KAPLAMALI VE KAPLAMASIZ SEMENTİT KARBÜR TAKIMLAR İÇİN TAYLOR TAKIM ÖMRÜ MODELİ'NDEKİ "n" ÜSTEL DEĞERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Derya ULUĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ MAKİNE EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

> TEMMUZ 2012 ANKARA

Derya ULUĞ tarafından hazırlanan "KAPLAMALI VE KAPLAMASIZ SEMENTİT KARBÜR TAKIMLAR İÇİN TAYLOR TAKIM ÖMRÜ MODELİ'NDEKİ "n" ÜSTEL DEĞERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

All. Alleys.

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

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

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Ahmet GÜRAL Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 18/07/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Derya ULUĞ

KAPLAMALI VE KAPLAMASIZ SEMENTİT KARBÜR TAKIMLAR İÇİN TAKIM ÖMRÜ MODELİ'NDEKİ "n" ÜSTEL DEĞERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI (Yüksek Lisans Tezi)

Derya ULUĞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ Temmuz 2012

ÖZET

Talaslı imalatı etkileyen en önemli unsurlardan bir tanesi kesici takımlardır. Kesici takım ömrü imalat maliyeti, iş parçası yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, AISI 1050 malzemesinin tornalanması esnasında, SNMG formundaki kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımların ömürleri araştırılmıştır. TSE 10329 (ISO 3685) referans alınarak yapılan deneylerle Taylor takım ömrü modelindeki "n" üstel değeri belirlenmiştir. Deneyler, beş farklı kesme hızı (280, 315, 350, 390 ve 450 m/dak), 0,25 mm/dev sabit ilerleme hızı ve 2,5 mm sabit kesme derinliğinde kuru kesme şartlarında CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, Taylor takım ömrü modelindeki "n" üstel değeri, "C" sabiti, yan kenar aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri araştırılmıştır. Taylor takım ömrü modeline göre "n" üstel değerinin hesaplanması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama grafik yöntemi ile Kesme hızı – Takım ömrü (Log V - Log T) grafiği çizilerek matematiksel hesaplamalar yapılmıştır. İkinci aşama ise regresyon hesaplama yöntemidir. Sonuç olarak, kaplamalı ve kaplamasız takımlar için "n" üstel ve "C" sabiti belirlenmiştir. Gerek grafik ve gerekse regresyon yöntemleriyle "n" ve "C" değerleri aynı bulunmuştur. Bunun yanı sıra kesme hızının takım ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Bilim Kodu	: 708.3.028
Anahtar Kelimeler	: Taylor takım ömrü modelli, n üstel değeri,
	Yan kenar aşınması, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti
Sayfa Adedi	:91
Tez Yöneticileri	: Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

INVESTIGATION AS EXPERIMENTAL FOR COATED AND UNCOATED CEMENTED CARBIDE TOOLS OF THE "n" EXPONENTIAL VALUE IN THE TAYLOR LIFE MODEL

(M. Sc. Thesis)

Derya ULUG

GAZİ UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY July 2012

ABSTRACT

The one of the most important elements affecting the manufacturing is cutting tools. Tool life effects directly to the production cost, surface roughness of the workpiece and cutting forces. In this study, it has been searched tool life of the coated and uncoated cemented carbide tools in the form of SNMG during the turning of AISI 1050 material in the lathe. According to TSE 10329 (ISO 3685), the 'n' exponential value in the Taylor tool life model was determined. The experiments were done in five different cutting speed (280, 315, 350, 390 and 450 m/min), 0,25 mm/dev constant feed rate and 2,5 mm constant cutting depth under the dry cutting conditions in CNC turning machine. In these experiments, the 'n' exponential value of Taylor tool life model, 'C' constant, flank wear, surface roughness and cutting strength have been searched.

According to Taylor tool life model, the 'n' exponential value was calculated in two stages. In the first stage, the cutting speed – the tool life (Log V – Log T) graphs were drawn and calculations were done. The second stage was regression calculation method.

As a result, the 'n' exponential value and 'C' constant were calculated for coated and uncoated tools. In either graphic or regression method, 'n' and 'C'

values were found the same. Besides this it was defined that the cutting speed has an important impact on tool life.

Science Code	: 708.3.028
Key Words	: Taylor tool life model, 'n' exponential value
	Flank wear, Surface roughness, Cutting strength
Page Number	: 91
Adviser	: Assoc. Prof. Dr. Hakan DİLİPAK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK, çalışmanın her aşamasında bilgilerinden yararlandığım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada finansman desteği sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje Kodu: 07 / 2010 - 64); kesme deneylerinin yapılmasına yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Gültekin UZUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğtimimim boyunca desteklerini esirgemeyen ARS Ankara Rulman LTD.ŞTİ. firma sahibi Gürkan ÖZKAN ve SKF ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde maddi-manevi büyük emeği olan annem Yurdanur, babam Mevlüt ve kardeşlerime saygı ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

	ÖZE]	Г		iv
	ABST	ΓRA	СТ	vi
	TEŞE	EKKU	ÜR	viii
	İÇİNI	DEK	LILER LISTESI	ix
	ÇİZE	LGE	ELER LİSTESİ	xiii
	ŞEKİ	LLE	ER LİSTESİ	. xv
	SİMC	GE V	'E KISALTMALARx	viii
1.	GİI	RİŞ		1
2.	LİI	ΓER.A	ATÜR ARAŞTIRMASI	4
	2.1.	Tak	kım Ömrü Ve Takım Aşınması Üzerine Yapılan Çalışmalar	4
	2.2.	Yüz Çal	zey Pürüzlülüğü Ve Kesme Kuvvetleri Üzerine Yapılan lışmalar	. 12
	2.3.	Lite	eratür Çalışmalarının Özeti	. 17
3.	KU	RAN	MSAL TEMELLER	. 20
	3.1.	Tak	kım Ömrü	. 20
	3.1	.1.	Giriş	. 20
	3.1	.2.	Taylor takım ömrü modeli	. 21
	3.2.	Tak	kım Aşınması	. 25
	3.3.	Tak	kım Aşınma Mekanizmaları	. 27
	3.3	.1.	Abrasiv aşınma	. 28
	3.3	.2.	Difüzyon ile aşınma	. 29
	3.3	.3.	Oksidasyon aşınması	29

3.3	3.4.	Yorulma aşınma	. 29
3.3	3.5.	Adhesiv aşınma	. 30
3.4.	Tak	xım Aşınma Tipleri	.30
3.4	4.1.	Yan yüzey (yanak) aşınması	. 31
3.4	4.2.	Krater aşınması	. 32
3.4	4.3.	Kesici kenarda yığılma (BUE)	. 32
3.4	1.4.	Plastik deformasyon	. 33
3.4	4.5.	Çentik aşınması	. 34
3.4	4.6.	Termal çatlaklar	. 34
3.4	4.7.	Mekanik yorulma çatlakları	. 34
3.4	4.8.	Çıtlama (Çentiklenme)	. 34
3.4	1.9.	Kırılma	. 34
3.5.	Tak	xım Aşınmasının Kontrolü	.35
3.6.	Yü	zey Pürüzlülüğü	35
3.7.	Kes	sme Kuvvetleri	. 39
3.7	7.1.	Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi	. 39
3.7	7.2.	Kesme kuvveti bağıntıları	. 40
3.7	7.3.	Esas Kesme kuvvetinin belirlenmesi	. 41
3.7	7.4.	Diğer kesme kuvvetlerinin belirlenmesi	. 42
3.8.	Tal	aş Hacmi	. 42
3.9.	Tak	xım Ömrü Standardı	. 42
3.9	9.1.	İş parçası	. 43

	3.9.2.	Torna kalemi	. 44
	3.9.3.	Kesme Şartları	. 44
	3.9.4.	Kesme hızı	. 44
	3.9.5.	Kalem aşınmasının ölçülmesi	. 45
	3.9.6.	Teçhizat	. 46
	3.9.7.	Sonuçların kaydı ve raporda belirtilmesi	. 46
4.	MALZI	EME VE YÖNTEM	. 49
4.	.1. Ma	lzeme	. 49
	4.1.1.	Deney numunelerinin hazırlanması	. 49
	4.1.2.	Kesici takım ve takım tutucu seçimi	. 50
4.	.2. Yö	ntem	. 51
	4.2.1.	Kesme parametrelerinin belirlenmesi	. 51
	4.2.2.	Takım ömrü deneylerinin yapılması	. 52
	4.2.3.	Yanak aşınmasının ölçülmesi	. 52
	4.2.4.	Yüzey pürüzlüğünün ölçülmesi	. 53
	4.2.5.	Kesme kuvveti	. 54
4.	.3. TS	E 10329' a Göre "n" Üstel Değerinin Hesaplanması	. 55
	4.3.1.	Grafik yöntemi	. 55
	4.3.2.	Regresyon hesaplama yöntemi	. 55
5.	DENEY	Y SONUÇLARI VE TARTIŞMA	. 58
5.	.1. Tal	kım Ömrü'nün Değerlendirilmesi	. 58
	5.1.1.	Grafik yöntemi	. 60
	5.1.2.	Regresyon Analizi	. 64

5	.2. Kes	sme Kuvvetleri	69
	5.2.1.	Kaplamasız sementit karbür takımın kesme kuvvetleri	
	5.2.2.	Kaplamalı sementit karbür takımın kesme kuvvetleri	71
	5.2.3.	Esas kesme kuvvetinin değerlendirmesi	
5	.3. Yü	zey Pürüzlülüğü Deneyleri	
	5.3.1.	Kaplamasız sementit karbür takımların yüzey pürüzlülüğü deneyleri	72
	5.3.2.	Kaplamalı sementit karbür takımların yüzey pürüzlülüğü deneyleri	74
	5.3.3.	Yüzey pürüzlüğü değerlendirilmesi	
6.	SONUÇ	Ç VE ÖNERILER	
6	.1. Sor	1uç	
KA	YNAKL	AR	
E	KLER	agiai takum yan kanar agunma ragimlari	
E F	K = 1 K c K = 2 A	ISI 1050 celiği kalite belgesi	88 90
Ċ)ZGEÇN	ſİŞ	

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge Sayfa	a
Çizelge 2.1.Kesici takım malzemeleri ve kullanılan malzemeler	7
Çizelge 2.2 Yapılan çalışmaların özeti 18	3
Çizelge 3.1. Yaygın olarak kullanılan n değerleri	4
Çizelge 3.2. Aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri)
Çizelge 3.3. Standart kesme şartları	4
Çizelge 3.4. Kesme hızları için standart sayıların geometrik dizileri 45	5
Çizelge 4.1. AISI 1050 çeliği kimyasal bileşimleri, % Ağırlık 49	9
Çizelge 4.2. Kullanılan kesici takımların kodları ve özellikleri)
Çizelge 4.3. Kesici takım tutucunun geometrik boyutları	1
Çizelge 4.4. Kesme şartları	1
Çizelge 4.5. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri	3
Çizelge 4.6. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri	4
Çizelge 4.7. "n" Sabiti regresyon doğrusu hesaplama planı 50	5
Çizelge 5.1. Kaplamalı ve kaplamasız takımlar için elde edilen deney verileri 59	9
Çizelge 5.2. Kaplamasız takım için Log V - Log T verileri)
Çizelge 5.3. Kaplamasız takımın LogV-LogT grafiğinde elde edilen değerler 62	1
Çizelge 5.4. Kaplamalı takım için Log V - Log T verileri	2
Çizelge 5.5. Kaplamalı takımın LogV - LogT grafiğinde elde edilen değerler 63	3
Çizelge 5.6. Regresyon analizi değerleri	4
Çizelge 5.7. k sabiti için gerekli hesaplamaları	5
Çizelge 5.8. Regresyon analizi değerleri	5
Çizelge 5.9. Kaplamasız takım ile elde edilen esas kesme kuvvetleri	9

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.10. Kaplamalı takım ile elde edilen esas kesme kuvvetleri	69
Çizelge 5.11. Kaplamasız takımların yüzey pürüzlülüğü değerleri	73
Çizelge 5.12. Kaplamalı takımların yüzey pürüzlülüğü değerleri	75

xiv

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil Sayf	à
Şekil 3.1. Kesme hızı takım ömrü ilişkisi, (a) Lineer ilişki, (b) Logaritmik ilişki	.3
Şekil 3.2. Taylor takım ömrü "n" üstü ve eğim	4
Şekil 3.3. Takım üzerine etkiyen yük bölgeleri: A) Mekanik, B) Termal,	6
Şekil 3.4. Talaş, iş parçası ve kesici takım ilişkisi	7
Şekil 3.5. Metallerin işlenmesi sırasında oluşan temel aşınma mekanizmaları, 2	8
Şekil 3.6. Abrasiv Aşınma	8
Şekil 3.7. Yanak aşınma miktarının zamanla değişimi	1
Şekil 3.8. Kesici kenarda talaş yığılması (BUE) 3	3
Şekil 3.9. Plastik Deformasyon aşınması	3
Şekil 3.10. Takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler	5
Şekil 3.11. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler	6
Şekil 3.12. Ortalama yüzey pürüzlülüğü	7
Şekil 3.13. Maksimum yüzey pürüzlülüğü	8
Şekil 3.14. Tornalamada Oluşan Kesme Kuvvetleri	0
Şekil 3.15. Talaş Kesitinin Yanaşma Açısı İle İlişkisi4	1
Şekil 4.1. SNMG Kesici takım ölçüleri 5	0
Şekil 4.2. Kesici ucun yanak aşınmasının ölçülmesi 5	3
Şekil 4.3. Kistler 9257B tipi dinomometro ile ölçülen kesme kuvvet	4
Şekil 5.1. Kaplamasız sementit karbür takım için Log V – Log T grafiği 6	0
Şekil 5.2. Kaplamalı sementit karbür takım için Log V – Log T grafiği 6	2
Şekil 5.3. Kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takım V – T grafiği 6	8

Şekil

Şekil 5.4.	Kaplamasız takım ile kesme hızına bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim	70
Şekil 5.5.	Kaplamalı sementit karbür kesici uçla elde edilen esas kesme kuvveti grafiği	71
Şekil 5.6.	f=0.25 mm/dev ilerleme değerinde kaplamasız takımlarda oluşan Ra grafiği	73
Şekil 5.7.	f=0.25 mm/dev ilerleme değerinde kaplamalı takımlarda oluşan R_a	75
Şekil 5.8.	Kaplamalı ve Kaplamasız Sementit karbür takımlarda oluşan Ra grafiği	76

RESIMLER LISTESI

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Kesici takım yanak aşınması	
Resim 3.2. Kesici takımda meydana gelen krater aşınması	
Resim 4.1. Kullanılan takım tutucu	51
Resim 4.2. Deneyler için hazırlanmış numune ve deney düzeneği	

SİMGE VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
A_{θ}	Talaş kesit alanı (mm)
a	Kesme derinliği (mm)
С	Taylor sabiti
$f(f_x)$	İlerleme (mm/dev)
n	Taylor takım ömrü modelindeki üstel değer
K _T	Krater derinliği (mm)
K _B	Krater genişliği (mm)
K_M	Krater orta eksen mesafesi (mm)
R_a	Ortalama yüzey pürüzlülüğü (µm)
Τ	Takım ömrü (dak)
$V(V_y)$	Kesme hızı (m/dak)
V_B	Yan Kenar Aşınma miktarı (mm)
V _{Bmax}	Maksimum yan yüzey aşınması (mm)
l _n	Yüzey pürüzlüğü ölçüm uzunluğu (mm)
rε	Burun yuvarlatma yarıçapı (mm)
φ	Kayma düzlemi açısı (kayma açısı)
λ	Yığılma faktörü
γ	Talaş açısı
β	Kama açısı
α	Boşluk açısı
X	Eğim (yanaşma) açısı

Simgeler

Açıklama

F_c	Esas kesme kuvveti (N)
F_{f}	İlerleme kuvveti (N)
F_p	Pasif kuvvet (radyal kuvvet) (N)
F_y	Pasif kuvvet (radyal kuvvet) (F_p , N)
F_z	Esas kesme kuvveti ($F_{C, N}$)
Н	Talaş hacmi (mm ³)
k_s	Özgül kesme direnci (N/mm ²)
L	İşleme Boyu (mm)
R	Talaş kaldırma Bileşkesi (N)

Kısaltmalar

Açıklama

BUE	Bult-up-edge (Yığıntı talaş)
BS	British Standartı / İngiliz Standartı
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı sayısal denetim)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisinin sürekli olarak ilerlemesi ve gelişmesi, beraberinde talaşlı imalatta ekonomik rekabeti ortaya çıkarmıştır. Firmalar Ar-Ge çalışmalarıyla bir yandan teknolojiyi takip ederken diğer yandan da iyileştirme çalışmaları içerisindedirler. İmalat sektöründe ürün maliyetini etkileyen en önemli unsurlardan bir tanesi de takım maliyetidir. Takımın kısa sürede aşınması, kesici uç maliyetini artırdığı gibi aynı zamanda da, imalat süresinin uzamasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla, takım aşınmasının belirlenmesi ve takım ömrünün arttırılması Ar-Ge çalışmalarına konu olmaktadır.

Talaş kaldırma işlemi iki metalin birbiriyle teması esasına göre gerçekleştiği dikkate alındığında, takım aşınması kaçınılmaz bir durumdur. Kesme işlemi, sert olan takımın daha az sert olan takımı aşındırması şeklinde gerçekleştiğinde, aşınmış bir takım özelliğini kaybeder. Bu durumda, kesme işlemi kötü şartlarda gerçekleşecek ve dolayısıyla üründe beklenmeyen durumlar ortaya çıkar. Bu bağlamda, kesici takım ömrünün bilinmesi ve aşınma işleminin gerçekleştiği anda yeni bir kesici takımla talaş kaldırma işlemine devam edilmesi son derece önemlidir.

Bir takımın yararlı çalışma süresi, kesici ucun iş parçası üzerinde kaldığı toplam zamandır. Bu zaman zarfında uçta oluşan aşınmaların kontrol edilmesi ile takım ömrünün azalması, ölçülerde sapmaların meydana gelerek ölçü kontrolünü zorlaşması ve işlenmiş yüzeylerin bozuk çıkması engellemiş olur.

Talaş kaldırma esnasında kesici takım aşınmasına bağlı olarak kesici takım ömrü ve işleme zamanı en yüksek verimliliğin sağlanması açısından çok önemlidir. Uygun kesici takım ve kesme parametreleri; kaliteli üretim, hassas yüzey kalitesi, en uygun tezgâh gücünün belirlenmesi ve ekonomiklik gibi konularda en uygun sonuca ulaşılması açısından önem taşımaktadır. Daha yüksek kesme hızlarında çalışabilmek ve üretim miktarını artırabilmek için sert metal kesici uçlar kullanılmakta ve bu kesici uçların performansları üzerinde çok çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Talaşlı imalatta karşılaşılan en önemli sorunlardan bir tanesi, kesici takım aşınmasının zamanında tespit edilememesidir. Aşınmış bir kesici ile yapılan talaş kaldırma işleminde, kesici takımın tezgâha verebileceği zararların yanında istenen parça boyutları ve yüzey kalitesini elde etmek de oldukça güçleşir. Ayrıca, keskinliğini kaybetmiş olan kesici takıma etkiyen direnç kuvvetlerinin artması, kesme işlemi için gereken talaş kaldırma kuvvetlerinin de artmasına neden olacaktır. Takım aşınması, yüzey pürüzlülüğünü de etkileyen en önemli etkenlerden bir tanesidir. Bu sebeplerden dolayı, kesici takım aşınması kesme işleminin verimliliğine olan etkisinden dolayı göz önüne alınması gereken en önemli kriterlerden bir tanesidir.

Talaşlı imalatta, kesme işlemi esnasında, kesici takım ömrünü tamamlamadan önce değiştirilmesi gerekir. Dolayısıyla, bir kesici ucun ne kadar süreli kullanılacağının önceden bilinmesi gerekmektedir.

Kesme işlemi esnasında oluşan sürtünme, ısı, kuvvet, vb. etkenlerden dolayı kesici takım üzerinde birçok olumsuz durum ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzluklar, kesici takımın uç ve yan yüzeylerinde aşınmalara neden olmaktadır. Kesici uçta ve yan yüzeyde oluşan aşınmalar yüzey kalitesinde bozulmalara neden olacağı gibi üretimin kesici takım değiştirilmeden devam ettirilmesi üretim ve takım maliyetlerini artıracaktır.

Takım aşınması kaçınılmazdır, ancak aşınmanın ne zaman ne miktarda oluştuğunun, ne tip aşınma olduğunun bilinmesi halinde fazla olumsuz etkisi de yoktur. Kesici takım malzemelerinin doğru kullanılması halinde talaş kaldırma işlemi sadece çok daha verimli ve ekonomik olmakla kalmayacak, çok daha güvenilir ve sürekli bir işlem halini alacaktır [1].

Kesici takımda oluşan aşınma tip ve mekanizmalarının, kesme sırasında oluşan problemlerin bilinmesi imalat açısından önemlidir. Kesici takım ömrüne takım geometrisi, takım cinsi, malzeme cinsi, talaş derinliği, ilerleme hızı, kesme hızı, vb. birçok parametre etki etmektedir. Bunlar, takım ömrünün değerlendirmek için en önemli kriterdir.

İmalat yöntemleri içerisinde önemli bir yere sahip olan talaşlı imalatta, takım ömrünün artırılmasıyla işleme maliyetinin azaltılması mümkün olmaktadır.

Talaşlı imalatta ekonomik işlemenin en önemli unsurları, ideal kesme parametrelerinin belirlenmesidir. Takım ömrü açısından en önemli kesme parametresi kesme hızıdır [2 - 8]. Bu sebeple, takım ömrüne bağlı olarak uygun kesme hızı için, takım ömrüne ait grafik ve eşitliklerden yararlanılmaktadır. Takım ömrünü tayin etmede en yaygın kullanılan modeller Taylor, Gilbert, Krinenberg modelleridir. Bu modellerin en temeli Taylor'un takım ömrü modeli oluşturmaktadır. Taylor'un takım ömrü modeli olan $C=V \ge T^n$ eşitliğinde, "n" üstel değerinin bilinmesi gerekmektedir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, "n" üstel değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, AISI 1050 iş parçası malzemesinden, kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür kesici takımlarla, sabit talaş derinliği ve sabit ilerleme oranı ve 5 farklı kesme hızı kullanılarak talaş kaldırılmıştır. Talaş kaldırma işlemi kesici takımların yan kenar aşınması (V_B) 0,3 mm'ye ulaşıncaya kadar gerçekleştirilmiştir. Kesici takım bu aşınma miktarına ulaşması ile elde edilen veriler modellenmiş ve neticede "n" üstel değeri hesaplanmıştır. Aynı zamanda, talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri belirlenmiş, iş parçası yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar grafiksel olarak ifade edilmiş ve 0,3 mm yan kenar aşınmasına ulaşan kesici uçların fotoğrafları çekilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Üretim sanayisinde, talaşlı imalatın rolü oldukça fazladır. Talaşlı imalat uygulamalarında, iş parçalarının istenilen yüzey kalitesi ve ölçü tamlığında üretilmesi son derece önemlidir. Talaşlı imalat yöntemleriyle iş parçalarının şekillendirilmesinde, metallerin birbiriyle temasından dolayı, olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzlukları en aza indirerek arzu edilen kalitede üretim yapabilmek önemlidir. İmalat yöntemleri içinde önemli bir yere sahip olan talaşlı üretim yöntemlerinin verimliliğini artırmak; işlenecek parçanın malzemesi, takım malzemesi ve üretim sistemleri göz önünde bulundurularak seçilecek en uygun işleme parametrelerinin belirlenmesiyle mümkündür. İmalatın en iyi şekilde gerçekleştirilmesi için, talaş kaldırma sırasında kesme parametreleri değiştirilerek, en ideal kesme şartları belirlenmeye çalışılmaktadır [8, 9].

Akademik anlamda yapılan çalışmalar, iki gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. Önce takım ömrü ve takım aşınması, daha sonra ise yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir.

2.1. Takım ömrü ve Takım Aşınması Üzerine Yapılan Çalışmalar

Kesici takım ömrü ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde, kesme parametrelerinin etkilerinin belirlenmesi ile ilgili araştırmalar ön plana çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda, talaş kaldırma miktarını arttırma ve maliyeti azaltma yönünde birçok gelişme sağlanmıştır. Yapılan çalışmalar genel hatlarıyla aşağıda özetlenmiştir.

Sayit tarafından küresel grafitli dökme demir malzemeler için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizi incelenmiştir [2]. Çalışmasında, 1, 2 ve 4 adet kanal bulunan silindirik numuneler hazırlanmıştır. Sinterlenmiş kesici takım kullanılmış ve kesme parametresi olarak iki farklı kesme hızı (240 - 340 m/dak), iki farklı ilerleme (0,11 - 0,32 mm/dev) ve iki farklı talaş derinliği (1 - 2 mm) seçilmiştir. Deneyler, ISO 3685 referans alınarak, yanak aşınma değeri 0,3 mm ye ulaşıncaya kadar gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında talaş oluşum şekilleri, kanal sayısı ve kesme hızının etkisi, kesme şartları ve takım aşınması, ilerleme hızı etkisi ve yüzey pürüzlülüğü değerleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlarına göre, 6 dk ve öncesi kesme süresinde takım ömrünü tamamlamıştır. Kesme hızı artıkça takım ömründe bariz azalmalar görülmüştür. Düşük kesme hızlarında artan kanal sayısı takım aşınma hızının artmasına neden olmuştur. Artan ilerleme değerleri takım aşınmasını en fazla etkileyen parametre olarak tespit edilmiştir. İlerleme ve talaş derinliği artıkça yüzey pürüzlülük değeri artmış, kesme hızın artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlenmiştir. Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (R_a) üzerinde çokta etkisinin olmadığı görülmüştür. İlerlemenin R_a üzerinde çok daha etkili olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kanal sayısı takım aşınmasını önemli oranda etkilediği belirtilmiştir. Takım aşınma deneylerinde elde edilen diğer bir sonuç ise; düşük kesme hızında ve ilerleme ve talaş derinliğinde tek veya iki kanallı numuneler kullanıldığında kesici takım daha hızlı aşınmaktadır. Artan ilerleme değerleri hem sürekli kesme de hemde sürekli olmayan kesme de yüzey kalitesi bozulmasına neden olmaktadır.

Diğer bir çalışmada, Ashby ve arkadaşları tarafından, seramik takımlarla östemperlenmiş dökme demirlerin işlenmesi neticesinde takım aşınmasını ve takım ömrünü belirlemeye çalışılmıştır [3]. Torna tezgahında yapılan deneylerde, 150 - 450 m/dak kesme hızı değerleri kullanılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde, takımlar üzerindeki aşınma tipi yanak aşınması olarak görülmüştür. Yüksek hızlarda ise takımlarda kırılmalar belirlenmiştir.

Benzer bir çalışmada Şan, mikroalaşımlı çeliklerinin işlenebilirliğini, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmiştir [4]. Deney numunesi olarak orta karbonlu vanadyum mikroalaşımlı (38MnVS5) çeliğini kullanılmış ve takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Kesici uç olarak kaplamasız UTi20T, PVD ile kaplanmış VP15TF ve CVD yöntemiyle kaplanmış UC6010 karbürlü kesici

uçlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri ; kesme hızı 150-200-250-300-400 m/dak, ilerleme hızı 0,15-0,25-0,35 mm/dev ve kesme derinliği 2,5 mm kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, tüm kesici takımlar için, kesme hızının azaltmasıyla, takım ömrü belirgin bir şekilde artmıştır. PVD yöntemiyle kaplanmış VP15TF kesici takım, 150 m/dak ile diğer kesici takımlara göre daha yüksek bir takım ömrü sergilemiştir. Ve en iyi yüzey pürüzlülüğü PVD yöntemiyle ile kaplanmış VP15TF kesici takımla (0,73 µm) elde edilmiştir. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin kesme hızından daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır. İlerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü de artmıştır.

Bir başka çalışmada ise İşbilir, tornalama işlemlerinde yapılan araştırma verilerinden hareketle çeşitli parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü üzerine etkisi belirlemiş ve bu faktörlere göre matematiksel bir model oluşturmuştur [5]. Yapılan incelemeler neticesinde yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme hızı, malzeme sertliği, uç radüsü ve ilerleme faktörlerinin etkili olduğu, kesme sıvısı ve kesme derinliği faktörlerinin ise etkili olmadığı belirtilmiştir. Takım ömrü için, kesme hızı, malzeme sertliği, ilerleme ve kesme derinliği faktörlerinin etkili olduğu ifade edilmiştir.

Demirayak, kesme parametrelerinin ve kesici takım kaplama tabakasının, kesici takım serbest yüzey aşınması ve iş parçası yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır [6]. Çalışmasında, iş parçası olarak AISI P20 (DIN 1.2738) çeliği ve kesici takım olarak da IC 907 (PVD kaplamalı TİAIN) ve IC 9007 (CVD kaplamalı TİCN- AL₂O₃-TİN) yi kullanmıştır. Deneylerinde kesme parametreleri, üç farklı kesme hızı (120 – 160 - 200 m/dak), üç farklı ilerleme (0,12 – 0,18 – 0,22 mm/dev) ve üç farklı talaş derinliği değerleri (1 – 1,5 - 2 mm) belirlenmiştir. Aşınma zamanı olarak 120 sn göz önünde tutulmuştur. Her 30 sn de bir talaş kaldırma işlemi durdurularak serbest yüzey aşınması mikroskopla ölçülmüştür. Yapılan deneyler sonucunda, kesme hızının, ilerlemenin, ve talaş derinliğinin serbest yüzey aşınmasındaki etkileri ayrı ayrı incelenmiştir. IC 9007 kesici takım, IC 907 takıma göre, kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde düzelme gözlenmiştir.

Motorcu, Ç 1050 ve Ç 4140 çeliklerinin kaplamasız ve kaplamalı seramik kesici takımlarla işlenmesinde, kesme parametreleri ile iş parçası ve takım sertliklerinin, takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkileri araştırılmıştır [7]. Taguchi tekniği kullanılarak en yüksek takım ömrü değerlerini veren en uygun kontrol faktörleri belirlenmiştir. Tahminsel takım ömrü denklemleri çıkartılmıştır. Ayrıca, aşınmış uçların SEM görüntüleri incelenerek takım aşınma tipleri belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar, sırasıyla iş parçası sertliği, kesme hızı, kesme hızı-ilerleme miktarı etkileşimi, kesme hızı-iş parçası sertliği etkileşimi, talaş derinliği-kesici takım sertliği etkileşimi, ilerleme miktarı-iş parçası sertliği etkileşimi ve ilerleme miktarının takım ömrü üzerinde en etkili faktörler olduğunu göstermiştir. Faktör etkileşimlerinin yer aldığı ikinci dereceden tahminsel denklem daha güvenilir sonuçlar vermiştir. Ç1050 ve Ç4140 çeliklerinin seramik takımlarla işlenmesinde çentik, yan kenar ve krater aşınması gözlenmiştir.

Er; yapmış olduğu çalışmada sertleştirilmiş takım çeliğini 7 farklı kesici takım ile işlemiş ve kesci takımdaki aşınma mekanizmalarını incelemiştir [8]. Kesici takım olarak, PVD kaplamalı alimünyum oksit ve titanyum karbo-nitrür tabakalı seramik, PCBN, CVD TİN-TİCN-Al₂O₃ kaplamalı sert metal, PVD kaplamalı sermet, PVD TİN kaplamalı sert metal, kaplamasız sert metal, kaplamasız sermet kullanılmıştır. ISO 8688-1 standardına göre talaş kaldırılmıştır. Sonuç olarak farklı malzeme çiftlerine ait takım ömrü grafikleri oluşturulmuş ve malzeme çiftleri ''n'' ve ''C'' sabitleri belirlenmiştir.

Çevik, tornalama işleminde kesici takım ömrünün iyileştirilmesine yönelik alternatif bir yaklaşımı incelemişlerdir [9]. İki aşamadan oluşan çalışmalarında, öncelikle hiç kullanılmamış kesici takımları, yan kenar aşınması 0,3 mm oluncaya kadar işlemişlerdir. Aşındırma deneyleri için kesme parametreleri olarak, kesme hızı (250 m/dak), ilerleme (0,05 mm/dev) ve talaş derinliği (1,6 mm) belirlemişlerdir. Sementit karbür kesici takım ve küresel grafitli dökme demirler (KGDD-70) üzerinde talaş kaldırma deneyleri yapılmıştır. İkinci aşamada ise, 0,3 mm yan kenar aşınmasına sahip kesici takımların yan boşluk açıları artırılarak talaş kaldırımış ve yan boşluk açılarını

3° 5° 7° ve 9° olarak değiştirecek şekilde takım tutucu altına kamalar yerleştirilmiştir. Her bir boşluk açısında işlem zamanı 100 sn olarak belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, yan boşluk açısı değerinin artmasıyla takım ömrü arttığı belirtilmiştir. Takım ömrü 3° yan boşluk açısında 100 sn iken 9° yan boşluk açısında takım ömrü 240 sn olarak belirlemiştir. Sonuç olarak , aşınmış bir kesici takımın boşluk açısının değiştirilmesi ile bu takımın belirli bir süre daha etkin olarak kesme işlemi yapabileceğini göstermiştir.

Yalçınkaya, PVD metodunu kullanarak tornadaki takma uçlarda çeşitli kaplama kalınlıkları ve malzemeleri için takım ömür testlerini incelemişlerdir [10]. Çalışmalarında TİN, TİAIN, AITİN, TİAINC VE TİAINCr kaplama mazlemeleri kullanarak, dört farklı kesme hızı (120, 150, 180 ve 210 m/dak) ve üç farklı ilerleme değerleri (0,2-0,3-0,4 mm/dev) alınarak takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine bakılmıştır. Her bir deney şartı için farklı bir kesici kenar kullanılmıştır. Deney malzemesi olarak AISI 304 paslanmaz çelik kullanılmıştır. Deneysel çalışma kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir.Yapılan çalışmalar sonucunda en iyi aşınma direnci TİN kaplamalı kesici takımlarda görülmüştür. En iyi yüzey pürüzlülüğü, 2µm kaplama kalınlığına sahip TİAINC kaplamalı takımlarla elde edilmiştir. Bu kesici takımla, ilerleme 0,2 mm/dev ve kesme hızı 180 m/dak değerlerinde yüzey pürüzlülük değeri 0,61µm olarak bulunmuştur.

Acır ve arkadaşları AI-4Cu/B₄C_p kompozit malzemenin işlenmesinde, TİN/TİAIN çok kaplanmış sementit karbür ve kaplanmamış sementit karbür kesici takımların takım aşınmasına etkilerini incelemişlerdir [11]. Deneylerde, beş farklı kesme hızı (100-130-169-220-286 mm/dak), sabit ilerleme (0,20 mm/diş) ile sabit talaş derinliği (1,5 mm) kullanılmıştır. Deneyler sonucunda, kaplamalı kesici takımda diğer takımlara göre daha az bir yanak aşınmasının olduğu belirtilmiştir. Kesme hızının takım aşınmasında önemli derecede etkili olduğu, ayrıca kaplamasız kesici takımın, kaplamalı kesici takıma göre daha fazla aşınmaya uğradığı tespit edilmiştir. Özdemir ve Çakır yaptıkları çalışmada, takım geometrisinin ve kesme parametrelerinin başlangıç aşınmasına olan etkilerini incelemişlerdir [12]. İş parçası malzemesi östemperlenmiş dökme demir ve kesici takım olarak da ISO TNMG 160408 (K10) sinterlemiş karbür kesici uç kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarında iki farklı yanaşma açısı (60° ve 90°), üç farklı kesme hızı (200 – 270 - 340 m/dak), üç farklı ilerleme oranı (0,14 – 0,18 – 0,22 mm/dev) ve üç farklı talaş derinliği (1 – 1,5 -2 mm) gibi kesme parametrelerinin başlangıç aşınmasına etkileri incelenmiştir.

Taylan çalışmasında, frezeleme esnasında takım aşınmasını incelemiştir [13]. Yüzey frezeme işlemleri kullanılarak, kaplamasız CBN (kübik bor nitrür) ve kaplamalı CBN (PVD ile TİAIN+ TİN) olmak üzere iki farklı kesici uç ile sertliği 61 HRC, DIN 1.2842 soğuk iş takımı çeliği kullanılmıştır. Deneyler esnasında kesici uçlarda meydana gelen aşınma ve iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülük değeri ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, hem kaplamalı hemde kaplamasız uçların genelinde çentik aşınmasına rastlanmıştır. Kaplamalı CBN uçlara göre yaklaşık 4,5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sabit kesme hızlarında ilerleme hızı artıkça, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Nouari ve Molinari tarafından yapılan çalışmada kaplamalı sementit tungsten karbürün takım aşınması deneylerle araştırılmıştır [14]. Yüksek kesme hızlarında 42CRMo4 çeliği işlenmiş ve araştırmalar sonunda takım ömrü ve krater aşınması bulunmuştur.

Choudhury ve Appa Rao yapmış oldukları araştırmada kesici takım ömrünü attırmak için yeni bir yaklaşım sunmuşlardır [15]. En fazla takım ömrünü elde edebilmek için kesme parametrelerinden ilerleme oranı ve kesme hızının uygun değerlerini ulaşabilmek için model oluşturmuşlardır. Yapılan araştırmalar sonucunda takım ömründe % 30' luk bir iyileşme görülmüştür.

Tomac ve Tonnessen, yaptıkları çalışmada, SiC takviyeli Al esaslı kompozit malzemenin tornalama metoduyla işlenmesinde takım aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir [16]. Bu çalışmada, iki farklı takım kullanmışlardır. Bu takımlardan çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kaba işlemede ve PCD kesici takımlar ise bitirme işleminde kullanılmıştır. PCD ile sementit karbür kesici takımların performanslarının aynı kesme şartlarında takım ömrüne göre karşılaştırılmasını yapmışlardır. Aynı kesme şartlarında (kesme hızı: 60 m/dak, talaş derinliği: 0,4 mm ve ilerleme: 0,1 mm/dev) PCD kesici takımda 0.4 mm aşınma değerine 62 dakikada ulaşılmıştır.

Koçak, GGG 90 küresel grafitli dökme demir malzemesinin kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması açısından ISO 3685' e uygun olarak işlenebilirliği araştırılmıştır [17]. Deneyler, dört farklı kesme hızı (250 - 300- 350 ve 400 m/dak), üç farklı ilerleme (0,2-0,25-0,3 mm/dev) ve 1,6 mm sabit kesme derinliğinde kuru kesme şartlarında tornalanarak gerçekleştirilmiştir. Küresel grafitli dökme demir için tavsiye edilen K10/20 kalitede kaplamasız sementit karbür, K10/20 kalite CVD yöntemiyle kaplanmış sementit karbür, K05/10 kalite PVD yöntemiyle kaplanmış Sermet ve K10/20 kalite CVD yöntemiyle kaplanmış seramik takımlar kullanılmıştır. Kesme deneylerine göre, kaplamasız karbür takımla en iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. En düşük kesme kuvveti ise kaplamalı karbür takımla yapılan deneylerde ölçülmüştür. Sermet takımlarla, aşınma deneylerinde en iyi performansı göstermiştir.

Literatürde benzere bir çalışma da Parlak tarafından yapılmıştır [18]. Parlak, çelik talaşı takviyeli dökme demir kompozitlerin işlenebilirliğini deneysel olarak incelemiştir. Çelik talaşları kalıp boşluğuna dik, homojen dağılım gösterecek şekilde yerleştirilip üzerine ergitilmiş dökme demir (GG 20) dökülerek yuvarlak numuneler elde edilmiştir. Her bir numune için kesme parametreleri, kesme hızı (135 – 200 m/dak), ilerleme oranı (0,1 – 0,3 mm/dev) talaş derinliği (0,5 – 2 mm) olarak belirlenmiştir. Deneyler son aşama yüzey pürüzlülük değerleri alınmış ve karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda takım ömrü denklemleri ve yüzey pürüzlülük denklemleri oluşturulmuştur. Oluşturulan denklemlerin güvenilirlik aralıkları belirlenmiş ve modelin yeterliliği test edilmiştir.

Franc ve arkadaşları, krater aşınmasını deneysel olarak incelemişlerdir [19]. AISI 8620 çeliğini 0,25 mm/dev ve 300 m/dak' da yapılan tornalama işleminde kaplamasız uçta 10. dk'da 10,4 µm, 28. dk'da ise 50,1 µm derinlik değerinde krater aşınması oluşmuştur, 3 µm TiN kaplı uçta ise 10. dk 3.51 µm 28. dk 6,52 µm derinlik değerinde krater aşınması görülmüştür. TiN kaplı kesici ucun krater aşınmasına karşı daha dayanıklı olduğu ve takım ömrünün uzadığı görülmüştür.

Nouari ve arkadaşları, alüminyum bakım alaşımının (2024) kaplamasız sementit karbür kesici takımla işlenmesinde takım aşınma davranışlarını incelemişlerdir [20]. Kesme parametleri olarak dört farklı kesme hızı (30-60-180-360 m/dak) ve iki farklı ilerleme değeri (0,1 – 0,3 mm/dev) belirlemişlerdir. Kesici takımda BUE (built-up-edge), difüzyon aşınması meydana geldiği görülmüştür.

Başaltın, "Zamana göre takım aşınmasının işleme sesi ile deneysel incelenmesi" isimli çalışmasında, kesici takımda oluşan aşınma miktarının kesme sesine göre belirlenebileceğini araştırmıştır [21]. Bu işlem için SAE 1030 dövme çelik malzemesi kullanılmıştır. Deneyler CNC tipi torna tezgâhında 130, 140, 150 m/dak kesme hızları ve 0,15-0,2-0,3 mm/dev ilerleme aralıkları kullanılarak 2,5 mm talaş derinliğinde yapılmıştır. Deneyler sonunda elde edilen değerler göz önünde bulundurularak kesme hızı olarak 140 m/dak ve 0,2 mm/dev ilerleme hızı belirlenmiştir. Bulunan kesme parametreleri kullanılarak 5 ile 20 dakika arasındaki her bir dakika için işleme zamanlarında oluşan takım aşınmasının işlemedeki ses değişimine etkisi analiz edilmiştir. Analizlerde IC 8250 ve IC 9250 iki tip kesici uç kullanılmıştır. Zamana bağlı V_B yanak aşınması değerleri incelendiğinde 5. dakikadaki yanak aşınması 0,074 mm iken ile 20. dakikadaki yanak aşınması 0,20 mm değere yükselmiştir. Deneyler sonucunda aşınma miktarı ile işlemede doğan titreşim arasında ilişkinin yüksek olduğu ve kesme sesine göre kesici takımdaki aşınma miktarının tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur.

2.2. Yüzey pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

İmal edilen ürünlerin, arzu edilen yüzey kalitesinde olması oldukça önemlidir. Talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak üretilen parçalarının yüzey kalitesi birçok değişkene bağlı olarak değişmektedir. Yüzey pürüzlülüğü açısından en önemli parametrelerin ilerleme oranı ve takım uç yarıçapı olduğu yapılan literatür araştırmalarında belirtilmektedir [22 - 26]. Kesme hızı ise yüzey pürüzlülüğü açısından ilerleme oranı ve takım uç yarıçapına göre daha önemsiz bir parametre olduğu tespit edilmiştir [27 - 30].

Talaş kaldırma işlemlerinde, kesme kuvvetlerine birden çok parametreler etki etmektedir. Kesme kuvvetleri; takım tezgâhlarının titreşimsiz ve rijit olması ile birlikte talaş derinliği, talaş açısı, kesme hızı, ilerleme, iş parçasının malzemesi, takım uç yarıçapı vb. faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir [31 - 34]. Takım aşınması sonucunda oluşan yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti ile ilgili olan çalışmalar genel hatlarıyla aşağıda özetlenmiştir.

Balcı, AISI 304 paslanmaz çelik malzemenin tornalama yöntemiyle işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini incelenmiştir [35]. Dört farklı uç yarıçapına sahip kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanılarak işleme deneyleri yapılmıştır. Deneyler, farklı ilerleme hızları ve talaş derinliklerinde soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Kesici takım uç yarıçapı, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin iş parçası ortalama yüzey pürüzlülük değerine (R_a) etkileri incelenmiştir. Deneysel sonuçlardan kesici takım uç yarıçapının ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği görülmüştür. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımla genellikle en düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilirken 0,4 mm silici (wiper) kesici uç geometrisine sahip kesici takımlada en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. 0,05 ve 0,1 mm/dev ilerleme hızlarında kesici takım uç yarıçapının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri beklenmedik bir şekilde artmıştır. Tekaüt, takım tezgâhlarındaki malzemenin işlenmesi esnasında, kesici takımda oluşan titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkisini inceleyerek, en uygun kesme şartlarını tayin etmektir [36]. Bu amaçla, kuru kesme şartları altında, dört farklı talaş kırıcı (SA, MA, MS, GH) formuna sahip kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanılarak, işleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kesme parametreleri olarak, sabit kesme derinliğinde (2,5 mm) dört farklı kesme hızı (200, 250, 300, 350 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,15- 0,25- 0,35 mm/rev) kullanılmıştır. Bu kesme parametreleri ile 40 mm çapındaki AISI 1050 malzemesi deney numunelerinden 50 mm boyunda talaş kaldırılarak 48 adet deney yapılmıştır. Farklı kesme hızlarında talaş kırıcı performları değerlendirildiğinde; 200 m/dak kesme hızında en iyi sonuçlar MS talaş kırıcı formuyla, ikinci en iyi sonuçlar ise SA talaş kırıcı formuyla elde edilmiştir. Her dört talaş kırıcı formu için 250 m/dak kesme hızı ve 0,25 mm/dev ilerleme değeri, ortak olarak en iyi sonuçların gözlendiği optimum değerler olmuştur.

Demir ve arkadaşları, farklı hızlarda (havada, kumda ve fırında) soğutulan yüksek dayanımlı düşük alaşımlı 30MnVS6 mikroalaşımlı çelikleri kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmişlerdir [37]. Deneyler tornalama metoduyla dört farklı kesme hızı (90-120-150 ve 180 m/dak), üç farklı ilerleme miktarı (0,1, 0,15 ve 0,20 mm/dev) ve 1 mm sabit talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan kuru şartlarda yapılmıştır. Uygulanan farklı soğutma hızları ile iş parçalarının mikroyapıları ve sertlikleri değiştirilmiş ve bu değişikliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Karşılaştırma amacıyla ham malzeme üzerinde de deneyler yapılmıştır. En düşük kesme kuvvetleri, ham malzeme ve kumda soğutulan malzemede 150 m/dak kesme hızında, fırında ve havada soğutulan malzemede elde edilmiştir.

Şeker, "Takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri ile tahmin edilmesi" isimli bir çalışma gerçekleştirmiştir [38]. Bu çalışmada, takımın kesme işlemi esnasında meydana gelen değişiklikleri, oluşturulan entegre sistem ve yazılım ile on-line olarak takip etmiş, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünü yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri ile tahmin etmiştir. Takımın durumunu en iyi şekilde gözlemleyebilmek için, sistemde takım durumunu temsil edebilecek veriler toplanmıştır. Oluşturulan değişik parametrelerdeki yapay sinir ağları öncelikle örnek deney verileri kullanılarak eğitilmiş, ardından test verileri ile denenmiştir. Bulanık mantık ise yapay sinir ağları ile tahmin edilen aşınma ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin belirlenen seviyelerde sınıflandırılması için kullanılmıştır.

Paro ve arkadaşları %0.57 N ve %0.91 N içeren X5 CrMnN 1818 paslanmaz çeliğini CVD yöntemiyle TiN+Al₂O₃ kaplamalı takımlarla tornalama işlemine tabi tutup, işlenebilirliği ve takım aşınmasını ve takım ömrü incelemişlerdir [39]. %0.91 N içeren numunenin işlenmesi sonucu takım ömrü 30 dak, diğer numune için ise takım ömrü 10 dak bulunmuştur. % 0.57 N içeren numune işlenirken oluşan kesme kuvveti 180 kg bulunurken, % 0.91 N içeren numunede kesme kuvveti 240kg olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak aşınma mekanizmasının yüksek kesme kuvvetleri sonucunda meydana gelen takım ucunun ani aşınması veya kırılması olduğunu tespit etmişlerdir. Kesme hızının 60 m/dak' dan 70 m/dak' a çıkmasıyla takım ömrünün 10 dakikadan 5 dakikaya düştüğü gözlemlenmiştir.

Ezugwu ve arkadaşları, PVD yöntemiyle TiN kaplanmış sementit karbür takımın ömrünü araştırmışlarıdır [40]. Çelik malzemenin işlendiği deneylerde, kesme hızı olarak, 150-175-200, 225 m/dak, ilerleme oranı olarak, 0,4-0,44 mm/dev ve talaş derinliği olarak 1,5 mm değerlerini kullanmışlardır. Deneyler neticesinde, takım ömrü için en ideal kesme parametrelerini, 200 m/dak kesme hızı ve 0,44 mm/dev ilerleme oranı olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, kesme sıcaklığının takım aşınmasını olumsuz etkilediği de belirtilmiştir.

AISI 316 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde kesici takım kaplamasının aşınma mekanizması ve takım ömrü üzerindeki etkisi Edrino tarafından incelenmiştir [41]. Deneyler, AICN, AICrNbN ve AITiN kaplamalara sahip sementit karbür parmak frezeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kesici takım yüzeylerine kaplama sonrası uygulanan işlemin takım aşınmasına etkisi incelenmiştir. Kaplama yüzeyinin yapısı kaplama sonrası uygulanan işlemden önce ve sonra analiz edilmiştir. 150 m kesme uzunluğundan sonra en düşük aşınma AlTiN kaplanmış kesici takımda gerçekleşmiştir.

Gezgin, prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmişlerdir [42]. Çalışmasında, AISI D3 soğuk iş takım çeliği ile kesici takım olarak kaplamalı karbür takımlar kulanmıştır. CNC dik işleme merkezinde, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının, takım ömrü kaldırılan talaş hacmi ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkileri incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda yüzey pürüzlülük değerleri, kesici ucu sayısı ve ilerleme miktarının artmasıyla artarken, kesme hızının önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlenmiştir. Kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla takım ömrünün azaldığı ve yanak aşınmasının kesici takımda hakim aşınma tipi olduğunu görülmüştür.

Diğer bir çalışma, TiC+TiN, TiC kaplı sementit karbür, kaplamasız sementit karbür ve CBN kesici takımların AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğin işlenebilirlik özelliklerine etkileri Özer tarafından araştırılmıştır [43]. Bu amaçla, talaş kökü morfolojisi, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlüğü incelenmiştir. İşlenebilirlik deneyleri kuru tornalama ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 60 m/dak kesme hızı, 0,12 mm/dev ilerleme hızı ve 1,2 mm talaş derinliği sabit tutulmuştur. TiC+TiN kaplı sementit karbür takım en yüksek kesme kuvveti değerlerini vermiştir. CBN takım en düşük kesme kuvvetlerini vermesine karşın, kısa işleme mesafelerinde takımda kırılmalar meydana gelmiştir. Kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü bakımından en uygun değerler TiC kaplı sementit karbür takım ile talaş kaldırma işleminde elde edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri kaplamasız takımlarla elde edilmiştir. TiC kaplamalı takımla CBN takıma göre daha yüksek kesme kuvveti değerleri elde edilmiştir.

Gökkaya ve arkadaşları, PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisini deneysel olarak incelemişlerdir [44]. AISI 1030 çeliği farklı kaplama malzemesine sahip kesici takımlarla, CNC torna tezgâhında soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir.

Deneyler, CVD yöntemiyle üç katlı kaplama uygulanmış (en üstte TiN kaplı), PVD yöntemiyle AlTiN ve TiAlN kaplanmış üç farklı sementit karbür takımla, kesme derinliği sabit tutularak (2 mm) üç farklı kesme hızı (100, 200, 300 m/dak) ve beş farklı ilerleme hızı (0,25-0,30-0,35-0,40-0,45 mm/dev) değerlerinde talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilerek, bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kaplama malzemesi, ilerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde farklı etkilere sahip parametreler olduğu görülmüştür.

İşbilir, talaş kaldırmada değişken yüklemenin takım ömrüne etkisini incelemiştir [45]. Kesme hızları dışındaki tüm parametreler sabitlenerek değişik hızlarda yükleme setleri oluşturulmuştur. Tüm deneylerde esas kesme kuvvetleri ve kesici takımda oluşan aşınmalar ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Deney malzemesi olarak AISI 4140 çeliği, 0,2 mm/dev ilerleme hızında, 2 mm talaş derinliğinde (yarıçapta) kesme sıvısı kullanılmadan deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kesme hızı arttıkça, takım ömrünün ve esas kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmüştür. Talaş kaldırma sırasında yüklemede meydana gelen değişim kesici takım ömrünü azaltmaktadır. Sabit ve değişken yükleme durumlarında yükleme durumuna bağlı olarak takım ömründe %5-40 oranında azalma olduğu görülmüş. Deney sonuçları, kesme hızındaki artan farkın ve her pasodaki yükleme adedinin artmasının takım ömrünü azatlığını göstermiştir.

Luo ve arkadaşları, AISI 4340 çeliğini seramik, CBN ve kaplamalı karbür (P 10) kesici takımlarla işlemişler ve kesici takımların aşınma davranışlarını incelemişlerdir [46]. Kesici takımlardaki aşınma değişikliklerini görmek için farklı sertliklerde iş malzemesi ve yüksek kesme hızları uygulamışlardır. Kesme hızı (60, 100, 200 m/dak.), ilerleme miktarı (0,1 - 0,2 – 0,3 mm/dev), kesme derinliği (0,2 – 0,5 mm) alınmıştır. Çalışmanın sonunda; CBN kesici takımların aşınma mekanizmalarının temelinde abrasiv aşınmanın olduğu, bunun sebebinin de iş parçası karbid taneciklerinin sıkı bir şekilde yapışmasından meydana geldiği; seramik kesici takımlarda ise adhesiv ve abrasiv aşınmanın mevcut olduğu, takım ömrünü ve kesme hızını arttırmak için CBN ve seramik kesici takımlara takım yüzeyini koruyucu kaplama ve talaş akma yüzeyinin verilmesi gerektiği, CBN ve seramik kesici

takımların materyal bağlayıcılarının kuvvetlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Bununla birlikte yüksek kesme hızlarında uygun bir yöntemle takım yüzeyindeki sıcaklığın giderilmesi gerektiği, sıcaklığın yüksek olmasından dolayı aşınmanın hızlanacağı ve takım malzeme taneciklerinin arasındaki kopmaların hızlanacağı belirtilmiştir.

2.3. Literatür Çalışmalarının Özeti

Literatürde yapılan bütün çalışmalar, iş parçası malzemesi, kesici takım malzemesi, kullanılan tezgah ve çalışmanın genel hedefi şeklinde tek tek tasnif edilmiştir. Elde edilen bilgiler Çizelge 2.1 de verilmiştir.

Malzemeler	Kesici Takım Malzemesi	Kaplama Türleri	
1.Çelikler	1.HSS	a. Kaplamasız	
2. Paslanmaz Çelikler	2. Sermet	b. TiN	h.TiAlCN
3. Dökme Demir	3. Sert Metaller	c. TiCN	i. TiC
4. Demir Dışı Metaller	4. Seramikler	d.TiAlN	j. AlN
5.Isıl Dirençli Alaşımlar	5. CBN	e. AlTiN	k. CrN
6.Sertleştirilmiş Çelikler	6. PCD	f. Si ₃ N ₄	g.Al ₂ O ₃

Çizelge 2.1.Kesici takım malzemeleri ve kullanılan malzemeler;

Yapılan çalışmalar;

1.Takım Ömrü

2.Aşınma

3. Yüzey Pürüzlülüğü

4.Kesme Kuvveti

5.Diğer

Kullanılan tezgahlar;

* Torna

** Freze şeklinde kategorize edilmiştir.
		Kesici Takım	Yapılan Çalışma-
	Malzemeler	Malzemesi	Tezgâh
Sayit E. [2]	3	3 - a	2, 3*
Ashby I. R. [3]	3	4 - a	1, 2*
Şan S. [4]	1	3 - a, 3- b+c+d	1, 3*
Ferit İ. [5]	-	-	1, 3
Demirayak İ. [6]	1	3 - d, 3-c+g+b	2, 3*
Motorcu A.[7]	1	4 - a, 4 - b	1, 2*
Er A O. [8]	6	5, 2, 3 - b	1, 2**
Çevik E. [9]	3	3 - a	1, 2*
Yalçınkaya A. [10]	1	3 - b, d	1, 2, 3*
Acır A. [11]	4	3- a, 3 - b+c+d	2 **
Özdemir K. [12]	3	3 - a	2*
Taylan F. [13]	1	5 - a	2, 3, 4**
M. Nouari. [14]	1	3 - b+c	1, 2*
Choudhury K. [15]	-	-	1*
Tomac ve			
Tonnessen [16]	4	3-b+c	2, 3, 4*
Kocak H. [17]	3	3-h, 2, 5, 3-a	2, 3, 4*
Parlak Ş. [18]	3	-	1, 2, 3*
Franc R. [19]	1	3- b	1, 2, 3*
Nouari M. [20]	4	3 - a	2*
Başaltın M. [21]	1	3 - a, 3- b+c+d	3, 4*
Balc1 B. [35]	1	3 - a, 3- b+c	3*
Tekaüt İ. [36]	1	3 - a, 3- b+c	3, 4*
Demir H. [37]	1	-	3, 4*
Şeker H. [38]	-	-	3
Paro J. [39]	2	3-b	1, 2, 4*
Ezugwu [40]	1	3 - b	1, 2*
Endirino [41]	1	3 – e, j	2 **
Gezgin A. [42]	1	3-b+c	1, 3**
Özer A. [43]	2	3 - b, 3 - i, 5	3, 4*
Gökkaya [44]	1	3 – b, d, e	3*
İşbilir Ö. [45]	1	3 - a	1, 4*
Luo S.Y. [46]	1	5, 4 - a	1, 4, 2*

Çizelge 2.2 Yapılan çalışmaların özeti

Takım ömrüne etki eden aşınma, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, daha çok çeliklerin takım aşınması üzerindeki etkilerinin kesme işlemi değişkenlerinin karşılaştırılması üzerinde durulmuştur. Çalışmaların bu malzemeler üzerinde yoğunlaşmasındaki en önemli faktörlerin, çeliklerin kullanım alanlarını olması ve malzemenin temin edilme kolaylığından yaygın kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalarda malzeme çiftlerine ait takım ömrü grafiklerini oluşturmaya yönelik çalışmalar çok azdır. Talaşlı imalat uygulamalarında asıl olan, takım ömrü modelindeki "n" üstel değerinin belirlenmesi ve kesici takımın ne kadar sürede bir yenilenmesi gerektiğinin tespitidir. Bu, hem talaşlı imalat yönteminin kullanılma sebebi olan tolerans ve ölçü hassasiyetinin sağlanması için hem de istenilen yüzey kalitesinin eldesi için gereklidir. Bu çalışma ile imalat sektöründe kullanılan kesici takımların takım ömrü değerlerinin tespiti için önemli bir kaynak oluşturulmuştur.

3. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde, takım ömrü, Taylor takım ömrü modellenmesi, takım aşınması ve aşınma mekanizmaları, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve kesici takım ömrü standardı (TS 10329) ile ilgili temel bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Takım Ömrü

3.1.1. Giriş

Takım ömrü, takımdaki standart bir aşınma miktarı veya takımın kullanılamaz duruma gelmeden önce standart kesme şartları altında kaldırılan talaş miktarı ya da talaş kaldırma süresidir. Kesici kenarın ne zaman aşındığının belirlenmesi için doğru tanımların yapılması gerekmektedir. Kesme işleminin şekli ve takım malzemesi, kesme parametreleri dışında aşınma zamanını etkileyen temel unsurdur. Takım ömrünün tamamlaması, ucun kırılması değil ucun aşınmasıdır. Kesici takım istenilen yüzey kalitesi ve ölçü tamlığını kabul edilebilir sınırlarda tutamıyorsa, daha fazla talaş kaldırma işleminde kullanılamaz. Bu noktada takım ömrünü tamamlamış sayılır. Uygun takım ömrünün belirlenmesi için, kesici takımda meydana gelecek aşınma mekanizmaları ve tiplerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Uluslararası standartlara göre aşınma ile takımın bozulması, takım ömrünün belirlenmesinde belirli kriterler kullanılmaktadır [2, 44, 47, 50].

Takım aşınmasının belirlenmesinde en önemli faktör üretime ara verilmeden aşınmanın tespit edilebilmesidir. Otomatik talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımın ömrünü tamamlamadan önce değiştirilmesi gerekir. Aksi takdirde üretimin devam etmesine rağmen üretilen parçaların tolerans değerleri uygun olmayacaktır. Kesici uçta ve yan yüzeyde oluşan aşınmalar yüzey kalitesinde bozulmalara neden olacağı gibi üretimin kesici takım değiştirilmeden devam ettirilmesi üretim ve takım maliyetlerini artıracaktır [6]. Takım ömrü esas itibariyle aşınma olayına bağlı olduğundan aşınmaya etki eden faktörler; takım malzemesi, iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, soğutma sıvısı gibi faktörler takım ömrünü de etkilemektedir. Ancak bunlardan en önemlisi kesme hızıdır [47].

Doğru kesme hızı genellikle, bu amaçla ortaya konulmuş kesme parametresi-takım ömrü ilişkisine dayalı modellerden yola çıkarak belirlenir. Takım ömrü tayin etmede en yaygın kullanılan modeller:

- Taylor Modeli
- Gilbert Modeli
- Krinenberg modeli

Genellikle ortaya koyan bilim adamının ismiyle anılan bu modeller daha sonraki yıllarda bazı bilim adamlarınca geliştirilmiştir. 20.yy başlarında ortaya atılan Taylor Modeli, günümüzde de takım ömrü tayininde en fazla kullanılan modeldir ve pek çok standarda da referans teşkil etmektedir [47].

3.1.2. Taylor takım ömrü modeli

Talaşlı imalatta karşılaşılan en önemli problem, kesici takım aşınmasının zamanında tespit edilememesidir. Aşınmış bir kesici ile yapılan talaş kaldırma işleminde, kesici takımın tezgâha verebileceği zararların yanında istenen parça boyutları ve yüzey kalitesini elde etmek de imkânsız hale gelir. Ayrıca, keskinliğini kaybetmiş olan kesici takıma etkiyen direnç kuvvetlerinin artması, kesme işlemi için gereken enerjiyi artıracağından maliyet de artmış olur.

Bir işlemin verimliliğinin belirlenmesi için en önemli kriterlerden biri takım ömrüdür. Oluşan takım aşınması miktarının ölçülmesi, aşınmanın bir analizinin yapılması ve sistematik bir yaklaşıma uygun olarak hareket edilmesi optimizasyon açısından çok önemlidir [6].

Taylor takım ömrü denklemin elde edilmesi

Genel bir ifadeyle, takım ömrü, takımda kabul edilebilen bir aşınma meydana gelinceye kadar talaş kaldırma zamanıdır. Takım ömrü genelde (T) ile gösterilir ve dakika ile ölçülür.

Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı (V) ve takım ömrü(T) arasındaki ilişkiyi iyi bilmek gerekir. Bu konuda ilk çalışma Taylor tarafından yapılmış olup denklem 3.1'de verilen ampirik ifade ile kesme hızı takım ömrü arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır.

$$T = \frac{\text{Sabit}}{f_{\rm X} \times v_{\rm y}} \tag{3.1}$$

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

$$V \times T^{n} = C \tag{3.2}$$

Bu eşitlikte (3.2'de); n: Takım üstünü göstermekte olup, verilen takım malzemesi, iş malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı veya talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlı bir katsayıdır. Burada kullanılan notasyon aşağıda verilmiştir [47].

V: Kesme hızı (m/dak) T: Takım ömrü (dak) C: Taylor sabit

Taylor bağıntısı daha sonra kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği dikkate alınarak yapılan çalışmalar eşitlik 3.3 ile ifade edilmiştir.

$$T = \frac{C^m}{V^k \times f^m \times a^p}$$
(3.3)

olarak ifade edilmiştir. Burada k > m > p takım malzemesine bağlı sabitlerdir. Takım ömrünü en fazla sırasıyla kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği etkilemektedir. Bu nedenle belirli bir takım ömrü için kaldırılan talaş hacminin arttırılması için önce paso kalınlığının, sonra ilerlemenin ve en son kesme hızının artırılması uygun olacaktır [12].

Kesme hızının artması, takım talaş ara yüzünde sürtünmenin dolayısıyla sıcaklığın artmasına neden olacaktır. Bunun sonucunda takım aşınması daha çabuk gerçekleşecek ve takım ömrü azalacaktır. Şekil 3.1'de takım ömrü kesme hızı ilişkisi gösterilmiştir



Şekil 3.1. Kesme hızı takım ömrü ilişkisi, (a) Lineer ilişki, (b) Logaritmik ilişki [47].

Takım ömrü ile kesme hızı arasında ters bir ilişki söz konusudur. Artan kesme hızı takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır.

Grafik logaritmik olarak ölçeklendirildiğinde, belirli bir eğime sahip düz doğru elde edilir. Bu doğrunun eğimi n katsayısına karşılık gelmektedir. Bu grafikten (n) değerini hesaplamak mümkündür. Şekil 3.2' de (V1,T1) ve (V2,T2) koordinatları için değerler yerine konulduğunda (n) eğimi söylenin hesaplanması Şekil 3.2'de gösterilmiş ve elde edilen denklem Eşitlik 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Taylor takım ömrü "n" üstü ve eğim

$$n = tag \ \alpha = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2}$$
(3.4)

Takım malzemelerine bağlı "n" değeri için kullanılan bazı takımlar için aşağıda belirtilen değerler yaygın olarak kullanılıyor:

Kesici Takımlar	"n" üstel değeri
Seri çelik takımlar (HSS) uçlar	0,14~0,16
Kaplanmış karbür (sert metal) uçlar	0,21~0,25
TiC (titanyum karbür) kaplı uçlar	0,3
TiN (titanyum nitrit) kaplı uçlar	0,35
Sentetik çok kristalli elmas uçlar	0,33
Seramik-kaplanmış uçlar	0,4

Çizelge 3.1. Yaygın olarak kullanılan n değerleri [47]

Takım ömrü formülüne logaritmik işlem uygulandığı takdirde; C katsayısını elde etmek mümkündür (Şekil 3.1.b). Buna göre elde edilen logaritmik formül Eşitlik 3.5'de verilmiştir.

$$Log C = Log V + n. Log T$$
(3.5)

Takım ömrü-kesme hızı ilişkisi içerisinde işlenebilirliğin değerlendirilmesi söz konusu olduğunda aşağıda belirtilen "Torna kalemleri için ömür deneyi" standartları kullanılabilir.

- TSE 10329
- BS-5623
- ISO-3685

Kesici ucun aşınma ve kırılmalarla tamamen kullanılamaz hale gelmesi istenmeyen bir durumdur. Bunun sonucu takım masrafları çok artar. Her türlü talaş kaldırma işlemi için en iyi takım ömrünün bulunması ekonomik işleme açısından çok önemlidir. Kesici takımların kullanılamaz duruma gelmesi genel olarak iki grupta toplanır [49];

- Talaş yüzeyindeki ve serbest yüzeydeki dereceli veya sürekli aşınma
- Takımın belirlenen ömründen önce aşınmasına neden olan hatalar

Takım aşınma tipleri gerçekleştirilecek talaş kaldırma işleminin belirlenmesi ve optimize edilmesi açısından bir temel teşkil eder. Bu durum, işlem ve iş parçası malzemesi için takım kalitesinin ve işleme koşullarının doğru seçimi sayesinde gerçekleştirilir.

3.2. Takım Aşınması

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan kesici takımların aşınması, talaşlı imalat işleminin verimliliğini, üretilen iş parçasının boyutlarını ve yüzey kalitesini doğrudan etkiler. Kesici takımda aşınma arttıkça, kesme kuvvetleri, kesme bölgesinde sıcaklık, titreşim ve ses artar. Artan kesme kuvvetleri sonucu daha fazla enerji gereksinimine ihtiyaç duyulur. Aynı zamanda, artan kesme kuvvetleri iş parçası ve kesici üzerinde daha fazla gerilme oluşturur.

Aşınmış kesici takımda, kesici takımın kesici ucunda keskin bir kenardan farklı olarak sürtünen bir bölge olacağı için bu bölgenin iş parçası ile sürtünmesi sonucu da daha fazla ısı enerjisi açığa çıkarak, kesme bölgesinde kesici takım ve iş parçasının sıcaklığı artar. Artan sıcaklıkla, kesici takımın aşınma direnci ve dayanımı azalır. Artan sıcaklıkla aynı zamanda, iş parçası boyutlarında sapma olur ve istenilen ölçü toleranslarının dışına çıkılarak hatalı parçalar üretilebilir. Yüksek sıcaklık sonucu iş parçasının yüzeyinde ve yüzey altında istenilmeyen metalürjik dönüşümler oluşabilir. Bu dönüşümler iş parçası yüzeyinde çekme tipinde kalıcı gerilmelere neden olarak iş parçalarının yorulma dayanımını azaltabilir [14].

Aşınma, kesici takımın malzeme kaybından ileri gelen ve ilk şekline göre oluşan farklılıktır. Takım aşınması, kesici kenar üzerine uygulanan yük faktörlerinin bir kombinasyonunun ürünüdür. Kesici kenarın ömrü, kenar geometrisini değiştirmeye çalışan bu faktörler sayesinde belirlenir. Aşınmaya sebep olan esas yük faktörleri; mekanik, ısıl, kimyasal ve sürtünme faktörleridir. Şekil 3.3' de bir kesici takıma etkiyen yüklerin konumu şematik olarak ifade edilmiştir [47].



Şekil 3.3. Takım üzerine etkiyen yük bölgeleri: A) Mekanik, B) Termal, C) Kimyasal, D) Aşındırıcı yük bölgeleri [47]

Talaş oluşumu sırasında talaş çok yüksek bir basınçla takım yüzeyine basmakta, talaşın akma sırasında takım yüzeylerinde büyük sürtünmeler meydana gelmektedir (sürtünme katsayısı 0,5 – 1 arasındadır). Gerek sürtünmelerden gerekse malzemenin plastik şekil değiştirmesinden ve talaş oluşumundan dolayı yüksek ısı oluşmaktadır. Kesici takım üzerindeki aşınmalar kesme kenarı boyunca ve komşu yüzeylerde meydana gelir. Şekil 3.4'de kesme prosesi şekillendirilmiştir. Burada talaş yüzeyi ve serbest yüzey kesişerek kesme kenarını oluşturur.



Şekil 3.4. Talaş, iş parçası ve kesici takım ilişkisi [47]

Talaş kaldırma sırasında meydana gelen sürtünmeler ve sıcaklık ise takımın aşınmaya karşı mukavemetini azalttığı aşınmayı hızlandıran bir etkendir. Sürtünme, parçadan çıkan talaş ile talaşın takım üzerinde kaydığı yüzey (talaş yüzeyi) arasında ve parçanın işlenmiş yüzeyi ile takımın bu yüzeye bakan yüzeyleri (serbest yüzey ve yanak) arasında meydana gelmektedir. Dolayısıyla aşınma; talaş yüzeyinde, yanakta ve serbest yüzeyde veya her üç yüzeyde de meydana gelebilir [51].

3.3. Takım Aşınma Mekanizmaları

Talaş kaldırma sırasında kesici kenar üzerinde etkili olan yük faktörlerinin sonucu olarak, bazı temel aşınma mekanizmaları meydana gelir [47]. Bunlar:

- a) Abrasiv aşınma
- b) Difüzyon ile aşınma
- c) Oksidasyon aşınması
- d) Yorulma ile aşınma
- e) Adhesiv aşınma
- şeklinde özetlenebilir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Metallerin işlenmesi sırasında oluşan temel aşınma mekanizmaları, (a)Abrasiv, (b)Difüzyon, (c)Oksidasyon, (d)Yorulma, (e)Adhesiv [47].

3.3.1. Abrasiv aşınma

Yırtılma veya çizilme aşınma olarak da isimlendirilen abrasiv aşınma, sistemde hızlı hasara neden olan önemli bir aşınma türüdür(Şekil 5.3a). Abrasiv aşınma, biri diğerinden daha sert ve pürüzlü olan metal yüzeylerinin birbiriyle temas halindeyken kayması sırasında meydana gelir. Şekil 3.6'de sert bir malzemenin, yumuşak bir malzemeden çapak şeklinde abrasif aşınma parçaları alışı gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Abrasiv Aşınma [51]

Sert parçaların yumuşak metale batması da abrasiv aşınmaya neden olabilmektedir. Abrasiv aşınma hızı, malzeme yüzeyine etki eden yük azaltılarak düşürülebilir; bu durumda sert parçacıklar metal içine daha az dalarlar böylece daha az malzeme kaybı meydana gelir. Malzeme açısından daha sert alaşım kullanarak, sertlik arttırmak amacıyla ısıl işlem uygulayarak ve malzeme yüzeyini sert bir tabakayla kaplayarak, abrasiv aşınma hızını azaltmak mümkündür.

3.3.2. Difüzyon ile aşınma

Difüzyon aşınmasında, talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kimyasal yükler daha etkilidir (Şekil 3.5b). Takım malzemesinin kimyasal özellikleri ve takım malzemesinin iş parçası malzemesiyle olan birleşme eğilimi, difüzyon aşınma mekanizmasının oluşmasını belirleyecektir. Tungsten karbür ve çelik birbirine karşı difüzyon aşınma mekanizmasının oluşmasına sebep olan birleşme eğilimine sahiptirler. Bu aşınma sonucunda takımın talaş yüzeyinde krater oluşması söz konusudur. Mekanizma daha çok sıcaklığa bağlıdır ve bu sebeple yüksek kesme hızlarında daha büyüktür. Difüzyon aşınması, karbonun talaşa difüzyonu ve takım içine çelikten demir transferi şeklinde meydana gelmektedir.

3.3.3. Oksidasyon aşınması

Havanın etkisi ile yüksek kesme sıcaklıklarında meydana gelen ve yüzeylerde bir oksit tabakasının oluşması ile sonuçlanan bir aşınma çeşididir (Şekil 3.5c). Kesme işleminden sonra kesici takım incelendiğinde, temas yüzeylerinin yakınlarında renklenmelerin oluştuğu görülür. Bu renklenmeler kesici takım malzemesinin oksidasyona uğradığının göstergesidir. Oluşan oksit tabakası kesme ağzında çok küçük çentikler meydana getirir. Çeşitli takım malzemeleri, çeşitli oksit tabakaları oluşturur. Örneğin tungsten ve kobalt, sürtünme ile kolay uzaklaştırılan gözenekli bir oksit tabakası oluşturur. Alüminyum oksidi çok kuvvetli ve serttir.

3.3.4. Yorulma aşınma

Yorulma aşınması genellikle termo-mekanik bir kombinasyondur. Sıcaklık dalgalanmaları ve kesme kuvvetlerinin değişmesi, kesici kenarda çatlamalara ve kırılmalara sebep olur(Şekil 3.5d). Titreşimli ve seri darbeli talaş kaldırmada, sıcaklık etkisi altında, kritik bir periyodik yüklemenin oluşması ile takım malzemesi

termal olarak yorulur. Yorulma sonucunda çatlaklar ilerleyerek mikroskobik boyutta küçük parçacıkların kopmasına, bunun sonucu olarak da yorulma ile aşınmanın meydana gelmesine sebep olmaktadır.

3.3.5. Adhesiv aşınma

Bu aşınma mekanizması, takımın talaş yüzeyinde çok düşük işleme sıcaklıklarında oluşur (Şekil 3.5e). Uzun talaş ve kısa talaş veren iş parçalarının hepsinde de söz konusu olabilir. Bu mekanizma genellikle, kesici kenar ile talaş arasında, kenarda BUE oluşmasına sebep olur. Takım yüzeyinde oluşan yığılma talaş, koparak uzaklaşır ve tekrar birikmeye başlayabilir veya kesici kenardan küçük parçacıkların kırılıp uzaklaşmasına, kırılmaya sebep olabilir.

3.4. Takım Aşınma Tipleri

Aşınma mekanizmalarının bir sonucu olarak kesici takımda bir takım aşınma türleri meydana gelir. Aşınma tipi bir veya birkaç aşınma mekanizmasının etkili olması sonucu ortaya çıkar. Bununla birlikte kesme esnasında sadece tek tip bir aşınma değil birden fazla aşınma tipi de gözlemlenebilir. Bu seçilen kesme parametreleri ve takım iş malzeme çiftiyle doğrudan alakalıdır. Literatürde deneysel çalışmalarda gözlemlenmiş aşınma tiplerini bulmak mümkündür [2,6,7]. Bunlar içerisinde en çok karşılaşılan yan yüzey yanak aşınması, krater aşınması ve talaş yığılması (BUE) dır. Çizelge 3.2'de aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri verilmiştir.

Aşınma tipi	Aşınma mekanizmaları
Yan yüzey (yanak) aşınması	Abrasiv aşınma mekanizması
Krater aşınması	Abrasiv ve difüzyon aşıma mekanizması
Plastik deformasyon	Yorulma aşınma mekanizması
Çentik aşınması	Oksidasyon ve yapışma mekanizması
Termal çatlaklar	Termal yorulma mekanizması
Mekanik yorulma çatlakları	Mekanik yorulma mekanizması
Çentikleme	Yorulma mekanizması (termal ve mekanik)
Kırılma (kesici ucun kırılması)	Plastik deformasyon
Yığılma-sıvanma (BUE)	Adhezyon aşınma mekanizması

Çizelge 3.2. Aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri

3.4.1. Yan yüzey (yanak) aşınması

İsminden de anlaşılacağı üzere kesici kenarın yan yüzeylerinde (yanaklarında) genellikle abrasiv aşınma mekanizmasından kaynaklanan bir aşınma tipidir. Bu tip aşınma genelde karşılaşılacak en normal aşınma tipidir. Genellikle emniyetli sürekli artan bir yanak aşınması sağlamak en ideal durum olarak kabul edilir. Aşınma bölgesinin alanı, aşınma miktarının bir ölçümü olarak alınır ve bir optik mikroskop yardımıyla belirlenir. Aşınma alanının genişliği farklı takım malzemeleri için belirlenebilir. Bu kriter belli bir değere ulaştığında takım bilenmez veya değiştirilmez ise takım kırılabilir. Şekil 3.7' da yanak aşınma miktarının zamanla değişimi verilmiştir. Buradan görüleceği üzere 2. aşınma bölgesi takımın normal çalışma bölgesidir. Aşınmış takım iş parçasına karsı titreşim meydana getirerek aşırı sürtünmeye ve kötü yüzey kalitesine neden olur. Bu durumda yüksek ısının ortaya çıkması ve takımın deformasyona uğraması söz konusudur.



Şekil 3.7. Yanak aşınma miktarının zamanla değişimi.

İş parçasının yapısındaki sert karbürler ve alüminyum artıklar mevcut ise veya döküm yüzeyindeki kum tanecikleri nedeni ile sinterlenmiş karbür takımlar yanak aşınmasına maruz kalırlar. Abrasiv aşınma direncini arttırmak için kesme hızını azaltmak, kobalt içerikli ve daha ince dokulu kaplamalı, yüksek aşınma dirençli, yaklaşma açısı küçük takım kullanmak çözüm olabilir. Yanak aşınması kesici takım malzemesinin sertliğiyle ilgilidir. Daha sert takım malzemeleri daha büyük yanak aşınması direncine sahiptirler.



Resim 3.1. Kesici takım yanak aşınması [52]

3.4.2. Krater aşınması

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



Resim 3.2. Kesici takımda meydana gelen krater aşınması [2]

3.4.3. Kesici kenarda yığılma (BUE)

Kesici kenarda yığılma oluşması genelde sıcaklık ve onunla ilişkili olan kesme hızının etkisindedir. Ancak kesici kenar erimesi ve diğer aşınmaların bir sonucu da olabilir. BUE kesici kenar geometrisinde negatif bir değişikliğe sebep olur ve aynı zamanda takım malzemesi BUE biçimindeki kaynaklanmış malzemeyle kopup uzaklaşabilir. Düşük sıcaklık ve yüksek basınçlar iş malzemesinin talaştan takımın talaş yüzeyine basınç kaynağı yapmasına (adhezyon) sebep olur. Kesme esnasında düşük kesme hızı, negatif uç geometrisi seçimi ve yüksek sünekliğe sahip malzemelerin işlenmesi BUE oluşumunun en olası sebepleri arasında sayılabilir. Kesici takım malzemesi ile iş parçası malzemesi arasındaki yapı benzerliği de BUE oluşumunda önemli rol oynar. Şekil 3.8' da kesici kenarda talaş yığılması gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Kesici kenarda talaş yığılması (BUE).

3.4.4. Plastik deformasyon

Bu aşınma tipi, kesici kenar üzerindeki yüksek basınç ve yüksek sıcaklık kombinasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkar. Takım malzemesini plastik deformasyona karşı koyabilmesi için yüksek sıcaklık sertliğine sahip olmalıdır. Kesici kenarın deformasyonu daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına, geometrinin ve talaş akışının değişmesine neden olacaktır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Plastik Deformasyon aşınması.

3.4.5. Çentik aşınması

Yardımcı kesici kenarda çentik aşınması tipik bir adhesiv aşınması olmakla beraber oksidasyon aşınma mekanizmasıyla büyüyebilir. Yan kesme kenarında çentik oluşması, mekanik yüklerin bir sonucudur ve genellikle sert malzemelerin işlenmesi sırasında oluşur. Aşırı çentik aşınması, bitirme talaşındaki yüzey dokusunu etkiler ve kesici kenarın dayanımını zayıflatır.

3.4.6. Termal çatlaklar

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

3.4.7. Mekanik yorulma çatlakları

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

3.4.8. Çıtlama (Çentiklenme)

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

3.4.9. Kırılma

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

3.5. Takım Aşınmasının Kontrolü

Bir takımın yararlı çalışma süresi, kesici ucun iş parçası üzerinde kaldığı toplam zamandır. Bu zaman zarfında uçta oluşan aşınmaların kontrol edilmesi ile takım ömrünün azalması, ölçülerde sapmaların meydana gelerek ölçü kontrolünü zorlaşması ve işlenmiş yüzeylerin bozuk çıkması engellemiş olur [53].



Şekil 3.10. Takım aşınma kontrolünün yapılacağı bölgeler [51]

Şekil 3.10'da gösterilen notasyonlar aşağıda verilmiştir.

V_{Bmax}; Maksimum serbest yan yüzey aşınması

- V_B; Serbest yan yüzey aşınması
- K_T; Krater derinliği
- K_B; Krater genişliği
- K_M; Krater orta eksen mesafesi

3.6. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir (Şekil 3.11). Dalgalık, yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Standart yüzey pürüzlülüğü değerlendirme kriterleri, yüzeye dik olan bir kesitte belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olarak belirlenir [54].



Şekil 3.11. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler

Yüzey pürüzlülüğü yüzey kalitesini belirleyen bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gibi parametrelere bağlıdır.

İş parçasının istenen yüzey kalitesi ve toleranslarda üretilebilmesi büyük ölçüde uç radyusu ve ilerleme değerlerine bağlıdır [55].

Soğutma sıvısı kullanımı, kesici takımın uç yarıçapı, talaş açısı değerine de bağlıdır. Titreşim riski varsa uç radyusu küçültülmelidir, ya da büyük ilerleme değerleri için büyük uç radyusu kullanılmalıdır. Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğü ölçüm değerlerinde, kesici takım aşınmasına bağlı bir etkiyi önlemek için, bütün kesme işleminde farklı bir kenar kullanılmıştır. Literatürde de kesici takımda meydana gelen aşınmaların yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğu görülmüştür [2, 5, 6, 10].

Yüzey kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Parçanın işlenmesi sırasında takım hatalarına ve kesme sırasında meydana gelen titreşimlere bağlı olarak iş parçasında geometriksel hatalar meydana gelir. Kesici takım hataları; takımın hatalı olarak yerleştirilmesi, kesici takımın kesme esnasında kesme kuvveti etkisiyle şekil değiştirmesi ve takım aşınması olarak karşımıza çıkar [55].

Yüzey kalitesi talaşlı imalatta önemli bir ölçüttür. Kesme hızındaki artışla birlikte yüzey pürüzlülüğünde düzelme görülmektedir. Kesme hızının arttırılması literatürde de önerilmektedir.

İşlem parametreleri sırasında yüzeyi iyileştirmek için şunlara dikkat etmek gerekir;

- Yüzey kalitesi yüksek kesme hızı ve pozitif talaş açılı uçlar ile arttırılabilir.
- Titreşim riski varsa daha küçük radyuslu uçlar seçilmelidir.
- Daha yüksek ilerleme değerleri uygulanıyorsa, en az 60° uç açısına sahip iyi bir kesme kenarı dayanımı olan uçlar kullanmak gerekir.
- Yüksek ilerlemede 90° den daha küçük ayar açısı kullanmak gerekir.

Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra), Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. Ortalama yüzey pürüzlülüğü

Belirli bir ölçüm uzunluğundaki (l_n) ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a), merkez çizgisinden ölçüm uzunluğuna kadar olan mesafede ölçülen yükseklik değişimlerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 3.12). Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) gereksinimi yaklaşık olarak 1,6 μ m' yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğünü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standardı belirlenmiştir. Ülkemizde TS 2040 nolu standart ile yüzey kaliteleri bir standarda bağlanmıştır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemiştir.

Şekil 3.13.'de, maksimum yüzey pürüzlülüğü, maksimum yüzey pürüzlülüğü değerinin teorik hesabı ve ilerleme değeri hesabı görülmektedir.



Şekil 3.13. a) Maksimum yüzey pürüzlülüğü

Maksimum yüzey pürüzlülüğü değerinin teorik hesap formülü Eşitlik 3.5'de verilmiştir.

$$R_{max} = \frac{f.n^2}{8.r} \times 1000 \ \mu m \tag{3.5}$$

Bu eşitlikte kullanılan notasyonlar aşağıda verilmiştir.

R_{max}; Yüzey Pürüzlülüğü

r; Köşe radyusu (mm)

Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi;

İşleme kalitesini etkileyen faktörler dört grupta incelenir.

 Takım tezgâhına ait sapmalar; tezgâhın kinematik mekanizmasındaki mevcut olan hataların etkisinden, ana mil ile kızak yüzeylerinin paralel olmamasından, tezgâhın tüm mekanizmaları ve yataklama sistemlerindeki mevcut olan sapmalar ve boşlukların etkisinden, gövde ve ana milin yeterince rijit olmamasından dolayı oluşur.

- Bağlama sistemine ait hatalar; ana elemanların imalat hatalarından, tertibatın yeteri kadar rijit olmamasından, ana elemanlarda oluşan aşınmalardan kaynaklanır.
- Takım sistemine ait hatalar; takımın konum bakımından hatalı bir şekilde tutturulmasından, kesme kuvvetlerinin etkisi altında sekil değiştirilmelerin oluşması ve takımın aşınmasından kaynaklanır.
- Ortamın etkisi altında meydana gelen hatalar; sıcaklığın oluşturduğu şekil değiştirmeleri ve diğer tezgâhlardan gelen titreşimlerden kaynaklanır [54].

3.7. Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırmak için takıma kesme yönünden kesme kuvveti denilen bir kuvvet uygulanır. Kesme kuvvetleri, talaş oluşumundan, talaş şekil değiştirmesinden ve talaş ile takım arasında oluşan sürtünmelerden dolayı oluşur. Bu esnada oluşan kesme kuvvetleri, kesme performansına ve birim parça maliyetine doğrudan etki etmektedir. Bu sebeple kuvvet ölçümlerinin sağlıklı yapılması çok önemlidir.

3.7.1. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi

Talaşlı imalat işlemlerinde (tornalama, frezeleme, delme, taşlama vb.) üretilen iş parçası kalitesinin artırılması ve maliyetin düşürülmesine yönelik yapılan çalışmalarda kesme kuvvetlerinin tespiti ve analiz edilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Talaşlı üretim alanında kesme kuvvetlerini ölçmek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda işleme tipine bağlı olmaksızın kesme kuvvetlerini ölçme işlemi iki kategoride toplandığı görülmüştür. Bu ölçme sistemlerinden birincisi, adaptif kuvvet ölçme olarak adlandırılan, tezgâh kontrol sistemi veya kesicinin bağlı bulunduğu motordan alınan akım veya elektrik sinyallerinin analizi ile kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Diğer kuvvet ölçme sistemi ise, iş parçası veya kesici üzerine yerleştirilen dönüştürücüler (gerilim ölçerler, yük hücreleri, dinamometreler) sayesinde kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir [57].

3.7.2. Kesme kuvveti bağıntıları

Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, kesme performansına ve birim parça maliyetine doğrudan etki etmektedir. Bu sebeplerle yıllardır araştırmacıların sürekli ilgisini çekmiş, pek çok araştırma yapılmış ve halen de yapılmaktadır. Takım malzemelerindeki gelişmeler, özellikle 1930'lu yıllarda sert karbürlerin kullanılmaya başlanması ile birlikte, kesme hızları artmış, daha kaliteli yüzeyler elde edilmeye başlanmıştır. İmalatın uzun ömürlü, kaliteli, emniyetli ve ekonomik olabilmesi için, etkiyen tüm kuvvetlerin hassas biçimde belirlenmesi gerekir. Bu sebeple kuvvet ölçümlerinin sağlıklı yapılması çok önemlidir [47].

Şekil 3.14.'de torna tezgahında takım üzerine etki eden kuvvet bileşenleri gösterilmektedir. Tornalama işleminde takım iş parçası etkileşimi üç bileşenli bir kuvvet sistemiyle ifade edilir. Takım/talaş yüzeyi üzerine etki eden, kesme ucuna dik V yönündeki kuvvetin bileşeni kesme kuvveti (F_c) olarak adlandırılır. F_c , kesme hızı vektörü doğrultusunda etkiyen asıl kesme kuvveti olup genellikle oluşan kuvvetlerin en büyüğüdür. İlerleme doğrultusuna paralel yönde takım üzerine etkiyen kuvvet bileşeni ilerleme kuvveti (F_f) olup, bu kuvvet genelde F_c kuvvetinin yaklaşık %55'ne kadar çıkabilmektedir. Radyal yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan, işlenmiş yüzeye dik etki eden pasif kuvvet (F_p) ise üçüncü kuvvet bileşenidir [47].



Şekil 3.14. Tornalamada Oluşan Kesme Kuvvetleri [48]

Talaş kaldırma kuvveti veya bileşke kuvvet (R) için,

$$R = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2}$$
(3.6)

yazılabilir.

3.7.3. Esas kesme kuvvetinin belirlenmesi

Kienzle'ye göre asıl kesme kuvveti, talaş kesiti ile işlenen malzemenin özgül kesme direncinin çarpımı esasına dayanır [58].

$$\mathbf{F}_{c} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{k}_{s} \tag{3.7}$$

Talaşlı imalatta takım tezgâhlarının pek çoğu için kesme kuvveti ve buna bağlı kesme gücünü hesaplamak için kullanılır. Bu hesaplamada, talaş geometrisi de büyük önem taşımaktadır. Talaş kesitini belirleyen en önemli faktör Şekil 3.15 3.14'.de gösterilen kesici takım yanaşma açısı (K χ)' dır[47].



Şekil 3.15. Talaş Kesitinin Yanaşma Açısı İle İlişkisi [47]

Şekil 3.15'de, talaş kesit alanı için $A_0 = a \cdot f$ veya $A_0 = b \cdot h$ yazılabilir. Kesme kenarı açısı; sin $\chi = (h/f)$ olduğuna göre b ve h için sırasıyla; $b = a / \sin \chi$ ve $h = f \cdot \sin \chi$ bağıntıları yazılabilir. Şekil 3.15 3.14' deki taralı alan, talaş kesitini ifade ettiğinden; $\chi=90^{\circ}$ olması halinde, kesit dikdörtgen ($A_0 = a \cdot f$) ve $\chi < 90^{\circ}$ halinde ise kesit paralel kenar şeklinde olacaktır ($A_0 = b \cdot h$) [59].

3.7.4. Diğer kesme kuvvetlerinin belirlenmesi

Talaş kaldırma sırasında oluşan kuvvetlerin tayini için ampirik ifadeler çeşitli araştırmalar sonucu ortaya konulmuş olmakla beraber, bu kuvvetlerin dinamometreler ile ölçülmek suretiyle belirlenmesi en etkili yoldur. Pasif kuvvet (F_p) ve ilerleme kuvveti (F_f) için kesin değerler olmamakla beraber tornalama işlemlerinde esas kesme kuvvetine bağlı, yaklaşık olarak aşağıdaki gibi hesaplanırlar [48].

$$F_f \approx (0, 2: 0, 3) F_c$$
 (3.8)

$$F_{p} \approx (0,1: 0,2) F_{c}$$
 (3.9)

3.8. Talaş Hacmi

Kaldırılan talaş hacmi, işlenmiş iş parçasından kaldırılan malzeme miktarı olup mm³/min veya cm³/min cinsinden ölçülür. Talaş kaldırma miktarı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [60].

$$H = \left(\frac{\pi . L.(D_0/2)}{\pi . L.(D_1/2)}\right)^2$$
(3.10)

3.9. Takım Ömrü Standardı

Kesme hızı-Takım ömrü ilişkisi deneysel olarak yapılan çalışmalar sonucu bulunup "n" değerleri buna göre belirlenmektedir. Bu ilişki malzemelerin işlenebilirliği ve işlenebilirlik karşılaştırmaları açısından da oldukça önemlidir. Bu deneylerin yapılmasındaki esaslar günümüzde standardlaştırılmıştır. Örneğin tek ağızlı kesiciler (torna kalemleri) için ömür deneyleri aşağıdaki standardlar esas alınarak gerçekleştirilebilir.

- TSE-10329
- BS-5623
- ISO-3685

Bu çalışmamızda, torna tezgahında talaş kaldırma işlemlerindeki takım ömrünü belirlemek için TSE 10329 referans alınmıştır. Bu standart torna kalem ömrü deneyleri ile deneylerde kullanılacak iş parçası, kesme sıvısı, kesme şartları, kalem aşınması ve kalem ömrü, techizat, deney metodu, deney raporları örneğini kapsamaktadır.

TSE 10329'a göre, takım ömrü deneylerinde kullanılması öngörülen bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.9.1. İş parçası

İş parçası malzemesinin tek başına deney değişkeni veya önemli bir parametre olmadığından bütün deneylerde kullanılacak iş parçası malzemesi, C45'e denk ve kimyasal işlevi TSE 10329 belirtilmiş değerler arasında sıcak haddelenmiş, orta karbonlu çelik olarak tercih edilmiştir. Kalem ömrü deneylerinde kulanılacak parçanın (deney çubuğunun), deney başlangıcındaki çapı en az 100 mm olmalı, bu mümkün değil ise gerçek çap, deney raporunda belirtilmelidir. İş parçasının uzunluk/çap oranı, ortalamanın meydana geldiği asgari orandan büyük olmamalıdır. Ortalama meydana geldiğinde deney durdurulmalıdır. Uzunluk/çap oranı en çok 10 olmalıdır. Deney parçası yerine, üretilmekte olan bir parça üzerinde yapılan talaşlı işleme deneylerinde, o parçanın normal olarak işlenmesinde kullanılan bağlama cihazları kullanılmalıdır. Ayna ve iş mili stabil ve iyi dengelenmiş olmalıdır. İş parçası, ayna ile punta arasına bağlandığında, parça üzerinde herhangi bir eğme kuvveti meydana getirmemeye azami dikkat sarf edilmelidir. Puntaya bağlanacak iş parçalarına 6,3 mm çapında ve ø120 koruyucu havşası olan punta deliği açılmalıdır [61].

3.9.2. Torna kalemi

Torna kalemi malzemesinin tek başına deney değişkeni veya önemli bir parametre olmadığından bütün deneylerde kullanılacak kalem malzemesi, yüksek hız çeliği, sert metaller, seramik uçlar kullanılmaktadır, diğer kalem malzemeleri için deney değişkeni olarak kullanıldığı yerlerde, malzemenin sınıfı ve mümkünse kimyasal bileşimi, sertliği ve mikro yapısı raporda belirtilmelidir [61]. Çalışmamız kapsamında tercih edilen, kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür, sert metal uçlar kategorisindedir.

3.9.3. Kesme şartları

Standart kesme şartları

İlerleme f, talaş derinliği a veya uç yarıçapı r_{ϵ} ' nun esas deney değişkeni sayılmadığı bütün deneylerde, kesme şartları Çizelge 3.3' de verilen kombinasyonlardan en az birine uygun olmalıdır. Çalışmamızdaki, standart kesme şartımız B sütununda bulunan değerler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Standart kesme şartları

Kesme Şartları	А	В	С	D
İlerleme f, mm/dev	0,1	0,25	0,4	0,63
Talaș derinliği a, mm	1,0	2,5	2,5	2,5
Uç yarıçapı r_{ϵ} , mm	0,4	0,8	0,8	1,2

İlerleme toleransı % +3, -2 olmalıdır. Talaş derinliği toleransı % 5, ve uç yarıçapı toleransı $\pm 0,1$ mm olmalıdır.

3.9.4. Kesme hızı

Kesme hızı (m/dak), tornalanacak parçanın çevresi üzerinde belirlenmelidir. Diğer bir ifadeyle tornalamayla oluşacak çapa göre değil, işlenecek yüzeye göre

belirlenmelidir. Ayrıca, kesme hızı, kalem parçadan talaş kaldırırken, kesme işleminden doğan hız kaybını hesaba katarak ölçülmelidir. Her bir kesme şartı için en az dört farklı kesme hızı seçilmelidir. Genel olarak kesme hızları uygulanabilecek azami hızda kalem ömrü 5 dakikadan az olmayacak şekilde seçilmelidir. Kesme hızı-kalem ömrü eğrisinde uygun aralıklı noktalar elde etmek için kalem ömrünü yaklaşık iki katına çıkaracak sabit bir oranı veren ardışık kesme hızları tavsiye edilir. Bu husus, kesme hızları, Çizelge 3.4. 'de verilen standart sayılardan seçilerek sağlanabilir. Daha geniş bir kesme hızı aralığının seçilmesi gerektiğinde, yüksek hız çeliği kullanılan kesme deneyleri için R20 dizisi yerine R40 dizisi ve benzer olarak sert metal uçlu kalemler için, R10 dizisi yerine R20 dizisi kullanılabilir [61].

Çizelge 3.4. Kesme hızları için standart sayıların geometrik dizileri

Yüksek Hız	Sert Metal	Seramik
(R 40)	(R 20)	
1,00	1,00	1,00
1,06		
1,12	1,12	
1,18		
1,25	1,25	1,25

3.9.5. Kalem aşınmasının ölçülmesi

Sert metal uçlu kalemlerle ilgili olarak en çok kullanılan kıstaslar aşağıda verilmiştir.

- Yan yüzün aşınan kısmının ortalama genişliği $V_B=0,3$ mm ise bu aşınma, normal kabul edilir.

- Yan yüzün aşınan kısmının azami genişliği V_{Bmax} = 0,6 mm ise normal olmayan aşınma kabul edilir.

Yan yüzün aşınan kısmının altına yapışan parçacıklar, aşınan kısmın daha geniş görülmesine sebep olabilir. Ayrıca krater içinde kalan parçacıklar, ölçülen krater derinliğinin daha düşük değerlerde olmasına sebep olur. Kalem üzerine yapışmış olan talaşlarla, kraterin içinde kalan parçacıklar dikkatli bir şekilde temizlenmelidir, ancak, deney sona ermedikçe kimyasal aşındırıcılar kullanılmamalıdır.

3.9.6. Teçhizat

Üzerinde deney yapılacak torna tezgahı, dengeli ve stabil bir konstrüksiyona sahip olmalı ve deney şartları altında, titreşim veya anormal biçim değişikliği eğilimi göstermeyecek kadar iyi durumda olmalıdır. Üzerinde deney yapılacak takım tezgâhı kullanılacak iş mili hızı aralığını içine alan ve kademesiz hız ayarlayan bir teçhizatla donatılmış olmalıdır. Bu husus dönmede, ardışık kesmeler sonucu azalan iş parçası çapına rağmen aynı kesme hızının sağlanabilmesi açısından önemlidir. Bundan başka kademesiz hız değiştirme tertibatı kesme hızının önceden hassasiyetle tayinine ve tam bir kalem ömrü eğrisi için gerekli verilerin elde edilmesinde geçecek sürenin azalmasına imkân verir.

Aşağıdaki teçhizat deneydeki ölçmeler için gerekli olup, bu standarttaki tolerans değerlerinin okunabileceği hassasiyette olmalıdır.

- Kalem köşelerinin incelenmesi için bir profil projektörü,
- Kesme zamanının tespiti için bir kronometre,
- Yan yüzün aşınan kısmını ölçmek için, takımcı mikroskobu veya özel merceklerle donatılmış mikroskop,
- Kalem aşınmasının hassasiyetle ölçülebilmesi için tavsiye edilmiş bir ölçme tablası,
- Kesme hızını ölçme cihazı,
- İş parçası torna tezgâhında bağlı iken, yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için taşınabilir pürüzlülük ölçme cihazlarıyla deney düzeneği hazırlanmalıdır.

3.9.7. Sonuçların kaydı ve raporda belirtilmesi

 $C = VxT^n$ Taylor kesici takım ömrü formülünün sabitleri, grafik yöntemiyle veya regresyon analiz yoluyla açıklanabilmektedir.

Grafik yöntemi

Gözle değerlendirmede "C" ve "n" sabitlerini birçok haller için kabul edilebilir bir doğrulukta ve çabucak kestirmek mümkündür. Bununla beraber gözle yapılan değerlendirme objektif olmadığı gibi bu değerlendirmede, değerlendirmeyi yapan farklı iki kişinin tamamen aynı sonucu elde edememesi ihtimali de her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

Ölçeği eşit modülde bir log - log grafik kâğıdı, düşey eksende, kalem ömrü, T (bağımlı değişken) ve yatay eksende, kesme hızı, V (bağımsız değişken) ile kullanılmalıdır. Belirli bir kalem ömrü kıstası için yapılan bütün V ve T gözlemleri yanlışlığı açık olan değerler hariç tutularak çizilmelidir.

En iyi doğru çizgi log T - log v grafiğine uydurulmalıdır. Doğru, doğru ile gerçek noktalar arasında gözle tahmin edilen düşey mesafelerin kareleri toplamı, teorik olarak, olabildiğince küçük olacak şekilde çizilmelidir.

k Sabiti, doğrunun eğminden veya doğrunun gerçek olarak üzerinden geçtiği iki gözlenmiş diziden (k,T) kolaylıkla elde edilebilir.

$$k = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2}$$
(3.11)

C sabiti, bir dakikalık kalem ömrü için kesme hızı olarak doğrudan doğruya grafikten alınabilir. Bununla beraber, C, aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$C = V_1 T_1^{-1/k}$$
(3.12)

Regresyon analiz ile değerlendirme

Doğrusal regresyon analizi, deneyde elde edilen bir grup gözlem sonucunu bir doğruya uydurmakta kullanılan objektif bir metottur. Doğru, bu doğru ile gözlemleri temsil eden noktalar arasındaki sapmaların karelerinin minimize edilmesini gerektiren en küçük kareler metodu ile deney sonuçlarına uydurulur. Regresyon analizi göz kararı ile basit bir doğru çizme yerine, verilen veri takımına en uygun doğrunun çizilmesine yarayan istatistikî bir metottur. Bu metot, işaretlenen noktaların, çizilen doğrudan belli bir yöndeki uzaklıklarının karelerinin toplamı veya sapmalarını minimum olacak şekilde veren denklemi belirler. Bu özel çalışmada log T, bağımsız bir değişken olan log V' nin doğrusal bir fonksiyonu olarak kabul edilir. Bundan dolayı sapmalar, log T üzerinde, izah edildiği şekilde veya düşey olarak ölçülür. T ve V' den, log T ve log V' ye yapılan logaritmik dönüşüm, T yerine log T' den olan sapmalar için hesaplanan bir regresyon analiziyle sonuçlanır [61].

Bu iki yöntem doğrultusunda gerçekleştirilen, takım ömrü deney sonuçları ve ayrıntılı bilgi Materyal ve Metot bölümünde verilmiştir.

4. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür kesici takımlar için, Taylor'un takım ömrü modellerindeki "n" üstel değerinin işleme şartlarına bağlı olarak belirlenmesi yönünde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple çalışma yöntemi "TSE 10329 (ISO 3685) Torna Kalemleri Ömür Deneyi" standardındaki esaslar üzerine oluşturulmuştur.

4.1. Malzeme

Takım ömrü deneyleri için iş parçası malzemesi olarak imalat sanayisinde geniş kullanım alanı olan AISI 1050 (DIN 1.1210) karbon çeliği kullanılmıştır. Bu malzemenin analizi Mavi Çelik firması tarafından yapılarak kimyasal kompozisyonu belirlenmiş ve sonucu Çizelge 4.1'de verilmiştir. Firma tarafından alınan sertifika EK-2'de verilmiştir. Ham deney malzemesi Ø100x530 mm boyutlarındadır.

Çizelge 4.1. AISI 1050 çeliği kimyasal bileşimleri, % Ağırlık

Element	С	Si	Mn	Р	S	Cr	Ni	Cu	МО
% Ağırlık	0,49	0,19	0,79	0,022	0,025	-	-	0,057	-

4.1.1. Deney numunelerinin hazırlanması

Deney malzemesi TS 10329 göz önünde bulundurularak boy/çap oranı 10/1'den küçük olacak şekilde hazırlanmıştır. Numuneler; ayna-punta arasında işlemeye uygun olacak biçimde numunelerin ucuna 6,3 mm çapında ve 120 derece koruyucu havşası olan punta deliği açılmış ayna tarafına ise çapı 90 mm' ye düşürülerek bir kademe oluşturulmuştur. Malzemenin titreşim, işlerken vuruntu ve haddeleme işlemleri yüzey pürüzlülüğü, kuvvet ve aşınma değerini etkileyeceğinden, malzeme üzerinden 1 mm tabaka talaş kaldırılarak malzemenin kendisinden ve

bağlanmasından dolayı meydana gelebilecek salgı yok edilmeye çalışılmış, hem de haddelemenin olumsuz etkileri giderilmiştir.

4.1.2. Kesici takım ve takım tutucu seçimi

Deneylerde TS 10329' te belirtilen deney şartlarına uygun olarak SANDVIK firmasına ait takım uç burun yuvarlatma yarıçapı (r) 0,8 olan SNMG formundaki karbür kaplamalı (4225 grade) QM talaş kırıcı geometrisine sahip ve kaplamasız (H13A) QM talaş kırıcı geometrisine sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Kesme deneylerinde kullanılan ve talaş kırıcı geometrisi ile talaş açısına göre sınıflandırılan kesici takımlar Çizelge 4.2' de verilmiştir. Deneylerde kullanılan SNMG kesici uç resmi Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

ISO 3685'e göre gösterim	Burun yuvarlatma yarıçapı r (mm)	Talaş kırıcı geometrisi
SNMG 12 04 08-QM GC4225	0,8	QM
SNMG 12 04 08-QM H13A		



Şekil 4.1. SNMG Kesici takım ölçüleri [63]

Deneyde kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür uçlar tercih edilmiştir. Mekanik sıkmalı tip uçlar sert metal malzeme için, ISO P20 kalitesine karşılık gelecek şekilde bir takım tutucu kullanılmıştır (Resim 4.1).



Resim 4.1. Kullanılan takım tutucu

Tornalamada yaklaşma açısı takım ömrü açısından önemlidir [8, 12]. Resim 4.1'de takım tutucunun yanaşma açısı 75° olarak belirlenmiştir. Ayrıca kesici takım tutucuya ait geometrik boyutlar Çizelge 4.3 'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kesici takım tutucunun geometrik boyutları

Gösterimi	h	h1	b	I2	f	Ga°	Gr ^o
PSBNR 2525 M12	25	25	150	30	32	-6	-6

4.2. Yöntem

4.2.1. Kesme parametrelerinin belirlenmesi

Kesme parametleri belirlenirken, takım üretici firma verileri ve TS 10329' da öneriler dikkate alınarak (Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4), beş farklı kesme hızı, sabit ilerleme ve talaş derinliği belirlenmiştir. Takım ömrü deneyi, Çizelge 4.4' da verilen kesme şartları altında kuru olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.4. Kesme şartları

Kesici Takım	Kesme Parametreleri		
	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)
SNMG 12 04 08- QM 4225 Kaplamalı Takım	280-315-350-390-450	0,25	2,5
SNMG 12 04 08- QM H13A Kaplamasız Takım	280-315-350-390-450	0,25	2,5

4.2.2. Takım ömrü deneylerinin yapılması

Kesme Hızı-Takım Ömrü V-T eğrisi için seçilen beş farklı kesme hızında kesme yapılmıştır, herbir kesme hızı için, yeni bir kesici kenar kullanılmıştır (Resim 4.2). Takım tutucu ise deney tamamlanıncaya kadar sökülmemiş ve yerinden oynatılmamıştır. Kesici uç kenarındaki yan yüzey aşınmaları ölçülmüştür.



Resim 4.2. Deneyler için hazırlanmış numune ve deney düzeneği

4.2.3. Yanak aşınmasının ölçülmesi

Aşınmanın ölçülebilmesi için optik mikroskop kullanılmıştır. Mikroskobun X-Y eksenlerinde hareket eden tablasının, X doğrultusundaki ilerlemesini ölçebilecek 0,005 mm hassasiyetinde bir tambur bulunmaktadır. Bu sayede, kesici ucun yan yüzeyinin 0,005 mm hassasiyette ölçülebilmesi sağlanmıştır. Mikroskobun göz merceğine takılı bulunan ''+'' şeklindeki işaret, ölçüme referans olacak bir korrdinat sistemini oluşturmuştur. Aşınma ölçümünün yapılabilmesi için kesici, iki adet destek arasında mikroskobun tablasına yerleştirilmiştir. Gözlenen ucun talaş ve yan yüzey birleşme köşesi dikey (Y – Y) kordinat ekseni ile çakıştırılmış, daha sonra tabla X-X doğrultusunda gezdirilerek VB_B ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.2). Her kesme hızında belirli süre aralıklarında ölçümler tekrarlanmıştır. Kesici takım yan yüzey aşınması ölçümü için 0,01 mm hassasiyetli WF 20X bir takım mikroskobu kullanılmıştır.



Şekil 4.2. Kesici ucun yanak aşınmasının ölçülmesi

Aşınma deneyleri, belirlenen kontrol mesafesinde takma ucun mikroskop altında incelenmesiyle yapılmıştır. Her kontrol mesafesinde uçtaki aşınma miktarı ve o zamana kadarki kaldırdığı talaş hacmi not edilmiştir. Aşınma seviyesi 0,30 mm' ye ulaştığı zaman, takımın aşındığı kabul edilmiş ve deney sonuçlandırılmıştır.

4.2.4. Yüzey pürüzlüğünün ölçülmesi

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için "Mahr Perthometer M1" yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Her yeni deneyin başlangıcında, boyuna tornalamaların yapıldığı yüzeyler üzerinde yapılan ölçümler, iş parçası eksenine paralel olacak şekilde ve iş parçası kendi ekseni etrafinda 120° döndürülerek üç ayrı yüzeyden ölçüm değerleri alınarak yapılmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlüğü ölçme cihazının teknik özellikleri Çizelge 4.5' da verilmiştir.

MODEL	Perhometer M1 (Mahr)
Ölçme Hızı	150 μm/sn
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Uç Malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	5,6 mm
Tarama Hızı (mm/sn)	0,5
Boyutları (mm)	190x170x75
Yaklaşık Ağırlığı (gr)	900
Dil	Seçilebilr 10 Arupa, 3Asya dili

Çizelge 4.5. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri
4.2.5. Kesme kuvveti

Deneylerde teknik özellikleri Çizelge 4.6' de verilmiş olan KİSTLER 9257B tipi dinamometre kullanılmıştır. Her bir deney için; kesme derinliği, ilerleme sabit ve kesme hızlarında değişiklik yapılarak kesme kuvvetlerinin grafikleri Şekil 4.3. 'deki gibi elde edilmiştir. Kesme işlemi sonunda kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu bölgenin başlangıç ve bitiş değerleri esas alınarak, ortalama Fc (esas kesme kuvveti), Fa (ilerleme kuvveti), Fp (Pasif/radyal kuvvet) kuvvetleri belirlenmiştir. Şekil 4.3.' deki örnek grafikte de görülen Fx=Fa, Fy=Fp, Fz=Fc'ye karşılık gelen kuvvetleri işaret etmektedir.

Çizelge 4.6. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri

Kuvvet aralığı (kN)(Fx, Fy,	-510	Doğal frekans f ₀ (x,y,z)	3,5
Fz)		(kHz)	
Tepki verme (N)	<0.01	Histerezis	%0,5 FSO
Hassasiyet (pC/N) Fx, Fy	-7,5	Çalışma sıcaklığı (°C)	070
Fz	-3,5	Kapasitans (pF)	220
Doğrusallık	%1 FSO	Ağırlık (kg)	7,3



Şekil 4.3. Kistler 9257B tipi dinamometre ile ölçülen kesme kuvvet

4.3. TSE 10329' a Göre "n " Üstel Değerinin Hesaplanması

 $C = VxT^n$ Taylor kalem ömrü formülündeki "n" ve "C" sabitleri, TSE 10329'a göre, 3. Bölümde açıklandığı üzere, grafik yöntemi veya regresyon analiziyle hesaplanmaktadır.

4.3.1. Grafik yöntemi

Kaplamasız ve kaplamalı sementit karbür takımlar için herbir kesme hızı değeri için takımın 0,3 mm yan kenar aşınma süresi verileri alınarak Excel ofis programı yardımıyla bir tablo oluşturulmuştur. Kesme hızı ve takımın aşınma süreleri logaritmik on tabanında hesaplanarak tablodaki sütunlarının karşılığına yazılmıştır. Excel ofis programında Log V / Log T grafiği oluşturulmuş ve bu grafiğe bağlı olarak doğrusal bir formül elde edilmiştir.

Grafikten elde edilen formülde Log V (x)' e karşılık gelen iki ayrı değer alınmış ve Log T (y) değeri elde edilmiş ve bu değerler Taylor teoremindeki "n" üstel formülüne (Eşitlik 4.1) yerine konulmasıyla hesaplanmıştır.

$$n = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2}$$
(4.1)

4.3.2. Regresyon hesaplama yöntemi

Regresyon analizi hesapla değerlendirme yapılan bir istatistiksel metoddur. Bu metot belirli bir yönde çizilen bütün noktaların sapmaları veya toplam kareler mesafesinden düz doğrunun minimum olan denklemini belirler. Burada log T bağımsız değişken olan log V' nin doğrusal fonksiyonudur. Hesaplamalar için TS 10329 da bulunan regresyon hesaplama planı Çizelge 4.7' de gösterilmiştir. Bunla ilgili olarak Excel'de Çizelge 4.7'de gösterilen sayfa oluşturulmuş ve girilen V ve T değerlerine bağlı olarak gerekli bütün hesaplamalar otomatik olarak yaptırılmıştır.

1	2	3	4	5	6	7	8
Gözlem	V						
No	m/dak	T dak	$x = \log V$	$y = \log T$	xy	X^2	y ²
1							
2							
3							
4							
p=Toplam			$\sum x =$	$\sum y=$	∑xy=	$\sum X^2 =$	$\sum y^2 =$
			$(\sum x)^2 =$	$\sum x.\sum y =$			
			$(\sum x)^2/p =$	$\sum x.\sum y /p=$			

Çizelge 4.7. "n" Sabiti regresyon doğrusu hesaplama planı

İşlemlerde aşağıdaki semboller kullanılmıştır:

p: Deneyde yapılan gözlem sayısı

x: log V

y: log T

V değerlerine bağlı olarak elde edilen T değerlerleri ilgili Çizelge 4.7' un ilgili sütunlarına yazılır. Buna bağlı olarak, LogV ve Logt değerleri hesaplanır. Bu aşamadan sonra, Eşitlik 4.1'den x ve y değerleri bulunur.

$$\overline{\mathbf{x}} = \Sigma \mathbf{x}/\mathbf{p}, \quad \overline{\mathbf{y}} = \Sigma \mathbf{y}/\mathbf{p} \tag{4.2}$$

Uygun eksenin seçimi ile birlikte, Taylor kalem ömrü denkleminin dönüşümü Eşitlik 4.2'de ile gerçekleştirilir.

$$y = a + k (x - \overline{x}) \tag{4.3}$$

Burada;

$$a = k \ (\overline{x} - \log c) \tag{4.4}$$

$$a = \overline{y} \tag{4.5}$$

ve $(\overline{x}, \overline{y})$ merkez noktasının koordinatlarıdır.

Regresyon doğrusu ile x ekseni arasındaki açının tanjantı olan k sabiti, Eşitlik 4.5 ile bulunmuştur.

$$k = \frac{\sum xy - [(\sum x \sum y)/p]}{\sum_{x} 2 - (\sum_{x} 2)/p}$$
(4.6)

$$n=-1/k$$
 (4.7)

x.y çarpımları, Çizelge 4.7 'daki 6 numaralı sütuna yazılarak toplamları bulunur.

 Σx ve Σy değerleri, 4 ve 5 numaralı sütunlardan ayrı ayrı alınır. Σx . Σy çarpımı yapıldıktan sonra n'ye bölünür.

7 numaralı sütunda x²'lerin toplamı, Σx^2 hesaplanır. Sonra 4 numaralı sütundan, x' lerin toplamı Σx alınır. Bu toplamın karesi alınarak, sonuç p' ye bölünür.

Sonuçta c sabiti Eşitlik 4.7 ile hesaplanır:

$$\log c = \overline{x} - \overline{y}/k \tag{4.8}$$

Kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımları için takım ömrü deney verileri TSE 10329 referans alınarak hesaplamaları yapılmıştır.

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Günümüz talaşlı imalat teknolojisinin geldiği noktada, kesici takımların performansları her geçen gün daha fazla önem arz etmektedir. Kesici takımların endüstriyel uygulamalarında performanslarını artırmak için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, AISI 1050 deney numunelerinden, 5 farklı kesme hızında (280-315-350-450 m/dak), ilerleme 0,25 mm/dev, talaş derinliği 2,5 mm ve $V_B=0,3$ mm kesici takım yan kenar aşınması dikkate alınarak CNC torna tezgahında talaş kaldırılmıştır. Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü kriterleri değerlendirilmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada deney sonuçları 3 kategoride değerlendirilmiştir.

- 1. Takım ömrünün değerlendirilmesi
- 2. Kesme kuvvetinin değerlendirilmesi
- 3. Yüzey pürüzlülüğünun değerlendirilmesi

5.1. Takım Ömrü'nün Değerlendirilmesi

Takım ömrü deneyleri, kesme şartlarının takım ömrü üzerindeki etkisini belirlemek ve Taylor takım ömrü denklemindeki "n" üstel değerinin bulunması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Takım ömrünü belirlemek için $V_B=0,3$ mm yan kenar aşınması kriteri esas alınmış ve kesici takım yan yüzeyinde oluşan aşınma; takımcı mikroskobu ile ölçülmüştür.

Takım ömrü deneylerine bağlı olarak "n" katsayısının tespiti TSE 10329'da da belirtildiği üzere 2 farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi, regresyon

analizi ikincisi ise grafiksel yöntemdir [61]. Her iki yöntemde de farklı modeller elde edilmiş ve modeller sonucunda yapılan tahminlerdeki hata oranı aynı olmuştur.

Takım ömrü için gerçekleştirilen deneylerden elde edilen veriler, Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Kaplamasız Takım			
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V _B , (dak)	
1	280	9,286	
2	315	46,326	
3	350	17,520	
4	390	11,416	
5	450	5,171	
	Kapl	amalı Takım	
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V _{B,} (dak)	
6	280	29,689	
7	315	47,341	
8	350	36,787	
9	390	16,067	
10	450	7,965	

Çizelge 5.1. Kaplamalı ve kaplamasız takımlar için elde edilen deney verileri

Çizelge 5.1 incelendiğinde 1. ve 6. numaralı deneyde elde edilen takım ömrünün beklenenden çok düşük çıktığı görülmektedir. Kesici takım kataloğunda önerilen kesme hızı değeri 315-350 aralığıdır. Bu aralığın altında olan 280 m/dak lık kesme hızı değeri takım ömrünü olumsuz etkilemiş ve deney sonuçlarının yorumlanmasını güçleştirmiştir. Takım ömrü için n üssel değerinin gerek grafik ve gerekse analiz yöntemiyle belirlenmesini mümkün kılmamıştır. Dolayısıyla, n üstel değerlerinin belirlenmesinde 1. ve 6. numaralı deney değerlendirme dışı bırakılmıştır. Takım ömrü için n üssel değeri 315, 350, 390 ve 450 m/dak lık deney sonuçlarına göre belirlenmiştir.

5.1.1. Grafik yöntemi

Kaplamasız sementit karbür takımı için

Grafik yöntemiyle n üstel değerinin bulunması için, Bölüm 3' de anlatılan Taylor takım ömrü modeli kullanılmıştır. Çizelge 5.1'de elde edilen deney sonuçlarının onluk tabana göre logaritmaları alınarak, LogV - LogT grafiği hazırlanmıştır. Deney sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan Logaritmik veriler Çizelge 5.2'de ve bu verilerden elde edilen grafik ise Şekil 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Kaplamasız takım için Log V - Log T verileri

Kaplamasız Takım						
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V _B , (dak)	Log V	Log T		
1	315	46,326	2,498	1,665		
2	350	17,520	2,544	1,243		
3	390	11,416	2,591	1,057		
4	450	5,171	2,653	0,713		



Şekil 5.1. Kaplamasız sementit karbür takım için Log V – Log T grafiği

Excel programında elde edilen ve Şekil 5.1'deki grafikte doğrunun eğimi ve bu eğime göre matematiksel bir model oluşturulmuştur. Kaplamasız takımlar için elde edilen denklem Eşitlik 5.1'de verilmiştir.

$$y=-5,908x+16,364$$
 (5.1)

Aynı zamanda elde edilen bu grafiğin R^2 değeri 0,9734 çıkmıştır. R^2 değeri sonuçların güvenirliğini ifade etmektedir.

n katsayısını hesaplayabilmek için Eşitlik 4.1 kullanılmıştır. Kullanılan bu formülde $LogV_2$, $LogV_1$, $LogT_2$, $LogT_1$ değerleri, Eşitlik 5.1' den yaralanılmıştır. Bunun için, belirlenen x değerleri için y değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.3).

LogV (x)	LogT (y)	LogV (x)	LogT (y)
2,400	2,184	2,554	1,274
2,450	1,889	2,555	1,269
2,500	1,594	2,556	1,263
2,551	1,292	2,557	1,257
2,552	1,286	2,558	1,251
2,553	1,280	2,559	1,245

Çizelge 5.3. Kaplamasız takımın LogV-LogT grafiğinde elde edilen değerler

Çizelge 5.3'den rastgele alınan 2 Log V değeri ve bu değerlere karşılık gelen Log T değerleri Eşitlik 4.1' deki yerine konulduğunda n üstel değeri aşağıda verilen eşitlikle bulunmuştur.

$$n = \frac{2,5-2,4}{2,184-1,594} = 0,169262$$

Taylor takım ömrü teoreminde bir dakikalık takım ömrü için kesme hızına karşılık gelen "C" sabiti aşağıda verilen eşitlikle bulunmuştur.

Log C=
$$\overline{x}$$
 - $\frac{\overline{y}}{k}$ = 2,571 - $\frac{1,170}{5,908}$ = 2,7697 = 588,463

Kaplamalı sementit karbür takım için

Kaplamalı sementit karbür takım için dört farklı kesme hızında, sabit ilerleme ve talaş derinliğiyle takım ömrü deneyleri yapılmış ve grafik yöntemiyle n üstel değerinin bulunması için, Bölüm 3'de anlatılan Taylor takım ömrü modeli kullanılmıştır. Microsoft Excel programı kullanılarak kesme hızı ve 0,3 mm yan kenar aşınma süresini gösteren bir tablo oluşturmuştur. Deney sonuçları onluk tabanda logaritmaları alınarak LogV – LogT grafiğine dönüştürülmüştür. Hesaplanan Logaritmik veriler Çizelge 5.4' de, grafik ise Şekil 5.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Kaplamalı takım için Log V - Log T verileri

Kaplamalı Takım					
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V _B , (dak)	Log V	Log T	
1	315	47,341	2,498	1,675	
2	350	36,787	2,544	1,566	
3	390	16,067	2,591	1,206	
4	450	7,965	2,653	0,901	



Şekil 5.2. Kaplamalı sementit karbür takım için Log V – Log T grafiği

Excel programında elde edilen ve Şekil 5.2'de gösterilen grafiğin Eğim çizgisi ve bu eğim çizgisine göre regresyon modeli oluşturulmuştur. Kaplamasız takımlar için elde edilen denklem Eşitlik 5.2'de verilmiştir.

$$y=-5,2552x+14,852$$
 (5.2)

Aynı zamanda elde edilen bu grafiğin R^2 değeri 0,9729 çıkmıştır. R^2 değeri sonuçların güvenirliğini ifade etmektedir.

n katsayısını hesaplayabilmek için Eşitlik 4.1 kullanılmıştır. Bu formülde $LogV_2$, $LogV_1$, $LogT_2$, $LogT_1$ değerleri, Eşitlik 5.2' den hesaplanmıştır. Bunun için, belirlenen x değerleri için y değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.5).

LogV (x)	LogT (y)	LogV (x)	LogT (y)
2,45	1,976	2,6	1,188
2,5	1,714	2,62	1,083
2,55	1,451	2,64	0,978
2,551	1,445	2,66	0,873
2,552	1,440	2,68	0,768
2,553	1,435	2,7	0,662

Çizelge 5.5. Kaplamalı takımın LogV - LogT grafiğinde elde edilen değerler

Kaplamalı sementit karbür takımların, takım ömrünün hesaplanabilmesi için elde edilen Çizelge 5.5'dan 2 LogV değeri ve bu değerlere karşılık gelen LogT değerler alınarak, Eşitlik 4.1'de yerine konulmuştur. Böylelikle kaplamalı sementit karbür takımların dört farklı kesme hızı, sabit ilerleme ve sabit talaş derinliğine bağlı olarak "n" üstel değeri aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

$$n = \frac{2,55-2,5}{1,714-1,45124} = 0,190288$$

Taylor takım ömrü, C sabiti 1 dakikalık takım ömrü için kesme hızı olup grafik üzerindeki doğrudan okunabilir veya alternatif olarak, , Log C= $\overline{X} - \frac{\overline{y}}{k} =$ eşitliğiyle bulunabilir. Bu eşitlikte kaplamasız takım için belirlenmek istene "*C* "sabiti aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmıştır.

Log C=
$$\bar{x}$$
- $\frac{\bar{y}}{k}$ = 2,57166 - $\frac{1,3370}{5,2551}$ = 2,8260 = 670,011

5.1.2. Regresyon analizi

Kaplamasız sementit karbür takım için "n "üstel değerinin regresyon analizi

Çizelge 5.1 de verilen deney sonuçları kullanılarak, Bölüm 4.3.2' de anlatılan regresyon analizi eşitlikleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Regresyon analizi değerleri

1	2	3	4	5	6	7	8
Gözlem No	V	Т	x= log V	y= log T	xy	x ²	y ²
1	315	46,326	2,498	1,666	4,162	6,242	2,775
2	350	17,520	2,544	1,244	3,164	6,472	1,546
3	390	11,416	2,591	1,058	2,740	6,714	1,118
4	450	5,171	2,653	0,714	1,893	7,040	0,509
Toplam		∑x=10,286	∑y=4,68	∑xy= 1,958	$\sum x^2 = 26,46$	∑y²=5,94	

Çizelge 5.3' deki 4. Ve 5. sütun V ve T' nin onluk tabana göre logaritması alınarak bulunmuş ve x (log V), y (logT) değerlerinin toplamları ve bunların ortalama değerleri tablodaki veriler ve Eşitlik 5.3' deki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\overline{\mathbf{x}} = \sum \mathbf{x} / \mathbf{p} = 10,2867 / 4 = 2,571 \text{ ve } \overline{\mathbf{y}} = \sum \mathbf{y} / \mathbf{p} = 4,680 / 4 = 1,170$$
 (5.3)

Uygun eksen seçilmesiyle ile birlikte Taylor takım ömrü denkleminin dönüşümü Eşitlik 5.4'deki eşitlikte verilmiştir.

$$y = a + k (x - x)$$
 (5.4)

Bu bağıntıda; y = k(x - Log C) şeklinde yazılabilir. Bu eşitlikten a= y elde edilmiştir. X ekseni ve regresyon doğrusu arasında teğet açı olan k sabiti, Çizelge 5.7' da gösterilen hesaplamalar ile eşitlikte yerine konularak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.7. k sabiti için gerekli hesaplamaları

$(\sum x)^2 =$	105,820
$(\sum x)^2 / p =$	32,430
$\sum x, \sum y =$	48,146
$\sum x, \sum y / p =$	12,036

$$k = \frac{\sum xy - [(\sum x \sum y)/p]}{\sum_x 2 - (\sum_x 2)/p} = -5,908$$

Taylor takım ömrü formülünde "n" üstel değer, n = -1/k eşitliğine eşit olduğundan,

n = -1/-5,908 = 0,169262 hesaplanmıştır.

Sonuçta C sabiti aşağıdaki eşitlikle hesaplanarak bulunmuştur.

Log C=
$$\overline{x}$$
- $\frac{\overline{y}}{k}$ = 2,571 - $\frac{1,170}{5,908}$ = 2,7697 = 588,463

Kaplamalı sementit karbür takım için "n "üstel değerinin regresyon analizi

Kaplamalı sementit karbür takımın regresyon analiz kullanılarak takım ömrünün belirlenmesi için, dört farklı kesme hızında, sabit ilerleme ve talaş derinliğinde yapılan deney sonuçları Çizelge 5.8'da verilmiştir.

1	2	3	4	5	6	7	8
Gözlem No	V	Т	x= log V	y= log T	xy	x ²	y ²
1	315	47,341	2,498	1,675	4,185	6,242	2,806
2	350	36,787	2,544	1,566	3,983	6,472	2,451
3	390	16,067	2,591	1,206	3,125	6,714	1,454
4	450	7,965	2,653	0,901	2,391	7,040	0.812
Toplam		$\sum x=10,287$	∑y=5,348	∑xy=13,684	$\sum x^2 = 26,467$	$\sum y^2 = 7,524$	

Çizelge 5.8. Regresyon analizi değerleri

V ve T değerlerinin logaritmaları alınarak, 4 ve 5 numaralı sütunları doldurulur. x ve y değerlerinin ikisi içinde toplamları yapıldıktan sonra, ortalama değerleri \overline{x} , \overline{y} aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\overline{x} = \sum x / p = 10,287 / 4 = 2,57166$$
 ve $\overline{y} = \sum y / p = 5,348 / 4 = 1,3370$ (5.5)

Uygun eksen seçilmesiyle ile birlikte Taylor takım ömrü denkleminin dönüşümü Eşitlik 5.6'da verilmiştir.

$$y = a + k(x - \overline{x}) \tag{5.6}$$

Bu bağıntıda; y=k (x-Log C) şeklinde yazılabilir. Bu eşitlikten a= y elde edilmiştir. X ekseni ve regresyon doğrusu arasında teğet açı olan k sabiti, aşağıdaki eşitliğiyle hesaplanabilinmektedir.

$$k = \frac{\sum xy - [(\sum x \sum y)/p}{\sum_{x} 2 - (\sum_{x} 2)/p}$$
(5.7)

Eşitlik 5.7'de, x, y değeri Çizelge 5.8'un sütun 6' da verilmiştir ve bunların toplamı gösterilmiştir. Farklı olan toplam x ve y değerleri sırasıyla sütun 4 ve 5' de elde edilmişken $\sum x$, $\sum y$ ise daha sonra p' ye bölünmüştür. Sütun 7' de kareler toplamı $(\sum x)^2$ hesaplanmıştır, sonra sütun 4'den $\sum x$ bulunmuştur ve karesi alınarak p ile

bölünmüştür. Yapılan hesaplanamalar Eşitlik 5.7' de yerine yazılmasıyla bulunmuştur.

$$k = \frac{\sum xy - [(\sum x \sum y)/p]}{\sum_{x} 2 - (\sum_{x} 2)/p} = -5,25517$$

Taylor takım ömrü formülünde "n" üstel değer, n = -1/k eşitliğine eşit olduğundan aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$n = -1/-5,25517 = 0,190288$$

Sonuçta C sabiti aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

Log C=
$$\bar{x}$$
- $\frac{\bar{y}}{k}$ = 2,57166 - $\frac{1,3370}{5,2551}$ = 2,8260 = 670,011

<u>Değerlendirme</u>

Kaplamalı ve kaplamasız takımların n üstel değerlerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen deneyler sonucunda kaplamasız takımlar için n değeri 0,169262, kaplamalı takımlar için 0,190288 olarak bulunmuştur.

Deney sonuçlarına bağlı olarak elde edilen ve Şekil 5.3'de gösterilen kesme hızı takım ömrü grafiği incelendiğinde, kesme hızının artmasıyla takım ömründe azalmanın olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak kesme hızının artmasıyla sürtünme artmakta buna bağlı olarak da kesici yan yüzeyinde oluşan aşınma miktarı artmaktadır [17,18].

Farklı kesme hızlarda, kaplamalı takım için, yan kenar aşınması 0,30 µm aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 350 m/dak kesme hızıyla 8056,58 mm³ talaş kaldırılarak elde edilmiştir. Literatürde de benzer sonuca ulaşılmıştır [63].

Kaplamasız takım için, farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 315 m/dak kesme hızıyla 86989,58 mm³ talaş kaldırılarak elde edilmiştir.

Yüksek kesme hızlarında uygun bir yöntemle takım yüzeyindeki sıcaklığın giderilmesi gerektiği, sıcaklığın yüksek olmasından dolayı aşınmanın hızlanacağı ve takım malzeme taneciklerinin arasındaki kopmaların hızlanacağı belirtilmiştir [47]. Takımın n üstü değerinin artması, takımın aşınma direncinin artığını göstermektedir. Aynı şekilde C sabitinin büyümesiyle kesmeye kaarşı direncin artığını göstermektedir. Kaplamalı takımın n katsayısı 0,190288, kaplamasız takımın ise 0,169262 bulunması, kaplamalı takımın takım ömrünün daha iyi olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.3' de görüldüğü gibi, kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımları için kesme hızı arttıkça yan kenar aşınması artmış, takım ömür azalmıştır.



Şekil 5.3. Kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takım V – T grafiği

5.2. Kesme Kuvvetleri

Ç 1050 iş parçası malzemesi üzerinde Çizelge 4.5'de gösterilen kesme parametreleri kullanılarak kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımlar için beş ayrı kesme hızında toplamda on ayrı deney gerçekleştirilmiş ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Literatürdeki diğer çalışmalar incelenmiş [17, 37] ve ilk ölçüm değerleri birbirine çok yakın çıkmasından dolayı deneyler tekrarlanmış ve ikinci kesme kuvvetleri ölçümlerine gidilmiştir. Kistler 9257B dinanometre yardımıyla kesme kuvvetleri F_x, F_y, F_z kartezyen kuvvet bileşenleri ölçülmüştür. Kesme deneyleri sonrasında, kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu bölgenin başlangıç ve bitiş değerleri esas alınarak ölçümler belirlenmiş, kesme kuvveti değerleri için yapılan deney sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Elde edilen kesme kuvvetleri Çizelge 5.9 - Çizelge 5.10'de görülmektedir. DynoWare programından elde edilen grafiklerden yararlanarak kullanılan her bir takım sabit ilerleme ve talaş derinliği, değişik kesme hızlarına bağlı olarak kesme kuvvetleri değişim grafikleri oluşturulmuştur.

Deney No:	Kesme Hızı, V m/dak	İlk Ölçüm Değerleri	Tekrar Ölçüm Değerleri	Fz Kaplamasız Ortalama Değerleri
1	280	1421,12	1422,60	1421,86
2	315	1398,73	1396,13	1397,43
3	350	1413,32	1411,03	1412,18
4	390	1415,52	1429,95	1422,74
5	450	1398,72	1449,56	1424,14

Çizelge 5.9. Kaplamasız takım ile elde edilen esas kesme kuvvetleri

Çizelge 5.10. Kaplamalı takım ile elde edilen esas kesme kuvvetleri

Deney No:	Kesme Hızı, V m/dak	İlk Ölçüm Değerleri	Tekrar Ölçüm Değerleri	Fz Kaplamasız Ortalama Değerleri
6	280	1352,78	1363,58	1358,18
7	315	1353,11	1361,97	1357,54
8	350	1330,80	1366,34	1348,57
9	390	1327,72	1362,81	1345,27
10	450	1327,92	1350,00	1338,96

5.2.1. Kaplamasız sementit karbür takımın kesme kuvvetleri

Kaplamasız sementi karbür takımın sabit ilerleme ve talaş derinliği ile dört farklı kesme hızında oluşan esas kesme kuvvetlerindeki değişimi Şekil 5.4' de verilmiştir.



Şekil 5.4. Kaplamasız takım ile kesme hızına bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim

Şekil 5.4'de kaplamasız sementit karbür uç için esas kesme kuvvetleri incelendiğinde değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Grafik incelendiğinde kesme hızındaki artışla birlikte esas kesme kuvveti değerinde bir artış görülmüştür. Kaplamasız karbür uç için en düşük esas kesme kuvveti 315 m/dak kesme hızında ve en yüksek esas kesme kuvveti 450 m/dak kesme hızında ölçülmüştür. Kesme kuvvetindeki bu değişim talaş kesitine bağlı olduğu düşünülmektedir. Talaş kesiti büyüdükçe kesme kuvvetindeki üç bileşende önemli ölçüde değişmektedir [47]. Bu durum literatürle benzer bir sonuçtur [17]. Şekil 5.4. incelendiğinde kaplamasız sementit karbür takımla AISI 1050 işlenirken 315 m/dak kesme hızı sınır kabul edilebilir.

5.2.2. Kaplamalı sementit karbür takımın kesme kuvvetleri

Kaplamalı ve QM talaş kırıcı form kullanılarak gerçekleştirilen kesme deneyleri neticesinde, ölçülen kesme kuvvetleri sırasıyla Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5. Kaplamalı sementit karbür kesici uçla elde edilen esas kesme kuvveti grafiği

Kaplamalı sementit karbür uçla yapılan deneyler incelmiş ve Şekil 5.5'de görülen grafik elde edilmiştir. Genel anlamda kesme hızı arttırıldığında esas kesme kuvveti değerlerinde azalma gözlenmiştir. Yapılan deneylerde, sabit talaş derinliği, ilerleme ile farklı kesme hızlarının kesme kuvvetini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Kesme hızı her kademede 1,12 oranında artarken [61], hızdaki artışla beraber esas kesme kuvveti (Fc) değerlendirildiğinde, kesme kuvvetinde bir azalmanın olduğu ve bu değişimin ~ % 1 - % 6 arasında seyrettiği görülmüştür [66]. Bu düşme eğilimi, kesme esnasında harcanan enerjinin hemen hemen tamamının kayma düzleminde, kesici takım ucunun çevresinde ısı enerjisine dönüşmesiyle açıklanabilir [47]. Kesme hızının artmasıyla kesme bölgesinde oluşan ısı artmakta ve böylece malzemenin plastik şekil değişimi daha az kuvvetle gerçekleşmektedir.

Kayma düzleminde oluşan ısının büyük bir çoğunluğu (~ % 85) akma bölgesinde kayma dayanımının düşmesine neden olur. Ancak bu ısı transferinin daha da

artmasına müsaade edilirse BUE eğilimi başlayacağından, kesme kuvvetlerinde bir değişim gözlenebilir [47].

5.2.3. Esas kesme kuvvetinin değerlendirmesi

Kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımların sabit talaş derinliği ve ilerleme ile dört farklı kesme hız bağlı esas kesme kuvvetlerinde oluşan eğim incelediğinde (Şekil 5.4 – Şekil 5.5), kesme hızındaki artış ile birlikte kaplamalı takımın kesme kuvveti değerinde azalma, kaplamasız takımda ise artış olduğu gözlenmiştir. Kaplamalı sementit karbür takımla yapılan deneylerde oluşan esas kesme kuvveti, kaplamasız sementit karbür takımla yapılan deneylerde oluşana esas kesme kuvveti daha azdır ve esas kesme kuvvetinde yaklaşık % 6 azalma görülmektedir. Literatür kaynaklarında da benzer bilgiye rastlanmıştır. Kesici takıma kaplama yapılmasıyla takım ile malzeme arasındaki sürtünmeyi azaltmış ve bunun neticesinde esas kesme kuvveti düşmüştür.

5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Değerlendirilmesi

Bu bölümde, AISI 1050 sıcak iş takım çeliğinin kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımla tornalanmasında, ilerleme, takım uç radyusu ve talaş derinliği sabit tutularak değişik kesme hızlarda iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirilmesinde ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra esas alınmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar Microsoft Excel programı kullanılarak değerlendirilmiştir ve grafiklere dökülmüştür.

5.3.1. Kaplamasız sementit karbür takımların yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi

Kaplamasız sementit karbür takımların yüzey pürüzlülüğü için 5 farklı kesme hızı ile sabit ilerleme ve talaş derinliği için toplam beş farklı deney yapılarak yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları Çizelge 5.11 'de gösterilmiştir.

Deney Numaraları	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)	Yüzey Pürüzlüğü Değerleri (µm)			Ra Ortalama (µm)
1	280	0,25	2,5	2,010	1,871	2,030	1,970
2	315			2,212	2,286	2,221	2,240
3	350			2,128	2,108	2,212	2,149
4	390			2,499	2,551	2,487	2,512
5	450			2,717	2,515	2,670	2,634

Çizelge 5.11. Kaplamasız takımların yüzey pürüzlülüğü değerleri

0.25 mm/dev ilerleme değerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen verilerden oluşan grafik Şekil 5.6 'de verilmiştir.



Şekil 5.6. f=0.25 mm/dev ilerleme değerinde kaplamasız takımlarda oluşan Ra grafiği

0,25 mm/dev ilerleme değerinde oluşan yüzey pürüzlülüğü grafiğinde gözlendiği gibi, kesme hızının artması ile pürüzlülük değerlerinde, 280 m/dak'dan 315 m/dak' a çıkarıldığı kesme hızında %14 lük bir kötüleşmenin ardından, 315 m/dak' dan 350 m/dak'a çıkarıldığı kesme hızında bir iyileşme gözlenmiştir. Bu hızdan sonra pürüzlülük tekrar artmaktadır. 0,25 mm/dev ilerlemede en iyi pürüzlülük değeri

(1.970 µm 280 m/dak kesme hızında (Çizelge 5.11) SNMG 12 04 08-QM H13A kaplamasız sementit karbür takımda elde edilmiştir.

350 m/dak' dan sonra artan kesme hızı ile kötüleşen yüzey pürüzlülüğünün sebebi; birinci deformasyon bölgesinde artan kesme hızı ile birlikte ısının artması talaş kökünde dinamik toparlanmaya bağlı olarak sünekliliği arttırır. Bu da talaşın ana malzemeden ayrılırken sünek kopması yüzey kalitesini etkilemiş olabilir. Ayrıca artan kesme hızına bağlı olarak oluşan yüksek ısı ve basıncın etkisi ile meydana gelen aşınma mekanizmaları, kesici takımda meydana gelen pürüzlülük değerini arttırdığı düşünülmektedir.

Kesme hızının artmasıyla (315 - 350 m/dak' a kadar) iyileşen yüzey pürüzlülüğünün sebebi, yüksek hızlarda artan sıcaklığa bağlı olarak kesme bölgesinde deformasyon işleminin kolaylaşması iş parçası malzemesinin, kesici kenar ve burun radyusu çevresinde rahat bir şekilde deforme edilmesi ve bu sayede herhangi bir yırtılma olmadan şekillendirilebilmesi ile açıklanabilir.

Şekil 4.3' de görüldüğü gibi kaplamasız sementit karbür takımla yapılan deneylerde literatüre paralel olarak ilerleme miktarlarının sabit olduğu zaman kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü arttığı gözlemlenmiştir [4, 44, 66].

5.3.2. Kaplamalı sementit karbür takımların yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi

Kaplamalı sementit karbür takımların 5 farklı kesme hızı ile sabit ilerleme ve talaş derinliği için yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları Çizelge 5.12 'de gösterilmiştir.

Deney Numaraları	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)	Yüzey Pürüzlüğü Değerleri (µm)			Ra Ortalama (µm)
1	280	0,25	2,5	2,215	2,107	2,111	2,144
2	315			1,792	1,776	1,776	1,781
3	350			2,096	2,030	2,084	2,070
4	390			2,145	2,145	2,164	2,151
5	450			1,847	2,248	2,048	2,048

Çizelge 5.12. Kaplamalı takımların yüzey pürüzlülüğü değerleri

0,25 mm/dev ilerleme değerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen verilerden oluşan grafik Şekil 5.7 'de verilmiştir.



Şekil 5.7. f=0.25 mm/dev ilerleme değerinde kaplamalı takımlarda oluşan R_a

Şekil 5.7' de görüldüğü gibi kaplamalı sementit karbür takımla yapılan deneylerde literatüre paralel olarak ilerleme miktarlarının artmayla yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Bu olumsuzluk literatürde paralellik arz etmektedir [6, 13, 17, 36].

Kesme hızındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki düşüş, kesme işlemi sırasında takım talaş ara yüzey yüzeyinde artan sıcaklıklar neticesinde, iş parçası malzemesinin daha kolay deforme edilmesine ve akma bölgesi oluşmasına bağlanabilir. Genelde, kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülük değerleri 315 m/dak kesme hızına kadar azalmıştır ancak bu değerden sonra kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artış eğilimi sergilemiştir.

0,25 mm/dev ilerleme değerinde oluşan yüzey pürüzlülüğü grafiğinde gözlendiği gibi, kesme hızının artması ile pürüzlülük değerlerinde, 280 m/dak' dan 315 m/dak'a çıkarıldığı kesme hızında yaklaşık % 20,5' lik bir iyileşme göstermektedir, Artan kesme hızları neticesinde yüzey pürüzlülük değerleri artmaktadır. En iyi R_a pürüzlülük değeri (1.781 µm 315 m/dak kesme hızında) SNMG 12 04 08-QM 4225 kaplamalı sementit karbür takımda gözlenmiştir.

5.3.3. Yüzey pürüzlüğü değerlendirilmesi

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi incelenmiştir. İşleme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme miktarı ve özellikle kesici takımın uç yarıçapı bunların en önemlileri arasında yer almaktadır [44, 66].

Deneylerde 30 mm talaş kaldırılması neticesinde beş farklı kesme hızının malzeme üzerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri alınmıştır. Kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımların karşılaştırılması Şekil 5.8.' da gösterilmektedir.



Şekil 5.8. Kaplamalı ve Kaplamasız Sementit karbür takımlarda oluşan Ra grafiği

Kesici takımlara kaplama yapılması takım ile talaş arasındaki sürtünme azaltılır. Kaplamasız kesici takımların, sürtünme katsayısının kaplamalı takıma göre fazla olmasından dolayı yüzey kalitesi olumsuz etkilenmiştir. Şekil 5.8.' da incelendiği gibi en iyi yüzey pürüzlülüğü 315 m/dak'da (1,781 µm) kaplamalı sementit karbür takım ile elde edilmiştir. 280 m/dak' lik kesme hızında kaplamasız takım yüzey pürüzlülüğü değeri iyi olmasına rağmen, kesme hızı arttıkça takım aşınması kaplamasız takım için daha hızlı gerçekleştiğinden yüzey pürüzlülüğü kaplamalı takıma göre daha fazla etkilenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir;

AISI 1050 malzeme için kaplamalı ve kaplamasız kesici takımlarla işlenmesinde Taylor takım ömründeki "n" üstel değerinin hesaplanmasının amaçlandığı çalışmada, "n" değeri literatürde belirtilen aralıkta bulunmuştur. TS 10329'a göre, garfiksel ve regresyon analiziyle iki farklı yöntem kullanılarak "n" üstel değeri hesaplanmıştır. Her iki yöntemde de aynı "n" üstel değeri bulunmuştur.

Deneyler 5 farklı kesme hızı (280, 315, 350, 390 ve 450 m/dak) için gerçekleştirilmiştir. Ancak, 280 m/dak kesme hızı değeri, "n" üstel katsayısının hesaplanmasında olumsuz sonuçlar vermiş ve "n" değerinin hesaplanmasını mümkün kılmamıştır. Bu yüzden, 280 m/dak kesme hızı değeri "n" üstel değerinin hesaplanmasında, değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Takım aşınması ve takım ömrü açısından elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Kesme hızının takım ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.
- En yüksek takım ömrü 315 m/dak kesme hızında, kaplamalı takımda 47,341 dak ve kaplamasız takımda ise 46,326 dak' da olarak bulunmuştur. En düşük takım ömrü ise 450 m/dak' lık kesme hızında kaplamasız takımda 5,171 dak ve kaplamalı takımda 7,965 dak olarak gözlemlenmiştir.
- Deneylerden elde edilen sonuçlara göre kesme hızının artması ile birlikte yanak aşınmasının daha fazla arttığı görülmektedir
- Kaplamalı takımın yüksek kesme hızlarında (390 450 m/dak) çok kısa zamanda körlenmiş veya kırılmış olduğu gözlenmiştir. Daha verimli talaş kaldırma işlemi

için bilhassa (SNMG 120408 QM4225) kaplamalı sementit karbür takım için 315 – 350 m/dak kesme hızı aralığında seçilmesi daha iyi olacağı düşünülmektedir. Kaplamalı takımda 390 – 450 m/dak kesme hızlarında takım kırılmıştır.

Esas kesme kuvveti açısından elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Kesme kuvvetleri açısından bakıldığında; 280 450 m / dak lık kesme hızı aralığında, kaplamasız kesici takımların ortalama esas kesme kuvvetleri 1397,43 1424,14 N arasında ölçülmüştür. Kaplamalı kesici takımlar için de ortalama esas kesme kuvvetleri 1338,96 1358,18 N arasında ölçülmüştür.
- Kaplamalı kesici takımlarla yapılan talaş kaldırma işleminde kaplamasız takımlara göre daha az kesme kuvveti oluştuğu görülmektedir.
- Kaplamasız kesici takımlarda ortalama esas kesme kuvvet değişimi yaklaşık %
 2,5' lık bir artış, kaplamalı kesici takımda ise yaklaşık % 1,5 bir azalış gözlenmiştir.
- Kaplamasız takımlarla yapılan deneylerde, kesme hızı arttıkça esas kesme kuvvetinin arttığı, kaplamalı takımlarda ise kesme kuvveti arttıkça esas kesme kuvvetinin azaldığı görülmüştür. Ancak, kaplamasız takımlar için bu artış en fazla 26,61 N, kaplamalı takımlarda ise azalma en fazla 19,32 N olarak gerçekleşmiştir.
- Kaplamalı takımda, kesme hızı ile esas kesme kuvveti arasında azalan bir ilişki vardır. Kesme hızı miktarının (280 m/dak) % 60 artırılmasıyla (450 m/dak) esas kesme kuvveti değerinde % 19,2 düşüş elde edilmiştir. En düşük esas kesme kuvveti 450 m/dak kesme hızında (1338,96 N) elde edilmiştir.
- Kaplamasız takımda, kesme hızı ile esas kesme kuvveti arasında artan bir ilişki vardır. Kesme hızının 280 m/dak'da % 60 artırılarak, 450 m/dak'a çıkartılmasıyla; kesme kuvvetlerinde % 22 artış gözlenmiştir. En düşük kesme kuvveti 315 m/dak kesme hızında (1337,43 N) elde edilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü açısından elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametreler, kesici uç yarıçapı ve ilerleme oranıdır [22 - 26]. Kesme hızının ise yüzey pürüzlülüğü açısından önemli bir etkisi olmadığı belirtilmektedir [27 - 30]. Bu bağlamda, yüzey pürüzlülüğü deneyleri, kaplamasız takımlarda kesme hızına bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak, kaplamalı takımlarda, birbirine çok yakın pürüzlülük değerleri ölçülmüştür.
- Kaplamasız takımlarda en küçük yüzey pürüzlülük değeri 280 m/dak kesme hızında 1,97 μm olarak ölçülürken, kaplamalı takımlarda 315 m/dak kesme hızı değerinde 1,781 μm olarak ölçülmüştür.
- Kaplamalı takımlar için kesici takım firmasının önerdiği kesme hızı değerinde en küçük yüzey pürüzlülük değeri (1,781 µm) elde edilmiştir.
- Kaplamalı takımlarda, kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin arttığı ancak, bu artışın önemli düzeyde olmadığı görülmüştür.
- Kaplamasız kesici takımlar için en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 450 m/dak kesme hızında 2,634 μm, kaplamalı takımlarda ise 390 m/dak kesme hızında 2,151 μm olarak ölçülmüştür.

KAYNAKLAR

- 1. Çakır, C, M,, "Modern Talaşlı İmalatın Esasları", Bursa, 32-36 (1999).
- Sayit, E. "Küresel grafitli dökme demir malzmeler için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizi" Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocatepe Afyon, 1-40, (2007).
- 3. Ashby I.R., Wallbank J. and Boud F., "Ceramic tool wear when machanining austempered ductile İron" University of Warwick, **Warwick Manufacturing Group, Department of Engineering,** Covetry CV4 7AL, UK (2003).
- 4. Şan, S., "Mikroalaşımlı çeliklerin işlenebilirliğinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmişlerdir" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara, 20-120 (2007).
- 5. Işbilir, F., " Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü etkili faktörlerin analizi" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-60(2006).
- 6. Demirayak, I., "Kesme parametreleri ve kaplama tabakasının talaş kaldırma işlemine etkileri" Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 10-121 (2006).
- Motorcu, R. A., "Ç1050 Ve Ç4140 Çeliklerinin Seramik Takımlarla İşlenmesinde Optimum Takım Ömrünü Sağlayan Parametrelerin Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi Ve Takım Aşınmalarının İncelenmesi" *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24 (4):699-708, (2009).
- 8. Er, A. Osman "İşlenmesi güç malzemelerin talaşlı üretimde kesici performanslarının araştırılması", Doktora Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, 1-171, (2008).
- 9. Çevık, E., "Tornalama işleminde kesici takım ömrünün iyileştirilmesine yönelik alternatif bir yaklamış", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 29-69 (2006).
- 10. Yalçınkaya, Arslan A., "PVD metodunu kullanarak tornadaki takma uçlarda çeşitli kaplama kalınlıkları ve malzemeleri için takım ömür testlerini incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, *Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, 10-115, (2009).
- Acır, A., Karakaş S. M., Übeyli M., Asal Ö., ''Metal martiksli kompozitlerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının aşınmaya etkisinin deneysel incelenmesi'' *Timak-Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, Balıkesir, 26-28 Nisan (2006).

- 12. Özdemir, K. Ve Çakır M. Cemal ''Kesme parametrelerinin başlangıç aşınma etkisinin deneysel olarak incelenmes", *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 13, Bursa (2008).
- 13. Taylan, F., "Sert malzemelerin frezelenmesinde takım aşınma davranışlarının belirlenmesi", Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilimdalı, 1-223, Isparta, (2009).
- 14. M Nouaria, A. Molinari Center for Manufacturing, College of Engineering, University of Kentucky, UK Center for Manufacturing, 414G Robotics Building(Office 414L), 878-886, Amerika (2008).
- 15. S.K. Choundhury., I.V.K. Appa Rao" Optimization of cutting parameters for maximizing tool life" *Department of Mechanical Engineering*, Indian Institute Of Technology, India -208016, International Journal of Machine Tools & Macufacture 39, Kanpur, 343-353 (1999).
- 16. Tomac, N. ve Tonnessen, K., "Machinability of particulate aluminium matrix composites", *Annals of the CIRP*, 41 (1): 55-58 (1992).
- Koçak, H., "GGG 90 küresel grafitli dökme demirin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması açısından değerlendirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-80, (2011).
- Parlak, Ş., "Çelik Talaşları İle Takviyeli Dökme Demir Kompozitlerinin İşlenebilirliklerin Deneysel Olarak İncelenmesi" Yüksek Lisans Tez, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-173, (2006).
- 19. Franc R., Oso de A'vila, Abrao A.M., Cristina G., Dur aes de Godoy, "The Performance of TiN coated carbide tools when turning AISI 8620 steel", *Journal of Materials Processing Technology*,179: 161-164, (2006).
- Nouari M., Gehin D., Gomez S., Manaud J. P., "Wear behaviour of cemented carbide tools in dry machining of aluminium alloy", *International Journal Of Machine Tools And Manufacture*, 259: 1117-1189 (2005).
- Başaltın, M., "Zamana göre takım aşınmasının işleme sesi ile deneysel incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-120, Ankara, (2010).
- Tekaslan, Ö., Gerger N. ve Şeker U.," CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti" *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16, Kütahya, (2008).

- Çetin, M., Bilgin, M. ve Ulaş, H B., Tandıroğlu A., "Kaplamasız sermet takımla AISI 6150 çeliğinin frezelenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", *Electronic Journal of Vocational Colleges*, Aralık (2011).
- 24. Çaydaş, U., Hasçalık, A., "CNC tornalamada işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", TEKNOLOJİ, 8, (2):167-172, (2005).
- Boy, M., Demir H., Korkut İ., "Vanadis 10 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi" 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Mayıs,13-15 (2009).
- 26. Özçatalbaş, Y., "Kesici takım aşınması ve iş malzemesi mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi" *Politeknik Dergisi*, 4:47-52 (2002).
- 27. Gökkaya, H., Sur G. ve Dilipak H., "PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi", *Teknoloji Dergisi*, 7(3): 473-478, (2004).
- Habalı, K., Gökkaya H. ve Sert H., "Kesici Takım Kaplama Malzemesi ve Kesme Parametrelerinin AISI 1040 Çeliğinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi" *Politeknik Dergisi*, 9(1):35-38, (2006).
- Uzun, G., Çiftçi, İ., Demir, B., Hayat, F., "Ç 5140 çeliğinin mikroyapı ve mekanik özelliklerinin işlenebilirliğe etkisi"
 Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Mayıs 13-15 (2009).
- Işık, Y., Çakır, M. C., "Hız çeliği takımlar için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin deneysel olarak incelenmesi " *Teknoloji Dergisi*, 1-2 :111-118 (2001).
- Duran, A., Acır, A., "HSS Torna Kalemindeki Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisi" *Politeknik Dergisi*, 7(3):211-215, (2004).
- 32. Gök, K., Erdem M., Gök A., "AISI 1006 çeliğinin tornalama sürecinde kesici takim uç yarıçapının kesme sıcaklığı ve kesme kuvveti üzerindeki etkisinin nümerik olarak incelenmesi" *Tübitak Bilim Dergisi*, 4(1):1-8 (2010).
- 33. Günay, M., Şeker, U., "Kesici takım talaş açısının ilerleme kuvveti üzerindeki etkisinin araştırılması" *Politeknik Dergisi*, 8(4): 323-328 (2005).
- 34. Taşlıyan, A., Acerer M., Şeker, U., Gökkaya, H., Demir, B., "Inconel 718 süper alaşımının işlenmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvveti üzerindeki etkisi" *Gazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fak. Dergisi*, 22(1):1-5 (2007).

- 35. Balcı, B., "AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 8-72, (2008).
- 36. Tekaüt, İ., "Takım Tezgahlarındaki Kesici Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-103, (2008).
- Demir, H. ve Özlü, B., "Düşük soğutma hızlarında soğutulmuş 30MnVS6 mikroalaşımlı çeliğin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi" *Karabük Üniversitesi, Teknoloji Dergisi*, 11(4) 297-303, (2008).
- 38. Şeker, H., "Takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri ile tahmin edilmesi" Yüksek Lisans Tez, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 5-82, (2010).
- Paro, J., Hanninen H., Kauppinen, V., Tool wear and machinability of X5CrMnN1818 stainless steel", Materials Proceesing Technology, *Helsinki* University of Technology, 119 (14), Finland (2001).
- 40. Ezugwu E. O, Okeke C. I., "Tool life and wear mechanisms of TiN coated in an intermittent cutting operation", *Journal Of Material Processing Technology*, 116:10-15 (2001).
- 41. Endirino E. A., "Fundementals of machining and machine tools", Third Edition, *Taylor&Francis*, (2006).
- 42. Gezgin, A., "Prizmatik parçaların frezenlendirilmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-111 (2007).
- 43. Özer, A., Bahçeci E., "AISI 410 Martensitik Paslanmaz Çeliklerin Kesici Takim Ve Kaplamasına Bağlı İşlenebilirliği" *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24 (4): 693-698, (2009).
- 44. Gökkaya, H., Sur G., Dilipak H., "PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi", *Teknoloji Dergisi*, 7(3):473-478 (2004).
- İşbilir, Ö., "Talaş kaldırmada değişken yüklemenin takım ömrüne etkisinin belirlenmesini", Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir (2008).
- 46. Luo, S.Y., Liao, Y. S., Tsai, Y. Y., "Wear Characteristies In Turning High Hardness Alloy Seel Ceramic And CBN Tools", J. Of M. Processing Technology, 88:114-121, (1999).

- 47. Şeker, U., "Takım tasarımı ders notları", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 59-102 (1997).
- Davim, J. P., Figueira, L., "Machinability evaluation in hard turning of cold work tool steel (D2) with ceramic tools using statistical techniques", *Materials and Design*, 28: 1186–1191, (2006).
- 49. Trent E.M., Wright P.K., "Metal Cutting Fourth Edition", *Butterworth Heinemann*, (2000).
- 50. Habalı, K., "Kesici takım kaplama malzemesinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi* Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 83–104 (2003).
- 51. Bhushan, B., Gupta, B.K., "Handbook of Tribology", *Mc Graw Hill Inc.*, S:1-60, (1991).
- 52. Zhou, J. M., Andersson, M., "Machinability of Abrasion Resistance Cast Ironwith CBN Cutting Tools", *Journal of Materials Processing Technology*, (2007).
- 53. Böhler Sert Maden ve Takım Sanayi ve Ticaret A.Ş., "Talaş kaldırma bilgileri", *Yeni Karar Yayıncılık,* İstanbul, 31-42 (1990).
- 54. Akkurt, M., "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları", *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 8–38 (1996).
- 55. Böhler Sert Maden, "Tornalama için Mekanik Sıkmalı Uçlar ve Takımlar Kitapçığı", İstanbul, (2006).
- 56. Ay, M., "CNC freze tezgahında frezeleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerinin ve titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi", Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü*, Sakarya, 22–35, (2003).
- Turgut, Y., Korkut, İ., "Cutting Force Measurement Systems in Machining", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük, (2009).
- 58. Mendi, F., "Takım Tezgahları Teori ve Hesapları", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Kitabevi*, Ankara, (2006).
- 59. Kurt A., ''Talaş Kaldırma Sırasında Oluşan Kesme Kuvvetleri ve Mekanik Gerilmelerin Deneysel Olarak İncelenmesi ve Matematiksel Modellerinin Oluşturulması'' *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*., Ankara, (2006).

- 60. Kesici takım firma kataloğu, "Milling Application", *TaeguTec*, Taegu, 60–120 (2005).
- 61. TSE 10329 Takım Ömrü Deneyleri.
- 62. Modern Metal Cutting, Sandvik Coromant, (1994).
- 63. Seker, U., Hasırcı, H., "Evaluation of Machinability of Austempered Ductile Irons in terms of Cutting Forces and Surface Quality", *Journal of Materials Processing Technology*, 173:260-268 (2005).
- 64. Bazrov, B,M, Garyushin, V,E,, "Elimination of chatter during turning operationusing self adaptive control system", *Stanki İinstrum*, 3-4 (1977).
- 65. Yaşar, N,. "Plastik kalıp çeliklerinin özgül kesme direncinin deneysel olarak araştırılması" Yüksek Lisans Tez, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 15-68, (2011).
- 66. Çiftçi, İ,,"Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi" *Gazi* Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fak. Dergisi, 20(2): 205-209,(2005).

EKLER

EK- 1. V_B = 0,3 mm yan kenar aşınması resimleri

Kaplamasız sementit karbür ;

1.Deney;



2. Deney;



3. Deney;



4. Deney;



5. Deney;



EK- 1. (Devam) V_B = 0,3 mm yan kenar aşınması resimleri

Kaplamalı sementit karbür;

6. Deney;



7. Deney;



8. Deney;



9. Deney;



10. Deney;


EK-2 AISI 1050 çeliği malzeme özelliği

KURTULUS M SANAYI BOLO 78200 KARABO 764-500 370 41 Faks: 490 370 e-mail:sakadog	UHALLESI ESI SC/ TURKEY SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk) SC238(Fbk	KA	CUALITY CERI	EL.C	E	si	Rapor I Report Sayfa Page N	No : (No : (No :))04262	N ISO 9001 20))8
	MÜŞTERİ / Cus SEVK / Sending TARİH / Date	tomer 2	MAVI CELIK ANKARA 24.02.2011								
	Kalite (Quality)	Miktar(KG) (Quantity)	D\$k,No (Heat Number)		kên	61	Ki	myasa emical An	I Anailzi alvais) %		
75 CELIK	1040		120291	.41	.87	,19	,039	,020		.05	
100 CELIK	1040		26613	.41	,90	,20	012	,022		,085	
120 CELIK	1940		16456	.39	.75	.17	.02	,020		.073	
130 CELIK	1040		16391	40	.89	.24	.008	026		.063	
40 CELIK	1040		110191	39	81	72	029	018		067	
50 CELIK	1050		5417	47	71	25	025	017		.37	
75 CELIK	1050		110266	51	87		035	015		042	
15 CELIK	1050	2	40304	1. 1.	. 96	,21	035	019		047	
65 YELIK	1050		10004	,91	. 60	,21	,000	010		041	
100 ÇELIK	1050		10000	,49	,/9	,19	,025	,022		1007	
					(1) We want to the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of the state of		Makin n 1 Sites 1: 0(312) Ulus 1	a Metal S 1 28. Cad. 1 94 04 7 /a gi Dair	ag ve 74 No: 8 Auto 0 4477 (3 613 (1)	ANKARA 24 ANKARA 24 ANKARA 25 14 36 90029	
1-Bunabor (lki) 2 n	Oshe olarak çıkanımış	tur.	3	Bu rapor I	ukuki iş	lemierde	kullanila	maz			
2-Saka D C A S'ni FR4.04.10 Rev 1	a izni olmadan çoğaltı	iamaz.	4	Örijinal ka	lite beig	esi bez a	diamıştır.				
								Celite K Queli	ontrol Mi	idürü (Y)	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: ULUĞ, Derya
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 16.10.1984 - Kaman
Medeni hali	: Bekar
e-mail	: <u>deryaulug@mynet.com</u>

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi		
Y.lisans	Gazi Üni./Fen Bilimleri Enst./Makine Eğitir	mi 2012		
Lisans	Fırat Üniversitesi/Makine Eğitimi Bölümü	2009		
Lise	Kadriye Moroğlu Yabancı Dil Ağırlıklı Lise	esi 2003		

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	ARS Ankara Rulman LTD. ŞTİ.	Teknik Destek
2009-2010	Gazi Üniversitesi Atatürk M.Y.O.	Öğretim Görevlisi Kısmi Zamanlı
2010-2012	Gazi Üniversitesi Teknik Eğt. Fak.	Öğretim Görevlisi Kısmi Zamanlı

Yabancı Dil

İngilizce