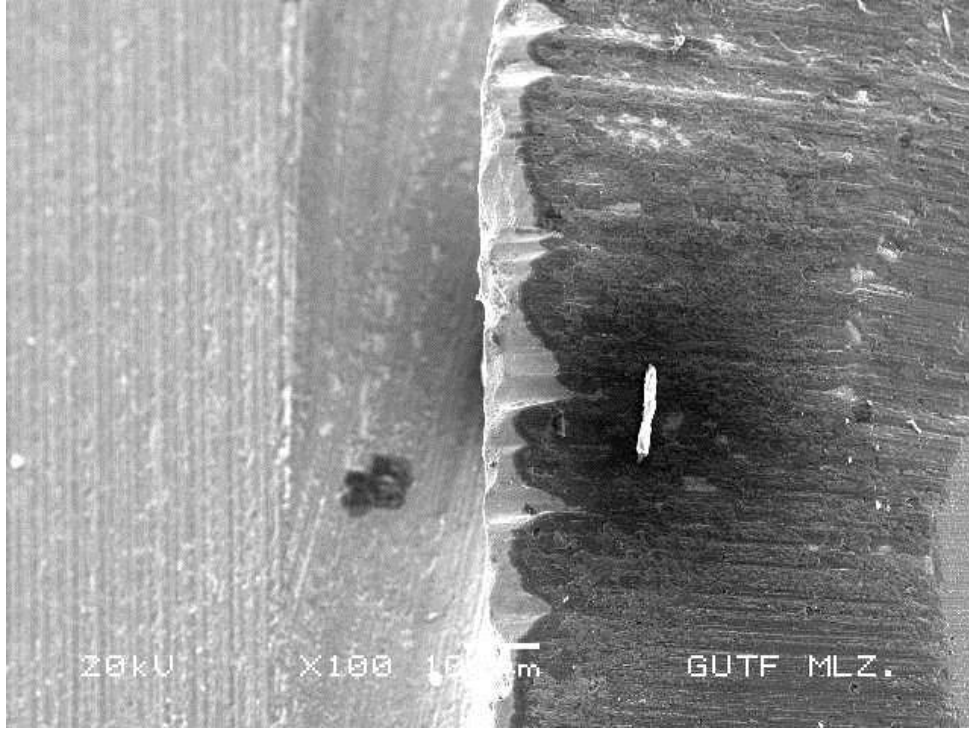
Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) alınan görüntüler incelendiğinde kesici takımlarda meydana gelen aşınmalarda genellikle abraziv aşınma mekanizmasının etkili olduğu ve aşınmaların genellikle yanak aşınması şeklinde olduğu görülmektedir (Resim 5.3, Resim 5.4 ve Resim 5.5).



Resim 5.3. V_c :140 m/dak, f_z : 0,07 mm/diş kesme şartlarında kaplamasız karbür kesici takım ile işleme sonrasında takımın durumu (X100)



Resim 5.4. V_c :100 m/dak, f_z : 0,07 mm/diş kesme şartlarında TiN kaplamalı karbür kesici takım ile işleme sonrasında takımın durumu (X100)



Resim 5.5. $V_c:140$ m/dak, $f_z: 0,09$ mm/diş kesme şartlarında AlTiN kaplamalı karbür kesici takım ile işleme sonrasında takımın durumu (X100)

5.3. Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

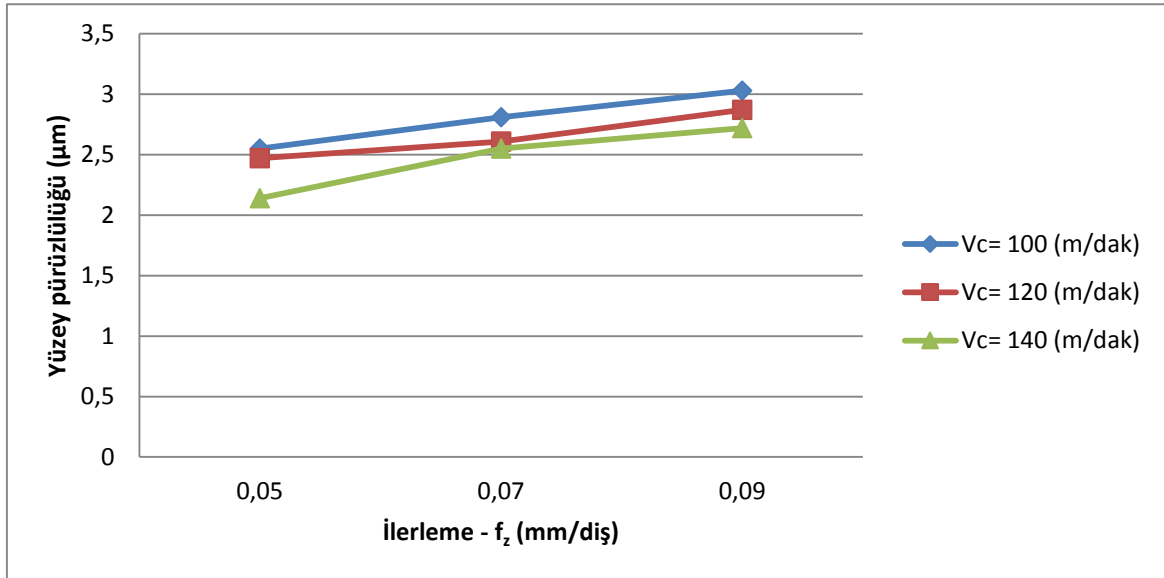
Yüzey pürüzlülüğü incelemeleri için 27 adet deney yapılmıştır. Kuru kesme şartlarında yapılan deneylerden sonra işlenen yüzey kuru hava ile temizlenmiş ve kesme uzunluğu boyunca 3 farklı noktadan iş parçasının yüzey pürüzlülüğü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her bir deney için ölçümlerle elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Yüzey pürüzlülük deneyleri sırasında kullanılan kesme parametreleri ve elde edilen yüzey pürüzlülük sonuçları (Ra) Çizelge 5.4'te sunulmuştur.

Çizelge 5.4. Yüzey pürüzlülüğü deneylerinde kullanılan kesme parametreleri ve elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri

Kesici Takım	Deney No	İlerleme mm/diş	Kesme Hızı m/dak	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
Kaplama-sız Karbür	1	0,05	100	2,55
	2	0,07	100	2,81
	3	0,09	100	3,03
	4	0,05	120	2,47
	5	0,07	120	2,61
	6	0,09	120	2,87
	7	0,05	140	2,14

Çizelge 5.4. (devam) Yüzey pürüzlülüğü deneylerinde kullanılan kesme parametreleri ve elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri

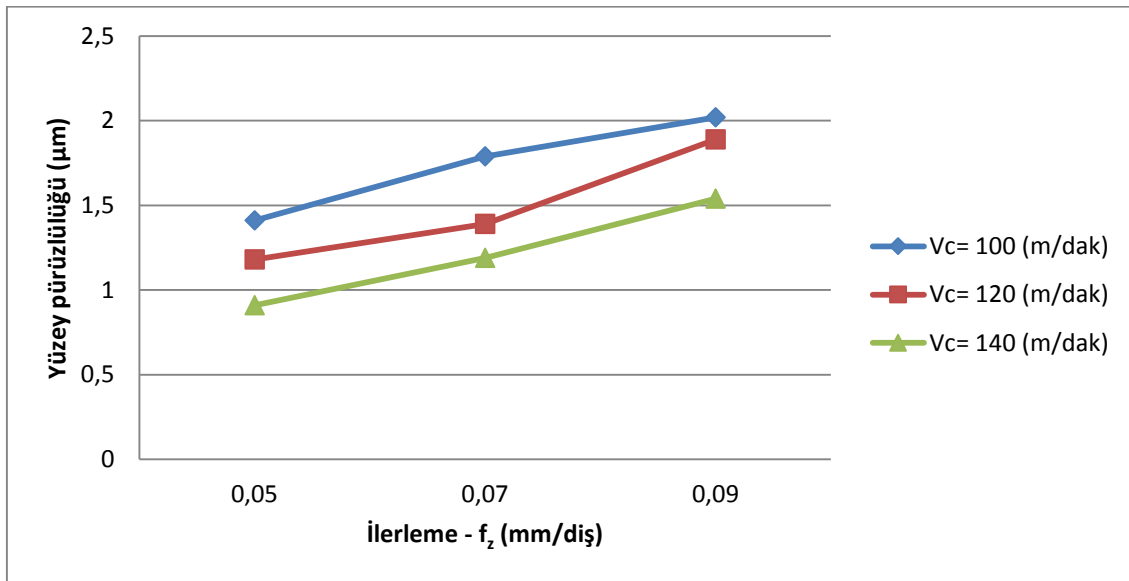
TiN Kaplamalı Karbür	8	0,07	140	2,55
	9	0,09	140	2,72
	10	0,05	100	1,41
	11	0,07	100	1,79
	12	0,09	100	2,02
	13	0,05	120	1,18
	14	0,07	120	1,39
	15	0,09	120	1,89
	16	0,05	140	0,91
	17	0,07	140	1,19
AlTiN Kaplamalı Karbür	18	0,09	140	1,54
	19	0,05	100	2,14
	20	0,07	100	2,34
	21	0,09	100	2,78
	22	0,05	120	1,84
	23	0,07	120	2,08
	24	0,09	120	2,45
	25	0,05	140	1,65
	26	0,07	140	1,92
	27	0,09	140	2,22



Şekil 5.9. Kaplamasız karbür kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülüğü grafiği

Kaplamasız takım ile yapılan çalışmalarla en iyi yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/diş ilerleme miktarında 2,14 µm ölçülürken, en kötü yüzey kalitesi ise 100 m/dak kesme hızında ve 0,09 mm/diş ilerleme miktarında 3,03 µm olarak ölçülmüştür.

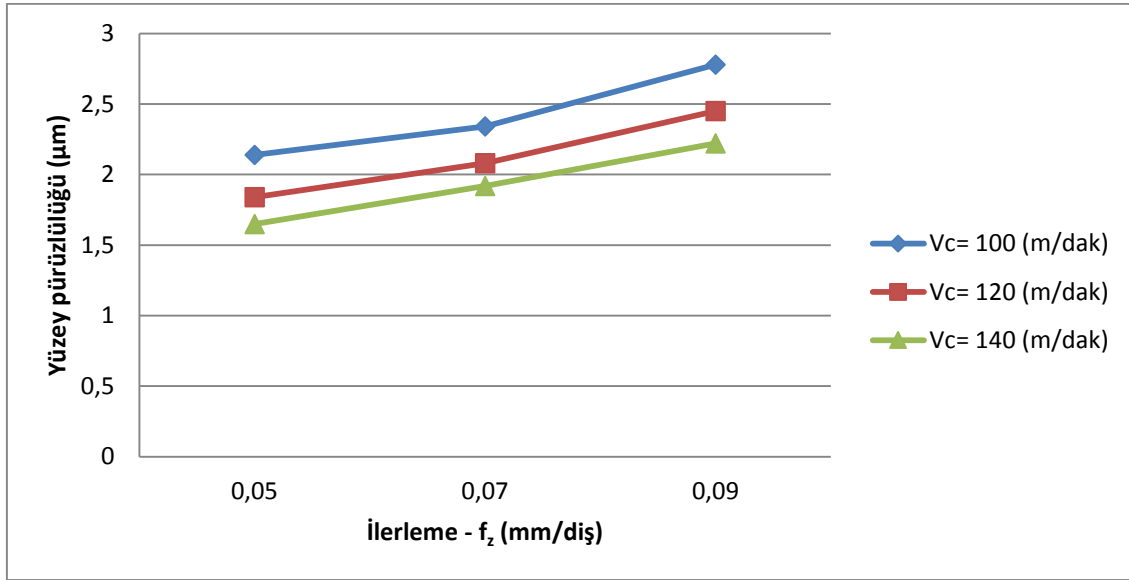
Şekil 5.9’da verilen grafik incelendiğinde ilerleme miktarının artması ile birlikte yüzey pürüzlülüğünde kötüleşme olduğu görülmektedir Bunun sebebi olarak ilerleme miktarının artırılması ile kesme kuvvetlerinin artması ve kesici takımında meydana gelen titreşimler gösterilebilir. Ayrıca kesme hızının artırılması ile yüzey kalitesinde iyileşme olduğu görülmektedir. Bu durum da kesme hızının artırılması sonucu kesme bölgesinde oluşan ısının artması ile açıklanabilir. Kesme bölgesinde oluşan bu ısı talaşın kolay koparılmasına imkan sağlamaktadır. (Gezgin, 2007; Şahin, 2012; Tütünsatar, 2010). Kaplamasız karbür takım da ilerleme miktarının 0,05 mm/diş’de sabit tutulup kesme hızının 100 m/dak’dan 140 m/dak’ya çıkarılmasıyla elde edilen yüzey pürüzlülüğünde % 16,08 bir iyileşme olduğu görülmektedir. İlerleme miktarının 0,05 mm/diş’ten 0,09 mm/diş’e çıkarılması ve kesme hızının 100 m/dak’da sabit tutulması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde ise % 15,84’lük kötüleşme konusudur.



Şekil 5.10. TiN kaplamalı karbür kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülüğü grafiği

Şekil 5.10’da TiN kaplamalı takıma ait yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde en iyi yüzey kalitesi en yüksek kesme hızı ve en düşük ilerleme miktarında 0,91 µm ve en kötü yüzey pürüzlülük değeri ise en yüksek ilerleme miktarı ve en düşük kesme hızında 2,02 µm olarak ölçülmüştür. TiN kaplamalı takımında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin ilerleme miktarı ile doğru orantılı, kesme hızı ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Kesme hızındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki düşüş; kesme işlemi sırasında takım talaş ara yüzey yüzeyinde artan sıcaklıklar neticesinde, iş parçası malzemesinin daha kolay deforme edilmesine ve akma bölgesinde meydana gelen daha küçük temas alanının

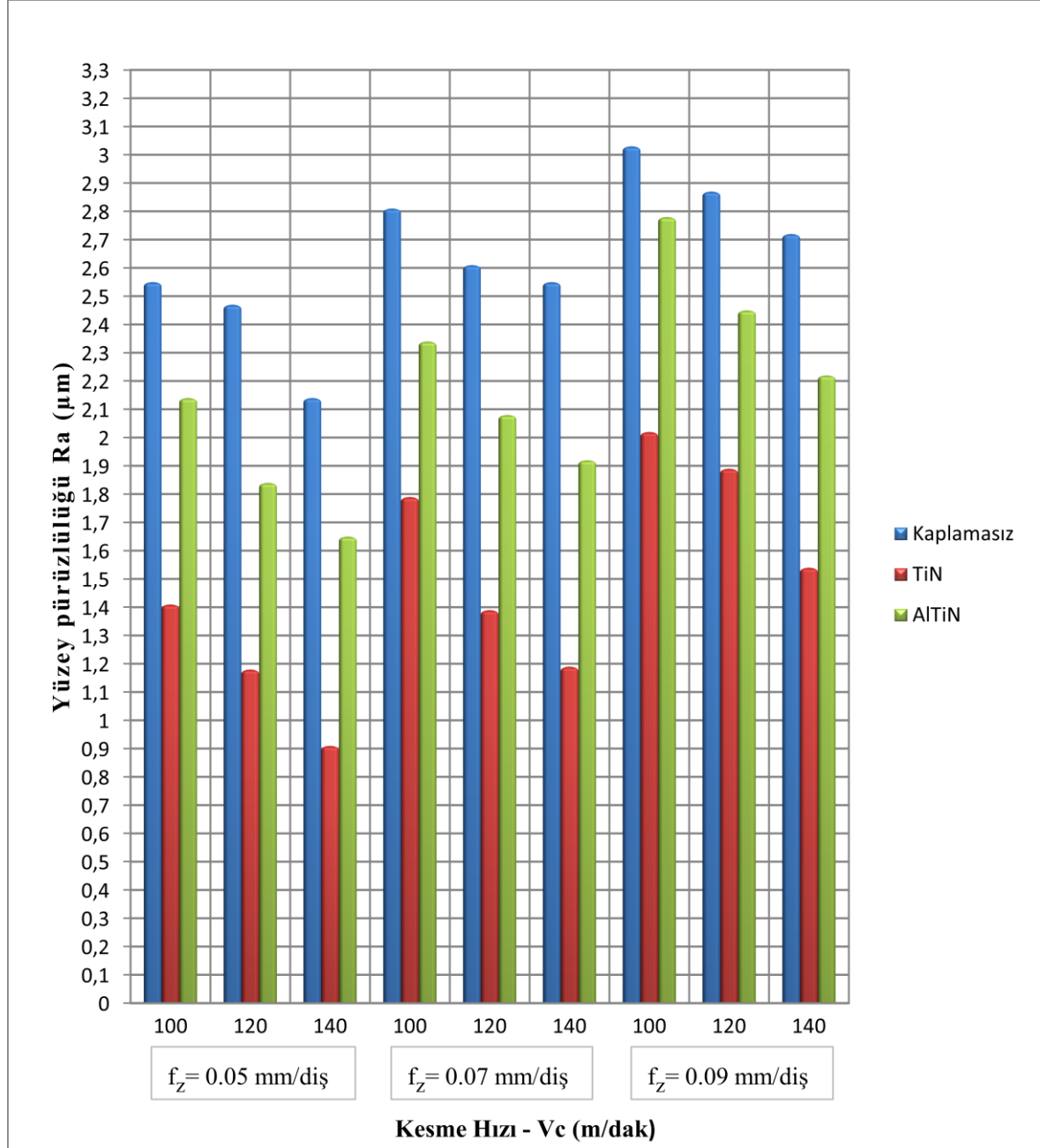
oluşmasına bağlanabilir. İlerleme miktarının artırılması sonucu yüzey kalitesinin kötüleşmesi ise kesici ağız başına düşen talaş miktarının artması ile açıklanabilir. Kesici ağız başına düşen talaş miktarının artması ile kesme kuvvetleri artmakta ve kesici takımında meydana gelen titreşimleri de arttırmaktadır. Oluşan bu titreşimler yüzey kalitesine olumsuz yönde etki etmektedir. TiN kaplamalı takım da 0,05 mm/diş ilerleme miktarında kesme hızının 100 m/dak'dan 140 m/dak'ya artırılmasında yüzey kalitesinde % 35,46'lık bir iyileşme olduğu görülmektedir. Kesme hızının 100 m/dak'da sabit tutularak ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,09 mm/diş'e çıkarılması ile yüzey kalitesinde % 30,2'lik bir kötüleşme olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.11. AlTiN kaplamalı karbür kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülüğü grafiği

AlTiN kaplamaya sahip kesici takımlarla yapılan pürüzlülük deneyi sonuçlarında elde edilen değerler incelendiğinde en iyi yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/diş ilerleme de 1,65 µm olarak ölçülmüştür. En kötü yüzey pürüzlülük değeri ise 100 m/dak kesme hızı, 0,09 mm/diş ilerleme miktarında 2,78 µm olarak ölçülmüştür. Diğer iki kesici takımında olduğu gibi AlTiN kaplamalı kesici takımında da kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü azalmış, ilerleme miktarının artması ile pürüzlülük değeri de artmıştır (Şekil 5.11). Bunun sebebi olarak ilerleme miktarının artması sonucu takımında meydana gelen sehimlerin ve titreşimlerin yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. AlTiN kaplamalı kesici takım ile yapılan yüzey pürüzlülüğü çalışmasının sonuçları incelendiğinde 0,05 mm/diş ilerleme miktarında kesme hızının 100 m/dak'dan 140 m/dak'ya artırılması sonucu yüzey kalitesinde % 22,9'luk bir iyileşme olduğu

görülmektedir. Kesme hızı 100 m/dak'da sabit tutulup ilerleme miktarı 0,05 mm/diş'ten, 0,09 mm/diş'e çıkarıldığında yüzey kalitesinde % 23,02'lik kötüleşme söz konusudur.



Şekil 5.12. Yüzey pürüzlülük değerleri için kesme hızı – ilerleme miktarı ilişkileri

Yapılan yüzey pürüzlülük deneyleri sonucunda görülmektedir ki istinasız olarak TiN kaplı takım AlTiN kaplı ve kaplamasız takımlara göre üstün bir performans sergilemiştir. Ayrıca deney sonuçlarına bakıldığında görülmektedir ki, ilerleme miktarının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğünde de artış gözlemlenmiştir. Bu durum ilerleme miktarının artırılması sonrasında, kesici ağız başına düşen talaş hacminin artması ile açıklanabilir. Kesici ağız

başına düşen talaş miktarının artması ile birlikte takımda meydana gelen titreşimler de artmaktadır. Artan bu titreşimler yüzeyin bozulmasına sebep olmaktadır. Kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesi ise kesme hızı ile beraber artan sıcaklık ile açıklanabilir. Artan sıcaklıkla beraber talaş oluşumu da kolaylaşmaktadır. Bu durum yüzey kalitesine pozitif yönde katkı sağlamaktadır. Yüzey pürüzlülüğü için yapılan çalışmalarda en iyi yüzey kalitesi TiN kaplamalı takımda 140 m/dak kesme hızında ve 0,05 mm/diş ilerleme miktarında ölçülürken, en kötü yüzey kalitesi ise kaplamasız takımda 100 m/dak kesme hızında ve 0,09 mm/diş ilerleme miktarında ölçülmüştür. Bu durum TiN kaplamanın sürtünme katsayısının düşük olmasına atfedilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada X38CrMo16 (DIN 1.2316) plastik kalıp çeliği malzemesi, 8 mm çapındaki kaplamasız karbür, TiN kaplamalı karbür ve AlTiN kaplamalı karbür küresel uçlu parmak frezelerle CNC freze tezgahında işlenmiştir.

6.1. Sonuçlar

6.1.1. Kesme kuvvetleri ile ilgili sonuçlar

Kaplamasız takımda kesici takım firmasının önerdiği kesme hızı değerinde kuvvetleri düşük çıkarken, bu aralığın alt ve üst sınırlarında kesme kuvvetleri yüksek çıkmıştır.

Kaplamasız karbür kesici uç için en düşük kesme kuvveti 120 m/dak kesme hızında ki 0,05 mm/diş ilerleme değerinde ve en yüksek kesme kuvveti ise 140 m/dak kesme hızındaki 0,09 mm/diş ilerleme değerinde ölçülmüştür.

TiN kaplamalı takım için yapılan deneylerde en düşük kesme kuvveti değeri 100 m/dak kesme hızında ve 0,05 mm/diş ilerleme değerinde ölçülmüştür. En yüksek kesme kuvveti değeri ise daha önceden öngörüldüğü gibi 140 m/dak kesme hızında ve 0,09 mm/diş ilerleme parametrelerinde ölçülmüştür.

AlTiN kaplamalı takım için en düşük kesme kuvveti değeri 100 m/dak kesme hızında ve 0,05 mm/diş ilerleme miktarında, en yüksek kesme kuvveti değeri ise en zor şartlar olan 140 m/dak ve 0,09 mm/diş ilerleme miktarında ölçülmüştür.

Kaplamasız takım için ideal kesme hızı 120 m/dak ve ideal ilerleme miktarı 0,05 mm/diş'tir.

Kesme kuvvetleri bakımından takımlar birbirleri ile kıyaslandığında en iyi performansı veren takım TiN kaplamalı takımdır.

6.1.2. Kesici takım aşınmaları ile ilgili sonuçlar

Kesme hızının ve ilerleme miktarının artması ile birlikte takımların ömürlerini tamamlama sürelerinin kısaldığı görülmüştür.

Kaplama malzemelerinin sahip olduğu sürtünme katsayıları ile takımların ömürlerini tamamlama süreleri arasında ters bir orantı söz konusudur

Kaplamalı kesici takımlarda talaş akışı daha kolay sağlandığı için takım ömrü daha uzun olmaktadır.

Takımlarda genellikle, abraziv aşınma mekanizmasının etkin olduğu yanak aşınması meydana gelmiştir.

TiN kaplamalı takımda ilerleme miktarının % 44,44 arttırılması takım ömrü % 28,79 oranında azalırken, kesme hızının % 40 oranında arttırılması sonucu takım ömründe % 54,55'lik bir azalma olduğu görülmüştür.

AlTiN kaplamalı takım için bu değerler incelendiğinde ise ilerleme miktarının % 44,44 arttırılması takım ömründe % 12,97'lik bir düşüşe sebep olmuşken, kesme hızının % 40 arttırılması sonucunda ise takım ömründe % 31,45'lik bir performans düşüşü tespit edilmiştir.

En zor kesme şartları olan 140 m/dak kesme hızı ve 0,09 mm/diş ilerleme miktarında AlTiN kaplamalı takım TiN kaplamalı takıma göre % 73,33 kat daha iyi performans sergilemişken, kaplamasız takımla kıyaslandığında bu oran % 261,11 olarak ölçülmüştür.

Aşınma deneyleri sonunda en üstün performansı sergileyen takım AlTiN kaplamalı takımıdır. AlTiN kaplamanın sertliğinin daha fazla olması ve sürtünme katsayısının daha düşük olması takım ömrünün uzamasına sebep olmuştur.

6.1.3. Yüzey pürüzlülükleri ile ilgili sonuçlar

TiN kaplamalı takım da 0,05 mm/diş ilerleme miktarında kesme hızının 100 m/dak'dan 140 m/dak'ya artırılmasında yüzey kalitesinde % 35,46'lık bir iyileşme olduğu

görülmüştür. Kesme hızının 100 m/dak'da sabit tutularak ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'ten 0,09 mm/diş'e çıkarılması ile yüzey kalitesinde % 30,2'lik bir kötüleşme olduğu tespit edilmiştir.

AlTiN kaplamalı kesici takımında 0,05 mm/diş ilerleme miktarında kesme hızının 100 m/dak'dan 140 m/dak'ya arttırılması sonucu yüzey kalitesinde % 22,9'luk bir iyileşme olmuştur. Kesme hızı 100 m/dak'da sabit tutulup ilerleme miktarı 0,05 mm/diş'ten, 0,09 mm/diş'e çıkarıldığında ise yüzey kalitesinde % 23,02'lik kötüleşme söz konusudur.

Kaplamasız karbür takım da ilerleme miktarının 0,05 mm/diş'de sabit tutulup kesme hızının 100 m/dak'dan 140 m/dak'ya çıkarılmasıyla elde edilen yüzey kalitesi % 16,08 daha üstündür. İlerleme miktarının 0,05 mm/diş'den 0,09 mm/diş'e çıkarılması ve kesme hızının 100 m/dak'da sabit tutulması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde ise % 15,84'lük kötüleşme olmuştur.

Yüzey pürüzlülüğü için yapılan çalışmalarda en verimli takım TiN kaplamalı takım olmuştur.

6.2. Öneriler

Küresel uçlu frezeler kullanılarak farklı kalıp çelikleri üzerinde çalışmalar yapılarak literatüre katkıda bulunulabilir.

Farklı kaplamalara sahip küresel uçlu kesici takımlarla bir çalışma yapılarak kaplamaların işlenebilirliğe etkisi araştırılabilir.

Küresel uçlu kesici takımlar kullanılarak farklı işleme parametrelerinde kesme bölgesinde oluşan sıcaklık ölçülerek sıcaklığın takım aşınmasına etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Abou-El-Hossein, K. A. and Yahya, Z. (2005). High-speed End-milling of AISI 304 Stainless Steels Using New Geometrically Developed Carbide Inserts. *Journal of Materials Processing Technology*, 162–163, 596–602.
- Acır, A., Karakaş, S. M., Übeyli, M. ve Asal, Ö. (2006, 26-27 Nisan). Metal matriksli kompozitlerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının aşınmaya etkisinin deneysel incelenmesi, *Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, Balıkesir.
- Akkurt, M. (1996). *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*. İstanbul/Türkiye: Birsen Yayınevi, 214-221.
- Akkurt, M. (2004). *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*. İstanbul/Türkiye: Birsen Yayınevi, 125-190.
- Alauddin, M., Mazid, M. A., El Baradi, M. A. and Hashmi, M. S. J. (1998). Cutting Forces in The End Milling of Inconel 718. *Journal of Materials Processing Technology*, 77(1-3), 153-159.
- Altınkaya, E. (2006). *AISI 316 Östenitik Çeliğin İşlenmesinde Kesme Değerlerinin Ve Takım Kaplamasının Yüzey Pürüzlülüğüne Ve Takım Aşınmasına Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Altıntaş, Y. (2000). *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design*. London/England: Cambridge University Press.
- Aslan, E. (2005). Experimental Investigation of Cutting Tool Performance in Highspeed Cutting of Hardened X210 Cr12 Cold-Work Tool Steel (62 HRC). *Materials and Design* 26(1), 21–27.
- Aşkun, Y. (2001). *Östempelenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ataşımşek, S. (2002). *Plastik ve Metal Kalıpcılık Teknikleri*. İstanbul/Türkiye: Birsen Yayınevi, 310-370.
- Ay, M. (2003). *CNC Freze Tezgahında Frezeleme Esnasında Oluşan Kesme Kuvvetlerinin ve Titreşimlerin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Baran, A. (2006). *Sertleştirilmiş Kalıp Çeliklerinin Yüksek Hızda İşlenmesinde Uygun Kesme Parametrelerinin Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Bayrak, M. (2002). *Ç 1020, Ç 1040 ve 9SMnPb28 Çeliklerinin Talaşlı İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Uzman Sistemle Hesaplanan Değerlerin Deneysel Değerlerle Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Benga, C. G. and Abrao, A. M. (2003). Turning of Hardened 100Cr6 Bearing Steel With Ceramic and PCBN Cutting Tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 143, 237-241.
- Bouaziz, Z., Younes, J. B. and Zghal, A. (2004). Methodology of Machining Costs Evaluation for Die and Mold Manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*, 152, 237-245.
- Camuşcu, N. ve Aslan, E. (2005). Farklı Sertliklerdeki X210CR12 Soğuk İş Takım Çeliğinin Parmak Frezeleme İşleminde, Kaplamalı Sinterlenmiş Karbür ve Kaplamalı Sermet Kesici Takımların Performanslarının Karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 20, 2.
- Can, A. (2003). *AISI 5140 Çeliğinin Sermet, PVD ile TiAlN-CVD ile TiN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 13–23, 94–98.
- Choudhury, I. A. and El-Baradie, M. A. (1997). Surface Roughness Prediction in Turning of High-Strength Steel by Factorial Design of Experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, 67, 55–61.
- Çakır, C. M. (1997). *Zor malzemelerin işlenebilirliği*, Denizli Malzeme Sempozyumunda sunuldu, Denizli.
- Çakır, C. M. (2000). *Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri*. Bursa/Türkiye: Vipaş A.Ş., 223–230.
- Çakır, C. M. (2006). *Modern Talaşlı İmalatın Esasları*. Ankara/Türkiye: Nobel Yayın Dağıtım, 67–79.
- Çakmak, İ. (2013). *Frezeleme İşleminde Takım Talaş Kırıcı Formunun Yüzey Pürüzlülüğü Ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çetin, M., Bilgin, M., Ulaş, H. B. and Tandiroğlu, A. (2011). Kaplamasız Sermet Takımla AISI 6150 Çeliğinin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 168-176.
- Çiftçi, İ., Türker, M. and Şeker, U. (2004). Evaluation of Tool Wear When Machining SiC_p-reinforced Al-2014 Alloy Matrix Composites. *Materials&Design*, 25(3), 251-255.

- Dabade, U. A., Joshi, S. S. and Ramakrishnan, N. (2003). Analysis of Surface Roughness and Chip Cross-Sectional Area When Machining With Self-Propelled Round Inserts Milling Cutter. *Journal of Materials Processing Technology*, 132, 305-312.
- Davim, J. P. and Figueira, L. (2006). Machinability Evaluation In Hard Turning of Cold Work Tool Steel (D2) with Ceramic Tools Using Statistical Techniques. *Materials and Design*, 28, 1186–1191.
- Demirayak, İ. (2006). *Kesme Parametreleri ve Kaplama Tabakasının Talaş Kaldırma İşlemine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Domaç, H. (2011). *Frezeleme İşleminde Kesici Uç Yarıçapı ve Uç Geometrisinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dursun, M. (2007). *Titanyum ve Inconel 718 Malzemelerinin Frezelenmesinde Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğününün Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Ezugwu, E. O. and Okeke, C. I. (2001). Tool Life and Wear Mechanisms of TiN Coated Tools in an Intermittent Cutting Operation. *Journal of Materials Processing Technology*, 116(1), 10- 15.
- Franco, P., Estrems, M. and Fuara, F. (2004). Influence of Radial and Axial Runouts on Surface Roughness in Face Milling with Round Insert Cutting Tools. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44, 1555–1565.
- Gezgin, A. (2007). *Prizmatik Parçaların Frezelenmesi Esnasında, Kesici Uç Sayısının Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ghani, A. K., and Choudhury, L. A. (2002). Study of Tool Life Surface Roughness and Vibration in Machining Nodular Cast Iron with Ceramic Tool. *Journal of Materials Processing Technology*, 127(1), 17-22.
- Ghani, J. A., Choudhury, A. and 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, 1062–1066.
- Gökkaya, H., Sur, G. ve Dilipak, H. (2006). Kaplamasız Sementit Karbür Kesici Takım ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 59–64.
- Groover, M. P. (1996). *Fundamentals of Modern Manufacturing – Materials, Processes and Systems*, New Jersey/ABD: Prentice-Hall Inc..
- Gu, J., Barber, G., Tung, S. and Gu, R. (1999). Tool Life and Wear Mechanism of Uncoated and Coated Milling Inserts. *Wear*, 225–229, 273–284.

Gülmez, S. (2003). *Bor Alaşımli Çeliklerin Alın Frezelenmesinde Kesme Kuvvetlerinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Günay, M., Kaçal, A. and Turgut, Y. (2010). Optimization of Machining Parameters in Milling of Ti-6Al-4V Alloy Using Taguchi Method. *Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 6(1), 428-440.

Habalı, K. (2003). *Kesici Takım Kaplama Malzemesinin Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 83–104.

Hartomacıoğlu, S. (2011). *Serbest Şekilli Yüzeylerin İşlenmesinde Kesici Takım Geometrisinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Şekil Hatasına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hayajneh, M., Tahat, M. S. and Bluhm, J. (2007). A Study of the Effects of Machining Parameters on the Surface Roughness in the End-Milling Process. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 1 (1), 1-5.

Hüseyinoğlu, M. ve Tosun, N. (2009, 13-15 Mayıs). *7075 Al Alaşımının Frezelenmesinde Minimum Soğutma Sıvısının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi*, 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.

Işık, Y. (2006). Investigating and Machinability of Tool Steel in Turning Operations. *Materials and Design*, 116, 25-33.

İnternet: Sandvik Coromant. Wear on Cutting Edges. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.sandvik.coromant.com%2Fen-gb%2Fknowledge%2Fmaterials%2Fcutting_tool_materials%2Fwear_on_cutting_edges%2Fpages%2Fdefault.aspx&date=2015-04-04, Son Erişim Tarihi: 04.04.2015.

İnternet: Titanit. TiN Kaplama Özellikleri. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.titanit.com.tr%2Ftin.asp&date=2015-04-04> Son Erişim Tarihi: 04.04.2015.

İnternet: Titanit. Zafir Kaplama Özellikleri. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.titanit.com.tr%2Fzafir.asp&date=2015-04-04> Son Erişim Tarihi: 04.04.2015.

İnternet: Woolhead, Stephen; Corteil, Brian; Borowski, Uwe; Osborn, Paul. CNC Model Mill. Makespace. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwiki.makespace.org%2FFile%3AClimb_Conv1.JPG&date=2015-04-04 Son Erişim Tarihi: 04.04.2015.

İnternet: Yavuz, M. Talaşlı İmalatta Kullanılan Kesici Takımlar. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cadcamsektoru.com>

[%2Fmakaleler%2FTalasli-imalatta-Kullanilan-Kesici-Takimler-9949.htm&date=2015-04-04](#), Son Erişim Tarihi: 04.04.2015.

- İpekçioğlu, N. (1984). *Frezecilik*. İstanbul/Türkiye: Milli Eğitim Basımevi, 1–3.
- Jawaid, A., Sharif, S. and Koksall, S. (2000). Evaluation of Wear Mechanisms of Coated Carbide Tools When Face Milling Titanium Alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 99, 266–274.
- Kadrigama, K., Noor, M. M., Rahman, M. M. and Mohammad, B. (2009). Experimental and Numerical Study of Cutting Force in End-Milling Operation Using Statistical Method. *12th Cirp Conference on Modelling of Machining Operations*, Spain.
- Kalpakkian, S. (1991). *Manufacturing Process for Engineering Materials*, New York/USA: Addison-Wesley, 120-121.
- Kara, V. (2012). *Taguchi Metodu Yardımıyla, GS 24Mn5 N Malzemenin Frezeleme Operasyonunda, İşleme Parametrelerinin Yüzey Kalitesine Etkisinin Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Kim, S. W., Lee, D. W., Kang, M. C. and Kim, J. S. (2001). Evaluation of Machinability by Cutting Environments in High-speed Milling of Difficult- to-cut Materials. *Journal of Materials Processing Technology*, 111(1-3), 256–260.
- Koca, S., Oral, A. ve Çakır, C. (2012, 04-05 Ekim). *55 HRC Sertliğinde Isıl İşlem Görmüş DIN 1.2344 ESR Kalıp Çeliğinin Yüksek İlerleme İle Frezelenmesinde Takım Aşınması-Kesme Parametreleri İlişkisinin İncelenmesi*. 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumunda sunuldu, Ankara.
- Korkut, İ. and Dönertaş, M. A. (2007). The Influence of Feed Rate and Cutting Speed on The Cutting Forces, Surface Roughness and Tool-chip Contact Length During Face Milling. *Materials and Design*, 28(1), 308–312.
- Korkut, İ. ve Dönertaş, M. A. (2003). Kesme Parametrelerinin Frezelemede Oluşan Kesme Kuvvetleri Üzerine Etkileri. *Politeknik Dergisi*, 6(1), 385-389.
- Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi, İ. and Şeker, U. (2004). Determination of Optimum Cutting Parameters During Machining of AISI 304 Austenitic Stainless Steel. *Materials and Design*, 25(4), 303–305.
- Krajnik, P. and Kopac, J. (2004). Modern Machining of Die and Mold Tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 157-158, 543-552.
- Lacalle, L. N., Lopez de Perez, J., Llorente, J. I. and Sanchez, J. A. (2000). Advanced Cutting Conditions For The Milling of Aeronautical Alloys. *Journal of Materials Processing Technology* 100(1-3), 1–11.

- Liu, Z. Q., Ai, X., Zhang, H., Wang, Z. T. and Wan, Y. (2002). Wear Patterns and Mechanisms of Cutting Tools in High-speed Face Milling. *Journal of Materials Processing Technology*, 129(1-3), 222–226.
- Mendi, F. (1996). *Takım Tezgahları Teori ve Hesapları*, Ankara/Türkiye: Gazi Kitabevi, 21-88.
- Mitsubishi Materials Corporation. (2005). *Turning Tools, Rotating Tools, Tooling Solutions*, Tokyo.
- Motorcu, A. R. (2001). *BSD Freze Tezgahlarında Optimum Zaman, Maliyet ve Kalite Açısından Üretim İçin Bir Bilgisayar Programı Hazırlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 68–70.
- Nas, E. (2008). *Frezeleme İşleminde Kesici Uç Sayısının Titreşim Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi*, Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Nordin, M., Sundström, R., Selinder, T. I. and Hogmark, S. (2000). Wear and Failure Mechanisms of Multilayered PVD TiN/TaN Coated Tools When Milling Austenitic Stainless Steel. *Surface and Coatings Technology*, 133–134, 240–246.
- Özçelik, B., Kuram, E. ve Sert, A. (2011). Düzlem Yüzey Frezelemede Takım Tutucuları ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1), 1-13.
- Özdemir, U. ve Erten, M. (2003). Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarını Azaltma Yöntemleri. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1(1), 37-50.
- Özses, B. (2002). Bilgisayarlı Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(1), 59-75.
- Sai, W. B., Salah, N. B. and Lebrun, J. L. (2001). Influence of Machining by Finishing Milling on Surface Characteristics. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 41(3), 443–450.
- Seco Machining Navigator. (2004). *Jabro Book*, Sweden.
- Seymen, Y. (2009). *Alüminyumun (Al7075) Elmas Benzeri Karbon (DLC) Kaplanmış Parmak Freze ile İşlenmesinin Deneysel İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shaw, M. C. (1989). *Metal Cutting Principles*. London/England: Oxford University Press.
- Süzgünoğlu, M. ve Kayır, Y. (2012, 04-05 Ekim). *DIN 1.2311 ve 1.2738 kalıp çeliklerinin işlenebilirliği*, 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumunda sunuldu, Ankara.

- Şahin, N. (2012). *Kalıp Çeliklerinin Freze Tezgahında İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin, Takım Talaş Ara Yüzey Sıcaklığı, Kesme Kuvveti ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, Y. (2000). *Talaş Kaldırma Prensipleri I*. Ankara/Türkiye: Nobel Yayınevi.
- Şahin, Y. (2001). *Talaş Kaldırma Prensipleri II*. Ankara/Türkiye: Nobel Yayınevi.
- Şahin, Y. (2003). *İmal Usulleri*. Ankara/Türkiye: Gazi Yayınevi, 269-280.
- Şirin, E., Turgut, Y. ve Korkut, İ. (2012). Farklı Sertlikteki AISI D2 Soğuk İş Takım Çeliğinin Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Takım Aşınmasına Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 15(1), 9-14.
- Tomas, V., Jozef, P., Mario, K. and Ivan, B. (2014). The Wear Measurement Process of Ball Nose end Mill in the Copy Milling Operations. *Procedia Engineering*, 69, 1038-1047.
- Tütünsatar, E. (2010). *Mikro Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Ucun, İ., Aslantaş, K. ve Bedir, F. (2010). Inconel 718 Süper Alaşımının İşlenmesinde Kaplanmış Mikro Takımların Aşınma Davranışları ve Performans Analizi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(4), 47-55.
- Uysal, A. ve Altan, E. (2013). Kesici Ağzı Yuvarlatılmış Aşınmış Takımlarla Ortogonal Talaş Kaldırmada Kesme Kuvvetlerinin Deneysel İncelenmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 31, 350-362.
- Yalçın, Ü., Korkut, İ. and Kuş, A. (2009). Inconel 718 Süper Alaşımının CVD Kaplamalı Kesici Takım ile Yüzey Frezelemesinde, Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Int.J.Eng.Research & Development*, 1(2), 67-70.
- Yelbey, İ. ve Yelbey, B. (2002). *Kalıp Konstrüksiyonu ve Kalıp Yapımı*. Bursa/Türkiye: Yazar Yayınevi.
- Yılmaz, V. (2009). *Frezeleme Uygulamalarında İşleme Parametrelerinin Sebep Olduğu Titreşimlerin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

EKLER

Ek-1. X38CrMo16 kalite plastik kalıp çeliği malzeme sertifikası

ABNAHMEPRUFZEUGNIS

DOKUMENT KONTROLY

MILL'S INSPECTION CERTIFICATE

DOKUMENT DE CONTRÔLE

POLDI
Hütte s.r.o.Prüf-Nr.
Atest č.
Inspection No. **11108274**No.
Certificat No.
Bestellung Nr.-Objednávka č.-Order No.
Nu de la Comanda
70

Besteller-Zákazník-Customer-Acheteur

EN 10204/3.1.

BIRLESİK METAL

Kom.Nr. 600061011

DP 600061011/2

Prüfgegenstand-Zkoušený výrobek-Article-Produit

Forged flat steel**430x300 mm****1159456**

Werkstoff-Materiál-Material-Matíe-Entsprechend-Odpoovídá-According to-Suivant-Ausgabe-Vydání-Edition

X38CrMo16W.Nr. **1.2316****EN ISO 4957:99**Lieferzustand-Dodávaný stav-State of delivery-Etat de livraison **quenched and tempered**

black

Erschmelzungsart-Výrobní způsob-Miningprocess-Procédé d'élaboration **electric steel****ingots**

Giesserei-Zbůsob odlévání-Casting method-Méthode de coulée

ingots

UMFANG DER LIEFERUNG-ROZSAH DODÁVKY-EXTENT OF MATERIAL DELIVERY-LISTE DESCRIPTIVE

Gegenstand-Předmět-Article-Désignation produkt	Schmelze Nr.-Číslo tavy-Heat No-No coulée	Stückzahl-Počet Number of-Qté (Quantité)	Gewicht-Váha kg- Delivered-Fourni	Probe Nr.-Číslo zkoušky- Test No-No d'éprouvette
430x300	1790 - 2520	20371	4220	
2				
3				
4				

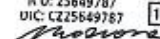
ERGEBNISSE DER SCHMELZPRÜFNUGEN-CHEMICKÉ SLOŽENÍ TAVBY-CHEMICAL COMPOSITION OF THE HEAT-COMPOSITION CHIMIQUE DE LA COULÉE

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni					
20371	0,35	0,66	0,28	0,023	0,012	16,82	0,89	0,44					

ABNAHMEPRÜFUNGEN-PREJIMACI ZKOUSKY-INSPECTION TESTS-ESSAI DE RECEPTION

	1	2	3	4	Verformungsgrad - Stupeň protváření - Forging ratio
Probe Nr.-č. zkoušky-Tests No-No de l'éprouvette					0,00
100% Ultrasonic teste SED 1021R4	20371				
Hladká Tvrdość Hardness Durezza	HR	292 292			
Probenentnahme-Richtung- Směr odběru Specimen-direction-Prélevement					
Prüftemperatur-Teplota zkoušení Test temperature-Température d'essai	°C				
Streck-Dehngrenze-Mez kluzu Yield strength-Limite d'élasticité (Rp0,2)	MPa				
Zugfestigkeit-Pevnost v tahu-tensile strength-Résistance à traction (Rm)	MPa				
Bruchdehnung-Protlačení-Elongation- Allongement (A5)	%				
Bruchseinschnürung-Zúžení-Contraction- Reduction of area (Z)	%				
Kerbschlagzähigkeit-Résilience-Impact strength-Úroveň houževnatosti (Kv J)	J				

100% inspected for surface defects.

POLDI Hütte s.r.o.
Prunystová 1343, 272 62 Kladno
IČO: 25649787
UIC: CZ25649787Ort-Místo-Location-Lieu
KladnoDate-Datum-Data
24.11.2011Der Werkssachverständige-Odpovědný pracovník
Inspector-Expert MOSROVA

Ek-2. Deneylerde kullanılan CNC kodları

O0001;
G90 G54;
G00 X-5;
Y-1.;
G00 Z50.;
S3980 M03.;
G00 Z5.;
G01 Z0. F796.
Z-0.4;
M98 P0580002;
G90;
G00 Z100.
G91 G28 Z0.;
M30;

Alt Program:

O0002;
G91
G01 Y0.4;
X90.;
Y0.4;
X-90.;
M99;

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SÖZER, Lütfi
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 30.09.1988, Konya
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (506) 9629001
Faks :
E-Posta : lutfisozer@gmail.com



Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Makina Eğitimi	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi/Talaşlı Üretim Öğrt.	2011
Lise	Meram Anadolu Teknik Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2011-2014	Cetek Makina İML. İTH. İHR. SAN. TİC.	Kalite Kontrol

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

-

Hobiler

Radyo Tiyatrosu, Seyahat Etmek, Yemek Yapmak



GAZİ GELECEKTİR..