

**PLASTİK KALIP ÇELİĞİNİN (NİMAX)
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**2017
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Zeynep BOSTANCI

**PLASTİK KALIP ÇELİĞİNİN (NİMAX) İŞLENEBİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Zeynep BOSTANCI

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
MART 2018**

Zeynep BOSTANCI tarafından hazırlanan “PLASTİK KALIP ÇELİĞİNİN (NİMAX) İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Halil DEMİR

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Dr. Hacı Bekir ÖZERKAN

Tez Danışmanı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 09/02/2018

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Doç. Dr. Arif GÖK (AÜ)

Üye : Prof. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)

Üye : Yrd.Doç. Dr. Mehmet BOY

İmzası



...../...../2018

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

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.





“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.”

Zeynep BOSTANCI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PLASTİK KALIP ÇELİĞİNİN (NİMAX) İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Zeynep BOSTANCI

**KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Tez Danışman:

Prof. Dr. Halil DEMİR

Öğr. Gör. Dr. Hacı Bekir ÖZERKAN

Mart 2018, 49 sayfa

Bu çalışmada, kalıpcılıkta yaygın olarak kullanılmaya başlayan NİMAX plastik kalıp çeliği tercih edilmiştir. Deneysel çalışmalarda işleme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği) işleme sırasında meydana gelen kesme kuvvetlerine ve işleme sonrası iş parçasında oluşan yüzey pürüzlülüklerine etkileri incelenmiştir. TiAlN kaplamalı karbür kesici takım kullanılarak frezeleme yöntemi ile yapılan deneylerde işleme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (140, 170, 200 ve 230 m/dak), dört farklı ilerleme miktarı (0,15-0,23-0,34 ve 0,51 mm/diş) ve iki farklı talaş derinliği (0,3 ve 0,6 mm) kullanılmıştır. Deneysel çalışma sonuçlarının değerlendirilmesinde kesme hızının artması ile kesme kuvvetlerinde düşüş meydana gelirken ilerleme miktarının artmasıyla da kesme kuvvetlerinde artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir. En yüksek kesme kuvveti (262,5 N) 200 m/dak kesme hızı,

0,51 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,6 mm talaş derinliğinde ölçölürken, en düşük kesme kuvveti değeri (71,43 N) ise 0,3 mm talaş derinliğinde, 140 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/diş ilerleme miktarında ölçölmüştür. Yapılan deneylerde en düşük yüzey pürüzlölüğü (0,304 μm) 140 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/diş ilerleme miktarında ve 0,3 mm talaş derinliğinde, en yüksek yüzey pürüzlölük değeri (1,257 μm) ise 140 m/dak kesme hızında 0,51 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,6 mm talaş derinliğinde oluşmuştur.

Anahtar Sözcükler : İşlenebilirlik, Takım Çeliği, NİMAX, Frezeleme, Kesme Kuvveti, Yüzey pürüzlölüğü

Bilim Kodu : 916.3.028

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

AN INVESTIGATION INTO THE MACHINABILITY OF PLASTIC MOLD STEEL (NIMAX)

Zeynep BOSTANCI

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

**Thesis Advisor:
Prof. Dr. Halil DEMİR
Dr. Hacı Bekir ÖZERKAN**

March 2018, 49 pages

In this study, NIMAX plastic mold steel, which is widely used in molding, is preferred. In experimental studies, the effects of cutting parameters (cutting speed, feed rate and chip depth) on cutting forces during machining and surface roughness were investigated after machining. In the experiments have been used TiAlN coated carbide cutting tool with milling method and preferred four different cutting speeds (140, 170, 200 and 230 m/min), four different feed rates (0,15-0,23-0,34 and 0, 51 mm/tooth) and two different chip depths (0.3 and 0.6 mm). In the evaluation of the experimental results, it is observed that the increase of the cutting speed causes the decrease in the cutting forces and the increase in the cutting forces increases the increase of the cutting amount. The highest cutting force (262,5 N) was measured at a cutting speed of 200 m/min, a feed rate of 0.51 mm/tooth and a depth of 0,6 mm, while the lowest cutting force value (71,43 N) at cutting depth, a cutting speed of 140 m/min was measured at a feed rate of 0.15 mm/tooth. In the experiments carried out,

the lowest surface roughness (0,304 μm), the cutting speed of 140 m/min, the cutting depth of 0,15 mm/thread and the depth of 0,3 mm, the highest surface roughness value (1,257 μm), A feed rate of 51 mm/tooth and a depth of 0.6 mm.

Key Word : Machinability, Tool Steel, NIMAX, Milling, Cutting Force, Surface Roughness

Science Code : 916.3.028



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Halil DEMİR ve Öğr. Gör. Dr. Hacı Bekir ÖZERKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İşlenebilirlik deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Arş. Gör. Dr. Gültekin UZUN'a teşekkür ederim. Ayrıca desteklerini esirgemeyen doktora öğrencileri Rüstem BİNALİ ve Mücahit COŐKUN'a ve yüksek mühendis ağatay TOPÇU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımcı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	2
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
BÖLÜM 3	5
TALAŞLI ÜRETİM	5
3.1. TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ VE TALAŞ TİPİ	5
3.1.1. Talaş kaldırmayı Etkileyen Faktörler	7
3.1.1.1. Kesici takım geometrisi	7
3.1.1.2. İşleme esnasında ısının oluşumu	9
3.1.1.3. Takım ömrü	9
3.1.1.4. Kesme hızı	11
3.1.1.5. Talaş derinliği	12
3.1.1.6. İlerleme miktarı	12
3.1.1.7. Kesme kuvveti	13
BÖLÜM 4	17
İŞLENEBİLİRLİK VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	17

	<u>Sayfa</u>
4.1. İŞLENEBİLİRLİK.....	17
4.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	18
4.2.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Oluşumu	20
4.2.1.1. İdeal yüzey pürüzlülüğü	20
4.2.1.2. Tabii yüzey pürüzlülüğü.....	20
4.2.2. Yüzey Pürüzlülük Değerini Ölçme Teknikleri	22
4.2.3. Pürüzlülük Parametreleri	23
4.2.3.1 Örneklem uzunluğu ve örneklem sayısı.....	23
4.2.3.2 Ortalama çizgisi	24
4.2.3.3 Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra).....	24
4.2.3.4 Genlik dağılım eğrisi (R _{sk}).....	25
4.2.4. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	26
BÖLÜM 5	27
MATERYAL METOD.....	27
5.1. DENEY NUMUNELERİ.....	27
5.2. KESİCİ TAKIM	27
5.3. KESİCİ TAKIM TUTUCU	28
5.3. TAKIM TEZGÂHI VE DENEY DÜZENEĞİ.....	29
5.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ	30
5.5. DENEY PARAMETRELERİ.....	31
BÖLÜM 6	32
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	32
6.1. İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNE ETKİSİ	33
6.2. İŞLEME PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETİNE ETKİSİ.....	36
6.2.1. İlerleme Miktarına Göre Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi.....	36
6.2.2. Kesme Hızına Göre Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi.....	39
BÖLÜM 7	43
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43

	<u>Sayfa</u>
7.1 SONUÇLAR.....	43
7.2. ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Dik kesme ve eğik kesme modeli	21
Şekil 3.2. Kesici takım açılarının etkisi	23
Şekil 3.3. İşleme esnasında ısının oluşumu	24
Şekil 3.4. Kesme hızına bağlı aşınma tipleri ve takım ömrü ilişkileri.....	26
Şekil 3.5. Talaş kaldırma kuvvetleri	30
Şekil 4.1. Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi.....	37
Şekil 4.2. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu	39
Şekil 4.3. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel olarak ifadesi.....	40
Şekil 4.4. Profil ve genlik dağılımı eğrisi	41
Şekil 5.1. Kesici takım tutucu.....	43
Şekil 5.2. Kistler 9257B dinamometresinin elemanları	44
Şekil 6.1. 0,3 mm talaş derinliğinde yapılan deneysel çalışmaların ortalama yüzey pürüzlülüğü.....	49
Şekil 6.2. 0,6 mm kesme derinliğinde ortalama yüzey pürüzlülüğü	50
Şekil 6.3. 0,3 mm talaş derinliğinde ve farklı kesme hızlarında; ilerleme miktarının kesme kuvvetinin Fz bileşenine etkisi	51
Şekil 6.4. 0,6 mm talaş derinliğinde ve farklı kesme hızlarında; ilerleme miktarının kesme kuvvetinin Fz bileşenine etkisi	52
Şekil 6.5. 0,3 mm kesme derinliğinde ve farklı ilerleme miktarında; kesme hızlarının kesme kuvvetine etkisi	54
Şekil 6.6. 0,6 mm kesme derinliğinde ve farklı ilerleme miktarlarında; kesme hızlarının kesme kuvvetine etkisi	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1. Nimax plastik kalıp çeliğinin kimyasal bileşimi.....	42
Çizelge 5.2. Kullanılan kesici takım ve özellikleri.....	42
Çizelge 5.3. Kesici takım tutucunun özellikleri	43
Çizelge 5.4. Deneylerin yapıldığı CNC freze tezgâhının özellikleri	44
Çizelge 5.5. Kullanılan dinamometrenin özellikleri.....	45
Çizelge 5.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri.....	45
Çizelge 5.7. Deney değişkenleri.....	46
Çizelge 6.1. Deney verileri.....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

α	: boşluk açısı
γ	: talaş açısı
β	: kama açısı
r	: takım ucu yarıçapı
T	: takım ömrü
v	: kesme hızı
C_t	: taylor sabiti
a	: talaş derinliği
f	: ilerleme miktarı
F_z	: talaş kaldırma kuvveti
F_s	: kesme yönünde kesme kuvveti
F_t	: radyal kuvvet
F_k	: kesme yönünde makaslama kuvveti
F_b	: dik yönde basma kuvveti
F_f	: sürtünme kuvveti
F_n	: normal kuvvet
ρ	: sürtünme açısı
μ	: sürtünme katsayısı
ϕ	: kesme açısı
τ_k	: kopma mukavemeti
R_a	: ortalama yüzey pürüzlülüğü

R _t	: yüzey pürüzlülüğünün derinliği
R _p	: yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği
L _n	: örnekleme uzunluğu
R _{s_k}	: genlik dağılım eğrisi
R _q	: en derin pürüzlülük değeri
r _e	: köşe radyüsü
C	: karbon
Si	: silisyum
Mn	: mangan
P	: fosfor
S	: kükürt
Cr	: krom
Ni	: nikel
Mo	: molibden
V	: vanadyum

KISALTMALAR

TiN	: titanyum nitrür
TiCN	: titanyum karbon nitrür
Al ₂ O ₃	: alüminyum oksit
TiAlN	: titanyum alüminyum nitrür
Fe ₃ C	: sementit
HRC	: Rockwell-C sertlik birimi
CBN	: Kübik bor nitrür
PCBN	: Kristalize kübik bor nitrür
HSS	: Yüksek hız çeliği
AISI	: Amerikan demir ve çelik enstitüsü
PVD	: Fiziksel buhar biriktirme
DIN	: Alman endüstri standartı
ISO	: Uluslararası standart organizasyonu
YSA	: Yapay sinir ağı
CNC	: Bilgisayar nümerik kontrol
BUE	: Yığıntı talaş oluşumu
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sanayi devriminin başlaması ve imalat işlemleri için teknolojinin hızla gelişimi ile çeşitli imalat yöntemlerinin gelişimi hızlanmıştır. Bu üretim yöntemleri, talaşlı imalat, kaynaklı imalat, döküm ile imalat, dövme işlemi ve çeşitli şekil verme yöntemleridir.

Kullanılan yöntemlerin arasında en yaygın olanı talaşlı imalat yöntemidir. Talaşlı imalat, ham malzemeden çeşitli yöntemler (Frezeleme, Tornalama, Delme vb.) ile istenilen son ürünün elde edilmesi için talaş (iş parçası malzemesinden kaldırılan malzeme) kaldırılmasıdır. Bu yöntemde malzemeden talaşın kaldırılması için kesici takımlar kullanılmaktadır. Kesici takımların talaş kaldırma işlemini gerçekleştirebilmesi için iş parçası malzemesinden daha sert yapıya sahip olması gereklidir.

Talaşlı imalat yöntemleri birden fazla olmasına rağmen aralarında en yaygın kullanılanı frezeleme yöntemidir. Frezeleme ile neredeyse bütün işlemler (gerekli durumlarda ek aparatlar kullanılarak) yapılabilmektedir. Frezeleme işlemi, iş parçasının sabit, kesici takımın kendi ekseninde dönmesi ve iş parçası malzemesi üzerinde ilerleme hareketi yapması ile gerçekleşmektedir. Frezelemede kullanılan kesici takımlarda birden fazla kesici ağız vardır. Bu kesici ağızların her birinin iş parçası malzemesinden talaş kaldırma kapasitesi bulunmaktadır. Bu yöntem ile gerçekleştirilen işlemler sonucunda daha sıkı toleranslar sahip ürünler ve daha iyi yüzey pürüzlülüğüne sahip ürünler üretilmektedir [1].

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan tezgâhların yanı sıra işleme parametreleri (kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği) de önemli unsurlardır. İşleme parametrelerinin değişimi ve kombinasyonu ile kesme kuvvetlerinde değişimlere

sebeptir. İşleme parametrelerinden ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin artması ile kesme kuvveti de artmaktadır. Kesme hızının artması ise kesme kuvvetini azaltmaktadır [2]. Kesme kuvvetinin etkilenmesinin yanında işleme parametreleri yüzey pürüzlülüğünü de etkilemektedir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünü, iş parçası malzemesi, kesici takım geometrisi ve takım tezgâhının rijit olması da etkilemektedir [3]. Dolayısıyla malzemeleri işlemeye başlamadan önce işleme parametrelerinin iyi seçilmesi ve diğer parametrelerin dikkate alınması gereklidir.

Kalıp imalatında çelik malzemesinin seçimi önemlidir. Kalıp çeliklerinin seçiminde kullanılacak olan hammaddenin sertlikleri ve korozyon dirençlerinin tek başlarına göz önüne alınmaması gereklidir. Kalıp çeliklerinin seçiminde kimyasal etkileşime dayanıklılık, yüzey sertleştirilebilmesi ve işlenebilirlik özellikleri de dikkate alınmalıdır. Bunun yanı sıra kalıbın tasarım boyutları, yüzey parlatılabilirliği, kaynak edilebilirliği gibi parametrelerin de ön planda tutulması gereklidir. Artan kalıp ölçüleri, daha yüksek tokluk ihtiyacının doğmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla uygulanacak olan ısıl işlemler sertleşmede deformasyon problemlerini (çarpılma, çatlama, vb.) oluşturmaktadır. Bu nedenlerden dolayı piyasada bulunan ön sertleştirilmiş kalıp çeliklerinin olması bir avantajdır [4]. Ön sertleştirilmiş malzemelerden NİMAX plastik kalıp çeliği, 38-40 HRC fabrikasyon sertliğine sahiptir [5].

Ön sertleştirilmiş olarak üretilen Nimax plastik kalıp çeliği homojen sertliğe, yüksek tokluğa, erozyona uygunluğa ve beyaz tabaka oluşmaması özelliklerine sahiptir. Gerçekleştirilen araştırmalar ışığında NİMAX kalıp çeliği hakkındaki bilgilerin literatürde yeterince araştırması bulunmamaktadır. Bu nedenle işlenebilirlik deneylerinde NİMAX kalıp çeliği seçilmiştir. İşleme yöntemi olarak frezeleme yöntemi ve işleme parametreleri ise dört farklı kesme hızı, iki farklı talaş derinliği ve dört farklı ilerleme miktarı seçilmiştir. İşlenebilirlik deneyleri sonucunda kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Koren, deneysel çalışmasında serbest yüzey aşınmasıyla işleme esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerinin arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirlemiştir. Talaş derinliklerini değiştirerek gerçekleştirdiği deneylerinde aynı kesme hızlarında ve ilerleme miktarlarında kesme kuvvetlerindeki değişim ile doğru orantılı olarak kesici takımdaki serbest yüzey aşınmalarının da olduğunu gözlemlemiştir [6].

Nalbant ve arkadaşları, yaptıkları çalışmalarında Ç1030, Ç1060 ve bu malzemelerin normalizasyon işlemine tabi tutulmuş olanlarının üzerinde, işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülük değerlerine etkilerini incelemişlerdir. Deneylerinde ilerleme miktarı sabit tutularak kesme hızı, kesici takım ve iş parçası malzemesini değişken parametre olarak almışlardır ve değişken parametrelerin yüzey pürüzlülük değerine olan etkilerini tespit etmeye çalışmışlardır [7].

Çakır ve Işık, çalışmalarında farklı sıcaklıklarla ve süreler ile östemperlenmiş olan dökme demirlerin işlenebilirliğini incelemişlerdir. Deneylerinde kullandıkları malzemelere uygulanan östemperlenme işlemleri 250, 300, 350 ve 400 derecelerde 1 ve 2 saat olarak uygulanmış 8 adet numune kullanmışlardır ve deneylerin ISO 3685 standardına göre yapmışlardır. Deneyler kaplamalı karbür kesici takım kullanarak kuru tornalama yöntemi ile yapılmıştır. 1 saat süre ile östemperlenmiş dökme demirlerin işlenebilirliği 2 saat süre ile östemperlenmiş dökme demirlerden daha iyi sonuçlanmıştır. Ancak 300 derecede ve 1 saat ile östemperlenmiş dökme demirlerin işlenebilirliğinin kötü çıkması ise iş parçası malzemesinin sertliğine bağlanmıştır [8].

Boubekri ve arkadaşları, deneysel çalışmalarında çeliklerin işlenmesi sırasında kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenebilmesi için indikatör

geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri indikatörün geçerliliğini doğrulamak amacıyla AISI 1018 düşük karbonlu soğuk haddelenmiş çelik, AISI 304 paslanmaz çelik ve AISI 4140 düşük alaşımlı çeliğini kaplamasız sementit karbür kesici takımı ile işlenebilirlik deneylerine tabii tutmuşlardır. Farklı kesme şartları ve farklı iş parçalarının kesme kuvvetlerine etkilerini belirlemek amacıyla matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda geliştirilen sistemin işlenebilirliğinin önceden tahmini ve işlenebilirlik deneylerinde maliyetin düşürülmesinde etkili olacağını belirtmişlerdir [9].

Arrazola ve arkadaşları, yaptıkları deneysel çalışmalarında dik kesme sırasında meydana gelen ısı alanının işlenebilirliğe olan etkisini incelemişlerdir. İş parçası malzemesi olarak iki farklı AISI 4140 çeliğini kullanmışlardır. Deneysel sonuçlarında ısı alanlarının talaş kaldırma işlemi için kritik bölgelerde meydana geldiğini belirtmişlerdir [10].

Ulaş ve arkadaşları, çalışmalarında DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliğinden iş parçası malzemesi hazırlayarak HSS testere freze çakısı ile frezeleme yöntemiyle işlenebilirliğini incelemişlerdir. Deneylerini beş farklı kesme hızı (20, 25, 30, 40 ve 50 m/dak) beş farklı ilerleme miktarı (20, 40, 63, 80 ve 100 mm/diş) ve sabit (1mm) talaş derinliği kullanarak kuru kesme şartlarında yapmışlardır. Çalışmalarında işleme sırasında meydana gelen kesme kuvveti değerlerini ve işleme sonrası iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülüklerini incelemişlerdir. Deneysel sonuçlarında düşey kuvvet bileşeninin yatay kuvvet bileşeninden %50 daha fazla olduğunu ve kesme hızının 20 m/dak olarak yapılan deneylerinde ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüklerinde arttığını belirtmişlerdir [11].

Ateş, çalışmasında P20 kalıp çeliğini iki farklı CBN kesici takımı ile yüksek kesme hızlarında işlemiştir. Deneylerinde kullanacağı kesici takımlarından birini düşük CBN katkılı ve seramik bağlayıcılı diğerini ise yüksek CBN katkılı ve metal bağlayıcılı seçmiştir. Deneysel çalışmasında kullandığı iki farklı kesici takımın takım aşınmalarını ve işleme sonrası iş parçası yüzeyinin kalitesini incelemiştir [12].

Hayajneh ve arkadaşları, çalışmalarında yüksek hız çeliği (HSS) kesici takımları kullanarak alüminyumun frezelenmesinin esnasında, işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğünün üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kuru kesme koşullarında yaptıkları deneylerinde işleme parametreleri olarak dört kesme hızı, yedi ilerleme miktarı ve üç talaş derinliği kullanmışlardır. Yapmış oldukları deneylerinin neticesinde ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olan en önemli parametre olduğunu belirlemişlerdir [13].

Wang ve Liu, AISI H13 çeliğini seramik kesici takımlar ve sementit karbür kesici takımları ile işleyerek kesme performanslarını incelemişlerdir. Yaptıkları deneysel çalışmalarında seramik kesici takımlar ile yapılanlarında deneysel çalışma sırasında meydana gelen kesme kuvvetlerinin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Yüzey pürüzlülüklerine ve takım ömürlerine göre kıyaslandığında da seramik kesici takımların performanslarının daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [14].

Dewes, sert malzemelerin işlenmesi sırasında kesici takım ve iş parçasında meydana gelen sıcaklığın tornalama ve frezeleme yöntemlerinde kesici takım aşınması üzerine olan etkilerinin karşılaştırmasını incelemiştir. Deneyleri sonucunda kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın 1550°C'ye kadar çıktığını gözlemlemiş, tornalama ve frezeleme yöntemlerinde kesici takımının ömrününün aynı değerlerde olduğunu belirtmiştir [15].

BÖLÜM 3

TALAŞLI ÜRETİM

Metal malzemelerin işlenebilmesi oldukça zor bir işlemdir. Hatta bazı metalik malzemeler diğer metalik malzemelere göre oldukça daha zor işlenmektedir. Buna rağmen, günümüzde çeşitli boyut ve şartlardaki metallerin işlenmesi için özenle tasarlanarak üretilen kesici takım kenarları ile iş parçasına uygun bir şekilde seçilmiş kesici takım malzemeleri ile son derece verimli bir biçimde işlenebilmektedirler.

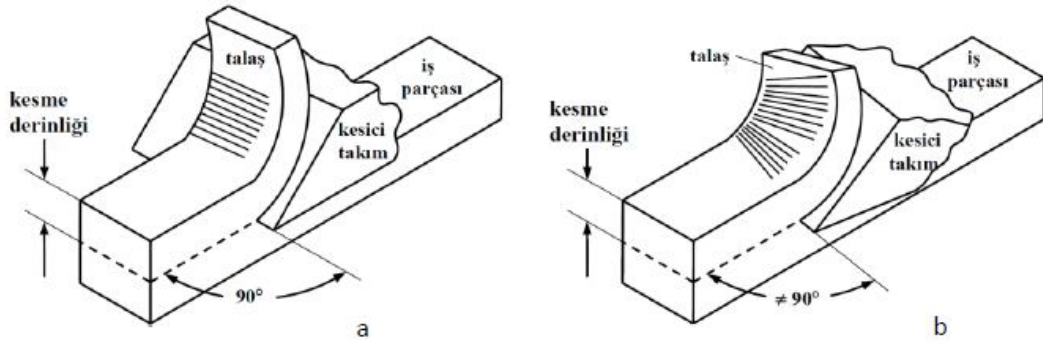
Talaşlı imalat işlemi yıllardır üzerinde yıllardır bilimsel araştırma mahiyetinde olan yöntemdir. Metallerin, yüksek kesme hızlarının, sıcaklığın ve basıncın birlikte bulunduğu talaş kaldırma işlemleri ile ilgili kesin bir sonuç elde edilmesi oldukça zor olmaktadır.

Talaşlı imalat yöntemi bir talaş oluşturma işlemidir. Talaşlı imalatın esas iş parçası malzemesini belirli bir şekle ve boyuta getirme işlemidir. Ayrıca gerek talaş oluşturma gerekse de talaş kırma işlemidir.

3.1. TALAŞ KALDIRMA MEKANİZMASI VE TALAŞ TİPİ

Talaş kaldırma belirli boyutlarda, şekillerde ve yüzey kalitesinde bir ürün oluşturmak amacıyla kesici takım ve kuvvet kullanılarak iş parçası malzemesinden katmanlar biçiminde malzeme kaldırılması işlemidir. Kaldırılan katmana talaş denilmektedir. Fiziksel açıdan bakıldığında talaş kaldırılması işlemi elastik ve plastik deformasyona dayanan, sürtünme oluşumu, ısı ve sıcaklık oluşumu, talaşın büzülmesi ve kırılması, iş parçası malzemesinin yüzeyinin sertleşmesi, kesici takımın aşınması gibi olayları oluşturan fiziksel bir olaydır.

İş parçası malzemesinden katmanlar biçiminde malzemenin kaldırılması için kesici takımın iş parçasına temas etmesi gerekmektedir temas edip talaş denilen katmanların kaldırılması için kesici takım üzerine uygulanan kuvvetin yeterli olması ve kesici takımın iş parçasından daha sert olması gerekmektedir. Talaş kaldırılması olayının incelenmesi için Şekil 3.1'deki gibi bir model oluşturulur. Oluşturulan bu modele ortogonal kesme modeli denilmektedir. Ortogonal kesme kesici takımın kesici kenarı, kesici takımla iş parçası arasındaki kesme hızına dik (Şekil 3.1.a) veya eğik (Şekil 3.1.b) olabilmektedir. Eğik biçimde talaş kaldırma modeline ortogonal eğik kesme modeli denilmektedir. Böyle bir kesici takımın iş parçası üzerinden hareket ettirilmesi ile kesici takım ucunun temas ettiği iş parçası malzemesinden kaldırılan katmanda öncelikle elastik deformasyon daha sonra plastik deformasyon oluşarak akma meydana gelir ve oluşan akmalar ile meydana gelen gerilmelerden dolayı kopma sınırı aşılır ve malzemeden belirli bir yüzey boyunca talaş kaldırılır. Malzemeden kaldırılan talaş, ayrılma biçimi, iş parçası malzemesinin özellikleri ve işleme şartlarına göre farklı biçimlerde oluşur. Buna bağlı olarak çeşitli tiplerde talaşlar oluşur [16,17].



Şekil 3.1. Kesme modeli a) dik b) eğik [17].

Oluşan talaş tipleri, oluşum mekanizmalarına göre üçe ayrılmaktadır. Bunlar, sürekli, kesikli ve yapışık talaş tipleridir.

- Sürekli talaş tipi: Yüksek kesme hızlarında düşük ilerleme miktarında ve sünek malzemelerin işlenmesi sırasında oluşmaktadır. Oluşan sürekli talaş

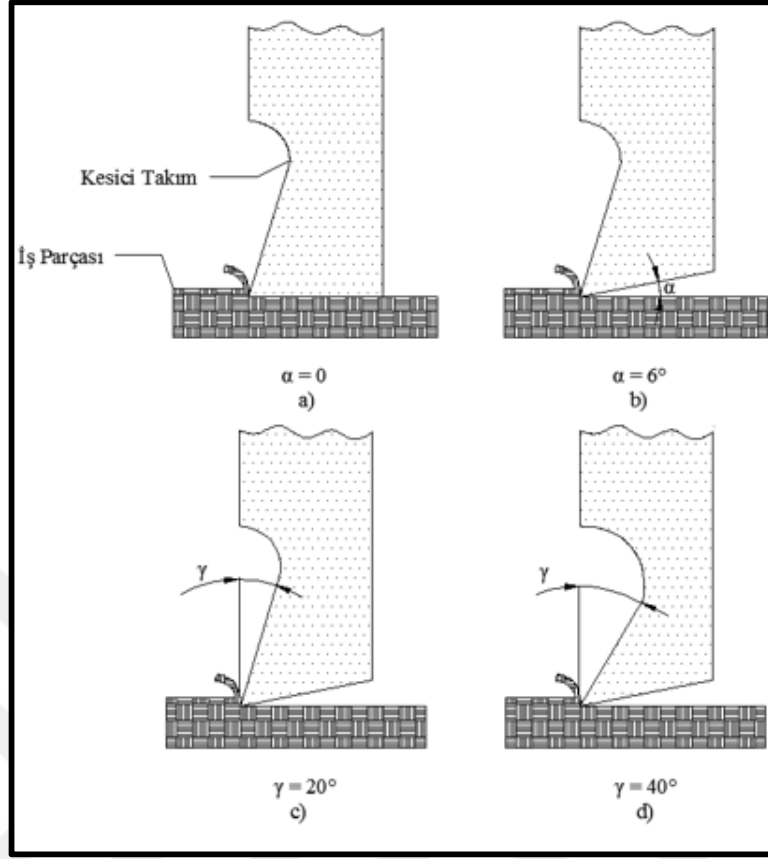
takım tezgâhının çeşitli tertibatlarına zarar verdiği gibi işe sarılarak bitirme yüzeyinin bozulmasına neden olur.

- Kesikli talaş tipi: Gevrek malzemelerin işlenmesi sırasında meydana gelmektedir. Sert malzemelerde çok iyi bitirme yüzeyi oluşturur.
- Yığıntı talaş tipi: Orta seviyede kesme hızlarında yüksek ilerleme miktarında ve sünek malzemelerin işlenmesi sırasında meydana gelmektedir. Oluşan yüzeyin kötü oluşmasına neden olmakla beraber kesici takım ağzının kısa zamanda bozulmasına neden olur [16].

3.1.1. Talaş kaldırmayı Etkileyen Faktörler

3.1.1.1. Kesici takım geometrisi

Talaş kaldırılması olayında etkili olan en önemli eleman kesici takımdır. Kesici takım geometrisini boşluk açısı (α), talaş açısı (γ), kama açısı (β) ve takım ucu yarıçapı (r) belirler. Şekil 3.2’de boşluk ve talaş açısı değerlerine göre kesici takımın durumları gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kesici takım açıları etkisi [16].

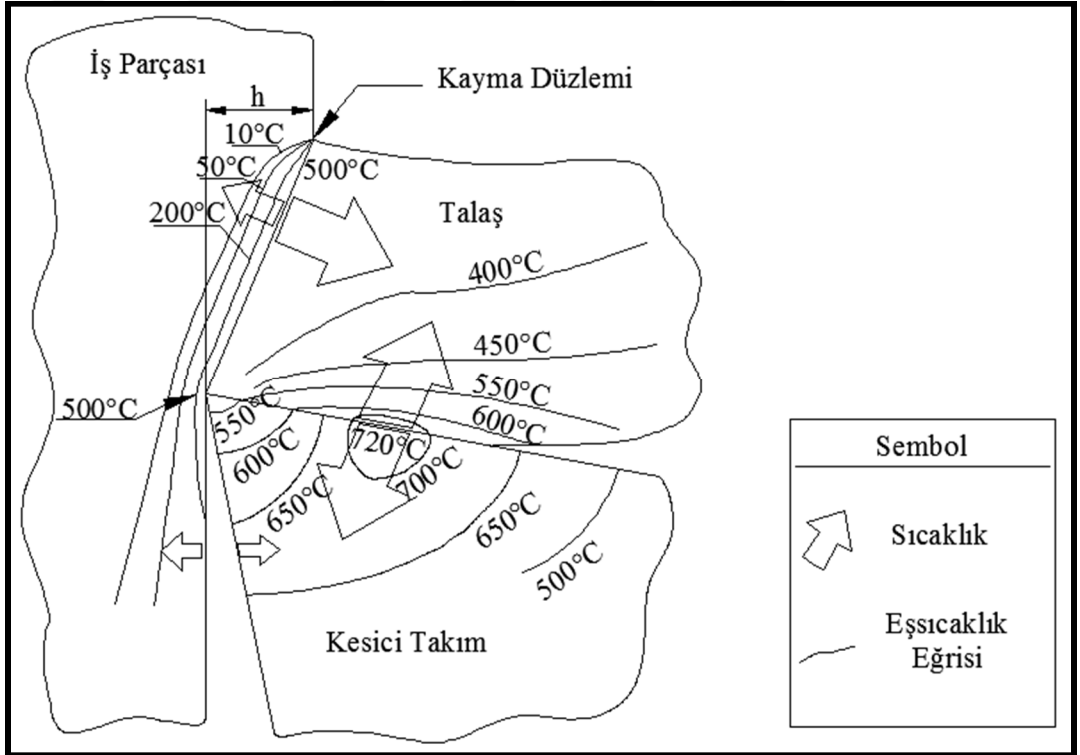
Kesici takım ile iş parçası malzemesinin yüzeyleri arasındaki sürtünmenin engellenebilmesi için α değerinin ortalama 6° olması gerekmektedir. Genellikle α değeri kesici takım ve iş parçasına bağlı olarak 3° ve 7° arasında seçilmektedir [18].

Şekil 3.2.c'deki gibi γ küçük ise iş parçasının işlenmesi zor olacağından, ısı oluşumu ve kesme kuvveti artar. Ayrıca kesici takım aşınması daha çabuk olur.

Şekil 3.2.d'deki gibi γ büyük ise kesici takımın ucu daha ince olacağından iş parçasının işlenmesi daha kolay olur. Takım ucunun ince olmasından dolayı daha düşük kesme kuvveti yeterli olacaktır, talaş kolay atılır ve yüksek kesme hızlarında işleme gerçekleştirilebilir. Ancak kesici takım ucunun ince olması kuvvetlere karşı mukavemetinin azalacağından takımın kırılma ihtimali artar [19].

3.1.1.2. İşleme esnasında ısının oluşumu

İşleme sırasında iş parçasından kaldırılan talaştan dolayı meydana gelen ısı, malzemeden kaldırılması gereken talaş için gereken enerjiden, kesici takım ile kaldırılan talaş arasındaki sürtünmeden ve kesici takım ile iş parçası malzemesinin yüzeyi arasındaki sürtünmeden meydana gelmektedir. Meydana gelen ısının bir bölümü, iş parçası malzemesinden kaldırılan talaş vasıtasıyla dışarıya atılır, geriye kalan ısı ise kesici takım ve iş parçası malzemesine geçer. Kesici takım ve malzemeye geçen ısıyla sıcaklık artışı oluşur ve kesici takımda aşınma oluşmasına sebep olur. Bu durumda kesici takımın ömründe azalmaya sebebiyet verir. Isı oluşumu gösterimi Şekil 3.3'te verilmiştir [20].



Şekil 3.3. İşleme esnasında ısının oluşumu [20].

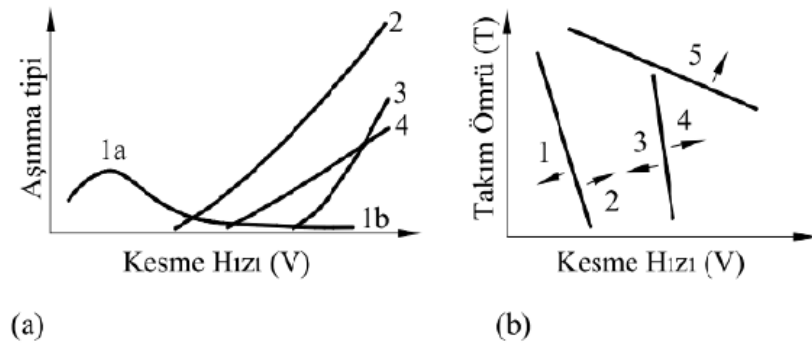
3.1.1.3. Takım ömrü

Kesici takımda oluşan aşınmalar belirli seviyeye ulaştığında işlenen iş parçasının yüzeyinde bozulmalar başlar, harcanan enerji artar ve sistemde titreşimlerin oluşmasına neden olabilir. İş parçasının işlenen yüzeyini bozan aşınma değeri kesici

takımın körelendiğini gösterir ve körelinceye kadar geçen işleme zamanına kesici takımın takım ömrü denilmektedir. Genel ifadeyle takım ömrü, kesici takımın kesme ucunda kabul edilebilen seviyede aşınma oluşuncuya kadar geçen talaş kaldırma zamanına denir. Kesici takımın ömrü genellikle T ile gösterilerek dakika ile ölçümü yapılır.

Kesici takım ömrü, çeşitli aşınmalar tarafından sınırlanmaktadır. Bu aşınma çeşitleri takım ömrünü belirleyen kriterleri meydana getirmektedir. Pratik olarak takım ömrünü tayin eden en önemli kriter takımın serbest yüzeyinde oluşan aşınmadır. İkinci sırada krater aşınması oluşur. Serbest yüzeyde oluşan aşınma kesme ağzından başlayarak kabul edilen bir aşınma değerine erişinceye kadar sürekli ilerlemektedir. Bu bakımdan takım ömrü, kabul edilen bir aşınma değerine bağlıdır. Frezeleme işlemi için bu aşınma değerleri ISO 8688-1 yüzey frezeleme standardında belirtilmiştir [21].

Aşınma olayının gelişmesinde kesme hızının çok büyük etkisi vardır. Bu bakımdan denilebilir ki, kesme hızı takımın ömrünü etkileyen en önemli faktördür. Örneğin; tungsten esaslı karbür takım malzemesi için kesme hızına bağlı çeşitli aşınma çeşitleri Şekil 3.4.a'da verilmiştir. Burada 1-talaş birikintisi, 2-adezyon aşınması (serbest yüzey), 3-difüzyon aşınması (krater), 4-oksidasyon aşınması, 5-plastik şekil değiştirmedir. Görüldüğü gibi talaş birikintisi düşük hızlarda (1a) meydana gelmekte ve sıcaklığın da büyük olduğu yüksek hızlarda kaybolmaktadır (1b). Şekil 3.4.b'de takım ömrünü, kesme hızına bağlı olarak tayin eden çeşitli aşınma bölgeleri verilmiştir [22].



Şekil 3.4. Kesme hızına bağlı aşınma tipleri ve takım ömrü ilişkileri [21].

Takım ömrü ile ilgili ilk araştırma 1900-1908 arasında F. Taylor tarafından yapılmış ve ilk olarak aşağıdaki gibi ifade edilen bir model ortaya konulmuştur. Bu modelde Taylor takım ömrünü (T), kesme hızı (V) ve ilerleme (f)'nin bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir [21,22].

$$T = \frac{sb}{f_x v_y} \quad (3.1.)$$

Daha sonraki yıllarda bu eşitlik daha yaygın olarak bilinen aşağıdaki formunu almıştır.

$$vT^n = C \quad (3.2.)$$

Burada n, öncelikle takım malzemesine bağlı, fakat aynı zamanda iş parçası malzemesinden, kesme şartlarından ve ortamdan etkilenen bir katsayı, C ise özellikle ilerlemeyi ihtiva eden tüm girdi parametrelerine bağlı bir sabittir. Aynı zamanda C takım ve parça malzemesine bağlı olan bir dakikalık ömre karşılık gelen kesme hızıdır.

3.1.1.4. Kesme hızı

Bir freze kesici takımının, çevresinde bulunan kesen dişin bir dakikada metre cinsinden keserek katettiği mesafe kesme hızıdır. Aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir.

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000} \quad (3.3)$$

V_c = Kesme hızı, m/dak

n = Devir sayısı, dev/dak

D = Freze takımının çapı, mm

Kesme hızı değerleri, genelde kesici takım firmalarının kataloglarındaki değerlerinden seçilmektedir. Uygun kesme hızı, seçilmiş kesici takımın ömrü ve

işleme zamanı yönünden son derece önemlidir. Kesici takım düşük kesme hızlarında kullanıldığı zaman işleme süresinin artmasından dolayı zaman kaybı oluşmakta, aşırı hızda ise sürtünme ve ısıdan dolayı takım çabuk aşınmakta ve aşınan takımın değiştirilmesi de zaman kaybına yol açmaktadır. Bu koşullarda işlenen malzemelerde uygun kesme hızının seçilmesi gereklidir. Metallerin sertliği, yapısı ve işlenebilirliği değiştiğinden, farklı kesici takım ve iş parçası malzemesi için farklı kesme hızları tercih edilmelidir [23].

Belirli bir malzemeyi işleyebilmek için uygun kesme hızının belirlenmesinde;

- İş parçası ve kesici takımın malzemesi,
- Kesici takımın çapı,
- Gerekli bitirme yüzeyi,
- Kesme derinliği,
- Tezgah ile bağlama elemanlarının rijitliği faktörleri dikkate alınmalı [24].

3.1.1.5. Talaş derinliği

Talaş derinliği, kesici takımın iş parçasının içerisine doğru dikey olarak aldığı yoldur. Genellikle, a_p ile gösterilmektedir. Talaş derinliğinin uygun seçilememesi durumunda işleme zamanını ve işleme maliyetini etkilemektedir. Yeterli talaş derinliğinin verilmemesinde, işlemin tamamlanması için birden fazla paso gerekli olacak ve daha fazla zaman kaybına sebebiyet verecektir [23].

3.1.1.6. İlerleme miktarı

Frezelemede, dakikadaki ilerleme (mm/dak), diş başına ilerleme (mm/diş) ve kesici takımın uç başına ilerleme (mm/diş) olmak üzere üç farklı ilerleme türü bulunmaktadır. Dakikadaki ilerleme veya ilerleme miktarı kesici takımın iş parçasına doğru birim zamandaki ilerlemesidir. Ayrıca tablanın ilerlemesi ve tezgahın ilerlemesi olarak da adlandırılmaktadır ve aşağıda verilen bağıntıyla hesaplanmaktadır.

$$V_f = f_z \cdot n \cdot z \quad (3.4)$$

V_f = İlerleme hızı, mm/dak

f_z = Diş başına ilerleme, mm/diş

z = Kesici uç sayısı, adet

n = Devir sayısı, dev/dak

Devir başına ilerleme özellikle ilerleme değerinin hesabında ve bir yüzey frezelemenin son işlem kapasitesinin belirlenmesi aşamasında kullanılmaktadır. Bu değer kesici takımın bir devrindeki hareket miktarına eşit olan yardımcı bir değerdir ve aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$f = V_f / n \quad (3.5)$$

Kesici uç başına ilerleme ise (f_z -mm/z) frezelemede önemli bir büyüklüktür. Freze çok ağızlı bir takımdır ve her ağzın yeterli talaşı kaldırabilmesi için uygun bir ilerleme değerine ihtiyacı vardır. Kesici ağzın başına ilerleme; bir kesici kenarın parçaya girişi ile bir sonraki kesici kenarın parçaya girişi arasında geçen sürede, tablanın ilerlediği mesafe olarak tanımlanır. Bu sebeple bu büyüklük, takımdaki kesici ucun sayısı, ilerleme miktarı ve devir sayısına bağlı olarak ifade edilerek aşağıdaki bağıntıyla bulunmaktadır [24].

$$f_z = V_f / n \cdot z \quad (3.6)$$

3.1.1.7. Kesme kuvveti

Talaş kaldırma işleminin gerçekleşmesi için takıma, kesme düzlemi boyunca oluşan dirençlere karşı, talaş kaldırma kuvveti (F_z) adı verilen kuvvet uygulanmaktadır (Şekil 3.5.a). Kesme düzleminde oluşan kuvvetler, kesme kuvveti, kesici takımla talaş ve kesici takımla iş parçası malzemesi arasındaki sürtünme kuvvetlerinden meydana gelmektedir. Düzlem boyunca yayılmış durumda olan bu kuvvetler, kesme düzlemin ortasında (Şekil 3.5.a) veya Merchant'ın varsayımına göre kesici takımın ucuna (Şekil 3.5.b) uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir. Bu son durumda, takım ucuna uygulanan kuvvet talaş kaldırma kuvveti F_z olursa, bu kuvvetin aşağıda

gösterilen bileşenlerden meydana geldiği düşünülebilir. Kesme yönünde kesme kuvveti (F_s) ve bu yöne dik yönde radyal kuvvet (F_t), kesme düzlemde makaslama kuvveti (F_k) ve bu yöne dik yönde basma kuvveti (F_b), sürtünme kuvveti (F_f) ve bunu meydana getiren normal kuvvet F_n ile F_z arasındaki ρ açısı sürtünme açısıdır, bilindiği gibi sürtünme katsayısı μ ile ifade edilirse

$$\mu = F_f / F_n = \tan \rho \quad ; \quad \rho = \arctan \mu \quad (3.7)$$

dır. Şekil 3.5'ten görüldüğü üzere kesme düzlemindeki, kesme direnci kuvvetinin yanı sıra kesici takımı, malzemeden ayırmaya çalışan bir radyal direnç oluşmaktadır. Dolayısıyla kesici takımı iş parçası üzerinde tutmak için takıma radyal bir kuvvetin uygulanması gerekir, bu da kesici takımın takım tutturma tertibatına bağlanması ile gerçekleştirilebilir [16].

$$F_s = hb\tau_k \frac{\cos(\rho-\gamma)}{\sin\phi\cos(\phi+\rho-\gamma)} \quad (3.9)$$

$$F_t = hb\tau_k \frac{\sin(\rho-\gamma)}{\sin\phi\cos(\phi+\rho-\gamma)} \quad (3.10)$$

olarak bulunur.

X denkleminde dayanarak, bir malzemeden en düşük enerjiyle talaş kaldırılması için (minimum enerji ilkesine göre) ϕ kesme açısının optimum (ϕ_0) değeri bulunur. Buna göre;

$$\frac{dF_s}{d\phi} = 0 \text{ dan } \phi_0 = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}(\rho - \gamma) \quad (3.11)$$

bulunur. (3.11) denklemi ile F_s ve F_t kuvvetleri,

$$F_s = hb\tau_k = \frac{2}{\tan\phi_0}; \quad F_t = hb\tau_k \left[\frac{1}{\tan^2\phi_0} - 1 \right] \quad (3.12)$$

şeklinde yazılır.

Yukarıdaki denklemlerden görüldüğü gibi, talaş kaldırma için harcanan güç için önemli olan F_s kesme kuvveti; malzemenin kesme kopma mukavemetine (τ_k), talaşın boyutlarına (b, h) talaş açısı (γ), kesme açısı (ϕ) ve sürtünme açısına bağlıdır. Kesme açısı optimum kesme açısı olduğu durumda (Denklemler 3.12), belirli bir malzeme ve talaş boyutları için en düşük kesme kuvveti ve dolayısıyla en düşük talaş kaldırma gücü elde edilmektedir [16].

BÖLÜM 4

İŞLENEBİLİRLİK VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

4.1. İŞLENEBİLİRLİK

Talaş, bazı malzemelerden zor kaldırılırken bazı malzemelerden kolay kaldırılmaktadır. İşlenebilirlik ifadesi herhangi bir malzemenin istenilen şekle ve yüzey kalitesine talaş kaldırılmasıyla getirilmesi işlemindeki kolaylık veya zorluk derecesi olarak tanımlanabilir. Ayrıca talaş kaldırma işleminin bir sonucu olarak malzemenin talaş kaldırma özelliklerine bağlı olmaktadır.

İşlenebilirliğin değerlendirilmesinde çeşitli kriterler kullanılmaktadır. Bunların en yaygın olanlar;

- Kesici takımın ömrü
- Kesme kuvvetleri ve harcanan güç ile enerji
- İş parçası malzemesinin işlenen yüzeyi [25].

Malzemelerde işlenebilirliği etkileyen özellikler;

- Malzemenin sertliği
- Malzemenin sünekliliği
- Malzemenin ısı iletkenliği
- Malzeme içerisindeki inklüzyonlar
- Malzeme içerisinde bulunan alaşım elementleri [26].

Talaşlı imalat işlemi ile gerçekleştirilen işlemlerde, iş parçası malzemesinin sertliğinden dolayı kesici takımda aşınma oluşacağından kesici takım ömrü azalacaktır. İş parçası malzemesinin sertlik ve dayanımı düşük olduğunda

malzemelerin işlenebilirliği artacaktır. Ancak sünek malzemelerde düşük sertliğe sahiptir. Bu değildir ki işlenebilirlikleride iyidir. Bunun nedeni malzemelerin çok yumuşak oluşu kesici takımda yığıntı talaş oluşumuna neden olduğundan kesici takım ömrü azalır ve kesici takımda meydana gelen yığıntı talaştan dolayı işlenen yüzeyin pürüzlü olmasına neden olur. Yani çok düşük sertliğe sahip malzemelerin işlenmesinde işlenebilirlik kötü yönde etkilenmektedir. Bu nedenle düşük sertliğe sahip malzemeler işlenmeden önce genellikle soğuk çekme işlemine tabi tutularak malzemenin sertliği arttırılmaktadır. İş parçası dayanımının artması kesme kuvvetlerini, kullanılan enerjiyi, gücü ve kesme sıcaklığını arttıracığından dolayı işleme zorlaşmaktadır. Bunların yanı sıra ısıl iletkenliğin yüksek oluşu, kesme bölgesinde meydana gelen ısının bölgeden uzaklaştırılmasını hızlandırır. Dolayısıyla ısıl iletkenliğin yüksek olması işlenebilirliği olumlu etkilemektedir [27].

Ayrıca iş parçası malzemesinin kimyasal içeriği, uğradığı ısıl işlemler ve malzeme içindeki inklüzyonlar işlenebilirliği önemli derece etkilemekte ve bazı durumlarda kimyasal içerik kesici takımın üzerinde etkin olan aşınma mekanizmalarının belirlenmesini sağlamaktadır [28,29].

4.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşın kaldırılması esnasında, takım tezgâhına girişlerin ve tezgaha dahil diğer önemli işlemler ile beraber çıkışlarında dikkate alınması gerekmektedir. Bunların arasında kesici takımın malzemeleri, işlemesi yapılacak iş parçası malzemesi ve tezgâhın rijitliliği sayılabilir. İşlenen malzeme yüzeyinin pürüzlülüğü ve hassasiyeti malzemenin sonuç amacını belirlemesinden dolayı önemli çıkış parametreleridir. Talaşlı üretimde işlenmiş yüzeylerde hassasiyetin elde edilmesi her daim önemli parametrelerden biridir. Yüzeyin hassasiyeti birçok parametreyi içerisine alan terimdir ve bunlar yüzeyin bitimi ve yüzeydeki çatlakların temizlenmesi, kimyasal değişim, yanma, dönüşüm ve aşırı temperleme biçiminde oluşan termal hasar ve iş parçası malzemesinde oluşan kalıcı gerilmesi olabilir. Bu etmenlerden en önemlisi bitirme yüzeyinin gerçekleştirilmesidir.

Talaş kaldırma işleminin amacı, imalat resminde belirtilen toleranslara göre iş parçalarının istenilen geometrik ölçü ve yüzey kalitesinde nihai ürün üretilmesidir. Makine parçasında parçanın geometrisi, parçanın boyutu ve işleme sonrası oluşan yüzeyin kalitesi işleme kalitesini oluşturmaktadır. Ancak iş parçasının imalat resminde belirtilen ideal ölçüler ile üretimi biten iş parçasının üzerinde boyut, yüzeyin kalitesi ve geometrisi yönünden bazı hatalar oluşabilir. Bu hatalar “tolerans” olarak tanımlanmaktadır ve iş parçasının kullanılan yere göre müsaade edilen miktardaki değerde tutulduğu zaman iş parçasının çalışmasına engel olmamaktadır. Bu toleranslar da makine iş parçasının boyut ve yüzey kalitesini oluşturmaktadır. Toleranslar ne kadar küçük olursa iş parçası yüzeyindeki yüzey kalitesi de o kadar iyi elde edilebilir. İmalat mühendisliği yönünden iş parçalarının kullanıldığı yere göre ekonomikliği de dikkate alınarak iş parçasının uygun ve istenilen yüzey kalitesinde işlenmesi gerekmektedir [24].

Malzemelerin işlenmesi sırasında kullanılan her işleme parametresi yüzeyin hassasiyetini etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğü, yüzey kalitesini belirleyen parametrelerden birisidir. Bunun yanı sıra ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesme hızı, devir sayısı, çalışma şartları (soğutmalı ve kuru) ve tezgâhın rijitliliği gibi parametreler yüzey kalitesini etkileyen başlıca parametrelerdendir. İşlenmiş malzeme yüzeylerindeki tribolojik özellikler, yüzey dokusundan birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü yalnızca aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularına bağlı değil ayrıca sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi gibi farklı alanlarda da dikkate alınması gerekli olan önemli bir etmendir. Bu sebeple makine iş parçalarının yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edilmesi oldukça önemlidir [30].

Yüzey pürüzlülüğü, işleme yapılması için kullanılan imalat yöntemleri ile ve bunları etkileyen parametreler ile meydana gelen, genellikle başka düzensizlikler ile sınırlanan, oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir. Kesici takımdan ya da üretim esnasında oluşan diğer problemlerden ortaya çıkan yüzey düzensizlikleri, yüzey pürüzlülüğü olarak tanımlanmaktadır. Talaş kaldırma işleminin amacı, iş parçası malzemelerine yalnızca biçim vermek için değil, iş parçası malzemelerinin geometrisi, boyutu ve yüzeyi bakımından imalat resminde belirtilen belirli bir

doğruluk derecesine göre üretiminin yapılmasıdır. Buna işlem kalitesi adı verilmektedir. İş parçası malzemesinin geometrisi, boyutu ve yüzey doğruluğunu kapsayan yüzey kalitesi, talaş kaldırma işleminin en önemli özelliğindedir [31].

Boyutsal kalite, iş parçası malzemesinin gerçek boyutları arasında izin verilen sapmalardanır. Bu sapmalar boyutsal toleranslar ile ifade edilmektedir. Boyut toleransları imalat kalitesine ve boyutun büyüklüğüne göre belirlenmektedir. İş parçası geometrisinin kalitesi, izin verilen şekil ve konum sapmalarını ihtiva etmektedir. Bunlar, ideal silindirik şekle göre sapmalar, ideal yüzeye göre sapmalar ve eksenel sapmalara göre üç gruba ayrılır [32].

4.2.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Oluşumu

Talaşlı üretim işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen etkenler iki bağımsız değişkenle özetlenebilir.

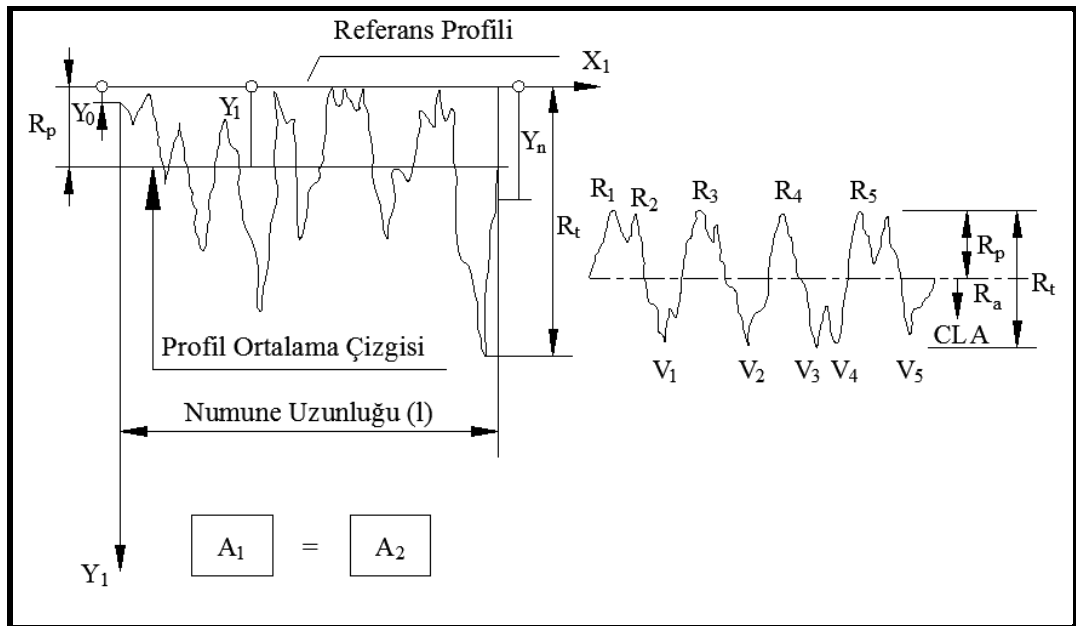
4.2.1.1. İdeal yüzey pürüzlülüğü

Kesici takımlarda oluşan hatalar, meydana gelen vuruntular ve kesici takıma yapışan talaş yığılması gibi faktörlerin azaltılmasında, kesici uç formuna ve ilerleme miktarına bağlı oluşturulan en iyi bitirme yüzeyi değerlerini göstermektedir. Sayısal karşılaştırmalar ve analizler için, bir dizi veya faktöre göre işlenmiş yüzeyin pürüzlülüğünü belirlemek çok kullanışlı bir metot olabilir. Bu amaç ile en genel kullanılan dizi “Ra” aritmetik ortalama değeri olarak bilinmektedir. Genel olarak pratik kesme işlemlerinde kullanılan kesici takımların uç kısımları yuvarlatılmıştır [33].

4.2.1.2. Tabii yüzey pürüzlülüğü

Tabii yüzey pürüzlülüğü, gerçek yüzey pürüzlülüğünün büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Tabii yüzey pürüzlülük değerini takım tezgâhının rijitliği, iş parçasını bağlama elemanları, kesici takım sistemi ve çalışma şartları gibi faktörler etkilemektedir. Bununla beraber kesici takımın kenarındaki yığılmalar da tabii yüzey

pürüzlülük değerinin artmasında neden olan faktörlerdendir. Kesme hızının artırılması ile ideal yüzey pürüzlülüğüne yaklaşılabılır. Kesici takımın uç yarıçapı sabit kalmak şartı ile ilerleme miktarındaki artış yüzey pürüzlülük değerini arttırmaktadır. Talaş kaldırma işlemiyle işlenen yüzeylerde dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki çeşit yüzey sapması oluşmaktadır. Dalga, geometrik sapmalar grubuna dâhildir ve yüzey kalitesini esasen yüzey pürüzlülüğü tayin eder (Şekil 4.1). Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kriterlere göre yapılmaktadır. Bu kriterlere göre pürüzler, iş parçası yüzeyine dik olan bir kesitte, belirlenen bir numune uzunluğu boyunca, belirlenen bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilmektedir. Referans profili olarak genelde geometrik profil alınmaktadır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak biçimde belirlenir. Yüzey pürüzlülüğü, yüzey pürüzlülüğünün derinliği (R_t), yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (R_p) ve yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri (R_a) gibi kriterlere göre değerlendirilir. Referans profile (R_t) göre en derin pürüzün değeri, referans profil ile profilin ortalama çizgisi arasındaki mesafe (R_q), (R_a) ise ortalama çizgiye göre pürüz yüksekliklerinin veya derinliklerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Pratik olarak yüzey kalitesi genellikle (R_p) veya (R_a)'nın değerleriyle ifade edilmektedir [16].



Şekil 4.1. Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi [16].

4.2.2. Yüzey Pürüzlülük Değerini Ölçme Teknikleri

Yüzey pürüzlülüğü araştırılacak iş parçası yüzeyinin özelliği bilinen bir yüzey ile karşılaştırılmasıyla, izleyici problar ile veya optik cihazlar ile ölçüm yapılmasıyla belirlenmektedir.

Temas yöntemi: İş parçası yüzeyi üzerinde dolaştırılan bir probun, sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen verilerin karşılaştırılmasına dayanmaktadır.

Mekanik yöntem: Çelik bir bilye kullanılarak minimum 500 g ağırlığındaki yüzeyde, yüzeyin içerisine doğru bilyenin bir mikronluk yer değiştirilmesiyle gerçekleştirilen yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemidir.

Hidrolik yöntem: Belirli bir eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belirli bir hacimde olan yağ damlasının akış süresiyle pürüzlülük değerleri arasında oluşturulan bir ilişkiyle pürüzlülük değerinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

Yüzey dinamometresi yöntemi: İki yüzeyin arasındaki sürtünme katsayısı, iş parçalarının pürüzlülük değerlerine bağlıdır. İki iş parçası birbiri üzerlerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet, dinamometreyle ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilmektedir.

X ışını yöntemi: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerine küçük açılar ile gönderilen X ışınlarıyla 0,00254–0,0508 μm arasında pürüzlülük değerleri ölçülebilmektedir.

Elektron mikroskobu yöntemi: Elektron mikroskobunun minimum düzensizlikleri dahi ölçme kabiliyetine sahip olmasına rağmen ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve görüntünün kopyalanması gibi sorunlar bu yöntemi sınırlamaktadır.

Replika yöntemi: İş parçasının üzerindeki konumu sebebi ile ölçümü yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz-asetat filminin aseton ile

yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılması ile oluşturulan maske, yüzey karakteri hakkında yaklaşık olarak %80 oranında bilgi vermektedir.

Elektro fiber optik yöntemi: Yüzey pürüzlülük değerinin ölçülmesinin istendiği iş parçasının X, Y düzleminde hareket eden tablaya bağlanarak yatay bir konuma getirilerek fiber optik algılayıcıyla iş parçası yüzeyine dik olacak şekilde ışın gönderilir. İş parçasının yüzey pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılar ile yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunmaktadır [34].

Çeşitli şekillendirme işlemlerinin sonucu meydana gelen yüzey pürüzlülük değerlerini belirleyebilmek amacıyla farklı yöntemler mevcuttur. Talaşlı imalat yöntemleriyle elde edilen yüzeylerin pürüzlülüklerinin değerlerinin belirlenmesinde izleyici uca sahip cihazlar kullanılmaktadır.

İzleyici uçlu cihazlar: Sivri izleyici ucun iş parçası üzerinde değerlendirme uzunluğunun boyunca hareket ettirilerek hareket sırasında meydana gelen titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şeridin üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımı ile yorumlanmasına dayanmaktadır. İzleyici ucun inceliği ölçüm sırasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden genellikle iğne (izleyici uç) olarak 90° uç açısına sahip ve 4-12 µm yarı çapa sahip iğneler kullanılmaktadır. Kullanımının en kolay olduğu ve ideal bir ölçüm sistemidir [35].

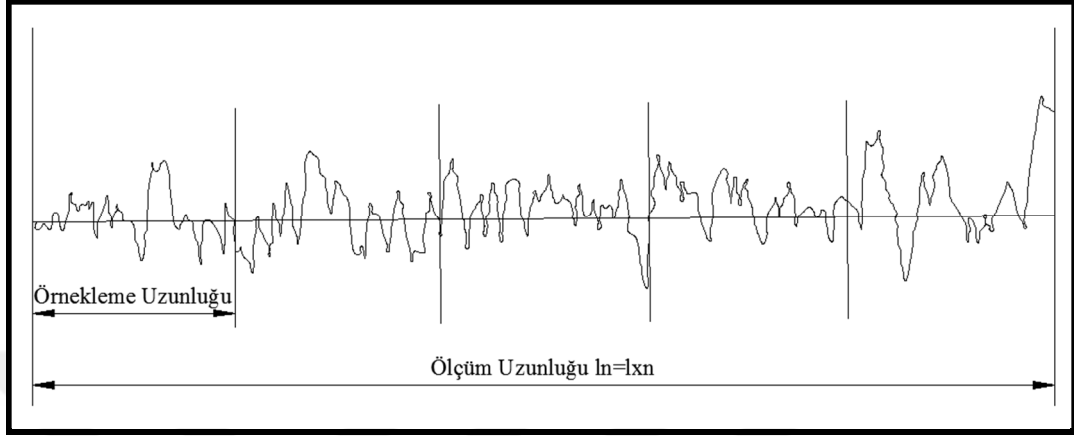
Optik yöntem: Bir yüzeyin üzerine yansıtılan ışının geliş açısıyla yansıma açısının aynı olması gereklidir. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörler ile ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

4.2.3. Pürüzlülük Parametreleri

4.2.3.1 Örnekleme uzunluğu ve örnekleme sayısı

Şekil 4.2'de (l) ile ifade edilen örnekleme uzunluğu kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir. Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme

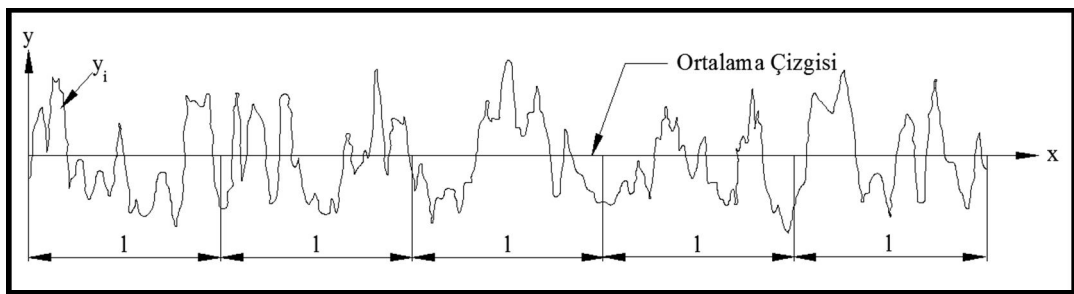
uzunlukları bir araya gelerek l_n ile ifade edilen ölçüm uzunluğu meydana gelir. l_n uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (l) ile n çarpılarak elde edilir ($l_n = l \cdot n$) [36].



Şekil 4.2. Örnekleme uzunluğu ve sayısıyla ölçüm uzunluğu [37].

4.2.3.2 Ortalama çizgisi

Ölçme uzunluğunun içerisinde profil üzerinde ve altında kalan bölgelerin eşit olduğu bölümden geçen doğruya ortalama çizgisi denilir [34]. Şekil 4.3'te tipik yüzey pürüzlülüğü üzerinde ortalama çizgisi gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel olarak ifadesi [36].

4.2.3.3 Ortalama yüzey pürüzlüğü (R_a)

Şekil 4.3'te gösterildiği gibi ortalama çizgisinin altında ve üzerinde meydana gelen mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalama değeridir. Kalite kontrolünde dünya genelinin kabul gördüğü yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin

tanımlanması ve ölçülmesi oldukça kolaydır. Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama ortaya koyduğu için dalga boyu ve profilde ki hassas değişimler hakkında yeterli bir bilgi vermemektedir.

Matematiksel tanımlaması aşağıdaki denklemler ile ifade edilebilir [36].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (4.1)$$

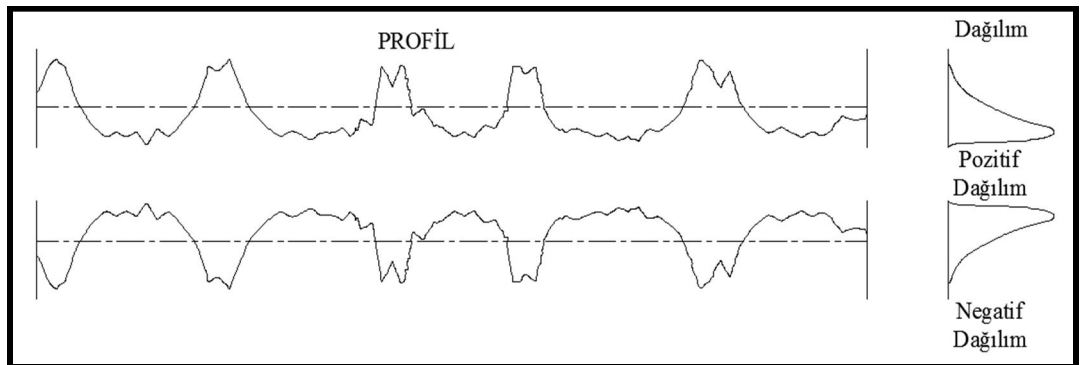
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (4.2)$$

4.2.3.4 Genlik dağılım eğrisi (R_{sk})

Şekil 4.4'te gösterildiği üzere bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağılım eğrisidir. Aynı R_a ve R_q değerlerine sahip profillerin ayırt edilmesini sağlayan değişkendir. Matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir [45].

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{\infty} y^3 p(y) dy \quad (4.3)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} (\sum_{i=1}^N 1 Y \cdot 1^3) \quad (4.4)$$



Şekil 4.4. Profil ve genlik dağılımı eğrisi [36].

4.2.4. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

1. Kesici takım ucunun üzerine kaldırılan talaşın yapışması
2. Kesici takım ve iş parçası malzemesinin elastik deformasyonu
3. Kesici takım ve iş parçası malzemesi arasında meydana gelen titreşim
4. Kesme kenarının pürüzlülüğü, birinci ve ikinci kesme kenarında meydana gelen izler ve kesme kenarında aşınma
5. İş parçası malzemesinin talaş kaldırılan yüzeyinde 100 pm'lik derinlikteki kimyasal ve fiziksel özellikleri
6. Kaldırılan malzemenin plastik akışı



BÖLÜM 5

MATERYAL METOD

5.1. DENEY NUMUNELERİ

Deneysel çalışmalarda Nimax plastik kalıp çeliği kullanılmıştır. Kullanılan çeliğin kimyasal bileşimi Çizelge 5.1’de verilmiştir. Deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesi aşamasında çeliğin boyutları 50x100x50 mm olarak kullanılmıştır.

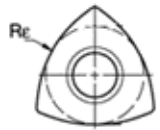
Çizelge 5.1. Nimax plastik kalıp çeliğinin kimyasal bileşimi [38].

Malzeme	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
Nimax	0,1	0,3	2,5	3,00	1,00	0,3

5.2. KESİCİ TAKIM

İşlenebilirlik deneylerinde Uddeholm (çelik firması) firmasının ve kesici takım (Kennametal) firmasının önerileri doğrultusunda KENNAMETAL KC522M kalitesinde WPGX 030204 LD 080 kodlu kesici takım kullanılmıştır. Kesici takım fiziksel kaplama yöntemiyle TiAlN kaplanmıştır. Kesici takımın teknik özellikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Kullanılan kesici takım ve özellikleri.

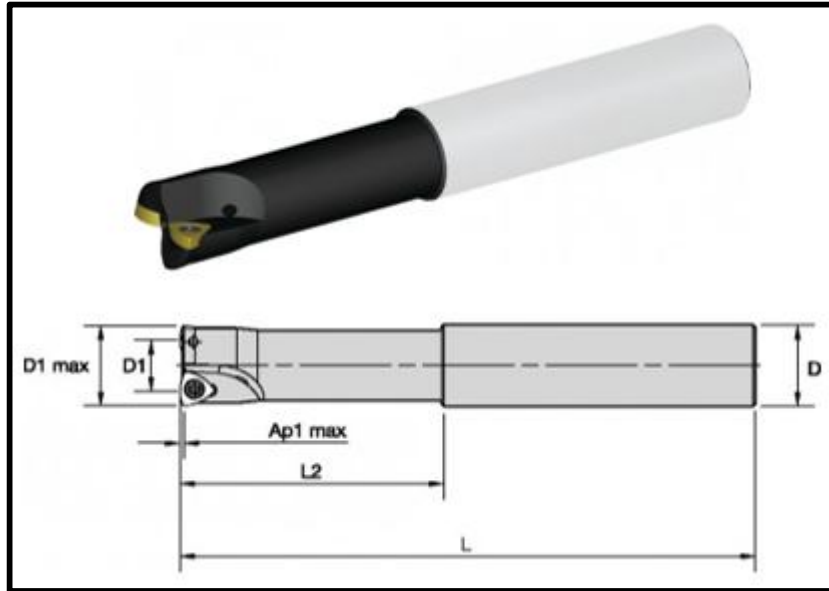
Kesici takım kodu	Kalitesi	Boşluk açısı	Uç açısı	Kesici takım geometrisi
WPGX 030204 LD 080	KC522M	12 ⁰	80 ⁰	

5.3. KESİCİ TAKIM TUTUCU

Deneyleerde kullanılan kesici takımların takma çıkarma biçiminde olması takım tutucu kullanılmasının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Kullanılan kesici takım tutucusunun özellikleri Çizelge 5.3'te verilmiş olup, takım tutucusunun görünümü ise Şekil 5.1'de verilmiştir [39].

Çizelge 5.3. Kesici takım tutucusunun özellikleri [39].

Kodu	16Y02R060A16SWP03L150
Bağlama tipi	Mekanik sıkmalı
D ₁ max (mm)	16
D ₁ (mm)	16
D (mm)	16
L (mm)	150
L ₂ (mm)	57
Ap ₁ max (mm)	1
Ağız sayısı (adet)	2
Ağırlık (kg)	0,2
Maksimum devir	15900
Rampa açısı	7,4 ⁰



Şekil 5.1. Kesici takım tutucu.

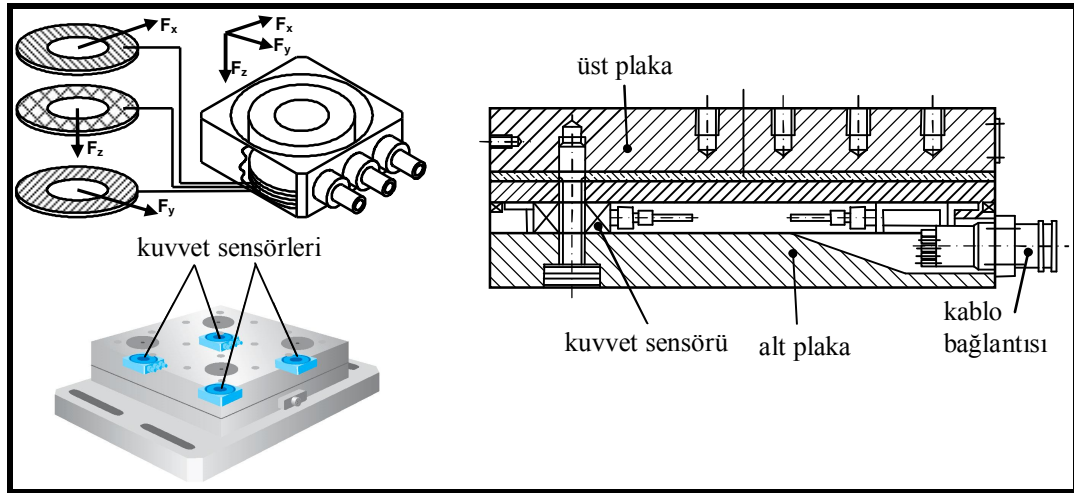
5.3. TAKIM TEZGÂHI VE DENEY DÜZENEĞİ

İşlenebilirlik deneylerinin çalışmaları Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği laboratuvarında bulunan CNC Dik işleme merkezinde gerçekleştirilmiştir. Tezgahın teknik özellikleri Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Deneylerin yapıldığı CNC freze tezgâhının özellikleri.

Model	Johnford VMC-550
Kontrol tipi	Fanuc
X, Y ve Z eksen hareketi	500x500x450 mm
Devir sayısı (max.)	6000 dev/dk
Motor gücü	7,5 kW
X-Y-Z hızlı ilerleme	15-15-12 m/dak
Kesme ilerlemesi (max.)	4000 mm/dak
Hassasiyeti	0,001 mm

Deneyel çalışmalar esnasında meydana gelen kesme kuvvetleri Kistler 9257B tipi dinamometre ile ölçülmüştür (Şekil 5.2). Deneyler sırasında ve sonrasında verilerin alınmasında/ölçülmesinde kullanılan cihazın/donanımın özellikleri Çizelge 5.5’te verilmiştir.



Şekil 5.2. Kistler 9257B dinamometresinin elemanları [40].

Çizelge 5.5. Kullanılan dinamometrenin özellikleri.

Cihaz/Donanım	Özellik
Dinamometre	Kistler 9257B, $F_x, F_y, F_z \pm 5$ kN, boyut: 170x100x60 mm
Amplifier (Yükselteç)	Kistler 5070A, 8 Kanaldan veri alma, ± 10 V
Veri okuma kartı	CIO DAS 1602/12 Kart, 8 analog kanal, 1,25-2,5-5-10 V ölçüm aralığı
Yazılım	Dynaware Veri sayısı/süresi ayarlama, grafik oluşturma

5.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ

Yüzey pürüzlülük değerleri Marsurf PS1 marka masa tipi yüzey pürüzlülük cihazıyla ölçülmüştür. Cihazının özellikleri Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri.

Model	Mahr (Marsurf PS1)
Ölçüm yöntemi	İzleyici uçlu cihazlar yöntemi
Tarama hızı	0,5mm/sn(ölçüm yaparken) 1mm/sn (geri dönüşte)
Ölçme Kuvveti	4 mN (0,4 gf)
Uç malzemesi	Elmas
Ölçme sıcaklığı	$20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
Numunenin uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme uzunluğu	4 mm
İzleyicinin uç yarıçapı	5 μm

5.5. DENEY PARAMETRELERİ

Deneyleerde dört farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme miktarı, iki farklı talaş derinliği ve kaplamalı karbür kesici takım kullanılmıştır. Kullanılan deney değişkenleri Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Deney değişkenleri.

Kesme şartı	Parametre/Özellik
Kesici Takım	TiAlN kaplamalı karbür
Kesme Hızı (m/dak.)	140-170-200-230
İlerleme miktarı (mm/dev)	0,15-0,23-0,34-0,51
Talaş derinliği (mm)	0,3-0,6
Kesme Genişliği (mm)	8
Kesme boyu (mm)	100
Kesici ağız sayısı (adet)	1
Kesici takım tutucu çapı (mm)	Ø16
Malzeme sertliği (HRC)	36-40
Kesme yöntemi	Yüzey frezeleme

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan deneylerde kesme parametrelerinin (Kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği) kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlülüklerinin üzerindeki etkiler incelenmiştir. NİMAX çeliğinin TiAlN kaplamalı karbür kesici takımlarla dört farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme miktarı ve iki farklı talaş derinliğiyle işlenmesinde oluşan kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’de verilmiştir. Deneysel çalışmalar frezeleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri her işlem sonrası dört farklı noktadan alınarak ortalamaları kullanılmıştır. Deneyler sırasında meydana gelen kuvvetler her düzlem (X, Y, Z) için ölçülmüştür. Fakat meydana gelen en yüksek kuvvet değerleri Z ekseninde meydana geldiğinden dolayı değerlendirmelerimiz Z ekseninde meydana gelen kuvvet (Fz) üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 6.1. Deney verileri.

Malzeme	Kesici Takım	Talaş Derinliği (mm)	İlerleme (mm/diş)	Kesme Hızı (m/dak)	Yüzey pürüzlülüğü Ra (μm)	Kesme Kuvveti Y eksen (N)
NİMAX	TiAlN Kaplamalı Sementit Karbür	0,3	0,15	140	0,304	71,43
				170	0,485	112,30
				200	0,418	101,60
				230	0,344	79,50
			0,23	140	0,655	100,30
				170	0,355	103,10
				200	0,408	111,30
				230	0,432	114,40
			0,34	140	0,665	135,60
				170	0,414	98,90

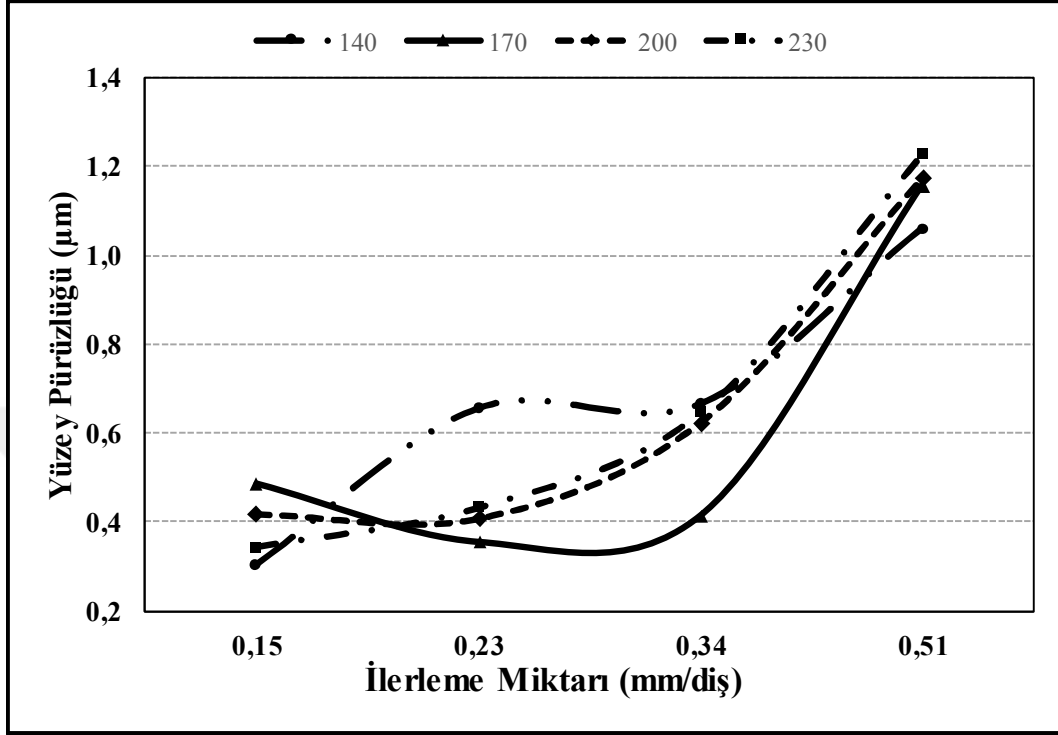
Çizelge 6.1. (Devam ediyor).

Malzeme	Kesici Takım	Talaş Derinliği (mm)	İlerleme (mm/diş)	Kesme Hızı (m/dak)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra (µm)	Kesme Kuvveti (N)
NİMAX	TiAlN Kaplamalı Sementit Karbür	0,3	0,34	200	0,623	164,60
				230	0,645	127,30
			0,51	140	1,060	140,00
				170	1,157	156,30
				200	1,173	164,70
				230	1,227	154,10
		0,6	0,15	140	0,420	122,70
				170	0,428	143,60
				200	0,308	154,30
				230	0,640	135,60
			0,23	140	0,416	165,50
				170	0,554	155,80
				200	0,362	173,10
				230	0,640	190,40
			0,34	140	0,637	179,80
				170	0,581	162,20
				200	0,676	216,80
				230	0,631	213,10
			0,51	140	1,257	203,80
				170	0,995	244,00
				200	1,177	262,50
				230	0,876	245,30

6.1. İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNE ETKİSİ

Yüzey pürüzlülüğü işlenebilirlik deneylerinde değerlendirme yapılması gereken önemli bir kriterdir. Yüzey pürüzlülük değerleri her deney sonrası işlenen yüzeyin dört farklı noktasından ölçülerek ortalaması alınmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri dört farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme miktarı ve iki farklı talaş derinliği kullanılarak elde edilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri bu değerlere en çok etki sağlayan ilerleme miktarına göre değerlendirilmiştir.

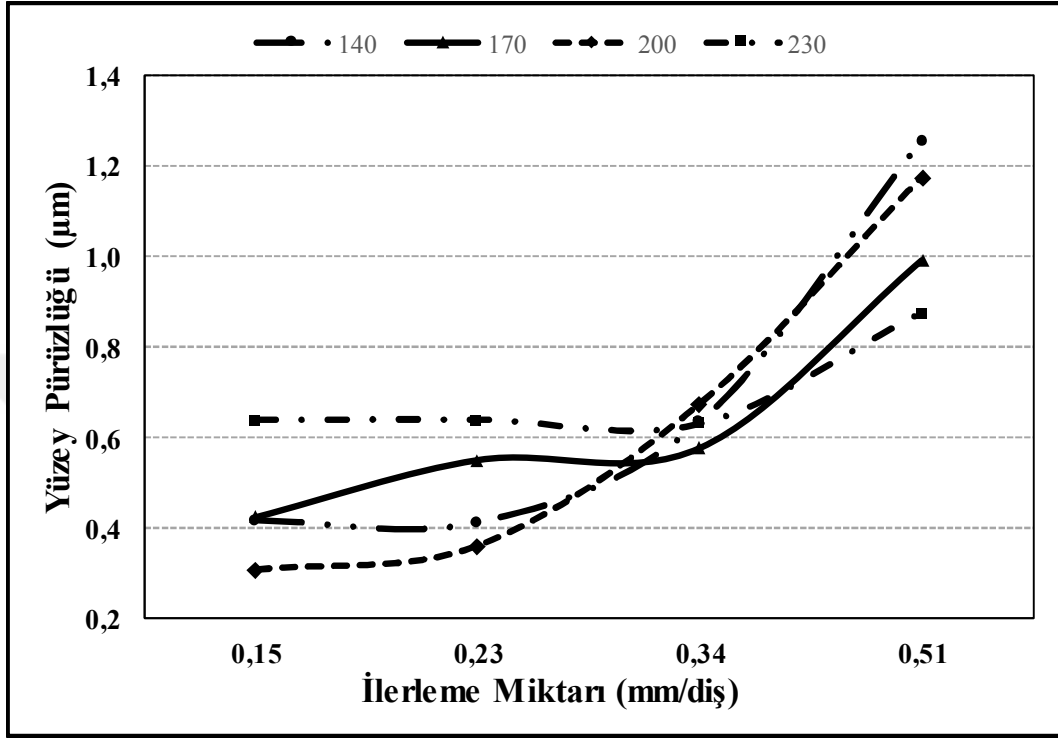
0,3 mm talaş derinliğinde gerçekleştirilen deneylerin ilerleme miktarına göre ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değişim grafiği Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. 0,3 mm talaş derinliğinde yapılan deneysel çalışmaların ortalama yüzey pürüzlülüğü.

Şekil 6.1’deki grafiğe göre ilerleme miktarının artması ile yüzey pürüzlülüğünün de arttığı gözlenmektedir. İlerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün artmasının nedeni kesici takımın iş parçasının üzerinde daha büyük adımlar ile ilerlemesiyle meydana gelen iz aralıklarının büyümesinden kaynaklanmaktadır. İlerleme miktarına bağlı olarak, 140 m/dak kesme hızı 0,23 mm/diş ilerleme miktarında ve 170 m/dak kesme hızı 0,23 mm/diş ile 0,34 mm/diş ilerleme miktarlarında literatüre göre sapmalar meydana geldiği gözlenmiştir. Bu sapmaların oluşumu işleme sırasında meydana gelen kesici takım tutucusunun titreşiminden dolayı kaynaklanmaktadır denilebilir. Ayrıca işleme sonrasında meydana gelen en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri 0,15 mm/diş ilerleme miktarı 140 m/dak kesme hızında 0,304 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 230m/dak kesme hızında 0,51 mm/diş ilerleme miktarında 1,227 μm olarak ölçülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülüğü ile en yüksek yüzey pürüzlülüğü arasında %403,61’lik bir değişim meydana gelmiştir.

Talaş derinliğinin 0,6 mm olarak gerçekleştirilen deneylerin ilerleme miktarlarına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin değişim grafiği Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. 0,6 mm talaş derinliğinde yapılan deneysel çalışmaların ortalama yüzey pürüzlülüğü.

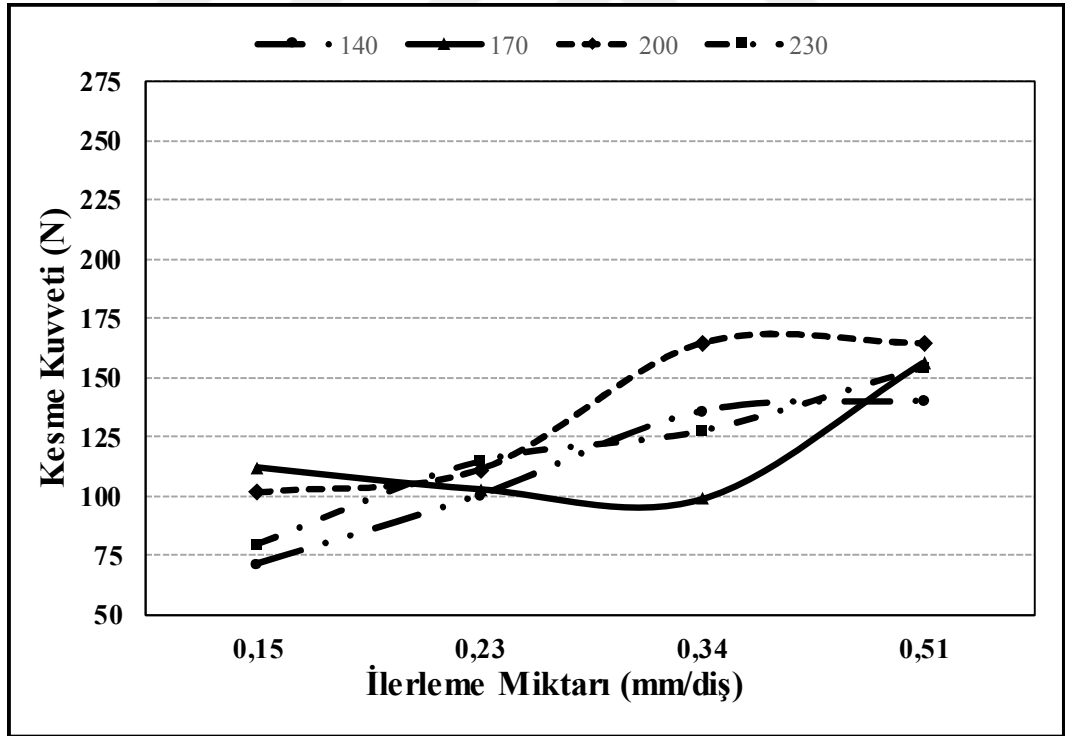
Yukarıdaki grafiğin incelenmesi ile ilerleme miktarlarının ve kesme hızlarının artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin de arttığı görülmektedir. Fakat 230 m/dak kesme hızında 0,23 mm/diş ilerleme miktarından 0,34 mm/diş ilerleme miktarına artışında yüzey pürüzlülük değerinde azalma meydana gelmiştir. Bunun nedeni işleme esnasında kesici takım ve talaş arasında meydana gelen sıcaklık artışı ile talaşın atılmayarak iş parçası malzemesine uyguladığı baskı ile düzleşme meydana gelmesi ile olabilir. Oluşan en yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri 140 m/dak kesme hızında 0,51 mm/diş ilerleme miktarında 1,257 μm olarak ölçülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülüğü ise 200 m/dak kesme hızında 0,15 mm/diş ilerleme miktarında 0,308 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük yüzey pürüzlülüğü arasındaki sapma yaklaşık %308 olarak meydana gelmiştir. 0,15 mm/diş, 0,23 mm/diş ve 0,34 mm/diş ilerleme miktarlarında oluşan dalgalanmalar ise işleme esnasında meydana gelen titreşimlerden dolayı oluşmaktadır.

6.2. İŞLEME PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETİNE ETKİSİ

Deneysel çalışmalar frezeleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile yapılan işlenebilirlik deneyleri esnasında oluşan kesme kuvveti değerleri ölçülmüştür. Kesme kuvvetleri her düzlem (X-Y-Z) için ölçülmüştür. Ancak değerlendirmeler yalnızca en yüksek değerin olduğu Z eksenindeki kuvvet (Fz) için yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler ve grafikler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

6.2.1. İlerleme Miktarına Göre Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

0,3 mm talaş derinliğinde dört farklı kesme hızında (140-170-200 ve 230 m/dak) ve ilerleme miktarlarına (0,15-0,23-0,34 ve 0,51 mm/diş) bağlı olarak kesme kuvvetleri değişim grafiği Şekil 6.3'te verilmiştir.

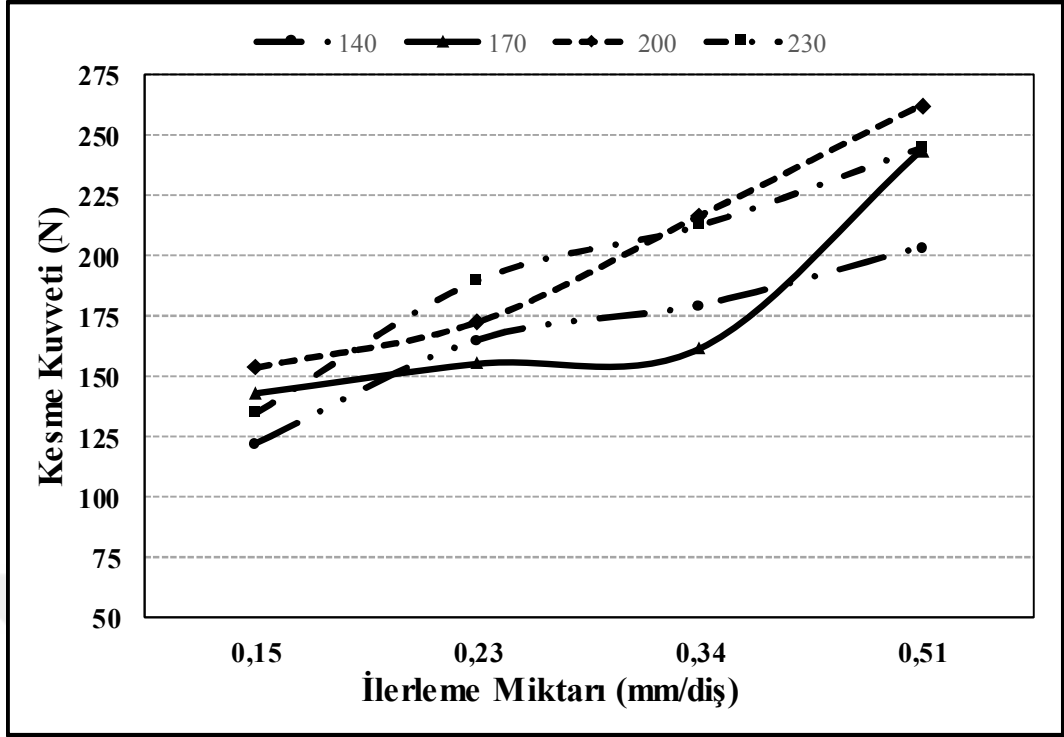


Şekil 6.3. 0,3 mm talaş derinliğinde ve farklı kesme hızlarında; ilerleme miktarının kesme kuvvetinin Fz bileşenine etkisi.

Şekil 6.3'teki grafiği genel olarak incelediğimizde ilerleme miktarının artması kesme kuvvetlerinin de artmasında neden olmuştur. Bunun sebebi artan ilerleme miktarı ile

birlikte kaldırılan talaş kesitinin de artması denilebilir. Grafiğe göre 170 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0,15 mm/diş'ten 0,34 mm/diş'e artışında kuvvetlerinde düşüş meydana gelmiştir. Fakat diğer ilerleme miktarlarında bu durum söz konusu değildir. Kesme kuvvetindeki bu azalmanın meydana gelmesinin sebebi, hem kesici takım ile oluşan talaşın temas yüzeyinde azalma olması, hem de kesme hızının artması ile beraberinde birinci ve ikinci deformasyonun meydana geldiği bölgelerde artan sıcaklığın iş parçasının akma mukavemetini düşürmesi ile açıklanabilir [41]. İşlenebilirlik deneylerinde meydana gelen en yüksek kesme kuvveti değeri 164,60 N olarak 200 m/dak kesme hızında ve 0,34 mm/diş ilerleme miktarında oluşmuştur. En düşük kesme kuvveti değeri (71,43 N) ise 140 m/dak kesme hızında ve 0,15 mm/diş ilerleme miktarında meydana gelmiştir. En yüksek kesme kuvveti değeri ile en düşük kesme kuvveti değeri arasındaki değişim yaklaşık olarak %130'dur. İlerleme miktarları arasında meydana gelen en düşük değişim yaklaşık %0,001 olarak 200 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0,34 mm/diş'ten 0,51 mm/diş'e artışında meydana gelmiştir. En yüksek değişim ise 170 m/dak kesme hızında ilerleme miktarının 0,34 mm/diş'ten 0,51 mm/diş'e artışında yaklaşık olarak %58 civarında oluşmuştur.

0,6 mm talaş derinliğide dört farklı kesme hızında (140-170-200 ve 230 m/dak) ve ilerleme miktarlarına (0,15-0,23-0,34 ve 0,51 mm/diş) bağlı olarak kesme kuvvetleri değişim grafiği Şekil 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.4. 0,6 mm talaş derinliğinde ve farklı kesme hızlarında; ilerleme miktarının kesme kuvvetinin Fz bileşenine etkisi.

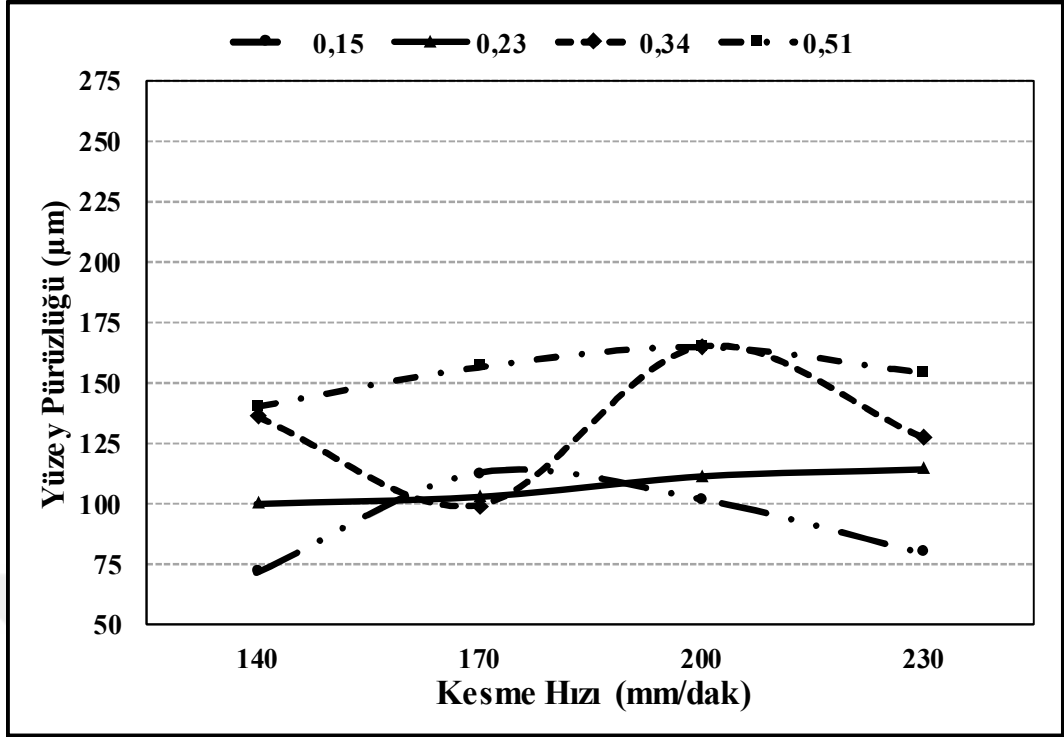
Şekil 6.4'teki grafiği incelediğimizde ilerleme miktarlarının (0,15-0,23-0,34 ve 0,51 mm/diş) artması ile 140, 170, 200 ve 230 m/dak kesme hızları ile gerçekleştirilen işlenebilirlik deneylerinde kesme kuvvetlerinde artışın olduğu görülmektedir. İşleme sırasında meydana gelen en yüksek kesme kuvvetinin değeri 0,51 mm/diş ilerleme miktarında ve 200 m/dak kesme hızında 262,50 N olarak meydana gelmiştir. En düşük kesme kuvvetinin değeri (122,70 N) ise ilerleme miktarının 0,15 mm/diş ve kesme hızının 140 m/dak olarak gerçekleştirilen işlenebilirlik deneylerinde olduğu görülmektedir. En düşük kesme kuvveti değeriyle en yüksek kesme kuvveti değerinin arasında yaklaşık olarak %114'lük bir değişim meydana gelmiştir. Şekil 6.4'teki grafiğin incelenmesinde kesme kuvvetindeki en yüksek değişimin yaklaşık %56 olarak 170 m/dak kesme hızında gerçekleştirilen deneylerde ilerleme miktarının 0,34 mm/diş'ten 0,51 mm/diş'e artmasıyla meydana gelmiştir. En düşük değişimin ise %4 olarak 170 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarının 0,23 mm/diş'ten 0,34 mm/diş'e artışında yapılan işlenebilirlik deneylerinde olduğu görülmektedir.

Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'teki grafikler ilerleme miktarına bağılı olarak iki farklı talaş derinliğı için gerçekleştirilmiştir. İlerleme miktarlarının artması kesme kuvvetlerinde artışa neden olmuştur. Talaş derinliklerine göre kıyaslandığında da kesme kuvvetlerinde artışın olduğı görülmektedir. İlerleme miktarında da olduğı gibi talaş derinliğinin artmasıyla kaldırılan talaş kesitinde artış meydana gelmektedir. Bu nedenle de kesme kuvvetlerindeki artışta talaş derinliğinin de etkisinin olduğı görülmektedir.

6.2.2. Kesme Hızına Göre Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Kesme kuvvetlerinin değerlendirilmesi ikinci aşamada kesme hızlarına bağılı olarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen işlenebilirlik deneylerinin sonucunda dört farklı kesme hızına (140-170-200 ve 230 m/dak) ve iki farklı talaş derinliğine (0,3-0,6 mm) bağılı olarak kesme kuvvetlerinde meydana gelen değışimlerin grafikleri Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir.

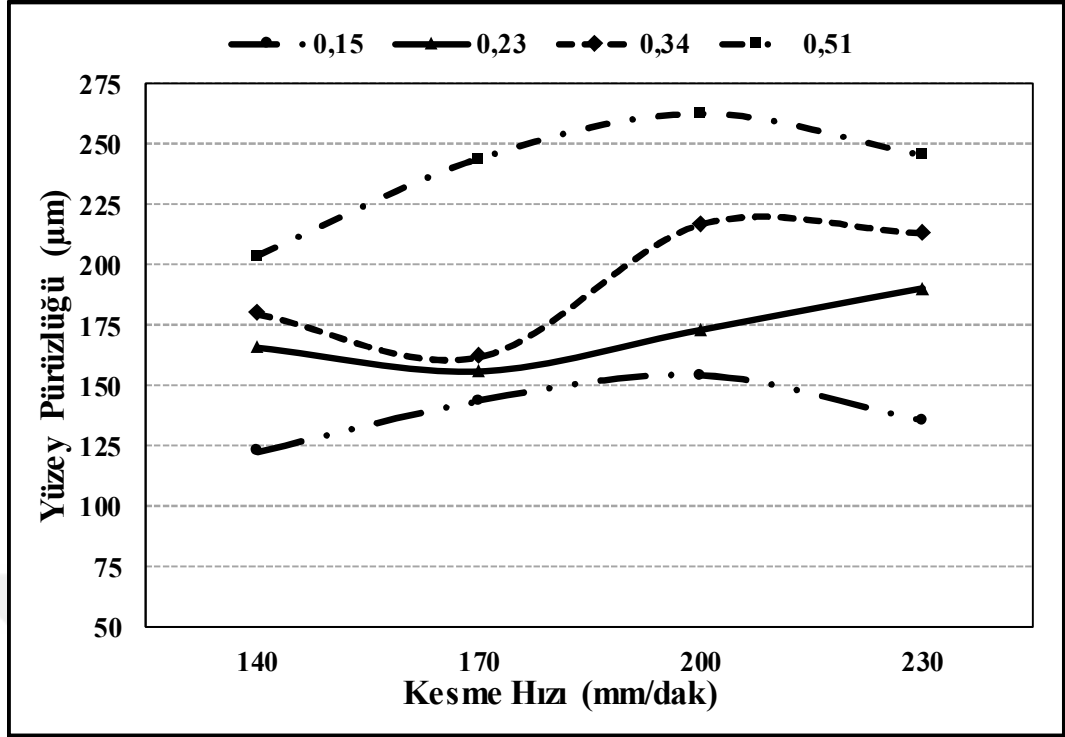
0,3 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerin kesme hızlarına bağılı olarak kesme kuvveti değışiminin grafiğı Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.5. 0,3 mm kesme derinliğinde ve farklı ilerleme miktarında; kesme hızlarının kesme kuvvetine etkisi.

Şekil 6.5'teki grafik incelendiğinde kesme hızlarının kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi dalgalı bir biçimde oluşmaktadır. Literatür araştırmaları sonucunda kesme hızının artması sonucunda kesme kuvvetlerinde dalgalı bir oluşum değil de azalma grafiği biçiminde oluşması gerekmektedir. Meydana gelen kesme kuvvetlerindeki kararsızlık durumu işlenebilirlik deneyleri sırasında meydana gelen kesici takım titreşimlerinden kaynaklanmaktadır denilebilir. Ayrıca kesme hızının artmasıyla birlikte kesici takımda meydana gelen aşınma sonucunda kesme kuvvetlerinde artışın olduğu söylenilebilir.

0,6 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerin kesme hızlarına bağlı olarak kesme kuvveti değişiminin grafiği Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.6. 0,6 mm kesme derinliğinde ve farklı ilerleme miktarlarında; kesme hızlarının kesme kuvvetine etkisi.

Kesme derinliği 0,6 mm seçilerek yapılan işlemlerde, ideal koşullarda kesme hızı arttığında kesme kuvvetleri düşmesi gerekirken artan bir eğilim göstermiştir. Talaşlı imalatta kesme kuvvetleri; kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi işleme parametrelerine bağlı olarak değiştiği gibi işleme esnasında meydana gelen takım aşınması ve işparçası malzemesinde ki sürtünmeye ve aşınmaya bağlı sıcaklık değişimi gibi istenmeyen durumlardan da etkilenir. Sıcaklık artışı ile birlikte işparçasından kopan küçük talaş parçaları takım üzerinde talaş yığılması (kesici uç yükseltisi & built-up edge-BUE) adı verilen problemi oluşturursa kesme hızı artışıyla kesme kuvvetlerinde de artış görülür [42]. Talaş yığılması ile kesici uç geometrisi yükselti formunda bozulur ve uçta bulunan ergimiş, yapışmış ve sertleşmiş işparçası malzemesi, kesici takımın işparçasına temasını engelleyerek kesme kuvveti artışına sebep olmaktadır. Aynı şekilde, bazı metallere kopan küçük talaşlar da takımın talaş yüzeyine de yapışarak talaş yüzeyi yükseltisi (built-up layer-BUL) oluşturabilmektedir. Bu durumda talaş, talaş yüzeyinden akarken oluşan sürtünme artışından dolayı kesme kuvvetlerinde artış göstermektedir. Şekil 6.6'da, kesme kuvvetlerinde ki artışın sebebinin bu istenmeyen oluşumların olduğu düşünülmektedir. Ancak grafik incelendiğinde 140m/dak, 170m/dak ve 200m/dak

kesme hızlarında artış olurken, 200m/dak hızından sonra kesme kuvveti değerlerinde genel olarak bir düşüş görülmektedir. BUE ve BUL'nin düşük kesme hızlarında olduğu ve malzemenin türüne göre değiştiği bilinmektedir. Bu malzemenin işlenmesinde 200m/dak kesme hızının üzerinde ki hız değerleri ideal kesme değerleri olabilir. Ayrıca bazı işparçaları plastik deformasyona uğrarken kristal yapılarında ki birtakım kusurlar (inklüzyonlar, katılma esnasında oluşan boşluklar, dislokasyonlar) deformasyon sertleşmesine sebep olurlar. Bu kusurlar malzemenin herhangi bir kısmında olabilir. Bu bölgeler işleme esnasında pekleşerek malzemenin deformasyonu, şekillendirilmesini zorlaştırırlar ve işlenmesi için daha fazla güç harcanması gerekir. Böylelikle kesme kuvvetlerinde de artış oluşabilir. Grafikteki kesme kuvvetlerinde ki artışın malzemenin içyapı kusurlarından da oluşabilme ihtimalide söz konusudur. Aynı zamanda Şekil 5.5 ve Şekil 6.6'da ilerleme miktarının artışıyla kesme kuvvetlerinde de artış görülmektedir. İlerleme miktarı birim zamanda kopan talaş kesitinin bir ölçüsü olduğundan, işlemenin doğası gereği talaş kesit alanı büyüdükçe daha fazla kuvvetle malzemeye yüklenmek gerekir. Böyle bir durum da, kesme kuvveti artışına sebep olmaktadır.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 SONUÇLAR

NİMAX plastik kalıp çeliğinin TiAlN kaplamalı karbür kesici takımla işlenmesi esnasında işleme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği) kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinin üzerindeki etkisi incelenmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen sonuçlarla ilgili aşağıdakiler söylenebilir;

- İlerleme miktarı ve talaş derinliğindeki artışın kesme kuvvetlerini de doğru olarak arttırdığı gözlenmiştir. Bu nedenle yapılan deneylerin literatür ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.
- Kesme hızının artmasıyla işleme sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır.
- Meydana gelen en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 1,257 μ m olarak kesme hızı değerinin 140 m/dak, talaş derinliğinin 0,6 mm ve ilerleme miktarının 0,51 mm/diş değerinde elde edilirken, en düşük yüzey pürüzlülük değeri ise 0,304 μ m olarak 140 m/dak kesme hızında, 0,3 mm talaş derinliğinde ve 0,15 mm/diş ilerleme miktarında elde edilmiştir.
- En yüksek kesme kuvveti değeri (262,50 N) ilerleme miktarının 0,51 mm/diş, kesme hızının 200 m/dak değerlerinde oluşurken, en düşük kesme kuvveti değeri ise 71,43 N olarak 140 m/dak kesme hızında 0,15 mm/diş ilerleme miktarında meydana gelmiştir.

7.2. ÖNERİLER

- Gerçekleştirilen işlenebilirlik deneyleri sonucunda operasyonları neticesinde NİMAX plastik kalıp çeliğinin işlenmesinde KCM52M kalitesinde kesici takım kullanılabilir.
- Bu çalışma kapsamında tek tür kesici takım kullanılmıştır. Kesici takım türleri arttırılarak daha kapsamlı araştırılma yapılabilir.
- Bu çalışma kuru kesme şartları altında gerçekleştirilmiştir. Daha kapsamlı araştırmalar yapılabilmesi amacıyla kesme sıvısı kullanılabilir.
- Talaş kaldırma işlemi sırasında meydana gelen titreşimler ölçülerek, titreşimlerin işlenebilirlik üzerine etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Goetsch, D., L., "Modern manufacturing process", *Cengage Learning* (1991).
- [2] Duran, A. ve Acır, A., "HSS torna kalemindeki talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisi", *Politeknik Dergisi*, 7, 3, 211-215 (2004).
- [3] Çiftçi, İ., "Talaşlı imalat ders notları", *Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği* (2013).
- [4] TMMOB, "Plastik malzemeler ve teknolojileri konferansı", *Makine Mühendisleri Odası*, Ankara (1999).
- [5] UDDEHOLM, "İşleme önerileri kataloğu", *UDDEHOLM*, Kocaeli (2017).
- [6] Koren, Y., "Flank Wear Model of Cutting Tools Using Control Theory", *Asme Journal Engineering for Industry*, 100, 103-109 (1978).
- [7] Nalbant, M., Korucu, S. ve Korkut, İ., "Ç1030 ve Ç1060 malzemelerinin hidrolik kopya aparatı ile işlenerek yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi", *7. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi*, 1999 (1996).
- [8] Çakır, M., C. ve Işık, Y., "Investigating the machinability of austempered ductile irons having different austempering temperatures and times", *Materials and Design*, 29, 937-942 (2008).
- [9] Boubekri, N., Yamaneb, Y., Sekiyab, K., Narutakib, N. ve Shiragac, T., "Machinability of BN free-machining steel in turning", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 47, 1971-1977 (2007).
- [10] Arrazola, P., J., Arriola, I., Davies, M., Cooke, A., L. ve Dutterer, B., S., "The effect of machinability on thermal fields in orthogonal cutting of AISI 4140 steel", *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 57, 65-68 (2008).
- [11] Ulaş, H., B., Mihmat, F. ve Demir, H., "DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliğinin testere freze çakılarıyla işlenebilirliğinin araştırılması", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26,2, 170-178 (2010).
- [12] Ateş, S., "P20 çeliğinin CBN ile yüksek hızlarda frezelenmesi sırasında kesme derinliği ve genişliği değerinin aşınma ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkisinin incelenmesi", *Int.J.Eng.Research & Development*, 2, 1, 28-33 (2010).

- [13] Hayajneh, M. T., Tahat M. S. and Bluhm, J., "A Study of the Effects of Machining Parameters on the Surface Roughness in the End-Milling Process", *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 1 (1): 1-5 (2007).
- [14] Wang, B. and Liu, Z., "Cutting performance of solid ceramic end milling tools in machining hardened AISI H13 steel", *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 55, 24-32 (2016).
- [15] Dewes, R., "Effect of Tool/Workpiece Temperature on Tool Wear When Cutting Hard Steels", *Metal Powder Report*, 54, 53-54 (1997).
- [16] Akkurt, M., "Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları", *Birsen Yayınevi Ltd. Şti.*, İstanbul (2000).
- [17] Kurt, A., "Talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve mekanik gerilmelerin deneysel olarak incelenmesi ve matematiksel modellerinin oluşturulması", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2006).
- [18] Mendi, F., "Takım tezgahları teori ve hesapları", *Birsen Yayınevi*, İstanbul (1998).
- [19] Yeyen, H., E., "AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin deneysel olarak araştırılması", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2006).
- [20] Yontar, A., A., "AISI 304 paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin incelenmesi", *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2011).
- [21] Hamamcı, E., "Ti6Al4V titanyum alaşımının ön ısıtmalı şartlarda frezelenmesinin araştırılması", Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2014).
- [22] Şeker, U., "Tal 408 takım tasarımı ders notları", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi* (1997).
- [23] Gezgin, A., "Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2007).
- [24] Şahin, Y., "Talaş kaldırma prensipleri", *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara (2000).
- [25] Shaw, M., C., "Metal Cutting Principles", *Oxford University Press*, Oxford (1989).
- [26] Uzun, G., "Farklı ısı işlemlerin Ç5140çeliğin işlenebilirliğine etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri*

Enstitüsü (2008).

- [27] Kopacı, J. ve Bahor, M., "Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the design quality of the surface roughness of a product", *Journal of Materials Processing Technology*, 92, 381-387 (1999).
- [28] Groover, M., P., "Fundamentals of modern manufacturing- materials processes and systems", *Prentice-Hall Inc.*, New Jersey (1996).
- [29] SandvikCoromant, "Modern metal cutting-a practical handbook", *Sandvik Coromant* (1994).
- [30] Çoğun, C. ve Özses, B., "Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17,1, 59-75 (2002).
- [31] Tekaüt, İ., "Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2008).
- [32] Şirin, E., "AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin frezede işlenebilirliğinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2010).
- [33] Gökkaya, H., Habalı, H. ve Özçatalbaş, Y., "Kaplama malzemesinin takım-talaş arayüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması", *Politeknik Dergisi*, 7, 1, 23-30 (2004).
- [34] Özses, B., "Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2002).
- [35] Bayrak, M., "Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2002).
- [36] Gadelmavla, E., S. ve Koura, M., M., "Roughness Parameter", *Journal of Material Procesing Technology*, 123, 133-145 (2002).
- [37] Işık, Y. ve Çakır, M. C., "Hız çeliği takımlar için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin deneysel olarak incelenmesi", *Teknoloji*, 2, 111-118 (2001).
- [38] UDDEHOLM,
https://www.uddeholm.com/files/PB_Uddeholm_nimax_english.pdf. (2017).

- [39] Kennametal, "Kesici takım kataloğu", *Kennametal* (2013).
- [40] Sürücü, S., "Tornalamada kesme parametrelerindeki değişime göre kesme kuvvetlerinin tahmini için matematiksel bir model geliştirme", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2010).
- [41] Çakır, M. C., "Modern talaşlı imalat yöntemleri", *Vipaş A.Ş.*, Bursa (2000).



ÖZGEÇMİŞ

Zeynep BOSTANCI 1991 yılında Bolu ilinde doğdu; ilköğretim öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Atatürk Anadolu Lisesi Fen Bilimleri Bölümü'nden mezun oldu. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü'nde öğrenimine başlayıp 2014 yılında mezun oldu. 2014 yılı temmuz ayında Bolu'ya yerleşti, ağustos ayında KOÇ MAK.SAN.TİC.A.Ş.'de üretim planlama sorumlusu olarak işe başladı. 2 Şubat 2015 yılında KOÇ MAK.SAN.TİC.A.Ş.'den ayrıldı. 7 Şubat 2015 tarihinde ERMAK ELEK.MAK.SAN.TİC.A.Ş.'de üretim sorumlusu olarak işe başladı ve halen devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Yukarısoku mah. 739.sok no:9/3 BOLU/MERKEZ

Tel : (507) 735 34 10

E-posta : zeynep.bostanci@windowslive.com