

**FARKLI SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR İÇİN TAKIM ÖMRÜ
MODELLERİNDE ÜSTEL DEĞERLERİN DENEYSEL OLARAK
BELİRLENMESİ**

Emre AY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2013
ANKARA**

Emre AY tarafından hazırlanan “FARKLI SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR İÇİN TAKIM ÖMRÜ MODELLERİNDE ÜSTEL DEĞERLERİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ” adlı bu tezin Yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan KORKUT

.....

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

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

Doç. Dr. Ahmet DURGUTLU

.....

Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. İhsan KORKUT

.....

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ

.....

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 06/09/2013

Bu tez ile Gazi Üniversitesi 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.

Emre AY

**FARKLI SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR İÇİN TAKIM ÖMRÜ
MODELLERİNDE ÜSTEL DEĞERLERİN DENEYSEL OLARAK
BELİRLENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Emre AY

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2013**

ÖZET

Talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan en büyük problemlerden bir tanesi takım aşınmasıdır. Talaş kaldırma işlemi esnasında tüm takımlar aşınır ve bu aşınma takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Takım aşınmasına etki eden (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, kesme sıvısı) faktörler kesme işlemine bağlı olan parametrelerdir. Kesme parametresi-takım ömrü ilişkisine dayalı modellerden yola çıkılarak takım ömrü belirlenmektedir. Takım ömrünü tayin etmede en yaygın kullanılan modeller Taylor, Gilbert, Kronenberg modelleridir. Günümüzdeki takım malzemeleri için literatürde, takım ömrünü belirleyen modellerde kullanılan ‘n’ üstel değeri ile ilgili yapılan çalışmaların yetersiz olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple, bu araştırmada günümüzde kullanım alanı giderek yaygınlaşan Seramik takımlar için ‘n’ üstel değerinin deneysel olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Taylor’un ömür modelinde ($V.T^n=C$) n üstel değeri, kesici takım malzemesi ve işleme biçimine bağlı olarak belirlenir. Gelişen kesici takım teknolojisine paralel olarak, farklı kesici takımlar için takım ömrü deneylerinin yapılmasına kılavuzluk eden TS 10329 (ISO 3685) baz alınarak işleme deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular literatüre kazandırılmıştır.

Grafik yöntemi ve regresyon analizi ile hesaplanan “n” üstel değerleri literatürde belirtilen aralıkta tespit edilmiştir. Her iki yöntemde de aynı “n” üstel değeri bulunmuştur.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : Takım Aşınması, Takım Ömrü, Taylor Modeli

Sayfa Adedi : 53

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. İhsan KORKUT

**AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION FOR DIFFERENT CERAMIC
CUTTING TOOLS ON EXPONENTS IN TOOL LIFE MODELS**

(M. Sc. Thesis)

Emre AY

**GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

September 2013

ABSTRACT

Tool wear is the most important problem during machining. In the machining, all types of cutting tools are exposed to wear and wear continues until the tool ends its life. The parameters that affect tool wear related to cutting such as cutting speed, feed rate, cutting depth, cutting fluid. Tool life is determined by using models based on cutting parameters-tool life relation. Taylor, Gilbert, Kronenberg models are the most commonly used for prediction of tool life. In the literature it is seen that the studies carried out on "n" exponent for modern cutting tool materials is inadequate. For this reason, the aim of this study is to obtain the "n" exponent for Ceramic. Cutting tool which one finding wider usage nowadays by experimentally.

In Taylor's tool life model ($V.T^n=C$) the "n" exponents is determined based on cutting tool material and machining method. In accordance with the developing cutting tool technology, TS 10329 (ISO 3685) which is a guide for tool life experiment for different cutting tools referenced for the experiments to be carried out. The information obtained in this study added to the literature.

"n" exponent values within calculated by graphic method and regression analysis the specified range has been found in the literature. In both methods, the same "n" exponent values were found.

Science Code : 708.3.028
Key Words : Tool Wear, Tool Life, Taylor Model
Page Number : 53
Supervisor : Prof. Dr. İhsan KORKUT

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli danışmanım Prof. Dr. İhsan KORKUT' a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Prof. Dr. Ulvi ŞEKER ve Arş. Gör. Gültekin UZUN' a, ayrıca maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli Babama, Anneme ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
3. KURAMSAL TEMELLER	8
3.1. Talaş Kaldırma İşlemi ve Talaş Oluşumu	8
3.2. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler	10
3.3. Kesici Takımlarda Takım Ömrünün Belirlenmesi (TS10329).....	11
3.3.1. Takım ömrü	11
3.3.2. Takım aşınma mekanizmaları	12
3.3.3. Takım aşınma tipleri.....	12
3.4. Takım Ömrü Modelleri	13
3.5. Taylor Takım Ömrü Modeli	14
3.6. Yüzey Pürüzlülüğü	16
3.6.1. Yüzey pürüzlülüğünün oluşumu	16
3.6.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler	17

Sayfa

3.7. Kesme Kuvvetleri.....	17
3.7.1. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi	18
3.7.2. Kesme kuvveti bağlantıları.....	18
3.7.3. Esas kesme kuvvetinin belirlenmesi	19
3.7.4. Diğer kesme kuvvetlerinin belirlenmesi	20
4. MALZEME VE YÖNTEM	22
4.1. Malzeme	22
4.2. Kesme Parametreleri	23
4.3. Kesici Takım ve Takım Tutucu.....	23
4.4. Takım Tezgahı	24
4.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi	24
4.6. Takım Ömrü Deneyleri	27
4.6.1. Yanak aşınmasının ölçülmesi.....	28
4.6.2. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi.....	28
4.6.3. TS 10329’a göre “n” üstel değerinin hesaplanması	29
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	32
5.1. Takım Ömrünün Değerlendirilmesi	32
5.1.1. Grafik yöntemi	33
5.1.2. Regresyon analizi	38
5.1.3. Değerlendirme	41
5.2. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi.....	42
5.3. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi	45
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	47

Sayfa

KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	52

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri	13
Çizelge 4.1. AISI 1050 çeliğinin mekanik ve kimyasal özellikleri.....	21
Çizelge 4.2. Kesici takım tutucunun geometrik boyutları.....	23
Çizelge 4.3. CNC torna tezgahının özellikleri	23
Çizelge 4.4. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri.....	24
Çizelge 4.5. 5070A Amplifier özellikleri.....	24
Çizelge 4.6. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri	28
Çizelge 4.7. “n” Sabiti regresyon doğrusu hesaplama planı	29
Çizelge 5.1. Kaplamalı ve kaplamasız takımlar için elde edilen deney verileri	32
Çizelge 5.2. Kaplamasız takım için log V - log T verileri	33
Çizelge 5.3. Kaplamasız takımın log V- log T grafiğinde elde edilen değerle.....	34
Çizelge 5.4. Kaplamalı seramik takım için log V - log T verileri.....	35
Çizelge 5.5. Kaplamalı seramik takımın log V – log T grafiğinde elde edilen değerler	36
Çizelge 5.6. Regresyon analizi değerleri.....	37
Çizelge 5.7 “k” sabiti için gerekli hesaplamaları	38
Çizelge 5.8. Regresyon analizi değerleri.....	38
Çizelge 5.9. Kaplamasız ve kaplamalı takımlar ile elde edilen kesme kuvvetleri.....	41
Çizelge 5.10. Kaplamalı ve kaplamasız takımların yüzey pürüzlülüğü değerleri.....	45

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Talaş Oluşumu	8
Şekil 3-2. Talaş oluşma düzlemi	9
Şekil 3.3. Torna tezgahı ve tornalama işleminin şematik olarak gösterimi	10
Şekil 3.4. Metallerin işlenmesi sırasında oluşan temel aşınma mekanizmaları, (a)Abrasive, (b)Difüzyon, (c)Oksidasyon, (d)Yorulma, (e)Adhesiv	12
Şekil 3.5. a) T-V ilişkisinin log-log diyagramı b) Eğim ve n üssü ile C katsayısı.....	14
Şekil 3.6. ilerleme ve takım uç yarı çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	16
Şekil 3.7. Tornalamada oluşan kesme kuvvetleri.....	18
Şekil 3.8. Talaş kesitinin yanal açısı ile ilişkisi	19
Şekil 4.1. Kistler 9257B tipi dinamometre ile zamana bağlı ölçülen kesme kuvvetleri	25
Şekil 4.2. Kesme deneyleri için hazırlanan deney düzeneği	26
Şekil 4.3. Kesici ucun yanak aşınmasının ölçülmesi	27
Şekil 5.1. Kaplamasız seramik takım için log V – log T grafiği.....	33
Şekil 5.2. Kaplamalı seramik takım için log V – log T grafiği.....	35
Şekil 5.3. Kaplamalı ve kaplamasız seramik takımların kesme hızına bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim.....	42
Şekil 5.4. Kaplamalı ve kaplamasız takımların kesme hızına bağlı olarak ilerleme ve pasif kesme kuvvetlerinin değişimi	44
Şekil 5.5. Kaplamasız ve kaplamalı seramik kesici takımlarında oluşan Ra grafiği	46

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Kullanılan takım tutucu	22
Resim 4.2. Deneyler için hazırlanmış numune ve deney düzeneği.....	26
Resim 5.1. Kaplamasız takım üzerindeki (a) yan görünüş ve (b) üst görünüş.....	42
Resim 5.2. Kaplamalı takım üzerindeki (a) yan görünüş ve (b) üst görünüş	43

SİMGE VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
A_0	Talaş kesit alanı (mm)
a	Kesme derinliği (mm)
C	Taylor sabiti
$f (f_s)$	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)
T	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)
r_ε	Burun yuvarlatma yarıçapı (mm)
ϕ	Kayma düzlemi açısı (kayma açısı)
λ	Yığılma faktörü
γ	Talaş açısı
β	Kama açısı
α	Boşluk açısı
χ	Eğim (yanaşma) açısı
F_c	Esas kesme kuvveti (N)
F_f	İlerleme kuvveti (N)
Fr	Pasif kuvvet (radyal kuvvet) (N)

Simgeler**Açıklama**

F_y	Pasif kuvvet (radyal kuvvet) (F_r , N)
F_z	Esas kesme kuvveti (F_c , N)
H	Talaş hacmi (mm ³)
k_s	Özgül kesme direnci (N/mm ²)
L	İşleme Boyu (mm)
R	Talaş kaldırma Bileşkesi (N)

Kısaltmalar**Açıklama**

BUE	Built-up-edge (Yığıntı talaş)
BS	British Standard / İngiliz Standartı
CNC	Bilgisayarlı Sayısal Denetim
TS	Türk Standartları

1. GİRİŞ

Genel olarak talaş kaldırma işlemi belirli bir geometriyi veya yüzeyi oluşturmak için, kama biçimli bir takım ile fazla malzemenin kaldırılması olarak tanımlanır. İş parçasından talaşın ayrılması kama biçimli kesici takımın iş parçasının içerisine batmasıyla sağlanır ve malzeme ilk önce elastik daha sonra da plastik olarak deforme edilerek talaşın fiziksel olarak ayrılmasını sağlar. Talaş kaldırma işlemi esnasında tüm takımlar aşınır ve bu aşınma takımların ömürlerini tamamlayıncaya kadar devam eder. Kesici takımın ömrü dakika cinsinden ifade edilir. Günümüzde takım ömürleri genellikle 15 dakikadan azdır. Ancak bazı talaş kaldırma koşullarında biraz daha uzun takım ömürleri söz konusu olabilir [Çakır, 2000]. İlk yıllarda takım ömrü takımın kesmeyecek duruma gelmesine göre belirlenmiştir. Takım aşınması takım ömrünü değerlendirmek için en önemli kriter olmakla birlikte takım ömrünü değerlendirmek için başka kriterler de kullanılmaktadır. Bu kriterler; işlenen yüzeyin yüzey kalitesinin değişmesi, kesme kuvvetlerinin büyümesi sonucu oluşan değişikliklerin tezgah ve iş parçasında sapmalara sebep olmasından dolayı iş parçasının boyutlarının değişmesi, işleme sıcaklığının değişmesi şeklinde ifade edilebilir.

Bütün talaş kaldırma operasyonlarında ekonomik işlemenin en önemli dayanağı doğru kesme hızının seçilmesidir. Bu sebeple doğru kesme hızı kesme parametresi-takım ömrü ilişkisine dayalı modellerden yola çıkarak belirlenir. Takım ömrünü tayin etmede en yaygın kullanılan modeller Taylor, Gilbert ve Kronenberg modelleridir [Çakır, 2000].

Bu çalışmada farklı seramik kesici takımlar için takım ömrü modellerinde üstel değerlerin deneysel olarak araştırılması hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Talaşlı imalatla ürün kalitesini düşürmeden üretim giderlerini ve bununla birlikte maliyeti azaltmak için işleme parametrelerinin uygun düzeyde olmasını sağlamak amacıyla yıllardır çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bununla birlikte talaşlı üretimde önemli bir konu olan takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma mekanizmaları üzerine de birçok çalışma yapılmıştır. Hemen hemen bütün talaşlı imalat işlemleri esnasında kesici takımlar belirli bir süre sonra kesme kabiliyetlerini kaybederler. Kesici takım geometrisindeki şekil değişikliği (aşınma), anlık yüksek kuvvetlerden dolayı kesici ucun kırılması yüksek sıcaklık ve gerilmeler nedeniyle kesici takım malzemesinin dayanımının azalarak plastik deformasyona uğraması kesici takımın kesme kabiliyetini kaybetmesinin nedenlerindendir. Günümüzde kullanılan kesici takımlar için deneysel olarak belirlenmiş uygun kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliği) mevcuttur. Bu parametreler işlenecek iş parçası ve işleme biçimine göre de değişiklik gösterir. Kullanılan kesme parametreleri uygun olan değerlerin altında olduğu takdirde kesici takım aşınması yavaş olsa bile üretim zamanı ve dolayısıyla maliyet artar. Bazı durumlarda da uygun değerlerin altında olan kesme parametreleri (özellikle kesme hızı) kesici ucun hızlı aşınmasına neden olabilir. Kesme parametreleri uygun değerlerin üzerinde olduğu takdirde ise kesici takım aşınması hızlanır. Daha yüksek kesme parametrelerinde etkin bir şekilde kesme işlemi yapabilecek kesici takımların geliştirilmesi üzerinde önemle durulmuştur. Ayrıca, özellikleri daha iyi olan yeni malzemelerin geliştirilmesi de aşınma dayanımı daha iyi olan kesici takımların geliştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır [Çiftçi,2008].

Motorcu yapmış olduğu çalışmada, Ç1050 ve Ç4140 çeliklerinin kaplamasız ve kaplamalı seramik kesici takımlarla işlenmesinde, kesme parametreleri ile iş parçası ve takım sertliklerinin, takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Taguchi Tekniği kullanılarak en yüksek takım ömrü değerlerini veren optimum 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. Ç1050 çeliğinin kaplamasız seramik takımla işlenmesinde krater aşınması ve çentik aşınması oluşmuş iken kaplamalı seramik takımla işlenmesinde düzenli yanak aşınması ve krater aşınması oluşmuştur. Kaplamalı takımda yüksek kesme hızlarında mekanik yorulma çatlakları oluşmuştur [Motorcu, 2009].

Tomac ve Tonnessen yaptıkları çalışmalarında SiC takviyeli Al esaslı kompozit malzemenin tornalama metoduyla işlenmesinde takım aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Bu çalışmada, çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kaba işleme ve PCD kesici takımlar da bitirme işlemi için kullanılmıştır. PCD ile sementit karbür kesici takımların performanslarının aynı kesme şartlarında takım ömrüne göre karşılaştırılmasını yapmışlardır. Aynı kesme şartlarında (kesme hızı: 60 m/dak, kesme derinliği: 0,4 mm ve ilerleme: 0,1 mm/dev) PCD kesici takımda 0,4 mm aşınma değerine 62 dakikada ulaşılmıştır. Çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımda ise yalnızca 2 dakika sonunda ulaşılmıştır. Bu çalışmada ayrıca, PCD kesici takımların yüksek fiyatlarının işleme operasyonunun maliyetini artıracak ve bu yüzden, az sayıda parçaların işlenmesi için K10 kalite sementit karbür kesici takımların muhtemel bir çözüm olabileceği ve sementit karbür kesici takımlarla işlerken yeterince uzun bir takım ömrü sağlamak için kesme hızları 20-50 m/dak gibi düşük değerlerde olması gerektiği belirtmiştir [Tomac, 1992].

A. Choudhury ve M. A El-Baradie tarafından yapılan çalışmada, Inconel 718' in işlenmesinde bir CNC torna tezgahı kullanılarak kaplamalı ve kaplamasız seramik tungsten karbür takımlar ile üç dizi çalışma sonunda takım aşınma deneyleri gerçekleştirilmiştir. İlk kesme deney dizisi değişik kesme hızından, sabit ilerleme ve sabit talaş derinliğinde yapılmıştır. İkinci kesme deneyi dizisinde ilerleme değişirken

kesme hızı ve talaş derinliği sabit tutulmuştur. Üçüncü kesme deneyinde talaş derinliği değişmiş, ilerleme ve kesme hızı sabit tutulmuştur. Sonuçta takım aşınma değerleri bir Mitutoyo TM 300 takım mikroskobu kullanılarak kaydedilmiştir. Aşınma kriterlerini değerlendirmede rehber olarak ISO 3685 normu kullanılmıştır. Her bir deney yeni bir kesici kenar ile başlatılmış ve işlem durdurularak farklı zaman aralıklarında takım aşınması ölçülmek suretiyle bir dakikadan iki dakikaya kadar olan sürelerle oluşan aşınma değerleri ölçülmüştür. Ayrıca yan kenar aşınma değerinin (ortalama) 0,3 mm 'yi geçtiği durumlarda tezgah durdurularak kalem ucu yer değiştirilmiştir. Her bir kesme durumu için 3 kesme deneyi gerçekleştirilmiştir. Ortalama yan kenar aşındırma değerleri, takım aşınma değerleri, takım ömrünün belirlenmesinde belirleyici olmuştur. Çalışmalarında genişletilmiş Taylor takım denklemi şu şekilde ifade edilmiştir [Choudhury, 1997].

$$T=C.V^{n1}.f^{n2}.d^{n3}$$

Korkut ve arkadaşlarının AISI 304 paslanmaz çeliğinin işlenmesi sırasında optimum kesme parametrelerinin belirlenmesine yönelik, seramik karbür kesici takım kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Kesme hızının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini araştırmışlardır [Korkut, 2004].

Lalwani ve arkadaşları kesme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliği) kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerini, kaplamalı seramik takımlar kullanarak MDN250 çeliğinin tornalanmasında araştırmışlardır. İlerleme oranı ve talaş derinliğinin kesme kuvvetlerinin değişiminde iyi bir lineer model oluşturduğunu ve kesme derinliğinin ilerleme kuvveti üzerinde etkin olduğu göstermişlerdir. Çalışmada kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü ile ilgili önerilen modelleri dikkate alarak kesme parametrelerinin sınırlarını tekrar ortaya koymuşlardır [Lalwani, 2008].

M. Nouari, ve A. Molinari tarafından yapılan çalışmada yüksek kesme hızlarında 42CRMo4 çeliğinin işlenmesiyle, kaplamalı sementit tungsten karbürün takım

aşınması deneylerle araştırılmış ve araştırmalar sonunda takım ömrü ve krater aşınması bulunmuştur [Nouari, 2008].

Anselmo Eduardo Diniz ve arkadaşları, iki çeşit CBN takım kullanarak sertleştirilmiş çeliğin sürekli ve süreksiz koşullarda tornalanması ile ilgili çalışma yapmışlardır. İşlemin sürekli ve süreksiz olmasına bağlı olarak takım ömrü ve takım aşınmasını incelemiştir [Aselmo, 2005].

Yapılan bir çalışmada takım kırılmasını izleyecek bir sistem geliştirilmiştir. Dinamometre, analog / dijital dönüştürücü, yükseltici, bilgisayar ve bu sistemlerle ilgili yazılım kullanılarak AISI 1050 iş malzemesi ve tungsten karbür takımlarla testler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda takımın kırıldığı sırada kesme kuvvetlerinin çok yükseldiği daha sonra birden düştüğü bulunmuştur [Çakır, 2005].

Bir diğer çalışmada, tornalama işleminde yan kenar aşınmasını belirleyen matematiksel model geliştirilmiştir. Benzeri çalışmalarda değişik takım ve iş malzemeleri ile gerek yan kenar aşınmaları gerekse krater aşınmaları incelenmiştir. Ayrıca değişik kaplamaların takım ömrüne sağladığı katkılar da incelenmiştir [Choudhury, 2004].

Usui ve arkadaşları tornalama işlemlerinde tungsten karpit takımların krater ve yanak aşınmasını önceden tahmin edilmesine imkan sağlayan analitik bir metot oluşturmuşlardır. İki karakteristik aşınma değişkeni ve yalnızca işlenebilirlikten elde edilen ortogonal kesme verisini temel alan aşınma denklemini, önce teorik olarak elde edip sonra deneysel olarak doğrulamışlardır. Tornalamada talaş oluşumunu ve ortogonal kesme verisinden, kesme kuvvetlerini önceden tahmin etmek için bir enerji metodu geliştirmişlerdir. Tahmin edilen bu sonuçları kullanarak aşınma yüzeylerindeki gerilim ve sıcaklığı hesaplamışlardır. Aşınma gelişiminin bilgisayar simülasyonunu, karakteristik denklem ve aşınma yüzeyleri üzerindeki tahmin edilen gerilim ve sıcaklıkları kullanarak oluşturmuşlardır. Tahmin edilen aşınma süreci ve takım ömrünün deneysel sonuçlarla uyum içinde olduğunu göstermişlerdir [Usui, 1984].

Sharman ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarda çok katmanlı PVD- TiAlN küresel uçlu takım ile Inconel 718'in işlenmesinde, yüksek kesme hızlarında yapılan deneylerde en uzun takım ömrünün 90 m/dak kesme hızında olduğu belirtilmiştir [Sharman, 2001].

Özdemir, tornalama işleminde kesici takımı etkileyen kesme kuvvetinin ölçülmesi için bir dinamometre tasarlayarak imalatı gerçekleştirmiştir. İmalatı yapılan dinamometre için bir yazılım hazırlayarak kesme kuvvetlerindeki değişimleri izleyerek kayıt altına almıştır. Elde ettikleri verilerin sonuçlarını değerlendirerek, kesme kuvvetleri ölçümlerinin güvenli sonuçlar verdiğini tespit etmiştir [Özdemir, 2006].

Paro ve arkadaşları çalışmalarında X5 CrMnN18 paslanmaz çeliğin işlenebilirliğini ve takım aşınmasını araştırmışlar, Kesme hızının artması ile takım ömrünün daha da düştüğünü bulmuşlardır [Paro, 2001].

Işık, bu çalışmasında bir dizi takım çeliklerinin işlenebilirliklerini incelemiştir. Yapmış olduğu testlerde kaplamalı tip takımlar için işlenebilirliği etkileyen kesme parametreleri dikkate alınmıştır. Kesme kuvvetlerini üç boyutlu kuvvet ölçer dinamometre ile bulmuştur. Deneylerini soğuk iş takım çelikleri AISI 02 (90 MnCrV8), sıcak iş takım çelikleri AISI H10 (X32CrMo33) ve kalıp çelikleri AISI P 420 (X42Cr13) kullanarak, TiC + TiCN + TiN kaplamalı ve kaplamasız uçlar ile gerçekleştirerek, yüzey aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrünü karşılaştırmıştır [Işık, 2007].

Farhat, çalışmasında AISI P20 takım çeliklerini (WC-TiC-Co) tungsten karbür kesici takım kullanarak takımlarda oluşan aşınmaları incelemiştir. CNC tornada ortogonal kesme ile 60, 120, 240, 380 ve 600 m/dak kesme hızları kullanarak gerçekleştirmiştir. Kullandığı yüksek kesme hızı parametrelerinde (380, 600 m/dak) aşınmanın daha baskın olduğunu ve düşük kesme hızı parametrelerinde de (120, 240 m/dak) yapışmanın (built-up edge) oluştuğunu gözlemiştir [Farhat, 2003].

Sikdar, S.K. ve Chen, M., tornalama işlemlerinde yan kenar aşınması ve kesme kuvvetleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Kesme kuvvetlerini piezo kristal Kistler dinamometresi ile ölçmüşlerdir. Sonuçta kesici takım körelmeye başladığında kesme kuvvetlerinin arttığı özellikle radyal ve eksenel kuvvetlerin daha da arttığını gözlemlemişlerdir. Kesme kuvvetleri ve yan yüzey aşınması arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için matematiksel modelleme yapmışlardır. Matematiksel modelleri Matlab ile çözmüşlerdir [Sikdar, 2002].

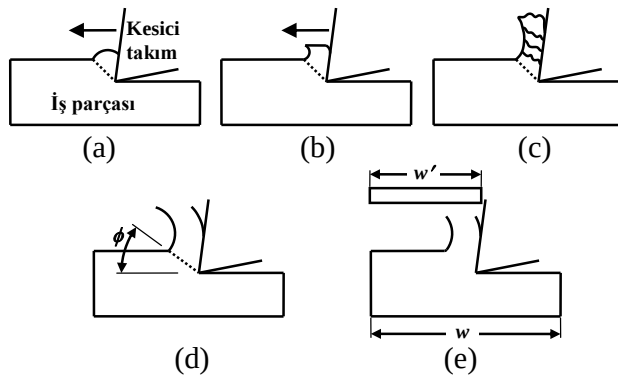
Güral, mikro yapısı ferrit + perlitten oluşan AISI 8620 çeliği ve bu çelikten üretilen farklı martenzit hacim oranına sahip çift fazlı çelikleri işlemiştir. Farklı kesme hızlarında kesici takım aşınması ve kesici uçta yığıntı talaş oluşma eğilimleri ve bu eğilimlerin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak, BUE oluşma eğiliminin, kesme kuvvetini düşürürken yüzey pürüzlülüğünü artırdığını vurgulamıştır [Güral, 1998].

Literatür araştırmasında, yapılacak olan çalışmanın konusu ve yöntemi esas alınarak, takım ömrü modellerinde üstel değerlerin deneysel olarak belirlenmesi ile ilgili yeterli çalışma olmadığı görülmektedir. İşlenebilirlik çalışmalarında işleme maliyetleri üzerinde kesici takım maliyetinin büyük bir yere sahip olması takım ömrü modellerinde üstel değerlerin belirlenmesi ile ilgili çalışma yapmayı gerekli kılmaktadır. Bu alanla ilgili literatürdeki eksikliklerin giderilmesi ve kesici takım ömürleri üzerinde artışlar sağlanarak imalat sektöründeki işletmelere teknolojik veri sağlaması açısından yapılan çalışmanın önemli bir yer tutacağına inanılmaktadır.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Talaş Kaldırma İşlemi ve Talaş Oluşumu

Talaş kaldırma, belirli boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için ucu keskin bir takım ile ve güç kullanarak, iş parçası üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırma işlemidir. Fiziksel bakımdan talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parça yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması gibi olayların meydana geldiği karmaşık bir fiziksel olaydır. Bir parça üzerinden belirli bir malzeme tabakası kaldırılması için takımın o malzemeye batması gerekir. Bu da, ancak takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli ve takım malzemesinin parça malzemesinden daha sert olması halinde gerçekleşir [Çakır, 2000]. Talaş oluşumu plastik deformasyonun önemli derecede rol oynadığı bir işlemdir. Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, iş parçasının kesici takım önündeki bölgesel deformasyonu ile gerçekleşir. İş parçası ve kesici takım arasındaki nispi hareket sonucu iş parçasında oluşan gerilme iş parçasını birinci deformasyon bölgesinde plastik deformasyona uğratarak talaş oluşumunu gerçekleştirir. Oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek atılır. Birinci kayma (deformasyon) düzleminde oluşan talaş kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerken kayma veya yapışma sonucu ikinci defa deformasyona uğrar ve kesme bölgesinden atılır [Grover,1996]. Kesme işlemi sırasında gerçekleşen talaş oluşum safhaları Şekil 3.1’de verilmiştir [Çakır, 2000].



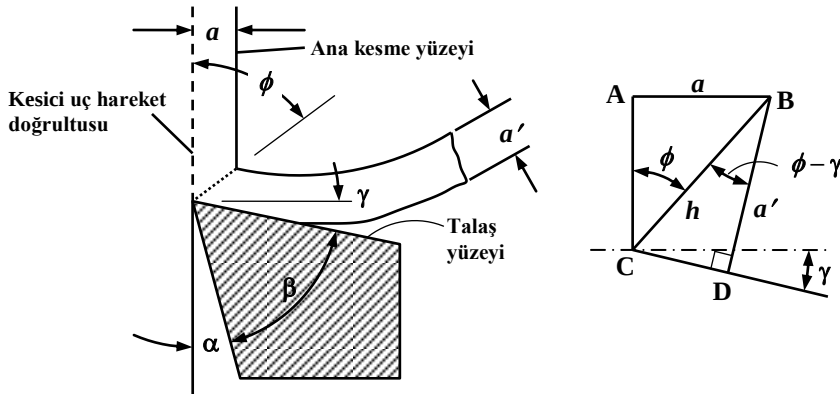
Şekil 3.1. Talaş Oluşumu

Şekil 3.1' de ;

- (a): Takımın iş parçasına dalması,
- (b): Kesme işleminin başlaması (yığılma),
- (c): Talaşın akışı,
- (d): Talaşın parçadan ayrılması,
- (e): Çıkan talaş uzunluğunu göstermektedir.

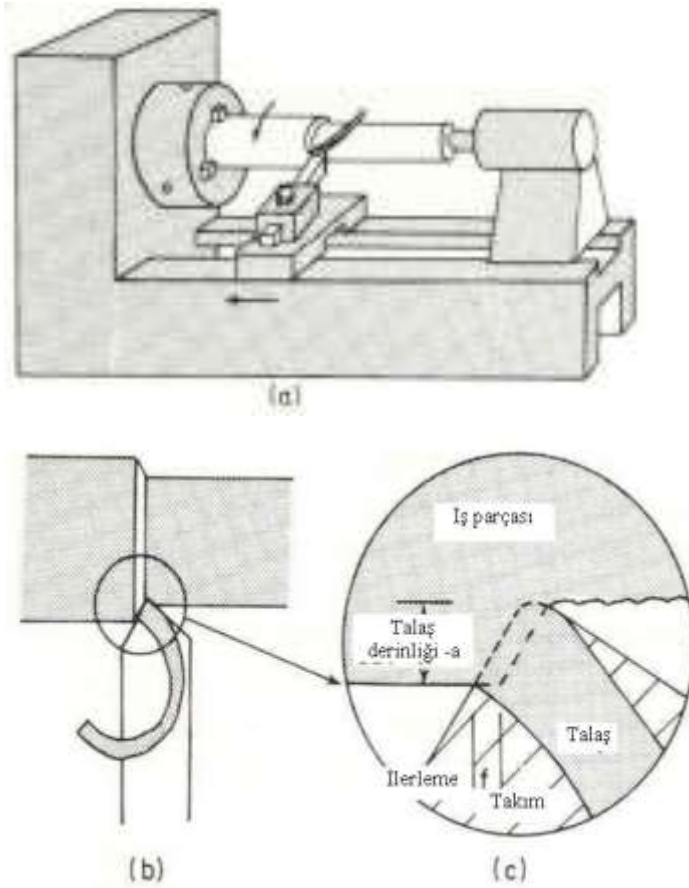
Talaşlı üretimde, ham malzeme işlenirken elde edilen talaşın tipi genellikle; İşlenen malzemenin cinsi, Kesme hızı, İlerleme/kesme derinliği, Talaş açısı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. En genel şekli ile bir tanımlama yapılacak olursa; değişik faktörlerin sonucu olarak akma (sürekli), yığılma ve kopuk (süreksiz) talaş olmak üzere üç tip talaş söz konusudur.

Talaş kaldırma, kesici kenarda talaşın oluşturulduğu bölgeden alınan düzlemsel kesitle açıklanır (Şekil 3.2) [Çakır, 2000].



Şekil 3.2. Talaş oluşma düzlemi.

Tornalama işlemi talaşlı imalat ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda en çok kullanılan talaşlı imalat yöntemidir. Etkin bir talaşlı imalat işlemi olan tornalama işlemi dairesel iş parçalarının işlenmesinde kullanılır. İşlenecek olan iş parçası genelde bir aynaya bağlanarak döndürülür. Bir takım tutucu üzerine rijit olarak bağlanmış kesici takım dönen iş parçası ekseninde ilerletilerek ve iş parçasından bir katman kaldırılarak, dairesel veya daha karmaşık profilli yüzeyler oluşturulur. Şekil 3.3' te torna tezgahı ve tornalama işlemini şematik olarak göstermektedir [Trent, 1989].



Şekil 3.3 Torna tezgahı ve tornalama işleminin şematik olarak gösterimi

Kesme hızı (V), kesilmemiş iş parçası yüzeyindeki bir noktanın kesici takım önünde birim zamanda aldığı yol olarak tanımlanır ve çoğunlukla m/dak olarak ifade edilir. İlerleme hızı (f), iş parçası malzemesinin her bir dönüşünde kesici takımın iş parçası eksenine paralel olarak kat ettiği mesafedir. Talaş kalınlığı (a), iş parçası malzemesinden kaldırılan malzemenin derinliği ve iş parçası eksenine dik yönde ölçülür. Bu üç kesme parametresinin çarpımıyla ekseriyetle metal kesme işleminin verimliliğini ifade eden talaş kaldırma oranı bulunur [Trent, 1989].

3.2. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler

Talaşlı imalat işlemlerinde en önemli husus, işlemin mümkün olan en düşük maliyetle, arzu edilen kalitede gerçekleşmesidir. Tüm talaşlı imalat yöntemlerinde işleme parametreleri seçimi birçok faktörden etkilenmekte ve standart haliyle işlenmesi kolay olan bir malzeme, bu faktörlerin biri veya birkaçının etkili olmasıyla

zorlaşabilmektedir. Uygun olmayan işleme parametreleri, iş parçasının ve yüzey kalitesinin bozulmasının yanı sıra, kesici takımların hızlı aşınması ve kırılması kesme performansına etki etmesi ile birlikte ekonomik kayıplara da neden olmaktadır.

Talaş kaldırmayı etkileyen önemli faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Kesme hızı (V), m/dak
- Takım ömrü (T), dak
- İlerleme miktarı (f), mm/dev
- Kesme derinliği (a), mm
- Takım Geometrisi
- Takım ve iş parçasının gereci
- Titreşim durumu
- Soğutma (kesme) sıvısı [Mendi, 2006]

3.3. Kesici Takımlarda Takım Ömrünün Belirlenmesi

3.3.1. Takım ömrü

Takım ömrü, genellikle, belirli bir kritere ulaşmak için gerekli olan etkili kesme zamanı veya pratik olarak, takımın iki bileme arasında geçen aktif çalışma zamanı olarak tanımlanır. Talaşlı imalatla en büyük maliyetlerden birisi kesici takım/kesici uç maliyetidir. Bu maliyet öyle boyutlara çıkmaktadır ki önlem alınmadığı takdirde işletmeyi ağır sektelelere uğratabilmektedir. Kesici takımın ömrü veya kullanım süresi talaşlı imalatın vazgeçilemez ve en önemli unsurlarından olmuştur. Bu nedenlerden dolayı, yıllar boyunca araştırmacılar kesici takımlar ve kesici takım ömrü konularına yoğunlaşmışlardır. Özellikle son dönem bilimsel çalışmalarda ekonomik takım ömrü ve en az takım maliyeti konularının araştırılması devam etmektedir [Çakır, 2000].

Takım aşınması, takım ömrünü değerlendirmek için en önemli kriter olmakla beraber takım ömrünü değerlendirmek için bazı diğer kriterlerin de kullanılması söz konusu olabilir. Bu kriterler:

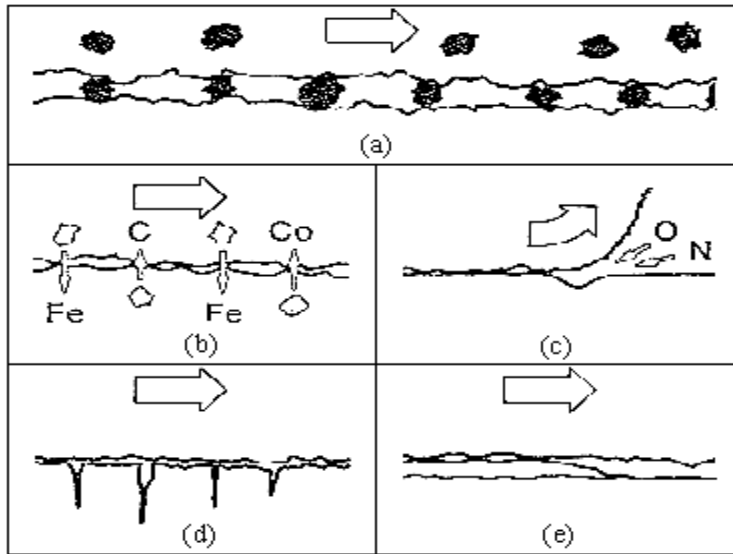
- İşlenen yüzeyin, yüzey kalitesinin değişmesi,

- Kesme kuvvetlerinin büyümesi sonucu oluşan değişikliklerin tezgah ve iş parçasında sapmalara sebep olmasından dolayı iş parçasının boyutlarının değişmesi,
- İşleme sıcaklığının değişmesi.

3.3.2. Takım aşınma mekanizmaları

Talaş kaldırma sırasında kesici kenar üzerinde bası temel aşınma mekanizmaları meydana gelir. Bunlar;

- Abrasiv aşınma
- Difüzyon ile aşınma
- Oksidasyon aşınma
- Yorulma ile aşınma
- Adhesiv aşınma



Şekil 3.4. Metallerin işlenmesi sırasında oluşan temel aşınma mekanizmaları,
(a)Abrasiv, (b)Difüzyon, (c)Oksidasyon, (d)Yorulma, (e)Adhesiv

3.3.3. Takım aşınma tipleri

Aşınma mekanizmalarının bir sonucu olarak kesici takımında 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.

Çizelge 3.1. Aşınma mekanizmalarından kaynaklanan aşınma tipleri

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

3.4. Takım Ömrü Modelleri

Bütün talaş kaldırma operasyonlarında (özellikle metallere talaş kaldırma işlemlerinde) ekonomik işlemenin en önemli dayanağı doğru kesme hızının seçilmesidir. Bu sebeple 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
- Kranenberg modelidir.

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.

3.5. Taylor Takım Ömrü Modeli

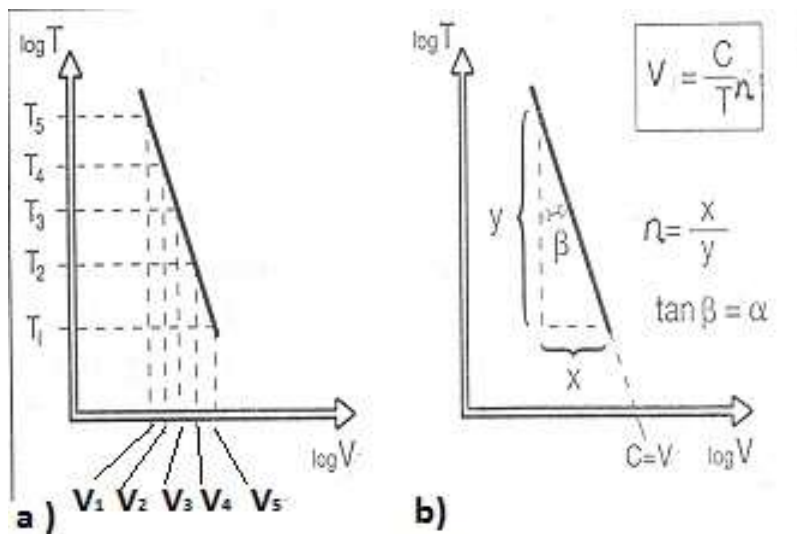
1907 yılında F. W. Taylor tarafından ortaya konulan ve takım ömrünü (T); kesme hızı (V) ve ilerlemenin (f) bir fonksiyonu olarak ifade eden model, ilk defa aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$T = \frac{\text{sabit}}{f_x \times V_y}$$

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

$$V \cdot T^n = C$$

Bu eşitlikte; (n) öncelikle takım malzemesine bağlı fakat aynı zamanda iş parçası malzemesinden, kesme şartlarından ve ortamdan etkilenen bir üs (katsayı) olmakla beraber, (C) ise özellikle ilerlemeyi ihtiva eden tüm girdi parametrelerine bağlı bir sabittir. Bu eşitlik, ampirik olarak oluşturulmuş kesme hızı-takım ömrü ilişkisini veren eğrilerin logaritmik (log - log) grafiklerinden elde edilir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. a) T-V ilişkisinin log-log diyagramı
b) Eğim ve n üssü ile C katsayısı

Bu grafik belli bir aşınma değeri VB için dakika olarak takım ömrü (T-dakika) ve kesme hızı (V-m/dak) ilişkisini verir.

Öncelikle takım malzemesine bağlı “n” değeri için, kullanılan bazı takımlar için aşağıdaki değerler yaygın olarak kullanılır:

- Seri çelik takımlar (HSS) için $n = 0,14 \sim 0,16$
- Kaplanmış karpit (sert metal) uçlar (C) için $n = 0,21 \sim 0,25$
- TiC (titanyum karpit-karbür) kaplı uçlar (GC) için $n = 0,3$
- TiN (titanyum nitrit) kaplı uçlar (GC) için $n = 0,35$
- Sentetik çok kristalli elmas uçlar (PCD) için $n = 0,33$
- Seramik-kaplanmış uçlar (CC) için $n = 0,4$
- Alüminyum oksit esaslı seramik uçlar
- Silikon nitrit esaslı seramik uçlar

“n” değerini tayin etmek için daha detaylı hazırlanmış çizelgelerden yararlanmak mümkündür Bu çizelgelerde n değeri sadece takım malzemesine bağlı olarak değil, iş parçası malzemesi, talaş derinliği, ilerleme, soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlı olarak da verilmiştir. Literatürdeki çeşitli kaynaklar incelendiğinde Taylor’un takım ömrü modelinde kullanılan “n” üstel değeri için, aynı takımlara ait farklı değerler kullanıldığı göze çarpmaktadır. Bu durum “n” üstel değerinin doğru kullanılmamasına ve dolayısıyla da takım ömrü modellerinden sağlıklı faydalanılamamasına sebep olmaktadır. Bu çalışmanın amacı; günümüzün modern imkanlarını da kullanarak, gelişen kesici takım teknolojisine paralel olarak, farklı kesici takımlar için takım ömrü deneylerinin yapılmasına kılavuzluk eden TS 10329’dan (ISO 3685) yararlanarak, farklı seramik kesici takımlar için Taylor takım ömrü modelindeki “n” üstel değerleri tespit edilerek literatüre kazandırılmıştır.

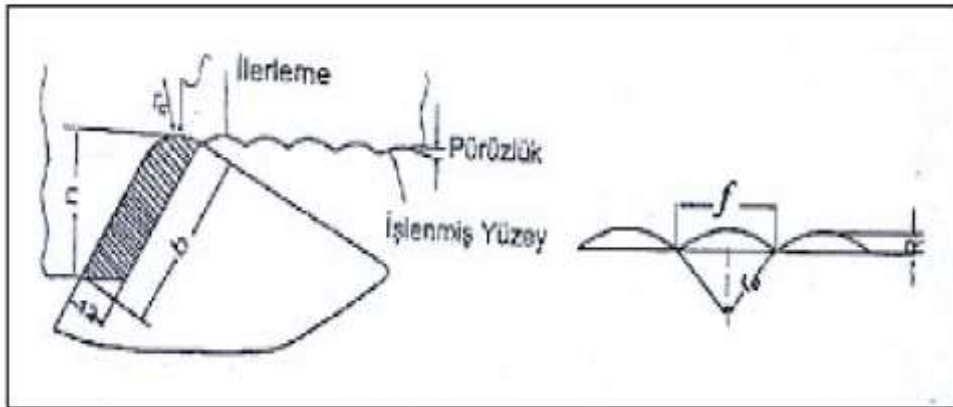
3.6. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırarak şekillendirme sırasında; seçilen yönteme, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısı faktörlerin ve kesici-iş parçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde genellikle istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denmektedir [Güllü,1995].

İşlenmiş yüzeylerde, kullanılan iş malzemesi ve işleme metodu ne olursa olsun (tornalama, frezeleme, taşlama vb.) yüzey pürüzlülüğünün meydana gelmesi kaçınılmazdır. İşlenen malzemelerde meydana gelen yüzey pürüzlülüğü, endüstride çok büyük önem teşkil etmektedir. Üretici firmalar imalat sektöründeki ticari paydan mümkün olduğu kadar fazla pay alabilmek için bu alanda çok büyük yatırımlarla araştırma ve geliştirme faaliyetleri yapmaktadırlar.

3.6.1. Yüzey pürüzlülüğünün oluşumu

İdeal yüzey pürüzlülüğünün oluşumu Şekil 3.6'da şematik olarak gösterilmektedir [Shaw, 1985]. Uygulamada, genellikle aşağıda tanımlanan ideal pürüzlülük şartlarına ulaşmak mümkün değildir. Normalde gerçek pürüzlülükte en etkili pürüzlülük tipi doğal yüzey pürüzlülüğüdür.



Şekil 3.6. ilerleme ve takım uç yarı çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

Doğal yüzey pürüzlülüğüne sebep olan en önemli faktörlerden biri yığıntı talaş oluşumudur. İdeal yüzey pürüzlülüğü, geometrik hesaplamalarla elde edilen ve aşağıda verilen eşitlikle elde edilir [Shaw, 1985].

$$Ra = 0,064 \times f^2 / 8r \quad (3.1)$$

3.6.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler şunlardır:

- Takım tezgâhının rijitlik durumu,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
- Takım tutucu rijitlik durumu,
- Takım aşınmasının etkileri,
- Takım geometrisi,
- Kesme parametreleri,
- Malzemenin mekanik özellikleri,
- Soğutma sıvısının etkileri (Özses, 2002).

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.

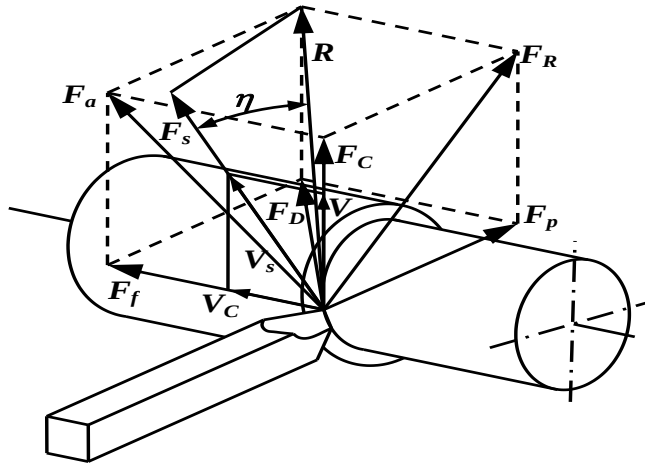
3.7.1. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi

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 [Turgut,2009].

3.7.2. Kesme kuvveti bağıntıları

Şekil 3.7' 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 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_r) ise üçüncü kuvvet bileşenidir [Günay 2005].



Şekil 3.7. Tornalamada oluşan kesme kuvvetleri

Talaş kaldırma kuvveti veya bileşke kuvvet (R) için,

$$R = \sqrt{F_C^2 + F_f^2 + F_p^2} \quad (3.2)$$

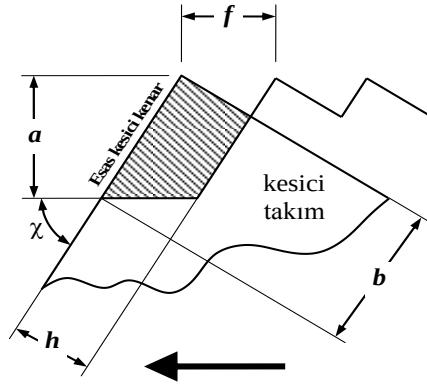
yazılabilir.

3.7.3. Esas kesme kuvvetinin belirlenmesi

Kienzle' ye göre asıl kesme kuvveti, talaş kesiti ile işlenen malzemenin özgül kesme direncinin çarpımı esasına dayanır [Mendi,2006].

$$F_c = A \cdot k_s \quad (3.3)$$

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 3.8'de gösterilen kesici takım yanaşma açısı ($K\chi$)' dır [Çakır, 2000].



Şekil 3.8. Talaş kesitinin yanaşma açısı ile ilişkisi

Şekil 3.8' 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 3.8' 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 ($A_0 = b \cdot h$) [Kurt, 2006]. Yapılan pek çok deneysel araştırmanın

ortaya koyduğu sonuçlara göre, talaş kaldırma sırasında esas kesme kuvvetini etkileyen değişik faktörler söz konusudur. Bunların en önemlileri; kesme hızı faktörü (k_v), talaş açısı faktörü (k_γ), takımın aşınma faktörü (k_a), takım malzemesi faktörü (k_t) biçiminde sıralanabilir [Çakır, 2000].

$$F_c = [A_0 \cdot k_s] \cdot k_v \cdot k_\gamma \cdot k_a \cdot k_t \quad (3.4)$$

Bu faktörler dikkate alınarak eşitlikteki asıl kesme kuvveti denklemi elde edilmiştir.

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_r) ve ilerleme kuvveti (F_f) için kesin değerler olmamakla beraber tornalama işlemlerinde esas kesme kuvvetine bağlı, yaklaşık olarak aşağıdaki gibi hesaplanır [Çakır, 2000].

$$F_f \sim (0,1 : 0,2) F_c \quad (3.5)$$

$$F_r \sim (0,1 : 0,2) F_c \quad (3.6)$$

4. MALZEME VE YÖNTEM

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. Ham deney malzemesi Ø100 x 550 mm boyutlarındadır.

Çizelge 4.1. AISI 1050 çeliğinin mekanik ve kimyasal özellikleri

Mekanik Özellikler			Kimyasal Özellikler	
Özellikleri		T (° C)	Element	% Ağırlık
Yoğunluk ($\times 1000 \text{ kg / m}^3$)	7,7 – 8,03	25°	C	0,48-0,55
Poisson Oranı	0,27-0,30	25°	Mn	0,60-0,90
Elastik Modülü (GPa)	190 - 210	25°	P	0,04 (max)
Çekme Dayanımı (Mpa)	636	25°	S	0,05 (max)
Akma Dayanımı (Mpa)	365,4	25°		
Uzama (%)	23,7	25°		
Alan azalma (%)	39,9	25°		
Sertlik (HB)	187	25°		
Darbe Dayanımı (J) (Izod)	16,9	25°		

Deney malzemesi TS 10329 standardı 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.

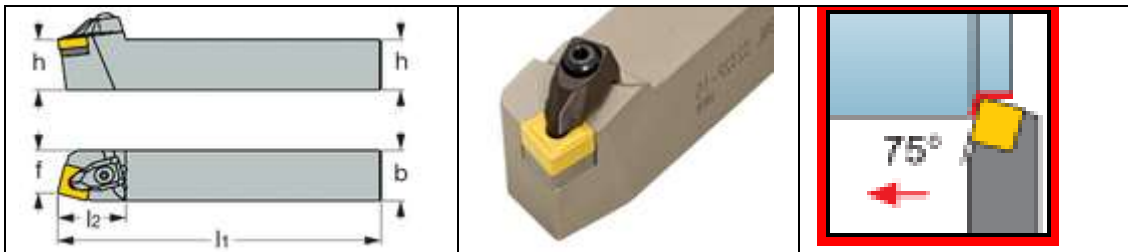
4.2. Kesme Parametreleri

Gerçekleştirilen kesme deneylerinde AISI 1050 iş parçasının işlenmesinde beş farklı kesme hızı (250, 280, 315, 350 ve 400 m/dak), 0.25 mm/dev ilerleme miktarı ile 2,5 mm sabit bir kesme derinliği kullanılmıştır.

4.3. Kesici Takım ve Takım Tutucu

Deneylerde TS 10329’ da belirtilen deney şartlarına uygun olarak SANDVIK firmasına ait takım uç burun yuvarlatma yarıçapı (r) 0,8 olan SNGA formundaki kaplamasız (650) ve PVD metodu ile TiN kaplamalı (6050) karma Al_2O_3 esaslı seramik kesici takımlar kullanılmıştır.

Deneyde kaplamalı ve kaplamasız SNGA 120408 geometrisindeki bu kesici takımlar DSBNR 2525 M12 bir takım tutucuya mekanik olarak rijit bir şekilde bağlanmıştır. Mekanik sıkmalı tip uçlar sert metal malzeme için, ISO P20 kalitesine karşılık gelecek şekilde bir takım tutucu kullanılmıştır (Resim 4.1).



Resim4.1. Deneylerde kullanılan takım tutucu

Tornalamada yaklaşma açısı takım ömrü açısından önemlidir. Resim 4.1’de takım tutucunun yanaşma açısı 75° olarak belirlenmiştir. Ayrıca kesici takım tutucuya ait geometrik boyutlar Çizelge 4.2 ’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kesici takım tutucunun geometrik boyutları

Gösterimi	h	b	l1	l2	f	Ga°	Gr°	R/L
DSBNR 2525 M12	25	25	150	38	22	-4	-7	R

4.4. Takım Tezgahı

Deneylerde Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü CNC Atelyesinde bulunan JOHNFORD TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgâhı kullanılmıştır. Bu tezgahın özellikleri Çizelge 4.3’ te verilmiştir.

Çizelge 4.3. CNC torna tezgahının özellikleri

X eksen	250 mm
Z eksen	600 mm
Tezgah gücü	10 kW
Devir sayısı	4000 rpm
Hidrolik ayna çapı	250 mm
Hassasiyet	0,001 mm
Taret, Takım Bağlama Kapasitesi	12

4.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Deneylerde üç kesme kuvveti bileşenini (F_c , F_f ve F_r) ölçme kapasitesine sahip kuartz kistler 9257 B tipi dinamometre kullanılmıştır. Bu dinamometrenin teknik özellikleri Çizelge 4.4’ te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri.

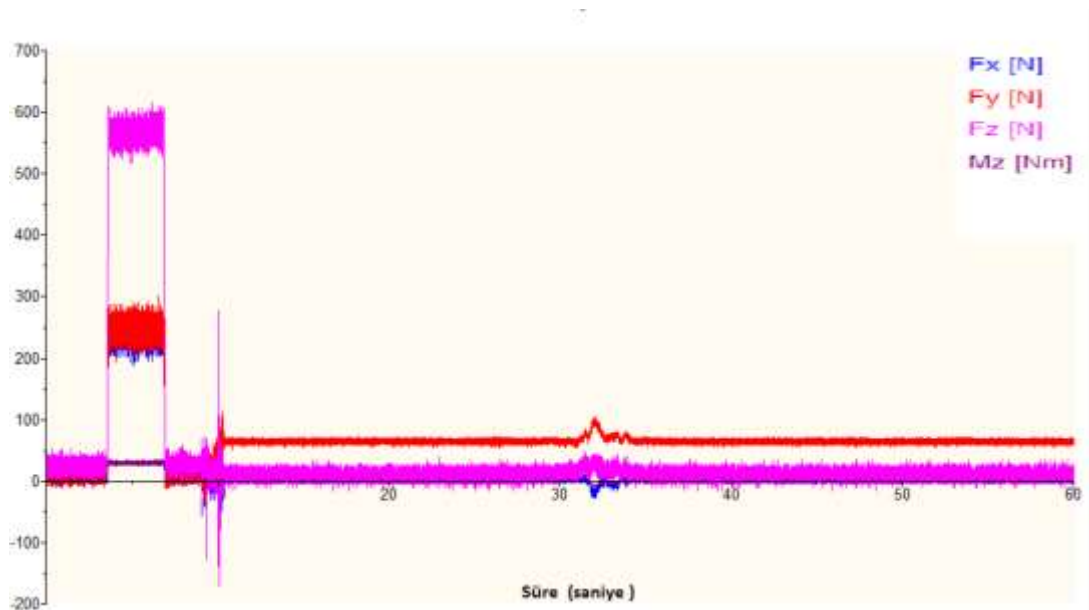
Kuvvet aralığı (Fx, Fy, Fz)	-5...10	
Tepki verme (N)	0,01	
Hassasiyet Fx, Fy	-7,5	
Hassasiyet Fz	-3,5	
Doğrusallık	%1 FSO	
Histerezis	%0,5 FSO	
Doğal frekans $f_0(x,y,z)$	3,5	
Çalışma sıcaklığı	0...70	
Kapasitans	220	
20 °C'daki yalıtım direnci	1013	
Topraklama sınıfı	108	
Koruma sınıfı	IP 67	
Ağırlık	7,3	

Dinamometre tarafından hissedilen kesme kuvveti verileri (gerilim değerleri) Kistler Type 5070A Multichannel Charge Amplifier (yükselteç) yardımıyla Type 2855A3 A/D Board CIO-DAS 1602/12 veri alma kartı ve Kistler Type 2825A1-2 Dynoware yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamına alınmıştır. Kesme kuvveti gerilim değerlerinin yükseltilmesi ve yazılım için istenilen kanal düzeninin (hangi kanaldan hangi kesme kuvveti bileşeninin okunacağı) ayarlanması gibi işlevler için kullanılan 5070A yükseltecinin bazı özellikleri Çizelge 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.5. 5070A Amplifier özellikleri

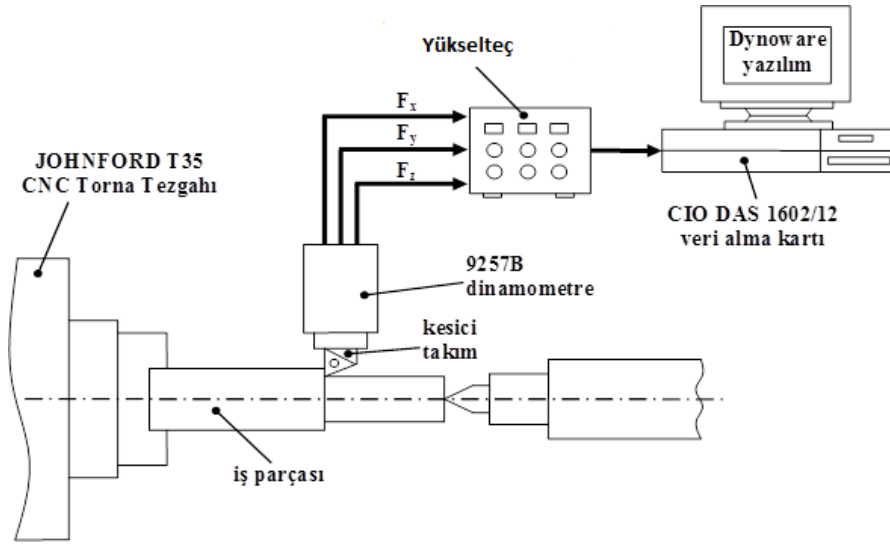
	Amplifier Teknik Özellikleri	
	Kanal sayısı	8
	Açıklama	19" rack
	Bağlantı	Fischer 9 pol. Neg
	Ölçüm aralığı	$\pm 200 \dots 200000 \text{ pC}$
	Frekans aralığı	$0 \dots > 45 \text{ kHz}$
	Çıktı sinyali	± 10
	Güç	$200 \dots 240 \text{ V}$
	Arayüz	RS-232C

Program; yapılan deneylerde kullanılan V , f ve a' da değişiklik yapılarak kesme kuvvetlerinin Şekil 4.1' deki gibi grafik halinde gösterilmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca, başka programlarda kullanılmak üzere ölçme sonuçlarının bir dosyaya yazdırılması, daha sonraki kullanımlar için yapılan konfigürasyon ayarlarının kaydedilebilmesi ve deney sonuçlarının ortalamasının alınabilmesi gibi işlevler de program tarafından yapılabilmektedir.



Şekil 4.1. Kistler 9257B tipi dinamometre ile zamana bağlı ölçülen kesme kuvvetleri

Şekil 4.1' de görüldüğü gibi, kesme işlemi sonunda kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu bölgenin başlangıç ve bitiş değerleri esas alınarak, ortalama F_c , F_f ve F_r kuvvetleri belirlenebilmektedir. Dinamometre kartezyen kuvvet bileşenleri (F_x , F_y , F_z) biçiminde ölçümler gerçekleştirmekte olup; $F_x = F_f$, $F_y = F_r$ ve $F_z = F_c$ 'ye karşılık gelen kuvvetleri işaret etmektedir. Dinamometrenin tezgaha bağlantısı ve deney düzeneği şematik olarak Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kesme deneyleri için hazırlanan deney düzeneği

4.6. Takım Ömrü Deneyleri

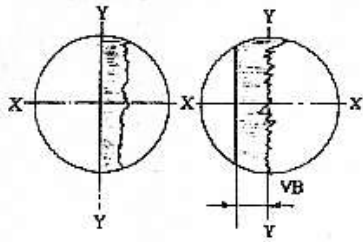
Kesme Hızı-Takım Ömrü V-T eğrisi için seçilen beş farklı kesme hızında kesme yapılmıştır, her bir kesme hızı için yeni bir kesici kenar kullanılmıştır (Resim 4.2). Takım tutucu ise deney tamamlanıncaya kadar sökülmemiş ve yerinden oynatılmamıştır. Kesici uç kenarındaki yan yüzey aşınmaları ölçülmüştür.



Resim 4.2. Deneyler için hazırlanmış numune ve deney düzeneği

4.6.1. 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 hassasiyetle ölçülebilmesi sağlanmıştır. Mikroskobun göz merceğine takılı bulunan ‘+’ şeklindeki işaret, ölçüme referans olacak bir koordinat 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) koordinat eksenini ile çakıştırılmış, daha sonra tabla X-X doğrultusunda gezdirilerek VB_B ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.3). 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 4.3. 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 0,3 mm’ ye ulaştığı zaman, takımın aşındığı kabul edilmiş ve deney sonuçlandırılmıştır.

4.6.2. Yüzey pürüzlülüğünün 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 eksenini etrafında 120° döndürülerek üç ayrı yüzeyden

ölçüm değerleri alınarak yapılmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazının teknik özellikleri Çizelge 4.6’ da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri

MODEL	Perhometer M1 (Mahr)
Ölçme Hızı $\mu\text{m/sn}$	150
Ölçme Kuvveti mN	0,7
Uç Malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu mm	0,8
Değerlendirme Uzunluğu mm	5,6
Tarama Hızı (mm/sn)	0,5
Boyutları (mm)	190x170x75
Yaklaşık Ağırlığı (gr)	900

4.6.3. TS 10329’ a göre “n ” üstel değerinin hesaplanması

$C = V.T^n$ Taylor kalem ömrü formülündeki “n” ve “C” sabitleri, TS 10329’a göre, 3. Bölümde açıklandığı üzere, grafik yöntemi veya regresyon analiziyle hesaplanmaktadır.

Grafik yöntemi

Kaplamasız ve kaplamalı seramik takımlar için her bir kesme hızı değeri için takımın 0,3 mm yan kenar aşınma süresi verileri alınarak bir tablo oluşturulmuştur. Kesme hızı ve takımın aşınma süreleri logaritmik on tabanında hesaplanarak tablodaki sütunlarının karşılığına yazılmış, $\log V / \log T$ 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 (Eş. 4.1) yerine konulmasıyla hesaplanmıştır.

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

Regresyon hesaplama yöntemi

Regresyon analizi hesaplama değerlendirme yapılan bir istatistiksel metottur. 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 4.8’ de gösterilmiştir. Bununla ilgili olarak Çizelge 4.8’ de gösterilen tablo oluşturulmuş ve girilen V ve T değerlerine bağlı olarak gerekli bütün hesaplamalar otomatik olarak yaptırılmıştır.

Çizelge 4.7. “n” Sabiti regresyon doğrusu hesaplama planı

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

İşlemlerde aşağıdaki semboller kullanılmıştır:

p: Deneyde yapılan gözlem sayısı

x: $\log V$

y: $\log T$

V değerlerine bağlı olarak elde edilen T değerleri ilgili Çizelge 4.8' in ilgili sütunlarına yazılır. Buna bağlı olarak, log V ve log T değerleri hesaplanır. Bu aşamadan sonra, Eş. 4.1' den x ve y değerleri bulunur.

$$\bar{x} = \Sigma x/p, \quad \bar{y} = \Sigma y/p \quad (4.2)$$

Uygun eksenin seçimi ile birlikte, Taylor takım ömrü denkleminin dönüşümü Eş. 4.2'de ile gerçekleştirilir.

$$y = a + k (x - \bar{x}) \quad (4.3)$$

Burada;

$$a = k (\bar{x} - \log c) \quad (4.4)$$

$$a = \bar{y} \quad (4.5)$$

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

Regresyon doğrusu ile x eksenini arasındaki açının tanjantı olan k sabiti, Eş. 4.5 ile bulunmuştur.

$$k = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/p}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/p} \quad (4.6)$$

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

x.y çarpımları, Çizelge 4.8 'deki 6 numaralı sütuna yazılarak toplamı bulunur.

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

7 numaralı sütunda x^2 '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 Eş. 4.7 ile hesaplanır:

$$\log c = \bar{x} - \bar{y}/k \quad (4.8)$$

Kaplamalı ve kaplamasız seramik takımları için takım ömrü deney verileri TS 10329 standardı referans alınarak hesaplamaları yapılmıştır.

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, AISI 1050 deney numunelerinden, 5 farklı kesme hızında (250, 280, 315, 350, 400 m/dak) , ilerleme 0,25 mm/dev, talaş derinliği 2,5 mm ve $V_B=0,15$ 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 pürüzlülüğünün değerlendirilmesi

5.1. Takım Ömrünün Değerlendirilmesi

Takım ömrü deneylerine bağlı olarak “n” katsayısının tespiti TS 10329’da belirtildiği üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi, regresyon analizi ikincisi ise grafiksel yöntemdir. 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.

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

Kaplamasız Takım		
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V_B , (dak)
1	250	19,5
2	280	15,3
3	315	8,6
4	350	7,32
5	400	5,435
Kaplmalı Takım		
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V_B , (dak)
6	250	42,3
7	280	35,6
8	315	22,35
9	350	18,90
10	400	8,56

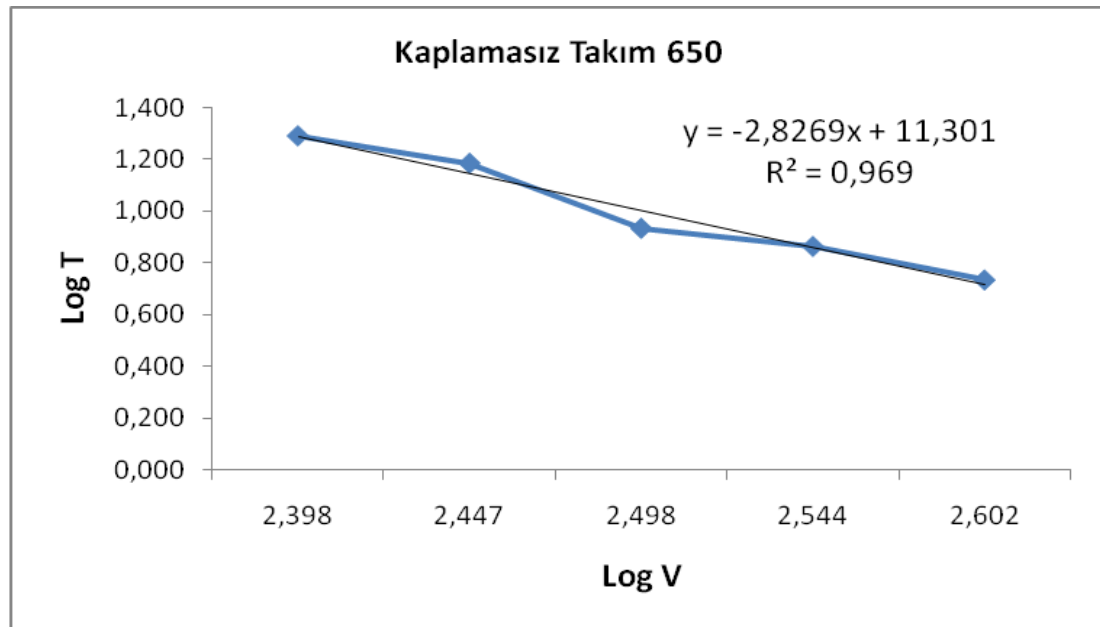
5.1.1. Grafik yöntemi

Kaplamasız seramik takımı için

Grafik yöntemiyle n üstel değerinin bulunması için, Taylor takım ömrü modeli kullanılmıştır. Çizelge 5.1’ de elde edilen deney sonuçlarının onluk tabana göre logaritmaları alınarak, $\log V - \log T$ 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	250	19,5	2,398	1,290
2	280	15,3	2,447	1,185
3	315	8,6	2,498	0,934
4	350	7,32	2,544	0,865
5	400	5,435	2,602	0,735



Şekil 5.1. Kaplamasız seramik takım için log V – log T grafiği

Şekil 5.1’ deki grafikte doğrunun eğimi ve bu eğime göre matematiksel bir model oluşturulmuştur. Kaplamasız takımlar için elde edilen denklem Eş. 5.1’ de verilmiştir.

$$y = -2,8269x + 11,301 \quad (5.1)$$

Aynı zamanda elde edilen bu grafiğin R^2 değeri 0,969 çıkmıştır. R^2 değeri sonuçların güvenilirliğini ifade etmektedir.

n katsayısını hesaplayabilmek için Eşitlik 4.1 kullanılmıştır. Kullanılan bu formülde $\log V_2$, $\log V_1$, $\log T_2$, $\log T_1$ değerleri, Eş. 5.1' den yararlanılmıştır. Bunun için, belirlenen x değerleri için y değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Kaplamasız takımın $\log V - \log T$ grafiğinde elde edilen değerler

$\log V (x)$	$\log T (y)$
2,4	4,5164
2,45	4,3751
2,5	4,2338
2,55	4,0924
2,6	3,9511
2,65	3,8097
2,7	3,6684

Çizelge 5.3' ten rastgele alınan iki $\log V$ değeri ve bu değerlere karşılık gelen $\log T$ değerleri Eş. 4.1' deki yerine konulduğunda n üstel değeri aşağıda verilen eşitlikle bulunmuştur.

$$n = (2,6 - 2,4) / (4,5164 - 3,9511) = 0,35374$$

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

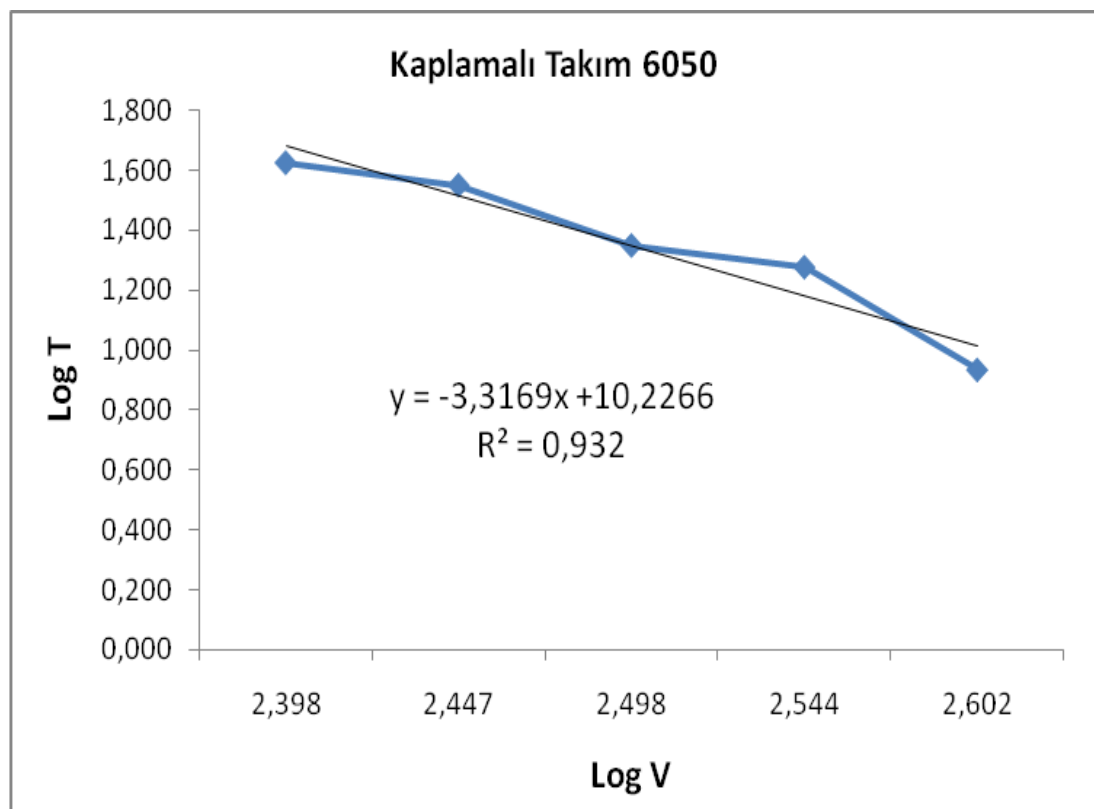
$$\log C = \overline{X} - \frac{\overline{Y}}{k} = 2,4979 - (1,00179 / -2,8272) = 2,85225 = 711,626$$

Kaplamalı seramik takım için

Kaplamalı seramik takım için beş farklı kesme hızında, sabit ilerleme ve talaş derinliğiyle takım ömrü deneyleri yapılmış ve grafik yöntemiyle n üstel değerinin bulunması için, Bölüm 3' te anlatılan Taylor takım ömrü modeli kullanılmıştır. Kesme hızı ve 0,15 mm yan kenar aşınma süresini gösteren bir tablo oluşturulmuş ve deney sonuçları onluk tabanda logaritmaları alınarak $\log V - \log T$ grafiğine dönüştürülmüştür. Hesaplanan logaritmik veriler Çizelge 5.4' de, grafik ise Şekil 5.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Kaplamalı seramik 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	250	42,3	2,398	1,626
2	280	35,6	2,447	1,551
3	315	22,35	2,498	1,349
4	350	18,90	2,544	1,276
5	400	8,56	2,602	0,932



Şekil 5.2 Kaplamalı seramik takım için log V – log T grafiği

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 Eş. 5.2' de verilmiştir.

$$y = -3,3169x + 10,2266 \quad (5.2)$$

Aynı zamanda elde edilen bu grafiğin R^2 değeri 0,932 çıkmıştır. R^2 değeri sonuçların güvenilirliğini ifade etmektedir.

n katsayısını hesaplayabilmek için Eş. 4.1 kullanılmıştır. Bu formülde $\log V_2$, $\log V_1$, $\log T_2$, $\log T_1$ değerleri, Eş. 5.2’ den hesaplanmıştır. Bunun için, belirlenen x değerleri için y değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Kaplamalı seramik takımın $\log V - \log T$ grafiğinde elde edilen değerler

$\log V (x)$	$\log T (y)$
2,4	2,2660
2,45	2,1002
2,5	1,9344
2,55	1,7685
2,6	1,6027
2,65	1,4368
2,7	1,2710

Kaplamalı seramik takımların, takım ömrünün hesaplanabilmesi için elde edilen Çizelge 5.5’ den iki $\log V$ değeri ve bu değerlere karşılık gelen $\log T$ değerler alınarak, Eş. 4.1’de yerine konulmuştur. Böylelikle kaplamalı seramik takımların beş farklı kesme hızı, sabit ilerleme ve sabit talaş derinliğine bağlı olarak “n” üstel değeri aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

$$n = (2,6-2,4)/(2,2660-1,6027) = 0,3015$$

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

$$\log C = \overline{X} \cdot \frac{\bar{y}}{k} = 2,4979 - (1,3472 / -3,31653) = 2,90411 = 801,89$$

5.1.2. Regresyon analizi

Kaplamasız seramik takım için “ n “ üstel değerinin regresyon analizi

Çizelge 5.1 de verilen deney sonuçları kullanılarak, Bölüm 4.7.3’ de anlatılan regresyon analizi eşitlikleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6’ da detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Regresyon analizi değerleri

1	2	3	4	5	6	7	8
Gözlem No	V	T	$x = \log V$	$y = \log T$	xy	x^2	y^2
1	250	19,50	2,398	1,290	3,093	5,750	1,664
2	280	15,30	2,447	1,185	2,899	5,989	1,403
3	315	8,600	2,498	0,934	2,335	6,242	0,873
4	350	7,320	2,544	0,865	2,199	6,472	0,747
5	400	5,435	2,602	0,735	1,913	6,771	0,541
Toplam			$\sum x = 12,489$	$\sum y = 5,009$	$\sum xy = 12,440$	$\sum x^2 = 31,223$	$\sum y^2 = 5,229$

Çizelge 5.6’ daki 4. ve 5. sütun V ve T’ nin onluk tabana göre logaritması alınarak bulunmuş ve x (log V), y (log T) değerlerinin toplamaları ve bunların ortalama değerleri tablodaki veriler ve Eş. 5.3’ teki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\bar{x} = \sum x / p = 12,489 / 5 = 2,497907 \text{ ve } \bar{y} = \sum y / p = 5,009 / 5 = 1,001787 \quad (5.3)$$

Uygun eksen seçilmesiyle ile birlikte Taylor takım ömrü denkleminin dönüşümü Eş. 5.4’ deki eşitlikte verilmiştir.

$$y = a + k (x - \bar{x}) \quad (5.4)$$

Bu bağıntıda; $\bar{y} = k (x - \log C)$ şeklinde yazılabilir. Bu eşitlikten $a = \bar{y}$ elde edilmiştir. X eksen ve regresyon doğrusu arasında teğet açısı olan k sabiti, Çizelge 5.7’ de gösterilen hesaplamalar ile eşitlikte yerine konularak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.7 “k” sabiti için gerekli hesaplamaları

$(\sum x)^2 =$	155,989
$(\sum x)^2 / p =$	31,1977
$\sum x, \sum y =$	62,55928
$\sum x, \sum y / p =$	12,51186

$$k = \frac{\sum xy - (\sum x \sum y) / p}{\sum x^2 - (\sum x^2) / p} = -2,8272$$

Taylor takım ömrü formülünde “n” üstel değer, $n = -1/k$ eşitliğine eşit olduğundan, $n = -1/-2,8272 = 0,35371$ hesaplanmıştır.

Sonuçta C sabiti aşağıdaki eşitlikle hesaplanarak bulunmuştur.

$$\log C = \overline{\bar{x}} - \frac{\bar{y}}{k} = 2,571 - \frac{1,170}{2,8272} = 2,85225 = 711,626$$

Kaplamalı seramik takım için “n” üstel değerinin regresyon analizi

Kaplamalı seramik takımın regresyon analiz kullanılarak takım ömrünün belirlenmesi için, beş farklı kesme hızında, sabit ilerleme ve talaş derinliğinde yapılan deney sonuçları Çizelge 5.8’ de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Regresyon analizi değerleri

1	2	3	4	5	6	7	8
Gözlem No	V	T	$x = \log V$	$y = \log T$	xy	x^2	y^2
1	250	42,300	2,398	1,626	3,900	5,750	2,645
2	280	35,600	2,447	1,551	3,797	5,989	2,407
3	315	22,350	2,498	1,349	3,371	6,242	1,821
4	350	18,900	2,544	1,276	3,247	6,472	1,629
5	400	8,560	2,602	0,932	2,426	6,771	0,870
Toplam			$\sum x = 12,490$	$\sum y = 6,736$	$\sum xy = 16,741$	$\sum x^2 = 31,223$	$\sum y^2 = 9,371$

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

$$\bar{x} = \sum x / p = 12,490 / 5 = 2,497907 \text{ ve } \bar{y} = \sum y / p = 6,736 / 5 = 1,347201 \quad (5.5)$$

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

$$y = a + k(x - \bar{x}) \quad (5.6)$$

Bu bağıntıda; $\bar{y} = k(\bar{x} - \log C)$ şeklinde yazılabilir. Bu eşitlikten $a = \bar{y}$ elde edilmiştir. X eksen ve regresyon doğrusu arasında teğet açısı olan k sabiti, aşağıdaki eşitliğiyle hesaplanabilmektedir.

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

Eş. 5.7' de, x, y değeri Çizelge 5.8' de 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 hesaplamalar Eş. 5.7' de yerine yazılmasıyla bulunmuştur.

$$k = \frac{\sum xy - (\sum x \sum y) / p}{\sum x^2 - (\sum x^2) / p} = -3,31653$$

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

$$n = -1 / -3,31653 = 0,30152$$

Sonuçta C sabiti aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\log C = \bar{x} - \frac{\bar{y}}{k} = 2,57166 - \frac{1,3370}{5,2551} = 2,904115 = 801,8904$$

5.1.3. Değerlendirme

Kaplamalı ve kaplamasız takımların n üstel değerlerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen deneyler sonucunda kaplamasız takımlar için n değeri 0,35374, kaplamalı takımlar için 0,30149 olarak bulunmuştur.

Deney sonuçlarına bağlı olarak elde edilen ve Şekil 5.3' te gösterilen kesme hızı takım ömrü grafiği incelendiğinde, kesme hızının artmasıyla takım ömründe azalmanın olduğu görülmektedir. Literatüre uygun olarak gelişen bu durumun sebebi olarak kesme hızının artmasıyla sürtünme artmakta buna bağlı olarak da kesici yan yüzeyinde oluşan aşınma miktarı artmaktadır [Koçak, 2011].

Kaplamasız takım için, farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan takım ömrü açısından en iyi sonuç ise 250 m/dak kesme hızıyla 42,3 dakika olarak 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 bilinmektedir [Çakır, 2000]. Takımın n üstü değerinin artmasıyla, takımın aşınma direncinin arttığı görülmüştür. Aynı şekilde C sabitinin artmasıyla kesmeye karşı direncin arttığını göstermektedir. Kaplamalı takımın n katsayısı 0,30149, kaplamasız takımın ise 0,35374 bulunması, kaplamalı takımın takım ömrünün daha iyi olduğunu göstermektedir.

Kaplamalı ve kaplamasız seramik takımları için kesme hızı arttıkça yan kenar aşınması artmış ve takım ömür azalmıştır.

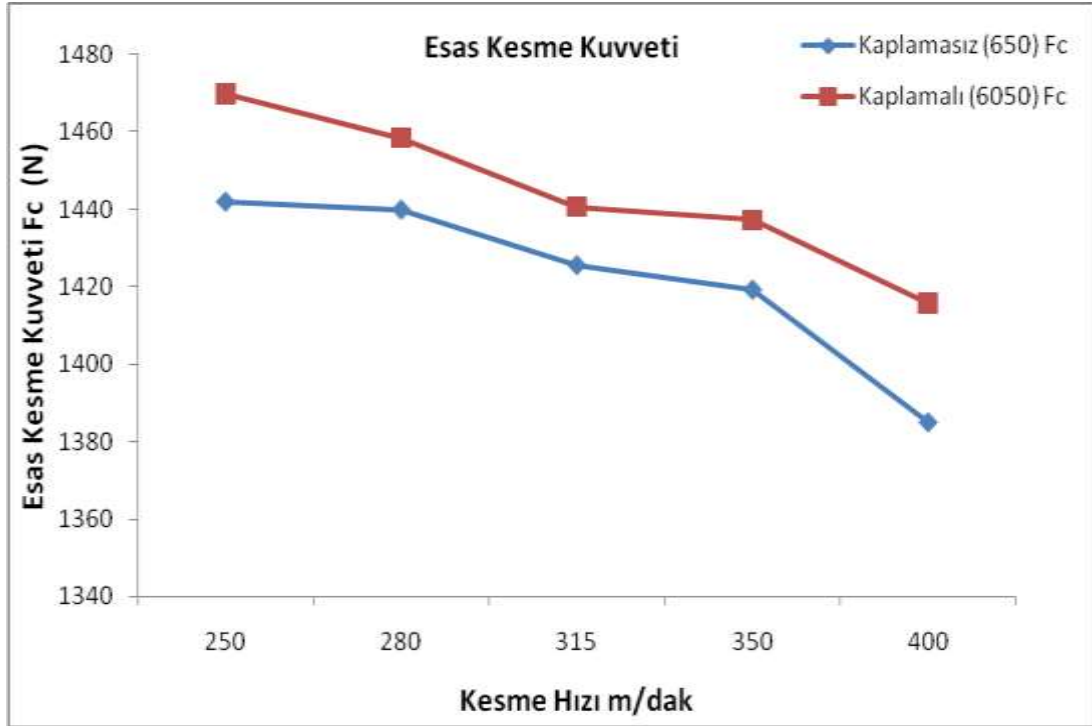
5.2. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Ç 1050 iş parçası malzemesi üzerinde belirlenen kesme parametreleri kullanılarak kaplamalı ve kaplamasız seramik takımlar için beş ayrı kesme hızında toplamda on ayrı deney gerçekleştirilmiş ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Kistler 9257B dinamometre yardımıyla kesme kuvvetleri ilerleme kuvveti (F_f), pasif kuvvet (F_r) ve esas kesme kuvveti (F_c) 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’da 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.

Çizelge 5.9. Kaplamasız ve kaplamalı takımlar ile elde edilen kesme kuvvetleri

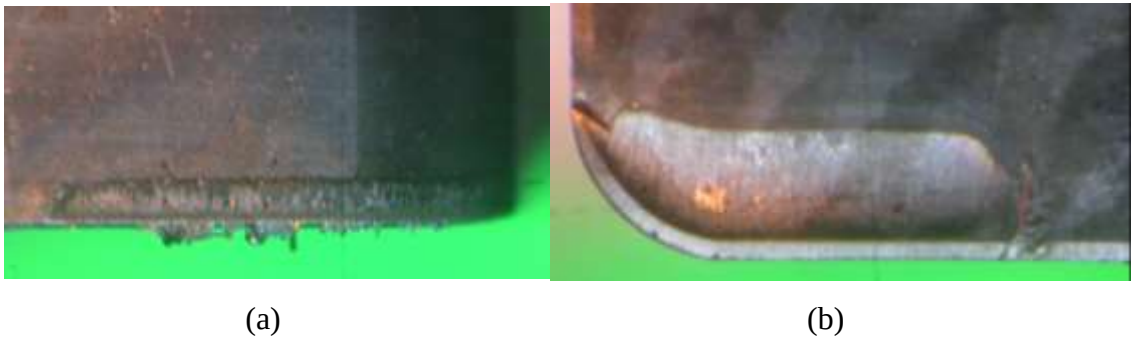
Deney No:	Kesme Hızı, V m/dak	İlerleme Kuvveti F_f	Pasif Kuvvet F_r	Esas Kesme Kuvveti F_c	Kesici Takım
1	250	709,45	446,2	1442,05	Kaplamasız takım (650)
2	280	680,47	444,1	1440	
3	315	682,48	442,5	1425,7	
4	350	660,84	425,59	1419,37	
5	400	611,04	399,69	1385,17	
6	250	905,08	561,04	1469,75	Kaplmalı takım (6050)
7	280	856,3	542,27	1458,36	
8	315	837,12	530,56	1440,57	
9	350	846,05	531,56	1437,16	
10	400	819,98	519,95	1415,65	

Kaplmalı ve kaplamasız seramik takımların sabit ilerleme ve talaş derinliği ile beş farklı kesme hızında oluşan esas kesme kuvvetlerindeki değişimi Şekil 5.3’ te verilmiştir.

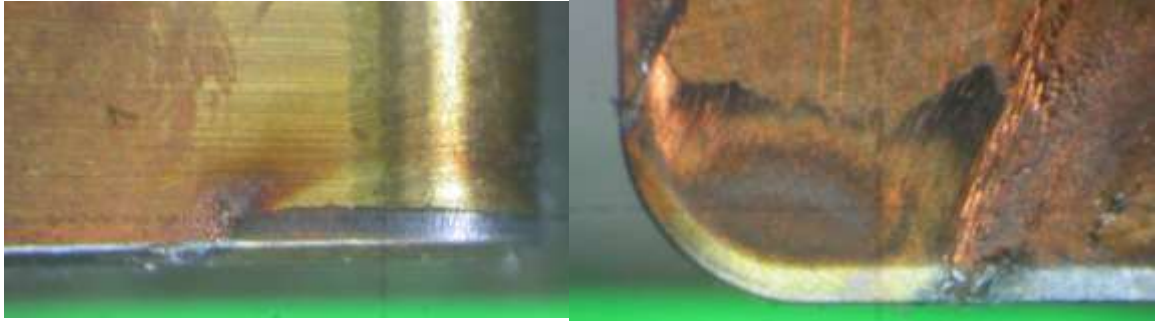


Şekil 5.3. Kaplamalı ve kaplamasız seramik takımların kesme hızına bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim

Şekil 5.3 incelendiğinde kesme hızının artışı ile esas kesme kuvvetinde düşüşler gözlemlenmiştir. Bu durum Kesme hızının artışı ile birincil ve ikincil deformasyon bölgelerinde kesme hızıyla birlikte artan sıcaklık, işlenen malzemenin akma mukavemetini düşürerek kesme kuvvetlerinde azalmaya sebep olmaktadır [Trent, 1989] [Williams, 1970]. Kaplamasız takımla ölçülen esas kesme kuvvetleri, kaplamalı takıma göre daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.



Resim 5.1. Kaplamasız takım üzerindeki (a) yan görünüş ve (b) üst görünüş

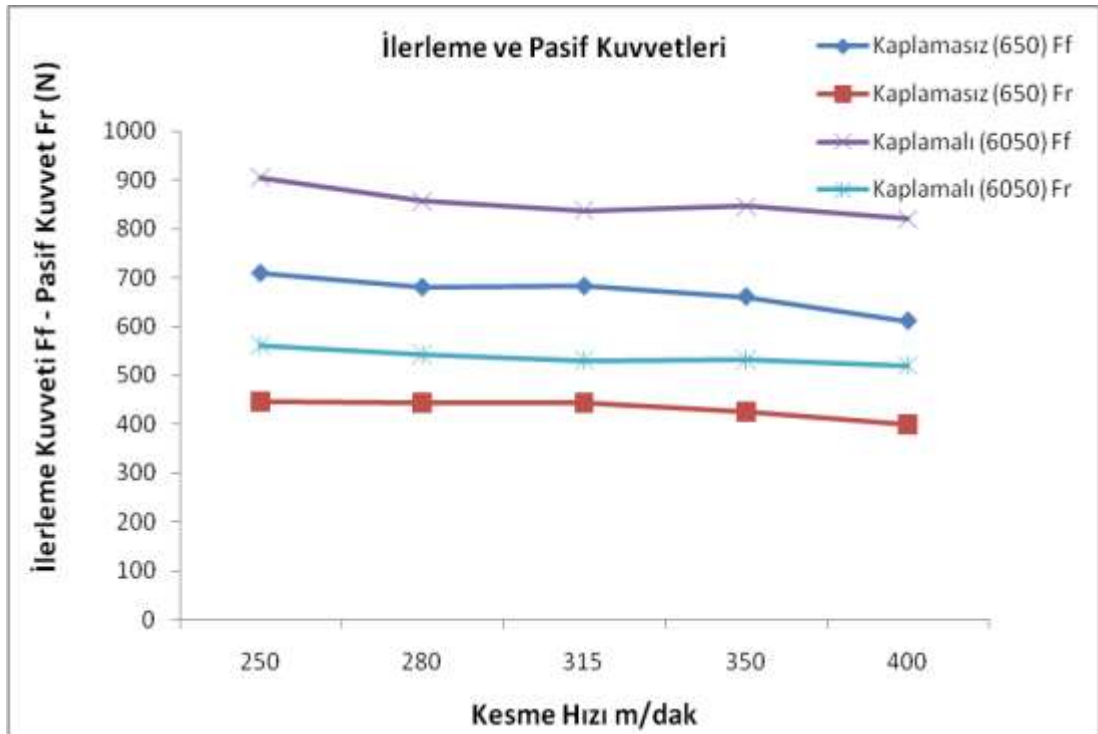


(a)

(b)

Resim 5.2. Kaplamalı takım üzerindeki (a) yan görünüş ve (b) üst görünüş

Şekil 5.3' te görüldüğü üzere kaplamasız takımında krater aşınması eğilimi talaş açısının değişmesine neden olmuştur. Talaş açısının sıfır dereceden daha büyük oluşması kesici takımın iş parçasına daha rahat batmasını sağlamıştır. Böylece parça yüzeyinden talaş kaldırma olayı daha kolay gerçekleşmiş ve kesme kuvvetlerini düşürmesine neden olmuştur. Yapılan birçok çalışma ile bu durum paralellik göstermektedir [Günay, 2004]. Kaplamalı takım ile kaplamasız takım arasındaki esas kesme kuvveti farkı 250 m/dak kesme hızında %21, 280 m/dak kesme hızında %20, 315 m/dak kesme hızında %18, 350 m/dak kesme hızında %21 ve 400 m/dak kesme hızında %25 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek esas kesme kuvveti (1470 N) 250 m/dak kesme hızında kaplamalı takım ile ölçülmüştür. En düşük esas kesme kuvveti (1385 N) 400 m/dak kesme hızında kaplamasız takım ile elde edilmiştir.



Şekil 5.4. Kaplamalı ve kaplamasız takımın kesme hızına bağlı olarak ilerleme ve pasif kesme kuvvetlerinin değişimi

Şekil 5.4 incelendiğinde kaplamalı ve kaplamasız takımın kesme hızı arttıkça ilerleme ve pasif kuvvetlerin düşüşü gözlemlenmiştir. Bu durum kesme hızı arttıkça kesme bölgesindeki ısının artışı ile kesme işlemi daha kolay gerçekleşmiştir [Williams, 1970]. İlerleme ve pasif kesme kuvvetleri incelendiğinde kaplamasız takımın kaplamalı takıma göre daha düşük kuvvetler oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek ilerleme kuvveti 905N ile 250 m/dak kesme hızında kaplamalı takım ile gerçekleşmiştir. En düşük ilerleme kuvveti ise 611N ile 400 m/dak kesme hızında kaplamasız takım ile gerçekleşmiştir. En yüksek pasif kuvveti 561 N ile 250 m/dak kesme hızında kaplamalı takım ile gerçekleşmiştir. En düşük pasif kuvvet ise 399 N ile 400 m/dak kesme hızında kaplamasız takım ile gerçekleştirilmiştir.

5.3. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Bu bölümde, AISI 1050 sıcak iş takım çeliğinin kaplamalı ve kaplamasız seramik karbür takımla tormalanmasında, ilerleme, takım uç yarıçapı ve talaş derinliği sabit tutularak değişik kesme hızlarında iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

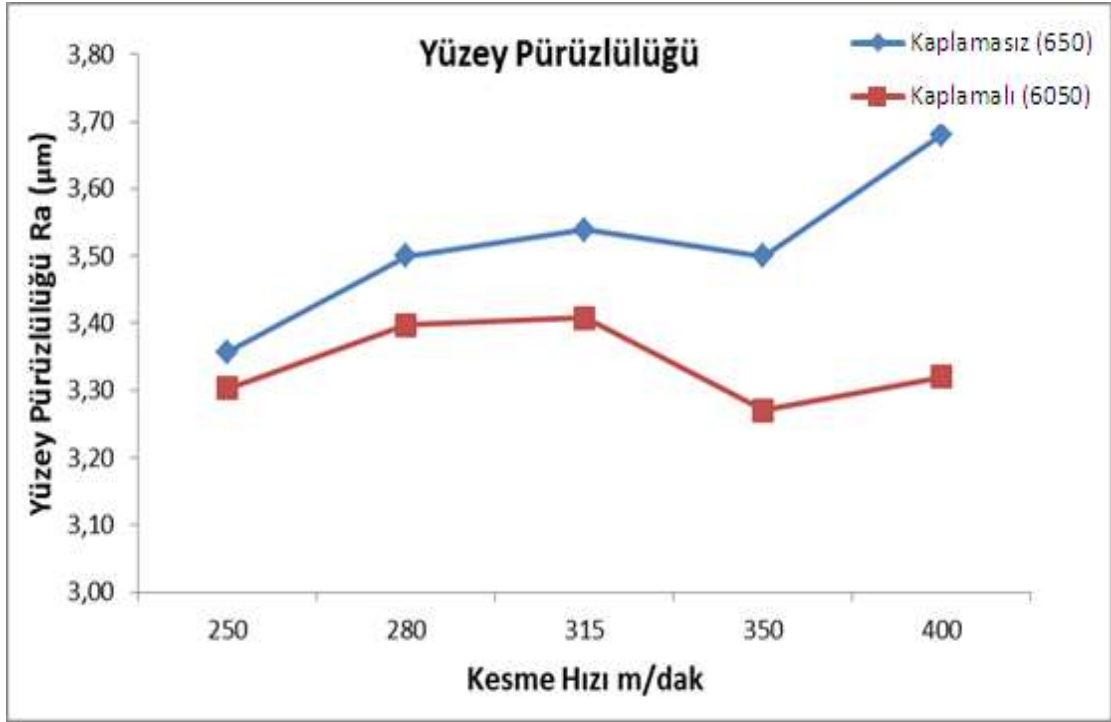
incelenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirilmesinde ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra esas alınmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir ve grafiklere dökülmüştür.

Kaplamasız seramik 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 5.10 'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.10. Kaplamalı ve kaplamasız takımların yüzey pürüzlülüğü değerleri

Deney Numaraları	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)	Kesici Takım	Ra Ortalama (μm)
1	250	0,25	2,5	Kaplamasız takım (650)	3,36
2	280				3,50
3	315				3,54
4	350				3,50
5	400				3,68
6	250			Kaplamalı takım (6050)	3,30
7	280				3,40
8	315				3,41
9	350				3,27
10	400				3,32

Kaplamalı ve kaplamasız seramik kesici takımları ile 0.25 mm/dev ilerleme değeri ve 2,5 mm kesme derinliğinde yapılan deneyler sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük verilerinden oluşan grafik Şekil 5.5 'te verilmiştir.



Şekil 5.5. Kaplamasız ve kaplamalı seramik kesici takımlarında oluşan Ra grafiği

Kaplamasız ve kaplamalı seramik kesici takımlarında oluşan yüzey pürüzlülüğü grafiğinde gözlemlendiği gibi, kesme hızının artması ile pürüzlülük değerlerinde, 250 m/dak'dan 315 m/dak' a çıkarıldığı kesme hızında %5 lik bir kötüleşmenin ardından, 315 m/dak' dan 350 m/dak'a çıkarıldığı kesme hızında bir iyileşme gözlenmiştir. Bu hızdan sonra pürüzlülük tekrar artmaktadır. Artan kesme hızına bağlı olarak oluşan yüksek ısı ve basıncın etkisi ile meydana gelen aşınma mekanizmaları, kesici takımında meydana gelen pürüzlülük değerini arttırdığı düşünülmektedir. En iyi pürüzlülük değeri (3,30 µm) 250 m/dak kesme hızında kaplamalı seramik takım ile elde edilmiştir

Şekil 5.5' te görüldüğü gibi kaplamalı ve kaplamasız seramik kesici takımlarla yapılan deneylerde literatüre paralel olarak ilerleme miktarlarının sabit olduğu zaman kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü arttığı gözlemlenmiştir [Çiftçi, 2005].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

AISI 1050 malzeme için kaplamalı ve kaplamasız seramik kesici takımlarla işlenmesinde Taylor takım ömründeki “n” üstel değerinin hesaplanmasının amaçlandığı çalışmada, “n” değeri literatürde belirtilen aralıkta bulunmuştur. TS 10329’a göre, grafiksel 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 (250, 280, 315, 350 ve 400 m/dak) için gerçekleştirilmiştir.

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 250 m/dak kesme hızında, kaplamalı takımda 42,3 dak ve kaplamasız takımda ise 19,5 dak olarak bulunmuştur. En düşük takım ömrü ise 400 m/dak’lık kesme hızında kaplamasız takımda 5,435 dak ve kaplamalı takımda 8,56 dak olarak gözlemlenmiştir.
- Deneylerden elde edilen sonuçlara göre kesme hızının artması ile birlikte yanak aşınmasının daha fazla arttığı belirlenmiştir.

Esas kesme kuvveti açısından elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Kesme kuvvetleri açısından bakıldığında; 250 – 400 m/dak’lık kesme hızı aralığında, kaplamasız kesici takımların ortalama esas kesme kuvvetleri 1385,17 – 1442,05 N arasında ölçülmüştür. Kaplamalı kesici takımlar için de ortalama esas kesme kuvvetleri 1415,65 – 1469,75 N arasında ölçülmüştür.
- Kaplamasız kesici takımlarla yapılan talaş kaldırma işleminde kaplamalı takımlara göre daha az kesme kuvveti oluştuğu görülmektedir. Talaş açısının sıfır dereceden

daha büyük oluşması kesici takımın iş parçasına daha rahat batmasını sağlamıştır. Böylece parça yüzeyinden talaş kaldırma olayı daha kolay gerçekleşmiş ve kesme kuvvetlerini düşürmesine neden olmuştur.

Yüzey pürüzlülüğü açısından elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- 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 250 m/dak kesme hızında 3,36 μm olarak ölçülürken, kaplamalı takımlarda 350 m/dak kesme hızı değerinde 3,27 μm olarak ölçülmüştür.
- 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 400 m/dak kesme hızında 3,68 μm , kaplamalı takımlarda ise 315 m/dak kesme hızında 3,41 μm olarak ölçülmüştür.

KAYNAKLAR

- Anselmo, E. D., Denilson, M. G., Aldo, B. Jr., “Turning of hardened steel with interrupted and semi-interrupted cutting”, *Journal of Materials Processing Technology*, 159(2): 240-248 (2005).
- Choudhury, I. A., EI-Baradie, M. A., “Machining nickel base superalloys: inconel 718”, *Proc Instn Mech Engineers*, 212:195-205 (1997).
- Choudhury, S.K., Srinivas, P., “Tool wear prediction in turning”, *Journal of Materials Processing Technology*, 153-154: 276-280 (2004).
- Çakır, C., “Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri” *Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları*, 1-68 (2000).
- Çakır, C., Işık, Y., “Detecting tool breakage in turning AISI 1050 steel using coated and uncoated cutting tools”, *Journal of Materials Processing Technology*, 159: 191-198 (2005).
- 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).
- Çiftçi, İ., Korkut, İ., Çevik, E., Demir, H., ve Şeker, U., “Tornalama İşlemlerinde Kesici Takım Ömrünün İyileştirilmesine Yönelik Alternatif Bir Yaklaşım”, *Z.K.Ü., Teknoloji Dergisi*, 11(2): 201-210 (2008).
- Farhat, Z.N., “Microstructural characterization of WC-TiC-Co cutting tools during high-speed machining of P20 mold steel”, *Materials Characterization*, 51: 117-130 (2003).
- Groover, M. P., “Fundamentals of Modern Manufacturing – Materials Processes and Systems” *New Jersey*, 220-639 (1996).
- Güllü, A., “Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu”, *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2-8 (1995).
- Günay, M., Aslan, E., Korkut, İ., Şeker, U., “Investigation of the effect of rake angle on main cutting force”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44: 953-959 (2004)
- Günay, M., Şeker, U., “Investigation of the effect of cutting tool rake angle on feed force”, *Journal of Polytechnic*, 8(4): 323-328 (2005).
- Güral, A., Erdoğan, M., Şeker, U. ve Korkut, İ., “Çift Fazlı Çeliklerde Martensit Hacim Oranına Bağlı Olarak Kesici Uçta Aşınma Ve Sıvanma (BUE) Oluşumu

Eğiliminin Kesme Kuvvetleri Ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 11(4): 41-51 (1998).

Işık, Y., “Investigating the machinability of tool steels in turning operations” **Materials and Design**, 28: 1417-1424 (2007).

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).

Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi İ., Şeker, U., “Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless steel” , **Materials and Design**, 25: 303–305 (2004).

Kurt, A., “Talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve mekanik gerilmelerin deneysel olarak incelenmesi ve matematiksel modellerinin oluşturulması” **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi**, Ankara, 55-75 (2006).

Lalwani, D.I., Mehta N.K., Jain P.K., “Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel”, **Journal of Materials Processing Technology**, 206(12):167-179 (2008).

Mendi, F., “Takım tezgahları teori ve hesapları”, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Kitabevi**, Ankara, 20-80 (2006).

Motorcu, A.R. “Ç1050 ve Ç4140 çeliklerinin seramik takımlarla işlenmesinde optimum takım ömrünü sağlayan parametrelerin taguchi yöntemiyle belirlenmesi ve takım aşınmalarının incelenmesi”, **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi**, 24(4), 699-708 (2009).

Nouari, M., Molinari, A., “Center for manufacturing, college of engineering, **University of Kentucky**, UK Center for Manufacturing, 414G Robotics Building (Office 414L) January (2008).

Özdemir, H., “ Tornalama İşleminde Kesme Kuvveti Ölçümünde Kullanılacak Dinamometre Tasarımı ve Üretimi” **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Yüksek Lisans Tezi**, Sakarya, 42-50 (2006).

Özsas, B., “Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik işleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, **Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü**, Ankara, 6-25 (2002).

Paro, J., Hänninen, H., Kauppinen, V., “Tool Wear and Machinability of X5 CrMnN 18, Stainless Steels”, **Journal of Materials Processing Technology** 119:14-20 (2001).

Sharman, A., Dewes, R.C., Aspinwall, D.K., “Tool life when high speed ball nose end milling Inconel 718”, *Journal of Materials Processing Technology* 118:29-35 (2001).

Shaw, M. C., *Metal Cutting Principles*, “Oxford University Press”, London, 210-265 (1985).

Sikdar, S. K., Chen, M., “Relationship between tool flank wear area and component forces in single point turning”, *Journal of Material Processing Technology*, 128: 210-215 (2002).

Tomac, N., Tonnessen, K., “Machinability of particulate aluminium matrix composites”, *Annals of the CIRP*, 41(1): 55-58 (1992).

Trent, E. M., “Metal Cutting”, *Butterworths Press*, London, 1-171, (1989).

TS 10329, “Torna Kalemeleri-Ömür Deneyi”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1992).

Turgut, Y., Korkut, İ., “Cutting Force Measurement Systems in Machining”, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)*, 13-15 Mayıs , Karabük, 648-654 (2009).

Usui, E., Shirakashi, T., “Kitagawa Analytical prediction of cutting tool wear”, *Wear*, 100:129-151 (1984).

Williams, J. E., Smart, E.F., Milner, D. R., “The Metallurgy of Machining- Part2”, *Metalurgia*, 51-60 (1970).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AY, Emre
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 03.07.1984 - Karabük
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0(534) 554 98 68
 E-mail : emreay@live.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Fırat Üniversitesi/Makine Eğitimi Bölümü	2009
Ön Lisans	Z.K.Ü. Karabük M.Y.O./Makine Bölümü	2005
Lise	Karabük Endüstri Meslek Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2013 (12 Ay) (Tarımsal Mekanizasyonda Kullanılan Gergi Borularının Üretim Otomasyonuna Yönelik Makine Tasarımı ve İmalatı)	TÜBİTAK 1505 Projesi	İmalat ve Tasarım Sorumlusu
2012-2013(İlkyaz)	Gazi Üniversitesi Ostim M.Y.O.	Öğretim Görevlisi
2012-2013(Güz –Bahar)	Gazi Üniversitesi Ostim M.Y.O.	Öğretim Görevlisi
2011-2012 (Bahar)	Gazi Üniversitesi Atatürk M.Y.O.	Öğretim Görevlisi
2010-2011	Lamasan Ltd. Şti. Ankara	İmalat Sorumlusu
2009-2010	Armada Yazılım Ankara	Satış ve Teknik Destek Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Spor, Seyahat, Masa Tenisi, Bilgisayar Teknolojileri

Yayınlar

Ay, E. Korkut, İ. “AISI 1050’nin İşlenmesinde Kesici Takımlardaki Aşınmanın İncelenmesi”, *International Iron & Steel Symposium*, April 02-04, Karabük, Türkiye, (2012).