



**T.C
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AISI 4140 ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESİCİ UÇ
GEOMETRİSİNİN TALAŞ KIRMAYA VE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selim ÇAKMAK

ŞUBAT 2015

DÜZCE

KABUL VE ONAY BELGESİ

Selim ÇAKMAK tarafından hazırlanan AISI 4140 Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Uç Geometrisinin Talaş Kırmaya ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02.02.2015 tarih ve 2015/116 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Suat SARIDEMİR
Düzce Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Yahya ALTUNPAK
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Turgay KIVAK
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih : 10/02/2015

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Selim ÇAKMAK'ın İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

10 Şubat 2015

Selim ÇAKMAK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Suat SARİDEMİR'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen PNG MÜHENDİSLİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2013.07.04.149 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

10 Şubat 2015

Selim ÇAKMAK

İÇİNDEKİLER TABLOSU

BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	V
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR	Vii
ÖZET	1
AISI 4140 ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESİCİ UÇ GEOMETRİSİNİN	
TALAŞ KIRMAYA VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ	
1	
EXTENDED ABSTRACT.....	2
EXTENDED ABSTRACT.....	3
1. INTRODUCTION.....	3
2. MATERIAL AND METHODOLOGY	4
3. RESULTS AND RECOMMENDATIONS	4
1.GİRİŞ.....	6
1.1. AMAÇ VE KAPSAM	6
2.LİTERATÜR TARAMASI	7
3.1. YÜZEY YAPISININ ÖZELLİKLERİ.....	13
3.1.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar	15
3.1.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	15
3.1.3. Yüzey Kalitesinin Sayısal Olarak Değerlendirilmesi	16
3.1.3.1. Ortalama çizgi (M) sistemi	16
3.1.3.2. Zarf sistemi (E)	17
3.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME TEKNİKLERİ	18
3.2.1. Optik metot.....	18
3.2.2. Temas metodu	18
3.2.2.1. Mekanik metot.....	18

3.2.3. X ışını metodu.....	18
3.2.4. Elektron mikroskobu metodu.....	18
3.2.5. Hidrolik metot	18
3.2.6. Yüzey dinamometresi metodu	18
3.2.7. Replika metodu	19
3.2.8. İzleyici uçlu cihazlar	19
3.2.9. Elektro fiber optik metot.....	19
3.3. ÇELİK ÇEŞİTLERİ	19
3.3.1. Düşük Karbonlu Çelikler	19
3.3.2. Orta Karbonlu Çelikler	20
3.3.3. Yüksek Karbonlu Çelikler	20
3.3.4. Yüksek Karbonlu Takım Çelikleri.....	20
3.4. ÇELİKLERİN KİMYASAL BİLEŞİM ESAS ALINARAK SINIFLANDIRILMASI	21
3.4.1. Alaşimsız Çelikler	21
3.4.2. Alaşımli Çelikler	21
3.4.2.1 Alaşım Miktarına Göre	21
3.4.2.2. Esas Alaşım Elementine Göre.....	22
3.5. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ.....	24
3.5.1. Takım malzemesinde aranan özellikler	24
3.6.1.1. Karbonlu ve Düşük Alaşımli Çelikler	25
3.6.1.2. Yüksek Hız Çelikleri.....	26
3.6.1.3. Dökme Karbürler	26
3.6.1.4. Karbür Esaslı Takımlar	27
3.6.1.5. Sialon	28
3.6.1.6. Kübik Bor Nitrür (CBN)	29
3.6.1.7. Elmas	29
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	31
4.1. DENEYLERDE KULLANILAN TAKIM TEZGAHI.....	31
4.2. KESİCİ TAKIMLAR	32
4.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜM CİHAZI	34
4.4. DENEY NUMUNELERİ VE PARAMETRELERİ	35

5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	36
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
7. KAYNAKLAR.....	46
8. ÖZGEÇMİŞ.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Şekil:1 yüzey şekilleri	13
Şekil 3.2. Yüzeyin eş yükseklik eğrileri.	13
Şekil 3.3. a) Gerçek Profil b) Aperiyojik Profil	14
Şekil 3.4. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi.	15
Şekil 3.5. Zarf eğrisinin elde edilişi.	16
Şekil 4.1. Deney parçasının CNC torna tezgâhında işlenmesi.	30
Şekil 4.2. Kesici takım örnekleri.	31
Şekil 4.3. Kullandığımız kesici takımların form açıları	32
Şekil 4.4. Kullanılan MT, PC ve FG formlarının kesme derinliği ve ilerleme hızı.	32
Şekil 4.5. Taylor HOBSON yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.	33
Şekil 5.1. MT formunun 200 m/dak. Kesme hızında talaş formu	35
Şekil 5.2. MT formunun 300 m/dak. kesme hızında talaş formu	36
Şekil 5.3. PC formunun 200 m/dak. kesme hızında talaş formu	37
Şekil 5.4. PC formunun 300 m/dak. kesme hızında talaş formu	38
Şekil 5.5. FG formunun 200 m/dak. kesme hızında talaş formu	39
Şekil 5.6. FG formunun 300 m/dak. kesme hızında talaş formu	40
Şekil 5.7. FG formunun 200 m/dak. kesme hızında 0,25 mm talaş derinliğinde ve 0,1 mm/devir ilerleme hızındaki talaş formu	40
Şekil 5.8. Tüm formlar için ilerleme hızına bağlı olarak 1 mm talaş derinliği için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri	42
Şekil 5.9. Tüm formlar için ilerleme hızına bağlı olarak 3 mm talaş derinliği için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri	43

ÇİZELGE LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1.	Az alaşımlı çeliklerin Türk standartlarına göre gösteriminde Kullanılan katsayılar.	20
Tablo 3.2.	Tipik Takım Malzemeleri veya Bileşenlerinin Sertlikleri (SCHEY, 1987)	24
Tablo 4.1.	CNC tezgâh özellikleri	31
Tablo 4.2.	Yüzey pürüzlülük cihazına ait teknik özellikler	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	Boşluk açısı
A_p	Kesme derinliği
AISI	Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü
ARGE	Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü
D	İşlenen parçanın çapı(mm)
EN	Avrupa Standart
f	İlerleme
H	Talaş kalınlığı
K	Yaklaşma açısı
La	Talaş genişliği
N	Devir sayısı
R_ϵ	Kesici uç yarıçapı
V_c	Kesme hızı
V_f	İlerleme hızı
γ	Talaş açısı
λ	Eğim açısı

ÖZET

AISI 4140 ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESİCİ UÇ GEOMETRİSİNİN TALAŞ KIRMAYA VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ

Selim ÇAKMAK

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Suat SARİDEMİR

Şubat 2015, 47 sayfa

Talaşlı imalat işlemlerinde, kesici uç geometrisinin, ilerleme miktarının ve talaş derinliğinin talaş kırma ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkileri bulunmaktadır. Metal kesme uygulamasının doğru gerçekleştirilmesi, iş parçası malzemesinin bilinmesi ve doğru kesici uç geometrisi ve kalitenin seçilmesi anlamına gelir. Optimum geometri ve kalite arasındaki ilişki başarılı bir işleme prosesi için anahtardır. Bu faktör dikkatlice incelenmeli ve her işleme operasyonu için uyarlanmalıdır. Kesildikten sonra talaşın kırılması kesici ucun geometrisi ile birebir ilişkilidir.

Bu çalışmada AISI 4140 çeliği CNC tornada, kaplamalı karbür kesici takımlarla (TAEGUTEC marka) tornalanmıştır. Deneylerde farklı uç geometrisine sahip kaplamalı uçlar kullanılmıştır. Kesici takım talaş kırıcı formunun, yüzey pürüzlülüğüne ve talaş formuna etkisi araştırılmıştır. Talaşlı imalatta en önemli sorunlardan biri talaş kıramamadır. Bu yüzden bu çalışmada talaş kırma üzerinde incelemeler yapılmıştır. Farklı kesme parametreleri kullanılarak, CNC torna tezgâhında bir dizi deney yapılmıştır. Deneylerde kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme hızı değişkenleri kullanılıp talaş tipleri kıyaslanarak incelenmiştir. İşlenen malzemeler üzerinde yüzey pürüzlülüğü ölçülüp, elde edilen değerler yorumlanmıştır. Genel olarak ilerleme hızı arttığında talaşın rahat kırıldığı ancak yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Kesici uç geometrisi, talaş kırılması, tornalama.

EXTENDED ABSTRACT

THE EFFECT OF INSERT GEOMETRY ON CHIP BREAKING AND SURFACE ROUGHNESS IN MACHINING OF AISI 4140 STEEL

Selim ÇAKMAK

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Manufacturing
Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Doç. Dr. Suat SARİDEMİR

February 2015, 57 pages

In machining, cutting tip geometry, amount of progression and depth of cut have effects on chip breaking and surface roughness. Accurate metal cutting means getting to know about the working materials and selecting the right cutting tip geometry and quality. The relationship between optimum geometry and quality is the key to successful processing. This factor should be carefully considered and adapted to every processing operation. One of the most important problems in machining is inability of chip breaking. Chip breaking after cutting is directly related to the cutting tip geometry.

This study researches into the effect of the cutting set chip breaker form on surface roughness and chip form. AISI 4140 steel was lathed in CNC lathe with lined carbide cutting sets with different tip geometries (TAEGUTEC brand). Tests were made for different cutting rates, cutting depths and progression rates. Surface roughness was measured on processed materials and values were interpreted. Generally, it was observed that the chip was broken more easily with increased progression rate but surface roughness increased at the same time.

Keywords: Cutting insert geometry, chip breaking, turning

EXTENDED ABSTRACT

THE EFFECT OF INSERT GEOMETRY ON CHIP BREAKING AND SURFACE ROUGHNESS IN MACHINING OF AISI 4140 STEEL

Selim ÇAKMAK

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Manufacturing
Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Doç. Dr. Suat SARİDEMİR

February 2015, 57 pages

1. INTRODUCTION

This study reviews the effect of the cutting tip geometry on chip breaking and surface roughness in AISI 4140 steel processing. AISI 4140 steel is an alloyed structural steel which is suitable for hardening in terms of carbon amount and which exhibits high toughness under certain loads after tempering. Thus, machining is harder compared to alloyed steels. AISI 4140 steel is used in production of crank shafts, axle shaft sleeves, splined shafts and similar parts with high stability and gear wheels.

It is required to select the right cutting tip geometry and quality to reach optimization in machining. The cutting tip geometry has a direct effect on machining. Inability of chip breaking shortens the service life of the set and impairs quality of the working part. Due to different material specifications, it is necessary to select a cutting set quality and cutting tip geometry suitable for the material structure. There are three main application areas for lathing. For the same material, different geometries are required in rough machining, medium machining and fine machining. This study reviews the effects of cutting tip geometries on machining and surface roughness under different parameters in order to minimize financial losses in processing of AISI 4140 steel which is commonly used in machining sector and to allow more efficient production in the sector.

TT 8115 quality ISO CNMG 120408 tips were used in tests. Tests were made in MT, PC and FG sets, at two different cutting rates (200m/min and 300m/min), three different progression rates (0,2mm/round, 0,4mm/round and 0,6mm/round) and to different

cutting depths (1mm and 3mm). The most suitable forms were determined for given cutting parameters for the concerned chip breaking patterns.

2. MATERIAL AND METHODOLOGY

Tests were made with TAEGUTEC brand CNMG 120408 MT TT8115, CNMG 120408 PC TT8115 and CNMG 120404 FG TT8115 tips at 200-300m/min cutting rates, 0,2-0,4-0,6 mm/round progression rates and 1-3 mm cutting depths. First machining was applied at 0,2 mm/round progression and 200m/min cutting rate at 1mm cutting depth. Then, tests were made at 0,4 and 0,6mm/round progression rates with the same cutting parameters. The same operations were repeated for 3mm cutting depth. Therefore, the most suitable machining and surface roughness were determined for cutting depth and progression rate at 200 m/min cutting rate. Tests were repeated at 300 m/min cutting rate under the same conditions. All tests were repeated with three different tip geometries (MT, PC and FG). KITIGAWA brand X10 model CNC lathe was used in tests. Surface roughness was measured with HOBSON brand surface roughness meter.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS:

Tests determined that surface roughness was not within targeted range due to too much cutting depth in FG form. In terms of chip breaking, however, it was able to break the chip at any condition. Lastly, it was observed that surface roughness was obtained at the targeted level at 200m/min cutting rate, 0,25mm cutting depth and 0,1mm/round progression rate of FG form.

PC form was observed within medium values (5,5-6,5 μm) in terms of surface roughness at both 1mm and 3mm cutting depths. Moreover, surface roughness values were obtained similar at different cutting rates (200-300m/min).

MT form was the best form in terms of surface roughness values at 0,4 and 0,6mm/round progression rates at both 1mm cutting depth and 3mm cutting depth. This result does not vary between different cutting rates (200-300m/min).

4. CONCLUSION AND OUTLOOK:

In this study, the most suitable forms were determined for given cutting parameters for the concerned chip breaking patterns. FG form is recommended for lower cutting depths (0,25-0,5mm) and lower progression rates (0,08-0,15mm/round) for precision operations. PC form is recommended in 1mm-3mm cutting depth range according to targeted surface roughness values in semi rough and rough operations. MT form is recommended at high progression rates (0,3-0,6mm/round) at 1mm and 3mm cutting depths for semi rough and rough operations.

1.GİRİŞ

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmada, AISI 4140 çeliğinin işlenmesinde kesici uç geometrisinin talaş kırmaya ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. AISI 4140 çeliği, karbon miktarı bakımından sertleştirilmeye elverişli olan ve ıslah işlemi sonunda belirli yükler altında yüksek tokluk özelliği gösteren alaşımlı yapı çelikleridir. Bu yüzden alaşımlı çeliklere göre talaş kaldırma daha zordur. AISI 4140 çeliği, krank mili, aks mili-kovanı, yivli mil ve benzeri sürekliliği yüksek parçalar ile dişli çark yapımında kullanılır.

Talaşlı imalatta optimizasyonu yakalamak için doğru kesici uç geometrisinin ve kalitesinin seçilmesi gerekir. Kesici uç geometrisi talaş kırmaya birebir etkilidir. Bazı işletmeler yanlış uç geometrisi seçtiklerinden dolayı, talaş kırma sorununu çözemeyerek hem zaman hem de maddi kayıp yaşamaktadırlar. Talaş kıramamak, takım ömrünü azalttığı gibi aynı zamanda iş parçasının yüzey kalitesini de bozmaktadır. Her malzemenin göstermiş olduğu özellikler farklı olduğundan dolayı, malzemenin yapısına göre kesici takım kalitesi ve uç geometrisi seçilmesi gerekir. Tornalama için üç ana uygulama alanı vardır. Aynı malzeme için, kaba talaş işleme, orta talaş işleme ve ince talaş işleme uygulamalarında farklı geometrilerin seçilmesi gerekir [1]. Bu çalışmada, talaşlı imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan AISI 4140 malzemesinin işlenmesinde yaşanan maddi kayıpları minimize etmek ve sektörün daha verimli imalat yapabilmesi için kesici uç geometrilerinin farklı parametreler altında talaş kırmaya ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri incelenmiştir.

2.LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde, farklı malzemeler kullanılarak kesici takım geometrisinin talaş kırmaya, yüzey pürüzlülüğüne ve takım ömrüne olan etkilerinin incelendiği birçok çalışma yapılmıştır.

Hartomacioğlu tarafından yapılan çalışmada, serbest şekilli yüzeylere sahip bir ürünün ilerleme hızı kesici takım geometrisi ve inceleme stratejilerinin form hatası ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi araştırılmış. Deneyler küresel uçlu parmak freze ile 3 eksen CNC freze tezgâhında gerçekleştirilmiş ve deney süresince kesici takımda meydana gelen sehim ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. İncelemeden sonra, form hatasının tespiti için kıyaslama yöntemi kullanılmış ve ürün optik tarama ile taranmıştır. İlk tasarım yüzeyi ile taranarak incelenmiş yüzey kıyaslanarak form hataları elde edilmiştir. Form hatasının, sehim, kesme kuvvetine ve inleme zamanına etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Sonuçta, kesici takım geometrisinin ve inceleme stratejilerinin form hatası ve pürüzlülük üzerinde önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir [2].

Kopac ve Bahor tarafından yapılan çalışmada, temperlenmiş Ç1060 ve Ç4140 çeliklerinin işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi ve rasgele seçilmiş işleme parametrelerinin sonuçları incelenmiştir. Çalışmada, her iki çelik için büyük uç yarıçaplı kesici takım kullanıldığında, düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşıldığı görülmüştür [3].

Özses tarafından yazılan çalışmada, AISI 5140, AISI 4140, St37 malzemeleri için karbon miktarına bağlı olarak değişen sertlik ve mekanik özelliklerin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi incelenmiştir. Kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün iyileşerek takım ömrünün kısaldığı ifade edilmiştir. Takım ömrünün kılmasının, takım aşınmasının hızlanmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. İlerleme miktarındaki artış ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne en çok etki eden bir parametre olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kesici uç yarıçapının da yüzey pürüzlülüğünü etkilediği, uç yarıçapının büyümesi ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirtilmiştir [4].

Yuan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, baklava geometrili (eşkenar dörtgen) kesici takım keskinliğinin işleme deformasyonlarına ve işlenmiş yüzey pürüzlülüğüne etkileyen ana faktörlerden biri olduğu belirtilmiştir. Alüminyum alaşımlı numunelerin kullanıldığı deneyler sonucunda, takım uç yarıçapına bağlı olarak iş parçası yüzey pürüzlülüğünün, mikro sertlik değerinin, kalıcı yüzey gerilmesinin ve dislokasyon yoğunluğunun değiştiği ifade edilmiştir. Ayrıca körelmiş takım ile işlenen yüzeylerin, keskin takım ile işlenene göre daha sert olduğu belirtilmiştir [5].

Ghani ve Choudhury tarafından yapılan çalışmada, kesme parametrelerinin ve takım üzerindeki titreşimin, yüzey pürüzlülüğüne ve serbest yüzey aşınması üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin artırılmasıyla serbest yüzey aşınması hızlanmıştır. Serbest yüzey aşınmasının artışıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, serbest yüzey aşınmasının artışıyla takım üzerinde oluşan titreşim genliği ve ivmesinin arttığı ifade edilmiştir [6].

Aboulatta tarafından yapılan çalışmada, yüzey pürüzlülüğünün kesme parametreleri ve aynı zamanda kesici takım titreşimine bağlı olduğu ortaya konulmuştur. Kesme parametreleri ve radyal yöndeki titreşim değerlerinin birbirlerine olan etkileşimi üzerine 4-farklı matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller ile Ra ortalama yüzey pürüzlülüğü, Rt maksimum yüzey pürüzlülüğü ve Rsk genlik dağılım eğrisi değerleri hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlarda ise yüzey pürüzlülüğünün sadece kesme parametrelerine bağlı olmadığı, titreşiminde yüzey pürüzlülüğüne etki ettiği ifade edilmiştir. Ayrıca, maksimum yüzey pürüzlülüğü Rt'nin en çok kesme hızı ve parça çapına bağlı olduğu belirtilmiştir [7].

Şan tarafından yapılan çalışmada orta karbonlu vanadyum mikro alaşımlı (38MnVS5) çeliğin işlenebilirlik özellikleri; takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü kriterleri açısından değerlendirmiştir. Kesici uç olarak Mitsubishi SNMG-MS 120408 kodlu, P20 kaplamasız UTi20T, PVD yöntemi ile kaplanmış (Al, Ti)N koruyucu katmanlı VP15TF ve CVD yöntemi ile kaplanmış TiCN/Al₂O₃/TiN koruyucu katmanlı UC6010 karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri; kesme hızı 150-200-250-300-400 m/min, ilerleme hızı 0,15-0,25-0,35 mm/rev ve 2,5 mm sabit kesme derinliğidir. Elde edilen sonuçlara göre; tüm kesici takımlar için, kesme hızının düşmesiyle, takım ömrü belirgin bir şekilde artmıştır.

PVD yöntemi ile kaplanmış N koruyucu katmanlı VP15TF kesici takım, tüm takımların kullanıldığı 150 m/min kesme hızı değerinde, diğer kesici takımlara göre daha yüksek takım ömrü sergilemiştir. VP15TF ve UC6010 kesici takımlarda krater aşınması gözlenmez iken, yan yüzeyde aşınma kriterine ulaşmaya kadar düzenli bir aşınma gözlenmiş, kesici burnunda ve yardımcı kesici kenara yakın yerlerde aşınmalar oluşmuştur. 0,35 mm/rev ilerleme değerinde ve yüksek kesme hızlarında UC6010 kesici takımda ayrıca plastik deformasyon da gözlenmiştir. En iyi yüzey pürüzlülüğünün elde edildiği 250 m/min kesme hızında kullanılan kesici uçların çeşidine göre; en iyi yüzey pürüzlülüğü PVD yöntemi ile kaplanmış (Al, Ti)N koruyucu katmanlı VP15TF kesici takımla (0,73 µm) elde edilmiştir. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin kesme hızından daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır. İlerleme ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu ve ilerlemenin artmasıyla, yüzey pürüzlülüğünün de arttığı belirtilmiştir [8].

Thomas tarafından yapılan çalışmada, işlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özelliklerinin yüzey dokusundan birinci derecede etkilendiği belirtilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil, aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktör olduğu ifade edilmiştir [9].

Eriksen tarafından yapılan çalışmada, torna ile işlenebilen kısa elyaflar ile güçlendirilmiş termoplastik malzemelerin, değişik kesme ve ilerleme hızları, kesici takım uç yarıçapı ve elyaf doğrultusu ile etkileşimleri incelenmiştir. Optimum işleme koşullarının deneysel olarak belirlenebildiği, ancak teorik olarak hesaplanan değerler ile deneysel parametrelerin uyuşmadığı ifade edilmiştir. İlerleme hızının 0,1mm/dev değerinin üzerinde olduğu durumlarda, yüzey pürüzlülüğünün arttığı, takım uç yarıçapı küçüldüğünde ise yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, kesme hızı 500 m/dak değerine ulaştığı zaman yüzey pürüzlülüğünün bozulduğu, 1500 m/dak 'ya varan yüksek kesme hızlı işlemlerde yüzey pürüzlülüğünün kesme hızından bağımsız olduğu belirtilmiştir [10].

Özçatalbaş tarafından yapılan çalışmada, artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Ancak kesme hızı artışının, düşük ilerleme miktarlarında

etkisinin fazla olduğu gözlemlenmiş iken, artan ilerleme miktarında ise kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisinin azaldığı ifade edilmiştir. Benzer şekilde, değişik ısı işlemler uygulanmış Ç4140 çeliğinde, düşük kesme hızlarında yüzey pürüzlülük değerleri yüksek iken, artan kesme hızlarıyla numunelerin yüzey pürüzlülüğü iyileşmiştir [11].

Lin ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, tormalama için yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin modellenmesi incelenmiştir. Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi işleme parametreleri ile bir tormalama işlemi için ağ yapısı modeli geliştirilerek yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri tahmin edilmiştir. Öncelikle yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin modellenmesi için işleme parametreleri ve tormalama performansına dayalı öğrenme veri tabanı oluşturulmuş ve bu amaçla S55C yüksek karbonlu çelik, MTJNL2525M16 takım tutucu ve TNMG 160404 L2G formunda kesici uçlar kullanılmıştır. Tormalama sırasında oluşan kesme kuvvetleri, Kistler dinamometre yardımıyla ölçülmüş ve model sonuçları ile deneysel ölçme sonuçları arasında çok iyi ilişkilerin olduğu ifade edilmiştir [12].

Huang ve Liang tarafından yapılan çalışmada, kesici takımın termal özelliklerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, OXLEY in teorisi geliştirilerek, birincil ve ikincil kayma bölgelerindeki sıcaklık dağılımları hareketli ısı kaynağı metodu kullanılarak modellenmiştir. Araştırmacılar, metal kesmedeki talaş oluşum kuvvetlerinin modellenmesinde, minimum enerji prensibi ve kayma hattı teorisi olmak üzere temel iki yaklaşım üzerinde durmuşlardır [13].

Sikdar ve Chen tarafından yapılan çalışmada, tormalama operasyonlarındaki yanak aşınması ile kesme kuvvetleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. CNMG120412N-UJ formundaki kesici uç ve AISI 4340 düşük alaşımlı çelik malzeme kullanılarak yapılan deneylerde, kesme kuvvetleri Kistler dinamometre yardımıyla ölçmüştür. Çalışmada, kesme kuvvetlerindeki artışa paralel olarak yanak aşınmalarında da artışların olduğunu belirtilmiştir. Çalışmada, yanak aşınması ile kesme kuvvetleri arasındaki ilişkilerin daha iyi ifade edilebilmesi için kesme kuvvetleri, yanak aşınmasının fonksiyonu olarak beşinci dereceden polinom biçiminde ele alınıp, Matlab yazılımı ile matematiksel bir model geliştirilmiştir [14].

Reddy ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, eğrisel yüzey (CONTOUR) tornalaması için mekanik bir kuvvet modeli geliştirilmiştir. Takım geometrisi, iş parçası geometrisi ve takım yolu gibi işleme parametrelerinin bir fonksiyonu olarak talaş yükü, talaş kalınlığı, talaş genişliği ve efektif yavaşma açısı gibi mekanik model parametreleri için analitik çözümler geliştirilmiştir. Kesme kuvvetleri üzerindeki parametrelerin etkisi analiz edilip, modelin kalibrasyonu için bir dizi deneysel çalışmalar yapılmıştır. Modelin geçerliliği için içbükey ve dış bükey yüzeyleri olan iş parçası kullanılmıştır. Modelin simülasyon sonuçlarının deneysel sonuçlarla büyük bir uyum içinde olduğu ifade edilmiştir [15].

NAS, Samtaş ve Demir tarafından yapılan çalışmada AISI 1050 çeliği CNC freze tezgâhında yüzey frezeleme işlemine tabi tutularak, kesme hızı, ilerleme hızı, kesici uç sayısı ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Deneysel çelik ve küresel grafitli dökme demirlerin işlenmesinde kullanılan PVD yöntemiyle kaplanmış kesici takımlar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, eğri uydurma algoritmaları kullanılarak matematiksel olarak modellenmiştir. Matematiksel modeller, belirleme katsayılarına (R^2) göre değerlendirilmiş, en ideal olanları teorik çalışmalar için önerilmiştir [16].

İşbilir tarafından yapılan çalışmada, tornalama işlemlerinde takım ömrüne etkili faktörler sebep-sonuç diyagramı halinde ortaya konulmuş, yapılan araştırma verilerinden hareketle çeşitli parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü üzerine etkisi tespit edilmiş, incelenen faktörlere göre yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü modellenmiştir. Yüzey pürüzlülüğünde kesme hızı, malzeme sertliği, uç radyüsü ve ilerleme faktörlerinin etkili olduğu, kesme sıvısının ve kesme derinliğinin etkili olmadığı bulunmuştur. Takım ömründe, kesme hızı, malzeme sertliği, ilerleme ve kesme derinliği faktörlerinin etkili olduğu bulunmuştur. Yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü tahmini için ana etkilere dayalı olarak yapılan regresyon denklemlerinin R^2 'leri sırası ile yüzey pürüzlülüğü için $R^2 = 0,591$, takım ömrü için $R^2 = 0,952$ bulunmuştur [17].

Balcı tarafından yapılan çalışmada, AISI 304 paslanmaz çelik malzemenin tornalama yöntemiyle işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Dört farklı uç yarıçapına sahip kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanılarak

deneyley yapılmıřtır. Deneyley, farklı ilerleme hızları ve talař derinliklerinde soęutma sıvısı kullanılmadan yapılmıřtır. Kesici takım uę yarıęapı, ilerleme hızı ve talař derinlięinin iř paręası ortalama yūzey pūrūzlūlūk deęerine (Ra) olan etkileri incelenmiřtir. Deneysel sonuęlardan kesici takım uę yarıęapının ve ilerleme hızının yūzey pūrūzlūlūęūnū önemli derecede etkiledięi gōrūlmūřtır. 0,4 mm uę yarıęapına sahip kesici takımla genellikle en dūřuk yūzey pūrūzlūlūk deęerleri elde edilirken 0,4 mm silici kesici uę geometrisine sahip kesici takımla da en yūksek yūzey pūrūzlūlūk deęerleri elde edilmiřtir. 0,05 ve 0,1 mm/dev ilerleme hızlarında kesici takım uę yarıęapının artmasıyla yūzey pūrūzlūlūk deęerleri beklenmedik bir řekilde artmıřtır [18].

Literatūrde yapılan ęalıřmalarda, genel olarak takım ařınması ve yūzey pūrūzlūlūęū hakkında ęalıřmalar yapılmıřtır. Sunulan ęalıřmada, takım ōmrūne ve yūzey pūrūzlūlūęūne būyuk oranda etki eden talař kırılması incelenmiřtir.

3.TALAŞLI İMALAT VE TALAŞ OLUŞUMU

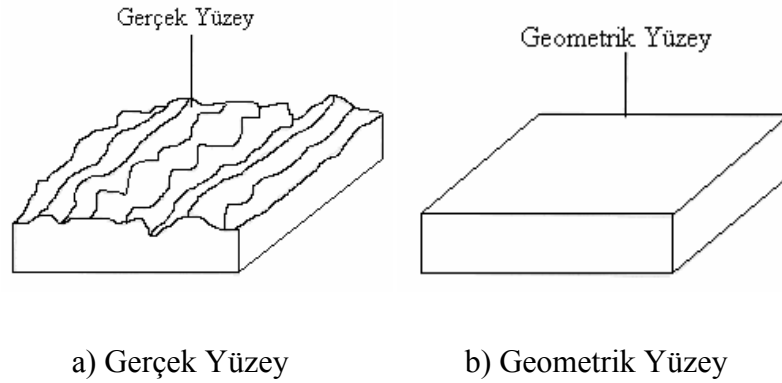
Talaşlı üretim en önemli imalat yöntemlerindedir. Talaşlı imalatta, istenilen geometrinin elde edilebilmesi için ham iş parçası üzerinden talaşlar kaldırılır. Talaşlı imalatı yapılan iş parçası eğer metal ise metal kesme olarak da tanımlanabilir [19].

Kick [20] talaş kaldırmanın, plastik akış temeline dayandığını ortaya atmıştır. Gelişen mikro fotoğraf teknikleri yardımı ile Kick'in ortaya attığı fikri desteleyen yönde, talaş kaldırmanın plastik bir akış esasına dayandığı anlaşılmıştır. Bir kesici takım yardımı ile talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilirken deforme olmamış talaş bölgesi, önce elastik daha sonra plastik deformasyona uğrar. Plastik deformasyon sonucunda, kesici takım önünde ana metal malzemeden talaş şeklinde ayrılmalar görülür.

3.1. YÜZEY YAPISININ ÖZELLİKLERİ

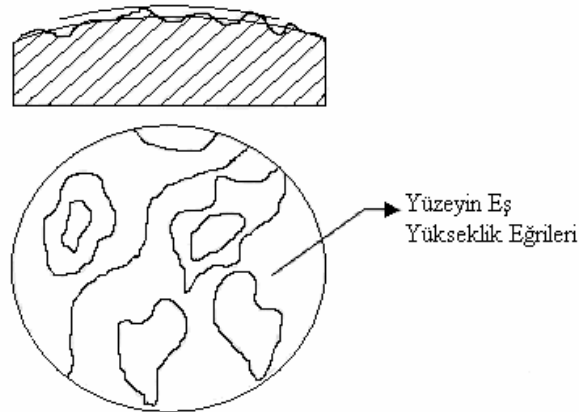
Talaş kaldırma işleminin amacı, parçalara şekil vermenin yanında bunların geometri, boyut ve yüzey bakımından yapım resimlerinde gösterilen toleranslar dâhilinde imal etmektir. Günümüzde seri üretime geçilmesi ile birlikte standart ürünler üretmek şart olmuştur. Bu standart ürünlerin üretilmesinde ölçü tamlıklarının yanında, yüzey kalitesi de öne çıkan etkenlerden birisidir. Malzeme bilimi, yüzey kalitesini iyileştirmek için yeni malzeme arayışlarının sürdürmektedir. Yüzey kalitesini iyileştirmek için bir çok alanda gelişmeler olmaktadır. Kesici takım malzemesi, geometrisi, takım tezgahı, takım tutucu, soğutma sıvısı ve işleme şekli gibi pek çok alanda ilerlemeler kaydedilmiştir. Üretilen üründe yüzey yapısı, bitirilmiş yüzey, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey karakteristik terimleri sınıflandırmalar ve semboller tasarımcıların, teknikerlerin ve diğer çalışanların iletişim kurmasına imkân vermektedir. Kısmi özellikleri verilen bir yüzeyin yapımı için belirlenen özelliklerin doğru olarak yorumlanmasını sağlar. Modern talaş kaldırma yöntemlerinde boyutsal tamlılığın yanında yüzey kalitesi de önemli bir unsurdur. Birbirleriyle çalışan yüzeylerin kalitesi bu parçaların aşınmasında önemli bir etkidir. Standartlara göre, bir nesne bir yüzey tarafından sınırlanır ve bu yüzeyin nesneyi başka bir yüzeyden, alandan veya maddeden ayırmasına gerçek yüzey adı verilir ve geometrik bakımdan mükemmel yüzey olarak düşünülür. Gerçek yüzey, cismi sınırlayan ve çevresindeki ortamdan ayıran yüzeydir (Şekil 3.1.a). Yüzey yapısı, sapmaları ifade eder. Sapmalar tekrarlı veya rastgele olabilir. Geometrik bakımdan

mükemmel yüzey olarak düşünülen yüzeye geometrik yüzey adı verilir. Projelerde veya diğer teknik belgelerde anma biçimi olarak tarif edilen ideal yüzeydir (Şekil 3.1.b).

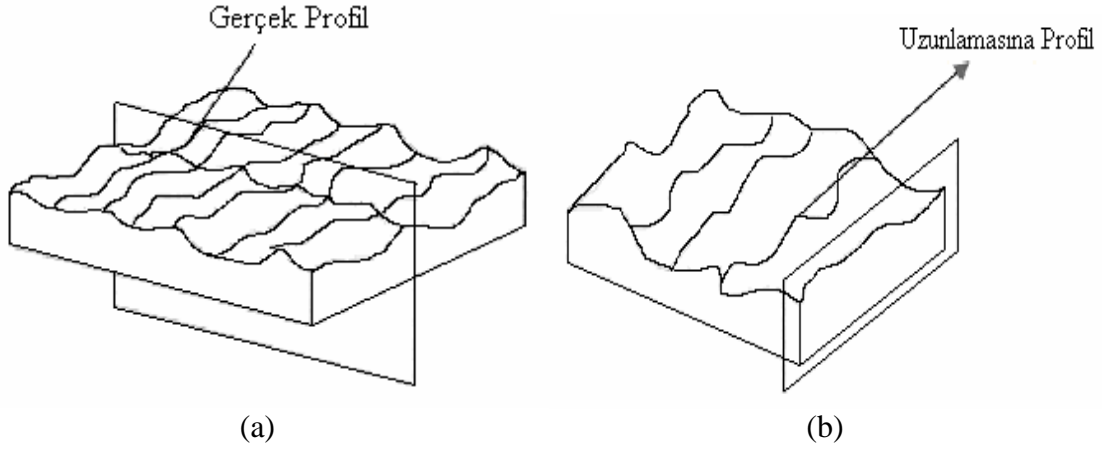


Şekil 3.1. Yüzey şekilleri [21].

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan imalat metotlarıyla ve başka etkilerle ortaya çıkan, genellikle başka düzensizliklerle sınırlanan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir. En uygun takım geometrisi ve kesme hızı ile sağlanabilen en iyi yüzey pürüzlülüğü ideal yüzey pürüzlülüğünü verir. Kesici takımında titreşim ve takımın hatalı bağlanması gibi etkenler azaltılırsa ideal yüzey pürüzlülüğüne daha yakın sonuç alınabilir [22]. Gerçek yüzeyin eş aralıklı kesitle meydana getirdiği ara kesitlere yüzeyin eş yükseklik eğrileri denir (Şekil 3.2). Gerçek profil, bir düzlem ile pürüzlü bir yüzeyin meydana getirdiği ara kesit çizgisidir (Şekil 3.3.a). Aperiyojik (uzunlamasına) profil ise rastgele bir fonksiyonla ifade edilebilen periyodik olmayan profiller olup taşlama veya kumlama gibi imalat yöntemi ile elde edilen profildir (Şekil 3.3.b) .



Şekil 3.2. Yüzeyin eş yükseklik eğrileri [21].



Şekil 3.3. Yüzey Profilleri a) Gerçek b) Aperiyojik [21]

3.1.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları;

- Sürtünmeli yataklar,
- Korozyon ortamında çalışan parçalar,
- Yuvarlanmalı yataklar,
- Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler,
- Sızdırmazlık yüzeyleri,
- Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri,
- Masterlar [23].

3.1.2. Yüzey Pürüzlüğüne Etki Eden Faktörler

- Kesici takımdaki titreşimler,
- Kesici takım geometrisi,
- İşlenen iş parçasında medyana gelen titreşim ve balans,
- İlerleme miktarı,

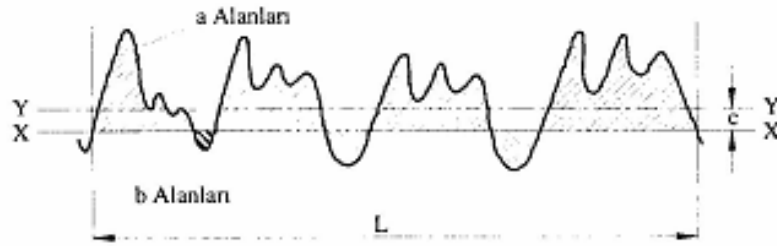
- Kesme hızı,
- Talaş derinliği,
- Kesici uçun üzerine talaşın yapışması (BUE),
- İşlenen malzemenin süreksiz talaş vermesi [24-25].

3.1.3. Yüzey Kalitesinin Sayısal Olarak Değerlendirilmesi

Yüzey kalitesi ölçme problemlerini en aza indirmek için ölçülecek yüzeyi üç boyuttan iki boyuta indirgeyerek ve grafiksel ortalamalarıyla sonuca gitmek mümkün olmasına rağmen yüzey kalitesini bu yöntemle pratik olarak ölçmek pek doğru sonuç vermez. Bu nedenle grafik metodunu yorumlamak pek kolay olmadığından yüzey kalitesinin sayısal olarak değerlendirilmesi daha sağlıklı olacaktır. Yüzey kalitesinin sayısal olarak değerlendirilmesinde genellikle ortalama çizgi ve zarf sistemi olarak bilinen yöntemler kullanılır.

3.1.3.1. Ortalama çizgi (M) sistemi

Ortalama çizgi, elde edilen geometrik profili tasdik eden bir çizgi olarak tanımlanabilir. Bu ortalama çizgi öyle bir yere yerleştirilmiştir ki, bu çizgi ile profil arasındaki alanların toplamı minimum olmalıdır. Dolayısıyla ortalama veya merkez çizgisi pratikte profilin genel yönüne paralel bir çizgi olarak belirlenebilir ve bu çizginin altında ve üstündeki profili oluşturan alanlar (a ve b) birbirine eşittir [26].



Şekil 3.4. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi [26].

Verilmiş olan bir profil için ortalama çizginin konumu, aşağıda açıklanan yöntemle belirlenebilir. Şekil 3.4'de gösterildiği gibi bir XX doğrusu çizilir. Bu çizgi uygun

3.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME TEKNİKLERİ

3.2.1. Optik metot

Bir yüzey üzerine yansıtılan ışının geliş açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörler ile ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülür [25].

3.2.2. Temas metodu

Yüzey üzerinde dolaştırılan bir probun, sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin karşılaştırılması esasına dayanır.

3.2.2.1. Mekanik metot

Çelik bilye kullanılarak minimum 500 gram ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğünün ölçme tekniğidir [25].

3.2.3. X ışını metodu

Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınları ile 0,00254-0,0508 μm arasındaki pürüzlük değerleri ölçülür [25].

3.2.4. Elektron mikroskobu metodu

Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen, ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve görüntünün kopyalanması gibi sorunlar bu metodu sınırlamaktadır [25].

3.2.5. Hidrolik metot

Belli eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde yağ damlasının akış süresi ile pürüzlülük değeri arasında kurulan bir ilişki ile, pürüzlülük değeri ölçülmesi esasına dayanır [25].

3.2.6. Yüzey dinamometresi metodu

İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, parçaların pürüzlülük değerine bağlıdır. İki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

3.2.7. Replika metodu

Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda, yüzeye selüloz - asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranında bilgi verir [25].

3.2.8. İzleyici uçlu cihazlar

Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [25]

3.2.9. Elektro fiber optik metot

Yüzey pürüzlüğü ölçülecek malzeme X,Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur [28].

3.3. ÇELİK ÇEŞİTLERİ

Çeliklerin Karbon Oranına Göre Sınıflandırılması,

3.3.1. Düşük Karbonlu Çelikler

Bu çelikler, % 0,25 oranına kadar karbon içerirler ve çok yumuşak ve yumuşak çelikler olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Çok Yumuşak Çelikler: % 0,07 ile % 0,15 arasında karbon içerirler ve yumuşak olduklarından soğuk şekillendirmeye elverişlidirler

Yumuşak Çelikler: % 0,15 ile % 0,25 oranında karbon içerirler. Çok yaygın olarak kullanılan alaşımsız çeliklerdir. Çok iyi kaynak edilebilirler ancak su verme yöntemiyle çok iyi sertleştirilemezler [29].

3.3.2. Orta Karbonlu Çelikler

Bu çelikler, % 0,25 ile % 0,55 oranları arasında karbon içerirler. Isıl işlem için çok uygun çeliklerdir. Yumuşak çeliklerin aksine daha iyi sertleştirilirler. Bu çelikler, karbon oranlarına göre genel dövme çelikleri, mil çelikleri ve aşınmaya dayanıklı çelikler olmak üzere üç gruba ayrılır

Genel Dövme Çelikleri: % 0,25 ile % 0,35 arasında karbon içerirler.

Mil Çelikleri: % 0,35 ile % 0,45 oranları arasında karbon içerirler. Mil, tel ve dingil yapımında kullanılırlar

Aşınmaya Dayanıklı Çelikler: % 0,45 ile % 0,55 arasında karbon içerirler. Daha dayanıklıdır. Ray, ray tekerleği, silindir ve pres kalıplarının yapımında kullanılırlar [29].

3.3.3. Yüksek Karbonlu Çelikler

% 0,55 ile % 0,9 arasında karbon içerirler. Yüksek mukavemet ve aşınma direnci gerektiren yerlerde kullanılırlar. Kullanım alanına örnek olarak pres kalıp blokları gösterilebilir [29].

3.3.4. Yüksek Karbonlu Takım Çelikleri

Bu çelikler % 0,9 ile % 1,6 oranları arasında karbon içerirler. Yüksek aşınma direnci ve yüksek mukavemet gerektiren yerlerde kullanılırlar. Kullanım yerlerine örnek olarak torna kalemi ve matkap uçları verilebilir [29].

3.4. ÇELİKLERİN KİMYASAL BİLEŞİM ESAS ALINARAK SINIFLANDIRILMASI

3.4.1. Alaşimsız Çelikler

C harfi ve ortalama yüzde karbon oranının yüz katı ile gösterilirler. Ortalama karbon oranı % 0,45 olan alaşimsız çelik C 45 şeklinde gösterilir. Karbon (C) işaretinden sonra gelen küçük harfler ise alaşimsız çeliğin türünü gösterir. Örneğin; ortalama karbon oranı % 0,45 olan alaşimsız asal çelik Ck 45 şeklinde gösterilir [29].

3.4.2. Alaşımli Çelikler

Karbonlu çeliklerden normal olarak sağlanamayan kendine has özellikleri kazanmak için, bir veya birden fazla alaşım elementi katmak suretiyle yapılan çelikler alaşımli çeliklerdir. Mn, Si gibi alaşım elementlerinin bir veya birden fazlasının, çeliğin içindeki değerleri Mn%1,65 Si%0,60'dan fazla olan ve bunlara eklenen öteki elementlerden -Al, B, Cr, Co, Mo, N, Ti, W, V, Zr- birinin veya birkaçının bulunması istenen çelikler, alaşımli çelikler sınıfına girer.

3.4.2.1 Alaşım Miktarına Göre

Az Alaşımli Çelikler: Bu tip çeliklerin gösteriminde C işareti kullanılmaz. Ortalama yüzde karbon oranının yüz katı yazıldıktan sonra, oran sırasına göre alaşım elementlerinin simgeleri ve bu elementlerin Tablo 3.1' deki katsayılarla çarpılarak tam sayıya yuvarlatılmış ortalama yüzde oranları belirtilir.

Tablo 3.1. Az alaşımlı çeliklerin Türk Standartları'na göre gösteriminde kullanılan katsayılar [29].

Alaşım Elementi	Katsayısı
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Pb, Mo, Nb, Ta, Ti, V, Zr	10
P, S, N, Ce, C	100
B	1000

Otomat Çelikleri: Karbon oranı az alaşımlı çeliklerde olduğu gibi yazılır. Çelikte S, Mn, Pb ve P elementlerinden hangileri varsa bu sırayla gösterilir ve yalnız kükürdün ortalama yüzde oranı yüz ile çarpılarak belirtilir. Örneğin; bileşiminde % 0,45 C, % 0,20 S ve % 0,15 - % 0,30 Pb bulunan otomat çeliği 45SPb20, bileşiminde % 0,09 C, % 0,15 - % 0,30 S, % 0,90 - % 1,30 Mn ve % 0,15 - % 0,30 Pb bulunan otomat çeliği ise 9SMnPb23 şeklinde gösterilir [29].

Yüksek Alaşımlı Çelikler: Yüksek alaşımlı çeliklerin gösterimi için en başta X harfi kullanılır. Karbon oranı, az alaşımlı çeliklerde olduğu gibi yazılır ve alaşım elementlerinin her birinin gerçek yüzde oranı kendi simgesinden sonra belirtilir. İkinci derecede önemli olan alaşım elementlerinin oranları gösterilmeyebilir. Örneğin; bileşiminde % 0,08 C, %18Cr ve % 8 Ni bulunan yüksek alaşımlı çelik X 8 Cr 18 Ni 8 şeklinde gösterilir[29].

3.4.2.2. Esas Alaşım Elementine Göre

Manganlı Çelikler: Mangan çeliğin dayanımını, sertleşebilme, dövülme ve kaynak kabiliyetini, su verme derinliğini artırır. Paslanmaya korozyona olan dayanımını geliştirir. Fakat esnekliği az miktarda azaltır. Dönüşüm hızını düşürmesinden dolayı, sertleşme birliği artırır ve böylece daha büyük kesitlerde sertleşme birlik sağlar. Ancak,

tane kabalaşması da yapar ve meneviş kırılma direncine sebep olur. Darbe ve basma zorlamalarında aşınma direncini arttıracak şekilde, soğuk sertleşme eğilimi vardır. Manganın sertlik ve dayanımı arttıran özelliği, karbon miktarına bağlıdır. Manganın yüksek karbonlu çeliklerdeki etkisi, düşük karbonlu çeliklere oranla daha fazladır. Manganın en önemli özelliği kükürtle MnS bileşiği yapması ve demir kükürt FeS bileşiği oluşumunu engellemesidir. FeS sıcak kırılma direncine neden olur [30].

Molibden Çelikleri: Dayanımı ve sertleşme bilirliliği iyileştirmek için sade karbonlu çeliklere küçük miktarlarda molibden eklenir. Bu çeliklere eklenen molibden miktarı (ve hemen hemen bütün standart alaşımlı çeliklere) yaklaşık %0.25'le sınırlanmıştır. Çünkü bu miktarın deneysel olarak iyileştirilmiş tokluk, sertleşme bilirlilik ve dayanım özellikleri için optimum olduğu bulunmuştur. 40xx serilerinin düşük alaşımlı çelikleri öncelikle oto endüstrisinde karbürleme sınıfları olarak kullanılırlar. Bu çelikler yoğunlukla olarak arka aks dişlileri ve otomatik güç aktarma parçaları için kullanılırlar. 4047 alaşımı, en dayanıklı ve sertleşebilir olduğu için alaşımlı çelik serileri için örnek olarak alınacaktır. Alaşımsız % 0.40 C çeliği östenitleme sıcaklığından soğutulduğunda normal olarak ferrit ve perlit dönüşür. Sadece hızlı soğuma ile orta (beynitik) yapıları oluşturulabilir. Başlangıçta %0.25 Mo - %0.47 C çeliği difüzyon kontrollü östenit + ferrit + perlit dönüşümü sürekli soğuma dönüşüm diyagramında esasen sağa, aşağıya kaydırır. Sonuç olarak arttırılmış beynitik oluşum miktarı üretilir. Havada soğutulmuş 4047 alaşımının (kesit ½ inç) mikro yapısı ötektoid öncesi ferrit ve ince perlitten oluşmuştur. Bu alaşım için östenitleme sıcaklığından soğuma hızı, fırında soğutmada olduğu gibi düşürüldüğünde gösterildiği gibi perlit kabalaşır. % 0.25 molibdenin 1040 karbon çeliğine eklenmesi temperleme sırasında yumuşama işlemini gösterildiği gibi bir miktar engeller. Büyük molibden atomları Fe₃C'e girer ve difüzyonu engelleyerek Fe₃C'nin birleşme hızını yavaşlatır. Buna karşın 4047 alaşımındaki molibdenin küçük miktarı temperleme sıcaklığının arttırılmasıyla dayanımda hızlı bir düşüşe neden olmaz. 4047 alaşımının sertleşme bilirliliği aynı karbon içeriğiyle yalnızca sade karbonlu çeliklerin biraz üzerine yükseltilir [29].

Krom – Molibden Çelikleri: 41xx alaşım serisinin oluşturmak için küçük miktarda (% 0.13 – 0.20) molibdenin yanı sıra % 0,5 – 0.95 oranında krom eklenir. Krom eklenmesi aynı karbon miktarına sahip sade karbonlu çeliklerin sertleşme bilirlilik, mukavemet ve aşınma direncini daha da arttırır. Buna karşın düşük alaşımlı yapı çeliklerine kromun

ilave edilmesi bu çeliklerin aynı şartlar altında temper kırılma hızına hassasiyet eğilimini artırır. Çok önemli 41xx alaşım çeliklerinin kimyasal kompozisyonları ve tipik uygulamaları verilmiştir. Krom ve molibdenli düşük alaşımlı çelikler iyileştirilmiş sertliklerinden dolayı martenzit oluşturmak için suda soğutmanın yerine yağda soğutulabilir. Yağda soğutma yavaş olduğu için sıcaklık gradyanları ve hacimce çekilmeden kaynaklanan iç gerilimler ve su verme sırasındaki genleşme, çarpılma ve çatlak eğilimleri azaltılabilir. 4140 alaşımının sürekli soğutma dönüşüm diyagramı gösterilmiştir. % 0,40 C çeliğinin faz dönüşümünü modifiye etmekte molibdenin etkisi kromun ilavesi ile özellikle de bu miktar % 0,7'yi aştığında genişletilmiştir. Östenitten martenzite ve östenitten beynite dönüşüm için sıcaklık ve zaman aralığı genişletilmiş ve krom ilavesiyle Bs sıcaklığı düşürülmüştür. Çelik alaşımının sertleşme birliği de krom ilavesi ile artırılır ve krom – molibdenli çelik alaşımlarında östenitten perlit dönüşümünde büyük bir erteleme vardır [29].

3.5. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ

Kesici takımlar, iş parçalarının şekillendirilmesinde kullanılan yüksek kaliteli ve hassasiyetli malzemelerden üretilirler. İşlenecek parçanın özellikleri, kullanılacak kesici takım malzemelerine sınırlandırmalar getirdiği gibi, takımın kullanım şartları da takım malzemesi seçiminde büyük önem taşır. Kesici takım malzemelerinden istenen ortak özellikler ise sertlik ve sıcak sertlik, aşınma direnci, tokluk ve ekonomiktir. Uygun takım malzemesinin seçimi ile kesici takım-iş parçası malzemeleri arasında sürtünme sonucu oluşan yüksek sıcaklık aşınmayı ortadan kaldırma ile yüksek kesme hızlarına ulaşılır. Böylece takım ömrü ve üretim hızı artırılarak verimlilik sağlanır.

3.5.1. Takım Malzemesinde Aranılan Özellikler

Takım sadece oda sıcaklığında değil, çalışma sıcaklıklarında da iş parçasının en sert bileşeninden daha sert olmalıdır. Takım geometrisinin bozulmasını önleyen yüksek kızıl sertlik, talaş oluşum süreci sırasındaki ağır şartlar altında muhafaza edilmeli ve hatta aşınma direncine yardımcı olmalıdır. Yüksek hızlarda takım sertliğindeki değişim görülmektedir. Darbeli kesime dayanmak için tokluğa sahip olmalıdır. Darbeli kesme işlemlerinde hızlı ısınma ve soğumalar meydana geldiği için yüksek termal şok direncine sahip olmalıdır.

Düşük sertlik arzu edilmez. Zira bunlar takım profilinin bozulmasına yol açar. Uygun olmayan tokluk ve termal şok direnci takım ağzının talaşlanması ve hatta tamamen hasarına sebep olur. Tipik takım malzemeleri veya bileşenlerinin sertlikleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Tipik Takım Malzemeleri veya Bileşenlerinin Sertlikleri [31].

Takım Malzemesi veya Bileşeni	Sertlik, HV
Martenzitik çelik	500-1000
Nitrülenmiş çelik	950
Sementit (Fe ₃ C)	850-1100
Alumina	2100-2400
WC (kobalt bağlı)	1800-2200
WC	2600
W ₂ C	2200
(Fe, Cr) ₇ C ₃	1200-1600
Mo ₂ C	1500
VC	2800
TiC	3200
TiN	3000
B ₄ C	3700
SiC	2600
CBN	6500
Polikristalin elmas/WC	5500-8000
Elmas	8000-12000

3.6.1.1. Karbonlu ve Düşük Alaşımli Çelikler

Karbon çelikleri, kesici takım malzemesi olarak kullanılan en eski tip çeliklerdir. Karbon içerikleri %0,6-1,4 arasında değişmektedir. Düşük alaşımli çeliklerde, kesme özelliklerini iyileştirmek için az miktarda krom (Cr), vanadyum (V), tungsten (W),

molibden (Mo), mangan (Mn) gibi alaşım elementleri eklenebilir. Çelikler, tavlama Őartlarında kolayca Őekillendirilebilir ve takiben su verme ile yzeyi sertleştirilir. Karbon eliklerinin en önemli avantajı, kolay işlenmesi ve ucuz olmasıdır. Ayrıca alışma sıcaklıklarında (max. 200-250°C) sertliklerini ve keskinlikleri değişmez [31]. Düşük alaşımlı çelikler hızlı aşınır çünkü sert partiküllerin hacmi sadece %5 civarındadır. Genellikle bu sert partiküller en yumuşak karbürlerden biri olan Fe₃C esastır. Bütün bu dezavantajlarından dolayı metallerin işlenmesinde sınırlı kullanım alanına sahiptir. Bununla birlikte ucuz olmalarından dolayı, karbon çeliklerinde olduğu gibi ağaç işleme takımlarında kullanılırlar [31].

3.6.1.2. Yüksek Hız elikleri

Uzun zamandır bilinen ve sürekli geliştirilen bu takım malzemesi grubu olup, diğer takım malzemelerine oranla düşük maliyeti ve kolay işlenmesi avantajıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri, iyi performansıyla kesici takım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Talaşlı imalatın yüksek hızlara kayması nedeniyle yüksek hız çeliklerinin önemi giderek azalmaktadır. Bu takımlar talaşlı imalatta tüm Şekil verme takımları olarak önemli kullanım alanına sahiptirler [31].

3.6.1.3. Dökme Karbürler

Karbür miktarı yüksek oranlara ulaştığı zaman, takım malzemesi daha fazla sıcak dövülemez; bu nedenle, dökümle Şekillendirilir. Kesici takımlar için dökme Co-Cr-W alaşımları tescilli malzemedir. İstenilen özelliklere bağlı olarak, alaşımların genel bileşimi; %38-46 Co, %25-35 Cr, %4-25 W ve %1-3 C Őeklinindedir. Stellite olarak adlandırılan Co-Cr-W alaşımının sertliği, tungsten ve karbon oranına bağlı olarak 40-60 Rc arasında değişir. Isıl işlem uygulanmasına gerek yoktur. Mikroskopik olarak alaşım, tungsten esaslı bileşikler ve toplam miktarı %45 mertebesinde karbürlerden ibarettir. Bu alaşımın özelliği; yüksek sertliği, yüksek aşınma, oksidasyon ve korozyon direnci ve mükemmel kızıl sertliğidir. Bu özelliklerin kombinasyonu, bu alaşımı kesme uygulamaları için uygun kılmaktadır. Dökme alaşımlar, kesici uçta hasar olmaksızın yüksek hız çeliklerinden daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Yumuşama yavaş bir Şekilde meydana geldiği için, daha yüksek kesme hızlarında çalışmak mümkündür. Döküm alaşımları daha gevrek ve takım dizaynı sınırlıdır. Ayrıca maliyeti de daha

yüksektir. Bu takımlar yaygın olarak çelik, dökme demir, dökme çelik, paslanmaz çelik, pirinç ve bazı diğer işlenebilir malzemelerin işlenmesinde kullanılır [31].

3.6.1.4. Karbür Esaslı Takımlar

Semente Karbürler

Bu malzemeler çok yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetli bir kitle oluşturacak şekilde bir metal veya alaşım grubu ile çok ince taneli refrakter metal karbür partiküllerinden oluşurlar. Semente karbürler toz metalürjisi teknikleri ile üretilmektedir. Proses esasen tungsten, titanyum veya tantalyum karbür tozlarının hazırlanmasını kapsar. Bu tozlardan biri veya birkaçı bağlayıcı ile karıştırılır. Bağlayıcı metal olarak genellikle kobalt, nadiren de nikel ve demir kullanılmaktadır. Bu karışım istenilen şekilde kompakt kitle halinde soğuk preslenir ve akabinde yaklaşık 1400°C de sinterlenir veya sıcak presleme ile şekillendirilir. Kobalt yüksek sıcaklıklarda karbürlerle ötektik oluşturur ve çok iyi ıslatma özelliği gösterir. Tungsten karbür, düşük sıcaklıkta katı kobalt da yalnızca %1 oranında çözünürken, nikelde %25 ve demirde %5 oranında çözünmektedir. Nikel ve demirde, tungsten karbürün yüksek katı çözünürlüğü, gevrekliği artırır. Kobalt miktarının artışıyla tokluğun artmasına karşılık sertlik, basma mukavemeti, elastik modül ve direnç azalır. Bu tür kesici takımlarda abrasif eleman olarak tungsten karbür (WC) ile beraber titanyum karbür (TiC), tantalyum karbür (TaC) ve niobyum karbür (NbC) de içerisinde yer alabilir. Bu tür ilave karbürlerin, difüzyona direnç gösteren bir ara tabaka meydana getirmelerinden dolayı kesici takımlarda karşılaşılan önemli hasar türlerinden biri olan kraterleşme engellenmektedir [31]. Bazı özel sert metallerde sert faz olarak krom karbür, molibden karbür ve bağlayıcı metal olarak nikel bulunabilir. Sade tungsten karbürü kaliteler dökme demir, ostenitik çelik, demir dışı ve metal dışı malzemelerin işlenmesinde kullanılırken tungsten karbür yanında titanyum ve tantalyum karbür de ihtiva eden kaliteler ise ferritik çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar. Semente karbürlerin yüksek sıcaklık mukavemeti, karışık karbür miktarının artışı ile artmasına karşılık, kobalt miktarının artışı ile azalır (tokluk için bu ilişki terstir). Sinterlenmiş karbürlerin çok iyi takım performansı, çok yüksek kızıllı sertlikle birlikte yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetinden ileri gelir [31].

Sermetler

Sermetler, metalik bir fazla bağlanmış seramikler olup esasen semente karbürler sermetlerin bir alt sınıfıdır. Çelik kesimi için, nikel ve molibdenle bağlanmış TiC tercih edilmektedir [30]. Tipik bileşimi %8-25 Ni, %15-8 Mo₂C ve %60-80 TiC şeklindedir. Ayrıca küçük miktarlarda WC, Co, TiN içerebilir. Sermetlerin mikro yapısı geleneksel semente karbürlerden farklıdır. Çünkü sinterleme sıcaklığında karbürün, bağlayıcı nikel içindeki çözünürlüğü kobaltinkinden daha fazladır. Bu nedenle sermetler, semente karbürlerden daha gevrek karakterdedir. Bu malzemeler düşük kuvvet ve yüksek hızlarda kullanılırlar. Buna karşın, kaba ve darbeli talaş kaldırmada çok tavsiye edilmezler [31].

Seramik Esaslı Takımlar

Metal işleme teknolojisinin gelişmesi ile işleme hızlarının artması daha uzun ömürlü, yüksek hızlarda ve iş parçası ile etkileşmesi daha zor takım malzemesi arayışlarını hızlandırmıştır. Seramik malzemeler, tokluk dezavantajlarına karşılık yüksek sıcaklıklardaki mekanik ve kimyasal kararlılıkları ile özellikle sürekli çalışan takımlar olarak kullanım alanı bulmaktadırlar. Bu maksatla kullanılan seramik malzemeler alumina, sialon ve kübik bor nitrürdür [31].

Alüminyum Oksit Esaslı Seramikler

Seramik takımlar, tane boyutu ortalaması birkaç mikron mertebesinde polikristalin, yoğun ve korundum kristal yapılı alumina (α -Al₂O₃) esaslı malzemelerdir. Seramik takım uçları sıcak veya soğuk presleme ile üretilir. Soğuk preslemede seramik istenilen şekilde şekillendirilir ve 1600-1700°C'de sinterlenir. Sıcak preslemede, presleme ve sinterleme birlikte yapılır. Bazı tür seramiklere, sinterlemeye yardımcı olmak ve tane büyümesini geciktirmek için, az miktarda titanyum oksit ve magnezyum oksit ilave edilir. Şekillendirildikten sonra takım, elmaslı disklerle perdelanır [31].

3.6.1.5. Sialon

Sialon (Si-Al-O-N) bir silisyum-alüminyum oksinitrür tipi seramik malzeme olup, sinterlenebilen silisyum nitrürün (Si₃N₄) bir türevidir. Silisyum nitrürün kırılma tokluğu alüminanın yaklaşık iki katıdır ve daha yüksek bağ mukavemetine sahiptir.

Termal genleşme katsayısı düşük ($3,2 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) olması nedeni ile iyi termal şok direnci verir. Alüminanın kırıldığı hızlı ve darbeli talaş kaldırma işlemlerinde tercih edilir. Yüksek yoğunluklarda sıcak presleme ile üretilir ve takımın şekillendirme maliyeti yüksektir. Yitrium oksit sinterlemede silikat oluşturarak sıvı faz sinterlemesine ve böylece porozite oranını düşürerek yaklaşık tam yoğunlukta (%98) malzeme elde edilmesini sağlar. Sialonun kırılma tokluğu ve enine kopma mukavemeti alüminadan daha yüksek, fakat $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ whisker seramiklerden daha düşüktür. Sialon kesici takımlar özellikle dökme demir ve süper alaşımların (Ni esaslı gaz türbin diskleri) işlenmesinde kullanılır [22].

3.6.1.6. Kübik Bor Nitrür (CBN)

Sentetik elmas yapımı için kullanılanlara benzer yüksek sıcaklık, yüksek basınç (8GPa) teknikleri ile kafes dönüşümü ile elde edilen kübik bor nitrür (CBN), elmastan sonra ikinci en yüksek sertlik değerine sahiptir. Küçük miktarlardaki seramik veya metal bağlayıcı ile %100 yoğunlukta bor nitrür karıştırılır. Kübik bor nitrür, özellikle CBN-CBN metaller arası bağlarla bağlanmaktadır. Kübik bor nitrürün sertliği, sıcaklık artışı ile azalmaktadır. Elmasla karşılaştırıldığında CBN in en önemli avantajı, demir veya diğer metaller ile temasında veya havada yüksek sıcaklıkta sahip olduğu çok yüksek kararlılığıdır. Çok kristalli CBN endüstriyel alanda son birkaç yıldır kullanım alanı bulmaktadır. Ferro malzemeler ile reaksiyon direnci ve mükemmel abrasif direnci ile kombine edilen CBN, diğer takım malzemelerden daha yüksek sıcaklıklarda ve daha yüksek hızlarda sert malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle, elmasın kullanımını engelleyen hızlı aşınma olmaksızın yüksek hızlarda sert dökme demir ve sertleştirilmiş çeliğin kesimi için kullanılmaktadır. Ayrıca, süper alaşımlar (nikel ve kobalt esaslı), CBN kompozit kesici takımlarla, sementite karbürlerden çok daha yüksek hızlarda işlenebilmektedir.

3.6.1.7. Elmas

Elmas, karbonun tetra hedral formudur. En sert ve en yüksek çizme dirençli malzeme olarak bilinir. MOHS ölçeğinde sertlik numarası 10'dur. Bu özellikler elması takım malzemesi olarak tercih edilir; ne var ki, endüstriyel alanda kullanılan doğal tek kristal elmasın küçük miktarları bile oldukça pahalıdır. Ayrıca elmas çok gevrek ve belirli kristallo grafik düzlemler boyunca kolayca ayrılır. Elmas 650°C 'de hızla okside olmaya

başlar ve atmosferik basınçta 1500°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tekrar grafit'e dönüşür. Yüksek sıcaklıkta demir için karbonun kolaylıkla çözünmesi veya demire difüze olan grafit'e dönüşmesi sebebiyle ferro malzemelerin işlenmesinde elmas yeterli performansı sağlamamaktadır. Bununla birlikte, elmas takımlar yüksek silisyumlu dökme alüminyum alaşımları, bakır ve alaşımları, sinterlenmiş sement'e tungsten karbürler, silika cam ile doyurulmuş kauçuk, cam-fiber/plastik ve karbon/plastik kompozitler ve yüksek alüminalı seramiklerin işlenmesinde kullanılmaktadır. Elmas, abrasif iş parçalarının işlenmesinde diğer takım malzemelere oranla yüksek performans göstermektedir [31].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneylerde MT, PC ve FG takım formları ile 200-300m/dak. kesme hızlarında, 0,2-0,4-0,6 mm\dev ilerleme değerlerinde ve 1-3 mm kesme derinliğinde yapılmıştır. Deneyler sonucunda ortaya çıkan talaş kırma şekillerine bağlı olarak en uygun talaş kırma formları belirlenmiştir. Deneyler esnasında soğutma sıvısı kullanılmıştır. Öncelikle 0,2 mm/dev. ilerleme ve 200 m/dak. kesme hızında, 1mm talaş derinliğinde talaş kaldırma işlemi yapılmıştır. Daha sonra aynı kesme parametreleri ile 0,4 ve 0,6 mm/dev. ilerleme hızında deneyler yapılmıştır. Aynı işlemler 3 mm talaş derinliğinde tekrarlanmıştır. Böylece 200 m\dak. kesme hızında, en uygun talaş ve yüzey pürüzlülüğünün elde edildiği kesme derinliği ve ilerleme hızı belirlenmiştir. Aynı şartlar altında 300 m\dak. kesme hızında da deneyler tekrarlanmıştır. Tüm deneyler üç farklı uç geometrisi (MT, PC ve FG) ile tekrarlanmıştır. Toplamda 36 deney yapılmıştır.

4.1. DENEYLERDE KULLANILAN TAKIM TEZGAHI

Deneyisel çalışmalar, Sakarya'da bulunan KARMAK YEDEK PARÇA ve Düzce'de bulunan SA-KA MAKİNA firmalarında yapılmıştır. Deneylerde KITIGAWA marka X10 model CNC torna tezgâhi kullanılmıştır. Şekil 4.1'de deneylerde kullanılan CNC torna tezgâhinin resmi, Tablo 4.1'de ise tezgâhin teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.1. Deneylerde kullanılan CNC torna tezgâhi

Tablo 4.1. CNC tezgâh özellikleri


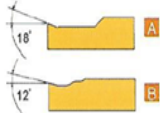

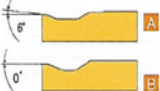


Model	X 10
Maksimum Çevirme Çapı	440 mm
Maksimum İşleme Uzunluğu	560 mm
Bar Çubuk Kapasitesi	75 mm
Ayna	10
Fener Mili Devri	3500 d/d
Fener Mili Tipi	A2-8
Fener Mili Rulmanı İç Çapı	130 mm
Taret Takımlık Sayısı	10 inç
Katerlik Çapı	40 mm
Taret Tahrik Tipi	Servo
Eksenlerin Boşta Hareket Hızları	X:20 Z:24 m/min.
Fener Mili Motoru	15 - 18,5 kW
Servo Motor	X:3 Z:4
Makine Boyutları	3580x2290x2240 mm
Net Makine Ağırlığı	5600 kg

4.2. KESİCİ TAKIMLAR

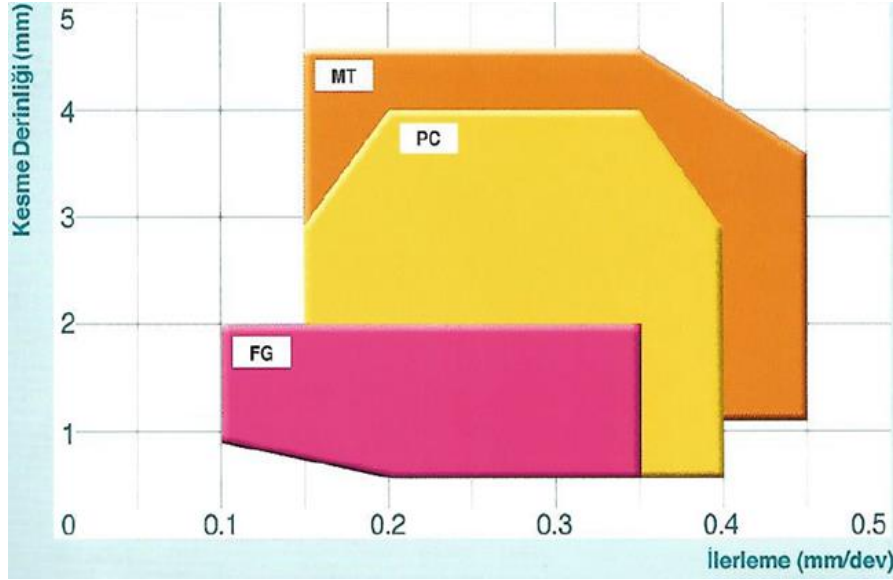
Sunulan çalışmada TAEGUTEC marka CNMG 120408 MT TT8115, CNMG 120408 PC TT8115 ve CNMG 120404 FG TT8115 uçları kullanılmıştır. TT8115 kalitesi CVD kaplama yöntemi ile kaplanmış iki ana katmana sahiptir. Bunlar kesme kenarını sertleştirmek için alt katmanda Alpha Alumina kaplaması ve üst katmanda TiCN kaplamasıdır. Kaplama kalınlığı 3-5 mikron aralığındadır. Şekil 4.2’de kesici takım örnekleri ve Şekil 4.3’de kesici takımların form açıları verilmiştir. Şekil 4.4’te ise MT, PC ve FG formlarının ilerleme hızına göre kesme derinliği grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.2. Kesici takım örnekleri.

Form	Kesici Takım	Form Açısı	Açıklama
FG			FG formu Çeliklerde hassas uygulamalar için düşük kesme kuvvetlerinde ve önerilen kesme derinliklerinde (0,5-1 mm) önerilir.
PC			PC formu Çeliklerde yarı hassas uygulamalar için ve önerilen kesme derinliklerinde (0,7-3 mm) önerilir.
MT			MT formu çeliklerde yarı kaba ve kaba uygulamalar için ve önerilen kesme derinliklerinde (1-4 mm) önerilir. Ayrıca darbeli kesme için uygundur.

Şekil 4.3 Kesici takım form açıları.



Şekil 4.4. MT, PC ve FG formlarının ilerleme hızına bağlı olarak kesme derinliği

4.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜM CİHAZI

Deneylede Şekil 4.5’de görülen Taylor HOBSON marka yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın teknik özellikleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Sabit bir V yatak üzerine yerleştirilmiş olan deney numuneleri üzerinden, 50 mm boyunca ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerde Ra ve Rz değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.

Tablo 4.2. Yüzey pürüzlülük cihazına ait teknik özellikler

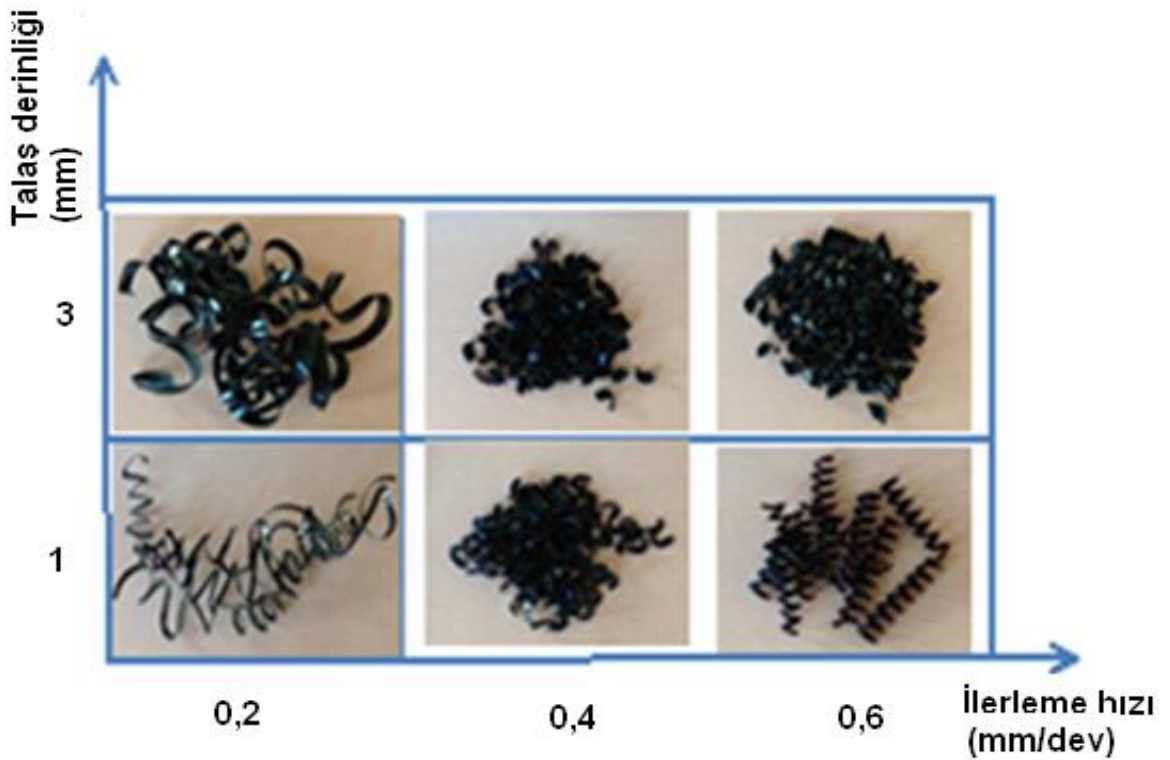
Ölçüm aralığı Z-X eksen	350µm – 25mm
Sürücü ünitesi hızı	Ölçüm 0,25 mm/s; 0,5 mm/s Geri hareket: 0,8 mm/s
Tarama metodu	Diferansiyel indüksiyon
Parametreler	Ra, Ry, Rz, Rt, Rp, Sm, S, Pc, R3z, mr , A1, A2, Rq, Rk, Rpk, Rvk, Mr 1, Mr 2, Vo
Örnekleme uzunluğu	Ic: 0.08mm, 0.25mm, 0.8mm, 2.5mm, 8mm fl: 0.08mm, 0.25mm, 0.8mm, 2.5mm, 8mm
Büyütme özelliği	Dikey: 10-100.000
Yazıcı	Termal yazıcı
Ölçüm hızları	0.05mm/s, 0.1mm/s, 0.5mm/s, 1mm/s
Ağırlık	1.2kg
Ölçüm verileri	Hafıza kartı ile 50 ölçüme kadar kayıt özelliği

4.4. DENEY NUMUNELERİ VE PARAMETRELERİ

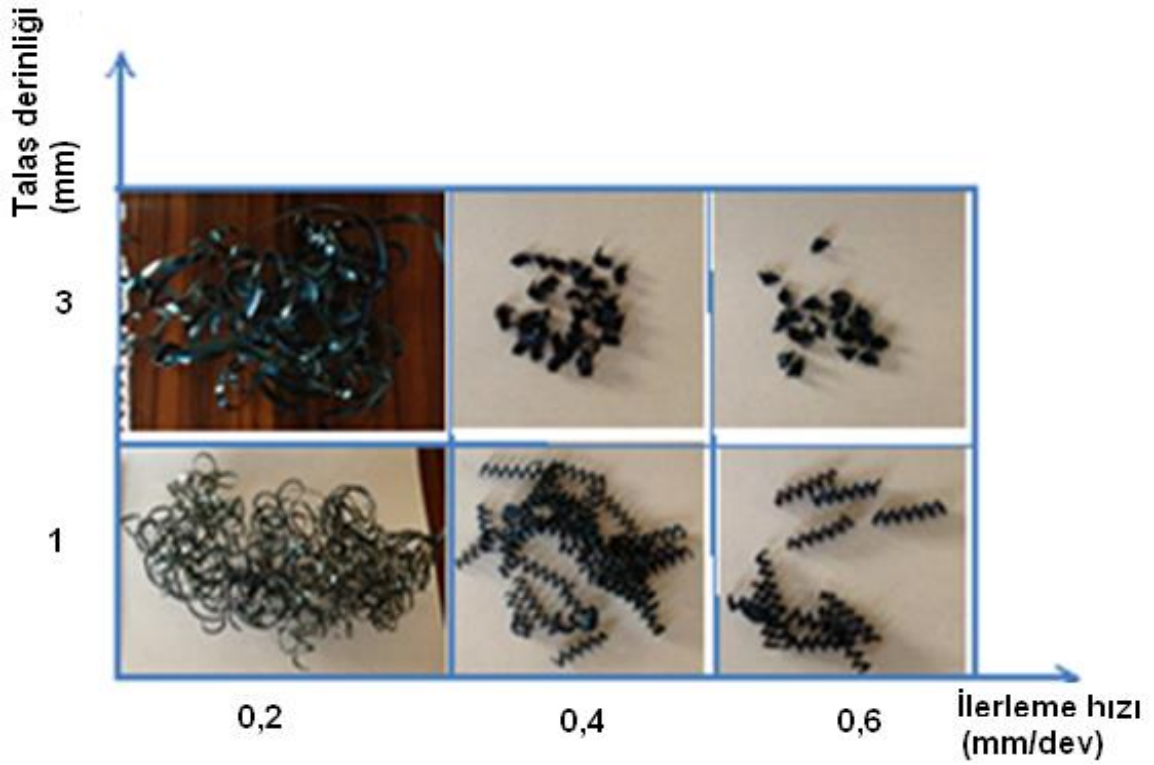
Deneylerde 200 mm boyunda ve 40 mm çapında AISI 4140 malzeme kullanılmıştır. Deneyler 200 - 300 m/dak iki farklı kesme hızında ve 1 - 3 mm iki farklı kesme derinliğinde yapılmıştır. İlerleme miktarları ise, tüm deneyler için aynı şartlar altında 0,2 mm/dev, 0,4 mm/dev ve 0,6 mm/dev olarak seçilmiştir. İlk olarak 200 m/dak. kesme hızında ve 1mm ve 3 mm kesme derinliklerinde, 0,2; 0,4; 0,6 mm/dev ilerleme miktarları ile deneyler ayrı ayrı yapılmıştır. Daha sonra 300 m/dak. kesme hızı ile aynı parametreler ile deneylere tekrar edilmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneylerde TT 8115 kalitesine sahip ISO CNMG 120408 uçlar kullanılmıştır. Bu uçların MT, PC ve FG takım formlarında, iki farklı kesme hızlarında (200m/dak ve 300m/dak), üç farklı ilerleme hızlarında (0,2 mm/dev, 0,4 mm/dev ve 0,6 mm/dev) ve iki farklı talaş derinliğinde (1mm ve 3mm) deneyler yapılmıştır. Elde edilen talaş kırma şekillerine göre, verilen kesme parametreleri için en uygun formlar belirlenmiştir. Her uç formu için 12 deney ve toplamda 36 deney yapılmıştır. Şekil 5.1’de ve 5.2’de MT formu ile sırasıyla 200 m/dak. ve 300 m/dak. kesme hızları için ilerlemeye ve talaş derinliğine göre elde edilen talaş resimleri görülmektedir.



Şekil 5.1. MT formunun 200 m/dak. kesme hızında talaş formları



Şekil 5.2. MT formunun 300 m/dak. kesme hızında talaş formları

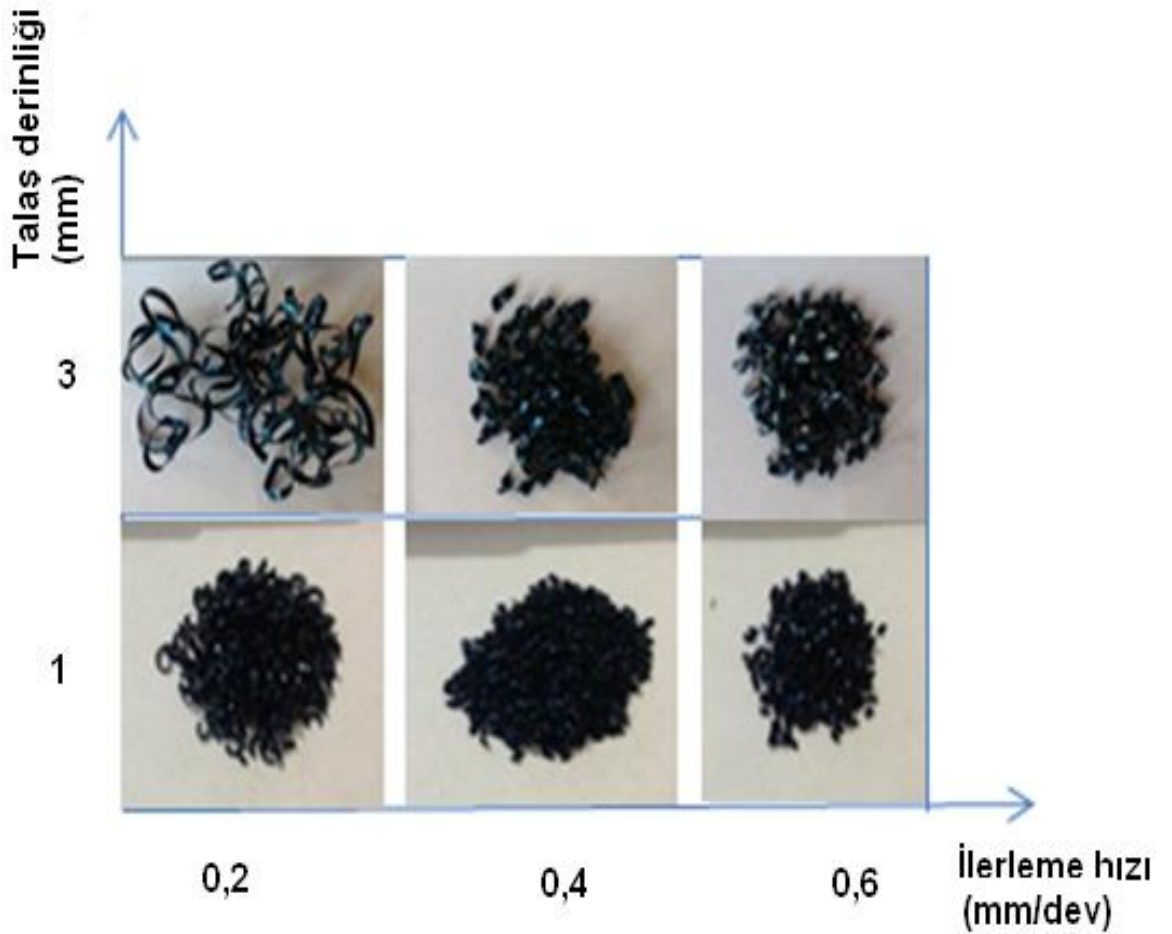
Şekil 5.1 ve 5.2’de görüldüğü gibi her iki kesme hızı için 0,2 mm/dev ilerleme hızında ve 1-3 mm kesme derinliklerinde talaşın kırılmadığı görülmektedir. Söz konusu parametrelerde elde edilen talaşlar kırılmadığından dolayı, istenilen yapıda değildirler. Ayrıca kesme derinliğinin artmasıyla kesme kuvveti de artmaktadır. Bu nedenle talaş üzerinde kalan ısı artarak talaşın yanmasına neden olmuştur. Bu sebeplerden dolayı, 200 m/dak. ve 300 m/dak. kesme hızları ve 1-3 mm kesme derinlikleri için ilerleme hızının (0,2 mm/dev) uygun olmadığı görülmüştür.

Şekil 5.1 ve 5.2’de 0,4 mm/dev ilerleme hızına bakıldığında, 1-3 mm kesme derinlikleri için talaşların kırıldığı görülmüştür. Bu talaşlar istenilen yapıda talaş olduğundan dolayı, MT formu için söz konusu parametrelerde 0,4 mm/dev ilerleme hızının uygun olduğu görülmüştür.

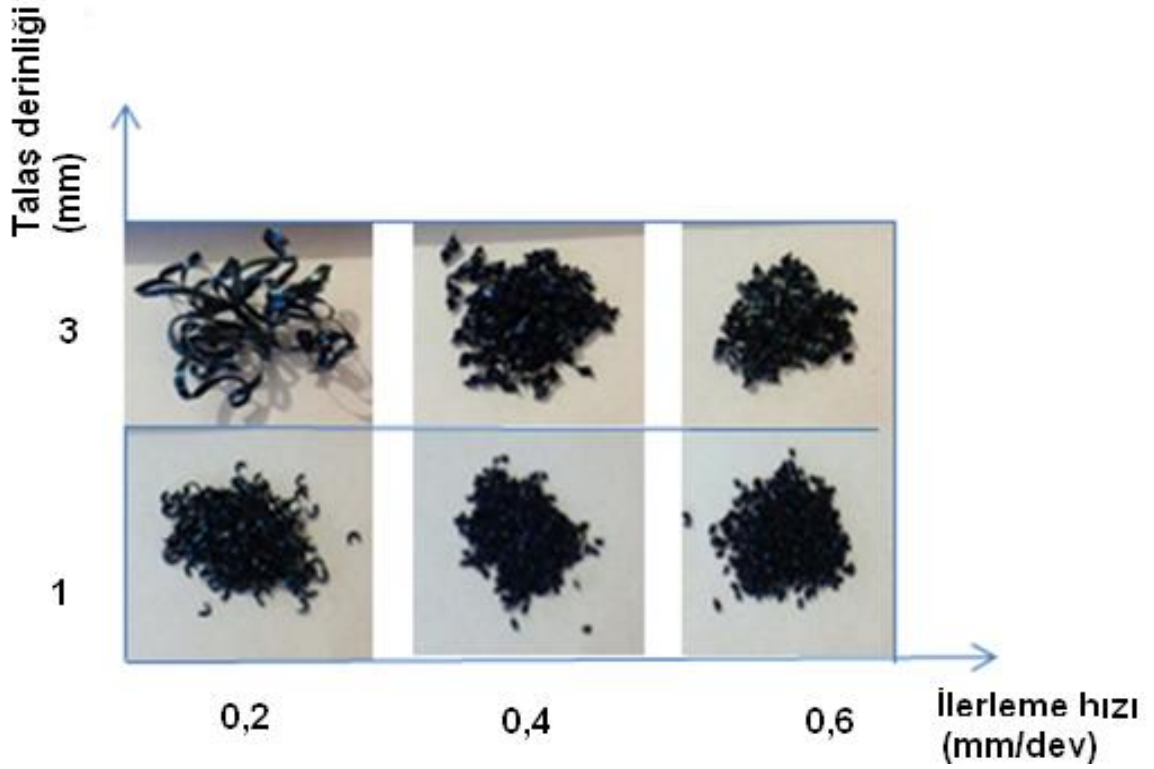
Şekil 5.1 ve 5.2’de 0,6 mm/dev ilerleme hızında ise her iki kesme hızlarında da 1-3 mm kesme derinlikleri için talaşların kırılarak değil koparak ve yanarak parçalandığı görülmektedir. Talaş olarak bakıldığında uygun yapıda talaş olduğu görülse de, kopma olduğundan dolayı elde edilen talaş yapıları tercih edilmemektedir.

Talaşlı imalatta kaliteyi, ilerleme hızı, yüzey pürüzlülük değerleri ve takım ömrü gibi faktörler belirlemektedir. Talaş kırılma açısından incelendiğinde, 0,2 mm/dev ilerleme hızı talaşlı kıramadığından talaşlı imalatta uygun olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte MT formu için söz konusu kesme parametrelerinde, kaliteli talaşlı imalat için 0,4 mm/dev ilerleme hızının uygun olduğu görülmüştür.

Şekil 5.3'de ve 5.4'de PC formu ile sırasıyla 200 m/dak. ve 300 m/dak. kesme hızları için ilerlemeye ve talaş derinliğine göre elde edilen talaş resimleri görülmektedir.



Şekil 5.3. PC formunun 200 m/dak. kesme hızında talaş formları



Şekil 5.4. PC formunun 300 m/dak. kesme hızında talaş formları

Şekil 5.3 ve 5.4'de görüldüğü gibi her iki kesme hızı için 0,2 mm/dev ilerleme hızında ve 1mm kesme derinliğinde talaşın kırıldığı fakat 3mm kesme derinliğinde talaşın kırılmadığı görülmektedir. Söz konusu parametrelerde 3mm kesme derinliğinde elde edilen talaşlar kırılmadığından dolayı, istenilen yapıda değildirler. Bununla birlikte, 1mm kesme derinliğinde talaşlar kırıldığından dolayı, istenilen yapıdadır. Kesme derinliğinin artmasıyla kesme kuvvetinin artmasından dolayı, talaş üzerinde kalan ısı artarak talaşın yanmasına neden olmuştur. Bu sebeplerden dolayı, 200 m/dak. ve 300 m/dak. kesme hızları ve 3 mm kesme derinlikleri için ilerleme hızının (0,2 mm/dev) uygun olmadığı görülmüştür.

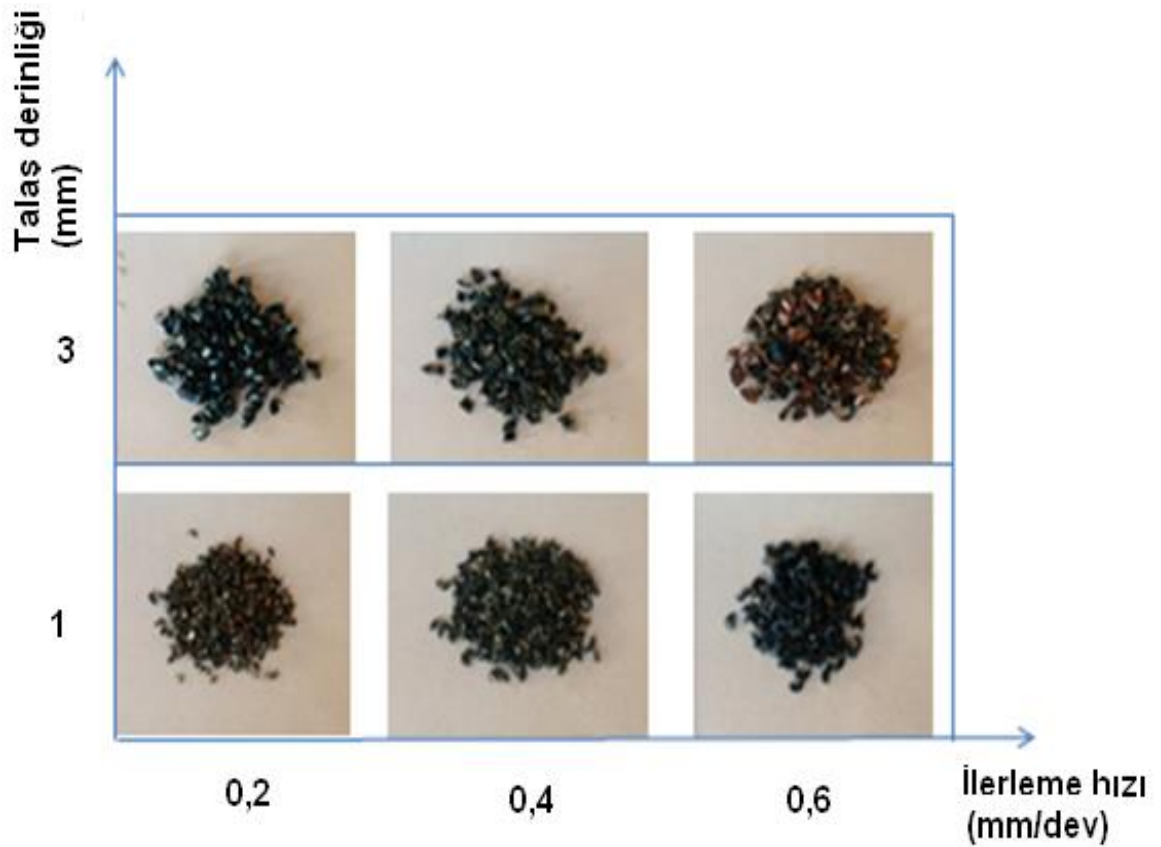
Şekil 5.3 ve 5.4'de 0,4 mm/dev ilerleme hızına bakıldığında, 1-3 mm kesme derinlikleri için talaşların kırıldığı görülmüştür. Bu talaşlar istenilen yapıda talaş olduğundan dolayı, PC formu için söz konusu parametrelerde 0,4 mm/dev ilerleme hızının uygun olduğu görülmüştür.

Şekil 5.3 ve 5.4'de 0,6 mm/dev ilerleme hızında ise her iki kesme hızlarında da 1-3 mm kesme derinlikleri için talaşların kırılarak değil koparak ve yanarak parçalandığı

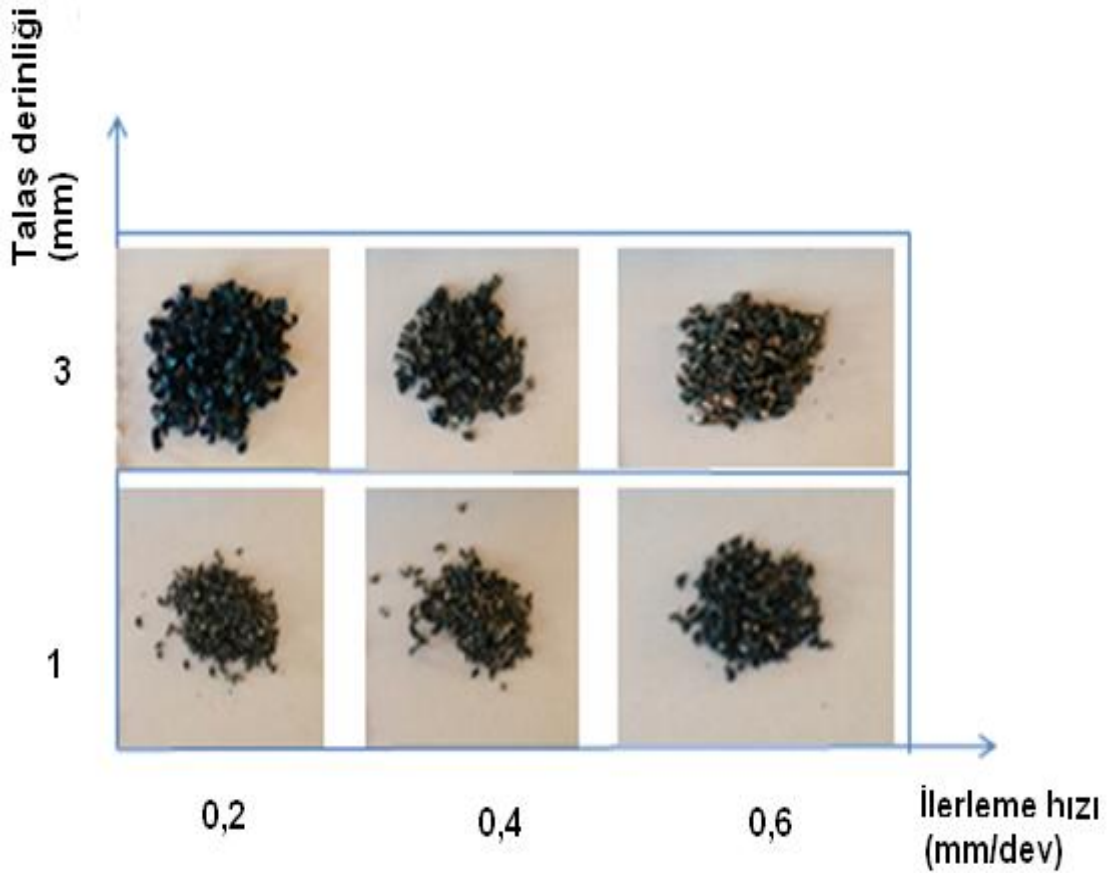
görülmektedir. Talaş olarak bakıldığında uygun yapıda talaş olduğu görülse de, kopma olduğundan dolayı elde edilen talaş yapıları tercih edilmemektedir.

PC formu talaş kırma açısından incelendiğinde, 0,2 mm/dev ilerleme hızı için 1mm talaş derinliğinde talaşların kırılmasından dolayı uygun görülse de, 3 mm talaş derinliğinde talaşların kırılmamasından dolayı talaşlı imalatta uygun olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte PC formu için söz konusu kesme parametrelerinde, kaliteli talaşlı imalat için 0,4 mm/dev ilerleme hızının uygun olduğu görülmüştür. 0,6 mm/dev ilerleme hızında ise, talaşların kırılarak değil koparak ve yanarak elde edildiğinden dolayı uygun görülmemiştir.

Şekil 5.5 ve 5.6'da FG formu ile sırasıyla 200 m/dak. ve 300 m/dak. kesme hızları için ilerlemeye ve talaş derinliğine göre elde edilen talaş resimleri görülmektedir.



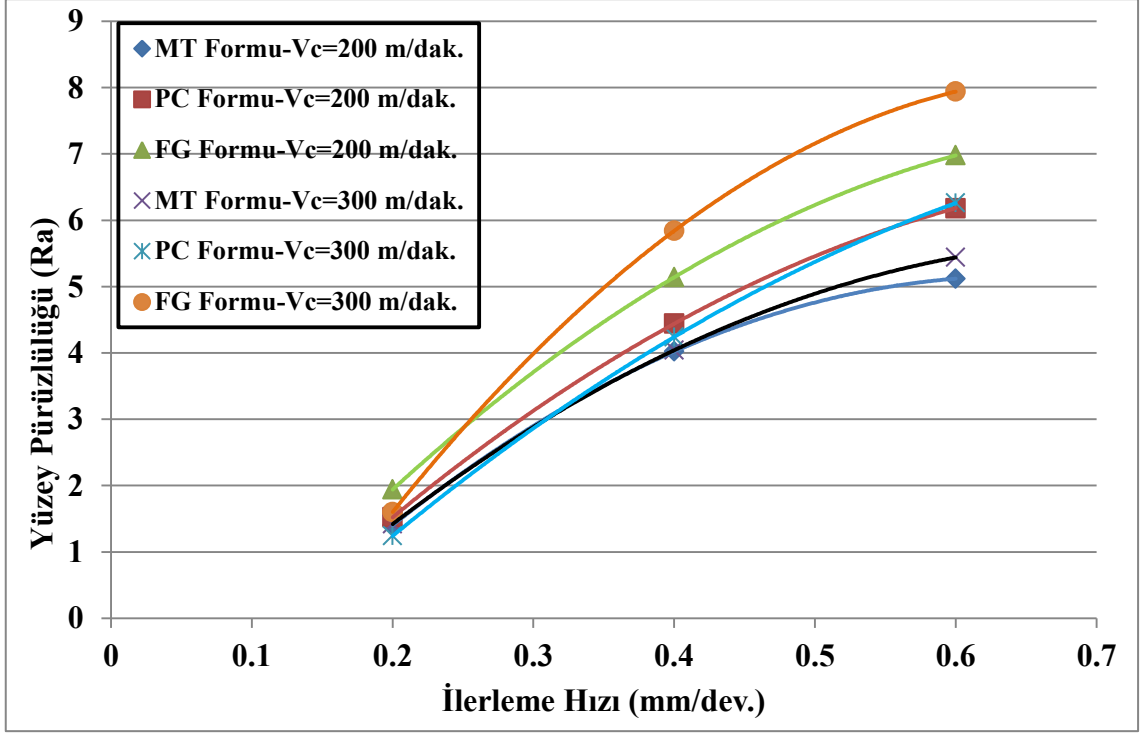
Şekil 5.5. FG formunun 200 m/dak. kesme hızında talaş formu



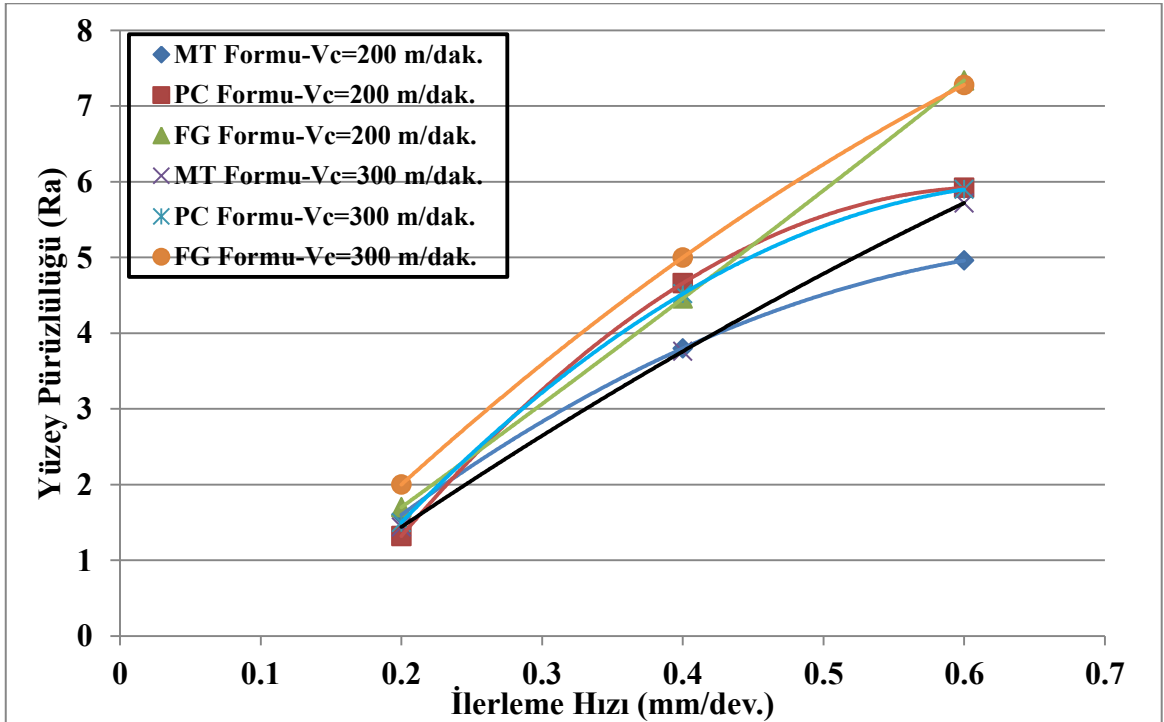
Şekil 5.6. FG formunun 300 m/dak. kesme hızında talaş formu

Şekil 5.5 ve 5.6'da görüldüğü gibi, her iki kesme hızı için de sonuçların genel olarak benzer olduğu görülmektedir. Tüm ilerleme hızlarında, 3 mm talaş derinliğinde elde edilen talaşların yanık olduğu ve talaş kırılmasının koparak olduğu görülmektedir. Elde edilen talaşlar yanık olduğundan dolayı tüm ilerleme hızları için 3 mm talaş derinliğinin FG formu için uygun olmadığı görülmüştür. Tüm ilerleme hızlarında 1mm talaş derinliği için, talaşların uygun kırıldığı Şekil 5.5 ve 5.6'da görülmüştür.

Yüzey pürüzlülüğüne etki eden unsurlar malzeme özellikleri, talaş derinliği, ilerleme ve kesme hızlarıdır.



Şekil 5.7. Tüm formlar için ilerleme hızına bağlı olarak 1 mm talaş derinliği için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri



Şekil 5.8. Tüm formlar için ilerleme hızına bağlı olarak 3 mm talaş derinliği için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri

Şekil 5.7’de 1mm talaş derinliği için, Şekil 5.8’de 3 mm talaş derinliği için tüm formlar, ilerleme ve kesme hızlarına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir. Şekil 5.7 ve 5.8’den yüzey pürüzlülük değerlerinin ilerleme hızı ile orantılı olarak arttığı görülmektedir. Bu durum, tabla ilerleme hızının kesme hızı ile doğru orantılı olarak artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, malzeme tornaya ayna yardımıyla puntasız olarak bağlandığından dolayı, yüksek devirlerde malzemedeki salınım artmıştır. Bu nedenle yüzey pürüzlülük değerleri tüm uçlar için kesme hızına bağlı olarak artmıştır. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünün talaş derinliği ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

Şekil 5.7 ve 5.8’de görüldüğü gibi MT ve PC formları için, her iki kesme hızı içinde yüzey pürüzlülük değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. FG formunda 1 mm talaş derinliğinde kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin de arttığı görülmüştür. Fakat 3 mm talaş derinliğinde, FG formu kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde belirgin bir değişme olmamıştır.

Genel olarak MT formunda yüzey pürüzlülüğünün daha az, FG formunda daha fazla olduğu görülmektedir. FG formu finish formu olmasına rağmen yüzey kalitesinin daha kötü sonuç vermesinin nedeni, talaş miktarının ve ilerleme hızının fazla gelmesinden kaynaklanmıştır.



Şekil 5.9. FG formunun 200 m/dak. kesme hızında 0,25 mm talaş derinliğinde ve 0,1 mm/devir ilerleme hızındaki talaş formu

Şekil 5.9’ da FG formu 200 m/dak. kesme hızında, 0.25 mm talaş derinliğinde ve 0.1 mm/devir ilerleme hızındaki talaş formu görülmektedir. Talaş formu istenilen form olmamakla beraber kabul edilebilir bir formdur. Bu deneyde yüzey pürüzlülüğünü ölçtüğümüzde Ra 0,75 μm çıktığı görülmüştür. Yani FG formu bu şartlarda

kullanıldığında yüzey kalitesi olarak çok iyi sonuç vermiştir. PC formu incelendiğinde yüzey pürüzlülük değerlerinin her iki kesme hızında ve kesme derinliğinde orta değerlerde (Ra 5-7 μ m) olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonucunda, FG formuna kesme derinliği fazla geldiğinden yüzey pürüzlülüğü istenilen değerlerde olmadığı görülmüştür. Ancak talaş kırma açısından incelendiğinde, talaşı her koşulda kırdığı gözlemlenmiştir. FG formunun 200 m/dak. kesme hızında, 0,25 mm talaş derinliğinde ve 0,1 mm/devir ilerleme hızında yüzey pürüzlülük değeri istenilen değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Bundan dolayı FG formu, daha hassas operasyonlarda düşük kesme derinlikleri (0,25-0,5 mm) ve düşük ilerleme hızları için (0,08-0,15 mm/dev) önerilir.

PC formu, kesme derinliği bakımından incelendiğinde, hem 1mm kesme derinliğinde hem de 3 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülük değerleri açısından orta değerlerde (5,5-6,5 μm) olduğu görülmüştür. Ayrıca farklı kesme hızlarında, (200-300 m/dak.) yüzey pürüzlülüğünün birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Bundan dolayı PC formu, yarı kaba ve kaba operasyonlarda istenilen yüzey pürüzlülük değerlerine göre 1mm ile 3 mm kesme derinliği aralığında önerilir.

MT formu kesme derinliği bakımından incelendiğinde, hem 1mm kesme derinliğinde hem de 3 mm kesme derinliğinde 0,4 ve 0,6 mm/dev ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülük değerleri açısından en iyi sonucu veren form olduğu görülmüştür. Bu sonucun farklı kesme hızlarında (200-300 m/dak.) değişmediği görülmüştür. Bundan dolayı MT formu yarı kaba ve kaba operasyonlar için 1mm ve 3mm kesme derinliklerinde yüksek ilerleme hızlarında (0,3-0,6 mm/dev) önerilir.

7. KAYNAKLAR

[1] (<http://kalitemetalurji.com.tr/>) (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2014)

[2] Selim H., Serbest şekilli yzeylerin incelenmesinde kesici takım geometrisinin yzey pürüzlülüğü ve şekil hatasına etkisi' ,*Yüksek Lisans Tezi*, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı Makine Eğitimi Programı Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011).

[3] KOPAC, J., BAHOR, M., “Interaction of the Technological History of a Workpiece Material and The Machining Parameters on The Desired Quality of The Surface Roughness of a Product’’, *Journal of Materials Processing Technology*, 92(93), 381–387, (1999).

[4] ÖZSES B., “Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgâhlarında Değişik işleme Koşullarının Yzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, (2002).

[5] YUAN, Z.J.ZHOU, M. AND DONG, S., “Effect of Diamond Tool Sharpness On Minimum Cutting Thickness and Cutting Surface integrity in Ultraprecision Machining’’, *Journal of Material Processing Technology*, (1996).

[6]. NOAKER, P.M., “How Smooth is Smooth Enough?’’, *Manuf Eng*, (1993).

[7]. ABOULATTA, O.B., “Surface Roughness Prediction Based On Cutting Parameters and Tool Vibrations in Turning Operations’’, *Journal of Material Processing Technology*, (2001).

[8]. SADİ Ş., ‘Mikro alaşımlı çeliklerin işlene bilirliğinin takım ömrü ve yzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi’ ,*yüksek lisans tezi*, makine eğitimi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Şubat 2007)

[9]. THOMAS, T.R., “*Rough Surface*’’, Longman, New York, (1982).

- [10]. ERİKSEN, E., “Influence From Production Parameters On The Surface Roughness of A Machined Short Fibre Reinforced Thermoplastic”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, (1998).
- [11]. ÖZÇATALBAŞ, Y., “Isıl işlemlerin Cr-Mo Esaslı Bir Çeliğin işlenebilirliğine Etkisi”, *10. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı*, İstanbul, sf (2000).
- [12]. LİN, J.S. AND WENG, C.I., “Nonlinear Dynamics of The Cutting Process”, *International Journal of Mechanical Sciences*, Vol, (1991).
- [13].HUANG, Y. AND LIANG, S.Y. “Cutting temperature modeling based on nonuniform heat intensity and partition ratio”, *Machining Science and Technology*, (2005).
- [14]. SIKDAR, S.K. AND CHEN, M. “Relationship between tool flank wear area and component forces in single point turning”, *Journal of Materials Processing Technology*, (2002).
- [15]. REDDY, R.G. KAPOOR, S.G. AND DEVOR, R.E. “A mechanistic force model for contour turning”, *Transactions of the ASME, Journal of Manuf. Science and Eng*, (2000).
- [16]. Engin NAS., Gürçan SAMTAŞ, Halil DEMİR Pamukkale Üniversitesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 18, Sayı 1, (2012).
- [17]. FERİT İ., Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkili faktörlerin analizi 'Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Mayıs 2006).
- [18]. BÜLENT B., AISI 304 Östenitik paslanmaz çelik malzemenin incelenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi' ,*Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim dalında Bilim Uzmanlığı Tezi*, (2008)
- [19].Çiftçi İ., Kesici Takımlar ve Kesme Teorisi, *Ders Notları*, Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük,1- 30 s (2007).

- [20]. Karahasan, Z.Ö. “Kesici takımlarda takım geometrisi ve talaş kırıcı formunun takım performansına etkileri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1995).
- [21]. Demir, K. “Yüzey Pürüzlülüğü ve Pürüzlülüğün Ölçülmesi”, *Mezuniyet Tezi*, Gazi Üniversitesi, (2002).
- [22].Trent, E, M, “Metal Cutting”, *Butterworth&Co Ltd*, London, 90-93, (1977)
- [23]. Bayrak, M., “Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi ve Uzman Sistemle Karşılaştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Makine Mühendisliği Bölümü, 1-35 (2002).
- [24].Neşeli, S. Yıldız, S. “Tornalamada Takım Geometrisi ve Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, 49-53(2006).
- [25]. Gural, A. “Çift Fazlı Çeliklerde Martenzit Hacim Oranı ve Morfolojisinin İşlenebilirlik Özellikleri Üzerine Etkileri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, 66 (1999).
- [26]. Scarr, A.J.T. “*Metrology and Precision Engineering*”, Mc. Graw-Hill Publishing Company Limited, New York, 24-28 (1991).
- [27]. John, L.Y., Joseph, C.C., “A Systematic approach for identifying optimum surface roughness performance in end-miling operations”, *Journal of Industrial Technology*, 17: 2 (2001).
- [28]. Özses, B. “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgâhlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, 6-25 (2002).
- [29]. *Makine Mühendisi Yayınları*. Cilt-1 80-109: 200.
- [30].Osmanlı alaşımli çelikler san. ve tic. ltd. şti. (Erişim Tarihi: 30 Temmuz 2014)
- [31].Schey, J.A. “*Introduction to Manufacturing Processes, Second Ed.*”, McGraw-Hill Book Comp. New York, 472-477 (1987).

[32]. ATASİMSEK S. CNC – ,*Metal işleme El Kitabı*, 975 – 511 – 372 – X, Birsen Yayınevi, İSTANBUL, (2003).

[33]. UDAY A. DABADE, S.S. JOSHI, N. RAMAKRISHNAN, Analysis of surface roughness and chip cross – sectional area while machining with self – propelled round inserts milling cutter, *Indian Institute of Technology*, (2002).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇAKMAK, Selim
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.06.1982 / HENDEK
Telefon : 0542 761 77 48
Faks :
E-posta : selimcakmak54@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	İmalat Mühendisliği
Lisans	Tasarım Ve Konstrüksiyon Öğretmenliği	2008
Lise	Sakarya Birinci Meslek Ve Teknik Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2011	Hendek AKV End. Mes. Lisesi	Öğretmen
2011-2012	Hendek Halk Eğitim Merkezi	Öğretmen
2011-2012	Proket Kesici Takımlar	Satış Temsilcisi
2012-2013	Doğu Marmara Kesici Takımlar	Pazarlama Müdürü
2013-.....	PNG Mühendislik	Düzce Bölge Sorumlusu