

**EĞİK YÜZEYLERİN FREZELENMESİNDE FARKLI
İŞLEME YÖNLERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

Hakan OKTAY

**EĞİK YÜZEYLERİN FREZELENMESİNDE FARKLI İŞLEME
YÖNLERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Hakan OKTAY

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

**KARABÜK
Haziran 2011**

Hakan OKTAY tarafından hazırlanan “EĞİK YÜZEYLERİN FREZELENMESİNDE FARKLI İŞLEME YÖNLERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Halil DEMİR

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 04 /05 / 2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÜNAY (KBÜ)

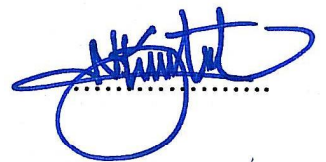


...../...../2011

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

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

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.”

Hakan OKTAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EĞİK YÜZEYLERİN FREZELENMESİNDE FARKLI İŞLEME YÖNLERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hakan OKTAY

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Halil DEMİR

Haziran 2011, 57 Sayfa

Bu çalışmada, DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği malzemeden hazırlanan deney numuneleri, tek ağızlı, değiştirilebilir uçlu, 12 mm çapında 90° yanaşma açılı frezeleme takımı kullanılarak, frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Frezeleme deneyleri beş farklı kesme hızı ($V_c=75$ m/dak, $V_c=100$ m/dak, $V_c=125$ m/dak, $V_c=150$ m/dak ve $V_c=200$ m/dak), dört farklı dış başına ilerleme miktarı ($F_{z1}=0,04$ mm/diş, $F_{z2}=0,08$ mm/diş, $F_{z3}=0,16$ mm/diş ve $F_{z4}=0,24$ mm/diş), 0,6 mm sabit kesme derinliği ve 6 farklı yanal ilerleme (0,15 mm, 0,30 mm, 0,45 mm, 0,60 mm, 0,90 mm ve 1,20 mm) değerleri uygulanarak 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.

Anahtar Sözcükler : Plastik kalıp çeliği, frezeleme, işleme yönleri, yüzey pürüzlülüğü.

Bilim Kodu : 708.3.028

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

AN INVESTIGATION INTO THE INFLUENCES OF DIFFERENT MILLING DIRECTIONS ON THE SURFACE ROUGHNESS WHEN MILLING SLOPED SURFACES

Hakan OKTAY

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Halil DEMİR

May 2011, 57 pages

In this study, milling tests on DIN 1.2738 plastic injection mould steel workpieces were carried out using a single tooth indexable end mill of 12 mm in diameter. The cutting tools were cemented carbide. Milling tests were carried out at five different cutting speeds (75, 100, 125, 150 and 200 m/min), four different feed rates (0.04, 0.08, 0.16 and 0.24 mm/tooth), six different radial feed rates (0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.90 and 1.20 mm) and at a fixed depth of cut without using coolant. In addition, six different milling directions were used. The influences of different cutting parameters and milling directions on the resultant workpiece surface roughness values were examined. Different milling directions at the same cutting parameters were found to result in variations in the surface roughness values.

Key Words : Plastic mould steel, milling, milling directions, surface roughness.

Science Code : 708.3.028

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca beni yönlendiren, yardım ve desteğini esirgemeyen çok değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Halil DEMİR'e ve kıymetli hocalarım Prof. Dr. Ulvi ŞEKER, Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ, Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ, Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÜNAY, Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ, Doç. Dr. Dursun ÖZYÜREK, Yrd. Doç. Dr. Yakup TURGUT, Yrd. Doç. Dr. Gökhan SUR ve burada adlarını sayamadığım bilgi, tecrübe ve görüşleriyle her zaman yardımcı olmaya çalışan tüm hocalarıma, arkadaşlarıma.Fürkan MİHMAT, Arş.Gör. Gültekin UZUN ve Öğr.Gör. Vakkas YILDIRIM'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarımında kullanılacak tezgâh temininde yardımlarını esirgemeyen, Őuan da aktif olarak çalıştığım EKSFÖRM PLASTİK METAL KALIP LTD. ŐTİ. firma yetkilileri Adnan Erkan BÖLÜKOğLU ve Hakan ERGEN'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman üzerimde hissettiğim aileme en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Benimle bir ömür aynı yuvayı paylaşacak olan çocuğumun annesi biricik eşime, çalışmalarım süresince desteğini esirgemediği için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	5
LİTERATÜR ÇALIŞMASI	5
2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
2.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ	11
BÖLÜM 3.	13
TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK.....	13
3.1. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİ	13
3.2. İŞLENEBİLİRLİK	14
3.3. FREZELEME.....	14
3.3.1. Frezelemede Kullanılan Kesici Takımlar	18
3.3.2. Kesme Hızı Ve İlerleme Hızı	19
3.3.2.1. Frezelemede Kesme Hızı	20
3.3.2.2. Frezelemede İlerleme Hızı	21
3.3.2.3. Frezelemede Talaş Derinliği	21
3.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	22

	<u>Sayfa</u>
3.4.1. Yüzey Yapısının Özellikleri	23
3.4.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar	24
3.4.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	24
3.4.4. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri	24
3.4.4.1. Örnekleme Uzunluğu Ve Örnekleme Sayısı	24
3.4.4.2. Ortalama Çizgisi.....	25
3.4.4.3. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	25
3.4.4.4. Genlik Dağılım Eğrisi (Rsk)	26
BÖLÜM 4.	25
MATERYAL VE METOT	27
4.1. DENEY MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ.....	27
4.1.1. Deney Numunelerin Hazırlanması.....	27
4.2. DENEYLERDE KULLANILAN KESİCİ TAKIM VE KESME PARAMETRELERİ	28
4.3. DENEYLERDE KULLANILAN CNC FREZE TEZGÂHI	29
4.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ	30
4.5. BELİRLENEN KESME PARAMETRELERİNE GÖRE UYGULANAN DENEY PLANLARI	31
BÖLÜM 5.	37
5.1. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	37
5.1.1. Diş Başına İlerlemenin, 1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin, Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	37
5.1.2. Diş Başına İlerlemenin, 2 ve 4 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	39
5.1.3. Z yönünde adımlamanın, 1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	40
5.1.4. Yanal Adımlamanın, 5 ve 6 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	41
5.1.5. Farklı Kesme Hızlarının, 1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	43
5.1.6. Farklı Kesme Hızlarının, 5 ve 6 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	44

5.1.7. Farklı Kesme Derinliklerinde, 1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	45
5.1.8. Farklı Kesme Derinliklerinde, 5 ve 6 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	46
5.1.9. Farklı Yanal Adımlama Değerlerinde, 5 Yönünde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	47
5.1.10. Farklı Yanal Adımlama Değerlerinde, 6 Yönünde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	48
BÖLÜM 6.	50
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Araba tekerleği modeli çelik kalıp boşluğu (52 HRC) ve çentikli kenar detayı.....	10
Şekil 3.1. İlk universal freze tezgahı.....	15
Şekil 3.2. Frezeleme metotları ve freze çakıları	16
Şekil 3.3. a) Zıt yönlü kesme, b) Aynı yönlü kesme.....	17
Şekil 3.4. Kesici takım tipleri	18
Şekil 3.5. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri.....	23
Şekil 3.6. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu.....	25
Şekil 3.7. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi.....	25
Şekil 3.8. Profil ve genlik dağılım eğrisi.....	26
Şekil 4.1. Deney numunesinin boyutları	28
Şekil 4.2. Deney numunesinin üç boyutlu görünüşü	28
Şekil 4.3. Deneylede kullanılan CNC dik işleme merkezi tezgah.....	30
Şekil 5.1. 100 m/dak sabit kesme hızında farklı diş başı ilerleme miktarlarına göre 1 ve 3 yönlerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.	37
Şekil 5.2. 100 m/dak sabit kesme hızında farklı diş başı ilerleme miktarlarına göre 2 ve 4 yönlerinde işleme sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.....	39
Şekil 5.3. 100 m/dak Sabit kesme hızında, 1 ve 3 yönleri kullanılarak, farklı z adımlamalara göre yapılan işlemlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri	40
Şekil 5.4. Z yönünde 0.45mm adımlama sonucunda temsilen 1 pasoda oluşan kesme hareketinin mevcut durumu.....	41
Şekil 5.5. 100 m/dak Sabit kesme hızında, 5 ve 6 yönleri kullanılarak, farklı yanal adımlamalara göre yapılan işlemlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri	42
Şekil 5.6. Sabit diş başı ilerleme miktarlarında, farklı kesme hızlarında 1 ve 3 yönünde yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri.....	43
Şekil 5.7. Sabit diş başı ilerleme miktarlarında, farklı kesme hızlarında 5 ve 6 yönünde yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri.....	44
Şekil 5.8. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı kesme derinliklerinde, 1 ve 3 yönlerinde işleme yönlerine oluşan yüzey pürüzlülük değerler	45

Sayfa

Şekil 5.9. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı kesme derinliklerinde, 1 ve 3 yönlerinde işleme yönlerine oluşan yüzey pürüzlülük değerleri ...	47
Şekil 5.10. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı yanal adımlamalarda, 5 yönünde işlemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri.....	48
Şekil 5.11. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı yanal adımlamalarda, 6 yönünde işlemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri.....	49
Şekil 6.1. Deneylerde kullanılan işleme yönleri	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Deneyleerde kullanılan DIN 1.2738 çeliğinin kimyasal bileşimi ve Brinell sertlik değeri.....	27
Çizelge 4.2. Kesici takım ve takım tutucu özellikleri	29
Çizelge 4.3. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.....	30
Çizelge 4.4. Deneyleerde kullanılan farklı işleme yönleri.....	31
Çizelge 4.5. Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri.....	31
Çizelge 4.6. Diş başına ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı	32
Çizelge 4.7. Aşağı adımlamanın yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı.....	33
Çizelge 4.8. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı	34
Çizelge 4.9. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı	35
Çizelge 4.10. Dik işlemede (5ve 6 Yönü)yanal ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerinin araştırılması için uygulanan deney planı	36

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

a	:	Kesme derinliği
D	:	Kesici takım apı
N	:	Devir sayısı
F	:	İlerleme hızı
F_z	:	Diş başına ilerleme miktarı
l	:	Örnekleme uzunluğu
l_n	:	Ölçüm uzunluğu
m	:	Metre
R_a	:	Ortalama yüzey pürüzlülüğu (μm)
V_b	:	Takım uç aşınması
V_c	:	Kesme hızı
Z	:	Kesici ağız sayısı
μm	:	Mikrometre

KISALTMALAR

Al	: Alüminyum
CBN	: Kübik bor nitrit
PCBN	: Çok kristalli kübik bor nitrit
HB	: Brinell sertlik değeri
HSS	: Yüksek hız çeliği
PCD	: Çok keristalli elmas
PVD	: fiziksel buhar çöktürme
CVD	: Kimyasal buhar çöktürme
SEM	: Tarama elektron mikroskobu (Scanning electron microscope)
TiN	: Titanyum nitrit
TiCN	: Titanyum karbon nitrit
AISI H13	: Sıcak iş takım çeliği
Ck 45	: İmalat çeliği
AISI D2	: Soğuk iş takım çeliği
AISI-D3	: Yüksek kromlu soğuk iş takım çeliği

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Farklı talaşlı imal usulleri kullanılarak yapılan yüzey işlemleri doğrudan veya dolaylı olarak işleme parametrelerinden etkilenmektedir. İyi seçilmeyen işleme parametreleri kesici takımların kırılması, hızlı aşınması gibi ekonomik kayıpların yanı sıra iş parçasının bozulması veya yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır.

Frezeleme, birçok uygulamalar için yaygın olarak kullanılan önemli talaş kaldırma işlemidir. Talaş kaldırmada asıl amaç; en düşük maliyetle en yüksek üretim miktarını maksimum takım ömrü ile elde etmektir. Ayrıca otomotivden havacılığa, kalıpcılıktan savunma sanayine kadar endüstrisinin hemen her alanında yaygın olarak karşılaşılan bir talaşlı imalat yöntemidir. Frezeleme işlemlerinde birçok tipte bulunan kesici takımlar kullanılmaktadır [1]. Talaş kaldırma işlemlerinde kullanılan takımların kesici kenarları yeterince keskin olmasına rağmen, talaş kaldırma işlemleri sırasında oluşan gerilmeler karşısında oldukça fazla zorlanırlar. Bu sebeple, kesici takımın bu gerilmeleri karşılayabileceği optimum kesit ve kesmeyi kolaylaştıracak kesme parametrelerini belirlemek için pek çok araştırma yapılmıştır [2].

Her işleme tekniğinin doğrudan veya dolaylı olarak etkilendiği işleme parametreleri vardır. Eğer, bu parametrelerin ilişkileri iyi bilinmez ve büyüklükleri doğru seçilmezse, yapılacak işlemin sonucu da önceden tahmin edilemeyecektir [3]. Frezeleme işlemi, kalıp imalatında da üretim basamaklarından biridir. Yüzey pürüzlülüğünün ön plan da bulundurulduğu kalıpcılık sektöründe kullanılan kalıp çeliklerinin genel olarak DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği olarak kullanılması en uygun seçimlerden birisidir. Çeşitli yöntemlerle üretilmiş parçaların etkin bir şekilde işlevlerini yerine getirebilmelerinde yüzey kalitesi önemli bir faktördür. İşlenmiş

parçaların yüzey pürüzlülükleri, aşınma direnci ve yorulma direnci gibi özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüzey kalitesi, aynı zamanda talaşlı imalat işlemlerinin verimliliğini değerlendirmede de önemli bir faktördür. Torna ve freze gibi talaşlı imalat yapan tezgâhlarda kaldırılacak her talaş derinliği için kesici takım iş parçası yüzeyinden bir geçiş yapar. Bu işlem sırasında yüzey pürüzlülüğü meydana gelir. Oluşan bu yüzey pürüzlülüğü işlem yapılan malzemenin özelliğine, kullanılan kesme hızına, ilerleme hızına kesme derinliğine, işleme yönlerine ve kesicinin geometrisi vb. gibi özelliklere bağlı olarak oluşur. Üretilmiş parçalarda istenilen kaliteyi elde etmek için yapım resimlerinde belirtilmiş olan yüzey pürüzlülük değerlerinin işlem sonrası sağlanması gerekir. Aksi takdirde, işlenmiş parçalar işlevlerini etkin bir şekilde yerine getiremez veya istenilen yüzey pürüzlülük değerini sağlamak için ilave işlemler gerekebilir [5-6].

Frezelemede kullanılan tezgâh ve kesici takımlar genel veya özel amaçlı olarak geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra kullanılan kesici takımların imal edildikleri malzemeler de değişiklikler arz etmektedir. Günümüzde yüksek hız çeliği (HSS), sinterlenmiş karbür (sert metal), Sermet, seramik, kübik bor nitrit (CBN) ve çok kristalli elmas (PCD) gibi malzemelerden imal edilen birçok kesici takım talaşlı imalatta yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde kesici takım malzemelerine, kimyasal buhar çöktürme (CVD) ve fiziksel buhar çöktürme (PVD) gibi yöntemlerle yapılmaktadır.

Kalıpcılık sektörü başta olmak üzere endüstrinin büyük kısmında eğik yüzeylerin frezelenmesi ve yüzey pürüzlülüğünün istenilen kalitede olması amaçlanmaktadır. Kalıp imalatında eğik yüzeylerin belirli bir profilde işlenmesinde gerek kaba işlemede ve gerekse kalıp çeliğinin sertleştirilmesinden sonra işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü en önemli faktörü oluşturmaktadır. Özellikle sertleştirilmiş kalıbın son paso işlenmesinde, işleme parametrelerine ve işlenecek yüzeyin iş miline göre konumu oluşacak yüzey pürüzlülüğünü de etkilemektedir.

Takım çelikleri, kullanıldıkları yerlerde genel olarak hızlı bir şekilde yüksek gerilmelere maruz kalırlar. Bu nedenle, çalışma koşulları çok güç olan takım çeliklerinin bu hızlı ve yüksek gerilmeler altında deforme olmadan, aşınmadan ve

kırılmadan yüksek performans göstermesi gerekmektedir. Ayrıca takım çeliklerinin yüksek sıcaklıklarda da istenilen özellikleri sağlaması gerekir [7].

Takım çelikleri, sertleştirme şekli ve uygulama yerlerine göre 7 ana grup altında toplanabilirler;

- 1) Suda sertleştirilmiş takım çelikleri
- 2) Darbe dirençli takım çelikleri
- 3) Sıcak iş takım çelikleri
- 4) Soğuk iş takım çelikleri
- 5) Yüksek hız takım çelikleri
- 6) Özel amaçlı takım çelikleri
- 7) Kalıp çelikleri

Bu çalışmada kullanılacak olan DIN 1.2738 (40 Cr Mn Ni Mo 864) çeliği % 1 nikel elementi içeren, nikel ilavesi sebebiyle 400 mm'den kalın boyutlarda çeliğin yüzeyinden merkezinde kadar sertlik azalması olmayan ve mükemmel parlayabilen, nitrasyon, kaynak, desenleme yapılmaya ve krom kaplanmaya uygun, kolay işlenebilen, ısı işleme gerektirmeyen, 280-325 HB ön sertleştirilmiş ve menevişlenmiş plastik kalıp çeliğidir.

Yüksek yüzey parlaklığı beklenen bütün boyutlarda, basınçlı döküm endüstrisi ve plastik enjeksiyon kalıplarının kalıp kasaları ve taşıyıcıları, ekstrüzyon preslerinin kovanları, yüksek gerilmeye maruz kalan büyük boyutlu plastik kalıpları, sentetik türü plastikler için kalıplar, yüksek sıvı basıncı altında metallerin şekillendirme kalıpları ve kauçuk kalıpları gibi kullanım alanları vardır.

Otomotiv ve havacılık sektöründe gelişmeler yeni teknolojik değişiklikleri de beraberinde getirmiştir. Tasarım ortamında karmaşık geometrilere sahip ürünler modellenmeye başlanmış ve bu gelişmeler özellikle dövme, sıvama ve döküm kalıplarında da yeni işleme tekniklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu karmaşık şekle sahip kalıpların işleme sonrası yüzey pürüzlülüğünün kalitesinin uygun olması amaçlanmaktadır. Bu sebepten dolayı karmaşık şekilli ve eğik yüzeyli parçalarda nasıl bir işleme metodunun izleneceği, işleme parametrelerinin nasıl

seçileceği, hangi takımların istenilen en iyi yüzey kalitesini sağlayacağını bilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, 45° eğik yüzey geometrisine sahip DIN 1.2738. çeliği kullanılarak, farklı kesme parametreleri ve farklı işleme yönlerine göre frezeleme işlemi yapılmıştır. Ayrıca 90° yanaşma açılı ve 0.4 mm radyüslü kesici takım ile frezeleme işleminin yüzey kalitesine etkisi incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmada farklı kesme parametreleri ve farklı işleme yönleri kullanılarak elde edilen yüzey pürüzlülüklerinin incelenmesi neticesinde, optimum işleme yönleri, kesme parametreleri ve yüzey pürüzlülüğünün ilişkisinin tespiti amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Baptişta R. ve şimoeş J.F. Antune (2000) alüminyum malzeme kullandıkları çalışmalarında işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla yüzey pürüzlülüğünü incelemek üzere oluşturdukları geometrik model, eğimli yüzeylerden, iç bükey yüzeylerden, dış bükey yüzeylerden ve düz yüzeylerden oluşmaktadır. İşleme parametresi olarak yanal kesme derinliğı, ilerlemeyi ve ilerleme doğrultusunu seçmişlerdir. Düz ve küresel ağızlı olmak üzere iki farklı kesici takım kullanmışlar, ilerleme doğrultusunu 0°, 45° ve 90° olmak üzere üç farklı şekilde seçmişlerdir. Oluşturdukları bu değışkenler ile üç ve beş eksenli frezeleme işlemini yapıp yüzey pürüzlülüklerini ve işleme zamanını ölçmüşlerdir. Sonuç olarak referans kabul ettikleri 1µm yüzey pürüzlülüğüne göre işleme zamanını minimum tutacak şekilde optimizasyon çalışması yapmışlar ve buna ait matematiksel modeller geliştirmişlerdir. İlerleme doğrultusuna, ilerleme hızına, yanal kesme derinliğine, üç ve beş eksenli frezelemeye göre yüzey pürüzlülüğünün nasıl değıştiğini yorumlamışlardır [8].

Korkut I., Dönertaş M.A. (2007) yaptıkları çalışmada alın frezeleme işleminde ilerleme ve kesme hızının, kesme kuvvetine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlar. AISI 1020 ve AISI 1040 olmak üzere iki farklı deney malzemesi kullanmışlardır. Kesme derinliğini sabit tutarak beş farklı kesme hızında ve üç farklı ilerleme hızında X, Y ve Z yönlerindeki kesme kuvvetlerini ve işlenen yüzeylere ait pürüzlülük değerlerini ölçmüşlerdir [9].

Lamikiz A., Lacalle L.N.Lopez de, Sanchez J.A., Salgado M.A. (2004) oyuklu yüzeylerde kesme kuvvetlerinin matematiksel modellenmesi üzerinde çalışmalar yapmışlar, gerçekleştirdikleri deneylerde 8 mm çapında TiAlN kaplamalı küresel ağızlı kesici takım kullanmışlardır. Deneysel çalışmalarında Al 7075-56 alüminyum alaşımı ve 52 HRC sertlikte AISI H13 sıcak iş takım çeliğini kullanmışlardır.

Deneilerini 15°, 30° ve 45° olmak üzere üç farklı eğimli yüzey üzerinde gerçekleştirmişler, işleme parametresi olarak farklı kesme derinliği, farklı ilerleme hızları ve farklı ilerleme doğrultuları kullanmışlardır. Sonuç olarak uygulanan değerlere karşılık, kesme kuvvetlerini ölçmüşlerdir [10].

Naserian R.Salami, Sadeghi M.H., Haghghat H. (2007) çalışmalarında oyuklu yüzeylerin küresel takım ile üç eksenli frezeleme işlemlerinde meydana gelen kesme kuvvetlerini incelemişler, deneylerden önce kesme kuvvetlerine ait matematiksel modeller oluşturmuşlardır. Daha sonra yaptıkları deneyler ile oluşturdukları matematiksel modelin uygunluğunu incelemişler, deneylerinde deney malzemesi olarak Ck 45 çeliği ve 16 mm çapında tek ağızlı küresel kesici takım kullanmışlardır [11].

Urbanski J.P., Koshy P., Dewes R.C., Aspinwall D.K. (2000) yaptıkları çalışmada farklı kalitelerde takma uçlu kesici takımların takım aşınmasını, işlenen yüzeylerin pürüzlülük değerlerini ve kesme kuvvetlerini incelemişlerdir. Üç farklı kalitede kesici takım malzemesi kullanmışlar, ayrıca takma uçlu kesici takımlarla karbür parmak freze takımları da kendi aralarında karşılaştırmışlardır. Takma uçlu takımlarda, TiN kaplamalı, TiAlN kaplamalı ve kaplamasız olmak üzere üç farklı kaplama türü kullanmışlardır. Solid karbür takımında ise kaplama türü olarak TiAlN kullanmışlardır. Deney malzemesi olarak endüstride yaygın şekilde kullanılan AISI H13 sıcak iş takım çeliğini kullanmışlardır. Takım ömrü için $V_b:0,3$ mm değerini ölçüt kabul etmişlerdir. Takım ucu aşınması $V_b = 0,3$ mm'ye ulaştığı anda kullanılan takım, yeni bir takım ile değiştirilmiş ve bu değer takım ömrü için bir ölçüt olmuştur. Araştırmalarında, farklı kaplama türlerine sahip takma uçlu ve karbür parmak freze takımların takım ömrüne, iş parçası yüzey pürüzlülüğüne ve kesme kuvvetlerine olan etkisini incelemişlerdir [12].

Zhang Julie Z., Chen Joseph C., Kirby E.Daniel (2007), yaptıkları çalışmada alın frezeleme işleminde Taguchi metodunu kullanarak yüzey pürüzlülüğüne ait optimizasyon çalışması yapmışlardır. İşleme değişkeni olarak kesme hızını, ilerleme hızını ve kesme derinliğini kullanmışlardır. Takım aşınmasını ve ortam sıcaklığını dış etken olarak değerlendirmişlerdir. Toplam 36 adet deney yapmışlar ve bu

deneyler sonucunda işlenen yüzeylere ait yüzey pürüzlülük değerlerini ölçmüşlerdir. Sonuç olarak farklı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkisini incelemişlerdir [13].

Jerard vd. (2001), yapılan çalışmada çeşitli sertliklere sahip malzemelerin belirli kesme derinliğinde işlenebilmesi için müsaade edilen maksimum ve minimum kesme hızlarını Bulanık Mantık ve Sinir Ağları yöntemi ile bulmuşlardır. Sınırlayıcı faktör olarak kesici takımların özelliklerini kullanan araştırmacı, elde ettiği verileri Machining Data Handbook verileri ile karşılaştırarak hata oranlarını ve sapmaları çizelgeler halinde sunmuştur [14].

Vieira et al, yapmış olduğu çalışmada sementit karbür kesici takımlarla AISI 8640 çeliğinin yüzey frezeleme işlemlerinde sentetik, yarı sentetik ve mineral kesme yağlarının performanslarını incelenmiştir. Kuru kesme deneyleri performans karşılaştırması için yapılmıştır. Frezeleme işlemi sırasında takım ömrü, güç tüketimi ve yüzey pürüzlülüğü gibi parametreler izlenmiştir. Kesme sıvılarının soğutma kabiliyetini ölçmek için AISI 1020 çeliği tornalanarak kesme sıcaklığı ölçülmüştür. En yüksek kesme sıcaklığı sırasıyla; kuru kesme, sentetik, mineral ve yarı sentetik şeklindedir. Fakat güç tüketimi bunun tersi şekilde meydana gelmiştir. En iyi takım ömrü ise sırasıyla; kuru kesme, sentetik ve yarı sentetik yağlarla elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ise kuru kesmede, sulu kesmeye oranla oldukça az bir farkla daha iyi olduğu gözlemlenmiştir [15].

Xavior ve Adithan, çalışmalarında Taguchi, deney tasarım metodunu kullanmışlardır. Deneylerde kesme hızı, kesme derinliği, ilerleme hızı ve kesme sıvısı tipi parametre olarak düşünülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını etkileyen parametreler varyans analizi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda; ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde, kesme hızının da takım aşınması üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda kesme sıvısının hem yüzey pürüzlülüğü hem de takım aşınması üzerinde önemli ölçüde etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Minitab-15 yazılımı kullanılarak serbest yüzey aşınması ve yüzey pürüzlülüğü için çoklu doğrusal regresyon modelleri geliştirilmiştir [16].

Yang ve Chen, çalışmalarında parmak frezeleme işleminde optimum yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için deneysel çalışma yapmışlardır. Bu araştırmanın iki amacı vardır. Birincisi, her bir frezeleme işleminde Taguchi parametre tasarımının sistematik bir prosedür olduğunu göstermek ve frezeleme operasyonlarında Taguchi parametre tasarımını kullanarak optimum yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi amaçlanmıştır [17].

Koshy ve arkadaşları, sertliği 58 HRC AISI D2 soğuk iş takım çeliğini parmak freze ile işleyerek yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Kullandıkları kesici takım PCBN parmak freze ve TiCN ve Al₂O₃ kaplamalı küresel uçlu parmak frezedir. Kesme hızını 200 m/dak. 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 [18].

Ghani ve arkadaşları, tarafından yapılan çalışmada, yüksek kesme hızlarında P10 kalitesinde TiN kaplamalı karbür ve P20 kalitesindeki kaplamasız sermet takım kullanılarak AISI H13 sıcak iş takım çeliğini freze tezgâhında işlemişlerdir. Her iki takım içinde yüksek kesme hızlarında çentik aşınmasının olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, P10 için; 280 m/dak. kesme hızı, 0.16 mm/diş. ilerleme miktarı ve 0.3 mm kesme derinliği ile P20 için; 224 m/dak. kesme hızı, 0.1mm/diş. ilerleme miktarı ve 0.3 mm kesme derinliğinde en iyi takım ömrü değeri kaydedilmiştir [19].

Aslan ve Camuşçu, sertleştirilmiş AISI D3 takım çeliği malzemeleri CBN parmak freze ile yüksek hızda işleyerek kesici takım performansını incelemişlerdir. AISI D3 takım çeliğini sertleştirerek 35 HRC ve 62 HRC' ye sertliklerini elde etmişlerdir. Bu çalışmada seramik bağlayıcılı CBN takımlar mükemmel talaş kaldırma kabiliyeti göstermişlerdir [20].

Diniz ve Filho, düzlem yüzey frezeleme işlemlerinde, takım ömrü, takım aşınması ve son işlemlerin takım ve malzeme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ayrıca, takım ve malzeme bağlama pozisyonlarının takım ömrüne ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerini incelemişlerdir. Asıl kesici kenar üzerindeki aşınmanın, malzemenin yüzey

pürüzlülüğüne etkisinin bulunmadığını ve yüzey pürüzlülüğünün birbirini takip eden kesici kenarların üzerindeki aşınmadan dolayı oluştuğunu göstermişlerdir [21].

Fu ve arkadaşları, çok kesici ağızlı freze çakısı ile düzlem yüzey frezeleme işleminde meydana gelen kesme kuvvetlerinin hesaplanmasını sağlayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Matematiksel modelde kesme kuvvetlerinin hesaplanmasında, kesici takım geometrisini, kesici takım iş mili eğikliğini dikkate alarak, talaş kesit alanını hesaplamışlardır. Daha sonra da kesme kuvvetlerini hesaplamışlardır. Kesici takımın farklı kesme hızları ve ilerleme miktarları için özgül kesme kuvveti katsayısını ve teğetsel olarak etki eden kuvvetlerin, radyal kuvvete dönüş katsayılarını yaptıkları deneysel çalışmalarla bulmuşlardır. Deneysel olarak buldukları sonuçların teorik olarak hesaplanan kesme kuvveti sonuçlarıyla uyum sağladığını göstermişlerdir [22].

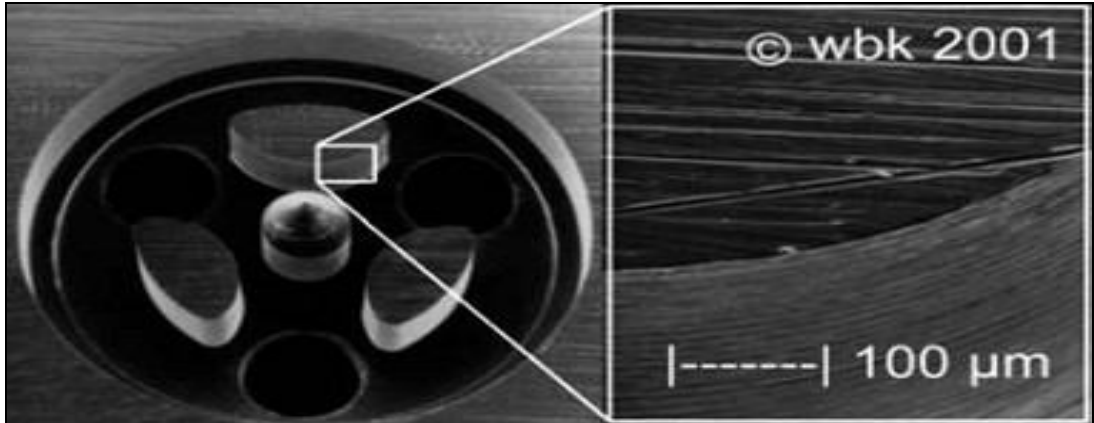
Shunmugam ve arkadaşları, çok ağızlı kesici takımlarla düzlem yüzey frezeleme yönteminde bir genetik algoritma ile optimum kesme şartlarını incelemişlerdir. Talaş kaldırma işleminde kesme parametrelerinden kesici ağız sayısı, kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliğini tespit ederek optimum sonuç veren kesme parametrelerini seçmişlerdir. Maliyetin en aza indirgenmesi için paso sayısı, her pasodaki kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme miktarı, parametrelerinin önemli olduğu üzerinde durmuşlardır [23].

Lee ve Ko, çevresel frezeleme yöntemi ile uzun ve derin talaş kaldırma söz konusu olduğu durumlarda, yüzey kalitesi hassasiyetini arttırmak için zıt ve aynı yönlü frezeleme yöntemi performanslarını teorik ve deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada değişik takım geometrileri ve kesme koşulları kullanarak kesme kuvvetlerini ölçmek için geometrik yaklaşımı okuyan bir program geliştirmişlerdir. Bu deneyler sonucunda; aynı yönlü frezelemeye nazaran, zıt yönlü frezeleme metoduyla yüzey hatalarının büyük oranda azaltılabilir olduğunu göstermişler ve optimum kesme koşullarını tavsiye etmişlerdir [24].

Jawaid ve arkadaşları, düzlem yüzey frezeleme işleminde kullanılan kesici takımların aşınma mekanizmaları üzerinde çalışmışlardır. Farklı kesme koşullarında takım ömrü,

takım aşınması ve aşınma mekanizmalarını deneysel olarak incelemişlerdir. Kaplanmış takımlarda sonlu elemanlar metoduyla, iş parçasındaki difüzyonun, termal çatlaklıkların ve plastik deformasyonun kesici takım aşınmasına etkilerini analitik olarak açıklamışlardır [25].

Schmidt and Tritschler, yaptıkları çalışmada, sert kalıp çeliklerinin işlenmesinde mikro freze uçlarının yeterli ve ekonomik olup olmadıkları araştırılmıştır. Bu çelik malzemeleri işleyecek takımın, mikro yapı boyutunu, geometrik doğrusalığını ve aşınma sınır değerlerini saptamak gerektiği üzerinde durmuşlardır. Bu Amaçla 42 ve 56 HRC sertlikte ısıtılmış işlem görmüş takım çeliği malzemesi işlenerek bir dizi deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sonraki aşamada teorik kesme kuvvetleri hesaplanmış ve her malzeme için ayrı ayrı ilerleme hızlarına bağlı olarak kesme kuvveti diyagramı, düzlemselliğe bağlı olarak yüzey pürüzlüğü grafiği çıkartılmıştır. Sonuç olarak çeşitli sertlikte ayarlanmış çeliklerde 0,5 μm ve 1,6 μm yüzey pürüzlüğü elde edilmiştir. Bunun yanı sıra mikro freze ile açılan kanallarda meydana gelen çapak oluşumu izlenmiştir. (Şekil 2.1.)Çalışmada ayrıca iş kalıpları açısından yüzey kalitesi ve işleme zamanı üzerine olumlu sonuçlar alındığı belirtilmiştir [26].



Şekil 2.1. Araba tekerleği modeli çelik kalıp boşluğu (52 HRC) ve çentikli kenar detayı.

Bisacco et al., Mikro, enjeksiyon kalıplarında kullanılan çeliklerin işlenebilirliği üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ancak, kalıp malzemelerinin sert olması ve mikro frezelerinin kesme derinliğinin çok düşük değerlerde olmasının önemli bir engel teşkil ettiği ifade edilmiştir. Mikro kalıplarda istenilen yüzey pürüzlülüğünü elde edebilmek amacıyla, küresel uçlu mikro frezelerle, düz uçlu mikro frezeler

teorik olarak karşılaştırılmıştır. Teorik anlamda deneye referans oluşturması amacı ile uygun kesme parametreleri simule edilerek tasarlanmıştır. Tezgâhın rijitliğinin korunması için bulunduğu çalışma ortamı sıcaklığı, 21°C' de sabit tutulmuştur. İş parçası malzemesi olarak 58 HRC sertliğine sahip paslanmaz çelik seçilmiştir. Frezeleme işleminde iki ağızlı kesici uç ile birlikte %5 emülsiyonlu kesme sıvısı kullanılmıştır. Çalışmada, teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların birbiriyle uyum içerisinde olduğu görülmüştür. SEM vasıtası ile çekilen fotoğraflarda talaş artıklarının yüzey üzerinde iz bıraktığı, fakat bunun yüksek öneme sahip olmadığı belirtilmiştir [27].

Gologlu, C., Sakarya, N., yaptıkları çalışmalarına Cep frezeleme operasyonları, plastik enjeksiyon kalıplarının üretiminde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu operasyonlarda, elde edilmek istenen yüzey pürüzlülük değerleri ile finish frezeleme operasyonları arasında büyük oranda bir ilişki vardır. Seçilen takım yolu stratejisi ve bunun uygulanması kesme parametreleri ile birlikte yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kullanılan değişken parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini tahmin etmek mümkün olmamaktadır. Bu çalışmanın başlıca amacı, DIN 1.2738 plastik kalıp çeliğinin yüksek hız takım çeliği (HSS) parmak freze kullanılarak işlenmesinde en iyi kesme karakteristiklerini belirlemektir. Burada, kesme parametreleri olarak kesme hızı, ilerleme hızı ve yukarı adımlama göz önünde bulundurulmuştur. İkinci amaç ise takım yolu stratejilerinin cep frezeleme üzerindeki etkilerini belirlemek olmuştur. Her iki amaç için de Taguchi deney tasarım metodunu kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir [28].

2.2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bugüne kadar yapılan bilimsel çalışmalar değerlendirildiğinde, endüstride üretimi yaygın olan plastik enjeksiyon kalıplarında kullanılan malzemelerinin işlenebilirliği üzerinde farklı kesici takımlar yardımıyla frezeleme operasyonları ile ilgili birçok deneysel çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Çalışmalarda kullanılan farklı kesme parametrelerinin ve farklı frezeleme yönleri ile işleme stratejilerinin kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve kesici takım ömrü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Geliştirilen deneysel metotlar ve yaklaşımlar ile yapılan çalışmalar doğrultusunda

elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan deney malzemelerinin içerisinde DIN 1.2379 – 1.2080 soğuk iş takım eliği, DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği ile DIN 1.2738 plastik kalıp çeliklerinin büyük kullanım alanlarına sahip oldukları grlmştir. Ancak, yapılan bu çalışma ile DIN 1.2738 plastik kalıp çeliğinin farklı kesme parametreleri uygulanarak farklı işleme yönlerine göre elde edilen yüzey pürüzlülükleri incelenmiş ve böylece literatürdeki eksiklikleri gidereceği dşnlmştir.

BÖLÜM 3

TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK

3.1. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİ

Şekillendirilecek iş parçası üzerinden kesici takımlar yardımıyla küçük parçacıklar halinde malzeme koparılarak (talaş) yapılan imalata talaşlı imalat denir. İşlemin esası, takım ile iş parçası malzemelerinin birbirinden farklı sertlikte olmaları ve böylece talaş kaldırılabilmesidir. Talaşlı imalat işleminde etkin olan kesme hareketi iş parçasının kesici takım önündeki plastik deformasyonunu ve deforme olan bu katmanın talaşa dönüşmesini gerektirir. Bu yöntem çoğunlukla metalleri şekillendirmek için uygulansa da, diğer malzemelerde aynı yöntemle şekillendirilebilir [29-30].

Talaş kaldırma işleminin amacı parçalara sadece bir şekil vermek değil, bunları geometrik, boyut ve yüzey bakımından imalat resminde gösterilen belirli bir doğruluk derecesine göre imal etmektir. Buna işleme kalitesi denir [31].

Ayrıca sıcaklık, talaş kaldırma işlemini doğrudan etkiler, sıcaklık gereğinden fazla olursa, takım malzemesi üzerinde olumsuz etkilerde bulunur. Kesme kenar geometrisi, belirli işleme şartları altında sıcaklık, kesme kuvvetleri ve talaş teşekkülünün kontrol altında tutulmasını gerektirir. Kesici takım geometrisinin tasarımı sırasında, gerçekleştirilecek talaş kaldırma işleminin, takım ömrü ve uç mukavemeti üzerindeki etkilerinin de dikkate alınması gerekir. Bir kesici kenar ile bir metalden talaş kaldırma sırasında, kesici takım iş parçası malzemesinin bir bölümünü plastik olarak deforme eder ve talaş oluşumu başlar. Talaş olarak ayrılacak malzeme tabakası üzerindeki gerilmeler, bu tabaka kesici kenara yaklaştıkça artar. Bu artan gerilmeler malzemenin akma sınırına ulaştığı anda metal içerisinde elastik ve

plastik deformasyonlar meydana gelir. İş malzemesinin tipine bağlı olarak değişik talaş tipleri (sürekli, kesintili, kırık) oluşur.

3.2. İŞLENEBİLİRLİK

İş parçasının işlenebilme kabiliyeti olarak ifade edilmek ile birlikte, uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak bir malzemeyi talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirebilmenin nispi kolaylığı veya zorluğu olarak da tanımlanabilir. Kesici takımlardaki gelişmeler, değişen koşullar ve metotlar nedeniyle işlenebilirlik kavramı ifade edilmesi zor olan bir kavramdır. İşlenebilirliğin incelenmesi esnasında İş parçası malzemelerinin metalürjisi, mekaniği, ısıl işlemi, katkı maddeleri, içerisindeki kalıntılar, yüzeyindeki sert tabakanın kalınlığı gibi özellikler işlenebilirliği etkiler. Bu etkilerin yanı sıra işlenebilirlik üzerinde kullanılan kesici kenarın, takım tutucunun, takım tezgâhının, işlemlerin ve işleme koşullarının da etkisi büyüktür [32-33].

İşlenebilirlik, ekseriyetle malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerine de bağlıdır [34].

İşlenebilirliği değerlendirmek için bir çok kriter göz önünde bulundurulmaktadır. Bunlardan en yaygın olanları:

- 1) Takım ömrü
- 2) Kesme kuvvetleri ve harcanan enerji veya güç
- 3) İşlenen yüzey kalitesidir [35].

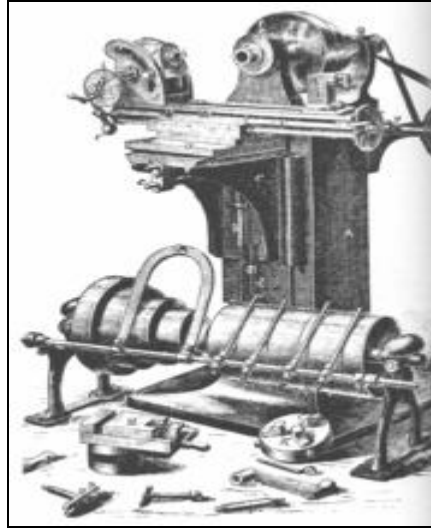
3.3. FREZELEME

Frezeleme, prensip olarak dönen çok uçlu bir kesici takım ile iş parçasının doğrusal hareketi sonucunda gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir. Günümüzde frezeleme işleminde takım, hemen hemen her yönde iş parçasına doğru hareket

edebilmektedir. Frezeleme genellikle düzlemsel yüzeylerin, dik köşelerin ve kanalların işlenmesinde kullanılan bir işlemdir [36].

İlk üniversal freze tezgahı (Şekil 3.1) 1861 yılında Joseph R. Brown (Brown&Sharp) tarafından helisel matkapların helisini yapmak için icat edilmiştir.

1864 yılında ise Brown formlu freze çakıları geliştirmiş ve patentini almıştır [Woodbury, 1972].



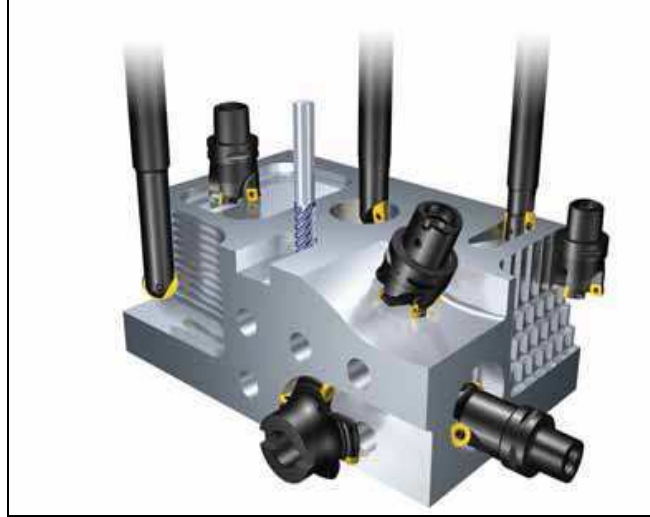
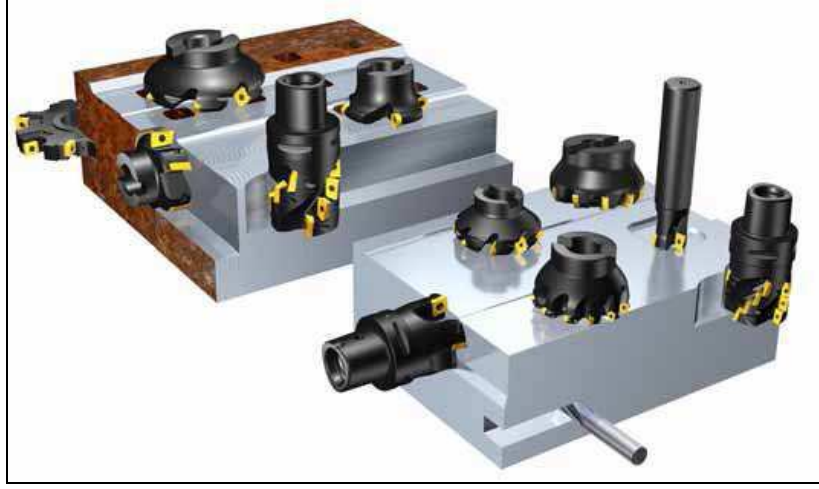
Şekil 3.1. İlk üniversal freze tezgahı.

Gelişen teknoloji ile birlikte Bilgisayar Sayısal Denetim(BSD)'li tezgahlar 2. dünya savaşı sonrasında endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarların imalata dahil edilmesiyle sadece basit parçalar yapan freze tezgahları oldukça kompleks parçaları çok basit bir şekilde yapar hale gelmiştir. Frezeleme işlemi sadece gerçekleştirilen işlem tipleri açısından değil aynı zamanda kullanılan tezgâh, takım ve işlenen iş parçası açısından da büyük farklılıklar göstermektedir.

Frezeleme, halen düzgün yüzeyler üretmek için en sık olarak kullanılan işleme yöntemidir. İş parçasına olan etkisi veya takımın izlediği yol açısından bakıldığında (Şekil.3.2.) frezeleme işlemlerinin temel biçimlerinden bazıları aşağıda gösterilmiştir:

- 1) Yüzey Frezeleme
- 2) Alın Frezeleme

- 3) Kanal Frezeleme
- 4) Profil Frezeleme
- 5) T-Kanal Frezeleme
- 6) Form Frezeleme (Konkav, Konveks)
- 7) Slot Frezeleme
- 8) 90° kenar Frezeleme

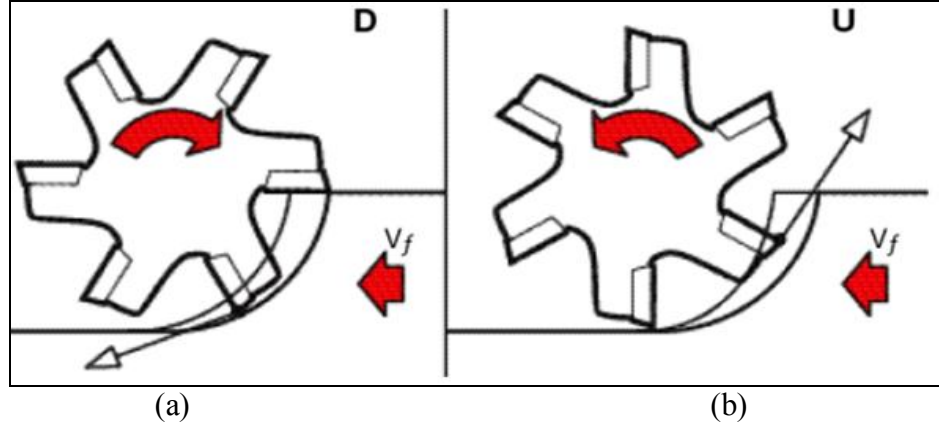


Şekil 3.2. Frezeleme metotları ve freze çakıları.

Frezeleme işlemlerinde en önemli iş takımının uygun olarak seçilmesi ve iş parçasının en uygun biçimde bağlanmasıdır. Talaş kaldırma işleminde gerek talaş yüklenmesini, gerekse sarsıntıyı karşılayacak şekilde bağlama yapmak şarttır. Frezeleme işleminde bazı parçalar tek takımla bazıları ise birden fazla takımla yapılır. Bu nedenle işlem

yaparken kaba, orta kaba ve son paso olmak üzere talaş kaldırma işlemi sınıflandırılır ve talaş kaldırma işlemleri bu sınıflandırmaya uygun olarak yapılır [1].

Frezelemede talaş kaldırma işlemi aynı yönlü ve zıt yönlü olmak üzere 2 gruba ayrılır (Şekil 3.3).



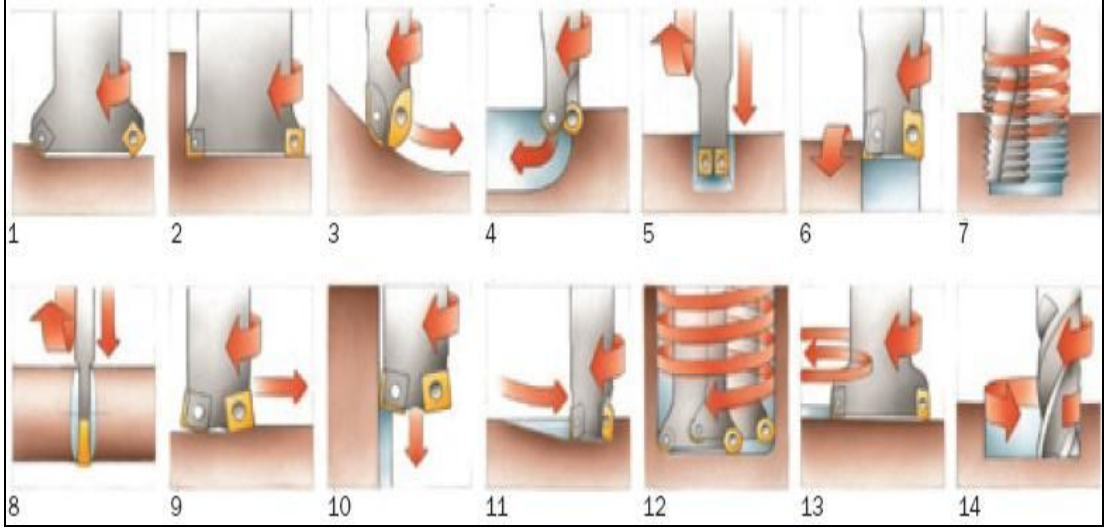
Şekil 3.3. a) Aynı yönlü kesme, b) Zıt yönlü kesme.

Aynı yönlü frezelemede freze çakısının kesme yönü ve iş parçasının ilerleme yönü aynı yöndedir. Aynı yönlü frezeleme, zıt yönlü frezeleme işlemine göre daha avantajlı ve takım ömrü, işleme zamanı göz önünde bulundurulursa daha ekonomiktir. Fakat aynı yönlü frezeleme yapabilmek için, freze tezgâhlarının, takımların ve sıkma aparatlarının rijitliği önemlidir. Zıt yönlü frezelemede, freze çakısının kesme yönü iş parçasının ilerleme yönüne karşı yönlendirilmiştir. Talaş meydana gelmeden önce, kayar ve kesici ağız iş parçasının yüzeyinde kazıma yapar. Bundan dolayı freze çakısının kesici ağızlarının serbest yüzey aşınması tipik bir aşınma şeklidir. Kesici ağızların malzemeyi kavrama yolu üzerinde talaşın kalınlığı ve kesme kuvveti büyür. Eğer, kum kalıntıları veya kaynak dikişleri gibi aşındırıcı tesirli yüzey bölgesi bulunan iş parçalarının işlenmesi gerekiyorsa, zıt yönlü frezeleme işlemi tatbik edilmelidir.

3.3.1. Frezelemede Kullanılan Kesici Takımları

Frezeleme işlemi yapılacak malzemeye göre kesici takımlar belirlenmektedir.

Bu kesici takım tiplerinden bazıları aşağıda sıralanmıştır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Kesici takım tipleri.

- 1-)Yüzey freze
- 2-) 90° kenar freze
- 3-) Profil freze
- 4-) Küresel ağızlı freze
- 5-) Kanal freze
- 6-) Torna - freze
- 7-) Diş frezesi
- 8-) Kesme frezesi
- 9-) Yüksek ilerlemeli freze
- 10-) Dalma freze
- 11-) Açılı (rampa) freze
- 12-) Helisel ilerlemeli freze
- 13-) Dairesel ilerlemeli freze
- 14-) Trokoidal freze [40].

Frezeleme takımlarında kullanılan kesici malzemeleri şu şekildedir.

- 1) HSS takımlar
- 2) Sementit Karbür Takımlar
- 3) Sermet Kesici Takımlar
- 4) Seramik Kesici Takımlar

- 5) Koronit Kesici Takımlar
- 6) CBN Kesici Takımlar
- 7) Çok Kristalli Elmas (PCD) Kesici Takımlar

3.3.2. Kesme Hızı Ve ilerleme

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 aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişmektedir;

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

Frezelemede kesme hızı kesici takımın çapına göre verilir. Uygun kesme hızının seçimi, optimum ve ideal kesme şartlarının belirlenmesinde önemli bir faktör olduğu açıktır. Kesme hızı oldukça düşükse çok az sayıda parça üretilecek, takım ucunda talaş sıvanması-yapışması meydana gelebilecek ve uç geometresi değişikliğine neden olacaktır. Eğer kesme hızı çok yüksekse, takım hızla aşınacak ve sıkça takım değişikliğine gidilecek. Bu nedenlerden dolayı herhangi bir talaş kaldırma işlemi için optimum kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengeleyecek şekilde seçilmelidir.

En iyi ilerleme miktarı ve kesme derinliği düşünüldüğü zaman, her zaman mümkün olan en derin talaş ve en hızlı ilerleme miktarı seçilir, çünkü bunlar takım ömrünü kesme hızından daha az oranda azaltacaktır. Optimum ilerleme miktarı, kesici takım ömrünü ve talaş kaldırma miktarını dengelemelidir [31].

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.

3.3.2.1. Frezelemede Kesme Hızı

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

$$V_c = \pi \times D \times N / 1000 \quad (2.1)$$

Burada;

V_c = Kesme hızı (m/dak.)

N = Devir sayısı (dev/dak.)

D = Freze takımının çapı (mm)

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

- 1-) İş parçası malzemesi
- 2-) Kesici takım malzemesi
- 3-) Takım çapı
- 4-) Gerekli bitirme yüzeyi kalitesi
- 5-) kesme derinliği
- 6-) Tezgah ve bağlama elemanlarının rijitlik faktörleri dikkate alınmaktadır [37].

3.3.2.2. Frezelemede İlerleme Hızı

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

$$F = F_z \times Z \times N \quad (2.2)$$

Burada;

F = İlerleme hızı, mm/dak.

F_z = Diş başına ilerleme, mm/diş

Z = Frezenin kesici diş sayısı, adet

N = Devir sayısı, dev/dak.

Diş başına ilerleme (F_z, mm /diş) frezeleme işleminde önemli bir büyüklüktür. Freze çakısı çok uçlu bir takımdır, dolayısıyla her ucun yeterli bir talaşı kaldırabilmesi için uygun bir ilerleme değerine gereksinimi vardır. Diş başına ilerleme bir kesici kenarın parçaya girişi ile bir sonraki kesici kenarın parçaya girişi arasında geçen sürede tablanın ilerlediği mesafe olarak tanımlanır. Bu nedenle bu büyüklük takımdaki mevcut uç sayısı ve ilerleme hızına bağlı olarak değişir [4]. İlerleme miktarının uygun seçilmemesi, en azından yüzey kalitesini, kesiciyi ve imalat sayısı ile maliyetini etkileyecektir. İlerleme miktarı düşük seçildiğinde frezeleme işlemi çok geç bitecektir. İlerleme miktarı çok yüksek seçildiğinde ise takım kırılabilecektir [37].

3.3.2.3. Frezelemede Kesme Derinliği

Kesme derinliği, takımın iş parçası içine dikey olarak aldığı yoldur. Genellikle, “a” ile gösterilir. Kesme derinliğinin uygun seçilmemesi işleme zamanını ve maliyeti etkilemektedir. Yeterli kesme derinliğinin verilmemesi durumunda, işlemi tamamlamak için birden fazla paso gerekecek ve dolayısıyla bu da daha fazla zaman kaybına neden olacaktır [39].

3.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşlı imalat sırasında iş parçasında istenmeyen izler oluşur. işleme metodu, kesicinin cinsi, işlenen malzeme ve kesme parametreleri, fiziksel, kimyasal ve ısı faktörleri ve kesen-kesilen arasındaki mekanik hareketlere bağlı olarak, nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir [3].

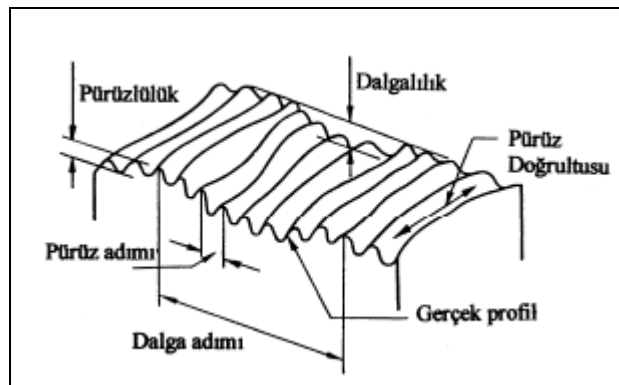
İşleme metodu ne olursa olsun (lepleme, taşlama, tornalama vb.) talaş kaldırılan yüzeylerde belli bir yüzey pürüzlülüğünün oluşması kaçınılmazdır. Farklı metotlarla işlenen aynı malzemelerin yüzey pürüzlülüğükleri sayısal değer olarak aynı olmasına rağmen bazen bunların aşınma, korozyon, sürtünme ve yorulma dirençlerinin farklı oldukları bilinmektedir. Çünkü yüzeydeki işleme izlerinin yönleri ve dağılımları da performansı etkiler. Bu nedenle işlenecek parçaların bazılarında yüzey pürüzlülüğük değerinin yanında işleme metodunun da belirtilmesi istenir.

Talaşlı imalatta üretilen parçalar gözle incelendiği zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de gerçekte parça yüzeyindeki gerçek sürtünme alanı parça alanından daha az olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerı 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 pürüzlülüğük standartları belirlenmiştir. Ülkemizde TS 2040 nolu yayınla yüzey kaliteleri bir standarda bağlanmışır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemiştir [6-38].

Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir. Dalgalık, yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Standart yüzey pürüzlülüğü değerlendirme kriterleri, yüzeye dik olan bir kesitte belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olarak belirlenir [31].

3.4.1. Yüzey Yapısının Özellikleri

Bir yüzey yapısının kontrolünde yorulma ömrü, yataklık etme özelliği ve aşınma önemli faktörlerdir. İşlenen yüzeylerde dalgalık ve pürüzlülük olmak üzere iki tip yüzey sapması meydana gelir. Dalgalık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Yüzey pürüzlülüğü standartlara göre yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune 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 3.5’de işlenmiş bir yüzey geometrisi görülmektedir [39].



Şekil 3.5. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri.

3.4.2. 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 vb. [6].

3.4.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler şunlardır:

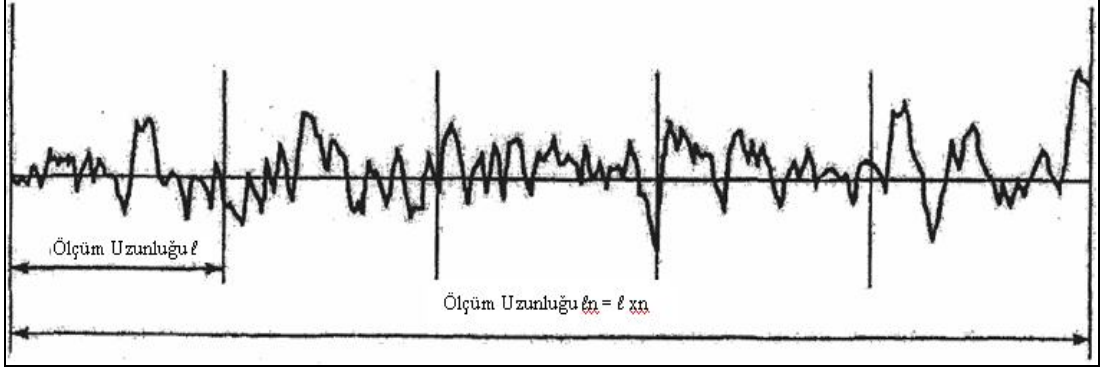
- 1) Takım tezgâhının rijitlik durumu
- 2) Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar
- 3) Takım tutucu rijitlik durumu
- 4) Takım aşınmasının etkileri
- 5) Takım geometrisi
- 6) Kesme parametreleri
- 7) Malzemenin mekanik özellikleri
- 8) Soğutma sıvısının etkileri [6].

3.4.4. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri

3.4.4.1. Örnekleme Uzunluğu Ve Örnekleme Sayısı

Şekil 3.6'da l İle ifade edilen örnekleme uzunluğu kullanılan kesici takımın ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir. Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir arada toplanmasıyla ln ile ifade edilen ölçüm

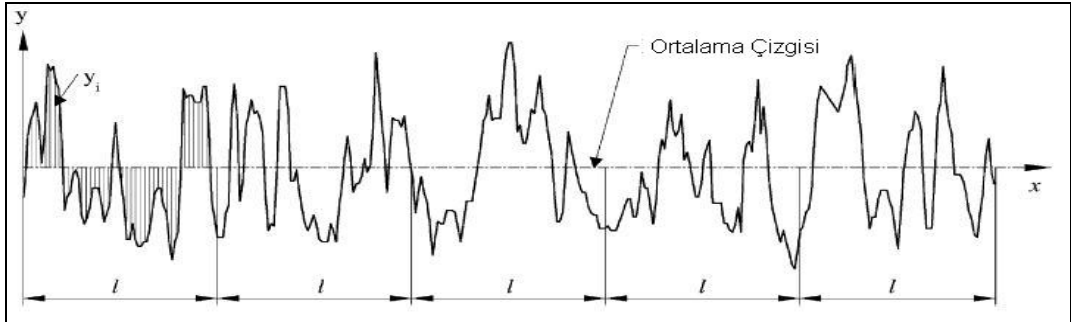
uzunluğu meydana gelir. ℓn uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (ℓ) ile n çarpılarak elde edilir ($\ell n = \ell \times n$) [41].



Şekil 3.6. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu [41].

3.4.4.2. Ortalama Çizgisi

Ölçme işlemi yapıldığında ölçme uzunluğu içinde profilin üstte ve altta kalan alanlarının eşit olduğu yerden geçen doğrudur [6]. Şekil 3.7'de tipik yüzey pürüzlülüğü üzerinde oluşan ortalama çizgisi gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi [41].

3.4.4.3. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi ortalama çizgisinin altında ve üstünde oluşan mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalama değeridir. Kalite kontrolünde dünya çapında kabul edilmiş bir yüzey pürüzlülüğ 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].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (2.2)$$

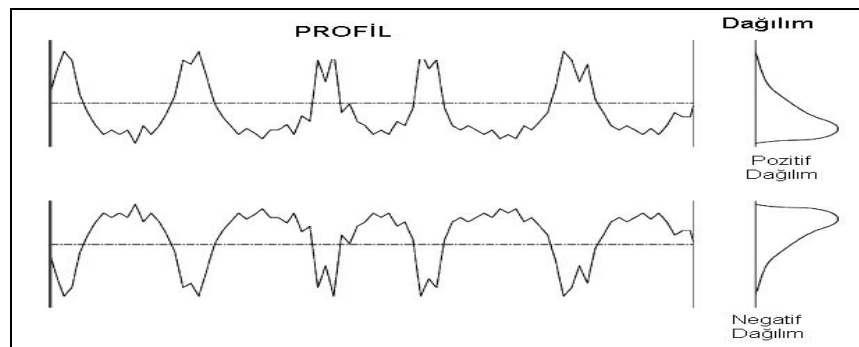
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2.3)$$

3.4.4.4. Genlik Dağılım Eğrisi (Rsk)

Şekil 3.8’de gösterildiği gibi bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağılım eğrisidir. Aynı R_a ve R_q değerine sahip profilleri ayırt etmeye yarayan bir değişkendir. Matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir [41].

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{\infty} y^3 p(y) dy \quad (2.4)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} \left(\sum_{i=1}^N Y_i^3 \right) \quad (2.5)$$



Şekil 3.8. Profil ve genlik dağılım eğrisi [41].

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOT

4.1. DENEY MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ

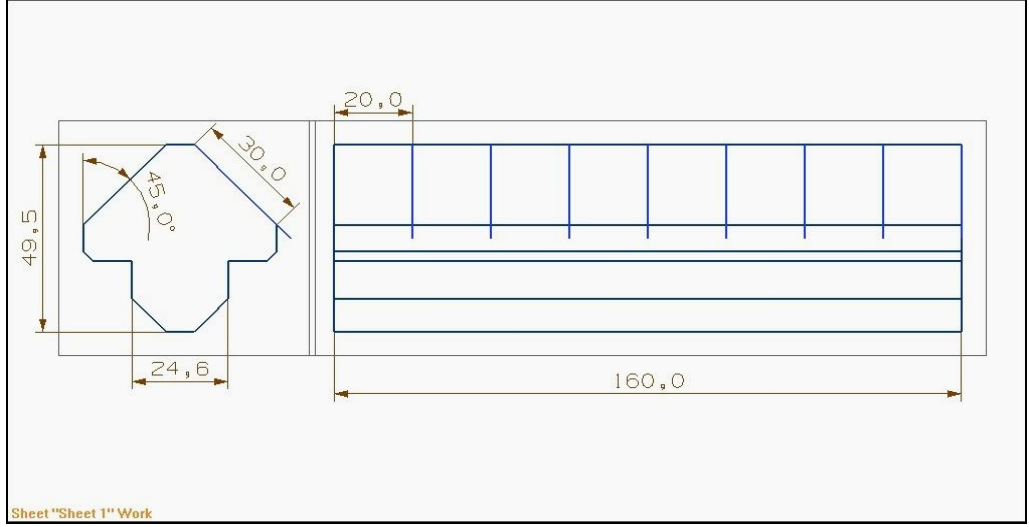
Yapılan deneysel çalışmalar için iş parçası malzemesi olarak endüstride geniş kullanım alanına sahip olan DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği seçilmiştir. Deneyleerde kullanılan DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği malzemelerin tedarikçi firması Özka Metal Sanayi tarafından verilen kimyasal bileşimleri ve Brinell cinsinden sertlik değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. DIN 1.2738 çeliğinin kimyasal bileşimi ve Brinell sertlik değerleri.

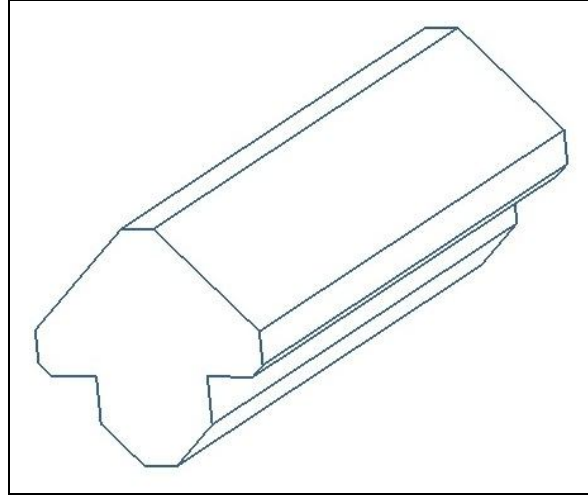
Sertlik Değeri (HB)	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
280/320	0,40	0,30	1,50	2,00	0,20	1,10

4.1.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numuneleri 4 farklı ebatta hazırlanmıştır. Her iş parçasında 16 adet deney yapılmış olup, malzemenin kesilen üst yüzeyi, dış yüzey tabaka sertleşmesi ihtimaline karşılık CNC dik işleme merkezinde yüzey frezeleme işlemine tabi tutulmuş ve böylece dış yüzeylerdeki olumsuzluklar giderilmiştir. Deney numuneleri özel CNC mngenelerine bağlanarak işlenmiştir. Deneyleerde kullanılan iş parçası malzemelerinin boyutları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Deney numunesinin boyutları.





Şekil 4.2. Deney numunesinin üç boyutlu görünüşü.

4.2. DENEYLERDE KULLANILAN KESİCİ TAKIM, KESME PARAMETRELERİ VE TAKIM TEZGAHI

Deneylerde 12mm çapında, 90° yanaşma açılı frezeleme takımı ve Kennametal marka ADKT16221PDERLC kodlu 0.4 mm uç radyüslü kaplamalı karbür frezeleme ucu kullanılmıştır. Deneyler MAKINO/LER marka CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Takım tutucu olarak Eroğlu marka rulmanlı tutucu kullanılmıştır. Kesici takım ve takım tutucu özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kesici takım ve takım tutucu özellikleri.

Kesici Takım				Takım Tutucu		
Çap ölçüsü (mm)	Köşe radyüsü (mm)	Diş sayısı	Takım boyu (mm)	Dış çap (mm)	İç çap (mm)	Konik ölçüsü
12	0.4	1	75	68	32	BT40
						

Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri, beş farklı kesme hızı ($V_c=75\text{m/dak.}$, $V_c=100\text{ m/dak}$, $V_c=125\text{ m/dak}$, $V_c=150\text{ m/dak}$ ve $V_c=200\text{ m/dak}$) dört farklı diş başına ilerleme miktarı ($F_{z1}=0,04\text{ mm/diş}$, $F_{z2}=0,08\text{ mm/diş}$, $F_{z3}=0,16\text{ mm/diş}$ ve $F_{z4}=0.24\text{ mm/diş}$) ile $0,6\text{ mm}$ sabit kesme derinliği ve 6 farklı yanıl ilerleme ($0,15\text{ mm}$, $0,30\text{ mm}$, $0,45\text{ mm}$, $0,60\text{ mm}$, $0,90\text{ mm}$ ve $1,20\text{ mm}$) değeri uygulanarak soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Ayrıca frezeleme işlemleri 4 farklı işleme yönü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan farklı kesme parametrelerinin ve farklı işleme yönlerinin yüzey pürüzlülükleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyleerde, seçilen diş başına ilerleme miktarları ve kesme hızlarına göre hesaplanan tezgah tabla ilerleme değeri ve devir sayıları uygulanmıştır.

4.3. DENEYLERDE KULLANILAN CNC FREZE TEZGAHI

Deneyleer, MAKINO/LER CNC dik işleme tezgâhında yapılmıştır. FANUC kontrol ünitesi bulunan tezgâhın, iş mili dönme hızı 10000 dev/dak'ya , tabla ilerleme hızı da 7000 mm/dak'ya çıkabilmektedir. Deneyleerde kullanılan CNC dik işleme tezgâhının görünüşü Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Deneylerde kullanılan CNC dik işleme merkezi.

4.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için MAHR-Perthometer marka M1 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmış olup, bu cihazın özellikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Her yeni deneyin başlangıcında frezeleme işleminin yapıldığı yüzeyler üzerinde gerçekleştirilen yüzey pürüzlülük değeri ölçümleri iş parçası üzerinde açılan kanal doğrultusuna paralel olacak şekilde ve her yüzeyde 3 ölçüm değeri alınarak yapılmıştır. İş parçası üzerinde işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ölçümleri için kesme uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu 5,6 mm olarak seçilmiştir.

Çizelge 4.3. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.

MODEL	Perthometer M1 (Mahr)
Tarama hızı	0,5 m/sn
Tarama kuvveti	0.75 mN
Uç malzemesi	Elmas
Örnekleme uzunluğu	0.25-0.8-2.5 mm
Ölçme uzunluğu	1.75-5.6-12.5 mm

Ölçümlerde, yüzeydeki girinti ve çıkıntılarının toplam alanlarının eşit olduğu düzlemi referans kabul ederek bu düzleme göre üstte ve altta kalan alanların eşit olduğu ikinci bir düzleme olan uzaklığın ölçüldüğü ortalama yüzey pürüzlülük değeri olan “ R_a ” ölçümü dikkate alınmıştır.

4.5. BELİRLENEN KESME PARAMETRELERİNE GÖRE UYGULANAN DENEY PLANLARI

Çizelge 4.4. Deneyleerde kullanılan farklı işleme yönleri.

İŞLEME NO	ADIMLAMA YÖNÜ	İŞLEME YÖNÜ	İŞLEME YÖN GRAFİKLERİ
1	↓	→	
2	↓	←	
3	↑	→	
4	↑	←	
5	→	↓	
6	→	↑	

Çizelge 4.5. Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri.

KESME HIZI	İLERLEME MİKTARI	KESME DERİNLİĞİ	AŞAĞI ADIMLAMA
75	0,04	0.04 mm	0,15
100	0,08	0.08 mm	0,30
125	0,16	0.16 mm	0,45
150	0,24	0.6 mm	0,60
200			0,90
			1,20
			1,50
			2,10
			2,40
			2,70
			3,00

Çizelge 4.6. Diş başına ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı.

TAKIM	KESME HIZI	İLERLEME MİKTARI	KESME DERİNLİĞİ	AŞAĞI ADIMLAMA	İŞLEME YÖNÜ	DENEY KODU
Ø12xR0,4	100	0,04	0.6	0,15	1	DB1041
Ø12xR0,4	100	0,08	0.6	0,15		DB1081
Ø12xR0,4	100	0,16	0.6	0,15		DB1161
Ø12xR0,4	100	0,24	0.6	0,15		DB1241
Ø12xR0,4	100	0,04	0.6	0,15	2	DB1042
Ø12xR0,4	100	0,08	0.6	0,15		DB1082
Ø12xR0,4	100	0,16	0.6	0,15		DB1162
Ø12xR0,4	100	0,24	0.6	0,15		DB1242
Ø12xR0,4	100	0,04	0.6	0,15	3	DB1043
Ø12xR0,4	100	0,08	0.6	0,15		DB1083
Ø12xR0,4	100	0,16	0.6	0,15		DB1163
Ø12xR0,4	100	0,24	0.6	0,15		DB1243
Ø12xR0,4	100	0,04	0.6	0,15	4	DB1044
Ø12xR0,4	100	0,08	0.6	0,15		DB1084
Ø12xR0,4	100	0,16	0.6	0,15		DB1164
Ø12xR0,4	100	0,24	0.6	0,15		DB1244

Çizelge 4.7. Aşağı adımlamanın yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı.

TAKIM	KESME HIZI	İLERLEME MİKTARI	KESME DERİNLİĞİ	AŞAĞI ADIMLAMA	İŞLEME YÖNÜ	DENEY KODU
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,05	1	Yİ1051
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,05	3	Yİ1053
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,05	5	Yİ1055
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,05	6	Yİ1056
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,30	1	Yİ1301
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,30	3	Yİ1303
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,30	5	Yİ1305
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,30	6	Yİ1306
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,45	1	Yİ1451
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,45	3	Yİ1453
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,45	5	Yİ1455
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,45	6	Yİ1456
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,60	1	Yİ1601
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,60	3	Yİ1603
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,60	5	Yİ1605
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,60	6	Yİ1606

Çizelge 4.8. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı.

TAKIM	KESME HIZI	İLERLEME MİKTARI	KESME DERİNLİĞİ	AŞAĞI ADIMLAMA	İŞLEME YÖNÜ	DENEY KODU
Ø12xR0,4	75	0.24	0.6	0,15	1	KH751
Ø12xR0,4	75	0.24	0.6	0,15	3	KH753
Ø12xR0,4	75	0.24	0.6	0,15	5	KH755
Ø12xR0,4	75	0.24	0.6	0,15	6	KH756
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,15	1	KH101
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,15	3	KH103
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,15	5	KH105
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,15	6	KH106
Ø12xR0,4	125	0.24	0.6	0,15	1	KH1251
Ø12xR0,4	125	0.24	0.6	0,15	3	KH1253
Ø12xR0,4	125	0.24	0.6	0,15	5	KH1255
Ø12xR0,4	125	0.24	0.6	0,15	6	KH1256
Ø12xR0,4	150	0.24	0.6	0,15	1	KH1501
Ø12xR0,4	150	0.24	0.6	0,15	3	KH1503
Ø12xR0,4	150	0.24	0.6	0,15	5	KH1505
Ø12xR0,4	150	0.24	0.6	0,15	6	KH1506
Ø12xR0,4	200	0.24	0.6	0,15	1	KH2001
Ø12xR0,4	200	0.24	0.6	0,15	3	KH2003
Ø12xR0,4	200	0.24	0.6	0,15	5	KH2005
Ø12xR0,4	200	0.24	0.6	0,15	6	KH2006

Çizelge 4.9. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için uygulanan deney planı.

TAKIM	KESME HIZI	İLERLEME MİKTARI	KESME DERİNLİĞİ	AŞAĞI ADIMLAMA	İŞLEME YÖNÜ	DENEY KODU
Ø12xR0,4	100	0.24	0.04 mm	0,15	1	TD1041
Ø12xR0,4	100	0.24	0.08 mm	0,15		TD1081
Ø12xR0,4	100	0.24	0.16 mm	0,15		TD1161
Ø12xR0,4	100	0.24	0.60mm	0,15		TD1641
Ø12xR0,4	100	0.24	0.04 mm	0,15	3	TD1043
Ø12xR0,4	100	0.24	0.08 mm	0,15		TD1083
Ø12xR0,4	100	0.24	0.16 mm	0,15		TD1163
Ø12xR0,4	100	0.24	0.60mm	0,15		TD1643
Ø12xR0,4	100	0.24	0.04 mm	0,15	5	TD1045
Ø12xR0,4	100	0.24	0.08 mm	0,15		TD1085
Ø12xR0,4	100	0.24	0.16 mm	0,15		TD1165
Ø12xR0,4	100	0.24	0.60mm	0,15		TD1645
Ø12xR0,4	100	0.24	0.04 mm	0,15	6	TD1046
Ø12xR0,4	100	0.24	0.08 mm	0,15		TD1086
Ø12xR0,4	100	0.24	0.16 mm	0,15		TD1166
Ø12xR0,4	100	0.24	0.60mm	0,15		TD1646

Çizelge 4.10. Dik işlemede(5ve 6 yönü)yanal ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerinin araştırılması için uygulanan deney planı.

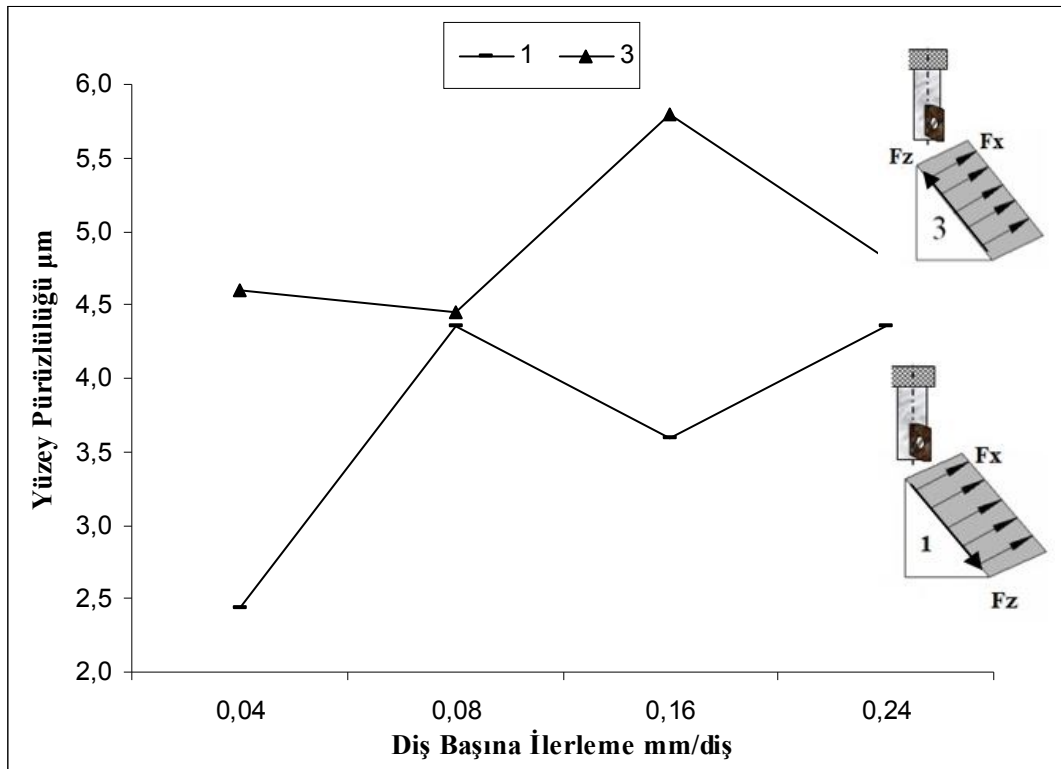
TAKIM	KESME HIZI	İLERLEME MİKTARI	KESME DERİNLİĞİ	Yana ADIMLAMA	İŞLEME YÖNÜ	DENEY KODU
Ø12xR0,4	100	0.24	0.6	0,05	5	Dİ1055
Ø12xR0,4	100			0,15		Dİ1155
Ø12xR0,4	100			0,30		Dİ1305
Ø12xR0,4	100			0,60		Dİ1605
Ø12xR0,4	100			0,90		Dİ1905
Ø12xR0,4	100			1,20		Dİ1205
Ø12xR0,4	100			1,50		Dİ1505
Ø12xR0,4	100			2,10		Dİ1105
Ø12xR0,4	100			2,40		Dİ1405
Ø12xR0,4	100			2,70		Dİ1705
Ø12xR0,4	100			3,00		Dİ1005
Ø12xR0,4	100		0.6	0,05	6	Dİ1056
Ø12xR0,4	100			0,15		Dİ1156
Ø12xR0,4	100			0,30		Dİ1306
Ø12xR0,4	100			0,60		Dİ1606
Ø12xR0,4	100			0,90		Dİ1096
Ø12xR0,4	100			1,20		Dİ1206
Ø12xR0,4	100			1,50		Dİ1506
Ø12xR0,4	100			2,10		Dİ1106
Ø12xR0,4	100			2,40		Dİ1406
Ø12xR0,4	100			2,70		Dİ1706
Ø12xR0,4	100			3,00		Dİ1006

BÖLÜM 5

5.1. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1.1. Diş Başına İlerlemenin 1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin, Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.1.'deki grafikte, 100m/dak. sabit kesme hızında farklı diş başına ilerleme miktarlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir. Yapılan bu çalışmada frezeleme yönü olarak 1 ve 3 yönlerinde işleme kullanılmıştır.



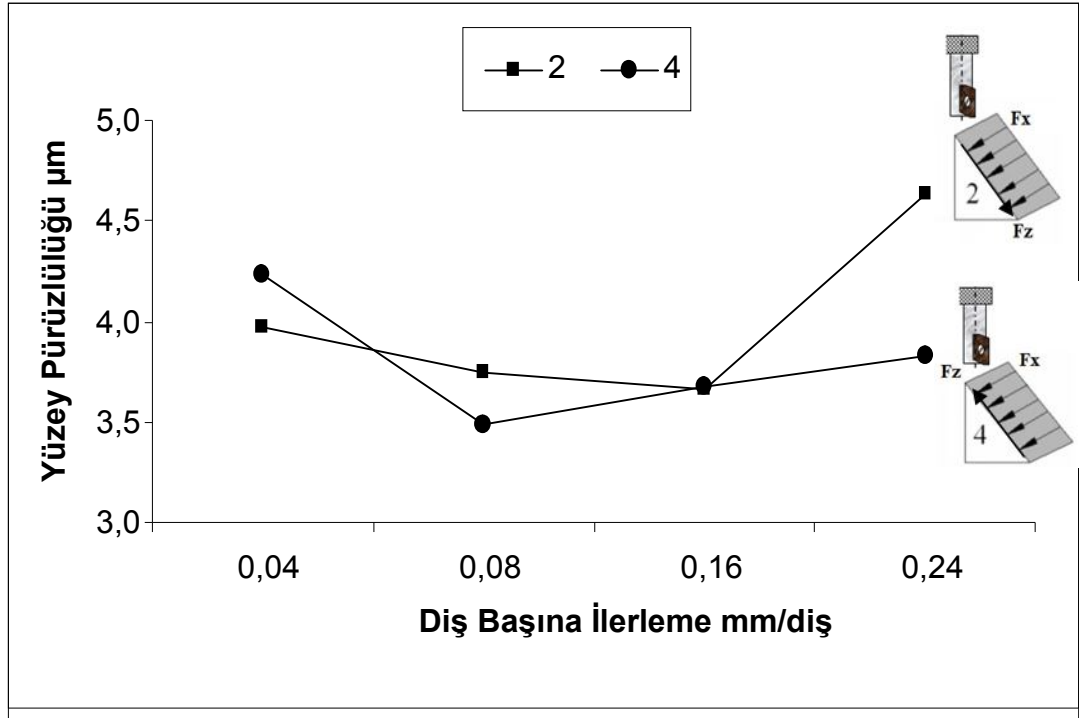
Şekil 5.1. 100 m/dak sabit kesme hızında farklı diş başı ilerleme miktarlarına göre 1 ve 3 yönlerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Diş başına ilerleme miktarı 0,04 mm/diş. iken 1 nolu işleme yönünde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 2.438 μm ve 3 yönünde işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değeri ise 4.598 μm dir. Diş başına ilerleme miktarı 0,04 mm/diş. iken 1 nolu işleme yönünde 3 yönünde gerçekleştirilen işlemeye göre daha düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Diş başına ilerleme miktarının 0,08 mm/diş. olarak alındığı deneylerde 1 ve 3 yönlerinde yapılan işlemlerde birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir. 1 yönünde yapılan işlemlerden, diş başına ilerleme miktarının 0,16 mm/diş olarak alındığı deneyde, 0,08 mm/diş. diş başına ilerleme miktarına göre %17 oranında yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır. Diş başına ilerleme miktarının 0,08 mm/diş'den, 0,16 mm/diş'e çıktığı 3 yönünde yapılan işlemede %30 oranında yüzey pürüzlülük değeri artışı ile birlikte 5.791 μm olarak ölçülen değer aynı zamanda elde edilen en yüksek yüzey pürüzlülük değerini olmuştur. Diş başına ilerleme miktarının 0,24 mm/diş. olarak alındığı deneylerde ise 1 yönünde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 4.360 μm olarak belirlenmiş ve bu değer 1 yönünde elde edilen en yüksek yüzey pürüzlülük değeri olarak kaydedilmiştir. Ayrıca 3 yönünde 0,24 mm/diş. ilerleme miktarında yapılan işlemede 0,16 mm/diş diş başına ilerleme miktarında belirlenen değere göre %17 oranında düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

Talaşlı imalatta birçok uygulamada yüzey bitirme işlemi olarak da nitelendirilen (finish) frezeleme operasyonlarında zıt yönlü işleme metodu yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan deneylerde ilerleme miktarının yüzey pürüzlülükleri üzerindeki etkisinin, işleme yönlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Burada, dik işleme merkezinde 45° açılı yüzeyde aşağı yönde Z yönündeki ilerlemenin sabit 0,15 mm olması ve ayrıca kesme derinliğinin de sabit 0,6 mm olmasından dolayı deneylerde yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek değerlerde kaydedildiği görülmektedir. 1 nolu işleme yönlerinde uygulanan işleme metotları zıt yönlü işleme metotlarıdır.

5.1.2. Diş Başına İlerlemenin 2 ve 4 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.2.'deki grafikte, 100m/dak. sabit kesme hızında farklı diş başına ilerleme miktarlarına göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir. Yapılan bu çalışmada frezeleme yönü olarak 2 ve 4 yönlerinde işleme kullanılmıştır. Ayrıca işleme yönleri aynı yönlü frezeleme seçilmiştir.



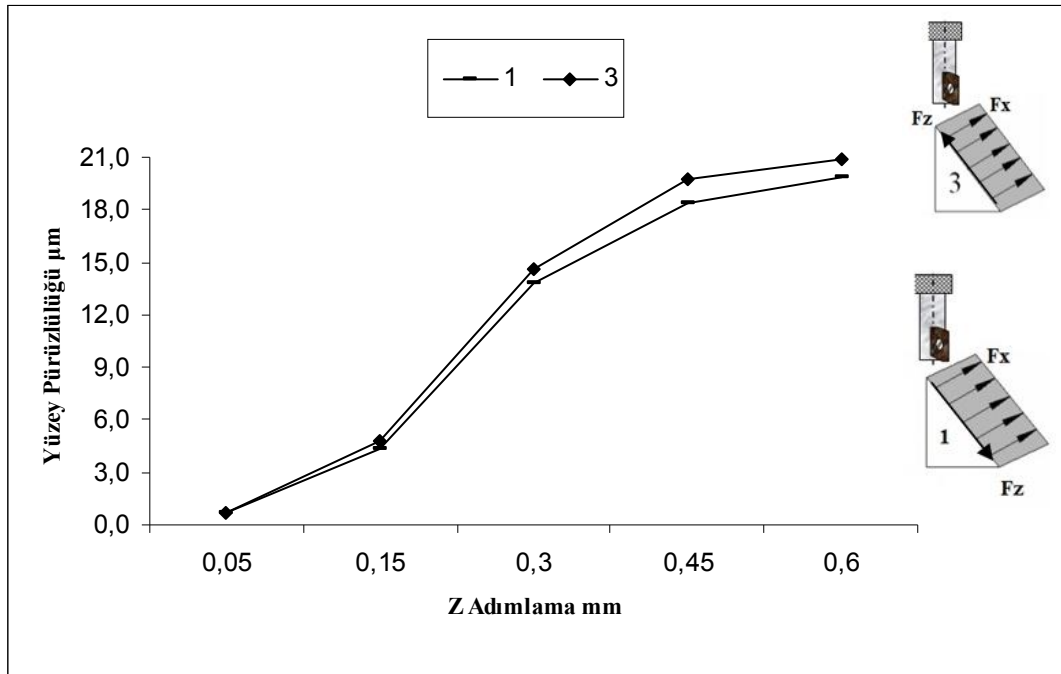
Şekil 5.2. 100 m/dak sabit kesme hızında farklı diş başı ilerleme miktarlarına göre 2 ve 4 yönlerinde işleme sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

diş başına ilerleme miktarı 0,04 mm/diş. İken 2 yönünde işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 3.967 µm olarak ölçülmüştür. 0,04 mm/diş diş başına ilerleme miktarında 4 yönünde işleme ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü ise 4.236 µm dir. 0,04 mm/diş diş başına ilerleme miktarında 2 yönünde yapılan işlemede, 4 yönünde yapılan işlemeye göre %7 oranında daha düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. diş başına ilerleme miktarının 0,08 mm/diş olarak alındığı deneyde 2 ve 4 yönlerinde yapılan işlemlerde diş başına ilerlemenin 0,04 mm/diş alındığı deneyde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine kıyasla 2 yönünde işleme de %6 oranında azalma kaydedilirken, 4 yönünde yapılan işlemede ise %18 oranında azalma

görülmüştür. İlerleme miktarının 0,16 mm/diş. olarak belirlendiği deneylerde 2 yönünde ölçülen 3.660 μm ve 4 yönünde ölçülen 3.679 μm yüzey pürüzlülük değerleri birbirlerine yakın olarak belirlenmiştir. Diş başına ilerleme miktarının 0,24 mm/diş olarak alındığı deneylerde 2 yönünde yapılan işlemede 0,16 mm/diş. diş başına ilerleme miktarına göre %26 oranında daha yüksek bir yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. 4 yönünde yapılan işlemede ise 0,16mm/diş diş başına ilerlemede elde edilen değere göre %4 oranında daha yüksek bir yüzey pürüzlülük değeri kaydedilmiştir.

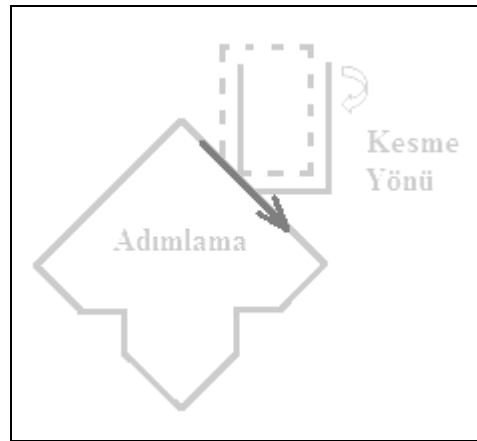
5.1.3. Z yönünde adımlamanın, 1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.3.'deki grafikte sabit kesme hızında, sabit diş başı ilerleme miktarlarında ve sabit kesme derinliğinde, 1 ve 3 işleme yönleri kullanılarak, farklı adımlamalara (Z) göre yapılan işlemlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 5.3. 100 m/dak Sabit kesme hızında, 1 ve 3 yönleri kullanılarak, farklı z adımlamalara göre yapılan işlemlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

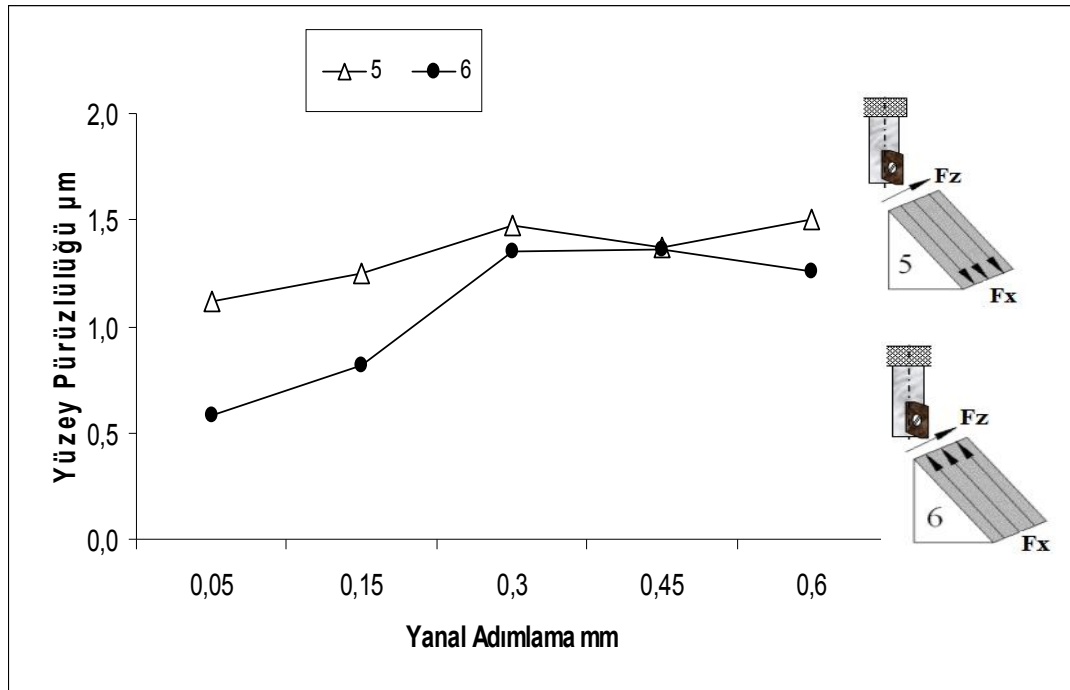
Aşağı adımlama 0,05 mm iken 1 yönünde 0.65 μm yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüştür. Aynı adımlamada 3 yönünde yapılan işlemede ise yüzey pürüzlülük değeri 0.68 μm olarak elde edilmiştir. Z' teki adımlama miktarının 0,15 mm, 0,3 mm, 0,45 mm ve 0,6 mm' ye çıkması ile birlikte 1 ve 3 yönlerinde yapılan işlemlerde yüzey pürüzlülük değerleri artış göstermiştir. 45°eğik yüzeyin işleminde Z yönünde yapılan adımlamanın giderek artmasının yüzey pürüzlülük değerlerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. İşleme zamanının azalmış olmasına rağmen en düşük yüzey pürüzlülükleri her iki işleme yönü için 0,05 mm adımlama ile yapılan deneyde 1 yönünde işlemede 0.65 μm ve 3 yönünde işlemede de 0.68 μm değerlerinde elde edilmiştir. Ancak işleme zamanının yüksek çıkması, ayrıca takım aşınmasının fazla olması deneyi olumsuz yönde etkilemiştir. 45° eğik yüzey olmasından dolayı Z yönünde 0,45 mm adımlama yapıldığında (Şekil 5.4), takım, iş parçası yüzeyi üzerinde 0.636 mm mesafe almaktadır. Bu sebepten dolayı oluşan yüzey pürüzlülüğü artış sergilemiştir. Z adımlamanın 0,6 mm alındığı deneyde yüzey pürüzlülük değerleri 1 yönünde işlemede 19.90 μm ve 3 yönünde işlemede ise 20.89 μm olarak en yüksek mertebede ölçülmüştür. Z yönünde 0,6 mm adımlama yapıldığında takım, iş parçası yüzeyi üzerinde 0,848 mm mesafe kat etmiştir. Bu da, giderek artan adımlama aralıklarıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde artış kaydedilmesinin önemli bir göstergesi olarak düşünülmektedir.



Şekil 5.4. Z yönünde 0,45 mm adımlama sonucunda temsilen 1 pasoda oluşan kesme hareketinin mevcut durumu.

5.1.4. Yanal Adımlamanın, 5 ve 6 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.5' teki grafikte, sabit kesme hızında, sabit diş başı ilerleme miktarlarında ve sabit talaş derinliğinde, 5 ve 6 yönleri kullanılarak, farklı yanıl adımlamalara göre yapılan işlemlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değeriindeki değışim gösterilmiştir.



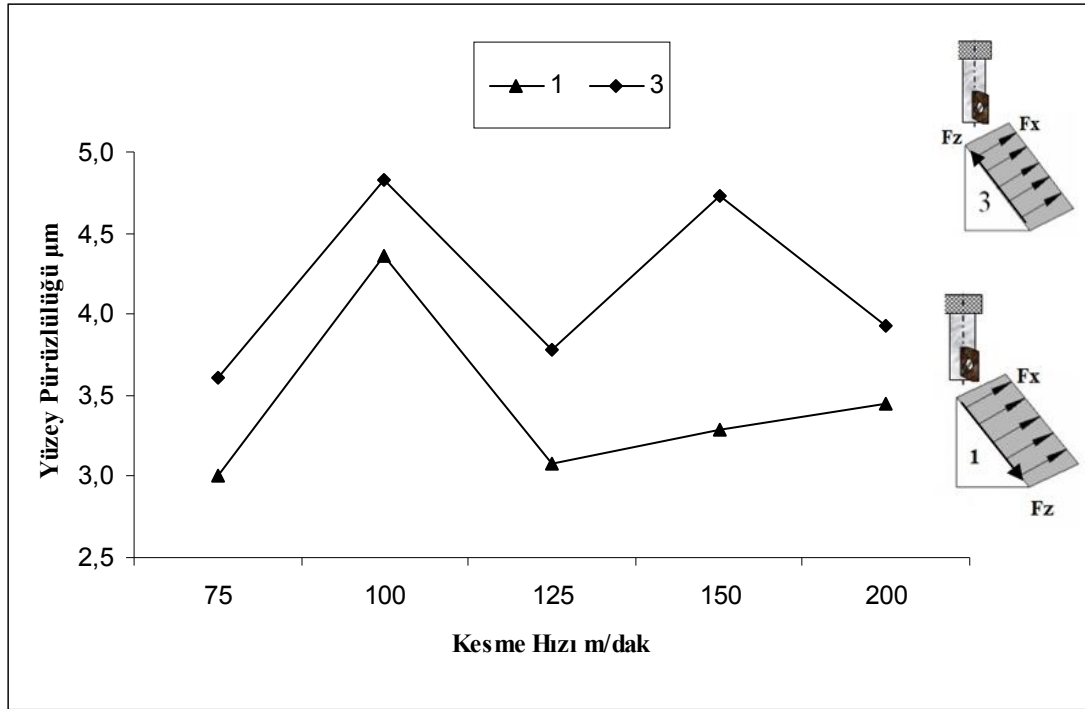
Şekil 5.5. 100 m/dak Sabit kesme hızında,5 ve 6 yönleri kullanılarak, farklı yanıl adımlamalara göre yapılan işlemlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri.

Yanal adımlamanın 0,05 mm olarak alındığı deneyde 5 yönünde yapılan işlemede 1,12 µm değeri elde edilirken aynı yanıl adımlama miktarında 6 yönünde yapılan işlemede ise 0,58 µm yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. 5 ve 6 yönlerinde yapılan işlemlerde aynı yanıl ilerlemelerde farklı işleme yönlerinin birbirlerine yakın değeri olduğu görülmüştür. Deneylerde yanıl ilerleme miktarının artması, yüzey pürüzlülük değeriinin yükselmesine sebep olmuştur. 6 yönünde yapılan kesme işleminde takım uç radyüsünün daha fazla kısmının kullanılması takım aşınmasını uzattığı için yüzey pürüzlülük değeriinin 6 yönlü işlemede genel olarak daha düşük seviyelerde elde edilmesini sağlamıştır.

Çizelge 4.4'e bakıldığında 5 ve 6 işleme yönlerinde, kesici takımın belirlenen 45° açılı yüzey doğrultusunda kesme işlemi yaptığı görülmektedir. 5 yönü yukarıdan aşağıya, 6 yönü ise aşağıdan yukarıya kesme işlemi yaparak talaş kaldırma işlemini gerçekleştirmiştir. Bundan dolayı kesici ucun, kesme işlemi gerçekleştiren kesiti artmaktadır. Sonuç olarak, kesici takım yanal adımlama yaptığında oluşan yüzey pürüzlülüğü az olmaktadır.

5.1.5. Farklı Kesme Hızlarının, 1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.6'daki grafikte Sabit diş başı ilerleme miktarlarında, sabit talaş derinliğinde ve sabit "Z" adımlama ile farklı kesme hızlarında 1 ve 3 yönünde işlemlerde yapılan deneylerde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerindeki değişim görülmektedir.



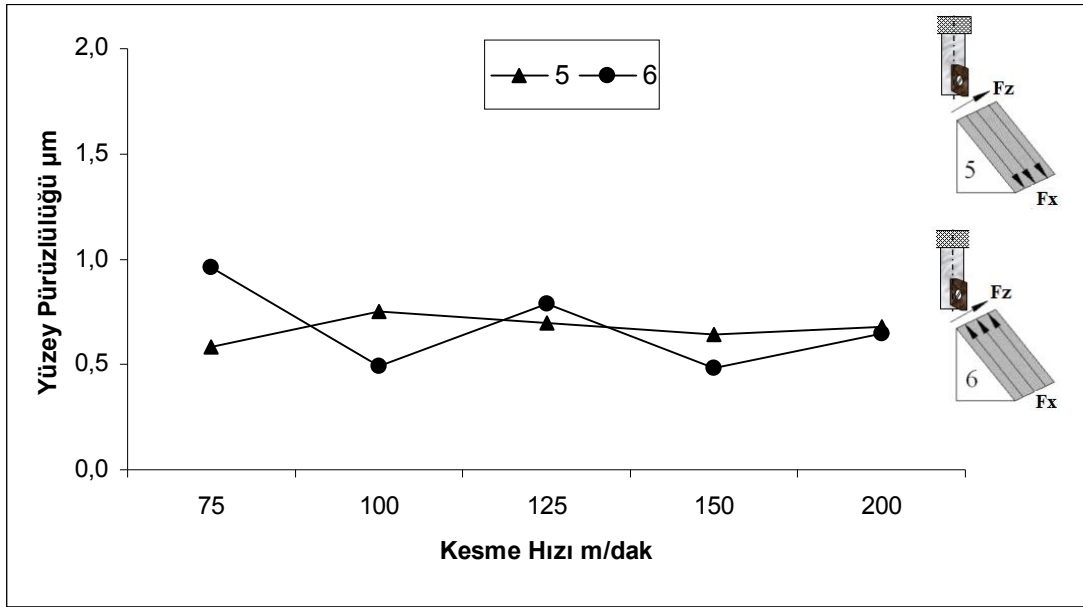
Şekil 5.6. Sabit diş başı ilerleme miktarlarında, farklı kesme hızlarında 1 ve 3 yönünde yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri.

1 ve 3 yönlerinde yapılan işlemlerden, 1 yönünde yapılan işleme sırasında 75 m/dak kesme hızında 3.001 μm değeri elde edilmiştir. 125 m/dak kesme hızında ise 3.080 μm yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüştür. Yapılan bu iki deneyde de birbirlerine yakın yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiş olup, kesme hızının 100 m/dak olarak

alındığı deneylerde, 1 yönünde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 4.360 μm ölçülmüştür. Bu kesme hızında 3 yönünde yapılan işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değeri ise 4.822 μm olarak belirlenmiştir. Kesme hızı 125 m/dak olduğunda ise 1 ve 3 yönünde yapılan işlemlerin her ikisinde de yüzey pürüzlülük değerlerinde %30 oranında azalma kaydedilmiştir. 1 yönünde işlemlerde yapılan deneylerde kesme hızındaki artışlar ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmüştür. 1 ve 3 yönünde yapılan deneylerde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri, 3 yönünde işlemede 100 m/dak kesme hızında, en düşük yüzey pürüzlülük değeri ise 1 yönünde işlemede 75 m/dak kesme hızında görülmüştür.

5.1.6. Farklı Kesme Hızlarının, 5 ve 6 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.7'deki grafikte Sabit diş başı ilerleme miktarlarında, sabit talaş derinliğinde ve sabit "z" adımlaması ve farklı kesme hızlarında 5 ve 6 yönünde işlemlerde yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerlerindeki değişim görülmektedir.



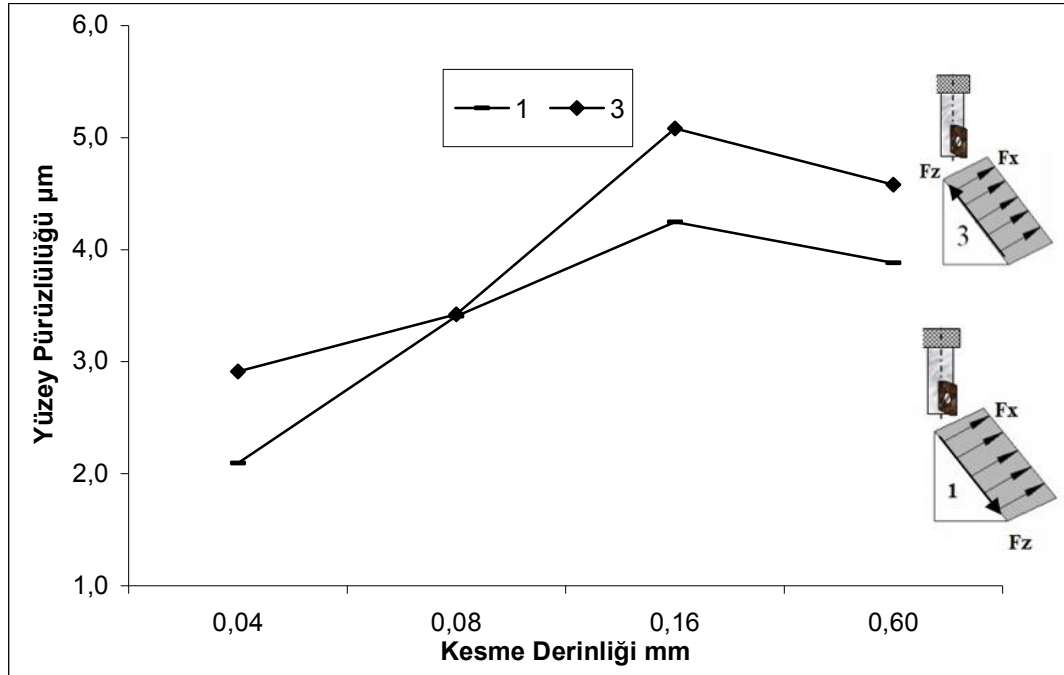
Şekil 5.7. Sabit diş başı ilerleme miktarlarında, farklı kesme hızlarında 5 ve 6 yönünde yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri.

45° eğik açı doğrultusunda kesme işlemi yapılan bu deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülükleri birbirlerine yakın değerlerde oluşmuştur. Kesme hızındaki

değişiklikler yüzey pürüzlülük değerlerinde çok büyük farklılıklar meydana getirmemiştir. Şekil 5.7'deki grafikte de görüldüğü gibi en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0.484 μm olarak 6 yönünde işleme sonucunda 150 m/dak kesme hızında elde edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise 6 yönünde yapılan işleme ile 75 m/dak kesme hızında 0.82 μm olarak elde edilmiştir. Kesme hızının artmasına bağlı olarak diş başına ilerleme değerlerindeki düşüşle birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinin genel olarak düşüş eğiliminde meydana geldikleri gözlenmiştir. Fakat 5 yönündeki işlemede kesme hızı 75 m/dak'dan 100 m/dak'ya çıktığı deneyde yüzey pürüzlülüğü artış görülmektedir.

5.1.7. Farklı Kesme Derinliklerinde,1 ve 3 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.8.'deki grafikte 100 m/dak sabit kesme hızında, sabit diş başı ilerleme miktarlarında ve sabit aşağı adımlama(yanal ilerleme) değerlerinde, farklı kesme derinliklerine göre, 1 ve 3 yönlerinde işlemenin sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir.



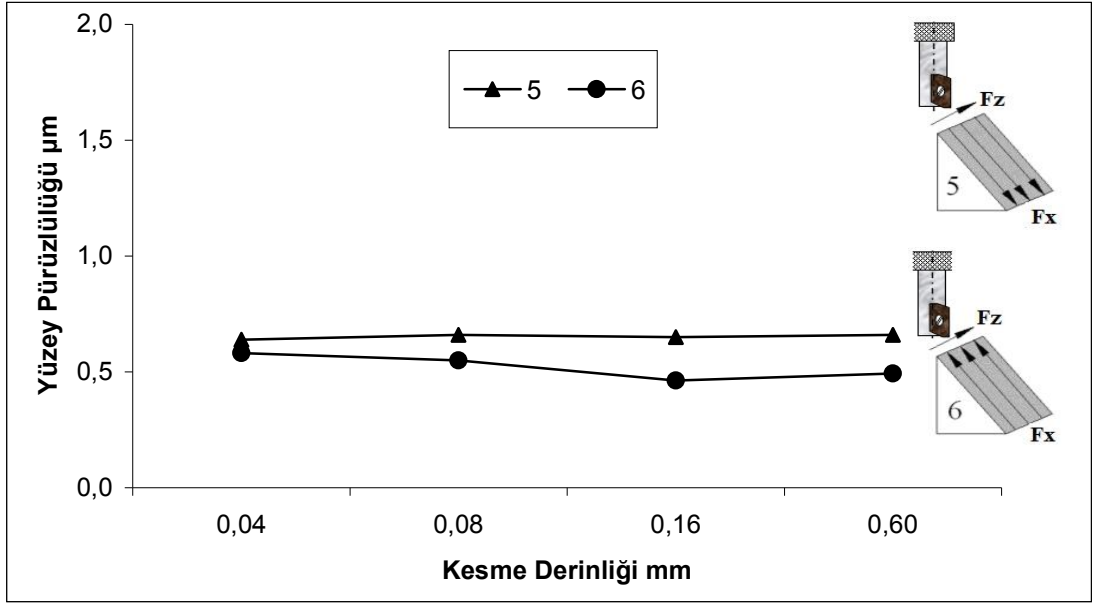
Şekil 5.8. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı kesme derinliklerinde,1 ve 3 yönlerinde işleme yönlerine oluşan yüzey pürüzlülük değerleri.

Kesme derinliğinin 0,04 mm olduğu deneyde 1 yönünde yapılan işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 2,095 μm olarak ölçülmüştür. Kesme derinliğinin 0,04 mm olduğu 3 yönünde işleme ile elde edilen değer ise 2,912 μm 'dir. Kesme derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülük değerleri 0,08 mm ve 0,16 mm kesme derinliklerinde yükselmiştir. Kesme derinliğini 0,16 mm aldığımızda 1 yönünde işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 4,247 μm olarak ölçülmüştür. Kesme derinliğini 0,16 mm aldığımızda 3 yönünde işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değeri ise 5,081 μm olarak kaydedilmiştir. Ancak kesme derinliğinin 0.6mm'ye çıkmasıyla 1 ve 3 yönlerinde yapılan işlemler sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinde %10 oranında azalma gözlemlenmiştir.

Yapılan deneylerde elde edilen en düşük yüzey pürüzlülük değeri 1 yönünde işleme yöntemi ile 0,04 mm kesme derinliğinde 2,095 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise 3 yönünde işleme yöntemi ile 0,16 mm kesme derinliğinde 5,081 μm ölçülmüştür. Kesme derinliklerinin 0,6 mm' ye çıktığı deneylerde her iki işleme yönünde de elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu azalma, kesici uç radyüsünü aşan kesme derinliğinin kesici ucun asıl kesme kenarının kesme hareketinde bulunmasından dolayı oluştuğu düşünülmektedir.

5.1.8. Farklı Kesme Derinliklerinde, 5 ve 6 Yönlerinde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.9.'daki grafikte 100 m/dak sabit kesme hızında, sabit diş başı ilerleme miktarlarında ve sabit aşağı adımlama(yanal ilerleme) değerlerinde, farklı kesme derinliklerine göre, 5 ve 6 yönlerinde işlemenin sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir.

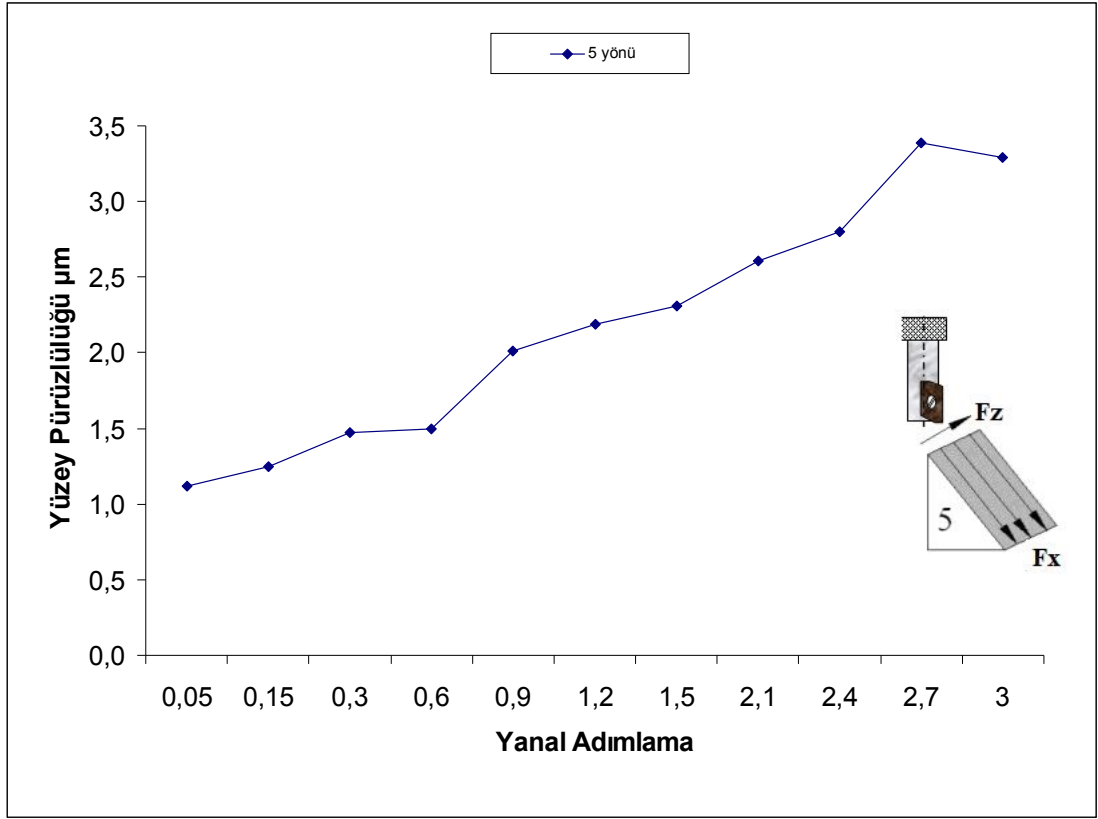


Şekil 5.9. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı kesme derinliklerinde, 1 ve 3 yönlerinde işleme yönlerine oluşan yüzey pürüzlülük değerleri.

Aynı kesme derinlikleri kullanılan 1 ve 3 yönlerinde yapılan işlemlerde yüzey pürüzlülük değerleri 5 ve 6 yönlerinde yapılan işlemlere göre daha yüksek değerlerde yüzey pürüzlülükleri olduğu bulguları vermektedir. Burada, en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 5 yönünde işleme yönünde, 0,08 mm ve 0,6 mm kesme derinliğinde 0,660 µm olarak kaydedilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise 6 yönünde işleme esnasında ve yine 0,16 mm kesme derinliğinde 0,463 µm olmuştur. Şekilde görülen deneylerde kesme derinliğinin artışıyla birlikte genel olarak yüzey pürüzlülük değerleri düşüş eğilimi göstermiştir. Burada meydana gelen yüzey pürüzlülük değerlerindeki azalmanın kesici uç radyüsünü aşan kesme derinliğinin kesici ucun asıl kesme kenarının kesme hareketinde bulunmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

5.1.9. Farklı Yanal Adımlama Değerlerinde, 5 Yönünde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.

Şekil 5.10'deki grafikte 100 m/dak sabit kesme hızında, 0,24 mm/diş sabit diş başına ilerleme hızında ve 0,6 mm sabit kesme derinliğinde 5 yönünde farklı yanıl adımlama miktarlarına göre DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği malzemenin yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir.



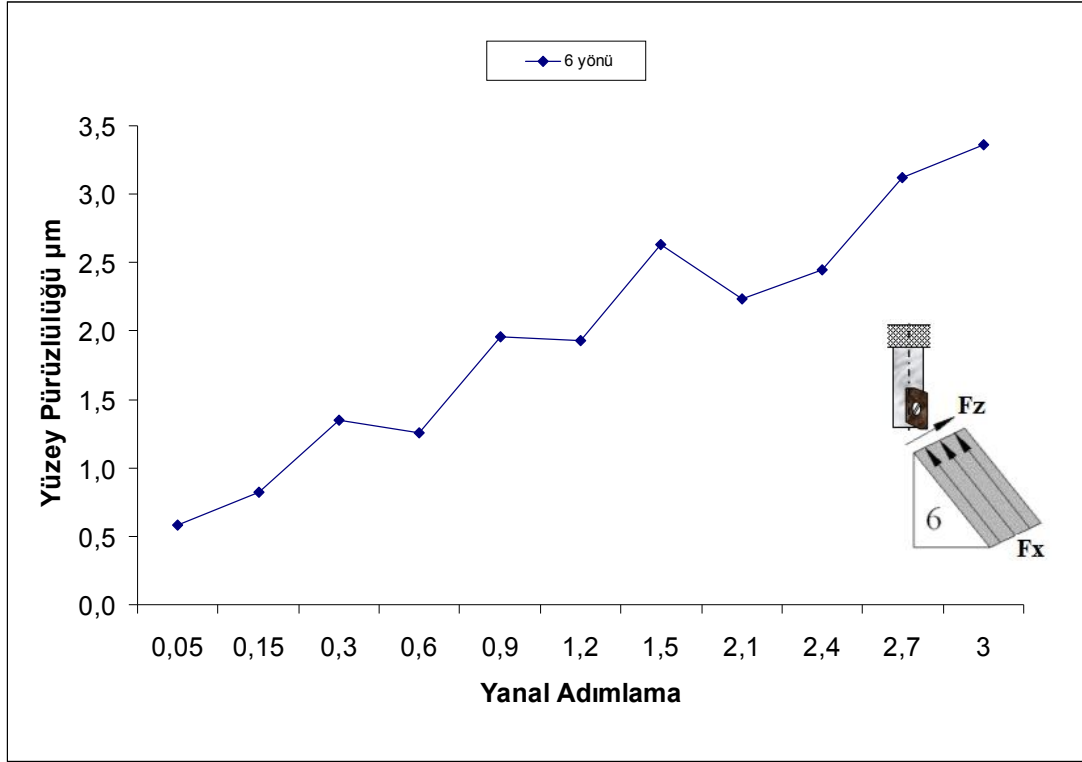
Şekil 5.10. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı yanal adımlamalarda, 5 yönünde işlemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri.

5 yönünde yapılan işlemede, 0,05 mm'den 3mm'ye kadar artarak seyreden yanal adımlamalarda elde edilen pürüzlülük değerlerinin giderek artan bir eğilimde olduğu ve birbirlerine yakın değerlerde kaydedildiği görülmüştür. Burada, en yüksek yüzey pürüzlülük değeri, yanal adımlamanın 3mm olduğu işleme sırasında 3,29 µm ve en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,05 mm yanal adımlama esnasında 1,18 µm değerinde elde edilmiştir. Yanal adımlamanın artmasıyla birlikte meydana gelen yüzey pürüzlülük değerlerindeki artış kesici takımın her adımlamada artan bir kesilmemiş aralık bırakmasından kaynaklanmıştır.

5.1.10. Farklı Yanal Adımlama Değerlerinde, 6 Yönünde İşlemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 5.11'deki grafikte 100 m/dak sabit kesme hızında, 0,24 mm/diş sabit diş başına ilerleme hızında ve 0,6 mm sabit kesme derinliğinde 6 yönünde farklı yanal

adımlama miktarlarına göre DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği malzemenin yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir.



Şekil 5.11. 100 m/dak sabit kesme hızında, farklı yanıl adımlamalarda,6 yönünde işlemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri.

6 yönünde yapılan işlemede, 0,05 mm'den 3 mm'ye kadar artarak seyreden yanıl adımlamalarda elde edilen pürüzlülük değerlerinin giderek artan bir eğilimde oluştuğu ve birbirlerine yakın değerlerde kaydedildiği görülmüştür. Burada, en yüksek yüzey pürüzlülük değeri, yanıl adımlamanın 3 mm olduğu işleme sırasında 3,365 µm ve en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,15 mm yanıl adımlama esnasında 0.493 µm değerinde elde edilmiştir. Ancak, yanıl adımlamanın 0,05 mm'den 0,15 mm'ye çıktığı anda yüzey pürüzlülük değeri %18 ve 1,5 mm'den 2,1 mm'ye çıktığı deneyde de %16 oranında beklenmeyen bir şekilde azalma göstermiştir. Yanıl adımlamanın artmasıyla birlikte meydana gelen yüzey pürüzlülük değerlerindeki artış kesici takımın her adımlamada artan bir kesilmemiş aralık bırakmasından kaynaklanmıştır.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, DIN 1.2738 plastik kalıp çeliği malzemeden hazırlanan deney numuneleri, tek ağızlı, değiştirilebilir uçlu, 12mm çapında 90° yanaşma açılı frezeleme takımı kullanılarak, frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Farklı diş başına ilerleme hızlarında ($F_{z1}=0,04$ mm/diş, $F_{z2}=0,08$ mm/diş, $F_{z3}=0,16$ mm/diş, $F_{z4}=0,24$ mm/diş) 1 ve 3 yönünde gerçekleştirilen frezeleme işlemlerinde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 3 yönünde (0,16 mm/diş. diş başına ilerleme) 5,791 μm olarak tespit edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise 1 yönünde (0,04 mm/diş.) işlemede 2,438 μm şeklinde kaydedilmiştir.

Farklı diş başına ilerleme hızlarında 2 ve 4 yönünde yapılan işlemlerde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 2 yönünde (0,24 mm/diş.) 4,633 μm ve en düşük değer 4 yönünde (0,08 mm/diş.) işleme sonucunda 3,480 μm olarak kaydedilmiştir.

Z yönünde adımlama miktarlarında 1 ve 3 yönünde yapılan işlemlerde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 3 yönünde işlemede 0,6 mm adımlama miktarında 20,89 μm ve en düşük değer 1 yönünde 0,05 mm adımlama miktarında işleme sonucunda 0,65 μm olarak kaydedilmiştir. Yapılan bu çalışmada Z yönünde adımlamanın artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinde de artış olduğu kaydedilmiştir.

Farklı yanal adımlama miktarlarında 5 ve 6 yönünde yapılan işlemlerde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 5 yönünde işlemede 0,6 mm adımlama miktarında 1,50 μm ve en düşük değer 6 yönünde 0,05 mm adımlama miktarında işleme sonucunda 0,58 μm olarak kaydedilmiştir. Yapılan bu çalışmada yanal adımlamanın (x yönünde adımlama) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinde de artış olduğu kaydedilmiştir.

Farklı Kesme hızlarında 1 ve 3 yönünde yapılan işlemlerde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 3 yönünde işlemede 100 m/dak kesme hızında 4,822 μm ve en düşük değer 1 yönünde 75 m/dak kesme hızında işleme sonucunda 3,001 μm olarak kaydedilmiştir.

Farklı Kesme hızlarında 5 ve 6 yönünde yapılan işlemlerde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 6 yönünde işlemede 75 m/dak kesme hızında 0,96 μm ve en düşük değer yine 6 yönünde 150 m/dak kesme hızında işleme sonucunda 0,484 μm olarak kaydedilmiştir.

Kesme hızının artışına bağlı olarak diş başına ilerleme değerlerindeki düşüşle birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinin genel olarak düşüş olduğu gözlenmiştir.

Kesme derinliklerinin değişmesiyle 1 ve 3 yönünde yapılan işlemlerde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 3 yönünde işlemede 0,16 mm kesme derinliğinde 5,081 μm ve en düşük değer yine 1 yönünde işlemede 0,04 mm kesme derinliğinde işleme sonucunda 2,095 μm olarak kaydedilmiştir.

Genel olarak kesme derinliğinin artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmektedir. Ancak 1 ve 3 yönleri kullanılarak kesme derinliklerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelediğimiz deneylerde kesme derinliğinin 0,6 mm'ye çıktığı her iki işleme yönünde de elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu azalma, kesici uç radyüsünü aşan kesme derinliğinin kesici ucun asıl kesme kenarının kesme hareketinde bulunmasından dolayı oluştuğu düşünülmektedir.

Yanal adımlama değiştirilmesiyle (x yönünde adımlama) miktarlarında 5 ve 6 yönünde yapılan işlemlerde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 5 yönünde işlemede 2,7 mm yanal adımlama miktarında 3.385 μm ve en düşük değer 6 yönünde 0,05 mm adımlama miktarında işleme sonucunda 0,58 μm olarak kaydedilmiştir. Yapılan bu çalışmada yanal adımlamanın (x yönünde adımlama) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinde de artış olduğu kaydedilmiştir.

Genel olarak, gerçekleştirilen 1, 3, 5 ve 6 yönlü frezeleme işlemlerinde kesme derinliğinin artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde artışlar meydana gelmiştir.

Daha sonra yapılabilcek olan çalışmalar için bazı öneriler aşağıda sıralanmıştır;

Bu çalışmada kullanılan kesme hızları, ilerleme hızları ve adımlama miktarları daha farklı değerlerde belirlenerek aynı zamanda işleme süreleri üzerinde optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada kullanılan kesici takım geometrisi ve radyüsünün yanı sıra eğik yüzeylerin frezelenmesinde farklı kesici takım geometrileri veya farklı kesici takım radysleri kullanarak elde edilecek olan yüzey pürüzlülükleri incelenebilir.

Talaş kaldırma işlemi sırasında meydana gelen titreşimler de ölçülebilir ve ölçülen bu titreşimlerin kesme işlemi ile yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkileri araştırılabilir.

Kesici takımlar elektron tarama mikroskopunda (SEM) incelenerek etkin aşınma mekanizmaları belirlenebilir.

KAYNAKLAR

1. İpekçioğlu, N., “Frezecilik”, *Devlet Kitapları Basımevi*, Ankara,169-174 (1984).
2. Şeker, U., “Takım tasarımı ders notları”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 1–30 (1997).
3. Güllü, A., “Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı*, Ankara, 1–5 (1995).
4. Şahin, Y., “Talaş kaldırma prensipleri Cilt-1”, Ankara, 175-180 (2000).
5. Demir, H. ve Güllü, A., “Taş dokusunun yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetlerine etkilerinin incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, 23 (1): 77-83 (2008).
6. Özses, B., “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü*, Ankara, 6-25 (2002).
7. Dinç, S., “Sıcak iş takım çeliklerinde üretim koşullarının yapı ve özellikler üzerindeki etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.*, İstanbul, 65-68 (1991).
8. Baptista R. and Simoes J.F. Antune, “Three and five axes milling of sculptured surfaces”, *Journal Of Materials Technology* 103 (3): 398-403, (2000).
9. Korkut I. ve Dönertas M.A. “The dnfluence of feed rate and cutting speed on the cutting forces, surface roughness and tool-chip contact length during face milling”, *Materials and Design* 28 (5): 308-312, (2007).
10. Lamikiz A., Lacalle L.N.Lopez de, Sanchez J.A. and Salgado M.A., “Cutting Force Estimation In Sculptured Surface Milling”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 44 (14): 1511-1526, (2004).
11. Naserian R.Salami, Sadeghi M.H and Haghghat H., “Static rigid force model for 3 axis ball end milling of sculptured surfaces”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 47 (5): 785-792, (2007).
12. Urbanski J.P., Koshy P., Dewes R.C. and Aspinwall D.K., “High speed machining of moulds and dies for net shape manufacturing”, *Materials and Design* 21 (4): 395-402, (2000).

13. Zhang Julie Z., Chen Joseph C. and Kirby E. Daniel “Surface roughness optimization in an end-milling operation using the taguchi design method”, *Journal of Materials Processing Technology* 184 (1-3): 223-239, (2007).
14. Robert, B.J., Barry, K.F. and Ercan, M.T., “On-line optimization of cutting conditions for NC machining. manufacturing and industrial innovation research conference“, *Florida*.(2001)
15. Vieira, J.M., Machado, A.R. and Ezugwu, E.O., “Performance of cutting fluids face milling of steels”, *Journal of Materials Processing Technology* 116 (2-3): 244-251, (2001).
16. Xavior, M. A. and Adithan, M., “Determining the Influence of cutting fluids on tool wear and surface roughness during turning of AISI 304 austenitic stainless steel”, *Journal of Materials Processing Technology* 209 (2): 900–909 (2009).
17. Yang, J.L. and Chen, C.J. “A Systematic approach for identifying optimum surface roughness performance in end-milling operations”, *Journal of Industrial Technology*, 17 (2): 168-181 (2001).
18. Koshy, P., Dewes, R.C. and Aspinwall, D.K., “High speed end milling of hardened AISI D2 tool steel”, *Journal of Materials Processing Technology*, 127 (2): 266–273 (2002).
19. 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*, 154: 1067–1073 (2004).
20. Aslan, E. ve Camuşçu, N., “Sertleştirilmiş AISI D3 takım çeliğinin CBN parmak freze ile yüksek hızda işlenmesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* , 18(3): 453-458 (2005).
21. 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 (1): 67-75 (1999).
22. Fu, H.J., Devor, R.E. and Kapoor, S.G., “A Mechanistic model for the prediction of the force system in face milling operations”, *ASME Journal of Engineering for Industry*, 106 (1): 81-88 (1984).
23. Shunmugam, S.V., Bhaskara, R.T. and Narendran, T., “Selection of optimum conditions in multi-pass face milling using a genetic algorithm”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40 (3): 4014-414 (2000).
24. Lee, K.S. and Ko, S.L., “Improvement of the accuracy in the machining of a shoulder cut by end milling”, *Journal of Materials Processing Technology*, 111 (1-3): 244-249 (2001).

25. Jawaid, A., Köksal, S. and Sharif, S., “Cutting performance and wear characteristics of pvd coated and uncoated carbide tools in face milling inconel 718 aerospace alloy”, *Journal of Materials Processing Technology*, 116 (1): 2-9 (2001).
26. Schmidt, J. and Tritschler, H., ”Micro cutting of steel”, *Springer pp.* 10 (3): 167–174, (2004).
27. Bissacco, G., Hansen, H.N. and Chiffre, L. De, ”Size effects on surface generation in micro milling of hardened tool steel”, *CIRP Annals, Manufacturing Technol.*, 55 (1): 593–596 (2006).
28. Gologlu, C. ve Sakarya, N., “The effects of cutter path strategies on surface roughness of pocket milling of 1.2738 steel based on taguchi method”, *Journal of Materials Processing Technology*, 206 (1-3): 7-15 (2008).
29. Köksal, S., “Face milling of nickel-based superalloys with coated and uncoated carbide tools”, *PhD Thesis, School Of Engineering, Coventry Universty, England*, 150-152 (2000).
30. Groover, M. P., “Fundamentals of modern manufacturing- materials, processes and systems”, *Prentice-Hall Inc., New Jersey*, 1-12 (1996).
31. Akkurt, M., “Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları” *İ.T.Ü. Makine Fakültesi*, İstanbul, 85-90 (2000).
32. Çakır, M. C., “Modern talaşlı imalatın esasları”, *Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı* Bursa, 88-97 (1999).
33. Sandvik Coromant., “Modern metal cutting – A practical handbook”, *English Edition, Sandvik Coromant*, Sweden,12-30 (1994).
34. DeGarmo, E. P., Black, J. T. and Kohser, R. A., “Materials and processes in manufacturing”, *Prentice-Hall Inc., New Jersey*,8-16 (1997).
35. Shaw, M. C., “Metal cutting principles”, *Oxford University Pres*, Oxford, 68-74 (1994).
36. Çakır, M.C., “Modern talaşlı imalat yöntemleri”, *VİPAS A.S.*, Bursa, 75-83 (2000).
37. Şahin, Y., “İmal usulleri”, *Gazi Yayınevi*, Ankara, 269–280 (2003).
38. Bayrak, M., “Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği*, Ankara, 1-35 (2002).
39. Galyer, J.F.W. and Shotbolt, C.R., “Metrology for engineers”, *Cassel Publishers Limited*, London, 1 (9): 191-194, (1993).

40. Sandvik Coromant., “Sandvik coromant el kitabı, talaşlı imalat teknik kılavuzu”, *Türkçe Basım, Elanders, İsveç*, 5-9 (2005)
41. Gadelmavla, E. S. and Koura, M. M., “Roughness parameter”, *Journal Of Material Processing Technology*, 123: 133-145 (2002).

ÖZGEÇMİŞ

Hakan OKTAY 1982 yılında Mersin ilinin Tarsus ilçesinde doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı ilçede tamamladı. Tarsus Endüstri Meslek Lisesi tesviye Bölümü'nden mezun oldu. 2002 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, talaşlı üretim öğretmenliği bölümünde öğrenime başlayıp 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans Programına devam etmektedir..

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Andiçen mah. Gülhansı sok. Yonca apt. No:11/3
Sincan/ANKARA
Tel : (544) 830 3378
E-posta : tekniktasarim33@hotmail.com