

**Ç 8640 ÇELİĞİNİN FREZELENMESİNDE
HELİS AÇISININ İŞLENEBİLİRLİK
KRİTERLERİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Ahmet ÖNDER

**Ç 8640 ÇELİĞİNİN FREZELENMESİNDE HELİS AÇISININ
İŞLENEBİLİRLİK KRİTERLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Ahmet ÖNDER

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2014**

Ahmet ÖNDER tarafından hazırlanan “Ç 8640 ÇELİĞİNİN FREZELENMESİNDE HELİS AÇISININ İŞLENEBİLİRLİK KRİTERLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.17/01/2014

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



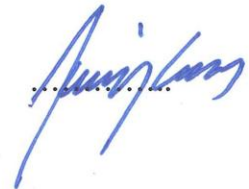
Üye : Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Mustafa GÜNAY (KBÜ)

...../...../2016

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

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü





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

Ahmet ÖNDER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Ç 8640 ÇELİĞİNİN FREZELENMESİNDE HELİS AÇISININ İŞLENEBİLİRLİK KRİTERLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ahmet ÖNDER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Ocak 2014, 72 sayfa

Bu çalışmada, Ç 8640 çeliğinin frezelenmesinde helis açısının ve kesme hızının işlenebilirlik kriterlerine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Kesici takım helis açısı ve kesme hızının kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Deneysel olarak, 10 mm çapında 4 ağızlı 35° ve 45° helis açılına sahip iki farklı geometride kaplamalı karbür parmak freze kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak 4 farklı kesme hızı (50- 60-70-80 m/dk) kullanılmıştır. İlerleme değeri (0,1 mm/diş) ve kesme derinliği (1 mm) sabit tutulmuştur. Kesme kuvvetleri dinamometre yardımıyla ölçülürken yüzey pürüzlülüğü ölçümü için yüzey pürüzlülük cihazı, takım aşınması için de hassas ölçüm yapabilen bir takım mikroskobu kullanılmıştır. Deneysel sonuçlarda kesici takımda oluşan aşınma miktarı, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. En düşük kesme hızında en yüksek yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Düşük helis açısına sahip

kesici takımında daha az aşınma gerçekleşmiştir. Ayrıca, düşük helis açısına sahip kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri daha düşük olmuştur.

Anahtar Sözcükler : frezeleme, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, helis açısı.

Bilim Kodu : 708.3.028



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

AN INVESTIGATION INTO THE EFFECT OF HELIX ANGLE ON MACHINABILITY CRITERIA WHEN MACHINING AISI 8640 STEEL

Ahmet ÖNDER

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

January 2014, 72 pages

In this study, the influence of helix angle and cutting speed on cutting force, surface roughness and tool wear was investigated experimentally when end milling of AISI 8640 steel. Two different coated carbide end mills of 10 mm diameter having 35° and 45° helix angles were used as the cutting tools. Both the end mills had 4 flutes. End milling tests were carried out at 4 different cutting speeds (50, 60, 70 and 80 m/min). Feed rate and depth of cut were kept constant at (0.1 mm/tooth) and 1 mm, respectively. Cutting forces were measured using a dynamometer and a surface roughness measuring device was used to measure surface roughness. To measure tool wear, a toolmaker's microscope was used. The lowest cutting speed led to the highest surface roughness. Low helix angle resulted in lower tool wear. In addition, low helix angle also resulted in lower surface roughness values.

Key Words : Milling, tool wear, surface roughness, Helix angle.

Science Code : 708.3.028



TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ'ye, tecrübelerinden faydalandığım değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ ve Arő. Gör. Dr. Gültekin UZUN'a deneysel çalıőmalarımda katkı sağlayan değerli arkadaşlarım Uzman Selçuk YAĞMUR, Emre AY, Öğr. Gör. Ramazan ÇAKIROĞLU, Yusuf SİYAMBAŐ, Murat ÖZKAN'a ve maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailem ve Eőim Hülya ÖNDER'e teşekkür ederim.

Ayrıca 11/2-YL-010No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı'na da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. YAPILAN ÇALIŞMALAR	3
BÖLÜM 3	13
FREZELEME.....	14
3.1. FREZELEME.....	14
3.1.1. Frezeleme İşleminde Talas Kaldırma	14
3.1.1.1. Alın Frezeleme Yöntemi.....	16
3.1.1.2. Simetrik Frezeleme Yöntemi	16
3.1.1.3. Asimetrik Frezeleme Yöntemi.....	17
3.1.1.4. Çevresel Frezeleme Yöntemi.....	18
3.1.2. Aynı Yönlü Frezeleme.....	18
3.1.3. Zıt Yönlü Frezeleme	19
3.1.4. Frezelemede Kesme Hızı, İlerleme Hızı Ve Talas Derinliği.....	21
3.1.4.1. Frezelemede Kesme Hızı	21

	<u>Sayfa</u>
3.1.4.2. Frezelemede İlerleme Hızı.....	23
3.1.4.3. Frezelemede Kesme Derinliği.....	23
3.1.5. Frezeleme İşlemleri Ve Kullanılan Kesici Takımlar	24
3.1.5.1. Parmak Frezeler	25
3.1.6. Parmak Freze Etki Eden Kuvvetler.....	31
3.1.7. Parmak Frezede Takım Aşınması.....	33
3.1.7.1. Parmak Frezede Takım Aşınmasının Ölçüm Standardı.....	35
3.2. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	38
3.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü	38
3.2.1.1. Yüzey Yapısının Özellikleri	39
3.2.1.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar	40
3.2.1.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	40
3.2.1.4. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri	40
BÖLÜM 4	44
ÇELİKLER	42
4.1. ÇELİKLERİN GENEL TANIMI.....	44
4.2. ÇELİKLERİN KULLANIM YERLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI	44
4.2.1. Takım Çelikleri.....	44
4.2.2. Otomat Çelikleri	46
4.2.3. Yay Çelikleri.....	46
4.2.4. İmalat Çelikleri	46
4.2.5. Sementasyon Çelikleri.....	47
4.2.6. Paslanmaz Çelikler	47
4.2.7. Islah Çelikleri.....	47
4.3. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ	51
4.3.1. Karbon	51
4.3.2. Mangan	51
4.3.3. Silisyum	51
4.3.4. Fosfor.....	52
4.3.5. Kükürt.....	52

	<u>Sayfa</u>
4.3.6. Krom	52
4.3.7. Nikel.....	52
4.3.8. Molibden.....	53
4.3.9. Vanadyum.....	53
4.3.10. Volfram.....	53
4.3.11. Azot.....	53
BÖLÜM 5	54
MATERYAL VE METOT	54
5.1. DENEY MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ.....	54
5.2. DENEYLERDE KULLANILAN CİHAZ VE DONANIMLAR.....	56
5.3. DENEYLERDE KULLANILAN KESİCİ TAKIM VE KESME PARAMETRELERİ.....	57
5.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ	57
5.5. KESME KUVVETİNİN ÖLÇÜLMESİ.....	58
5.6. TAKIM AŞINMASININ ÖLÇÜLMESİ.....	59
BÖLÜM 6	60
DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	60
6.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ.....	60
6.2. KESME KUVVETİ.....	61
6.3. KESİCİ TAKIM AŞINMASI.....	64
BÖLÜM 7	66
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Kesici uçların tutucuya yerleştirilmesi .	16
Şekil 3.2. Simetrik alın frezelemenin gösterilisi.	17
Şekil 3.3. Asimetrik frezelemenin gösterilisi.	18
Şekil 3.4. Aynı yönlü çevresel frezelemenin gösterilisi.	19
Şekil 3.5. Zıt yönlü frezelemenin gösterilisi.	20
Şekil 3.6. Frezeleme işlemlerinde kullanılan çeşitli kesici takımları.	24
Şekil 3.7. Parmak freze ve elemanları.	25
Şekil 3.8. Çeşitli parmak frezeler.	27
Şekil 3.9. Çeşitli parmak frezelerin özellikleri ve kullanıldıkları yerler.	28
Şekil 3.10. Frezelemede üç önemli faktör .	28
Şekil 3.11. Kullanıldıkları yerlere göre parmak frezeler .	29
Şekil 3.12. Yan duvar ve fatura işlenmesi.	29
Şekil 3.13. Kanal işlenmesi.	30
Şekil 3.14. Parmak frezenin seçimi.	31
Şekil 3.15. Kesici takım ucuna etki eden kuvvetler.	32
Şekil 3.16. Parmak freze ile talaş kaldırma işleminin geometrik yapısı.	33
Şekil 3.17. Parmak frezelerdeki aşınma biçimleri.	35
Şekil 3.18. Düzenli yan yüzey aşınması (VB 1).	36
Şekil 3.19. Düzenli olmayan yan yüzey aşınması (VB 2).	36
Şekil 3.20. Bölgesel yan yüzey aşınması (VB 3).	37
Şekil 3.21. Krater aşınması (KT 1) .	37
Şekil 3.22. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri.	39
Şekil 3.23. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu.	41
Şekil 3.24. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi.	41
Şekil 3.25. Profil ve genlik dağılım eğrisi.	43
Şekil 5.1. İş parçasının boyutları.	54
Şekil 5.2. Kesici takım ilerleme ve dönme yönü	55
Şekil 5.3. Deney düzeneğinin fotografik gösterimi	55

	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.4. Deney düzeneğinin şematik gösterimi	57
Şekil 5.5. Zamana bağlı kuvvet değişimleri	58
Şekil 5.6. Takım mikroskobu	59
Şekil 6.1. Yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına bağlı değişimi	61
Şekil 6.2. Kesme kuvvetinin kesme hızına bağlı değişimi.....	63
Şekil 6.3. Aşınma miktarının talaş hacmine bağlı değişimi.....	64
Şekil 6.4. Kesici takımlarda oluşan aşınmalar	63



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Çelikler ve bazı kullanım alanları	49
Çizelge 5.1. Ç8640 çelik malzemenin kimyasal bileşimi	54
Çizelge 5.2. Deneyleerde kullanılan cihaz ve donanım özellikleri.....	56
Çizelge 5.3. Kesme şartları	57
Çizelge 5.4. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.....	58
Çizelge 6.1. Yüzey pürüzlülük değerleri.....	60
Çizelge 6.2. Kesme kuvveti ortalama değerleri	62

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

μm : Mikrometre

b : İş parçasının genişliği

D_c : Takım çapı

d_s : Talaş kalınlığı

f : İlerleme hızı

f_n : Devir başına ilerleme miktarı

f_z : Diş başına ilerleme miktarı

f_r : Radyal kuvvet

f_z : Teğetsel kuvvet

hm : Ortalama talaş kalınlığı

L : Örnekleme uzunluğu

min : Dakika

N : Devir sayısı

r : Takım uç radyüsü

R_a : Ortalama yüzey pürüzlülük değeri

R_p : Pürüzlülüğün düzeltilmiş derinliği

R_{sk} : Genlik dağılım eğrisi

R_t : Pürüzlülük derinliği

V_c : Kesme hızı

V_f : Tabla ilerlemesi

w : Talaş genişliği,

z : Frezenin kesici diş sayısı, adet

γ : Talaş açısı

η : İş parçası ile kesici takım arasındaki sürtünme açısı

τ : İş parçasının kayma gerilmesi

ϕ : Kesme açısı

KISALTMALAR

- AISI : American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)
- Al : Alüminyum
- AlN : Alüminyum Nitrür
- ANSI : American National Standards Institute (Amerika Milli Standartlar Enstitüsü)
- BUE : Built-Up Edge (Yığıntı Talaş)
- C : Karbon
- CIRP : International Institution for Production Engineering Research (Uluslararası Üretim Araştırmaları Mühendisliği Enstitüsü)
- CNC : Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol)
- Cr : Krom
- CVD : Chemical Vapor Deposition (Kimyasal Buhar Biriktirme)
- DIN : German Institute for Standardization (Alman Standard Enstitüsü)
- HRc : Rockwell-C Sertlik Birimi
- HSS : High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
- ISO : International Standard Organization (Uluslararası Standard Organizasyonu)
- PCBN : Kristalize Kübik Bor Nitrat
- PCD : Polycrystalline Diamond (Çok Kristalli Elmas)
- PVD : Physical Vapor Deposition (Fiziksel Buhar Biriktirme)
- SEM : Scanning Electron Microscope (Tarama Elektron Mikroskobu)
- TiAlN : Titanyum Alüminyum Nitrür
- TiC : Titanyum Karbür
- TiCN : Titanyum Karbonitrür
- TiN : Titanyum Nitrür
- TS : Türk Standardı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İmalatta kaliteli imalat, minimum zaman ve maliyet prensipleri rekabeti etkileyen en önemli üç faktördür. Bu faktörleri tatmin etmek için imalat hızlarının artırılması gündeme gelmiştir. Bu da ancak teknolojinin imalat süreçlerinde etkin kullanımı, talaşlı imalatta talaş kaldırma işlemlerinde istenilen yüzey kalitesinin elde edilebilmesi işleme parametrelerinin optimize edilmesi ile mümkündür. Malzeme, parça geometrisine bağlı olarak kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği ve açısı, kullanılacak kesici takımın cinsi, malzemesi ve geometrisine bağlı olarak hesaplanan işleme maliyetinin tespitinde aşağıdaki parametrelerin önemli bir etkisi vardır.

1. Kesme kuvvetleri
2. Kesici takım aşınması
3. Yüzey pürüzlülüğü
4. Sıcaklık

Talaşlı imalatta alanında yürütülen bilimsel çalışmalarda kesici takımlar, kesme ve ilerleme hızları, takım geometrisi ve soğutma sıvıları için kullanılacak parametre değerleri önemli çalışma alanları olarak dikkat çekmektedir. Çünkü bu parametreler metallerin işlenebilirliği üzerinde belirleyicidir [1].

Talaş kaldırma teorisi, kesme kuvvetleri ve sıcaklığın ölçülmesi, işlenebilirlik, ekonomiklik, kesme sıvısı uygulamaları gibi pek çok alanda araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda kesici takımlar, kesme hızları, ilerleme hızları, takım geometrisi ve soğutma sıvıları için kullanılacak parametre değerleri geliştirilmiş ve bu gelişmeler metallerin ekonomik işlenebilirliğine önemli katkıda bulunmuştur. Ancak halen takım geometrisi, takım ömrü, yüzey kalitesi gibi alanlarda pek çok çalışma yapılıyor ve yapılması da gerekmektedir [2].

Bu çalışmada, farklı kesme parametrelerinde iki farklı kesici takım kullanılarak Ç 8640 çeliğinin frezelenmesinde oluşan kesme kuvvetleri, işleme sonrası iş parçasının yüzey pürüzlülük değerleri ve kesici takımlarda oluşan aşınmalar incelenmiştir. Kesici takım olarak iki farklı helis açısına sahip kaplamalı karbür parmak freze kullanılmıştır. İşleme parametrelerinin belirlenmesinde kesici takım firmasının tavsiye ettiği değerler dikkate alınarak belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti için her bir takıma 4 farklı kesme hızı ve sabit bir ilerleme hızı belirlenerek yapılmıştır. Kesici takım aşınması için sabit bir kesme hızı sabit bir ilerleme hızı ve aşınma sonucunun sağlıklı elde edilebilmesi için uygun bir değere sabitlenmiştir. Belirlenen parametreler sonucunda yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti, aşınma değerleri tablo ve grafiklerle ifade edilerek yorumlanmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, bu tez çalışmasına ait kaynaklar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Literatür araştırmasında yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti, parmak freze ve takım aşınması ile ilgili yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Şirin, yaptığı çalışmada, ısıtılma işlemine tabi tutulmuş farklı sertliklerdeki AISI D2 soğuk iş takım çeliğini CNC dik işleme merkezinde simetrik alın frezeleme işlemine tabi tutarak kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerini incelemiştir. Çalışmada $TiAl+Al_2O_3+ZrN$ kaplanmış karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kaplamada PVD yöntemi kullanılmıştır. Deneysel (70 - 90 - 110 - 130 m/dk) kesme hızları, (0,05 - 0,1- 0,15 mm/diş) ilerleme miktarları alınmıştır. Kesme derinliği kuru şartlarda 0,5 mm olarak belirlenmiştir. 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. Çalışmada yüzey pürüzlülüğü üzerinde en tesir parametrelerin takım geometrisi, ilerleme değeri ve kesme hızı olduğu belirlenmiştir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri 0,098 μm olarak tespit edilmiştir. Kesici takımlarda kayda değer bir takım aşınma görülmemiştir [3].

Ghani vd. yaptıkları çalışmada, yüksek kesme hızlarında P10 kalitesinde TiN kaplamalı karbür ve P20 kalitesindeki kaplamasız sermet takım kullanılarak AISI H13 takım çeliğini freze tezgâhında işlemişlerdir. Her iki takım için de yüksek kesme hızlarında çentik aşınmasının olduğu rapor edilmiştir. Demir (Fe), Mangan (Mn) ve Vanadyum (V) gibi iş parçası elementlerinin aşınma alanına difüzyon olduğu EDAX

analizlerinde gösterilmiştir. Ayrıca, P10 için 280 m/dk kesme hızı, 0,16 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,3 mm talaş derinliği ile P20 için 224 m/dk kesme hızı, 0,1mm/diş ilerleme miktarı ve 0,3 mm talaş derinliğinde en iyi takım ömrü değerine ulaşılmıştır [4].

Çiftçi, yaptığı çalışmada, mikro alaşımlı çeliklerden 38MnSiVS5 kullanmıştır. Simetrik düzlem yüzey frezeleme yöntemi ile talaş kaldırma işlemi, PVD kaplamalı karbür kesicilerle yapılmıştır. Deneylerde Taksan marka dijital eksen göstergeleri bulunan üniversal freze tezgâhı, 63 mm çapında kesici ağız sayısı 8 olan kesici takım, KISTLER marka 5011B tipi kuvvet dinamometresi ve Mitutoyo firmasının ürettiği SurfTest 211 yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır. 38MnSiVS5 mikroalaşımlı çeliğin işlenebilirliği için düzlem yüzey simetrik frezeleme işlemleri kesme derinliği (0,4 - 0,6 - 0,8 ve 1 mm), ilerleme hızı (160, 200, 250 ve 315 mm/dk) ve kesme hızı (70 - 90 - 100 - 140 m/dk) alınarak gerçekleştirilmiştir. Kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen kesme kuvvetleri (F_x , F_y ve F_z) ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a), elde edilen deney verileri grafiklere dönüştürülerek meydana gelen değişimler, kesme hızının artmasıyla ortalama yüzey pürüzlüğünde iyileşme olduğu, ilerleme hızı arttırıldığında, ortalama yüzey pürüzlüğünün artmış olduğu ve kesme derinliği arttırıldığında, ortalama yüzey pürüzlüğünün çok az bir miktarda artmış olduğu gözlemlenmiştir [5].

Koshy vd. sertliği 58 HRC AISI D2 soğuk iş takım çeliğini parmak freze ile işleyerek elde edilen yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir. Kullandıkları kesici takım PCBN parmak freze ve TiCN ve Al_2O_3 kaplamalı küresel uçlu parmak frezedir. Kesme hızını 200 m/dk ve kesme derinliğini 10 mm olarak almışlardır. Elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kaplamalı kesici takım ile 1-6 μm ve PCBN kesici ile 0,1-0,2 μm 'dir [6].

Ekmen, yaptığı çalışmada, CNC freze tezgâhında 90° yanal frezeleme de takım helis açısı ve bağlama yüksekliğinin, titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Deneylerde iş parçası olarak AISI 1040 çeliği ve GG30 malzemesi kullanılırken kesici takım olarak 20 mm çapında ve helis açıları (20°, 30°, 40°) olan HSS parmak freze çakıları kullanmıştır. Deneyler üç farklı kesme hızı (15 - 20 - 25 m/dk), üç

farklı talaş derinliğinde (0,5 – 1 - 1,5 mm) ve temas yüksekliğinde (10 – 20 – 30 mm), freze çakısı 70 mm uzunluğunda bağlanarak işlem yapmıştır. Bu parametrelere bağlı olarak frezeleme esnasında oluşan titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçmüştür. Sonuç olarak kesicinin helis açısı arttığında titreşim değerinin önemli miktarda azaldığı ve titreşimin yüzey pürüzlülük üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir [7].

Mansour vd. yapmış oldukları deneysel çalışmada; karbon alaşımlı bir çelik malzemenin düz frezeleme metoduyla işlenmesi için tahmini bir pürüzlülük modeli geliştirmişlerdir. Toplam 24 deney, tahmini pürüzlülük modelinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Model oluşturulurken kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi parametreler seçilmiştir. Pürüzlülük için RSM yöntemi, deneylerin tasarımına göre kullanılmıştır. Matlab programı yardımıyla, elde edilen sonuçlara göre; 0,6 mm'lik kesme derinliği ve 0,45 µm yüzey pürüzlülüğünde, 1,4 mm³/dk'lık malzeme kaldırma oranı bulunmuştur [8].

Nas, yaptığı çalışmada, AISI 1050 çelik malzemeyi kaplanmış karbür kesici takımlar kullanılarak alın frezeleme işlemine tabi tutmuştur. Alın frezeleme deneyleri beş farklı kesme hızında (60-90-120-150-180 m/dk), üç farklı talaş derinliğinde (1-2-3 mm) ve üç farklı ilerlemede (0,5-0,1-0,15 mm/devir) soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Alın freze çakısındaki kesici takım sayısının titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemek amacıyla deneylerde farklı sayılarda (1-2-3-6) 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 [9].

Toh'un yaptığı çalışmada, iş parçası olarak AISI H13 sıcak iş çeliği, takım olarak da TiAlN kaplamalı karbür parmak freze kullanılmıştır. Araştırma sırasında eş yönlü ve zıt yönlü işleme tekniklerinin etkileri de dikkate alınmıştır. Bu tekniklerin kuvvet bileşenleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve buna bağlı olarak da takım aşınması ve takım ömrü değerlendirilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, takım aşınmasının yavaş

bir şekilde gerçekeştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca bütün kesme derinliklerinde, frezeleme yöntemleri ile kesme kuvvetleri bileşkesi ve normal statik kuvvet F_y arasında yapılan karşılaştırmalar kesme kuvvetinin yüksek olması durumunda aynı yönlü ve zıt yönlü frezeleme işlemlerinin aynı sonuçları verdiği görülmüştür. Yapılan statik ve dinamik kuvvet analizlerinin sonuçları, kesme uzunluğuna dik kesme kuvvetinin, takım aşınması ve kesme koşulları üzerinde hassas bir değer olduğunu göstermiştir [10].

Hacıbektaşoğlu, parmak frezelerin bilenerak tekrar kullanılması ile ilgili deneysel araştırma yapmıştır. Deneyler CNC dik işleme merkezinde, AISI 1050 (C45) imalat çeliği üzerinden ilk kez kullanılmış olan iki farklı çapta ($\varnothing 5$ ve $\varnothing 8$ mm) HSS parmak freze ile talaş kaldırma işlemleri yapılmıştır. Aynı işlem AISI D2 (2080) soğuk iş takım çeliği üzerinden yine ilk kez kullanılmış olan iki farklı çapta ($\varnothing 5$ ve $\varnothing 8$ mm) karbür parmak freze ile yapılmıştır. Talaş kaldırma işlemleri, dört farklı kesme hızı (45 -56,25 – 72 - 90 m/dk), dört farklı ilerleme (0,025 - 0,03125 - 0,04 -0,05 mm/diş) ve dört farklı kesme derinliği (0,75 - 0,93 - 1,20 - 1,50 mm) ile yapılmıştır. Akabinde, kullanılan bu parmak frezeler bilenerak aynı tezgâhta, aynı parametrelerle aynı çelikler üzerinden talaş kaldırmaları sağlanıp ilk duruma göre performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmada, deney seti Taguchi L16 (4*3-2*1) ortogonal dizini temel alınarak hazırlanmıştır. Giriş parametreleri olarak kesme hızı ve derinliği, ilerleme miktarı ve kesici takım çapı belirlenirken, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma miktarı da çıkış parametreleri olarak belirlenmiştir. Deneyler sonucunda, çıkış parametrelerine göre, HSS ve karbür kesici takımların her ikisinde de bileme sonrası performanslarının azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, varyans analizi (ANOVA) ile giriş parametrelerinin çıkış parametreleri üzerindeki etkileri nicel olarak belirlenmiştir [11].

Seymen, yaptığı çalışmada DLC kaplamalı parmak frezelerin Al7075 malzemesinin soğutma sıvısı kullanmadan işlenmesindeki performanslarını deneysel olarak incelenmiştir. Frezeleme işleminde 10 mm çapında DLC kaplamalı parmak freze kullanıldığında en düşük pürüzlülük değeri iş parçasının düşey yüzeyinde 2200 dev/dk iş mili devrinde, 0,02 mm/dev ilerleme oranında, 4 mm radyal talaş derinliği ve 2 mm aksenal talaş derinliği değerlerinde elde edilmiştir. İş parçasının üst

yüzeyinde minimum yüzey pürüzlülüğü değeri ise 2200 dev/dk iş mili devrinde, 0.02 mm/dev ilerleme oranında, 4 mm radyal talaş derinliği ve 3 mm aksenal talaş derinliği değerlerinde elde edilmiştir. Çap değişikliklerinin yüzey pürüzlülüğüne tesirlerini elde edebilmek için, 10 mm ve 8 mm çaplı DLC kaplamalı parmak frezeler kullanılmıştır. Yüksek kesici takım hızlarında 10 mm çaplı parmak freze ile işlenen yüzeyin pürüzlülük değerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Talaş kaldırma işlemi Taguchi yöntemi ile optimize edilmiştir [12].

Şirin, yapmış olduğu çalışmada, alümina (Al_2O_3) seramik malzemenin işlenmesinde çok kristalli elmas (PCD) kesici takımların performansını test etmiştir. Deneyler, tornalama ve frezeleme yöntemleriyle yapılmıştır. Deney parametreleri tornalamada dört farklı kesme hızı (7,5 – 15 - 22,5 - 30 m/dk), tek ilerleme değeri (0,1 mm/dev) değeri ve kesme derinliğinde (0,5 mm) olarak seçilmiştir. Frezeleme deneyleri ise PCD kesici takımların yüksek maliyeti nedeniyle yalnızca iki farklı kesme hızında yapılabilmektedir. Çalışma sonunda malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri ve kesici takımda oluşan aşınma miktarları belirlenmiştir. Tornalama yöntemiyle yapılan işleme deneylerinde kabul edilebilir yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Ancak, frezeleme yönteminde yüzey pürüzlülük değeri bakımından kabul edilebilir sonuç alınamamıştır. Frezeleme işlemiyle elde edilen yüzeylerde kopmalar görülmüştür. Tornalama işleminde en düşük kesme hızında (7,5 m/dk) yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Kesici takımlarda düzenli yan yüzey aşınmaları tarama elektron mikroskobu (SEM) incelemelerinden görülmüştür [13].

Oktay, yapmış olduğu çalışmada, DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği malzemeden hazırlanan deney numunelerini tek ağızlı, değiştirilebilir uçlu, 12 mm çapında kesici takım kullanarak frezeleme işlemine tabi tutmuştur. Frezeleme deneyleri, beş farklı kesme hızı (75 – 100 – 125 – 150 - 200 m/dk), dört farklı ilerleme miktarı (0,04 -0,08 - 0,16 - 0,24 mm/diş), 0,6 mm sabit kesme derinliği ve 6 farklı yanal ilerleme (0,15 - 0,30 - 0,45 - 0,60 – 90 - 1,20 mm) değerleri kullanılarak soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Ayrıca frezeleme işlemleri 6 farklı işleme yönü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan farklı kesme parametrelerinin ve farklı işleme yönlerinin malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aynı kesme parametrelerinde, farklı

işleme yönlerinin yüzey pürüzlülük değerlerinde farklılıklara neden olduğu gözlenmiştir [14].

Gökkaya vd. kaplamasız sementit karbür takım kullandığı çalışmada, üç farklı kesme hızı ve beş farklı ilerleme değerini işleme parametresi olarak almıştır. Deney malzemesi olarak AISI 1030 çeliği, kesici takım olarak ise kaplamasız sementit karbür kesici kullanılmıştır. Çalışmanın hedefi işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisidir. Çalışmada, yığıntı talaş, çentik ve yanak aşınmalarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla yığıntı, çentik ve yanak aşınmaları mikroskopla incelenmiştir. Çalışmada, kesme hızı esas alındığında en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 100m/dk kesme hızında görülmüştür. Kesme hızı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı tespit edilmiştir. İşleme parametresi olarak kullanılan değerler arasında kesme hızındaki artışa paralel olarak, yüzey pürüzlülük değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Çalışmada en yüksek ilerleme değerinde (0,45 mm/dev) ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin (7,603 μm), ilerleme miktarının %80 (0,25 mm/dev) oranında düşürülmesi ile elde edildiği (% 215 – 2,416 μm) görülmüştür. Çalışmada ilerleme değerindeki artışa paralel olarak yüzey pürüzlülüğünde beklenen artış sağlanırken yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için ilerleme değeri azaltılmıştır. Elde ettikleri sonuçlardan ilerleme hızı ve kesme hızının artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerinin de arttığını gözlemlemişlerdir [15].

Gu vd. alın frezeleme işlemi ile ısıtılmış AISI 4140 çeliğinin ANSI standartlarına göre kaplamasız C5 ve TiN, ile ZrN ve (Ti,Al)N kaplamalı kesici uçlarla işlenmesini incelemişlerdir. TiN ve onu takiben ZrN kaplamaların iyi bir performans sergilediğini gözlemlemişlerdir. Düşük kesme hızlarında talaş yığılması oluştuğunu ve yüksek kesme hızlarında ise aşınma miktarının arttığını belirtmişlerdir. Kesme hızının 120 m/dk değerinde en iyi takım ömrünü elde etmişlerdir [16].

Özçatalbaş, yaptığı çalışmada, haddelenmiş AISI 1050, AISI 4140 ve AISI 8620 çeliklerinin işlenebilirliklerini araştırmıştır. İşlenebilirliği araştırılacak çelik malzemelerin mikroyapı ve mekanik özellikleri tam tavlama ve normalleştirme ısı işlemleri ile değiştirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında, imal edilen gerinim ölçer esaslı torna dinamometresi ile kesme kuvvetleri ölçülürken, ani durdurma aparatı ile de talaş kökü morfolojileri incelenmiştir. Deneyler sonucunda her bir malzeme için en düşük yüzey pürüzlülük değerleri, AISI 1050 ve AISI 4140 için haddelenmiş durumda, AISI 8620 için ise normalleştirilmiş durumda elde edildiği vurgulanmıştır. Tam tavllanmış her üç numunenin kesme kuvvetlerinde (F_c , F_f) azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Her üç numunede de tam tavlama ısı işlemi yığıntı talaş (BUE) oluşumunu arttırdığı, yığıntı oluşumu neticesinde ortaya çıkan talaş birikmesinin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı görülmüştür. Haddelenmiş AISI 4140 malzemede en düşük yüzey pürüzlülüğü olduğu, tavllanmış AISI 4140 ile normalleştirilmiş AISI 4140 numunelerde de kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün yığıntı talaş çıkıntı uzunluğuna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir [17].

Korkut ve Dönertaş yaptıkları çalışmada, alın frezeleme işleminde kesme hızı ve ilerleme miktarının kesme kuvvetleri ve talaş sıvanmasına (BUE) etkisini araştırmışlardır. AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerinden hazırlanan parçalar üzerinde CNC dik işleme merkezinde alın frezeleme ile kesme kuvvetlerinin üç bileşeni ölçülmüştür. Kuvvet verileri gerinim ölçer esaslı dinamometre ile gerçekleştirilmiştir. Kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülükleri, talaş kesitine ve kesme hızına bağlı olarak her iki çelik için de değerlendirilmiştir. Artan kesme hızlarında kesme kuvvetleri artarken düşük ve orta kesme hızı değerlerinde BUE eğiliminin arttığı tespit edilmiştir [18].

Diniz ve Filho düzlem yüzey frezelemede takım ömrü, takım aşınması ve son işlemlerin malzeme üzerindeki etkileri, malzeme bağlama pozisyonlarının takım ömrüne ve yüzey pürüzlülüğünün etkilerini incelemişlerdir. Asıl kesici kenar üzerindeki aşınmanın, malzemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin bulunmadığını ve yüzey pürüzlülüğünün birbirini takip eden kesici kenarın üzerindeki aşınmadan dolayı olduğunu göstermişlerdir [19].

Santos vd. kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve serbest yüzey aşınmasına bağlı olarak takım ömrü ile serbest yüzey aşınması arasında olan ilişkiyi matematiksel olarak ifade etmişlerdir. Deneylelerden elde edilen katsayı ve üs değerlerinin kullanılması ile aşınma miktarını takım ömrüne bağlı olarak tahmin edilebilmişlerdir. Deneylelerde TiN ve TiC kaplamalı takımlar kullanılmıştır. Deneylelerden elde edilen verilerin doğruluğu için kullanılan takım-malzeme çiftine uygun ve özellikle üretici firmalar tarafından önerilen kesme parametreleri kullanılmıştır [20].

Sağlam, frezelemede kesme kuvvetleri ve kesme kuvvetlerinden elde edilen serbest yüzey aşınması ve yüzey yüzey pürüzlülüğü (Ra) arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Kesici takım olarak karbür uçlar (SPMW 12 04 08 SBF (HW) P15-P30, kaplamasız, Mitsubishi), beş kesici uçlu bir takım tutucu (A2 45 89 R05-12 Takımsaş), malzeme olarak 40 HRC'de sertleştirilmiş ve gerilim giderme işlemi uygulanmış Ç1040 çeliği kullanmış, soğutma sıvısı kullanmamıştır. Kullanılan kesme parametrelerini, kesme hızı (113-140-178-226 m/dk), ilerleme (0,176-0,140-0,112-0,088 mm/diş), talaş derinliği (1-1,5-2,5-3,5 mm) olarak belirlemiştir. İşlem süresince periyodik olarak Ra ve Rt değerlerini bir yüzey pürüzlülük cihazı ile, Vb değerleri de takım mikroskobu ile ölçmüştür. Vb değerleri her uçta eşit olmadığından, ortalama değerleri almıştır. Kesme parametreleri kombinasyonları için ortogonal dizi kullanılarak 16 deney yapmıştır. Buna göre Vb ile kesme kuvvetlerinin yaklaşık doğrusal olarak değiştiği görülmüştür. Vb' ye bağlı olarak Ra'nın bir minimuma kadar azalma gösterdiği ve takımdaki tahribata bağlı olarak sonra artış gösterdiği görülmüştür. Kesme kuvvetleri üzerinde talaş derinliği ve ilerlemenin daha etkili olduğu, kesme kuvvetlerine bir alternatif olarak Ra ve Vb' nin Ff/Fn ve Fn/Fr kuvvet oranlarına daha duyarlı olduğunu görmüştür. Böylece bu kuvvet oranlarının takım aşınmasını ve dolayısıyla takım ömrünü ve belirlenen yüzey kalitesini tayin etmede bir gösterge olarak kullanılabilceği belirtmiştir [21].

Motorcu, Ç 1050 ve Ç 4140 çeliklerinin kaplamasız ve kaplamalı seramik kesici takımlarla işlenmesinde, kesme parametreleri ile iş parçası ve takım sertliklerinin, takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada Taguchi metodu ile en yüksek yakım ömrü değerini veren kontrol faktörleri tespit edilerek takım ömrü denklemleri çıkartılmıştır. SEM görüntüleri incelenerek aşınmış uçlarda

ortaya çıkan aşınma tipleri belirlenmiştir. Deneysel sonuçlarla takım ömrü üzerindeki etkili faktörler belirlenmiştir. Bunlar; iş parçası sertliği, kesme hızı, kesme hızı-ilerleme miktarı etkileşimi, kesme hızı-iş parçası sertliği etkileşimi, talaş derinliği-kesici takım sertliği etkileşimi, ilerleme miktarı-iş parçası sertliği etkileşimi ve ilerleme miktarı olarak sayılmıştır. Ç1050 ve Ç4140 çeliklerin seramik takımlarla işlenmesinde çentik, yan kenar ve krater aşınması gözlenmiştir. Çalışmada ayrıca faktör etkileşimlerinin yer aldığı ikinci dereceden tahminsel denklemin daha güvenilir sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [22].

Sayit, yapmış olduğu çalışmada, küresel grafitli dökme demir malzemeler için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizini incelemiştir. Çalışmasında, 1, 2 ve 4 adet kanal bulunan silindirik numuneler hazırlanmıştır. Çalışmada karbür kesici takım kullanılmış, kesme parametresi olarak iki farklı kesme hızı (240 - 340 m/dk), iki farklı ilerleme (0,11 – 0,32 mm/dev) ve iki farklı talaş derinliği (1 - 2 mm) seçilmiştir. Deneyler, ISO 3685 referans alınarak, yanak aşınma değeri 0,3 mm ye ulaşınca kadar gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında talaş oluşum şekilleri, kanal sayısı ve kesme hızının etkisi, kesme şartları ve takım aşınması, ilerleme hızının etkisi ve yüzey pürüzlülüğü değerleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarına göre, 6 dk ve öncesi kesme süresinde takım ömrünü tamamlamıştır. Kesme hızı arttıkça takım ömründe bariz azalmalar görülmüştür. Düşük kesme hızlarında artan kanal sayısı takım aşınma hızının artmasına neden olmuştur. Artan ilerleme değerleri takım aşınmasını en fazla etkileyen parametre olarak tespit edilmiştir. İlerleme ve talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmış, kesme hızın artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlenmiştir. Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) üzerinde çok ta etkisinin olmadığı görülmüştür. İlerlemenin Ra üzerinde çok daha etkili olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kanal sayısının takım aşınmasını önemli oranda etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca düşük kesme hızında ve ilerlemede artan kanal sayısının yanak aşınmasını arttırdığı görülmüştür. Fakat artan ilerleme ve talaş derinliğinde tek veya iki kanallı numuneler kullanıldığında kesici takım daha hızlı aşındığı görülmüştür. Artan ilerleme değerleri hem sürekli kesme de hem de sürekli olmayan kesme de yüzey kalitesi bozulmasına neden olmuştur [23].

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

Gezgin, prizmatik parçaların freze ile işlenmesi sırasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Çalışmada, AISI D3 soğuk iş takım çeliği ile kesici takım olarak kaplamalı karbür takımlar kullanılmıştır. CNC dik işleme merkezinde, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının, takım ömrü, kaldırılan talaş hacmi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan deneyle sonucunda yüzey pürüzlülük değerleri, kesici ucu sayısı ve ilerleme miktarının artışına paralel bir şekilde artarken, kesme hızının yüzey pürüzlülüğün üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla takım ömrünün azaldığı ve yanak aşınmasının kesici takımda hakim aşınma tipi olduğu görülmüştür [25].

Ghanil vd. yapmış oldukları araştırmada, TiN kaplı karbür takımın performansını AISI H13 takım çeliğinin yüksek kesme hızında yüzey frezelenmesinde değerlendirmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin takım ömrü üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar takım ömrü üzerinde, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin yüksek etkisi olduğunu göstermiştir. Takım ömrünün kesme hızından önemli derecede etkilenmediğinden bahsedilmiş ve bunun tersi bir durumun yüksek kesme hızıyla birlikte yüksek kesme derinliği ve ilerleme kullanıldığında takımın zayıflığından kaynaklanan çatlak ve kırılmalardan olabileceği yorumu yapılmıştır. Sonuç olarak da takım ömrünü; yüksek kesme derinliği ve ilerlemelerden kaynaklanan kesme kenarındaki kırılmaların, yüksek kesme hızı sonucunda açığa çıkan sıcaklıktan dolayı kaynaklanan takım aşınmasından, daha fazla etkilendiği ifade edilmiştir [26].

Wang ve Junz, yaptıkları çalışmada, 20 ve 41 HRc sertliklerindeki AISI H13 takım çeliğinin, TiAlN kaplanmış karbür küresel uçlu parmak freze ile işlenmesinde, işleme karakteristiklerini incelemiş ve karşılaştırmışlardır. Frezeleme deneyleri sonucunda elde edilen frezeleme kuvveti, talaş formu ve yüzey 15 pürüzlülüğü değerleri işleme karakteristiklerini belirlemede kullanmışlardır. Deneylerde kesme hızı, kesme derinliği ve kesici geometrisi değerleri sabit alınmış, iş parçası sertliği ve ilerleme değerleri değiştirilmiştir. Küresel uçlu parmak frezeleme işlemindeki karakteristik farklılıkların, malzeme sertliğinin etkilerinden kaynaklandığı gösterilmiştir [27].



BÖLÜM 3

FREZELEME

3.1. FREZELEME

Kesici takımın kendi ekseni etrafında dönme hareketine karşılık, iş parçasının ilerlemesi ile meydana gelen talaş kaldırma işlemine “frezeleme” denir. Frezeleme yöntemiyle üzerinde kesici uçlar bulunan kesici takımın kendi ekseni etrafında dönmesi ile iş parçasının bağlı olduğu tablanın X, Y ve Z eksenlerinde hareket etmesiyle iş parçası üzerinden talaş kaldırılır [28].

Frezeleme yöntemi ile düz yüzeylerin, eğrisel yüzeylerin, T kanalların, helisel kanalların, dişli çarkların ve hareket millerinin imal edilmesi için çeşitli geometriye sahip kesici takımlarla talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilir [29].

Frezeleme işlemi ile talaş kaldırma esnasında iş parçasından elastik ve plastik deformasyon sonucu ayrılmış olan parçalara talaş denir. Talaş kaldırma sırasında kesici takım ile iş parçası arasında kesme hareketi, sürtünme hareketi, ilerleme hareketi ve yardımcı hareketler meydana gelir.

Kesme hareketi; yani kesme hızı, bir freze çakısının çevresindeki kesen bir dişin, kesici kenarın bir dakikada metre cinsinden aldığı yoldur.

Sürtünme hareketi; kesici takım ile iş parçası arasında kesme olayı sırasında ve talaş hızından dolayı meydana gelen harekettir.

İlerleme hareketi; kesmek üzere döndürülen kesici takımın dönme hareketine karşı, iş parçasının bir dakikada milimetre cinsinden aldığı yoldur. Yardımcı hareketler; Kesici takımın iş parçasına yanaşması ve talaş kaldırma işlemi bittikten sonra kesici takımın iş parçasından uzaklaşması için yapmış olduğu harekettir [5].

3.1.1. Frezeleme İşleminde Talas Kaldırma

Bu yöntem ile talas kaldırma işlemi diğer talas kaldırma işlemlerinden farklı olarak, kesici takımında bulunan kesici ağız sayısının birden çok olması ve kesici takımların türü bakımından oldukça karışık bir süreçtir. Freze tezgâhında talas kaldırma işlemi, kullanılan kesici takımın türüne ve frezeleme yönüne göre adlandırılır. Frezeleme işleminde talas kaldırma yöntemi dört ana başlık altında incelenebilir [5].

1. Takma uçlu alın freze çakısı ile düzlem yüzeylerin frezelenmesi

1.1. Simetrik frezeleme

1.2. Asimetrik frezeleme

2. Silindirik vals freze çakısı ile çevresel frezeleme

2.1. Aynı yönlü çevresel frezeleme

2.2. Zıt yönlü çevresel frezeleme

3. Form ve biçim freze çakısı ile frezeleme

3.1. Modül freze çakısı ile frezeleme

3.2. Değişik geometrilere sahip iç bükey ve dışbükey yüzeylerin frezelenmesi

4. Saplı freze çakısı ile frezeleme

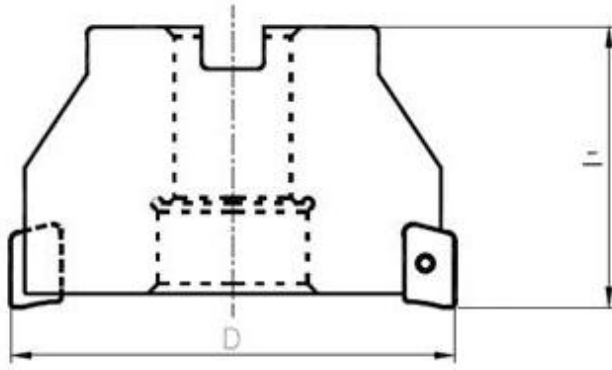
4.1. Parmak freze çakısı ile frezeleme

4.2. Küresel parmak freze çakısı ile frezeleme

3.1.1.1. Alın Frezeleme Yöntemi

Freze çakısının, alın ve çevresindeki kesici ağızların birlikte kesmesi ile yapılan frezeleme işlemine “alın frezeleme” denir. Elde edilen yüzeyler çakının dönme eksenine diktir. Burada kesme işleminin büyük bir kısmı, çevredeki kesici ağızlar tarafından yapılır. Alın yüzeydeki kesici ağızlar ise ince talaş kaldırma etkisi gösterirler. Silindirik alın freze çakıları ve takma uçlu alın freze çakıları ile düzlem yüzeyler işlenmeden önce iş mili diklik kontrolünün yapılması gerekmektedir.

Silindirik alın freze çakıları, yüksek hız çeliğinden (HSS) bir bütün olarak imal edildiği gibi sert maden takma uçlu kesiciler sinterleme yöntemi ile imal edilir. Sinterleme yöntemi ile imal edildikten sonra, kaplama yöntemleri ile kaplanarak daha yüksek kesme hızlarına ulaşmak mümkün olmaktadır. Sert maden kesici uçlar tutucu shaftın etrafına mekanik sıkmalı veya lehimleme yöntemi ile takılırlar. Alın freze çakıları ile düzlem yüzeylerden simetrik ve asimetrik yöntemle talaş kaldırılır. Sert maden kesici ucun mekanik sıkma yöntemi ile shafta bağlantısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

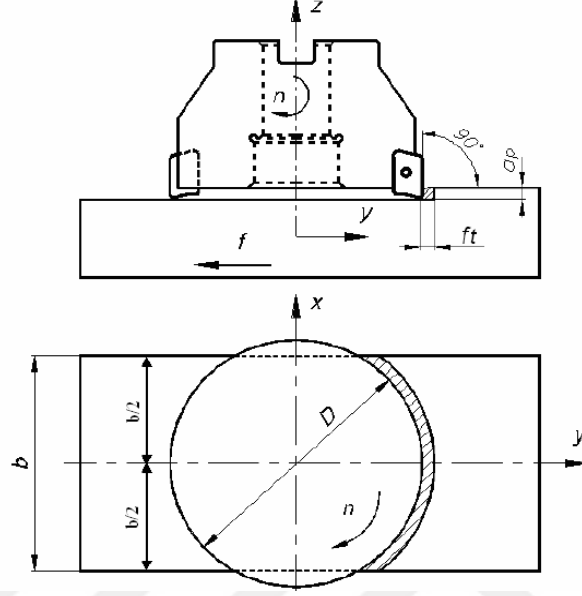


Şekil 3.1. Kesici uçların tutucuya yerleştirilmesi [29].

3.1.1.2. Simetrik Frezeleme Yöntemi

Alın frezeleme çakısı ile Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi simetrik frezeleme yapılmaktadır. Bu yöntem ile kesici takımın dönme eksenine paralel olarak iş parçasının ilerleme

yönündeki eksenini çakıştırarak talaş kaldırma işlemidir. Burada kesici takım talaş kaldırırken iş parçasının tam ortasında eksenine hareket ettirilmelidir.

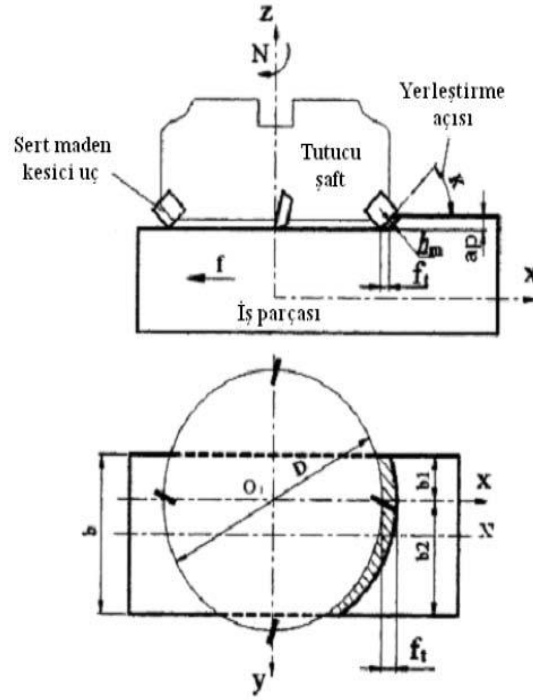


Şekil 3.2. Simetrik alın frezelemenin gösterilmesi [29].

3.1.1.3. Asimetrik Frezeleme Yöntemi

Kesici takımın dönme eksenini ile iş parçasının ilerleme yönündeki eksenini çakıştırmıyor ise bu frezeleme yöntemine “asimetrik frezeleme yöntemi” denir. Şekil 3.3’de görüldüğü gibi alın freze çakısı ile asimetrik olarak talaş kaldırılmaktadır.

Simetrik ve asimetrik olarak talaş kaldırılabilmesi için, kesici takımın çapı işlenecek iş parçasının genişliğinden her zaman büyük olmalıdır [5].



Şekil 3.3. Asimetrik frezelemenin gösterilmesi [5].

3.1.1.4. Çevresel Frezeleme Yöntemi

Çevresel frezeleme yöntemi, freze çakıplarının çevresindeki kesici uçların, Talaş kaldırma işlemidir. Talaşlar kıvrık, virgül biçiminde ve talaş kesiti sürekli değişmektedir [5].

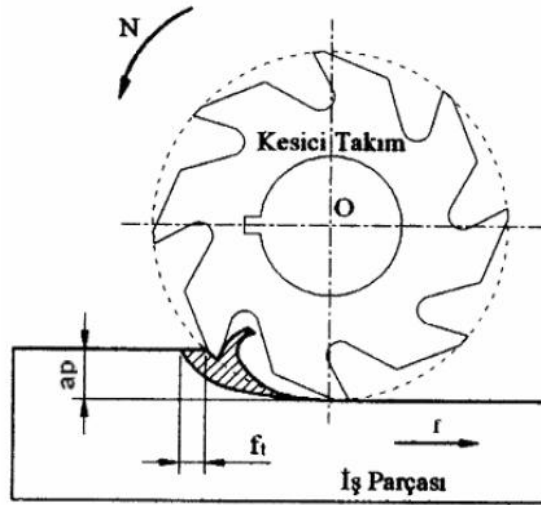
Kesici takım iş miline uzun malafalar yardımı ile bağlanır. Kesici takımın dönme eksenini ile talaş kaldırılacak yüzey paralel konumundadır. Kesici takımın dönmesiyle ve iş parçasının X, Y ve Z ekseninde belirlenen yönde ilerletilmesiyle talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

3.1.2. Aynı Yönlü Frezeleme

Aynı yönlü frezelemede, freze çakısının kesme yönü ve iş parçasının ilerleme yönü aynı yöndedir. Freze çakısının iş parçasına batması esnasında, talaş kalınlığı en fazladır. Virgül şeklinde talaşın oluşması sırasında talaş kalınlığı ile birlikte kesme kuvveti de azalır. Bu sebeple; son şekil verme frezeleme işleminde saplı freze

çakıları ile daha iyi bir yüzey oluşmuş olur. Aynı yönlü frezeleme daha üstündür ve zıt yönlü frezeleme işlemine göre daha hesaplıdır. Ancak aynı yönlü frezeleme işlemi yapılabilmesi için, kullanılacak olan freze tezgâhlarının boşluksuz tabla millerine sahip olması gereklidir.

Bu metotla, frezeleme işlemlerinde iş parçasının ilerlemesi, freze çakısının dönüş yönü doğrultusundadır. Kesme sırasında dişler, talaşı üstten kavradığından, işin bağlı olduğu tablaya (mengene, masa, bağlama kalıbı v.b) doğru bastırmaya çalışır. İşin sökülmemesi bakımından iyidir. Normal ilerleme yapılırken, kesici dişlerin kaldıracağı bir devirdeki miktar bellidir. Bu miktarı dişler, işin yüzeyinde en büyük değerden, işlenmiş yüzeyde sıfır olacak biçimde kaldırır. Freze çakısı, çok talaştan az talaşa giderken ilk etapta bağlandığı mili esnetmeye çalışsa da, talaş giderek biteceğinden, düzgün olarak dönen çakı, temiz bir yüzey çıkaracaktır. Şekil 3.4'de aynı yönlü çevresel frezeleme yöntemi gösterilmektedir [5].



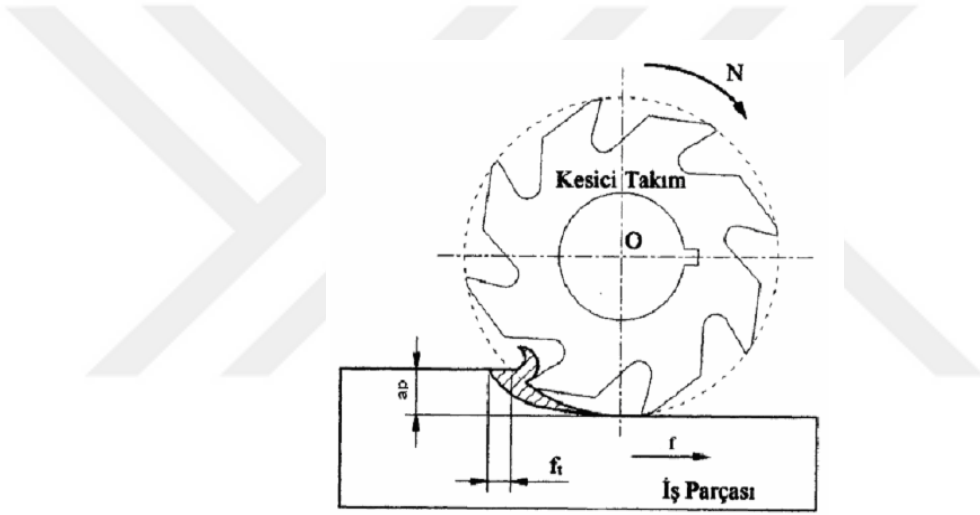
Şekil 3.4. Aynı yönlü çevresel frezelemenin gösterilmesi [5].

3.1.3. Zıt Yönlü Frezeleme

Zıt yönlü frezelemede, kesici takımın kesme yönü işlenecek parçanın ilerleme yönüne doğru yönlendirilmiştir. Talaş oluşmadan önce kayar ve kesici ağız işlenecek malzemenin üzerinden kazıma yapar. Bunun için, freze çakısının kesici ağızlarının serbest yüzey aşınması tipik bir aşınma seklidir. Kesici ağızların malzemeyi kavrama

yolu üzerinde kesme derinliği ve kesme kuvveti büyür. Virgül şeklinde bir talaş meydana gelir (Şekil 3.5.)

Bu metotla frezeleme esnasında kesici takım işlenecek malzemenin boyuna itmeye ve tabladan yukarıya doğru kaldırmaya çalışır. Kesme sırasında oluşan talaş kalınlığı parçanın üst yüzeyine doğru, düzgün olarak artacağından freze çakısında bir zorlanma oluşur. Freze çakısındaki bu zorlanma malafa milini esnetmeye çalışır. Dolayısı ile iş parçasının yüzeyi, ilk etapta görülmeyecek kadar dalgalı olur. İş parçasının bağlı bulunduğu ayardan yukarıyı zorlamaması için, emniyetli bir şekilde sıkılması gerekir.



Şekil 3.5. Zıt yönlü frezelemenin gösterilmesi [29].

Tezgah tabla mili somunu, arasındaki boşluklar talaş kaldırmayı ve ilerlemeyi etkilemez. Kuvvete karşı kuvvetle dönen çakı, titreşimsiz bir kesme yapar. İlerleme durdurulduğunda, çakı da olduğu yerde döner. Bu anda işlemeye devam edilmediği gibi bir tehlike de mevcut değildir. Ancak; iş parçası üzerinde yüzey kalitesi açısından, kesici takım boşa döndürülmemelidir [5].

3.1.4. Frezelemede Kesme Hızı, İlerleme Hızı Ve Talaş Derinliği

Kesme hızı, kesme esnasında kendi ekseninde dönen kesici takımın sabit iş parçası üzerinde dakikada metre cinsinden aldığı yol olarak ifade edilir. Talaş kaldırma esnasında verilmesi gereken kesme hızı belli başlı etkenlere dayalı olarak değişmektedir bu etkenleri şu şekilde sıralayabiliriz.

1. İşlenecek malzeme
2. Kesici takım malzemesi
3. Kesme derinliği
4. İlerleme miktarı
5. Soğutma sıvısı
6. Tezgah rijitliği ve tezgah tipi

Frezelemede devir sayısı kesme hızına göre belirlenir. İdeal kesme hızının seçimi, uygun değer ve uygun kesme parametrelerinin seçilmesinde önemli bir etken olduğu açıktır. Kesme hızı oldukça düşükse çok az sayıda parça üretilecek, takım ucunda talaş sıvanması-yapışması meydana gelebilecek ve uç geometrisi değişikliğine sebebiyet verecektir. Lakin kesme hızı çok yüksekse, takım hızla aşınacak ve oldukça fazla takım değişikliği yapılacaktır. Bu sebeplerden ötürü yapılacak olan bir talaş kaldırma işlemi için uygun değer kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını düzgün ve dengeli bir şekilde seçmek gerekecektir.

En elverişli ilerleme oranı ve kesme derinliği göz önüne alındığı zaman, her daim kabul edilen en derin talaş ve en hızlı ilerleme ölçütü alınır, çünkü bu belirlemeler takım ömrünü kesme hızından daha az derecede azaltacaktır. En elverişli ilerleme oranı, kesici takım ömrünü ve talaş kaldırma oranını dengede tutmalıdır [30].

Kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği seçilirken aşağıdaki kriterlere göre maksimum önceliğe göre tercih edilmelidir.

1. Üretim süresinin minimuma indirilmesi
2. Kesici ömrünün maksimum yapılması
3. En küçük ölçüsel hassasiyetin sağlanması
4. En mükemmel yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesi
5. Bir defada kaldırılacak talaş miktarının maksimum olması
6. Kesici kırılmalarının en aza indirilmesi
7. Kesintisiz en güzel işlemin oluşturulması
8. Tezgâhta meydana gelebilecek aşınma ve titreşimlerin en aza indirilmesi
9. Birim maliyetinin minimuma indirilmesi

3.1.4.1. Frezelemede Kesme Hızı

Bir freze takımının, çevresindeki kesen bir dişin (noktanın) bir dakikada metre cinsinden keserek aldığı yol kesme hızıdır. Kesme hızı aşağıda verilen denklem ve birimlerle ifade edilir.

$$V_c = \pi \times D \times N / 1000 \quad (3.1)$$

Burada;

V_c = Kesme hızı (m/dk)

N = Devir sayısı (dev/dk)

D = Freze takımının çapı (mm)

Kesme hızı verileri, genel olarak kataloglardan belirlenmektedir. Kesme hızının belirlenmesi takım ömrü ve işleme zamanı yönünden önemlidir. Kesici takım düşük kesme hızlarında kullanıldığında işleme zamanı artmasından dolayı süre kaybı oluşmaktadır. Ayrıca yüksek kesme hızı seçilmesinde ise sürtünme ve ısıdan dolayı takım kısa sürede aşınmakta ve değiştirilmesi de zaman kaybına sebebiyet vermektedir. Bu şartlar altında işlem yapılan malzemeler için elverişli kesme hızının seçilmesi gereklidir. Değişik metallerin sertliği, yapısı ve işlenebilirliği değiştiğinden, farklı kesici takım ve işlenecek malzeme için farklı kesme hızları tercih edilmelidir [31].

3.1.4.2. Frezelemede İlerleme Hızı

Kesme hızı ile ilerleme hızı birbirlerine çok yakın bir biçimde bağlıdır. İlerleme hızı; kesmek üzere döndürülen freze takımının altından, iş parçasının bir dakikada milimetre cinsinden aldığı yoldur. İlerleme hızı aşağıda verilen denklem ile hesaplanır.

$$F = F_z \times Z \times N \quad (3.2)$$

F = İlerleme hızı, mm/dk

F_z = Diş başına ilerleme, mm/diş

Z = Frezenin kesici diş sayısı, adet

N = Devir sayısı, dev/dk

Diş başına ilerleme (F_z, mm /diş) frezeleme işleminde önemli bir ölçüttür. Freze çakısı çok uçlu bir takımdır, dolayısıyla her ucun yeterli bir talaşı kaldırabilmesi için elverişli bir ilerleme ölçüsüne gereksinimi vardır. Diş başına ilerleme bir kesici kenarın iş parçasına girişi ile bir sonraki kesici kenarın iş parçasına girişi arasında geçen zamanda tablanın ilerlediği ölçü olarak tanımlanır. Bu sebeple bu büyüklük takımdaki mevcut uç sayısı ve ilerleme hızına bağlı olarak değişir [32].

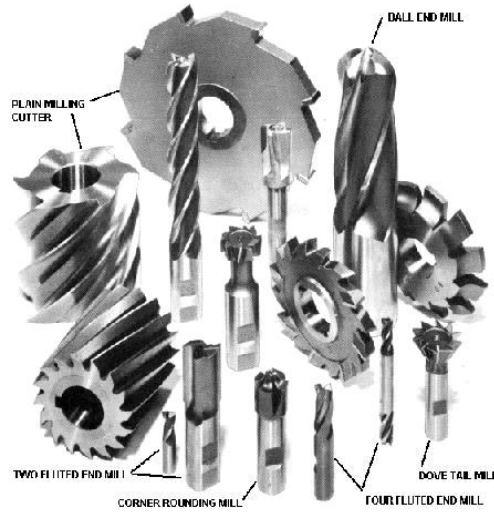
İlerleme ölçüsünün uygun belirlenmesi, en azından kesiciyi, yüzey kalitesini ve imalat sayısı ile maliyeti belirleyecektir. İlerleme miktarı düşük seçildiğinde frezeleme işlemi çok geç bitecektir. İlerleme miktarı çok yüksek seçildiğinde ise takım kırılacaktır [30].

3.1.4.3. Frezelemede Kesme Derinliği

Kesme derinliği, takımın iş parçası içine dikey olarak aldığı yoldur. Genellikle, “a” ile gösterilir. Kesme derinliğinin uygun seçilmemesi işleme süresini ve maliyeti etkilemektedir. Gerekli kesme derinliğinin verilmediği zaman, işlemi tamamlamak için birden fazla paso gerektirecektir ve bu sebepten dolayı daha fazla zaman kaybına sebebiyet verecektir [33].

3.1.5. Frezeleme İşlemleri Ve Kullanılan Kesici Takımlar

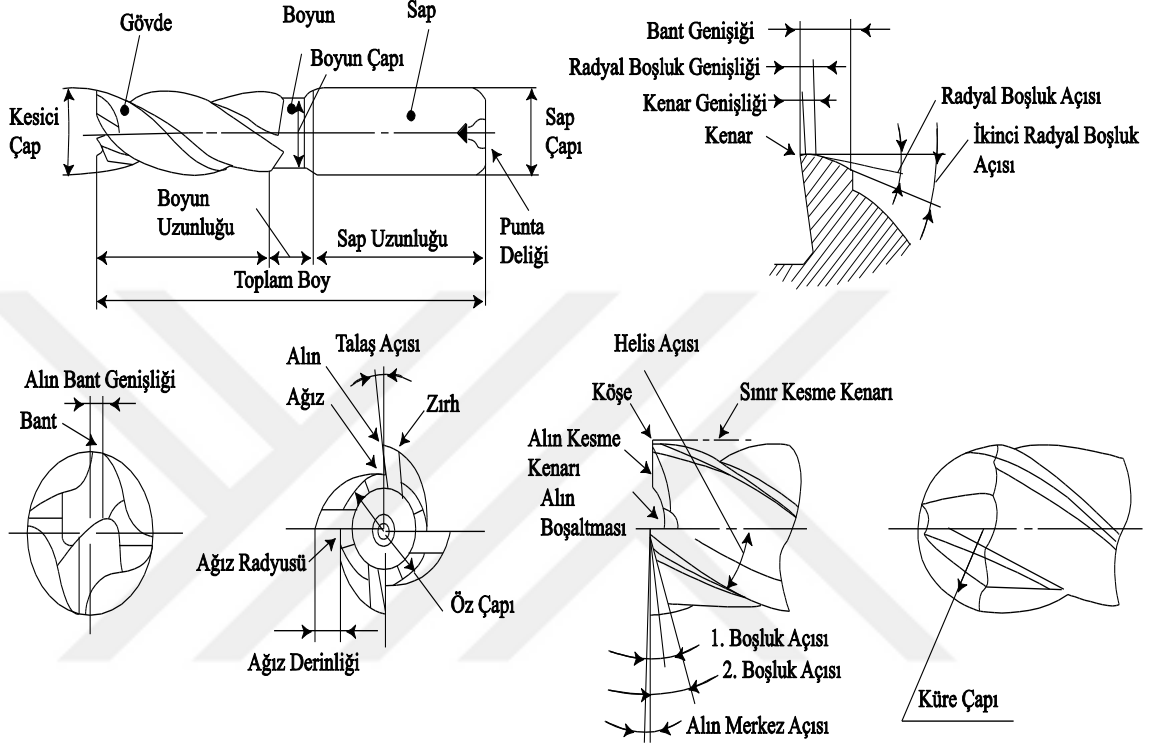
Frezeleme, kendi eksenini etrafında dönen çok uçlu bir takım ile doğrusal hareket yapan iş parçasından talaş kaldırılarak yapılan şekillendirme işlemine denir. Gelişen teknolojiye frezeleme işleminde takım neredeyse her yönde iş parçasına doğru hareket edebilmektedir. Frezeleme işleminde kullanılan kesici takımlara TSE 333' e Freze denilmektedir. Kesici takımın birçok kesici kenarı vardır ve her kenar belirli bir miktar talaş kaldırma kapsamına sahiptir. Frezelemenin avantajları iyi bir yüzey kalitesi, yüksek işleme verimliliği hassasiyet ve şeklin yapılmasındaki esnekliktir. Frezeleme genel olarak dik köşelerin, düzlem yüzeylerin ve kanalların işlenmesi amacıyla kullanılan bir işlemdir.



Şekil 3.6. Frezeleme işlemlerinde kullanılan çeşitli kesici takımları [12].

3.1.5.1. Parmak Frezeler

Frezeleme işlemlerinde çeşitli kanalların, yan duvarların ve çevrelerin işlenmesinde en çok kullanılan freze parmak freze diye isimlendirilen kesici takımdır.



Şekil 3.7. Parmak freze ve elemanları [12].

TSE 303 Standardına Göre Parmak Freze Elemanlarının Tanımı

Kesici Kısım; kesme işlemini yapan ve üzerinde kesici ağızların bulunduğu kısımdır.
Sap; frezelerin tezgaha bağlanmasına yarayan, silindirik veya konik kısımdır.
0.2.4 – Kesici Ağız; frezenin kesici kısmı üzerinde meydana getirilen ve üzerinde talaş yüzeyi, kesici kenar, zırh ve serbest yüzeyin bulunduğu kısımdır.

Talaş Yüzeyi; kesici ağız üzerinde talaş kanalından kesici kenara doğru olan ve işleme esnasında çıkan talaşın sürterek geçtiği yüzeydir.

Talaş Kanalı; komşu iki kesici ağız arasında özel biçimde meydana getirilen ve talaşın çıkmasına yarayan kısımdır.

Kesici Kenar; talaş yüzeyi ile serbest yüzey veya freze sırtının ara kesitidir.

Serbest Yüzey; sırtı frezelenmiş frezelerde kesici kenardan boşaltılmış sırta doğru uzanan ve talaş kaldırma esnasında sürtmemesi için belli bir açı altında boşaltılmış kısımdır.

Boşaltılmış Sırt; sırtı frezelenmiş frezelerde serbest yüzey ile talaş kanalı arasında belli bir biçimde oluşturulan kısımdır.

Düşürülmüş Sırt; sırtı tornalanmış frezelerde kesici kenardan geriye doğru uzanan ve radyal ve/veya aksiyal yönde düşürülmüş kısımdır.

Sırtı Frezelenmiş Freze; kesici ağızların sırtı freze ile belli bir biçimle boşaltılmış frezedir.

Sırtı Düşürülmüş Freze; kesici ağızların sırtı istenen biçimde ve belli bir açı altında geriye doğru tornalama ile düşürülmüş frezedir.

Talaş Açısı; kesici ağızları dönme eksenine paralel olan frezelerde kesici kenar üzerindeki bir noktadan takım dönme eksenine indirilen dik ile talaş yüzeyi arasındaki açıdır.

Serbest Açı; kesici kenardan geçen teğet düzlem ile serbest yüzey arasındaki açıdır.

Kama Açısı; kesici ağızlar dönme eksenine paralel olan frezelerde talaş yüzeyi ile serbest yüzey arasındaki açıdır.

Dış Çap; frezelerin kesici kenarları üzerinden geçen dairenin çapıdır.

Helis Yönü; frezede kesici ağızların dönme eksenine göre sağa veya sola doğru yükselme yönüdür.

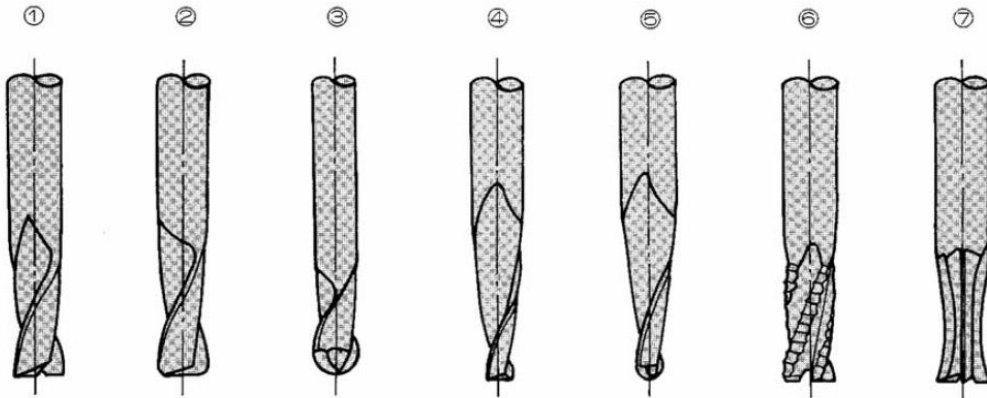
Kesme Yönü; frezenin tezgâha bağlandığı sap veya malafa tarafından bakıldığındaki dönme yönüdür.

Helis Açısı; parmak freze üzerindeki helis kanallarını oluşturan açıdır. Helis açısı parmak frezenin imalatı sırasında oluşturulmaktadır. Bu nedenle daha sonradan değiştirilmesi söz konusu değildir.

Boşluk Açısı; kesme esnasında parmak frezenin kesici ağızlarının arka yüzeyinin kesilme yüzeyine sürtünmesini engellemek için verilen açılara boşluk açısı denir.

Ayrıca frezelerin kesme geometrisi ile ilgili diğer tarifler (TS 3712)'de verilmiştir.

Frezeleme işlemlerinin geometrisine ve işleme tipine göre çeşitli parmak frezeler kullanılabilir.



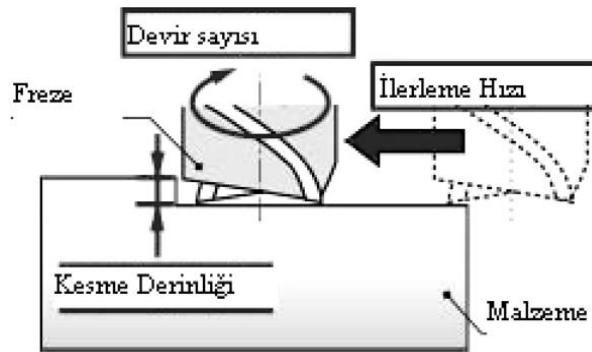
Şekil 3.8. Çeşitli parmak frezeler [12].

o	Parmak Freze Tipi	Parmak Freze Tipi Özellikleri	Uygulama Alanları
1	Kare Parmak Freze	Dış Kesme Kenarı ile 90° Açı Yapar	-I profilinde kanal frezeleme işlemlerinde
2	Radyülü Parmak Freze	Kesici Takımın dış kesme kenarı ve kesilen kenarlar arasında bir radyus bulunur.	-Genel Kalıp işlemleri ve model uygulamalarında
3	Küresel Parmak Freze	Kesici kenarlar küresel forma sahiptir.	-Kalıp matris kopyalama işlemleri, vs.
4	Konik Parmak Freze	Yan kesici kenarlar belirli bir açıda koniktir.	-Kalıp erkek yüzeylerinde
5	Konik Küresel Parmak Freze	3. ve 4. nün birleşimi	-Kalıp matris kopyalama işlemleri, vs.
6	Kaba Talaş Parmak Frezesi	Yan kesici kenarlarda çentikli dişler bulunur.	Kaba talaş işlemlerinde
7	Özel Formlu Parmak Freze	Yan kesici kenarlar özel bir forma sahiptir.	Özel kenar profilleri için.

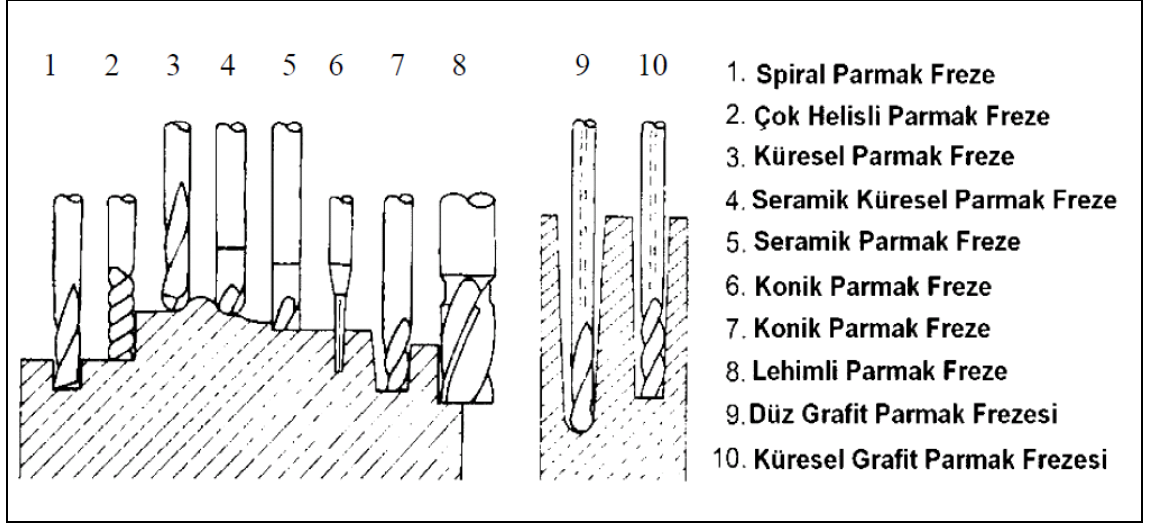
Şekil 3.9. Çeşitli parmak frezelerin (Şekil 3.8'deki) özellikleri ve kullanıldıkları yerler [12].

Frezeleme İşlemi İçin Parmak Frezenin Seçim Kriterleri

Bir frezeleme işleminde en önemli temel parametreler kesicinin devir sayısı, ilerleme hızı ve kesme derinliğidir. İş parçasının cinsi, geometrisi ve yüzey kalitesi v.b. faktörler bu temel parametrelerin değerlerini etki etmektedir. Yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve malzeme hakkında çok açık bilginin olmaması durumunda güvenlik açısından düşük kesme derinliği ve ilerleme hızı seçilmelidir.

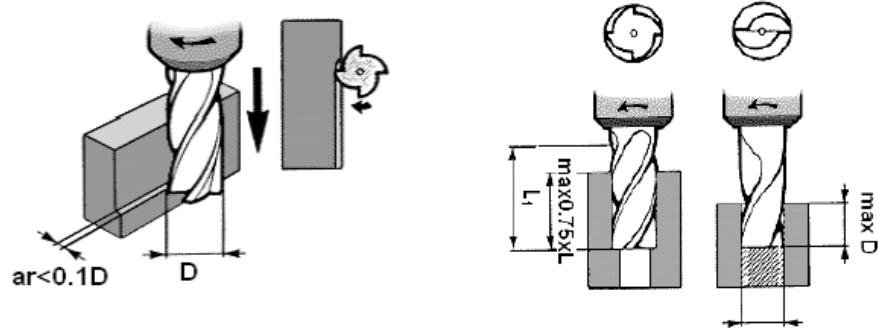


Şekil 3.10. Frezelemede üç önemli faktör [12].



Şekil 3.11. Kullanıldıkları yerlere göre parmak frezeler [12].

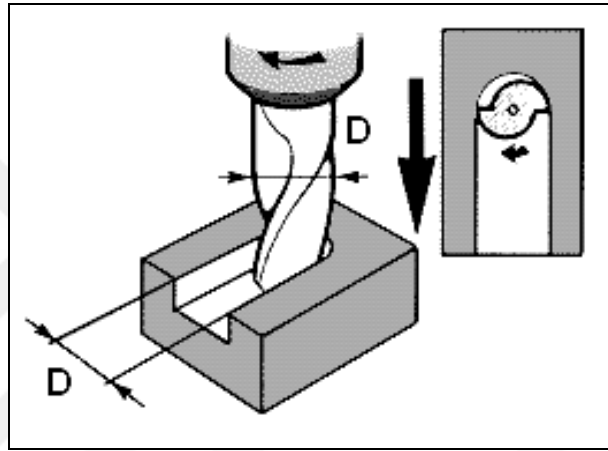
Bir parmak frezenin çalışma aralığı çap ve talaş derinliği kapasiteyle tanımlanır. Bazı parmak frezeler temel olarak, ek bir derinlik kapasitesine sahip, küçük çaplı, 90° 'lik alın frezeler olarak görülebilirler. Bu takımın kapasitelerine işlemin tipi de etkide bulunur.



Şekil 3.12. Yan duvar ve fatura işlenmesi [12].

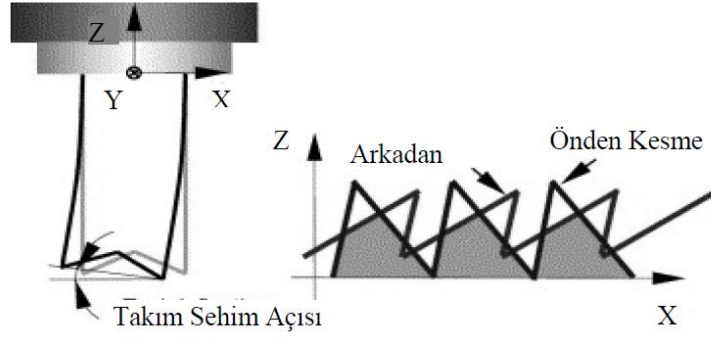
Bir kenarın veya 90° 'lik bir faturanın işlenmesi genellikle iki yüzeyin oluşturulmasını gerektiren, kenar işleme olarak da bilinen, kenar frezelemedir. Bu işlemde takımın sehimli bir sınırlayıcı rolü oynayabilir. Bir kanal veya faturanın işlenmesi genellikle tam kanal açama olarak adlandırılır ve üç yüzeyin işlenmesini gerektirir. Kanalın her iki ucu açık olabileceği gibi bir ucu kapalı da olabilir (her iki ucu da kapalı olan kanallar ceplerdir, işlem için delme yapabilen ve eksensel yönde işleyebilen parmak frezelere gereksinim duyulur). Parmak frezenin kesme kavrama

açısı 180° 'dir, dolayısıyla freze, çevresinin yaklaşık yarısına kadar kesmeye katılmıştır. Bu ise kanal yan yüzeylerinin takımı sehime karşı desteklemesi demektir. Tam kanal açma işlemlerinde sınırlayıcı faktör genellikle talaşın naklidir. Yüksek talaş debilerine sahip modern parmak frezeler çok etkili takımlardır, ancak kesici kenarın kırılmasına yol açabilecek talaş yığılmasının önlenmesi de şarttır. Sıkıştırılmış hava veya basınçlı soğutma sıvısının kanaldaki kesme bölgesine sevk edilmesi talaşların çabuk bir şekilde bölgeden uzaklaştırılması açısından son derece gereklidir.



Şekil 3.13. Kanal işlenmesi [12].

Parmak freze aksel yönde hareket edecek şekilde tasarlanmış bir takımdır. Bu doğal olarak parmak frezeyi, özellikle yüksek işleme hızlarında, kesme kuvvetlerinin etkilerine karşı oldukça hassas bir duruma getirmektedir. Bu nedenle parmak frezeleme işleminde çok rijit bir takım tutucu sistemine gereksinim vardır. Aksi takdirde parmak frezeleme işleminde, büyük efektif takım uzunlukları nedeniyle, sehim ve titreşim kaçınılmazdır. Parmak frezelerin çeşitli saplı tipleri mevcuttur ve bunların bazıları diğerlerinden daha iyidir. Pens adaptörleri ve modüler takım tutucular genellikle sapın çok rijit bir şekilde tespit edilmesi sayesinde mükemmel bir rijitlik sağlarlar.



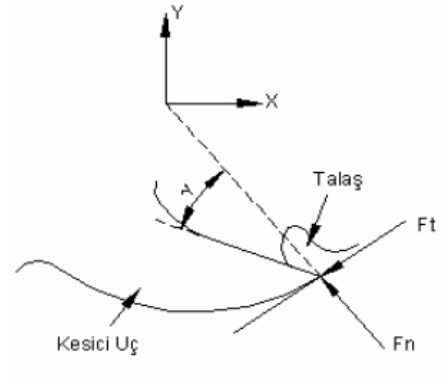
Şekil 3.14. Parmak frezenin seçimi [12].

Titreşimin fazla olması neticesinde parmak freze şekil değişimine uğrayarak yüzey kalitesinin kötü olmasına sebebiyet verir. Bir parmak frezeleme işlemindeki kesme kuvvetleri işlemin sonucuna fazlasıyla etkide bulunurlar. Radyal, aksenal ve teğetsel kuvvetler parmak frezeyi eğilmeye ve çekmeye zorlar. Gerçekleştirilmek istenen işlem ile ilişkili olarak frezeleme yönü (aynı veya karşıt yönlü frezeleme) ve herhangi bir eğim veya helis açısı da dikkate alınmalıdır.

3.1.6. Parmak Freze Etki Eden Kuvvetler

Parmak frezelemede yüzeyden talaş kaldırırken kesiciye etki eden kuvvetler üzerinde birçok çalışma yapıldığı görülmüştür. Kesme işlemi esnasında, kesiciyi etkileyen üç temel kuvvetin olduğu görülmüştür. Bakıldığında talaş kaldırma da kesiciye eğim vermeye çalışan kuvvetler (F_n ve F_t) Şekil 3.15’de verilmiştir [34].

Şekil 3.15’deki F_n kuvveti kesiciyi talaş kaldırılan yüzeye dik konumda malzemeden koparmaya çalışan kuvvettir. F_t talaş kaldırılan yüzeye paralel konumda teğetsel kuvvet olup kesiciyi kesme yönüne zıt eğmeye çalışan kuvvettir. F_z kuvveti, kesiciyi helis açısı doğrultusunda etki eden kuvvet olup bu kuvvetin kesicinin eğilmesine doğrudan bir etkisi yoktur [34].



Şekil 3.15. Kesici takım ucuna etki eden kuvvetler.

Kulkarni ve konu üzerinde çalışanların yapmış oldukları araştırmada kesiciyi etkileyen kuvvetleri aşağıdaki gibi sunmuşlardır.

Burada;

τ : iş parçasının kayma gerilmesi,

d_s : talaş kalınlığı,

w : talaş genişliği,

ϕ : kesme açısı,

γ : talaş açısı,

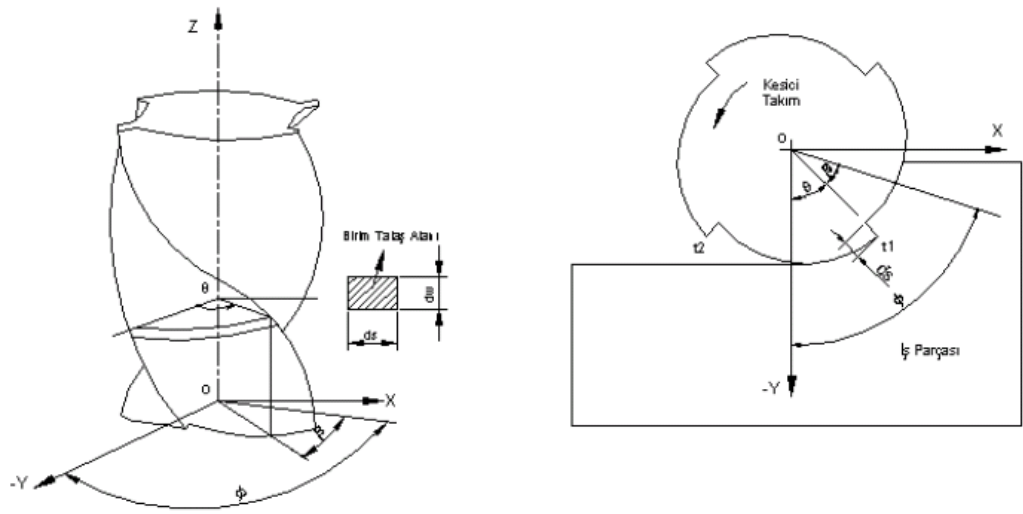
η : iş parçası ile kesici takım arasındaki sürtünme açısıdır.

Kesme açısı ϕ , iş parçasının kesmede akma ve kopma mukavemetlerine talaş açısına bağlı olarak şöyle ifade edilir.

$$\phi = \frac{1}{2} a \sin [2\tau_y/\tau_u \cos (\pi/4-\gamma/2) \sin (\pi/4+\gamma/2) -\sin\gamma]+ \gamma \quad (3.3)$$

Burada iş parçasının akma mukavemeti ve iş parçasının kopma mukavemetidir. Kuvvetler yorumlandığında kayda değer kalınlığı kesicinin açılal durumu ve talaş kalınlığı değışiklik arzmettedir. Bu durum dinamik olarak değeriendirildiğinde kesicinin kesme anında titreşim yapacağını görölmektedir. Ayrıca, silindirik frezeleme ile talaş kaldırmada (örneğin vals freze çakısı) yada parmak freze kesicisi

ile talaş kaldırırken sistemin şekilsel durumuna, malzemenin ilerleme oranına bağlı olarak kesici takımın talaş kaldırmaya başlayıp bitmesine yakın talaş kalınlığında bir artma söz konusudur. Artış, Şekil 3.16'deki t_1 dişinin malzemedan çıkmadan t_2 dişinin talaş kaldırmaya başlaması (Bu durum helis açısından kaynaklanmaktadır) ile t_1 dişine ait F_{t1} kuvvetinin y doğrultusundaki bileşeni t_2 dişine ait F_{n2} kuvvetinin y doğrultusundaki bileşeni ile karşıt yönlü olup F_{n2} kuvvetini F_{t1y} kadar eksiltme yapacaktır. Bu durum, talaş kaldırılan tabakanın kesici eksenine olan paralelliğin değişmesini az da olsa engelleyecektir [34].



Şekil 3.16. Parmak freze ile talaş kaldırma işleminin geometrik yapısı.

3.1.7. Parmak Frezede Takım Aşınması

Aşınma, katı cisimlerin sürtünen yüzeyleri arasında malzeme kayıplarının meydana gelmesidir. ASTM G40-93 kalıplarında aşınma; “İhtiyaç duyulan malzemelerin, diğer parçalarla (katı, sıvı, gaz) etkileşimi esnasında mekanik etkenlerle yüzeyden küçük partüküllerin kopması ile meydana gelen ve istenmeyen yüzey bozulması” şeklinde tanımlanmaktadır. Başka bir tabirle, izafi hareket yapan elemanlar arasındaki sürtünme sonucu meydana gelen malzeme erozyonu veya kayıplarıdır. Aşınma; kuvvet, kayma hızı, sıcaklık, yağlama durumu, malzeme cinsi ve sertliğinden etkilenen karmaşık bir olaydır. Bu etkilerin bazılarının baskın olması farklı aşınma mekanizmalarını ortaya çıkarmaktadır. Bazı durumlarda, birkaç aşınma

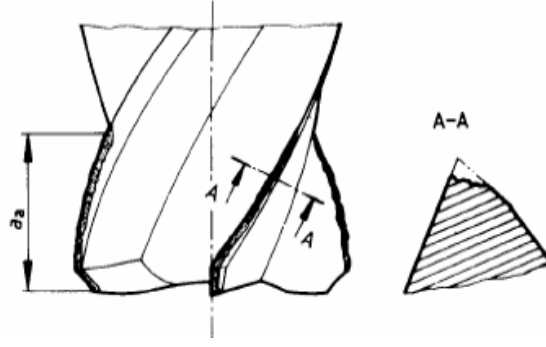
mekanizması birlikte etkili olmaktadır. Dolayısıyla bu durum, aşınma olayını ve simülasyonunu karmaşık bir hale getirmektedir [35].

Bütün kesiciler imalat süresince aşınır ve bu aşınma, kesici takım ömrünü tamamlayıncaya kadar sürer. Kesici kenar ömrü dakika olarak ifade edilir ve günümüzde takım ömrü eskiden olduğundan daha azdır ve çoğunlukla 15 dakikalık süre üzerine oturtulmakla beraber genellikle bir miktar daha fazla olur. Kesici takımın ömrü; takımın iş parçalarını kabul edilebilir parametrelerin sınırları dâhilinde işlenmesi sırasında gerçekleşecek üretim zamanı olarak kabul edilir. İlk zamanlarda takım ömrü parametresi sadece takımın daha fazla kesme yapmaması gibi basitçe ifade edilirdi. Günümüzde yüzey yapısı, hassasiyet, kesicinin aşınma biçimi, talaş oluşumu önceden kestirilebilir güvenli kesici ömrü gibi yaygın parametreler söz konusudur.

Doğru kesici takımın seçimi işleme sırasında maksimum verimliliğin elde edilmesi için kritik bir faktördür. Özellikle kesici malzeme seçimi ve kesme geometrisi önemlidir. Ancak bununla beraber işleme şartları ve özellikle işleme parametreleri genel kararlılık rijitlik standart değilse doğru takımla bile optimum takım ömrü elde edilemeyecektir.

Titreşimler sonucu takım tutucunun ve bağlamanın rijitliğinde meydana gelecek bir eksiklik pek çok kesici kenarın vaktinden evvel ömrünü doldurmasına sebep olacaktır. Takım aşınması kaçınılmazdır ve esasında olumsuz bir süreç değildir. Takım aşınmasının olup olmaması değil olduğunda ne kadar ve hangi tipte meydana geldiğini tespit edebilmek ve aşınmayı izlemek takım ömrünün tespitinde en önemli faktördür.

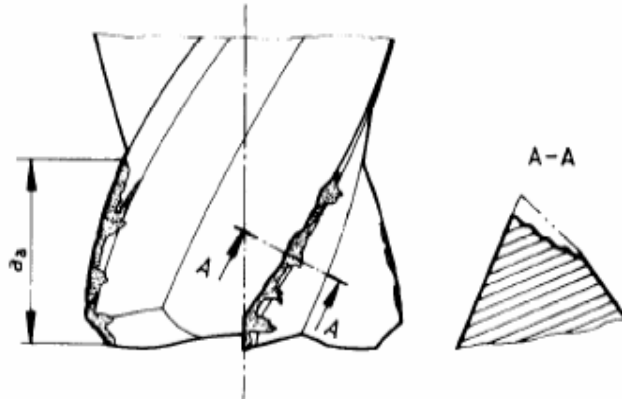
Kesici aşınması kesme kenarı üzerindeki yük faktörleri kombinasyonunun ürünüdür. Kesme kenarı ömrü kesici geometrisini bozmaya çalışan farklı yüklerle oluşturulur. Aşınma kesici-malzeme-talaş kaldırma şartları arasındaki karşılıklı etkileşimin sonucudur [36].



Şekil 3.18. Düzenli yan yüzey aşınması (VB1) [37].

2. Düzenli Olmayan Yan Yüzey Aşınması (VB 2)

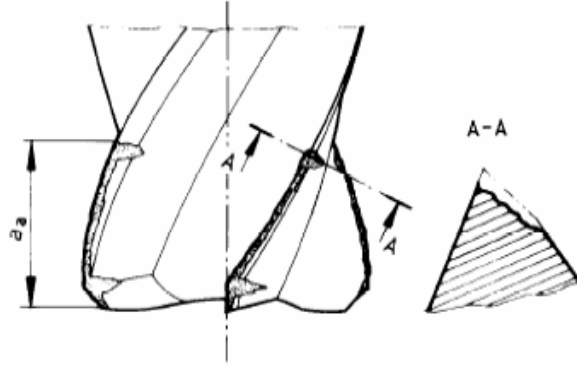
Yan yüzeyin aktif kısmının her pozisyonda ölçülen aşınmanın düzensiz olarak ilerlediği aşınma türüdür, (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Düzenli olmayan yan yüzey aşınması (VB2) [37].

3. Bölgesel Yan Yüzey Aşınması (VB 3)

Takımın yan kenar kısmında abartılı ve bölgesel olarak gelişmiş aşınma türüdür, (Şekil 3.20)



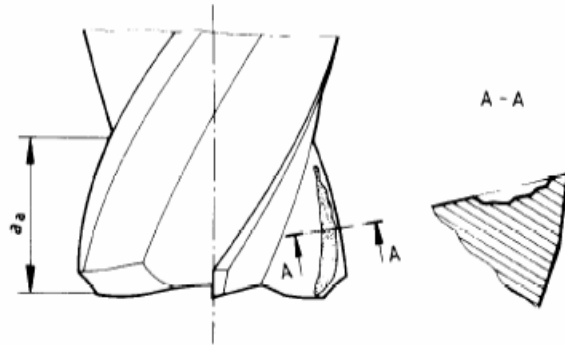
Şekil 3.20. Bölgesel yan yüzey aşınması (VB 3) [37].

Krater Aşınması (KT)

Kademeli olarak takımın kesme anında iç yüzeyinde oluşan aşınma biçimidir.

1. Krater Aşınması (KT 1) :

Kesme kenarına paralel olarak takımın iç yüzünde kademeli olarak oluşan krater şeklindeki aşınmadır, (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Krater aşınması (KT 1) [37].

3.2. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

3.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü

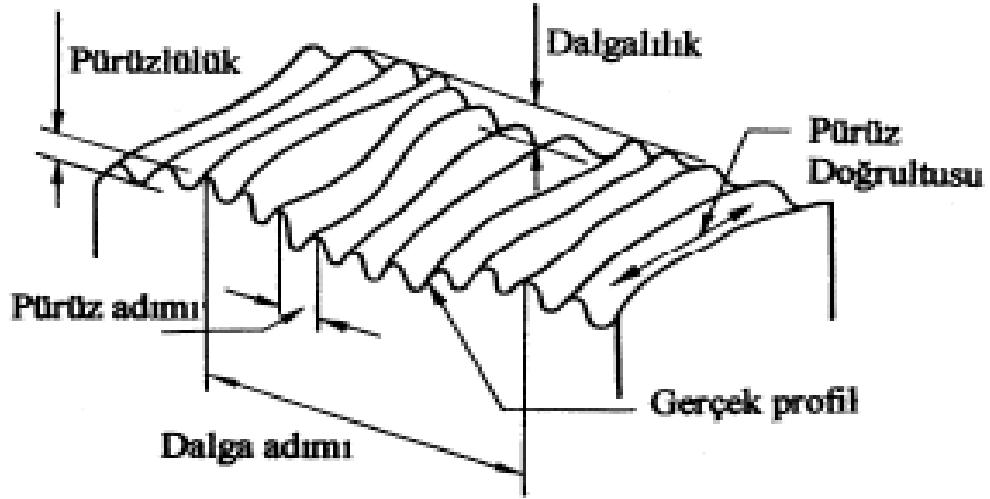
Talaşlı veya talaşsız şekillendirme sırasında iş parçasında istenmeyen izler oluşur. Talaşlı imalat işlemi sonrasında işlenen ürünün yüzeyinin düz olmaması durumu pürüzlülük olarak tanımlanır. Talaşlı imalat işlemi sırasında; işleme yöntemi, işleme metodu, kesicinin cinsi, işlenen malzeme ve kesme parametreleri şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal ısı faktörleri ve kesici-iş parçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile talaş kaldırılan yüzeylerde genel olarak istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir [38]

Talaşlı imalatta üretilen parçalar gözle incelendiği zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de hassas elektronik cihazlar ile ölçüm yapıldığı zaman parça yüzeyindeki gerçek sürtünme alanın parça alanından daha az olduğu görülür. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri yaklaşık olarak 1,6 µm'yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standartları belirlenmiştir. Ülkemizde TS 2040 nolu yayınlı yüzey kaliteleri bir standarda bağlanmıştır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemiştir [39-40].

Talaş kaldırma işleme ile yapılan yüzeylerde, dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması oluşur. Dalgalık, yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini de belirler. 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 [30].

3.2.1.1. Yüzey Yapısının Özellikleri

Yüzey yapısının kontrolünde yorulma ömrü, yataklık etme özelliği ve aşınma önemli faktörlerdir. İşlenen yüzeylerde dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki tip yüzey sapması meydana gelir. Dalgalılık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Yüzey pürüzlülüğü standartlara göre yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir iş parçasının işlenen yüzey uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Düz bir yüzey denildiğinde dalgasız, pürüzsüz denildiğinde dalgalı, fakat gözle bakıldığında veya tırnakla kontrol edildiğinde, pürüzlülükleri fark edilemeyen yüzeyler anlatılmak istenir. Doğrultu, yüzey pürüzlerinin referans alınan bir alın yüzeyine göre durumunu belirler. Yüzey geometrileri, işleme metoduna bağlı olarak değişir. Şekil 3.22’de işlenmiş bir yüzey geometrisi görülmektedir [33].



Şekil 3.22. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri.

3.2.1.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları;

1. Sürtünmeli yataklar
2. Korozyon ortamında çalışan parçalar
3. Yuvarlanmalı yataklar
4. Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler
5. Sızdırmazlık yüzeyleri
6. Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri
7. Masterlar [39].

3.2.1.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden değişkenleri şu şekilde sıralayabiliriz;

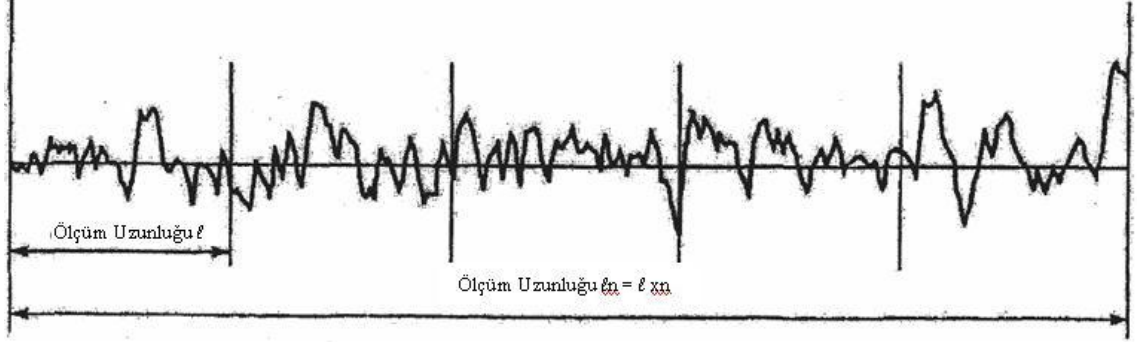
1. Takım tezgâhının rijitlik durumu
2. Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar
3. Takım tutucu rijitlik durumu
4. Takım aşınmasının etkileri
5. Takım geometrisi
6. Kesme parametreleri
7. Malzemenin mekanik özellikleri
8. Soğutma sıvısının etkileri [39].

3.2.1.4. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri

Örnekleme Uzunluğu Ve Örnekleme Sayısı

Şekil 3.23'te 1 ile gösterilen örnekleme uzunluğu kullanılan kesici takımın ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir. Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir arada toplanmasıyla \bar{R}_a ile ifade edilen ölçüm

uzunluğu meydana gelir. l_n uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (l) ile n çarpılarak elde edilir ($l_n = l \cdot n$) [41].

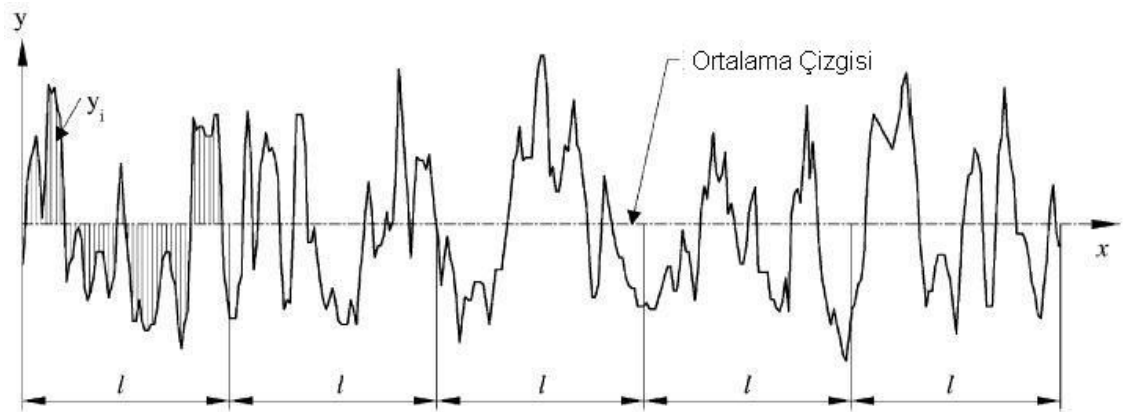


Şekil 3.23. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu [41].

Ortalama Çizgisi

Ölçme işlemi yapıldığında ölçme uzunluğu içinde profilin üstte ve altta kalan alanlarının eşit olduğu yerden geçen doğrudur [39].

Şekil 3.24'de tipik yüzey pürüzlülüğü üzerinde oluşan ortalama çizgisi gösterilmektedir.



Şekil 3.24. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi [40].

Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (Ra)

Şekil 3.24’de görüldüğü gibi ortalama çizgisinden ölçülen mutlak yükseklik değerlerinin ortalamasıdır. Kalite kontrolünde ortalama yüzey pürüzlülüğü fen bilimleri alanında dünyaca kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlaması ve uygulanması kolaydır. Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değişimler hakkında yeterli bir bilgi vermez. Matematiksel tanımlaması aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [41].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (3.4)$$

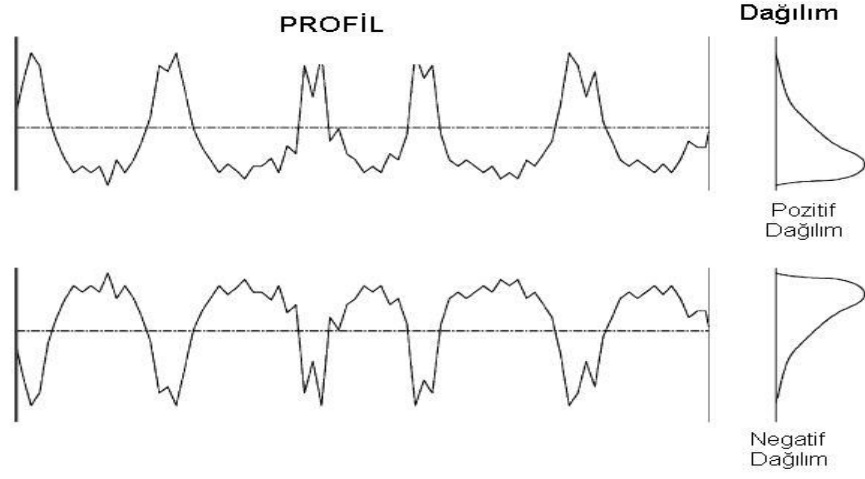
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (3.5)$$

Genlik Dağılım Eğrisi (Rsk)

Şekil 3.25’de gösterildiği gibi bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağılım eğrisidir. Aynı Ra ve Rq ölçüsüne sahip profilleri ayırt etmeye yarayan bir değişkendir. Matematiksel denklemini aşağıdaki gibidir [41].

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{\infty} y^3 p(y) dy \quad (3.6)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} \left(\sum_{i=1}^N Y_i^3 \right) \quad (3.7)$$



Şekil 3.25. Profil ve genlik dağılım eğrisi [41].

BÖLÜM 4

ÇELİKLER

4.1. ÇELİKLERİN GENEL TANIMI

Demir esaslı alaşımlarda ana bileşen demirdir. Çelik % 0,05-2 karbon içeren ve en yaygın kullanılan iş parçası malzemesidir. Karbon yüzdesi % 2'nin üzerinde ise dökme demir, % 0.05'in altında ise dövme demir elde edilir. Alaşımsız çelik olarak da bilinen karbon çeliği sadece demir ve karbon içerir, alaşımlı çeliklerde ise bunlara ek olarak alaşım elementleri mevcuttur. Karbon yüzdesinin, alaşım elementlerinin ve ısıl işlemlerin değişimi ile çok farklı özelliklere sahip çok çeşitli çeliklerin elde edilmesi mümkündür [42].

4.2. ÇELİKLERİN KULLANIM YERLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Tanım ve kullanımda kolaylık sağlama amacıyla çelikler; üretim metotlarına göre, kimyasal bileşimlerine göre ve kullanım yerlerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmışlardır. Kullanım yerlerine göre çelikler; takım çelikleri, yay çelikleri otomat çelikleri, imalat çelikleri, paslanmaz çelikler, sementasyon çelikleri ve ıslah çelikleri gibi çeşitli şekillerde gruplandırılabilir [43].

4.2.1. Takım Çelikleri

Takım çeliklerinin belirli özelliklere sahip olmaları gerektiğinden bu çelikler genellikle dikkatli metalürjik kalite kontrol yöntemleriyle elektrik fırınlarında ergitilir. Gözeneklilik, segragesyon, impuritelere ve metal olmayan kalıntıları mümkün olduğu kadar düşük seviyede tutmak için büyük çaba sarf edilir. Takım çeliklerinin tanımlamalara uygunluğundan emin olmak için takım çelikleri dikkatli makroskopik ve mikroskopik incelemelere tabi tutulurlar [44].

Özelikle yüksek kesme hızlarının önemli olduğu uygulamalar için sinterlenmiş karbürler gibi diğer takım malzemeleri, takım çeliklerine göre daha ekonomik alternatiftir. Sinterlenmiş karbürlerin bu istisna takım performansı çok yüksek sertlik yüksek basma dayanımlarından kaynaklanmaktadır.

Takım çelikleri; soğuk iş takım çelikleri, yüksek hız takım çelikleri, sıcak iş takım çelikleri ve plastik kalıp çelikleri olarak dört grupta sınıflandırılır.

Soğuk iş takım çelikleri tokluğun ve aşınma direncinin önemli görüldüğü kalıp uygulamaları ve soğuk iş takımları için yaygın şekilde kullanılırlar. Soğuk iş takım çelikleri prensip gruplarına göre yağda sertleştirme, havada sertleştirme ve yüksek karbon yüksek krom tipleri olarak üçe ayrılır.

Soğuk iş takım çelikleri, yüksek sıcaklıklara dayanım gerekmeyen alanlarda kullanıldığı için, çok iyi aşınma dayanımı ve tokluğu olacak şekilde alaşımlandırılırlar. Piyasada kullanılan kesme, bükme kalıpları, bıçaklar, baskı makaraları, zımbalar, pres takımları, soğuk ekstrüzyon takımları gibi malzemeler soğuk iş takım çeliklerinden üretilir [44].

Sıcak iş takım çelikleri, oda sıcaklığında şekillendirilemez. Bundan dolayı demir, çelik ve başka metallerin ısıtılarak şekillendirilmesi için kullanılır. Sıcak iş takım çeliklerinde; yüksek sıcaklıkta mekanik özelliklerini koruyabilmesi, yüksek sıcaklıkta aşınma dayanımlarının yüksek olması ve ısı iletkenliklerinin yüksek olması gibi özellikler aranır. Boru presleri ve aksamaları, delici zımbalar ve kalıpları, enjeksiyon döküm, ekstrüzyon, ve dövme kalıpları gibi sıcak iş takım çeliklerinden yapılır.

Yüksek hız takım çelikleri, iyi sertleşebilirlik özelliğine sahip oldukları için, yüksek hız takım çeliklerinden yapılan takımlar tuz banyosunda veya havada bile sertleşebilirler. Genel olarak yüksek hız çeliklerinin uygulama alanı talaş kaldırma takımlarıdır. bu malzemeler Yüksek sıcaklıklarda gösterdikleri yüksek mukavemetlerinden dolayı, sıcak iş takım çelikleri olarak kullanılırlar [45].

Yüksek hız çelikleri oldukça alaşımlandırılmış çelikler olup, çok sert metallerin yüksek kesme hızları için kullanılır. Bu çeliklerle ilgili kesme hızları takım ucunda genellikle kırmızı aralık sıcaklıklarına neden olduğu için takım çelikleri bu sıcaklıklarda temperlemeye direnç göstermek zorundadır. Çeliğin kırmızı aralıkta yumuşamaya direnç yeteneği kırmızı sertlik olarak adlandırılır [44].

4.2.2. Otomat Çelikleri

Otomat imalatında genellikle küçük parçalar üretildiğinden dolayı daha çok, karbon miktarı yaklaşık % 0.10-0.60 arasında olan alaşımsız sementasyon ve ıslah çelikleri kullanılır ve talaşlı imalatı için normal çeliklere nazaran daha fazla kükürt ve mangan katılır. Bunlar otomat çeliği olarak tanımlanırlar. Kükürt ve mangan birlikte mangan sülfürü oluşturur ve metalik yapıda kırılmalık sağlayarak, kısa kırılmalık talaş meydana getirir [46].

4.2.3. Yay Çelikleri

Yayların çok büyük bir kısmı yay çeliklerinden meydana gelmektedir. Yay çelikleri, daha çok çelik çubuk, tel ya da bant olarak temin edilebilir ve yay formu ve ölçülerine göre sıcak ya da soğuk olarak yaya form verilir [46].

Yay çelikleri elastiki, sürekli titreşime dayanıklı ve yüksek dayanıma sahiptirler. Genel olarak makinelerde ve taşıt yapımında kullanılırlar [47].

4.2.4. İmalat Çelikleri

Karbonlu çelikler olarak da tanımlanan imalat çeliklerinin içerisinde % 1.7'ye kadar karbon bulunur. Karbon oranındaki her değişim, çeliğin özelliklerinin de değişimi anlamına gelir [43].

Orta karbonlu çelikler, talaş kaldırma işlemi gerektiren iş parçaları için uygundur. Kabuk sertleştirme, toklaştırma veya temperleme ile sertleştirme işlemleri bu

çeliklere uygulanabilecek işlemlerdir. Sertleştirilebilen takım çelikleri, yüksek karbonlu çeliklerdir [42].

4.2.5. Sementasyon Çelikleri

Sementasyon çelikleri piyasaya sıcakta haddelenmiş veya dövülmüş olarak blum, slab, kütük, yuvarlak, dört köşe, altı köşe, lama şeklinde çubuk, sıcak çekilmiş sac, bant ve geniş lama, dikişsiz boru, elde veya kalıpta dövülmüş parçalar halinde verilirler. Sıcakta şekillendiği gibi; yumuşatma tavı görmüş; belirli bir dayanım verecek biçimde su verilmiş veya belirli ferritik-perlitik yapı elde edecek biçimde tavllanmış olarak teslim edilirler.

Sementasyon çelikleri miller, zincir baklavaları, zincir dişlileri, dişliler, miller ve zincir makaraları, kılavuz yatakları, diskler, merdaneler, rulmanlı yataklar belli başlı ölçü ve kontrol aletleri, orta zorlamalı ve zorlamalı parçalar soğuk şişirilerek veya fişkırtılarak (ekstrüzyon) şekillendirilen parçalar, kesici takımlar gibi parçaların imalinde kullanılır [48].

4.2.6. Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelikler kendi başına bir malzeme grubu oluşturur. En belli başlı alaşım elementi % 12'nin üzerinde bir yüzdeye sahip kromdur (Cr). Paslanmaz çelikler korozyona karşı dirençleri ile tanınmışlardır [42].

Paslanmaz çeliklerin, uygulama alanları her geçtiğimiz gün artarak devam etmektedir. Bu artışın temel nedeni paslanmaz çeliklerin korozyon ortamlarda, mekanik özelliklerini kaybetmeden gösterdikleri yüksek korozyon dirençleridir [49].

4.2.7. Islah Çelikleri

Islah çeliklerinden genel olarak, yüksek dayanım ve süneklik bir arada istenir ve sertleştirme işleminden sonra yüksek sıcaklıkta menevişlenirler. Nispeten yüksek karbon oranlarına sahiptirler. Kükürt miktarı belirli sınırlar içinde değişiklik

gösteren, alaşimsız ve alaşımli ıslah çelikleri de günümüzde üretilmektedir. Kalın kesitlerde, yeterli sertleştirme derinliği ancak alaşımlı çeliklerde sağlanabilir ve çok yönlü olarak kullanılabilirler [45].

Ayrıca bu çelikler, sertleştirilebilirlik durumlarına göre düşük, orta ve yüksek dereceli diye gruplandırılırlar. Islah elikleri, ıslah işleminin sonunda sahip oldukları üstün mekanik özelliklerinden dolayı çeşitli makine ve motor parçaları, miller, yay özelliği beklenen aksamlar, dişli miller, akslar ayrıca kumanda ve tahrik parçalarında kullanılırlar [50].

Takım eliklerinin pek çoğu su verme ve temper ısıl işlemi ile yüksek sertlik elde edilebilen yüksek karbonlu çeliklerdir. Kullanım alanları, talaş kaldırma işlemleri için kesme takımlarını, döküm kalıplarını, şekillendirme kalıplarını ve yüksek dayanım, sertlik, tokluk veya yüksek sıcaklık direnci gibi özellik kombinasyonları gerektiren diğer uygulamaları içerir [44].

Çizelge 4.1'de çeliklerin malzeme numaraları, DIN ve AISI standartlarındaki karşılıkları ile bazı kullanım alanları verilmiştir [51].

Çizelge 4.1. Çelikler ve bazı kullanım alanları [51].

	Malzeme Numarası	DIN	SAE AISI	Kullanıldığı yerler				
İMALAT ÇELİKLERİ	1.0401 1.0402 1.0532	C 15 C 22St 50-2	1010 1020 1030	Cıvata,Somun, Delme ve Frezeleme aparlatları gövde ve şablonları				
	1.0570 0.0577 1.0501 1.0503 1.1191	St 52-3 St 52 C 35 C 45 Ck 45	- - 1040 1045 1043	Dişli çarklar, kazmalar cer kancaları v.s.				
	1.1210 1.0601 1.0603 1.0605	C 53 C 60 C 67 C 75	1050 1060 1070 1080	Dişli çarklar, çok fazla gerilmeli torna parçaları yağda sertleştirilebilir. Oto dişlileri krank milleri v.s.				
	İSLAH ÇELİKLERİ	1.7033 1.7035 1.7218 1.7225 1.7228 1.6546	35 Cr 4 41 Cr 4 25 CrMo 4 42 CrMo 4 50 CrMo 4 40 NiCrMo 2	5130 5140 4130 4140 4150 8640	Yüksek direnç gösteren makine parçaları, keskiler, bıçaklar v.s.			
		1.6582 1.8159 1.5755	34 CrNiMo 6 50 CrV 4 31 NiCr 14	4340 6150 3330	Üst yüzey sertleşmesi gereken parçalar, akslar, giyotin bıçakları			
		SEMENTASYON ÇELİKLERİ	1.5752 1.5919 1.5920 1.7131 1.7147	14 NiCr 4 15 CrNi 6 18 CrNi 8 16 MnCr 5 20 MnCr 5	3315 3115 - 5115 5120	Küçük boyutlu piyon dişliler Büyük boyutlu piyon dişliler		
			1.6523	21 NiCrMo 2	8620	Dişli çarklar, orta dayanımlı parçalar		
			YAY ÇELİKLERİ	1.0904 1.0906 1.0908	55 Si 7 65 Si 7 6 Si 7	9255 - 9260	Basma yayları, çekme yayları, yaylı rondelâlar, çanak yayalar	
				OTOMAT ÇELİKLERİ	1.0711 1.0715 1.0726	9 S 20 9 SMn 36 35 S 20	1117 - 1137	Hızlı otomatlar, yumuşak çelik, dinlendirilmeden döküm ıslah çelikleri

Çizelge 4.1. (devam ediyor).

SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ	1.2436 1.2601 1.2379 1.2210 1.2510 1.2842 1.2542 1.2080	X 210 CrW 12 X 165 CrMoV 12 X 155 CrVMo 121 115 CrV 3 100 MnCrW 4 90 Mn CrV 8 45 WCrV7 X 210 CrW 12	D6 – D2 L2 D1 D2 S1	Kesme takımları, talaşlı imalat takımları, makine bıçakları, ölçü aletleri, plastik işleme takımları, keskiler, çapak alma takımları
SICAK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ	1.2343 1.2344 1.2365 1.2713 1.2714 1.2567	X 38 CrMoV 51 X 40 CrMoV 51 X 32 CrMoV 33 55 NiCrMoV 6 56 CrNiMo 7 X 30 WCrW 53	H11 H13 H10 L6 L6	Sıcak kesme takımları, delici zımbalar, kalıplar, kalıp ve boru presleri, pres mandrenleri, pres takımları
HAVA ÇELİKLERİ	1.3207 1.3343 1.3243	S 10-4-3-10 S 6 S 2 S 65-2-5	– M2 M41	Helisel matkaplar, kılavuzlar, raybalar, havşa matkapları, daire testereleri, her türlü freze bıçakları
PASLANMAZ ÇELİKLER	1.4006 1.4021	X 10 Cr 13 X 20 Cr 13	410 420	Yüksek mukavemet gereken yerler
	1.4301 1.4435 1.4841	X 5 CrNi 189 X 2 CrNiMo 1812 X 15 CrNiSi 2520	304 316 L 310	Su ve buhar etkilerine dayanıklı malzemelerin yapımında

4.3. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

Çelikler, karbondan başka farklı oranlarda alaşım elementleri de içerirler. Çelikte alaşım elementleri, çeliğin dayanımını arttırmaya yardımcıdır. Bu, üretilen sıcaklıklar ve takımın rol oynayan gerilmelerin her ikisini de etkiler. Bununla beraber, metali kesmek için gereken kuvvet daha büyüktür. Takımda ortalama gerilme, her zaman alaşım elementlerinin eklenmesi ile daha yüksek olur [52].

4.3.1. Karbon

Karbon çeliğin temel alaşım elementidir. Karbon miktarı arttıkça çeliğin sertlik ile dayanımı büyük ölçüde artar. Çelik içerisinde ki karbon miktarı % 0,8'e ulaşana kadar çekme gerilmesi ile birlikte akma sınırı değeri de artar. %0,8 değerinden üstünde kırılma artar. Karbon miktarındaki artış aynı zamanda sünekliği, dövülebilirliği, derin çekilebilirliği, kesilebilir özelliğini ve kaynak kabiliyetini zayıflatır. Yüksek karbonlu çeliklerin ısıl işlem uygulamalarında çatlama riskleri fazladır [51].

4.3.2. Mangan

Mangan çeliğin içine genellikle cevher iken intikal ettirilir. Çeliğin dayanımını artırır, fakat sünekliğini biraz azaltır. Kaynak kabiliyetini olumsuz olarak etkilemez, çeliğin yüzey kalitesini iyileştirir [46].

Yüksek oranda mangan manyetik özelliği yok eder ve sertleştirilebilirliği iyileştirir. Kesici kenarın zarar görmesinin engellenmesi için güçlendirilmesi gerekir. Aşınma ilerledikçe talaşın kesici kenara yapışma riski ortaya çıkar [42].

4.3.3. Silisyum

Silisyumda, mangan gibi çeliklerin hepsinde bulunan bir elementtir. Silisyum, döküm çeliklerde mekanik direncin yanı sıra özgül ağırlığı da artırır. Silisyum çeliklerin esnekliğini azaltır, silisyum oranının her %1 artışı çekme dayanımını 10

kg/mm, akma sınırını da çekme dayanımına paralel oranda attırır. Bileşiminde yaklaşık % 14 silisyum içeren çelikler kimyasal reaksiyonlara karşı dayanıklıdırlar bu sebepten dolayı da dövülemezler [51].

4.3.4. Fosfor

Genel olarak çelikte zararlı olarak bilinen fosfor, çentik darbe mukavemeti ve kaynak edilebilirliği azaltırken, çekme mukavemeti ve korozyon direncini artırır [47].

4.3.5. Kükürt

Kükürt, talaş kaldırılabilirliği artırır. Çeliğin işlenebilme özelliğinin artırılması gerekmediği durumlarda fosfor gibi istenmeyen bir elementtir. Çeliği kırılgan yapar ve haddelenmesini güçleştirir. Kükürt elementinin miktarı en çok %0,025-0,030 arasında olmalıdır [51].

4.3.6. Krom

Krom, çeliğin dayanma özelliğini artırırken, esnekliği çok azda olsa kötü olarak etkileyen bir alaşım elementidir. Çeliklerin sıcaklık artmasına karşı direncini artırmasının yanı sıra, tufal oluşumunu önler. Çeliğin yapısında yüksek miktarda krom bulunması, çelik malzemeyi paslanmaya ve aşınmaya karşı dayanıklı hale getirir. Kromlu paslanmaz çeliklerin krom miktarı arttıkça, kaynak edilebilmeleri azalmaktadır [51].

4.3.7. Nikel

Nikel, çelikte malzemedeki kromla birlikte ihtiva edildiği zaman, malzemelerin sertliğinin derinliklere inmesini sağlar. Bu çelikler paslanmaya ve ısıya karşı dayanıklıdır [51].

4.3.8. Molibden

Çeliklerin çekme mukavemetini ve ısıya karşı dirençlerini arttırırken, dövülebilme kabiliyetini azaltır [47].

4.3.9. Vanadyum

Çeliklere darbe mukavemeti kazandırmasının yanı sıra kesici uçların uzun ömürlü olmasını sağlar [51].

4.3.10. Volfram

Volfram, çelikte talaş kaldırılabilirliği azaltır. Özellikle yüksek hız ve sıcak iş çeliklerinde kullanılır. Çelikte keskinlik dayanıklılığını arttırır [47].

4.3.11. Azot

Azot, çeliklerde gevrekleşmeye neden olur. Üretim yöntemlerine bağlı olarak çelikler farklı oranlarda azot içerirler [53].

BÖLÜM 5

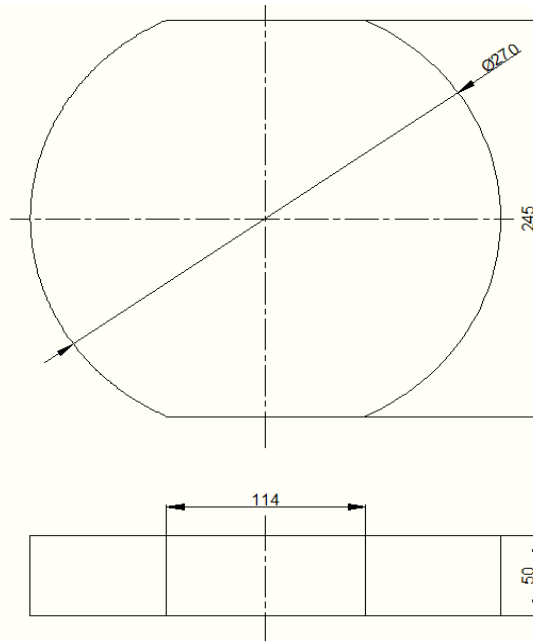
MATERYAL VE METOT

5.1. DENEY MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, iş parçası olarak Ç8640 ıslah çeliği deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Malzemenin frezelenmesinde 10 mm çapında 4 ağızlı 35° helis açılı kaplamalı ve 4 ağızlı 45° helis açılı kaplamalı olmak üzere 2 farklı kesici takım kullanılmıştır. Yapılan deneylerde kullanılan iş parçası malzemesinin geometrisi ve boyutları Şekil 5.1’de verilmiştir. Deneylerde kullanılan Ç 8640 malzemesine ait kimyasal bileşim Çizelge 5.1’de verilmiştir.

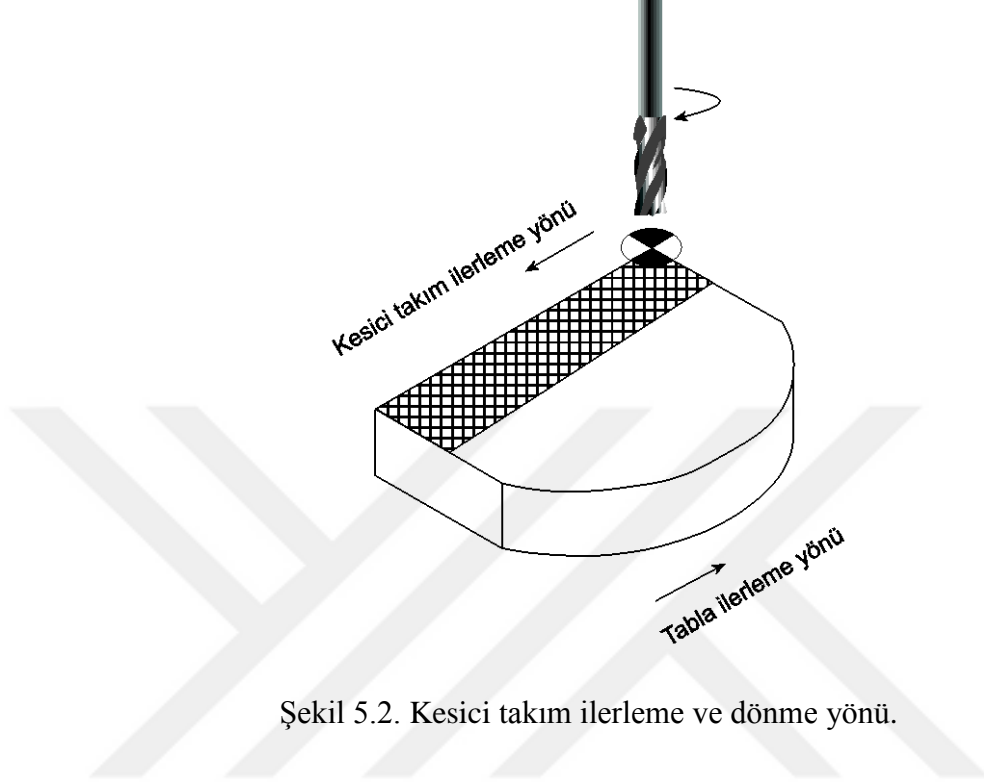
Çizelge 5.1. Ç8640 çelik malzemenin kimyasal bileşimi (%).

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0,35-0,44	0,15-0,35	0,70 - 1,00	0,040	0,040	0,40-0,60	0,15-0,25	0,40-0,70



Şekil 5.1. İş parçasının boyutları.

Deney düzeneğinin kesici takım ve tablanın ilerleme yönü Şekil 5.2’de fotografik gösterimi Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Kesici takım ilerleme ve dönme yönü.



Şekil 5.3. Deney düzeneğinin fotografik gösterimi.

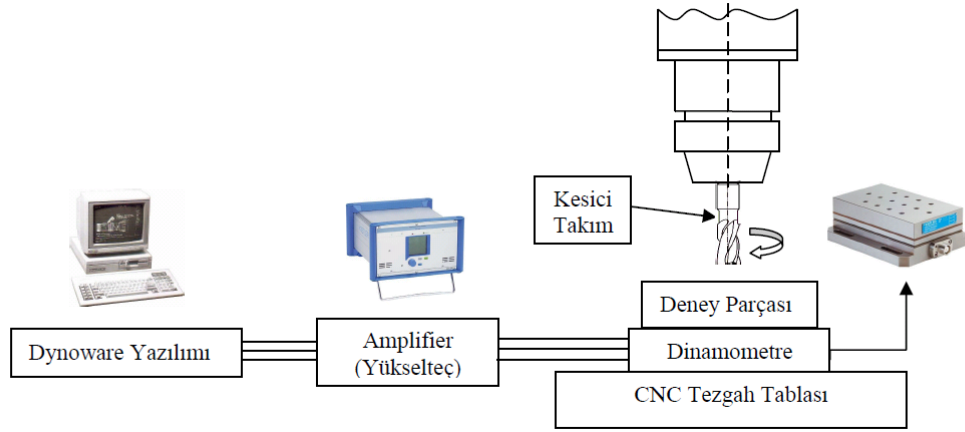
5.2. DENEYLERDE KULLANILAN CİHAZ VE DONANIMLAR

Deneyleyler, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında bulunan CNC laboratuvarı ile ölçme laboratuvarları kullanılarak yapılmıştır. Bu laboratuvarlarda, deneylerin yapılması ve kuvvet ölçümü için John Ford VMC-850 dik işleme merkezi, Kistler 9257B model üç bileşenli dinamometre, Amplifier (yükseleç) ve sonuçların grafik olarak elde edilmesi için Kistler-Dynoware programı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde ise Mahr (MarSurf PS1) marka izleyici uçlu yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır. Çizelge 5.2'de deneylerde kullanılan cihaz ve donanıma ait özellikler verilmiştir.

Çizelge 5.2. Deneylerde kullanılan cihaz ve donanım özellikleri.

Cihaz/donanım	Özellik
Tezgah	JohnFord VMC-850 Dik işleme merkezi 7.5 kW, 6000 dev/dk
Dinamometre	Kistler 9257B Fx, Fy, Fz, ±5 kN, boyut:170x100x60mm
Amplifier (Yükseleç)	Kistler 5070A 8 kanaldan veri alma, ±10V
Veri okuma kartı	CIO DAS 1602/12 Kart 8 analog kanal, 1.25-2.5-5-10V ölçüm aralığı
Yazılım	Dynoware veri sayısı/süresi ayarlama, grafik oluşturma
Pürüzlülük cihazı	MahrPerthometer M1 İzleyici uçlu, masa tipi
Takım Mikroskobu (AM413ZT)	Çözünürlük, 1,3 megapixel (1280x1024 pixels),Büyütme 10x~70x, 200x, DinoCapture

Deneyleylerde kullanılan bu cihazlar şematik olarak Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Deney düzeneğinin şematik gösterimi.

5.3. DENEYLERDE KULLANILAN KESİCİ TAKIM VE KESME PARAMETRELERİ

Deneşlerde, Sandvik marka 10 mm çaplarında 4 ağızlı 35° helis açılı ve 4 ağızlı 45° helis açılı iki farklı geometride yekpare gövdeli kaplamalı karbür parmak frezeler kullanılmıştır. Kullanılan karbür kesici takımlar GC 1630 üretici koduna sahip olup ISO PMK grubu malzemelerin yarı bitirme ve bitirme işlemleri için uygun bir kalitedir. Deneşler, kesici takım üretici firma tarafından tavsiye edilen değerler ışığında Çizelge 5.3.'de verilen kesme şartları altında kuru olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir takım için dört farklı kesme hızı ve yanal kesme derinliği ise 6 mm olarak seçilmiştir.

Çizelge 5.3. Kesme şartları.

Kesme Hızı, V (m/dk)	Eksenel İlerleme, f (mm/diş)	Yanal İlerleme, mm	Talaş Derinliği, a (mm)
50 – 60 – 70 – 80	0,1	6	1

5.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için MAHR-Perthometer M1 cihazı kullanılmış olup, yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri Çizelge 5.4'de

verilmiştir. Her yeni deneyin başlangıcında frezeleme işleminin yapıldığı yüzeyler üzerinde yapılan ölçümler, kesici takımın ilerleme yönüne paralel olacak şekilde her yüzeyde 3 ölçüm değeri alınarak yapılmıştır.

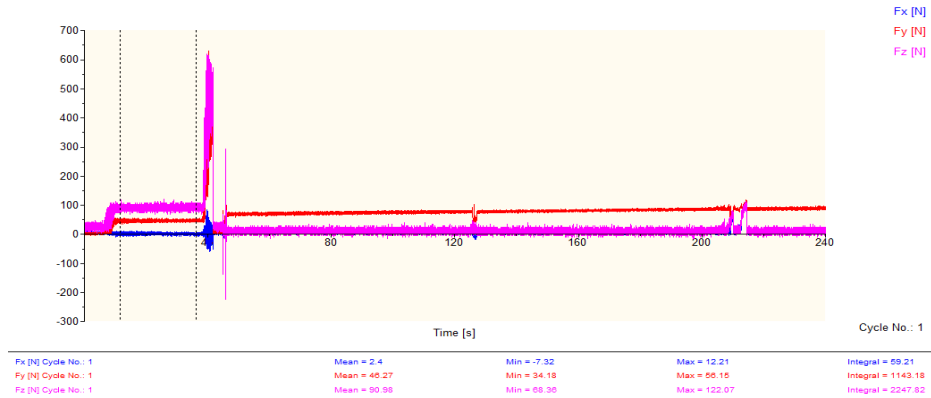
Çizelge 5.4. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.

MODEL	Perthometer M1 (Mahr)
Ölçme hızı	150 $\mu\text{m}/\text{sn}$
Ölçme kuvveti	0.7 mN
Uç malzemesi	Elmas

5.5. KESME KUVVETİNİN ÖLÇÜLMESİ

Kuvvet ölçümü için kullanılan dinamometre tezgâh tablasına monte edilmiş ve deney numuneleri bu dinamometre üzerine bağlanmıştır. Her bir deneyde oluşan sinyaller dinamometre vasıtası ile amplifiere (yükselteç) oradan da Dynoware yazılımı sayesinde bilgisayara aktarılmıştır.

Kesme parametrelerine bağlı olarak işleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerinin Şekil 5.4’de bir örneği gösterilmiştir. Şekil 5.4’de görüldüğü gibi, kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu bölgelerin başlangıç ve bitiş noktadaki değerler esas alınarak, her kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinde ortalama kesme kuvvetleri alınmıştır.



Şekil 5.5. Zamana bağlı kuvvet değişimleri.

5.6. TAKIM AŞINMASININ ÖLÇÜLMESİ

Her iki kesici takımdan sağlıklı bir sonuç alabilmek için kesme hızı, aşınma miktarı ve kesme derinliği sabit bir değer alınmıştır. Burada her iki kesici takım içinde kesme hızı 70 m/dk, kesme derinliği de 1 mm, aşınma miktarı ise 0,15 mm olarak belirlenmiştir. Kesici takımda oluşan aşınma miktarları talaş hacmine göre kıyaslanmıştır. Şekil 5.6'da Takım mikroskobu fotoğrafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Takım mikroskobu.

BÖLÜM 6

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

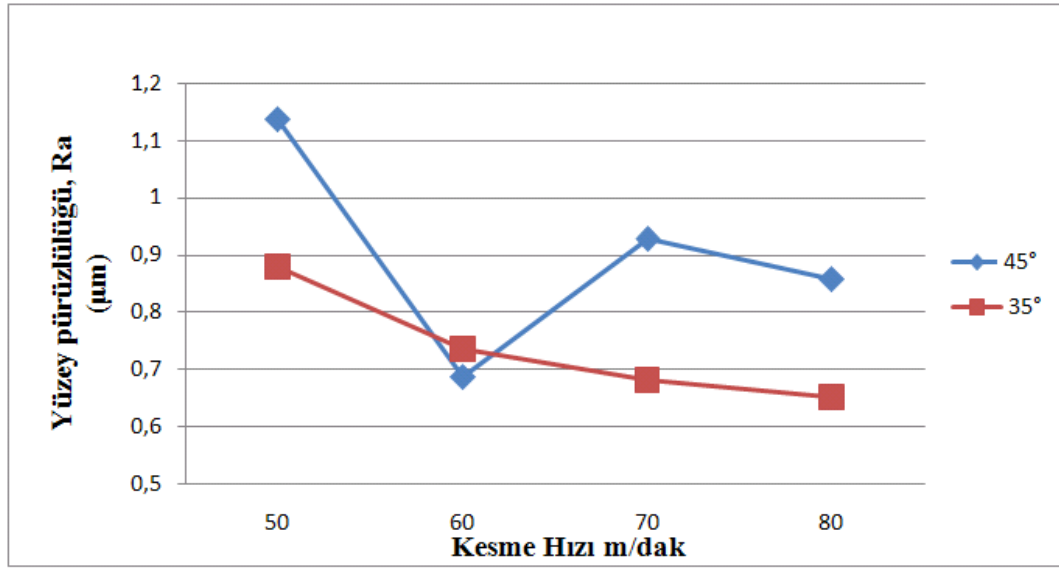
Bu çalışmada, farklı kesme parametrelerinde iki farklı kesici takım kullanılarak Ç 8640 çeliğinin frezelenmesinde oluşan kesme kuvvetleri, işleme sonrası iş parçasının yüzey pürüzlülük değerleri ve kesici takımlarda oluşan aşınmalar incelenmiştir.

6.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ

Frezeleme yöntemiyle yapılan deneyler sonucu kabul edilebilir yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Frezeleme yöntemiyle elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri Çizelge 6.1.'de verilmiştir. Alınan veriler grafik haline getirilmiş ve Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Yüzey pürüzlülük değerleri.

Takım Helis Açısı 45°							
DENEY	KESME HIZI (m/dk)	İLERLEME (mm/diş)	KESME DERİNLİĞİ (mm)	Ra 1 (µm)	Ra 2 (µm)	Ra 3 (µm)	Ra Ort. (µm)
1	50	0,1	1	1,125	1,051	1,234	1,136
2	60	0,1	1	0,596	0,628	0,835	0,686
3	70	0,1	1	1,371	1,129	0,947	1,149
4	80	0,1	1	0,821	0,862	0,896	0,859
Takım Helis Açısı 35°							
5	50	0,1	1	0,887	0,927	0,827	0,88
6	60	0,1	1	0,79	0,809	0,607	0,735
7	70	0,1	1	0,702	0,499	0,843	0,681
8	80	0,1	1	0,839	0,567	0,551	0,652



Şekil 6.1. Yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına bağlı değişimi.

Çizelge 6.1’deki verilerden ve Şekil 6.1’deki grafikten yüzey pürüzlülüğünün her iki kesici takım için de en düşük kesme hızı olan 50 m/dk’da en yüksek değerine çıktığı ve kesme hızındaki artışla birlikte düşük seviyeye indiği görülmektedir. Helis açısı 35° olan kesici takım ile yapılan deneylerde kesme hızının artması ile (60-70-80 m/dk) elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri arasında çok fazla bir değişim görülmemiştir. Ancak helis açısı 45° olan kesici takım ile yapılan deneylerde artan kesme hızına bağlı olarak önce bir düşüş ve ardından tekrar yükseliş ve tekrar düşüş eğilimine geçtiği görülmektedir. Bu kesme hızında, kesme kuvvetinin fazla olduğu görülmektedir.

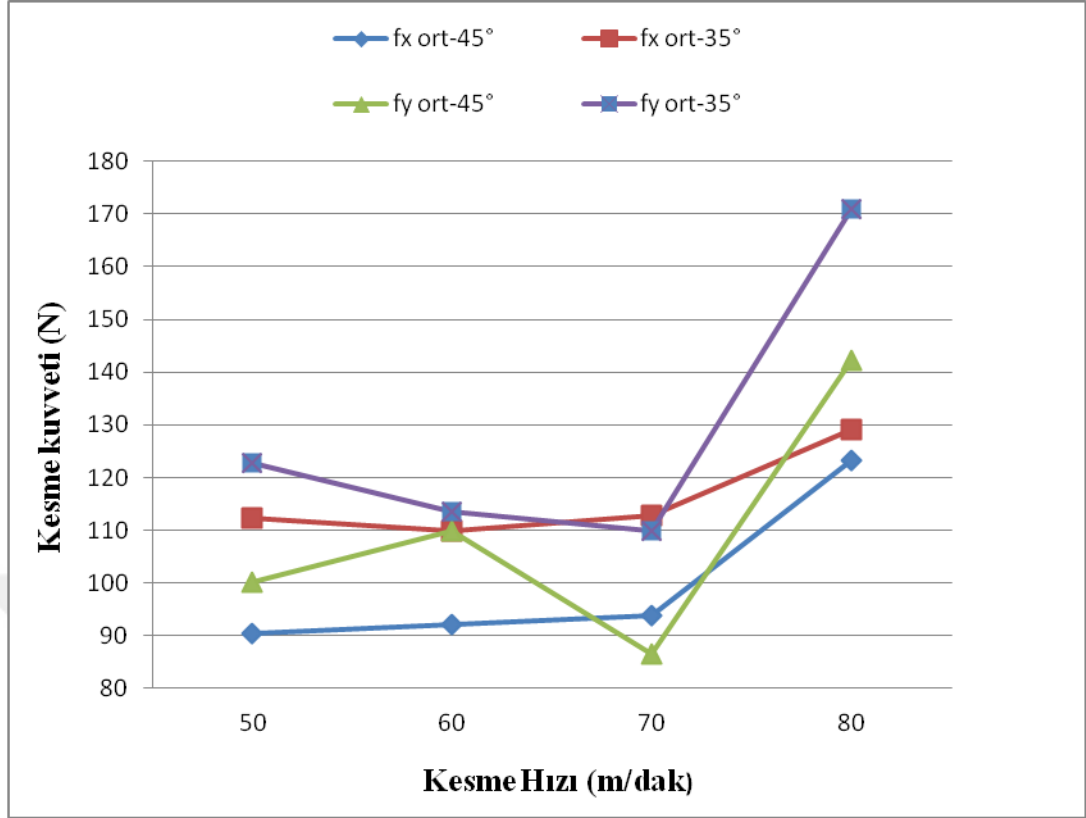
6.2. KESME KUVVETİ

Talaş kaldırma esnasında kuvvet ölçümleri, dört ayrı kesme hızında (50 – 60 – 70 – 80 m/dk), 0,1 mm/diş ilerleme ve 1 mm sabit talaş derinliği ile yapılan deneyler sonucunda oluşan kesme kuvveti değerleri Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Kesme kuvveti ortalama değerleri.

Takım Helis Açısı 45°						
DENEY	KESME HIZI (m/dk)	Fx 1	Fx 2	Fx 3	Fx 4	Fx Ort.
1	50	87,89	90,33	90,33	92,77	90,33
2	60	95,21	90,33	87,89	95,21	92,16
3	70	92,77	92,77	97,22	92,77	93,8825
4	80	122,07	124,51	124,51	122,07	123,29
Takım Helis Açısı 35°						
5	50	109,86	114,75	112,3	112,3	112,3025
6	60	109,86	114,75	107,42	107,42	109,8625
7	70	114,75	112,3	112,3	112,3	112,9125
8	80	131,84	129,39	129,39	126,25	129,2175
Takım Helis Açısı 45°						
DENEY	KESME HIZI (m/dk)	Fy 1	Fy 2	Fy 3	Fy 4	Fy Ort.
1	50	102,54	102,54	100,1	95,21	100,0975
2	60	112,3	102,54	109,89	114,75	109,87
3	70	92,77	100,1	75,68	78,12	86,6675
4	80	146,48	136,72	141,6	144,04	142,21
Takım Helis Açısı 35°						
5	50	129,39	122,07	114,75	124,51	122,68
6	60	102,54	112,3	117,19	122,09	113,53
7	70	112,3	109,86	114,74	102,54	109,86
8	80	178,22	161,13	168,46	175,78	170,8975

Kesme kuvvetleri, işleme esnasında oluşan herhangi bir değişken tarafından, doğrudan etkilenen en önemli çıkış değişkenlerinden biridir. Kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan bu değişkenler; ilerleme hızı, kesme derinliği (radyal ve aksiyal) kesme hızı, takım geometrisi, iş parçası malzemesi, takım-tezgah çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama sistemi, takım kesme yüzeylerindeki aşınmanın gelişimi, sıcaklık ve titreşim gibi faktörlerdir. Takıma etki eden kesme kuvvetleri takım durumu hakkında önemli bilgi kaynağıdır. Bu bilgi işlenebilirliği, takım kırılmasını, takım aşınmasını, tırlamayı ve yüzey tamlığını anlamada kullanılabilir [21].



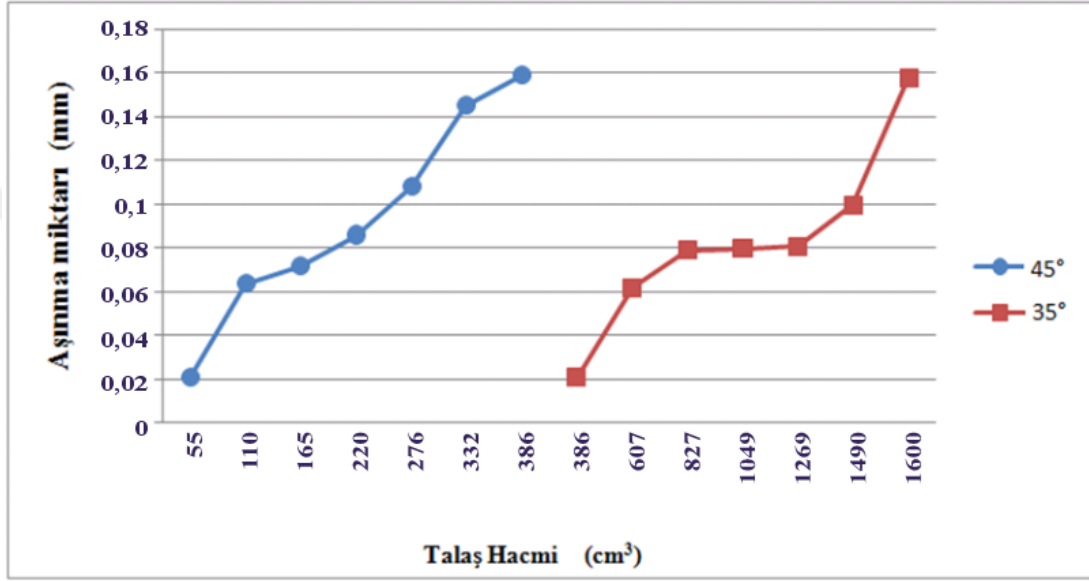
Şekil 6.2. Kesme kuvvetinin kesme hızına bağlı değişimi.

Şekil 6.2’de kesme kuvvetleri incelendiğinde kesme hızının artışı ile genel bir artış olduğu görülmektedir. Helis açısı 35° ve 45° olan kesici takımlar ile yapılan deneylerde Fx kuvvetlerinde kesme hızına bağlı olarak düzenli bir artış gözlemlenirken kesme hızının 80 m/dk’ya ulaşması ile birlikte büyük bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Aynı durum Fy kuvvetinde düzensiz bir değişme gösterir iken kesme hızının 80 m/dk’ya çıkması ile birlikte en yüksek seviyeye çıktığı görülmüştür.

Çizelge 6.2’de kesme kuvvetleri incelendiğinde sabit ilerleme ve artan kesme hızında helis açısı 45° olan kesici takım ile alınan sonuçlar, helis açısı 35° olan kesici takıma göre daha düşük kesme kuvvetleri oluşturmuştur. Kesici takımın helis açısı küçüldükçe oluşan kuvvetler arttığı gözlemlenmiştir. Artan kesme kuvvetinde yüzüyü pürüzlülük değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

6.3. KESİCİ TAKIM AŞINMASI

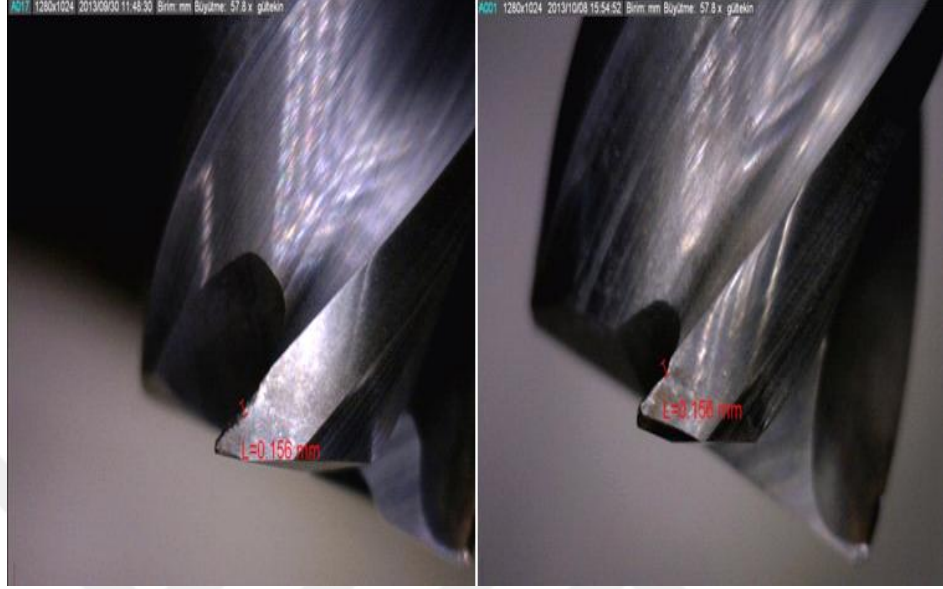
Her iki kesici takım için kesme hızı olarak 70 m/dk, kesme derinliği de 1 mm, kesici takımlardan sağlıklı bir sonuç alınabilmesi için aşınma miktarı ise 0,15 mm olarak sabitlenmiştir. Kesici takımda oluşan aşınma miktarları kaldırılan talaş hacmine göre Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Aşınma miktarının talaş hacmine bağlı değişimi.

Şekil 6.3'de her iki kesici takımın işleme sonucu kaldırdıkları talaş hacmi ve aşınma miktarları incelenmiştir. Burada helis açısı 45° olan kesici takım aşınma deneyine başlamasından itibaren 55 cm³ talaş hacmine ulaşıncaya kadar takımda ölçülebilecek büyüklükte bir aşınmaya rastlanmamıştır. Kaldırılan talaş hacminin artmasıyla takımda aşınmalar meydana gelmiş ve artarak devam etmiştir. Kesici takım 386 cm³ talaş hacmine ulaştığında hedeflenen aşınma miktarına ulaşmış ve deney sonuçlandırılmıştır (Şekil 6.4b). Helis açısı 35° olan kesici takım da ise kaldırılan talaş hacmi 386 cm³'e ulaşıncaya kadar kesici takımda ölçülebilecek herhangi bir aşınma gerçekleşmemiştir. Bundan sonra takımda aşınmalar meydana gelmiştir ve artarak devam etmiştir. Kesici takım 1600 cm³ talaş hacmine ulaştığında hedeflenen aşınma miktarına ulaşmış ve deney sonuçlandırılmıştır (Şekil 6.4a). Buradan, elde edilen aşınma sonuçlarından helis açısı küçük olan takımın aşınmaya daha dirençli olduğu sonucu çıkarılabilir. Helis açısının küçük olmasıyla kama açısı (included

angle) daha büyük olan takım elde edilir. Kama açısı büyük olan takım işleme esnasında oluşan ısıya daha dirençli hale geleceği için daha uzun ömürlü olur.



(a)

(b)

Şekil 6.4. Kesici takımlarda oluşan aşınmalar a) 45° helis açılı ve b) 35° helis açılı.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ç 8640 çelik malzemenin iki farklı helis açısına sahip kaplamalı karbür parmak freze ile işlendiği bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Deneylerde en yüksek ortalama yüzey pürüzlülük değeri Ra 1,149 μm , 70 m/dk kesme hızında elde edilirken, en düşük yüzey pürüzlülük değerleri Ra 0,652 μm , 80 m/dk kesme hızında elde edilmiştir.
2. Her iki kaplamalı parmak freze ile yapılan deneylerde de kesme hızlarındaki artış ile yüzey pürüzlülük değerlerinde genellikle düşüş gözlenmiştir. Helis açısı 45° olan parmak freze ile yapılan deneylerde genellikle daha yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.
3. Artan kesme hızıyla kesme kuvvetlerinin 70 m/dk'ya kadar çok değişmediği ancak kesme hızının 80 m/dk'ya çıkmasıyla ciddi artışlar olduğu görülmüştür.
4. 35° helis açısına sahip kaplamalı parmak frezenin 45° helis açılı kaplamalı parmak frezeye göre çok daha az aşınma sergilediği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Boy, M., “Kesme parametrelerine bağılı olarak talaş arka yüzey sıcaklığının deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2004).
2. Günay, M., “Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (2003).
3. Şirin, E., “AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin frezede işlenebilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara,52-84 (2010).
4. Ghani, J. A., Choudhury, I. A., and Masjuki, H. H., “Wear mechanism of TiN coated carbide and uncoated cermets tools at high cutting speed applications”, *Journal of Materials Processing Technology*, 153–154: 1067–1073 (2004).
5. Çiftçi, K., “Mikroalaşımli çeliklerin frezelenmesinde kesme parametrelerinin talaşlı işlenebilirliğe etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2005).
6. Koshy, P., Dewes, R. C., and Aspinwall, D. K., “High speed end milling of hardened AISI D2 tools teel”, *Journal of Materials Processing Technology*, 266–273 (2002).
7. Ekmen, M. S., “Frezelemede takım helis açısı ve kesme yüksekliğinin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (2015).
8. Mamsour, A., and Abdalla. H., “Surface roughness model for end milling: A semi-free cutting carbon casehardening steel EN 32 in dry condition”, *International Journal of Materials Processing Technology*, 181–191 (2002).
9. Nas, E., “Frezeleme işleminde kesici uç sayısının titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 49-68 (2008).
10. Toh, C. K., “Static and dynamic cutting force analysis when high speed rough milling hardened steel”, *Materials and Design*, 25: 41–50 (2004).
11. Hacibektaşoğlu, Y., “Kullanılmış parmak frezelerin yeniden bileme sonrası performanslarının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2014).

12. Seymen, Y., “Alüminyumun (Al7075) elmas benzeri karbon (DLC) kaplanmış parmak freze ile işlenmesinin deneysel incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul 21-46 (2009).
13. Şirin, Ş., “Al₂O₃ seramik malzemenin talaşlı imalat metotlarıyla şekillendirilmesinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara,47-57 (2012).
14. Oktay, H., “Eğik yüzeylerin frezelenmesinde farklı işleme yönlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2011).
15. Gökkaya, H., Sur, G., ve Dilipak, H., “Kaplamasız sementit karbür kesici takım ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 12 (1): 59-64 (2006).
16. Gu, J., Barber, G., Tung, S., and Gu, R. J., “Tool life and wear mechanism of uncoated and coated milling insetr”, *Wear*, 225-229: 273-284 (1999).
17. Özçatalbas, Y., “1050, 4140 ve 8620 Çeliklerinin ısıl işleme değişen mikro yapı ve mekanik özelliklerine bağlı işlenebilirliği”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 184 (1996).
18. Korkut, İ., and Dönertaş, M. A., “The influence of feed rate and cutting speed on the cutting forces, surface roughness and tool-chip contact length during face milling”, *Materials & Design*, 28: 308-312, (2007).
19. Diniz, A. E., and Filho, J. C., “Influence of the relative positions of tool and workpiece on tool life, tool wear and surface in the face milling process”, *Wear*, 232: 67-75 (1999).
20. Santos, Dos, A. I. B., Duarte, A. V. M., Abrao, A. M., and Machado, R. A., “An optimisation procedure to determine the coefficients of the extended taylor's equation in machining”, *Int. Journal of Machine Tools Manufacture*, 39: 17-31 (1999).
21. Sağlam, H., “Frezelemede kesme parametreleri ile kesme kuvvetlerinin değişimi ve bunların takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi”, *Selçuk-Teknik Online Dergisi*, ISSN 1302-6178 1, 3 (2001).
22. Motorcu, R. A., “Ç1050 ve Ç4140 Çeliklerinin seramik takımlarla işlenmesinde optimum takım ömrünü sağlayan parametrelerin taguchi yöntemiyle belirlenmesi ve takım aşınmalarının incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24 (4) : 699-708 (2009).
23. Sayit, E., “Küresel grafitli dökme demir malzemeler için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizi” Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 1-40 (2007).

24. Acır, A., Karakaş S. M., Übeyli M., ve Asal Ö., “Metal martriksli kompozitlerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının aşınmaya etkisinin deneysel incelenmesi”, *Timak-Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, Balıkesir, 26-28 Nisan (2006).
25. Gezgin, A., “Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-111 (2007).
26. Ghani, J. A., Choudhury, A., and Masjuki, H. H., “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 (2004).
27. Wang, J. J., and Junz, Z. M. Y., “On the machining characteristics of H13 tool steel in different hardness states in ball end milling”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 22: 855–863(2003).
28. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri Ve Takım Tezgahları”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 30-80 (1992).
29. Kulaksız, Ö., Çakır, Ö., ve Ulusoy, O., “Metal Meslek Bilgisi”, *Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları*, Ankara, 18-29 (1995).
30. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri Ve Takım Tezgahları”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi*, İstanbul, 85-90 (2000).
31. Şahin, Y., “İmal Usulleri”, *Gazi Yayınevi*, Ankara, 269-280 (2003).
32. Şahin, Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt-1”, *Gazi Yayınevi*, Ankara, 175-180 (2000).
33. Galyer, J. F. W., and Shotbolt, C. R., “Metrology for Engineers”, *Cassel Publishers Limited*, London, 1 (9): 191-194, (1993).
34. Uçar, M., ve Ay, M., “Parmak freze ile kanal ve alın yüzey işlemede takım eksenini ile işlenen yüzey arasındaki paralelliğin bozulmasına etki eden kesme parametrelerinin incelenmesi”, *Makine-İmalat Sempozyumu*, Konya, (1999).
35. Özcan, E., “CNC tezgahlarda kullanılan kesici takımlarda takım aşınmasının kesme performansına dinamik etkileri”, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2001).
36. Şeker, U., “Tal-408 Takım Tasarımı Ders Notları”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, (1997).
37. ISO 8688-2, “ Tool Life Testing in Milling Part 2 , End Milling, International Standart Catalogue”, *ISO 8588-Z* , (E): (1989)

38. Güllü, A., “Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-5 (1995).
39. Özses B., “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 6-2 (2002).
40. Bayrak, M., “Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-35 (2002).
41. Gadelmavla, E. S., and Koura, M. M., “Roughness parameter”, **Journal Of Material Processing Technology**, 123: 133-145 (2002).
42. Çakır M. C., “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, **Nobel Yayın Dağıtım**, 2. Baskı, Ankara (2006).
43. Serfiçeli, Y. S., “Malzeme Bilgisi”, **Milli Eğitim Basımevi**, İstanbul (2000).
44. Erdoğan, M., “Mühendislik Alaşımalarının Yapı Ve Özellikleri, Cilt 1”, **Nobel Yayın Dağıtım**, 265-274 (2000).
45. Demirok, S., “Çeliklerin farklı sertlik oranlarında işlenebilirliklerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gebze (2008).
46. Topbaş, M. A., “Çelik Ve Isıl İşlem El Kitabı”, **Ekim Ofset**, İstanbul, (1998).
47. Fischer, U., “Metal Meslek Bilgisi”, **Milli Eğitim Bakanlığı Yayınevi**, Ankara, (1995).
48. Tabur, M., “Farklı ısıl işlemlerdeki 8620 sementasyon çeliğinin abrasif aşınma davranışları”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2003).
49. Tuncer, E., “Aşınmaya dayanıklı çelikler ile genel yapı çeliğinin kaynağında birleşme özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2006).
50. Çınar E., “Tasarımda (Konstrüksiyonda) malzeme seçimi”, Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Resim ve Konstrüksiyonu Öğretmenliği**, Ankara (2007).
51. Düzgün, D., “Uygulanmış Makine Elemanları, 8. Baskı”, **TSE Bakanlıklar**, Ankara (2004).
52. Trent E. M., and Wright P. K., “Metal Cutting, 4. Edition”, **Elseiver**, US (2000).

53. Savaşkan, T., “Malzeme Bilgisi Ve Muayenesi, 2. Baskı”, *Derya Kitapevi*, Trabzon (2000).



ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ÖNDER 1984 yılında Mersin’de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Mersin Teknik Lisesi Makine Bölümü’nden mezun oldu. 2004 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü/Makine Resim Ve Konstrüksiyon Anabilim Dalı’nda öğrenimine başlayıp 1 yıl İngilizce hazırlık okuyarak 2009 yılında “iyi” derece ile mezun oldu. Mezuniyetinden hemen sonra Gazi Üniversitesi, Gazi Meslek Yüksek Okulu ve Şehit Büyükelçi Daniş Tunalıgil Endüstri Meslek Lisesi’nde öğretmenliğe başladı 2010 yılında bu okullarla beraber Ostim Meslek Yüksek Okulu’ndada ders vermeye başladı. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programına askerlik hizmetini yapmak için ara verdi. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda başladığı Yüksek Lisans Programına kaldığı yerden devam etmektedir. 2014 yılında Oyak Grup şirketlerinden olan İskenderun Demir Çelik A.Ş.’nde Vardiya Amiri Yardımcısı pozisyonunda çalışmaya başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karayılan Mah.14 Sk.
İ.D.Ç. Lojmanları E5/29
İskenderun / HATAY
Tel : (543) 417 7845
E-posta : onder.ahmet@hotmail.com