

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

**TORNALAMA İŞLEMİNDE KESME KUVVETİ ÖLÇÜMÜNDE
KULLANILACAK DİNAMOMETRE TASARIMI VE ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin ÖZDEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Sakıp KÖKSAL

Haziran 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TORNALAMA İŞLEMİNDE KESME KUVVETİ ÖLÇÜMÜNDE
KULLANILACAK DİNAMOMETRE TASARIMI VE ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin ÖZDEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ

Bu tez 22 / 06 /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İbrahim ÖZSERT
Jüri Başkanı

Yrd. Doç. Dr. Yavuz SOYDAN
Üye

Yrd. Doç. Dr. Sakıp KÖKSAL
Üye

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Taraması.....	2

BÖLÜM 2.

TORNALAMA VE TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ.....	5
2.1. Tornalama.....	5
2.2. Talaş Kaldırma Mekanîği.....	5
2.3. Kesme Çeşitleri.....	6
2.3.1. Dik kesme.....	6
2.3.2. Eğik kesme.....	8
2.4. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler.....	9
2.4.1. Takım geometrisi.....	9
2.4.2. Kesme hızı.....	11
2.4.3. İlerleme.....	12
2.4.4. Talaş boyutları.....	12
2.4.5. Tornalamada oluşan kesme kuvvetleri.....	13
2.4.6. Kesme kuvvetlerinin etkileri.....	15
2.4.6.1. Kesme kuvvetlerinin takım üzerine etkileri.....	15

2.4.6.2. Kesme kuvvetlerinin iş parçası üzerine etkileri.....	16
2.4.7. Kesme gücü ve tezgah gücü.....	16
2.4.8. Takım malzemesi.....	16
2.4.9. Takım aşınması.....	18
2.4.10. Takım ömrü.....	19

BÖLÜM 3.

YÜK HÜCRELERİ (LOAD CELL).....	22
3.1. Gerilme ve Gerinim İlişkisi.....	23
3.2. Uzama Ölçer (Strain Gage).....	23
3.3. Dirençli Tip Uzama Ölçer.....	24
3.4. Direnç İle Gerinim Arasındaki Bağntı.....	25
3.5. Uzama Ölçer Malzemeleri ve Yapıştırıcıları.....	26
3.6. Wheatstone Köprüsü.....	27

BÖLÜM 4.

MATERYAL VE METOD.....	30
4.1. Giriş.....	30
4.2. Sistem Donanımı.....	30
4.3. Dinamometre.....	32
4.4. Yük Hücresi (Load Cell).....	34
4.5. A/D Çeviriciler (Dijital Göstergeler).....	35
4.6. Bilgisayar ve Görsel yazılım.....	36
4.7. Sistemin Kalibrasyonu.....	37
4.8. Deneysel Çalışma.....	39

BÖLÜM 5.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	40
5.1. Giriş.....	40
5.2. İlerleme Miktarının Kesme Kuvvetlerine Etkisi.....	41
5.3. Talaş Derinliğinin Kesme Kuvvetlerine Etkisi.....	42
5.4. Kesme Hızının Kesme Kuvvetine Etkisi.....	43
5.5. Kesici Takım Aşınmalarının Kesme Kuvvetlerine Etkisi.....	44

5.6. Öneriler.....	48
KAYNAKLAR.....	49
EKLER.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

F_c	: Kesme kuvveti
F_v	: İlerleme kuvveti
F_t	: Radyal kuvvet
F_z	: Talaş kaldırma kuvveti
α	: Boşluk açısı
β	: Kama açısı
γ	: Talaş açısı
θ	: Kayma açısı
a_1	: Deforme olmamış talaş derinliği
a_2	: Deforme olmuş talaş açısı
r_c	: Talaş oranı
v	: Kesme hızı
s	: İlerleme hızı
ε	: Uç açısı
χ	: Yerleştirme açısı
χ_n	: Yan yerleştirme açısı
λ	: Eğim açısı
d	: Parça çapı
D	: İşlenmemiş malzeme çapı
D_o	: İşlenmiş malzeme sayısı
n	: Devir sayısı
s	: İlerleme
b	: Talaş genişliği
h	: Talaş kalınlığı
W	: Eğilme direnç momenti
σ_{em}	: Emniyet gerilmesi
E	: Elastikiyet modülü

P_s : Kesme gücü
 η_m : Kinematik verim
 P_m : Tezgah gücü
 VB_α : Kesici uç aşınma yüksekliği
 SV_α : Kesici uç aşınma eni
 F : Uygulanan kuvvet
 A : Uygulanan alan
 ΔL : Orijinal boydaki değişim
 L : İlk boy
 ν_p : Poisson oranı
 GK : Geyç faktörü
 V_{cc} : Besleme giriş dirnci
 V_{out} : Toplam gerilim
 mV : Mili volt
 F_k : Kesici uca gelen yük
 F_l : Load celle gelen yük
 A/D : Analog-sayısal dönüştürücü
 ISO : Uluslar arası standartlar kurulu
 Dev : Devir

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Kesici takımın kullanıldığı tornalama işlemi.....	5
Şekil 2.2. Dik kesme ve kesici takım açıları	7
Şekil 2.3. Eğik kesme	8
Şekil 2.4. Kesici takım(torna kalemı).....	9
Şekil 2.5. Tornalamada takımın çalışma düzeni a) Kesme, ilerleme ve etken yönleri b) Takım geometrisini tayin eden düzlemler.....	10
Şekil 2.6. Tornalamada talaş kaldırma işlemi.....	12
Şekil 2.7. İlerleme ve talaş boyutları.....	13
Şekil 2.8. Farklı malzemeler için kesme hızının, kesme kuvvetine etkisi (ilerleme 0,25 mm/dev, talaş derinliği 1,25 mm için).....	13
Şekil 2.9. Kesme kuvvetinin talaş açısına göre değişimi.....	14
Şekil 2.10. Kesme kuvvetinin kesme kenar açısına ve talaş kesitine göre değişimi	14
Şekil 2.11. Torna tezgahında hareketler(a), kesme kuvvetleri (b).....	15
Şekil 2.12. Takım yüzeylerinin aşınması.....	20
Şekil 2.13. Takım aşınmalarının değerlendirilmesi.....	20
Şekil 2.14. Ömür kesme hızı bağıntısı.....	22
Şekil 3.1. Kuvvete maruz kalan yük hücresinin şekil değişimi.....	23
Şekil 3.2. Dirençli tip uzama ölçer.....	25
Şekil 3.3. F kuvvetinin etkisi altındaki çubuğun şekil değişimi.....	26
Şekil 3.4. Tel ve yaprak tip uzama ölçerler.....	28
Şekil 3.5. Wheatstone köprüsü.....	29
Şekil 4.1. Deneyde kullanılan sistem donanımı.....	32
Şekil 4.2. Deneyde kullanılan düzeneğin resmi.....	32
Şekil 4.3. İmal edilen dinamometre.....	33
Şekil 4.4. Yük hücrelerine gelen kuvvetler.....	34

Şekil 4.5. Hareketli mafsalin pozisyonu.....	34
Şekil 4.6. Deneyde kullanılan basma tipi yük hücresi.....	35
Şekil 4.7. Göstergenin elektronik yapısı.....	36
Şekil 4.8. Kesme kuvvetlerinin hazırlanan yazılımda görünümü.....	37
Şekil 4.9. Yazılım arayüzü.....	38
Şekil 4.10. Kesici takım ile yük hücrelerinin konumları.....	39
Şekil 5.1. İlerleme miktarının kesme kuvvetine etkisi.....	41
Şekil 5.2. İlerleme miktarının ilerleme kuvvetine etkisi.....	41
Şekil 5.3. Talaş derinliğinin kesme kuvvetine etkisi.....	42
Şekil 5.4. Talaş derinliğinin ilerleme kuvvetine etkisi.....	42
Şekil 5.5. Kesme hızının kesme kuvvetine etkisi.....	43
Şekil 5.6. Kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarla yapılan deneylerde elde edilen kesme kuvvetleri.....	44
Şekil 5.7. Kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarla yapılan deneylerde elde edilen ilerleme kuvvetleri	45
Şekil 5.8. Yapılan deneyler sonucunda kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarda meydana gelen aşınma miktarları	45
Şekil 5.9. 5 dakikalık kesme sonucunda çekilen kaplamasız kesici uç SEM görüntüsü.....	46
Şekil 5.10. 5 dakikalık kesme sonucunda çekilen , 900°C' de 1 saat borla kaplanmış kesici uç SEM görüntüsü.....	46
Şekil 5.11. 1 dakikalık kesme sonucunda çekilen , 1000°C' de 1 saat borla kaplanmış kesici uç SEM görüntüsü.....	47

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1	Yük hücresinin özellikleri.....	34
Tablo 4.2	Çeviricinin standart özellikleri.....	35
Tablo 4.3	Paslanmaz çeliğin özellikleri.....	39
Tablo 4.4	Kesme şartları.....	39

ÖZET

Anahtar kelimeler : Dinamometre, yük hücreleri, torna tezgahı, kesici takımlar, bilgisayar ve yazılım.

Bu çalışmada, tornalama işleminde kesici takımları etkileyen kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için bir dinamometre tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Dinamometre yük hücresi esasına göre tasarlanmıştır. İmalatı yapılan dinamometrenin bilgisayar ile bağlantısı yapılmış, hazırlanan bir yazılımla kesme kuvvetlerindeki değişimler izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Deneyler üniversal torna tezgahında, AISI 304 paslanmaz çelik ve malzemeler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Farklı kesici takım türleriyle beraber, kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin, kesici takıma etkileyen kesme kuvvetleri üzerinde meydana getirdiği değişim gözlenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu dinamometre tornalama işleminde kesme kuvvetleri ölçümünde güvenli sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

THE DESIGN AND MANUFACTURE OF A FORCE DYNAMOMETER FOR TURNING OPERATION

SUMMARY

Keywords : Dynamometer, load cells, lathe, cutting tools, computer and software.

In this study, the design and production of a dynamometer which will be used to measure the cutting force in the lathe, is investigated. The design of dynamometer was based on two load cells, housing and A/D converters and display units. The system connected with computer, this though aspecially prepared software were measured and saved in the PC. The cutting tests have been carried a universal lathe. Experiments were made on the materials of AISI 304 steel. The effects of cutting tool materials, cutting parameters, namely cutting speed, feed and depth of cut on cutting forces were investigated. It was shown that the dynamometer can reliably be used to measure cutting forces on a lathe.

BÖLÜM 1.GİRİŞ

Sürekli gelişen toplumda insanın üzerindeki yükün robotlara aktarılması ve hemen hemen bütün alanlarda bilgisayarlardan yararlanılması üretim kalitesini çok hızlı arttırmıştır. Buna paralel olarak çok karmaşık ve hassasiyet derecesi yüksek olan parçalara ihtiyaç artmıştır.

Özellikle talaşlı üretim alanında kullanılan tezgahlar, tasarımdan üretime bir parçayı çok kaliteli ve hızlı bir şekilde üretebilmektedir. Her türlü imalatta masrafların azalması, kullanılan takımların uzun süre dayanması ve imalatı yapılan parçaların istenilen kalite ve toleranslarda olması istenmektedir. Bu amaçla tezgahlara, kesici takımlara ve yüzey kalitesine etki eden faktörlerin araştırılması ve çözüm yollarının belirlenmesi gerekmektedir. Bilgisayar kontrollü tezgahlarla üretim hızı artarken, kesici takımlardan beklenen verimde artmıştır.

Takım tezgahlarında kesici takım üzerine etkiyen kuvvetlerin ölçümü için bir çok araştırma yapılmış ve düzenekler tasarlanarak denemeler yapılmıştır. Alınan sonuçlar değerlendirilmiş ve kesici takım ömrünü arttırmak için çözüm yolları aranmıştır. Bunlardan en önemlilerinden birisi de farklı kesici takım malzemelerinin geliştirilmesidir. Her malzeme için kesici takımlar üretilmiş ve bu takımlardan mümkün olduğunca uzun süre yararlanılmak istenmiştir.

Bu tez çalışmasında, tornalama işleminde kesici takıma etki eden kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için bir dinamometre tasarlanmış ve imalatı yapılmıştır. Kuvvet ölçümleri yük hücreleri kullanılarak yapılmıştır. Sistemin bilgisayar ile bağlantısı yapılmış ve ölçülen kesme kuvvetlerindeki değişimler hazırlanan bir yazılım ile sürekli olarak takip edilmiştir. Elde edilen veriler ayrı dosyalar içinde kayıt altına alınmıştır. AISI 304 paslanmaz çelik malzemeler üzerinde yapılan deneyler sonucunda kesme

kuvvetleri ölçülmüş, kesici takım aşınması incelenmiş ve işlem parametrelerinin kesme kuvvetlerine olan etkisi değerlendirilmiştir.

1.1. Literatür Taraması

Talaşlı imalatın ana elamanları olan takım tezgahları ve kesici takımlar üzerinde yapılan incelemeler göstermiştir ki kesme kuvvetlerinin, bu elamanlar üzerine büyük etkileri vardır. Bu amaçla literatür incelendiğinde bir çok kişi tarafından çeşitli dinamometreler geliştirilmiş ve bu etkilerin ölçülmesi amaçlanmıştır.

1984 yılında Cook, Loeven ve Shaw torna, freze ve taşlama tezgahlarındaki oluşan kesme kuvvetlerini ölçmek için uzama ölçer (strain gage) esaslı bir dinamometre tasarlamış ve imal etmişlerdir. Dört adet sekiz köşeli halka kullanmış ve gelen kuvvetleri bu halkalarla karşılayarak ölçümleri gerçekleştirmiştir. Uzama ölçerler doğrudan takım üzerinde kullanılmamıştır. Ölçme bölgesini üzerinde taşıyacak bir takım tutucu tasarlanmıştır. Uzama ölçerler kesici kenardan belirli bir uzaklığa yerleştirilmiştir [11].

1986 yılında Macit ve Sedat KARABAY, uzama ölçer ve komparatör esaslı dinamometreler imal etmişlerdir. Bu dinamometreler ile standartlara uygun ölçümler yapmışlardır. Yaptıkları bu dinamometrelerle standartlara uygun testler yapılabileceğini ortaya koymuşlardır [12].

1987 yılında Aksoy, Ay ve Otmanbölük, uzama ölçer esasına dayalı bir dinamometre imal etmişlerdir. Bu dinamometre ile torna tezgahında oluşan kesme kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Teorik hesaplarla testler sonucunda elde edilen verilerin çok yakın oluşu dinamometrenin güvenilirliğini arttırmıştır [13].

1991 yılında İnasaki ve Sukvittayawong, tornalamada oluşan kesme kuvvetlerini ölçmek için KISTLER marka bir dinamometreden yararlanmışlardır. Özellikle deneyi, kesme kuvvetlerine bağlı olarak takım ömrünü tayin etmek için gerçekleştirmişlerdir [14].

1995 yılında IŞIK , tornalamada oluşan kesme kuvvetlerini ölçmek için sekizgen kuvvet ölçer esasına dayalı bir dinamometre tasarlamış ve imal etmiştir. Kuvvet ölçerde yatay ve düşey yükler altında ayrı uzama ölçümlerini sağlayan dairesel halkanın, belirli düğüm noktalarından yararlanmış ve bu noktalara uzama ölçerler yapıştırmıştır. Elde ettiği verileri teorik hesaplarla karşılaştırarak dinamometrenin güvenilirliğini incelemiştir [3].

1995 yılında HAMİD ve ALİ, KISTLER 9557b tipi bir dinamometre kullanarak kesme kuvvetlerini bir çok değişkenler kullanarak belirlemişlerdir. Takımın iş parçasına temasından sonra belirlenmiş kısa sürelerde geçici dinamik kuvvet davranışı verilerini alarak zaman ve frekans analizleri yapmışlardır [15].

1996 yılında KORKUT, uzama ölçer esasına dayalı bir dinamometre tasarlamış ve imal etmiştir. Kuvvetlerin algılanabilmesi için malzemelerin elastik deformasyonundan yararlanmıştır. Ölçme köprülerinden elde ettiği gerilim farkları çok küçük olduğundan işlem amplifikatörü kullanması zorunlu olmuştur. Özellikle kesme ve ilerleme kuvvetleri için yeterli ölçümler yapmasına karşın radyal kuvvetlerin ölçülmesi için gerekli olan yükleme sınırlarına girmemiştir. Tasarım, donanım ve yazılımda yer vermesine rağmen sonuçlarda yer vermemiştir [4].

1997 yılında ERCAN ve ÖZÇATALBAŞ uzama ölçer esasına dayalı bir dinamometre imal etmişlerdir. Bu dinamometre ile tornalama işleminde oluşan kesme kuvvetlerini ölçmeyi amaçlamışlardır. Ölçme köprüsünden gelen sinyalleri yükseltmek için amplifikatör kullanmış ve verileri bilgisayarda kayıt altına alarak değerlendirmişlerdir [16].

1998 yılında Duran, uzama ölçer esasına dayalı sekizgen halka dinamometresi imal etmiştir. Çalışmasında, özellikle farklı kesme açıları kullanıldığında, kuvvetlerde meydana gelen farklılıkları incelemiştir. Kesme kuvvetlerinin, kesici takım üzerindeki etkilerini ANSYS analiz programı kullanarak araştırmıştır [17].

2001 yılında Kurt, vargel tezgahında kesme süreci boyunca kesme kuvvetlerini ölçmek için bir dinamometre tasarlamış ve imal etmiştir. Dinamometrede, kesici

takıma göre uygun konumlara yerleştirilmiş 3 adet kiriş tipi yük hücresi kullanarak, takımda kuvvetlere bağlı olarak yer değiştirmelerin sezilebilmesini sağlamıştır. Özellikle “ST44” çelik malzeme üzerinde gerçekleştirdiği deney verilerini bilgisayara aktarmıştır. Elde ettiği verileri teorik hesaplarla karşılaştırmıştır [8].

Yapılan literatür taraması göstermiştir ki, kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için birçok dinamometre tasarlanmış, imal edilmiş veya hazır dinamometreler kullanılmıştır. Özellikle malzemelerin elastik yer değiştirmelerinden yararlanarak dizayn edilen dinamometrelerde amplifikatör kullanılması zorunlu olmuştur. Elde edilen gerilim farklarının çok küçük değerlerde olması, bu değerlerin yükseltilmesini gerektirmiştir. Piyasada satılan dinamometrelerin yüksek maliyetleri de ayrı bir sorun teşkil etmektedir. Dinamometrelerde kullanılan yük hücrelerinin kesici uca yakın olmasından dolayı kesme anında oluşan talaşların ölçümlere etki etmesi bir çok dinamometre için dezavantaj oluşturmuştur.

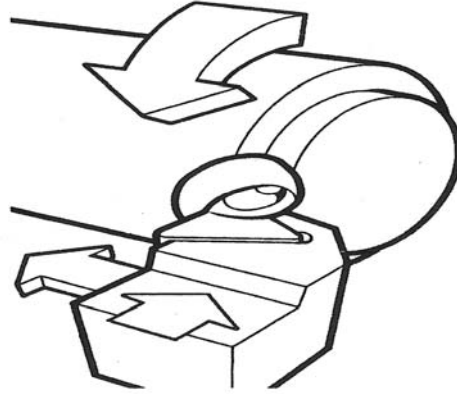
Tasarımını ve imalatı yapılan dinamometrenin belirgin özellikleri şunlardır:

- 1- Kullanılan yük hücrelerinin kesici uca mümkün olduğunca yakın ve korunaklı olması,
- 2- Dinamometrenin bütün üniversal torna tezgahlarında kullanılabilir olması,
- 3- Kesici takıma istenilen kesme açılarının verilebilmesine imkan sağlaması,
- 4- Dinamometre malzemesinin elastikiyet özellik gerektirmemesi,
- 5- Ölçülen kuvvetlerin sayısal olarak görülebilmesi,
- 6- İşleme anında kuvvetlerin grafiksel olarak izlenebilmesi ve kayıt edilebilir olması.

BÖLÜM 2. TORNALAMA VE TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ

2.1. Tornalama

Tornalama tek uçlu bir takımla gerçekleştirilen, silindirik parçalar üreten, bir çok durumda döner bir iş parçası ve sabit bir takımın kullanıldığı bir işlemdir (şekil 2.1). Bir çok açıdan fazla karmaşık tanımlamalar gerektirmeyen, en bilinen talaşlı imalat yöntemidir. Genellikle tek kesici kenarın talaşlı imalat işlemine katıldığı bir işlem olmasına karşın tornalama işlemleri iş parçasının şekli ve malzemesi, işlemin tipi, işleme koşulları, işleme maliyeti gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterir.



Şekil 2.1. Kesici takımın kullanıldığı tornalama işlemi[1]

2.2. Talaş Kaldırma Mekanikliği

Belirli boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için kesici bir takımla ve güç kullanarak, iş parçası üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırma işlemine “talaş kaldırma” denilir. Kaldırılan malzeme tabakasına “talaş” denir. Talaş kaldırma işlemi plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın oluşumu , işlenen parçanın yüzey bütünlüğü, takım ucunun aşınmasını içine alan, karmaşık bir fiziksel olaydır.

Parçanın üzerinden belirli bir malzeme tabakası kaldırılması için, takımın o malzemeye nüfuz etmesi gerekir. Bu da ancak takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli ve takım malzemesinin parça malzemesinden daha sert olması halinde gerçekleşir [2].

2.3. Kesme Çeşitleri

Talaş kaldırma sırasında kalemin kenarının işlenen parçaya göre dik (ortogonal) veya eğik konumda bulunmasına göre iki çeşit kesme vardır.

2.3.1. Dik kesme

Kesici kenar dönme eksenine dik ise bu duruma dik kesme denir. Dik kesmede kesici takım açıları;

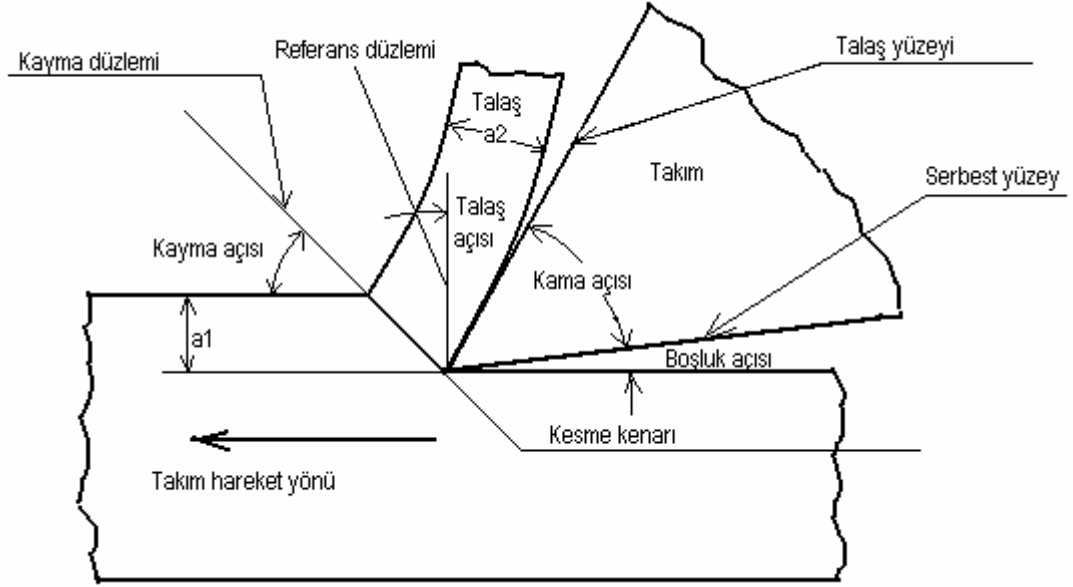
α = Boşluk açısı

β = Kama açısı

γ = Talaş açısı

θ = Kayma açısı

Şekil 2.2' deki dik kesme ile ilgili kesici takım açılarından, α kesici ağzın daha doğrusu taban yüzünün işlenen parçaya sürtünmemesini, β ve γ açıları da kesici ağzın kesme işlemini yapabilmesini sağlar. β açısı çok küçük dolayısıyla γ açısı çok büyük ise kesici ağız zayıflayacağından kesici takım çok çabuk zayıflayacaktır. β açısı çok büyük γ açısı küçük ise kesici uç hantal ve küt olacağından aşırı mukavemet ve oluşan ısı dolayısıyla genelde daha çabuk bozulacaktır.



Şekil 2.2. Dik kesme ve kesici takım açıları [3]

Bu açıların değerleri kesici ve işlenecek parçalara göre ayrı ayrı saptanmak durumundadır.

α açısının ancak sürtünmeyi önleyecek kadar büyük olması gereklidir. Genellikle 5° ile 8° arasında seçilir.

θ açısı, talaşın kayma düzlemi ile takım hareket yönü arasındaki açıdır. Bu açının önemi büyüktür. Çünkü θ açısı değiştikçe deforme olmuş talaş kalınlığı (a_2) da değişir. Paso derinliği sabit kabul edildiğinde θ açısı küçük ise a_2 büyük, θ büyük ise a_2 küçük olur. a_2 talaş kalınlığının küçük yani talaşın ince olması, talaş rijitliğinin daha az, dolayısıyla talaş ile talaş yüzeyi arasındaki sürtünme kuvvetlerinin daha küçük olmasını sağlar. Bu durum takım ömrünün artmasına neden olur [3].

Deforme olmamış talaş kalınlığı (a_1), deforme olmuş talaş kalınlığı (a_2), kayma açısı (θ) ve talaş oranı (r_c) arasında şu bağıntı vardır,

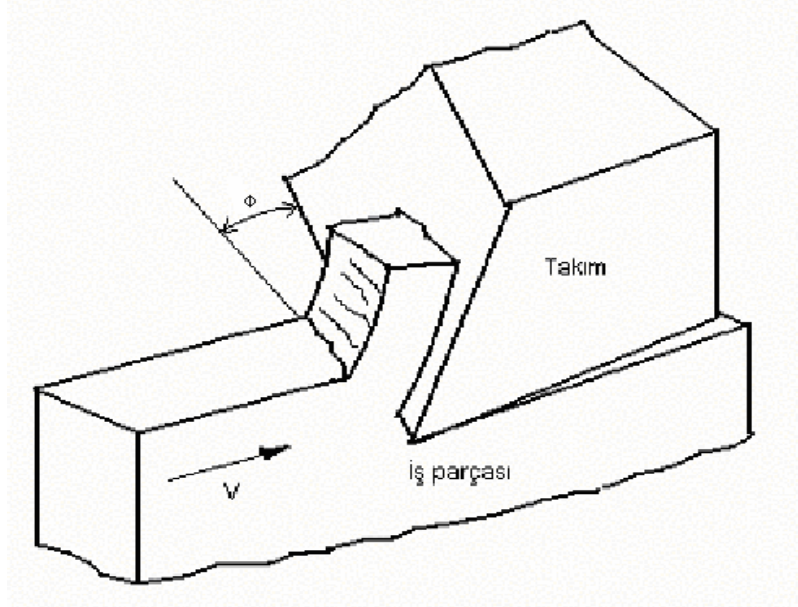
$$\frac{a_1}{a_2} = r_c \quad \text{ise} \quad t_g \theta = \frac{r_c \cdot \cos \gamma}{1 - r_c \cdot \sin \gamma} \quad (2.1)$$

2.3.2. Eğik kesme

Takımın kesici kenarının, kesici takım hareket yönüne göre Φ gibi bir açı yapması durumuna eğik kesme denir (Şekil 2.3.).

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^0 \quad (2.2)$$

bağıntısı her zaman geçerlidir. Mevcut bir takımın kesme kenarının Φ açısını hareket yönüne göre değiştirmekle kesme açıları değiştirilebilir. Takımın Φ açısı ne kadar büyütülürse takım tamamen aynı kaldığı halde β açısı küçülür. Bu durum dik kesmede takımın β açısı küçültülmüş gibi etki yapar [3].



Şekil 2.3. Eğik kesme [4]

α açısı sabit kabul edilirse β ' nin Φ ' ya göre değişmesi ile γ açısı da değişecektir. Halbuki talaş kaldırmada en karakteristik açı γ açısıdır. Bu açının değişimi kesme kuvvetini, parça yüzey kalitesini ve takım ömrünü doğrudan etkileyecektir [3].

Φ açısının en önemli etkilerinden biriside talaşın akma yönünü belirlemesidir. Kesici bir takımın işlenen parçaya göre durumu ve kesme koşulları;

- 1) Kesme açıları,
- 2) Eğim açıları,

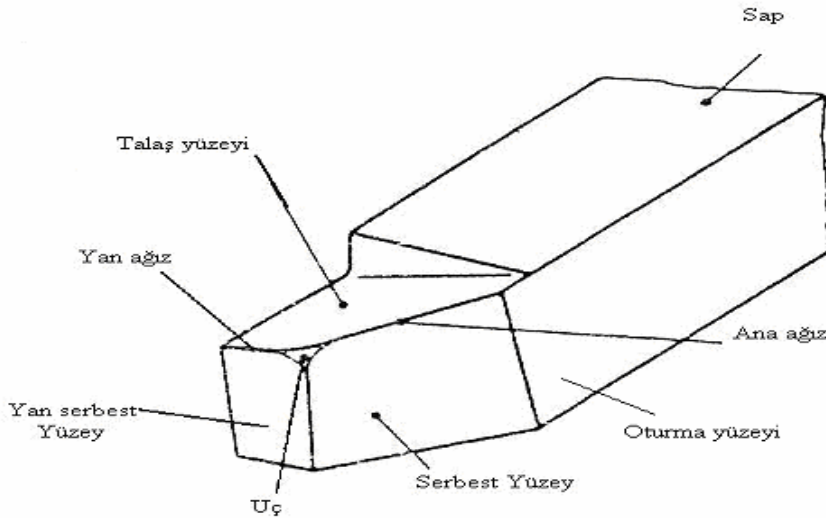
ile belirlenir. Kesme olayı ile ilgili değerler tüm kesici takımlar için geçerlidir. Kesici takımlar için kesme açılarının en uygun değerleri aşağıdaki genel kriterler irdelenerek belirlenir [3].

- 1) Takım ömrü,
- 2) Kesme kuvveti değeri ve güç tüketimi,
- 3) Yüzey kalitesi,
- 4) Talaş akışında kolaylık .

2.4. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler

2.4.1. Takım geometrisi

Tornalama işleminde kullanılan takımlar (bunlara kalem de denir) tek ağızlı takımlardır. Torna kalemleri, **sap** ve **kesici** kısımdan meydana gelir (Şekil 2.4). Kesici kısım; talaş yüzeyi, serbest yüzeyler, ana ağız, yan ağız ve uçtan oluşur. Sapın önemli olan yüzeyi, oturma yüzeyidir. Talaş yüzeyi, parçadan kaldırılan talaşın aktığı yüzeydir. Bazı hallerde bu yüzeyin ağza paralel olan tarafına açı verilir, açı verilen bu yüzeye talaş yüzeyinin eğik kenarı denilir[2].

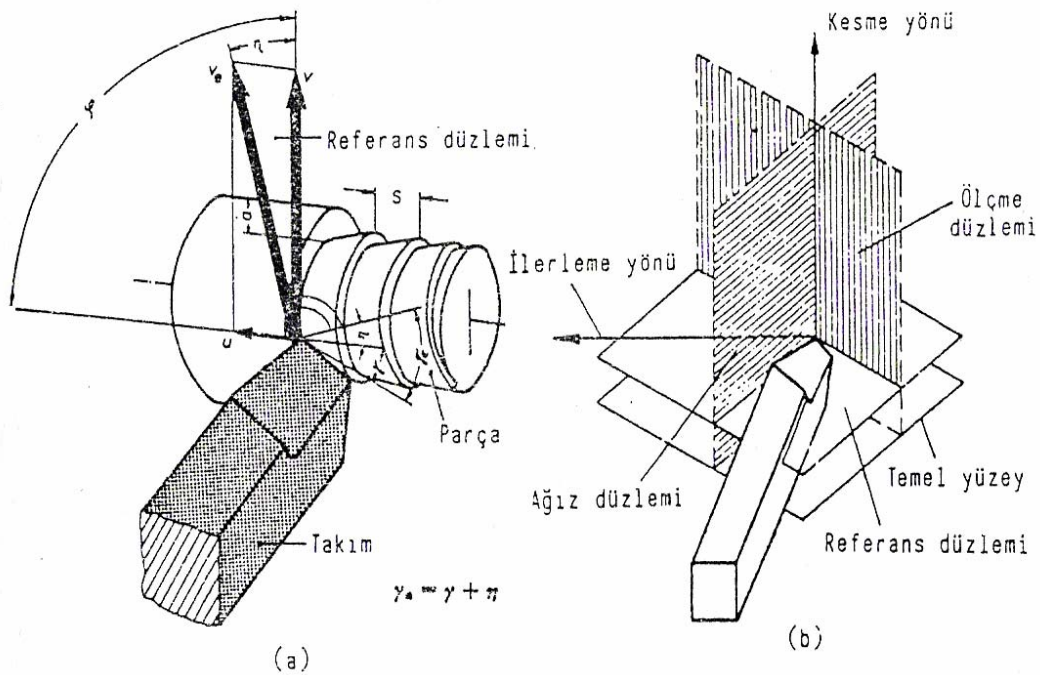


Şekil 2.4. Kesici takım(torna kalemi)[2]

Serbest yüzeyler, takımın işlenen yüzeye doğru bakan yüzeyleridir. Bu yüzeylere ana serbest yüzeyi ve yan (veya yardımcı) serbest yüzeyi denilir. Ana ağız, takımın

talaş kaldıran kesme kenarıdır. Bu kenar, ana serbest ve talaş yüzeylerinin kesişmesinden meydana gelir. Yan ağız, yan serbest yüzey ile talaş yüzeyinin kesişmesinden oluşan ağızdır. Uç, ana ve yan ağzın birleştiği yerdir; uç belirli bir yarıçapa göre yuvarlatılır. Takımın sap kısmı genelde dikdörtgen kesitli yapılıdır. Bazı durumlarda sap dairesel ve çokgen kesitli olabilir.

Talaş kaldırma sırasında, takımın parçaya göre konumu, kesme ve ilerleme yönleri ve bu yönlerde kesme hızı (v) ve ilerleme hızı (u), Şekil 2.5 a' da gösterilmiştir. Kesme ve ilerleme hareketlerinin bileşimi etken hareketini, bunların yönleri etki yönünü ve hızları da etken hızı (v_e) oluşturur. Etken hareketin esası bir helis hareketidir. Dolayısıyla kesme ve ilerleme hareketlerinin sonunda, parça üzerinden kaldırılan talaşın izleri helis şeklinde olacaktır[2].



Şekil 2.5. Tornalamada takımın çalışma düzeni , a) Kesme, ilerleme ve etken yönleri, b) Takım geometrisini tayin eden düzlemler [2]

Takımın kesici kısmının geometrisi belirli bir referans sistemine göre tayin edilir. DIN 6851 standardına göre kesme yönünü esas alan takım referans sisteminin ve etki yönünü esas alan etki referans sistemi olmak üzere iki referans sistemi vardır.

Burada takım açıları takım referans sistemine göre ifade edilecektir. Bu referans sistemi (şekil 2.5); referans düzlemi, ağız düzlemi ve ölçme düzleminden oluşur.

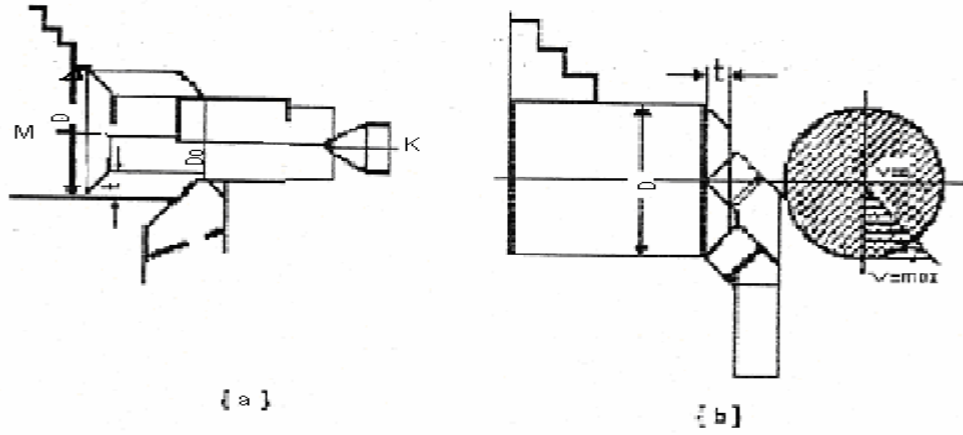
Referans düzlemi, kesme yönüne dik, temel yüzeye paralel ve takım ağzının belirli bir noktasından geçen düzlem; ağız düzlemi ise, takımın ana ağzını ve kesme yönünü içeren ve referans düzlemine dik olan düzlemdir. Ölçme düzlemi de bu iki düzleme ve dolayısıyla ana ağza dik düzlemdir. Takım açıları, takımın kesme durumundaki konumunu gösteren referans düzlemi esas alınarak tayin edilir. Referans düzlemi esas olarak alınırsa, takımın ana ağzına dik bir kesitte yani ölçme düzleminde: talaş açısı (γ), kama açısı (β) ve serbest açı (boşluk açısı) (α) tayin edilir. Bu açılar arasında, " $\alpha + \beta + \gamma = 90^0$ " bağıntısı vardır [2].

2.4.2. Kesme hızı

Kesme hızı, tornalama işlemini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Boyuna tornalama işleminde, parça çapı D (m) (şekil 2.6.a) ve devir sayısı n (dev/dak) olarak ifade edilirse kesme hızı;

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \text{ (m/dak)} \quad (2.3)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Talaş kaldırma işlemi ile parçanın çapı D 'den D_0 'a azalırken, takımın ağzı, MK doğrusu boyunca temas halindedir. Dolayısıyla parça çapı azaldığı için, temas boyunca kesme hızı değişecektir. Ancak, temas parçası küçük olduğundan, kesme hızı parçanın başlangıçtaki çapı D 'ye göre hesaplanır. Boyuna iç (delik) tornalama ve alın tornalamada da kesme hızı meydana gelen en büyük çap göz önüne alınarak (2.3) bağıntısı yardımıyla hesaplanır. Bir parça işlenirken kesme hızı, teknik veya ekonomik şartlara göre tayin edilen takım ömrü ve genişletilmiş Taylor bağıntısı yardımı ile tayin edilir. Daha sonra, eğer kullanılan tezgah universal veya mekanik otomat bir tezgah ise (2.3) bağıntısı yardımı ile hesaplanır ve tezgahın hız kademelerinden en yakın, fakat daha düşük bir devir sayısı seçilir [2].



Şekil 2.6. Tornalamada talaş kaldırma işlemi [4]

2.4.3. İlerleme

İlerleme kalem ucunun bir devirde parça eksenine boyunca aldığı yoldur (şekil 2.7.). Bu nedenle ilerleme s (mm/dev) olarak ifade edilir. İlerlemenin yanı sıra dakikada mm cinsinden alınan yol olarak ifade edilen ilerleme hızı (u) da vardır. s ve u arasındaki bağıntı;

$$s = \frac{u}{n} \quad (\text{mm/dev}) \quad (2.4)$$

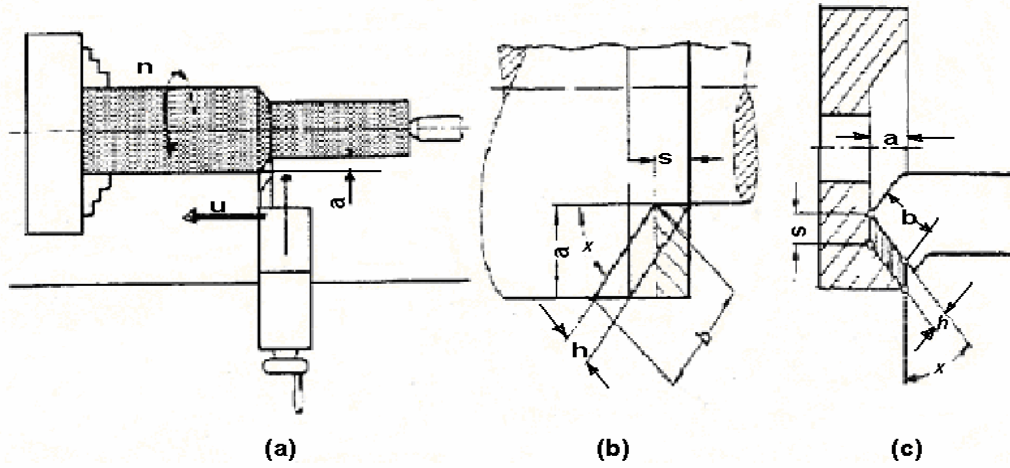
veya, $u=s.n$ (mm/dev) şeklinde yazılır. İlerleme, işleme zamanı ve yüzey kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İlerleme değeri büyüdükçe işleme zamanı aynı oranda azalacaktır [2].

2.4.4. Talaş boyutları

Talaş boyutları, kesme derinliği veya paso kalınlığı denilen kaldırılacak tabakanın kalınlığı a ve ilerleme s veya şekil değiştirmemiş talaş genişliği b ve talaş kalınlığı h ile ifade edilir (şekil 2.7). Parçanın çapı başlangıçta D ve bir paso kaldırıldıktan sonra d olursa, paso kalınlığı dış tornalama (şekil 2.7a) ve iç tornalama (şekil 2.7b) için sırasıyla ;

$$a = \frac{D-d}{2} \quad (\text{mm}) \quad ; \quad a = \frac{d-D}{2} \quad (\text{mm}) \quad (2.5)$$

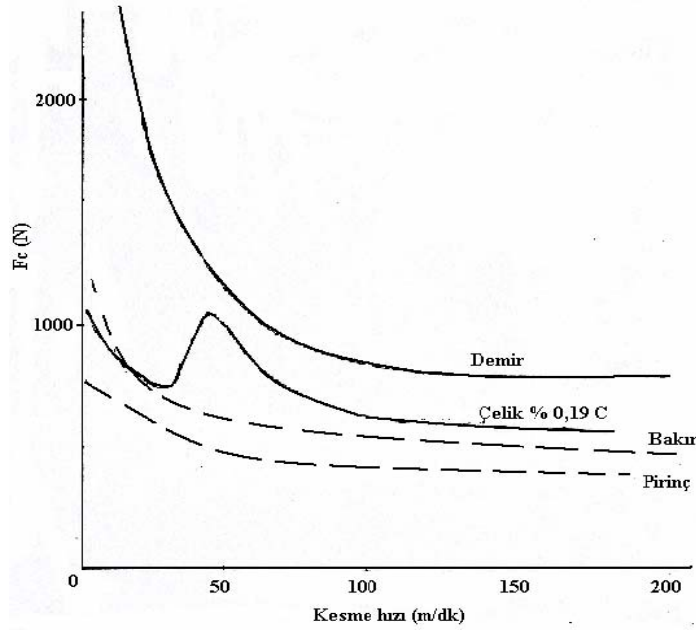
şeklinde bulunur [2].



Şekil 2.7. İlerleme ve talaş boyutları [2]

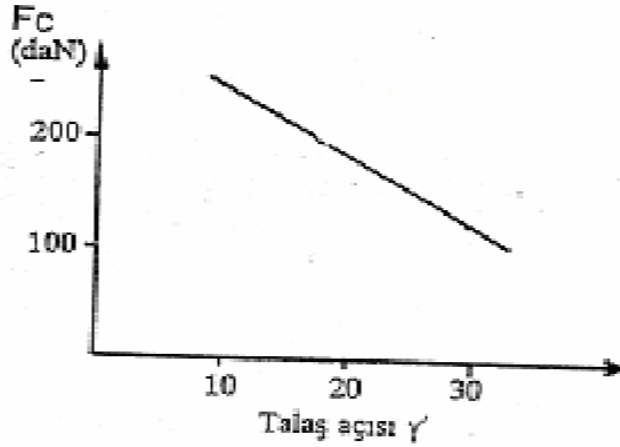
2.4.5. Tornalamada oluşan kesme kuvvetleri

Kesme kuvvetleri talaş oluşumundan, talaş şekil değiştirmesinden ve talaş ile takım arasında oluşan sürtünmelerden dolayı oluşur. Kesme kuvveti üzerinde kesme hızının ve kesme sıvısı kullanılıp kullanılmamasının etkisi azdır [3]. Kesme hızının kesme kuvveti üzerine etkisi, hız çeliğinden yapılan takımlarda $v = (30..35)$ m/dak ve sert metalden yapılan takımlarda $v > 80$ m/dak olduğu durumlarda görülür [2]. Şekil 2.8.' de farklı malzemeler üzerinde, kesme hızının, kesme kuvveti üzerine etkisi görülmektedir.



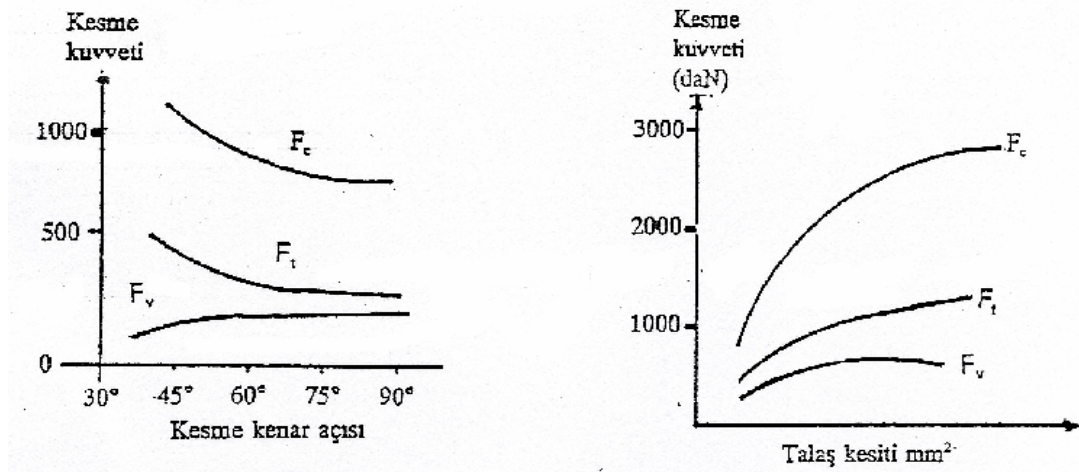
Şekil 2.8. Farklı malzemeler için kesme hızının, kesme kuvvetine etkisi (ilerleme 0,25 mm/dev, talaş derinliği 1,25 mm için) [21]

Talaş açısı ve kesme kenarı açısı büyüdükçe kesme kuvveti azalmaktadır. Belirli kesme koşullarında kesme kuvvetinin kesme hızına göre değişimi sabittir. Şekil 2.9.' da kesme kuvvetinin talaş açısına göre değişimi görülmektedir [3].



Şekil 2.9. Kesme kuvvetinin talaş açısına göre değişimi [3]

Talaş kesitinin, kesme kuvveti üzerindeki etkisi büyüktür. Şekil 2.10.' da kesme kuvvetinin kesme kenar açısına ve talaş kesitine göre değişimi görülmektedir.



Şekil 2.10. Kesme kuvvetinin, kesme kenar açısına ve talaş kesitine göre değişimi [3]

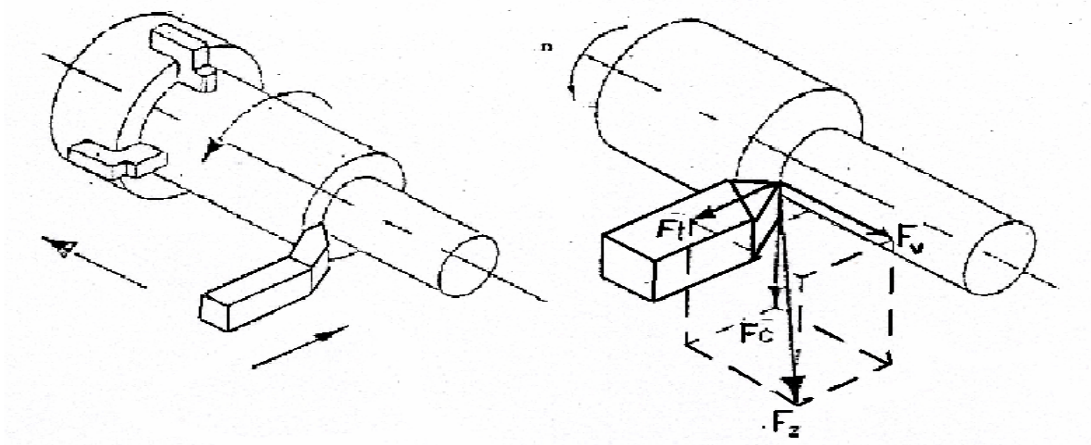
Şekil 2.10.' da F_c kesme kuvveti, F_v ilerleme kuvveti, F_t radyal kuvveti, simgelemektedir [3].

2.4.6. Kesme kuvvetlerinin etkileri

Talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetleri gerek takım gerekse parça üzerinde bir takım şekil değiştirmelere neden olarak takım-parça konumunu değiştirir ve işleme kalitesini etkiler. Talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenmek için gerekli talaş kaldırma kuvveti F_z ;

$$F_z = \sqrt{F_c^2 + F_v^2 + F_t^2} \quad (2.6)$$

formülünden bulunabilir [2].



Şekil 2.11. Torna tezgahında hareketler(a), kesme kuvvetleri (b) [3]

2.4.6.1. Kesme kuvvetlerinin takım üzerine etkileri

Takım ankastre bir çubuk olarak göz önüne alınırsa kesme kuvvetleri takımı şu şekilde etkiler (Şekil 2.11.);

- F_c kuvveti, eğilmeye (düşey düzlemde),
- F_v kuvveti, eğilmeye (yatay düzlemde),
- F_t kuvveti, basmaya ve takım uzun olduğu halde burkulmaya zorlar.

Ayrıca takım, tutturma sistemine yeterli derecede sıkılarak bağlanmadığı veya uygun şekilde desteklenmediği halde, F_v kuvveti takımı eğik bir konuma getirebilir ve F_t kuvveti de takımı parçadan uzaklaştırabilir [2].

2.4.6.2. Kesme kuvvetlerinin iş parçası üzerine etkileri

Etki-tepki kanununa göre kesme kuvvetleri parçayı zıt yönde etkilemektedir. Bu durumda parça, F_c kuvveti ile eğilmeye (düşey düzlemde) ve burulmaya; F_t kuvveti ile eğilmeye (yatay düzlemde); F_v kuvveti ile de basmaya zorlanır. Ayrıca punta arası tornalamada sıkma kuvveti tarafından basma ve burkulmaya zorlanır. Parça için önemli olan gerilmeler değil de şekil değişimleridir [2].

2.4.7. Kesme gücü ve tezgah gücü

Tornalama işleminde sadece kesme kuvveti için gereken güç önemlidir. Bu güç, F_c (Newton) olarak ve v (m/dak) alınır;

$$P_s = \frac{F_c v}{60 \cdot 1000} (kW) \quad (2.7)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Kesme ve ilerleme gücü motordan parçaya tezgahın kinematik sistemi ile iletilir. Kinematik sistemin verimi η_m ile gösterilirse, tezgahın motor gücü;

$$P_m = \frac{P_s}{\eta_m} \quad (2.8)$$

olarak hesaplanır. Burada ilerleme için gereken güç, kesme gücüne göre çok küçük (%5 civarında) olduğundan ihmal edilir [2].

2.4.8. Takım malzemesi

Talaşlı imalattaki gelişmeler, kesme ve ilerleme hızlarını artırması, üretimde değişik malzemelerin kullanılması, talaşlı üretim tezgahlarının gelişimi kesici takımlardan

istenen özelliklerinde artmasına yol açmıştır. Bu bakımdan kesici takımlardan istenen özellikler,

- Uzun ömürlü olması,
- İstenen işleme kalitesini ve ölçüsünü sağlaması,
- Parça başına takım maliyetinin uygun olması,
- Kolay temin edilebilir olması,

olarak sıralanabilir [5]. Değişik kesme kuvvetleri ve zorlanmalara maruz kalan kesici takımlarda aranan özellikler,

- Yüksek sertlik.
- Aşınmaya karşı direnci yüksek olmalıdır.
- Yüksek tokluk (yüksek kırılma mukavemeti).
- Yüksek sıcak sertlik.
- Kütleli deformasyona direnç gösterebilmek için yüksek mukavemet.
- Yüksek kimyasal kararlılık.
- Uygun ısıl özellikler.
- Tutarlı takım ömrü.
- Doğru geometri ve iyi yüzey kalitesi.

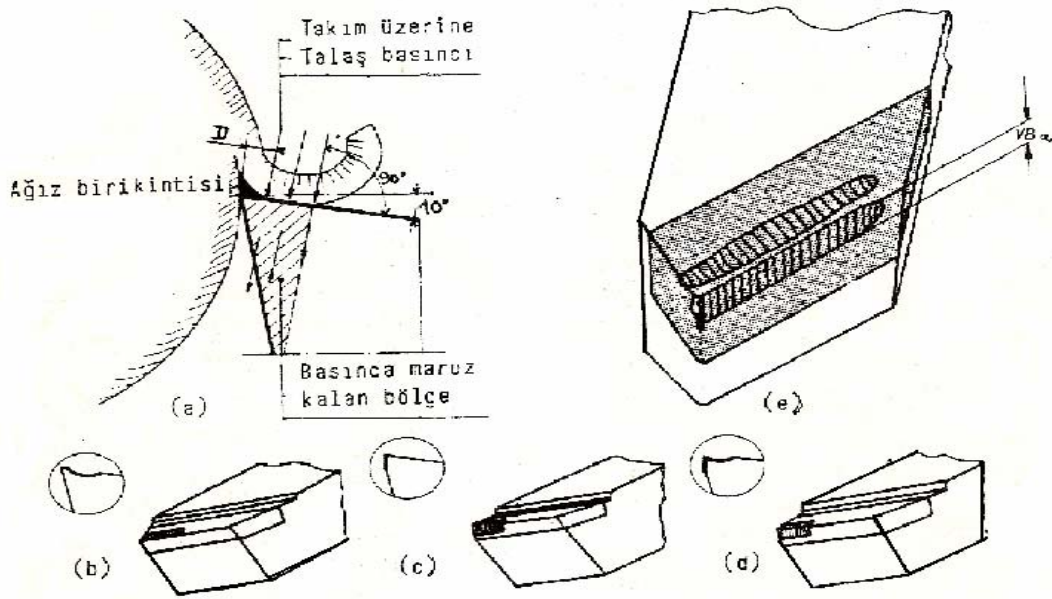
olarak sıralanabilir. Malzeme ana grupları mukavemet derecelerine göre aşağıda sıralanmıştır [6].

- Takım çelikleri,
- Yüksek hız çelikleri(HSS),
- Dökme karbürler (Dökme kobalt alaşımlar),
- Sinter karbürler,
- Sermetler (Seramik-metaller),
- Kaplanmış karbürler
- Seramikler,
- Kubik kristal bornitrür,
- Elmaslar.

2.4.9. Takım aşınması

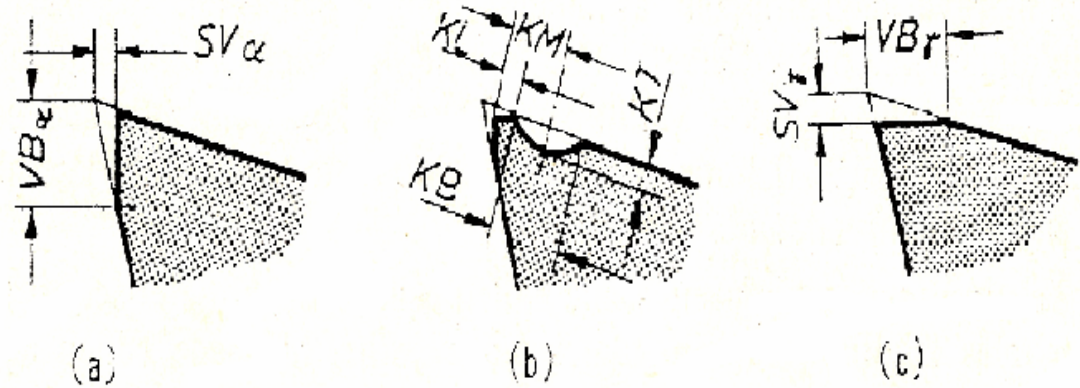
Talaş kaldırma sırasında meydana gelen sürtünmeler ve ısı takım aşınmasına neden olur. Bu olayda sürtünme esas nedendir. Yüksek sıcaklık ise takımın aşınmaya karşı mukavemetini azalttığı için, olayı hızlandıran bir etkidir. Sürtünme, talaş ile takımın talaş yüzeyi ve işlenen yüzey ile takımın serbest yüzeyi arasında meydana geldiğinden (şekil 2.12.a), aşınma sadece talaş yüzeyinde (şekil 2.12.b), sadece serbest yüzeyinde (şekil 2.12.c) veya her iki yüzeyde de meydana gelir (şekil 2.12.d,e). Burada dikkat edilecek birinci husus, talaş kaldırma esnasında oluşan takım-talaş ara yüzeyinde oluşan sürtünmenin, genel anlamda makine elamanlarının yüzeyleri arasındaki sürtünmelerden farklı olmasıdır. Farklılık, kesme sürtünmesinin sürekli olarak “taze” yüzeylerde, yüksek sıcaklık, yüksek basınç koşulları ve nispeten küçük temas alanlarında oluşmasından ibarettir. Bu nedenle takımların aşınması, yapışma aşınması, difüzyon aşınması, sürtünme aşınması şekillerini kapsayan karmaşık bir olaydır. İkinci husus, talaş ve serbest yüzeydeki sürtünmeler farklı olduğundan, aşınmaların da farklı olmasıdır. Serbest yüzeyde aşınma, düzgün (abresif) aşınma şeklinde (şekil 2.13.a), talaş yüzeyinde ise, bir oyuk (krater) biçiminde meydana gelir (şekil 2.13.b). DIN standartlarına göre, serbest yüzeyde aşınan kısmın yüksekliği VB_{α} eni SV_{α} (α olayın serbest yüzeyde olduğunu gösterir); talaş yüzeyinde oluşan oyuk şeklindeki aşınan kısmın genişliği

KB, derinliği KT, orta kısımdan uca kadar olan mesafe KM ve oyuktan uca kadar olan mesafe KL ile gösterilir. Bazı hallerde talaş yüzeyinde de normal bir aşınma meydana gelebilir; bu durumda aşınan kısmın boyutları, VB_{γ} ve SV_{γ} olarak simgelenir (şekil 2.13.c) [2].



Şekil 2.12. Takım yüzeylerinin aşınması [2]

Takımın aşınması: Takım ve parça malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı gibi bir çok faktöre bağlıdır. Takım genelde şu olaylar meydana geldiğinde aşınmış sayılır: Serbest yüzeyde aşınma bölgesinin belirli bir boyuta ulaşması, talaş yüzeyinde krater veya başka aşınma çeşitlerinin meydana gelmesi, kesme ağzından küçük parçacıkların kopması ve yüzey kalitesinin bozulması.



Şekil 2.13. Takım aşınmalarının değerlendirilmesi [2]

2.4.10. Takım ömrü

Takımın müsaade edilen aşınma değerine veya kriterine erişeceği ana kadar geçen süre takım ömrü olarak ifade edilir. Müsaade edilen aşınma miktarı başlangıçta

tain edilir. Bu süre sonunda takımın artık beklenen neticeyi veremeyeceği ve dolayısıyla aşınmış olduğu varsayılarak bilenmesi veya değiştirilmesi gerekir. Buna bağlı olarak takım ömrü iki bileme arasındaki çalışma zamanı olarak da ifade edilebilir.

Esasen takım ömrü aşınma olayına bağlı olduğundan, aşınmayı etkileyen parça ve takım malzemesi, takım geometrisi, talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı gibi faktörler takım ömrünü etkilerler. Bunların en önemlisi kesme hızının etkisidir.

Bu hususta Taylor tarafından yapılan deneylere göre, takım ömrü (T) ile kesme hızı (V) arasında Taylor bağıntısı olarak bilinen;

$$VT^n = C_t \quad (2.9)$$

bağıntısı vardır. Burada V (m/dak) olarak kesme hızı, T (dak) olarak ömür, n parça ve takım malzemesine bağlı bir sabite ve C_t Taylor sabitesidir. Burada “ $n=1/k$ ” ile gösterilirse yukarıdaki bağıntı;

$$TV^k = C \quad (2.10)$$

olarak yazılır. (2.14) bağıntısının grafik şeklinde gösterilişine “V-T” diyagramı; (2.15) bağıntısının grafik şeklinde gösterilişine “T-V” diyagramı denilir. Şekil 2.14.a’ da (2.15) bağıntısı temsil edilmiştir. Görüldüğü gibi kesme hızı büyüdükçe, takım ömrü azalır. (2.14) bağıntısına logaritma işlemi uygulanırsa,

$$\log T = \log C - k \log V \quad (2.11)$$

bağıntısı bulunur. Burada “ $k=1/n$ ” takım ve parça malzemesine bağlı bir faktör, “C” kesme koşullarına bağlı bir sabitedir ve bir dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızını ifade eder. Geometrik olarak “k” faktörü T-V doğrusunun eğimini göstermektedir. Buna göre şekil 2.14.b’ de gösterilen 1 ve 2 noktaları için ömür ve kesme hızları V_1, T_1 ve V_2, T_2 şeklinde yazılırsa,

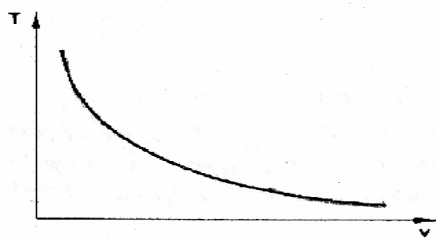
$$T_1 \cdot V_1^k = T_2 \cdot V_2^k = C \quad (2.12)$$

bağıntısı elde edilir ve k faktörü;

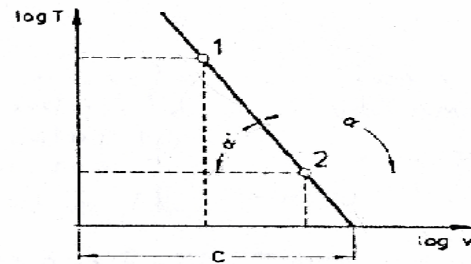
$$k = -\tan \alpha' = \frac{\log(T_1/T_2)}{\log(V_2/V_1)} \quad (2.13)$$

bağıntısından hesaplanır. k faktörü ne kadar büyük olursa kesme hızının ömür üzerine etkisi daha büyük olur. Çeşitli takım malzemelerine ait k için, yaklaşık olarak şu değerler verilebilir;

Hız çelikleri (HSS)	k=12,5...5	n=0,08...0,2	(2.14)
Sert metal	k=5...2	n=0,2...0,5	
Seramikle	k=2...1,43	n=0,5...0,7	



(a)

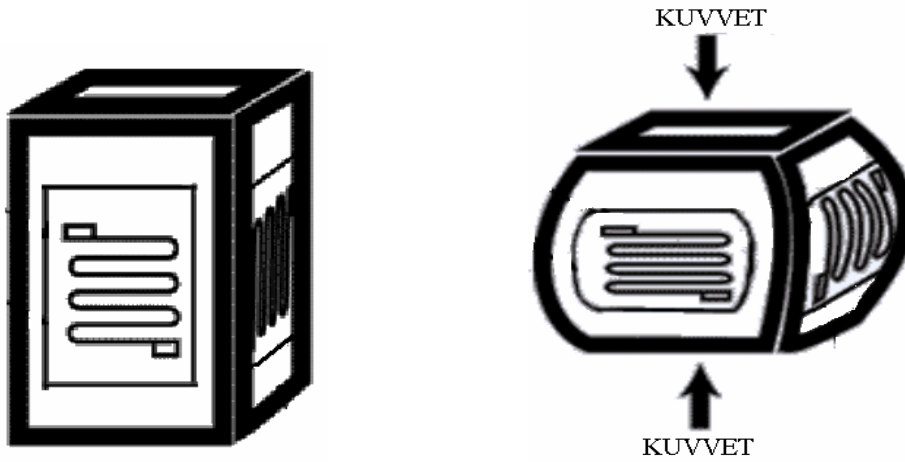


(b)

Şekil 2.14. Ömür kesme hızı bağıntısı [2]

BÖLÜM 3. YÜK HÜCRELERİ (LOAD CELL)

Yük hücresi (load cell), mekanik bir büyüklük olan kuvveti elektriksel büyüklüğe çevirerek ölçmeyi sağlayan bir cihazdır. Yük hücresini bir çeşit transdüser (dönüştürücü) olarak ta tanımlayabiliriz. Transdüseri ise, her hangi bir büyüklüğü başka bir büyüklüğe dönüştüren veya başka sistemlere ileten bir aygıt olarak tanımlanır. Bu durumda, mekanik bir büyüklük olan yük veya kuvvete karşılık, elektriksel bir çıkış elde ediliyorsa, kuvvet ölçümünde kullanılan bir transdüserin tanımı yapılmış olur. Hücre (cell) kelimesi, belirli bir ölçüm için tasarlanmış transdüserler için kullanılır. Transdüserlerde en önemli olay, mekanik enerjinin elektriksel çıkışa nasıl dönüştürüldüğü ve hangi prensiplerin kullanıldığıdır. Günümüzde en yaygın biçimde kullanılan yük hücresi, direnç değişimi prensibine göre çalışan, uzama ölçer (strain gage) tipinde olanıdır. Bunun nedeni, kolay ve kullanışlı olmasının yanında, aynı zamanda ağır işletme koşullarında da rahatlıkla kullanılmasıdır. Uzama ölçer, yük hücresinin içinde bulunan, elastik sınırlar içinde çalışan bir kirişe yapıştırılır. Yük uygulandığında kirişin boyunda meydana gelen çok küçük değişimler, uzama ölçerler tarafından algılanır [4]. Şekil 3.1’ de kuvvete maruz kalan yük hücresindeki şekil değişimi görülmektedir.



Şekil 3.1. Kuvvete maruz kalan yük hücresinin şekil değişimi [20]

3.1. Gerilme ve Gerinim İlişkisi

Gerilme; bir malzemeye yük uygulandığında, bu yükün malzeme üzerinde oluşturacağı etki olarak bilinir ve birim alana gelen yük olarak tarif edilir. Gerilme σ sembolüyle gösterilip “ $\sigma = F/A$ ” eşitliği ile ifade edilir.

Malzemenin gerilme etkisiyle deformasyona, uzamaya (gerinim) uğradığı ve gerinim ile gerilme arasında bir bağıntı olduğu ilk olarak Hook tarafından bulunmuştur. Elastikiyet sınırı içinde, boyut değişikliği kuvvetle orantılıdır. Gerinim, gerilmeye maruz bir malzemede, elastik bölge sınırlarında şekilde oluşan uzunluk değişiminin, ilk boya oranı olarak bilinmektedir. Burada gerinim ε sembolüyle gösterilip mm/mm şeklinde olduğundan birimsizdir. İlk boyu L_0 olan bir çelik çubuk F kuvveti ile çekildiğinde gerinim,

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L} \quad (3.1)$$

ile gösterilir. Boyutta olabilecek çok küçük değişmelerin belirlenmesi durumunda gerilme; kesitin bilinmesiyle de sistemi etkileyen kuvvetler, büyük bir doğruluk ve hassasiyetle ölçülür. Bu tarz kuvvet ölçümü, otomatik kontrol gerektiren, son derece geniş bir alanda kullanılmaktadır. Çekilerek uzatılan bir çubukta kesit daralması oluşur. Bu uzama ve daralma birbirine bağlıdır. Çubuğun çapı D boyu L iken çekilme sonucu çapı ΔD , boyu ΔL kadar değişir. Elastik bölge içinde kaldığı sürece;

$$\frac{\Delta D / D}{\Delta L / L} = \nu_p \quad (3.2)$$

olduğu deneysel olarak kanıtlanmıştır. Burada ν_p 'ye “poisson oranı” denir [4].

3.2. Uzama Ölçer (Strain Gage)

Mühendisliğin temel olaylarından biride gerinimdir. “Gerinim” ve “doğrusal şekil değiştirme” terimleri eş anlamlı olup, dış kuvvetlerden kaynaklanan doğrusal boyut

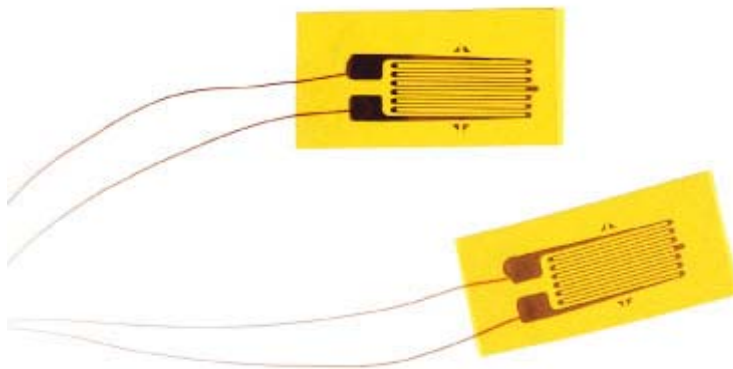
değişimi için kullanılır. Bir lastik parçası yüklendiğinde, oluşan şekil değişimi (gerinim) gözle görülmesine karşın, rijit cisimlerde, örneğin, bir tren köprü üzerinden geçerken oluşan gerinim gözle görülemez. Bu şekilde oluşan gerinimi belirlemek için kullanılan elamanlara “uzama ölçer” adı verilir.

Gerinim, matematiksel olarak boyutsuzdur, fakat fiziksel olarak, birim uzunluk başına toplam uzunlukta oluşan değişim olarak tarif edilebilir [4].

3.3. Dirençli Tip Uzama Ölçer

Dirençli tip uzama ölçerler, elektrik devresinde direnç elemanı olarak görev yaparlar. Uzama ölçerlerin çalışma prensibi, uzayan tellerin direncinin değişmesi ve bu direnç değişikliğinin telin uzamasıyla orantılı olmasıdır. Malzemede meydana gelen birim uzama, eğer bir direnç teline aktarılırsa, direnç değişiminden yararlanarak gerinim ölçümü yapılabilir. Bu özellik ilk olarak 1856 yılında Lord Kelvin tarafından bulunmuştur.

Zamanla uzama ölçerler daha da geliştirilerek bugün pek çok çeşitli ve tipi olan dirençli tip uzama ölçerler ortaya çıkmıştır. Şekil 3.2.’ de bir uzama ölçer görülmektedir.



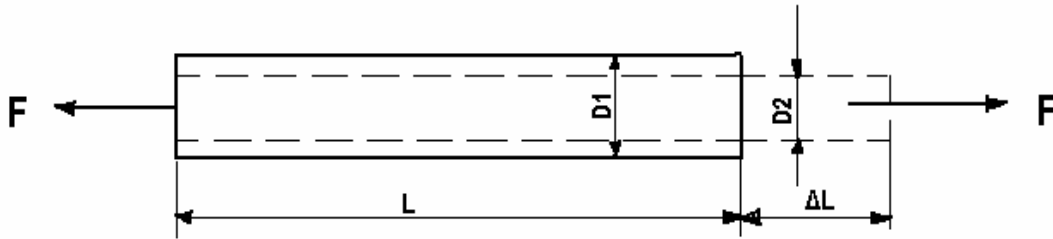
Şekil 3.2. Dirençli tip uzama ölçer [7]

Uzama ölçerlerin yan etkilerini en aza indirmek ve test parçasına kolay monte edebilmek için çok küçük boyutta, ihmal edilebilir bir ağırlığa sahip olarak imal edilirler. Uzamadan kaynaklanan direnç değişimi, “Wheatstone Köprüsü” adı verilen

elektrik devresi belirlenir. Buna “ölçme köprüsü” adı da verilir. Uygun bir dengeleme devresi oluşturularak sıcaklık değişiminden kaynaklanacak olan hatalar yok edilebilir. Uzama ölçerler bu özelliklerinden dolayı ucuz ve hassas olarak kuvvet ölçümüne imkan sağlarlar.

3.4. Direnç İle Gerinim Arasındaki Bağını

Daha önceden de bahsedildiği gibi, dirençli tip uzama ölçerler test parçasına, bir taşıyıcı vasıtasıyla yapıştırılmış olan ve ızgara şeklinde özel bir form verilmiş iletken telden oluşur. Basma, çekme, kesme, burulma ve eğme gibi gerilmelere maruz test parçasında deformasyon meydana gelir. Bu deformasyon veya gerinimin kayıpsız olarak uzama ölçerler tarafından hissedilmesi gerekir. Yük uygulandığında gerinimden dolayı uzama ölçerlerin telinde uzama oluşur, bu da telin direncinin değişmesine sebep olur. Direncin, tel boyu ile olan ilişkisi (şekil 3.3.),



Şekil 3.3. F kuvvetinin etkisi altındaki çubuğun şekil değişimi

$$R = \frac{L}{A}, \text{ den } R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.3)$$

olarak ifade edilir [4]. Burada,

R: Direnç

ρ : Özdirenç

L: Uzunluk

A: Kesit alanıdır.

Dirençteki değişim ΔR , boyuttaki değişim ΔL olmak üzere,

$$\frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}} = GK \quad (3.4)$$

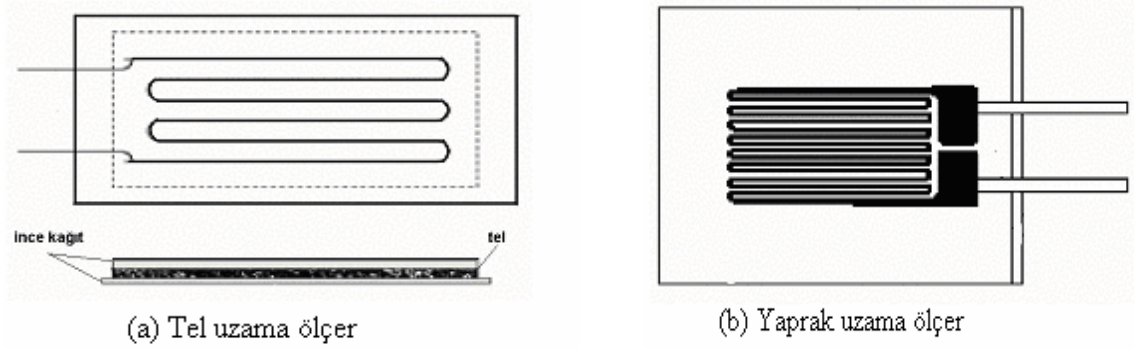
şeklinde yazılır. Bu ifadeye “Gage Faktörü” adı verilir ve uzama ölçerin karakteristiğini gösterir.

Bir malzemenin direnci ile gerinim arasındaki bağıntı, gage faktörü (GK) ile verildiğinden, kullanılacak olan gage faktörünün bilinmesi, ölçümün yapılması ve sonucun değerlendirilmesi açısından çok önemlidir. Uzama ölçerlerin kullanışlılığı ve performansına etki eden ana faktörlerden biri de iletken tel malzemesinin cinsidir. İdeal bir iletken malzeme en yüksek gage faktörüne sahip olup, çok küçük uzamalara bile cevap vermesini sağlar. Gage faktörü, yükün değişimiyle ve zamanla değişmez. Aynı şekilde yükün tekrarlanması direncin değişimine sebep olmaz, yani direnç sabit kalır.

Çekme etkisindeki bir malzemede, boy artacağından direnç de artar, dolayısıyla pozitif değer alır. İletken malzeme sıcaklığın sebep olacağı uzamaya karşı hassas olmamalıdır. Sıcaklıktan kaynaklanacak hataları yok etmek için sıcaklık dengelemesi yapılır [4].

3.5. Uzama Ölçer Malzemeleri ve Yapıştırıcıları

Dirençli tip uzama ölçerler genel olarak iki sınıfa ayrılır. Biri tel, diğeri ise yaprak tipi uzama ölçerlerdir (Şekil 3.4.). Tel tipi uzama ölçerler, bakır-nikel veya krom-nikel alaşımlarından yapılmış olup tel çapı 0,025 mm dir. Izgara şeklinde montaj ile daha büyük bir uzunluk elde edilip, büyük direnç değişimi sağlanır. Aynı zamanda, boyut çok küçük olduğundan, küçük bir alan işgal eder. Boyuna ölçümlerde hassasiyeti iyi olmasına rağmen, enine ölçümlerde iyi değildir. Enine hassasiyet için ayrı bir düzeltme yapılır. Tel tipi uzama ölçerlerde tel malzemesi kağıt taşıyıcı arasına yapıştırılır [4].



Şekil 3.4. Tel ve yaprak tip uzama ölçerler[19]

Yaprak tipi uzama ölçerlerde ise, yine aynı malzeme kullanılıp, iletken kağıt veya daha çok plastik bir taşıyıcı üzerine kimyasal yöntemle kaplanarak talaşlı veya kimyasal metotlarla ızgara şekli verilir. Metal tel, taşıyıcı üzerinde 0,0025 mm kalınlığındadır.

Uzama ölçerler, 80 °C' nin altındaki sıcaklıklarda, özel yapıştırıcılarla güvenli olarak yapıştırılabilirler. Özellikle, 400 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda özel seramik yapıştırıcı malzemeler kullanılır. Taşıyıcı malzemesi olarak kağıt, plastik, mika, seramik gibi malzemelerden faydalanılır.

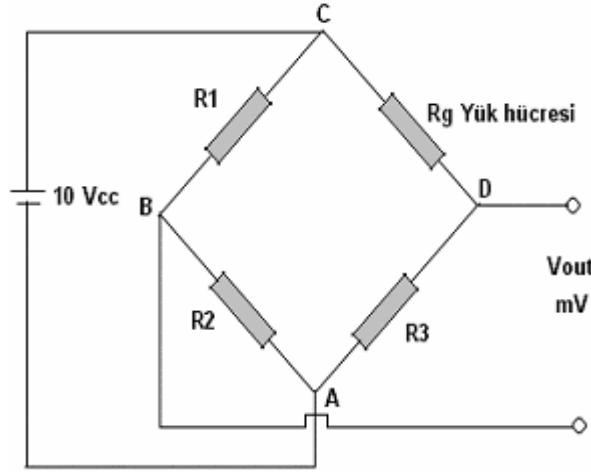
Uzama ölçerler test parçasına yapıştırılmadan önce yüzey, yağ, pas, kir, boya gibi maddelerden temizlenip, taşlanarak veya zımparalanarak düzeltilmelidir. Daha sonra iyi bir temizleyici ile (karbon tetraklor vb.) yüzey silinip kurulanır. Sonra, yüzeye uygun bir yapıştırıcı, uzama ölçerin altına da asetat sürülüp yüzeyler birbiri üstüne hafif bir basınçla yapıştırılır. 8-12 saatlik bir kuruma sonunda uzama ölçer, ölçüm yapmaya hazır duruma gelir [4].

3.6. Wheatstone Köprüsü

Dirençli tip uzama ölçerler, uzama ile değişen elektrik direncini, bir elektrik devresinde ölçerek değerlendirme prensibine göre çalışır. Uygulanan yüke göre, dirençte meydana gelen değişim ΔR , uzama ölçerin normal direnci R ve gage faktörü GK verilerine dayanarak gerilim bulunabilir. Gerinim,

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R}{GK} \quad (3.5)$$

şeklinde tekrar yazılabilir. Bu denklemde, bilinmeyen ve uygulanan yüke göre değişen tek değer $\Delta R'$ dir. $\Delta R'$ nin ölçülmesiyle oluşan gerilim kolayca bulunabilir. $\Delta R'$ yi ölçmek için bir cihaza gerek vardır. Klasik ohmmetreler $\Delta R'$ yi yeterli hassasiyette ölçme yeteneğine sahip değildir. Bu yüzden $\Delta R'$ yi kolay ve hassas olarak ölçecek özel elektrik devresi geliştirilmiş ve bu devreye Wheatstone köprüsü adı verilmiştir. Bu köprü devresinin şematik gösterilişi şekil 3.5.' de verilmiştir [4].



Şekil 3.5. Wheatstone köprüsü [7]

Wheatstone köprüsünde bilinmeyen direnç veya dirençler, çok iyi bilinen dirençler tarafından mukayese edilerek bulunur. Bu köprü devresi dirençte meydana gelecek çok küçük değişimleri ölçebildiği için, uzama ölçerlerdeki direnç ölçümleri için uygundur.

Devrede olan olayların anlaşılabilmesi için devrenin çözümlenmesi gerekir. Vcc köprü giriş, Vout köprü çıkış voltajı olmak üzere, Kirchof kanunlarından yararlanarak devre çözümlenebilir. Ohm kanuna göre “ $U=I \cdot R$ ” formülü gereğince her bir koldaki voltaj düşümleri bulunabilir. Başlangıçta Vout gerilimi ve I akımı sıfır olacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu durumda A ve C noktalarındaki gerilimlerin eşit olduğu söylenebilir. Bu duruma köprünün denge hali denir. Eğer köprü dengede ise,

$$\frac{V_{out}}{V_{cc}} = 0 \quad (3.6)$$

ve

$$R_1=R_2=R_3=R_g \quad (3.7)$$

olur. Bu gözlemlere dayanarak şu eşitlik yazılabilir,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_g}{R_3} \quad (3.8)$$

Böylece bilinmeyen bir direnç, bilinen dirençler yardımıyla kolayca bulunabilir. V_{out}/V_{cc} oranı için genel denklem olarak,

$$\frac{V_{out}}{V_{cc}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_g}{R_3 + R_g} \quad (3.9)$$

formülü geçerlidir.

BÖLÜM 4. MATERYAL VE METOD

4.1. Giriş

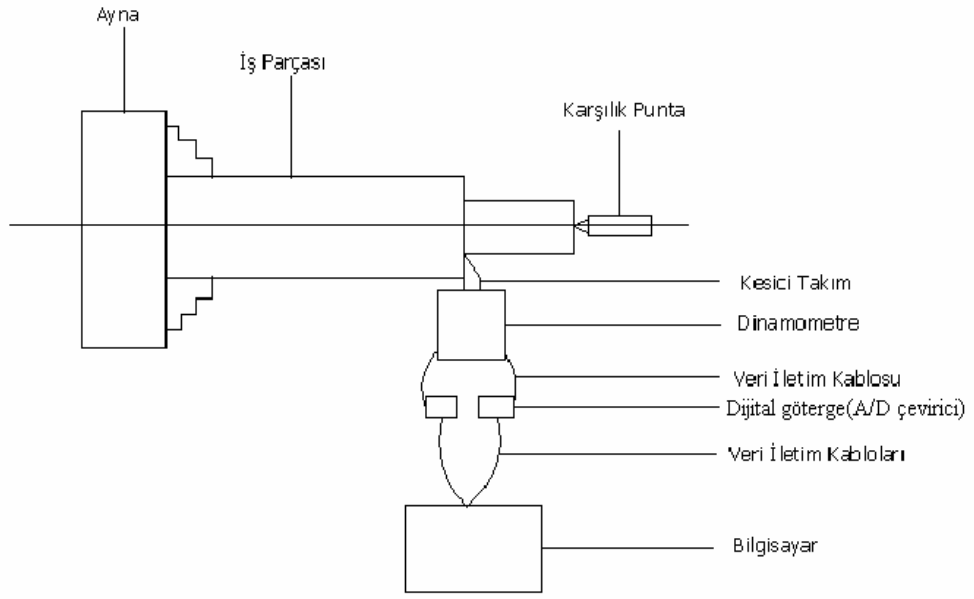
Bu çalışmada, tornalama işleminde kesici takımın maruz kaldığı kesme ve ilerleme kuvvetlerini ölçmek için bir dinamometre tasarlanmış ve imal edilmiştir. Dinamometre yük hücresiyle ölçüm yapma esasına göre dizayn edilmiştir. Yük hücreleri 300 kg kapasiteli basma tip olarak seçilmiştir. Yük hücrelerinden gelen sinyaller iki adet A/D çevirici tarafından sayısal olarak gösterilmekte ve buradan da veriler eş zamanlı olarak bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayara gelen kuvvetler hem kayıt altına alınmış hem de görsel bir yazılım yardımıyla grafiksel olarak görüntülenmiştir. Yazılım, kesme ve ilerleme kuvvetlerinin aynı anda görülebilmesine ve kullanıcı tarafından ihtiyaç duyulan ayarlamaların bir ara yüz yardımıyla yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Deneylerde ISO P25 kodlu WC-Co esaslı kesici takım ve aynı kesicinin kaplanmış türleri kullanılmıştır.

İş parçası olarak AISI 304 paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Deneylerde kesici uçlardaki aşınmaların gözlenmesi için bir optik mikroskop kullanılmıştır. Deneyler universal tornada farklı kesme parametrelerinde yapılmıştır.

4.2. Sistem Donanımı

Bu çalışmada oluşturulan sistem donanımı şekil 4.1' de görülmektedir. Şekil 4.2.' de ise deney düzeneğinin resmi görülmektedir. Sistem universal torna tezgahlarında rahatlıkla kullanılacak şekilde tasarlanmıştır.



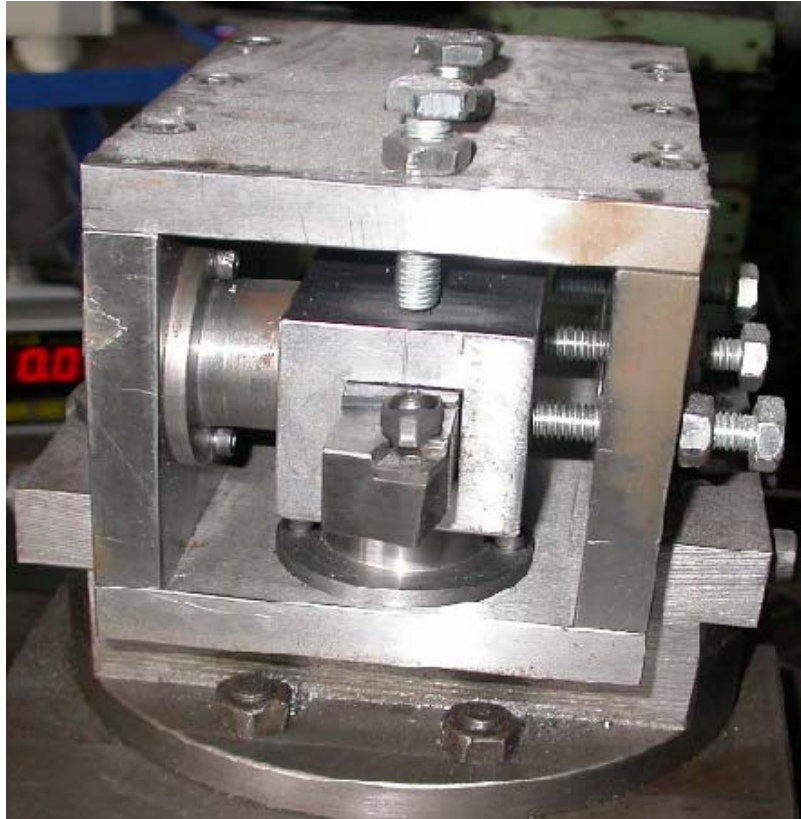
Şekil 4.1. Deneyde kullanılan sistem donanımı.



Şekil 4.2. Deneyde kullanılan düzeneğin resmi

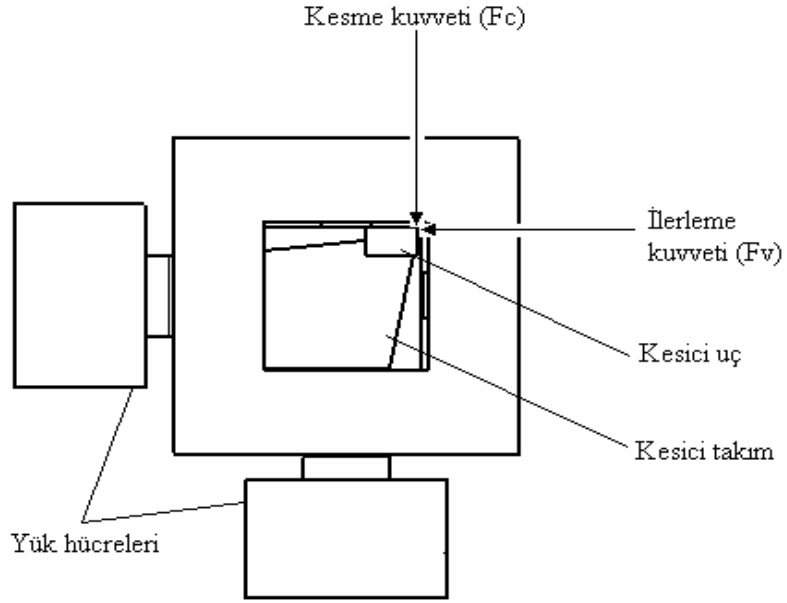
4.3. Dinamometre

Tornalama işleminde kesici takım üzerine gelen kesme kuvveti (F_c) ve ilerleme kuvvetini (F_v) ölçmek için tasarlanan ve imalatı yapılan dinamometre şekil 4.3'de görülmektedir. Kesme anında oluşan titreşimleri minimum seviyeye indirmek için cıvata ve somunla sabitlemeler yapılmıştır (şekil 4.3). Yük hücrelerinin sabitlenmesi ve kesme anında oluşan talaşların zarar vermesini engelleyecek şekilde bir tasarım yapılmıştır (Şekil 4.3).



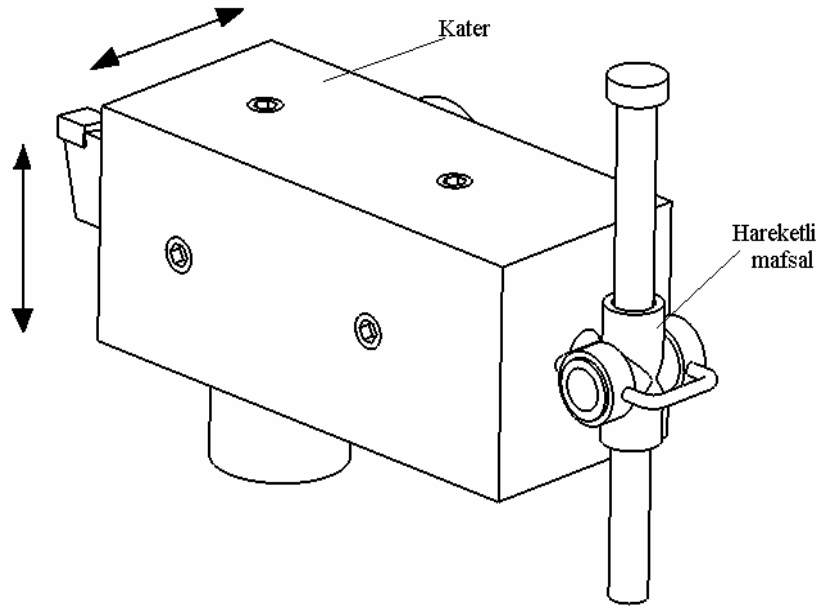
Şekil 4.3. İmal edilen dinamometre

Dinamometrede kesme ve ilerleme kuvvetlerini ölçmek için 2 adet basma tipi yük hücresi kullanılmıştır. Şekil 4.4 de yük hücrelerinin pozisyonları ve üzerlerine gelen kesme ve ilerleme kuvvetleri görülmektedir.



Şekil 4.4. Yük hücrelerine gelen kuvvetler

Kesici takımın bağlandığı katerin arka kısmına hareketli bir mafsal takılarak sürtünmenin en aza indirilmesi sağlanmıştır (şekil 4.5). Hareketli mafsal şekil 4.5 de gösterilen yönlerde hareket etme kabiliyetine sahiptir.



Şekil 4.5. Hareketli mafsalın pozisyonu

4.4. Yük Hücresi (Load Cell)

Deneyleerde Sartorius firması tarafından üretilen PR 6211/31 D1 seri numaralı basma tipi iki adet yük hücresi kullanılmıştır (şekil 4.6).



Şekil 4.6. Deneyleerde kullanılan basma tipi yük hücresi[10]

Yük hücresinin teknik özellikleri tablo 4.1' de verilmiştir. Sistemin temelini oluşturan yük hücresinde uygulanan kuvvet (kg) sonucu oluşan gerilim farkı analog olarak A/D çeviriciye aktarılmaktadır.

Tablo 4.1 Yük hücresinin özellikleri [10]

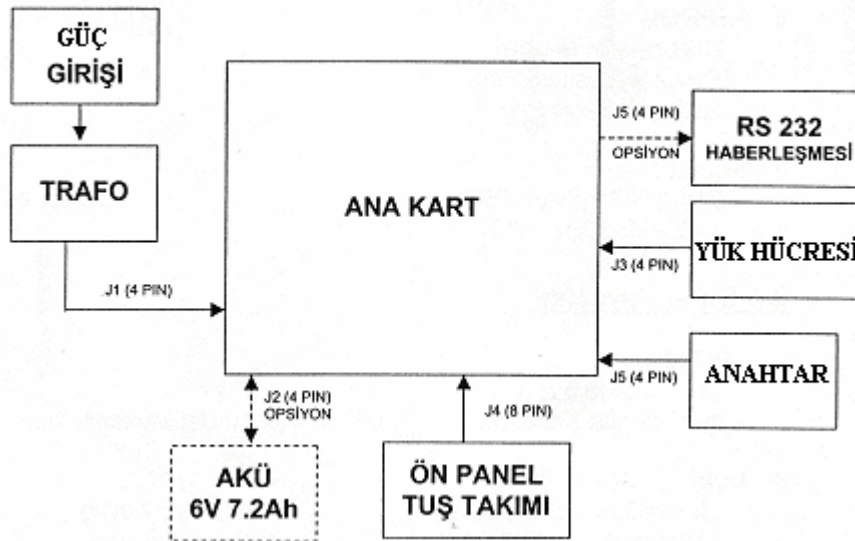
Doğruluk sınıfı	0.05%
Max. yük sınırı	500kg
Tehlikeli yük sınırı	1000kg
Max. yatay konumda ölçüm sınırı	2kN
Min. doğruluk aralığı	E _{max} =30kg.....300kg
Normal yük altında max. elastik yer değiştirme	< 0.1mm
Çalışma sıcaklık aralığı	- 30....+90 °C
Tekrarlanan yüklerdeki max. değişiklik	0.01%
30 dk. yük altında kalan yük hücresindeki değişim	< 0,03%
Max. sapma	<0,05%
Ortalama yük çıkış sinyali	2 mV/V

4.5. A/D Çeviriciler (Dijital Göstergeler)

Yük hücresinden gelen verilerin sayısal olarak görülebilmesi ve bilgisayara aktarılarak kayıt altına alınması için iki adet gösterge ekranlı A/D çevirici gösterge kullanılmıştır. Çeviricilerin standart özellikleri tablo 4.2. ve elektronik yapısı şekil 4.7.' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Çeviricinin standart özellikleri [17]

Model	DS serisi elektronik basküller
Tartım yöntemi	Yük hücresi kullanımı ile
Kapasite	a) Tek yük hücresi kullanımı ile: 30-1500 kg b) 4 yük hücresi kullanımı ile 1500-3000 kg
Hassasiyet	1/3000 standart (mühür dışı 1/30000)
Dara kapasitesi	Tam kapasiteye kadar
Gösterge ekranı	38 mm yüksekliğinde 6 digit kırmızı LED
Yük hücresi	350 Ohm çıkış dirençli, baskül kapasitesinin en az % 30 kadar fazlası kapasiteye sahip
Sıcaklık aralığı	-10 °C / +40 °C arası
Bağıl nem	% 80' den fazla
Güç harcaması	Elektrikli model 5 Watt, akülü model 8 Watt
Güç kaynağı	AC 220 v / 50 Hz \pm %15

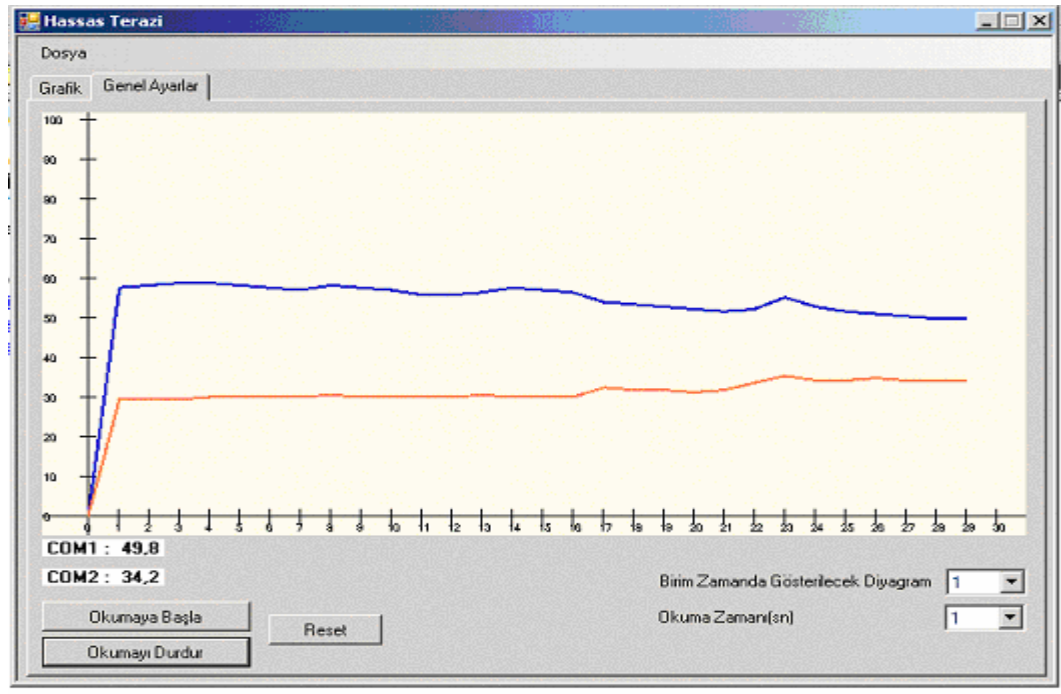


Şekil 4.7. Çeviricinin elektronik yapısı [17]

4.6. Bilgisayar ve Görsel Yazılım

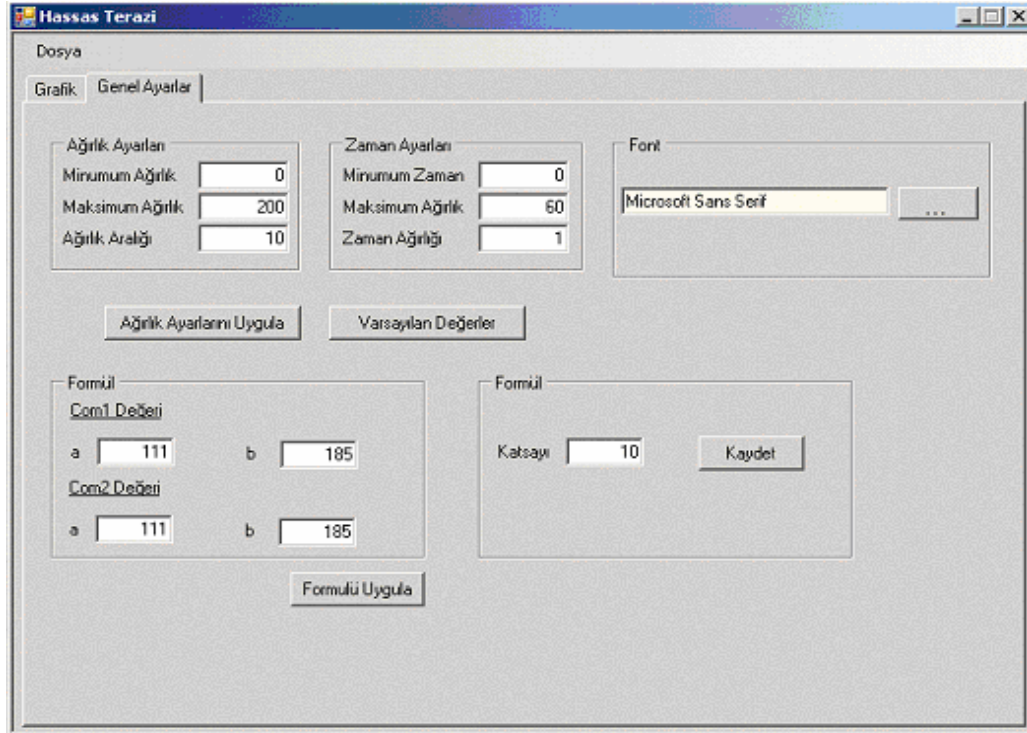
Tornalama işlemi sırasında kesici takım üzerine gelen kesme kuvvetlerinin kayıt altına alınması ve kuvvet değişimlerinin anında görülmesi amacıyla bir bilgisayar ve özel olarak hazırlanmış bir yazılımdan yararlanılmıştır. Dijital göstergeler ile bilgisayar arasında bağlantı yapılarak sinyaller bilgisayara aktarılmış ve oluşturulan yazılımla veriler kayıt altına alınmıştır.

Yazılım; kuvvet değişimlerini grafiksel olarak görmek için C # adlı yazılım dilinde hazırlanmıştır. C#; C ve C++ dillerinin evrimleşmiş halidir ve Microsoft tarafından özellikle NET ortamında çalışması için oluşturulmuştur. C# bir birçok bakımdan diğer dillere üstünlük sağlayan bir yazılım dilidir [18]. Kesme kuvveti (F_c) ve ilerleme kuvveti (F_v) grafiksel olarak aynı anda görülebilmektedir (şekil 4.8). Şekilde de görüldüğü gibi COM1 kesme kuvvetini, COM2 ilerleme kuvvetini grafiğe yansıtmaktadır.



Şekil 4.8. Gelen kesme kuvvetlerinin hazırlanan yazılımda görünümü

Hazırlanan yazılımla kilogram olarak gelen kuvvetler Newton'a dönüştürülebilmektedir. Kullanıcı isteklerine bağlı olarak zaman aralıkları, kuvvet dönüşümleri, veri alma sıklığı ve moment hesapları hazırlanan bir arayüzle ayarlanabilmektedir (şekil 4.9). Ayrıca gelen kuvvetler ayrı ayrı listelenerek dosyalanmaktadır.



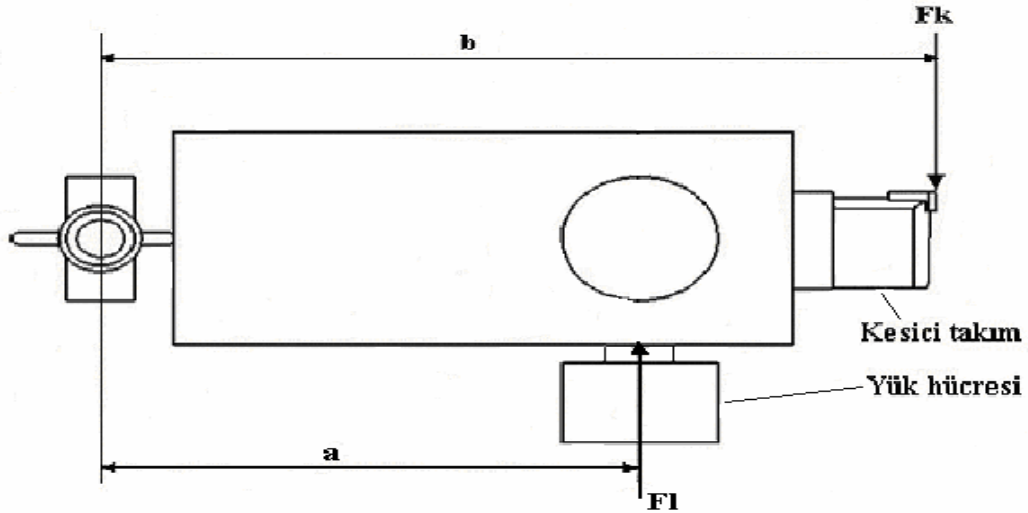
Şekil 4.9. Yazılımda ayarların yapıldığı arayüz

4.7. Sistemin Kalibrasyonu

Deneylere başlamadan önce yük hücreleri ve dinamometre kalibre edilmiştir. Yük hücrelerinin kalibrasyonu için bilinen ağırlıklar metodu kullanılmıştır. Kalibrasyonda kullanılacak ağırlıklar elektronik terazide tartılarak büyüklükleri tespit edilmiştir [8]. Dengeli bir şekilde yük hücrelerinin üzerlerine yerleştirilen bu ağırlıklar ile yük hücrelerinin okuduğu değerler mukayese edilerek göstergeler üzerinden kalibrasyonları yapılmıştır. Çeviricilerin ayarları, firmadan temin edilen katalog yardımıyla yapılmış ve okuma hassasiyeti artırılmıştır.

Yük hücrelerinin deney düzeneğine yerleştirilmesinden sonra cıvatalar ile sabitleme işlemi yapılmış, kesici takımın ağırlığı ölçülmüş ve göstergelerden sıfırlamalar yapılarak denemeler gerçekleştirilmiştir.

Kesici takım ile yük hücreleri aynı eksende olmamasından dolayı meydana gelen kuvvet farklılıkları moment hesabıyla giderilmiştir.



Şekil 4.10. Kesici takım ile yük hücrelerinin konumları

Şekil 4.10’ da görüldüğü üzere yük hücrelerinin okudu kuvvete **F_l**, kesicinin ucuna gelen kuvvete **F_k**, hareketli mafsal ile kesici uç arasındaki mesafeye **a** yük hücresi ile hareketli mafsal arasındaki mesafeye **b** denilirse moment hesabından;

$$F_k = F_l \frac{a}{b} \quad (4.1)$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntı, hazırlanan yazılımında kullanılmış ve kuvvetler arasındaki fark giderilmiştir. Şekil 4.9.’ daki yazılım arayüzünün “formül” kısmında “a” ve “b” mesafeleri görülmektedir.

4.8. Deneysel Çalışma

Deneylerde kesici uç olarak ISO P25 kodlu WC-Co esaslı kesici uç ve aynı kesici ucun kaplanmış olanları kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesici takım açıları ise,

Boşluk açısı (α) = 8°

Talaş açısı (γ) = 15°

Kama açısı (β) = 67°

olarak belirlenmiştir. Kalem, katere mümkün olduğunca kısa bağlanmıştır. Deneyde iş parçası olarak tablo 4.3.' de standardı ve kimyasal kompozisyonu verilen AISI 304 paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Malzemenin sertliği 16.33 Rc olarak ölçülmüştür. Aşınmaların ölçülmesi için bir optik mikroskoptan yararlanılmıştır.

Tablo 4.3 Paslanmaz çeliğin özellikleri

AISI	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	N
304	0,08 max.	2,0 max	0,045 max	0,030 max	0,75 max	18,0-20,0	8,0-10,5	0,10 max

Deneyler, farklı kesme ve ilerleme hızları ile talaş derinliklerinde yapılmıştır. Tablo 4.4.' de deneylerde kullanılan kesme şartları verilmiştir.

Tablo 4.4. Kesme şartları

Kesme Hızları ($v = m/dk$)	İlerleme Hızları ($s = mm/dev$)	Talaş Derinlikleri ($a = mm$)	İş Parçası Çapı ($d = mm$)
10	0,09	0,5	25
20	0,14	1	
39	0,18		
56			
79			

BÖLÜM 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

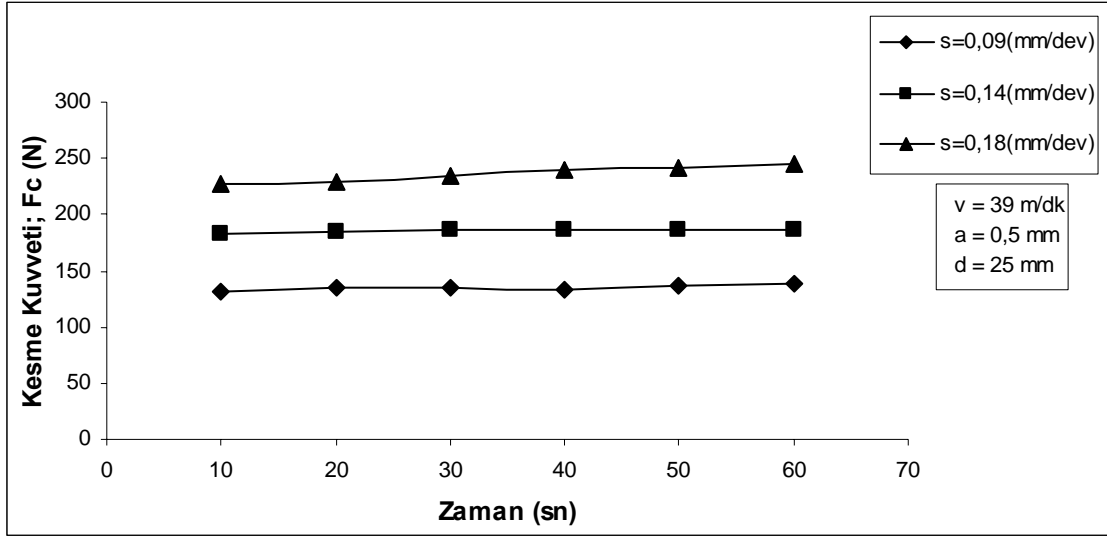
5.1. Giriş

Tornalama işleminde kesici takımı etkileyen kesme ve ilerleme kuvvetlerini ölçmek için 2 adet yük hücresi kullanılarak bir dinamometre tasarlanmış ve imal edilmiştir. Ölçülen kuvvetlerin grafiksel olarak görülebilmesi ve kayıt altına alınması için bir bilgisayar ve yazılım programından yararlanılmıştır. Kesici uç aşınmalarının tespiti için bir optik mikroskoptan yararlanılmıştır.

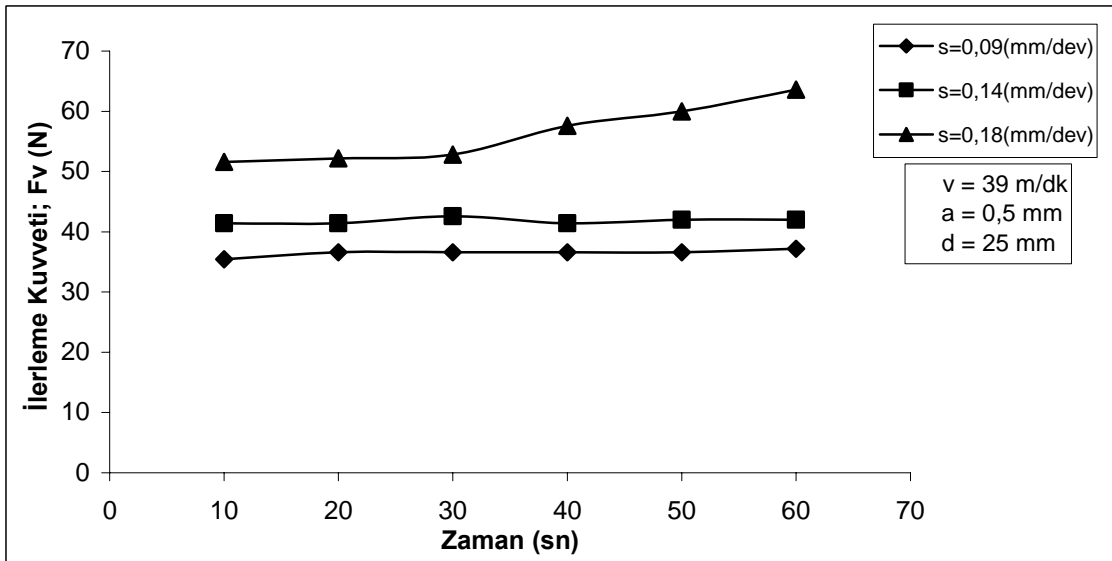
Ölçümler ISO P25 kodlu WC-Co esaslı kesici uç ve bu ucun kaplanmış türleri kullanılmıştır.

İş parçası olarak, deneylerde AISI 304 paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Deneyler farklı kesme parametrelerinde yapılmıştır. Kesme hızının, ilerleme hızının, talaş derinliğinin ve kesici takım aşınmalarının kesme kuvveti üzerine etkileri incelenerek, dinamometrenin güvenilirliği belirlenmiştir. Ayrıca kaplamalı ve kaplamasız takımların kesme kuvvetleri üzerine etkisi yapılan deneylerde gözlenmiştir.

5.2. İlerleme Miktarının Kesme Kuvvetlerine Etkisi



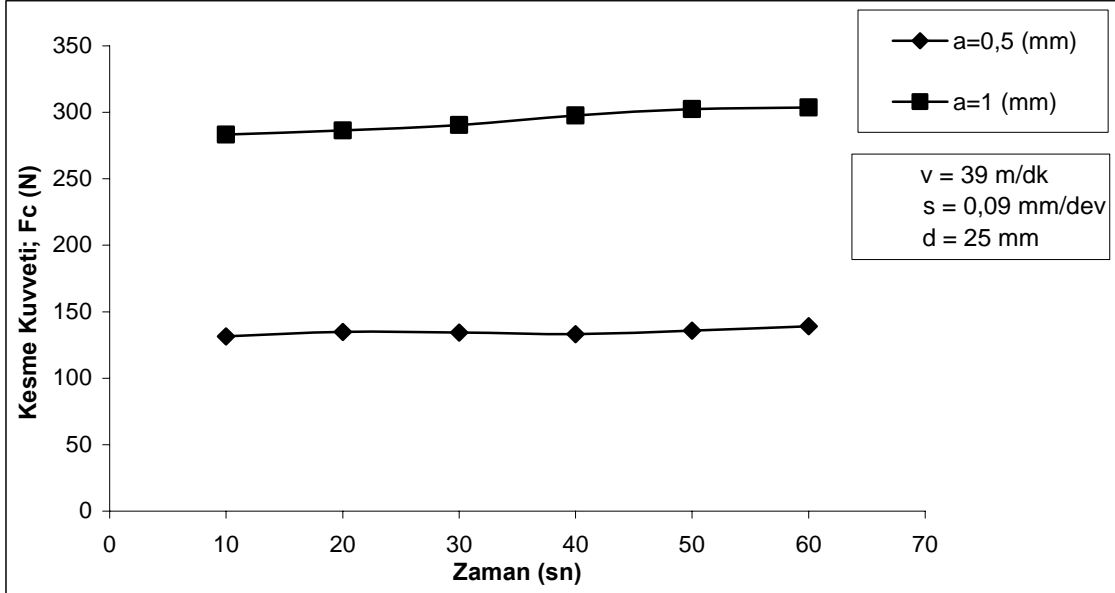
Şekil 5.1. İlerleme miktarının, kesme kuvvetine etkisi



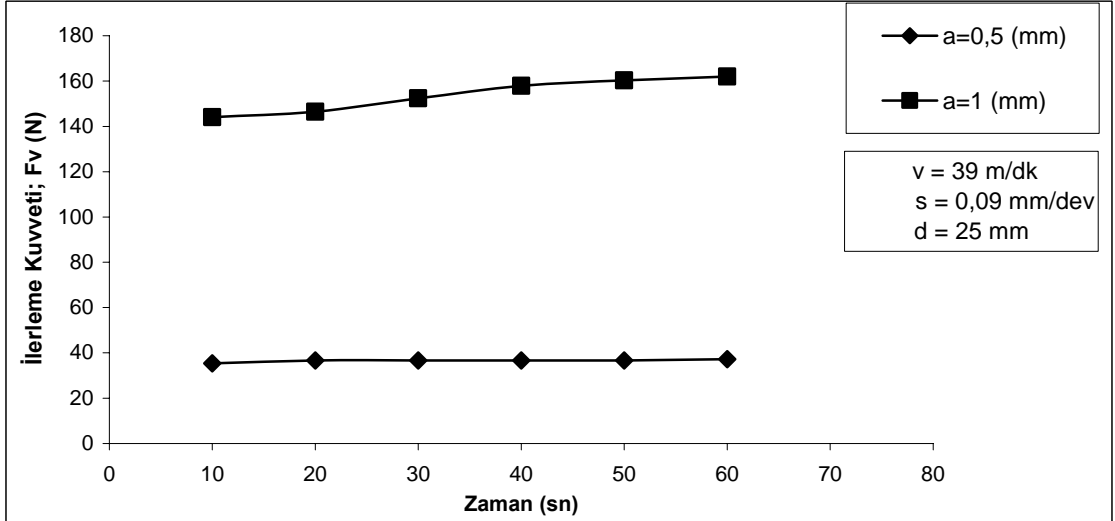
Şekil 5.2. İlerleme miktarının, ilerleme kuvvetine etkisi

Yapılan deneylerde; ilk olarak farklı ilerleme hızlarının kesme kuvvetlerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Üç farklı ilerleme hızında yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar şekil 5.1. ve 5.2.' de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde kesme ve ilerleme kuvvetlerinin, ilerleme hızının artışına bağlı olarak nasıl değiştiği açıkça görülmektedir. İlerleme miktarının 0,09 mm/dev'den, 0,18 mm/dev'e çıkmasıyla birlikte kesme kuvvetinde %72, ilerleme kuvvetinde %45' lik bir artış olduğu yapılan deneylerde gözlenmiştir.

5.3. Talaş Derinliğinin Kesme Kuvvetlerine Etkisi



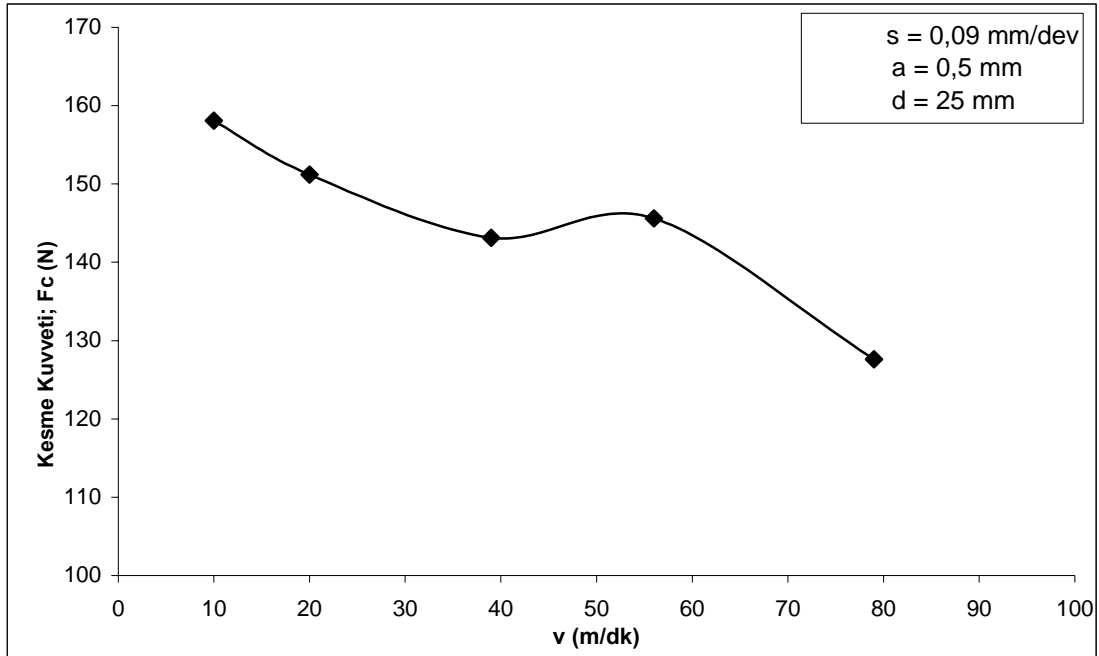
Şekil 5.3. Talaş derinliğinin, kesme kuvvetine etkisi



Şekil 5.4. Talaş derinliğinin, ilerleme kuvvetine etkisi

Talaş derinliğinin kesme kuvvetleri üzerine etkisini araştırmak için deneyler farklı iki talaş derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Talaş derinliğinin kesme kuvvetleri üzerine etkisi, şekil 5.3. ve 5.4. incelendiğinde ortaya çıkmaktadır. Talaş derinliğinin 0,5 mm' den 1 mm' ye çıkartılması sonucunda kesme ve ilerleme kuvvetlerinin arttığı yine yapılan deneylerle belirlenmiştir.

5.4. Kesme Hızının Kesme Kuvvetine Etkisi

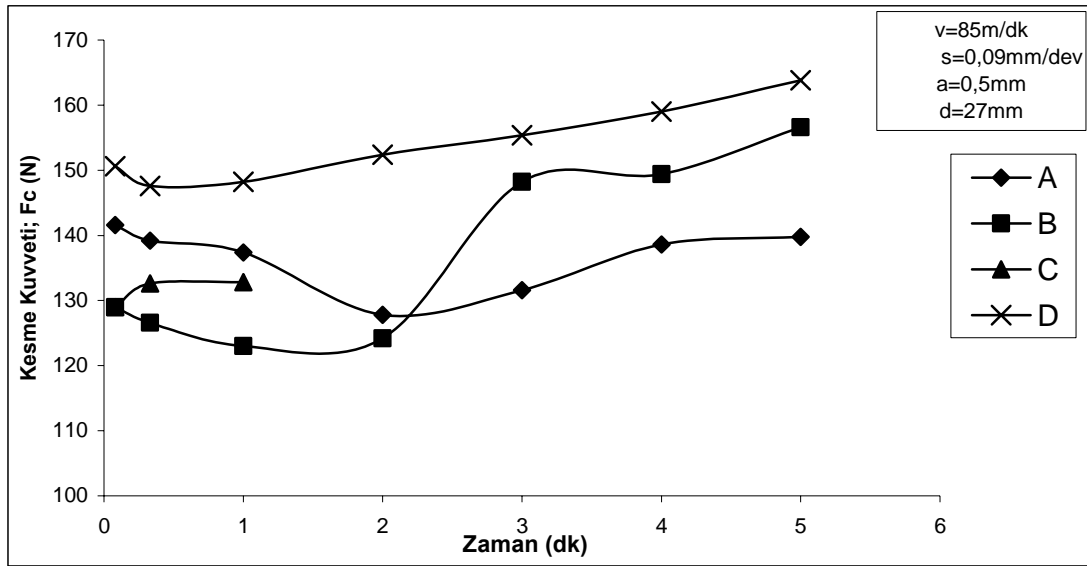


Şekil 5.5. Kesme hızının, kesme kuvvetine etkisi (aynı şartlarda iki deney yapılarak ortalamaları alınmıştır)

Yapılan deneylerde farklı kesme hızlarının, kesme kuvvetleri üzerinde nasıl bir etkisi olduğu araştırılmıştır. Şekil 5.5.' de farklı kesme hızlarında yapılan iki deneyde elde edilen sonuçların ortalama değerleri görülmektedir.

Grafik incelendiğinde kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetinin genel bir düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak 39-56 m/dk kesme hızı aralığında, kesme kuvvetinin arttığı gözlenmiştir. Bu aralıktaki kesme hızlarında, kesici uçta meydana gelen yığıntı kenar (build up edge) kesme kuvvetinin artışına neden olmaktadır. Özellikle çelik malzemeler üzerinde, bu hızlarda yapılan kesmelerde yığıntı kenar oluşumu gözlenir [21]. Artan kesme hızı, yığıntı kenarın kaybolmasına ve kesme kuvvetinin düşüş eğilimine devam etmesine neden olmuştur (şekil 5.5.).

5.5. Kesici Takım Aşınmalarının Kesme Kuvvetlerine Etkisi

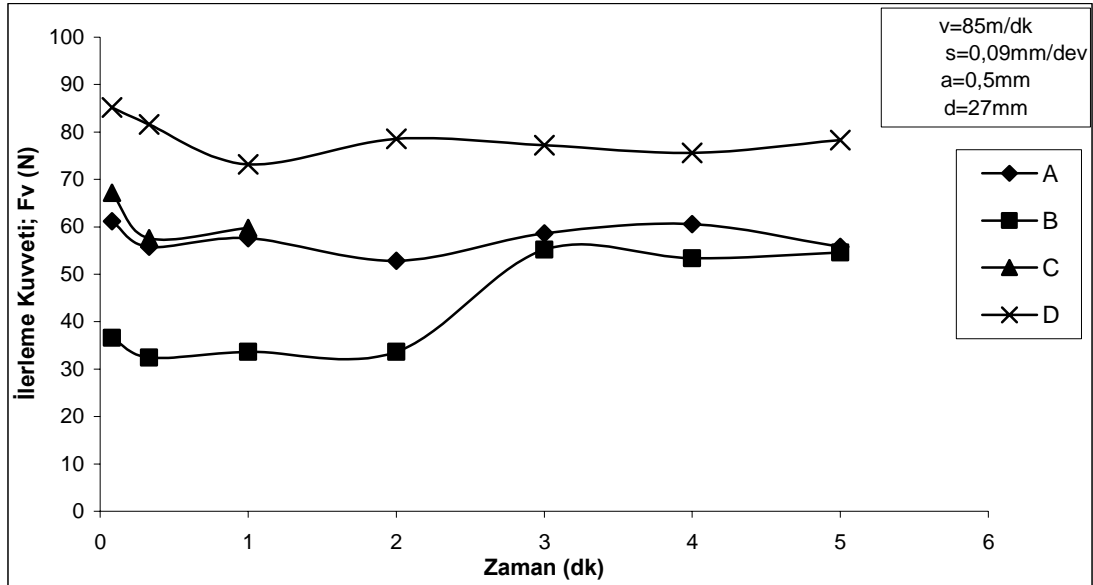


Şekil 5.6. Kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarla yapılan deneylerde elde edilen kesme kuvvetleri (A=kaplanmamış kesici uç, B=900°C’de 1 saat borla kaplanmış uç, C=1000°C’ de 1 saat borla kaplanmış uç, D=1100°C’ de 1 saat borla kaplanmış uç)

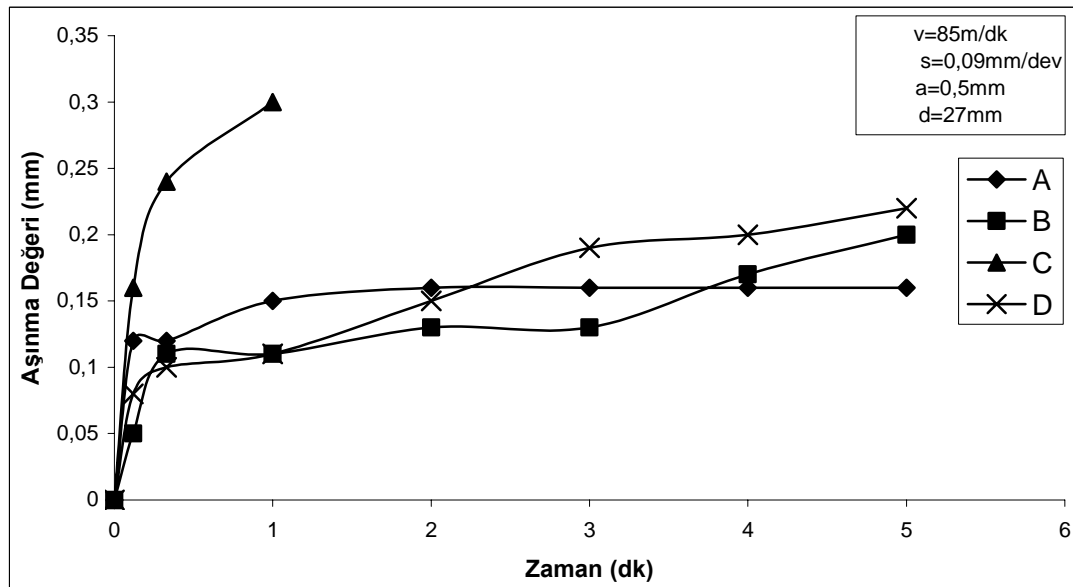
Deneylerde kesici uç aşınmalarının kesme kuvvetleri üzerine etkileri de araştırılmıştır. Şekil 5.6. ve 5.7.’ de kaplamalı ve kaplamasız takımlarda yapılan deneylerde kesme ve ilerleme kuvvetlerinin nasıl değiştiği görülmektedir. Bu deneylerde kesme kuvvetlerinin her bir zaman aralığı için ortalamaları alınmıştır.

Grafikler incelendiğinde kesme kuvvetlerinin aşınmaya bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Kaplamasız uçta ikinci dakikaya kadar, 900°C’ de kaplanmış uçta birinci dakikaya kadar ve 1100°C’ de kaplanmış uçta yirminci saniyeye kadar kesme kuvvetinde bir azalma eğilimi görülmüştür. Bu zaman aralıklarından sonra kesici uçtaki aşınma miktarlarının artışına paralel olarak kesme ve ilerleme kuvvetlerinin de arttığı gözlenmiştir. Şekil 5.8.’ de kesici takım aşınma eğrileri görülmektedir. 1000°C’ de kaplanmış uçta ise, aşınma ve kırılmalar diğer uçlara göre çok daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Şekil 5.11.’ deki SEM görüntüsünde bu uçtaki aşınma ve kırılmalar net olarak görülmektedir. Kaplamasız ve 900°C’ de kaplanmış uçlardaki aşınma, kırılma ve talaş yapışmaları da şekil 5.9 ve 5.10’ daki SEM görüntülerinde açıkça görülmektedir. İlk 5 saniyelik periyotlar göz önüne alındığında, kaplanmamış kesici uca göre, 900°C ve 1100°C de kaplanmış uçlarda kesme kuvvetlerinde % 10

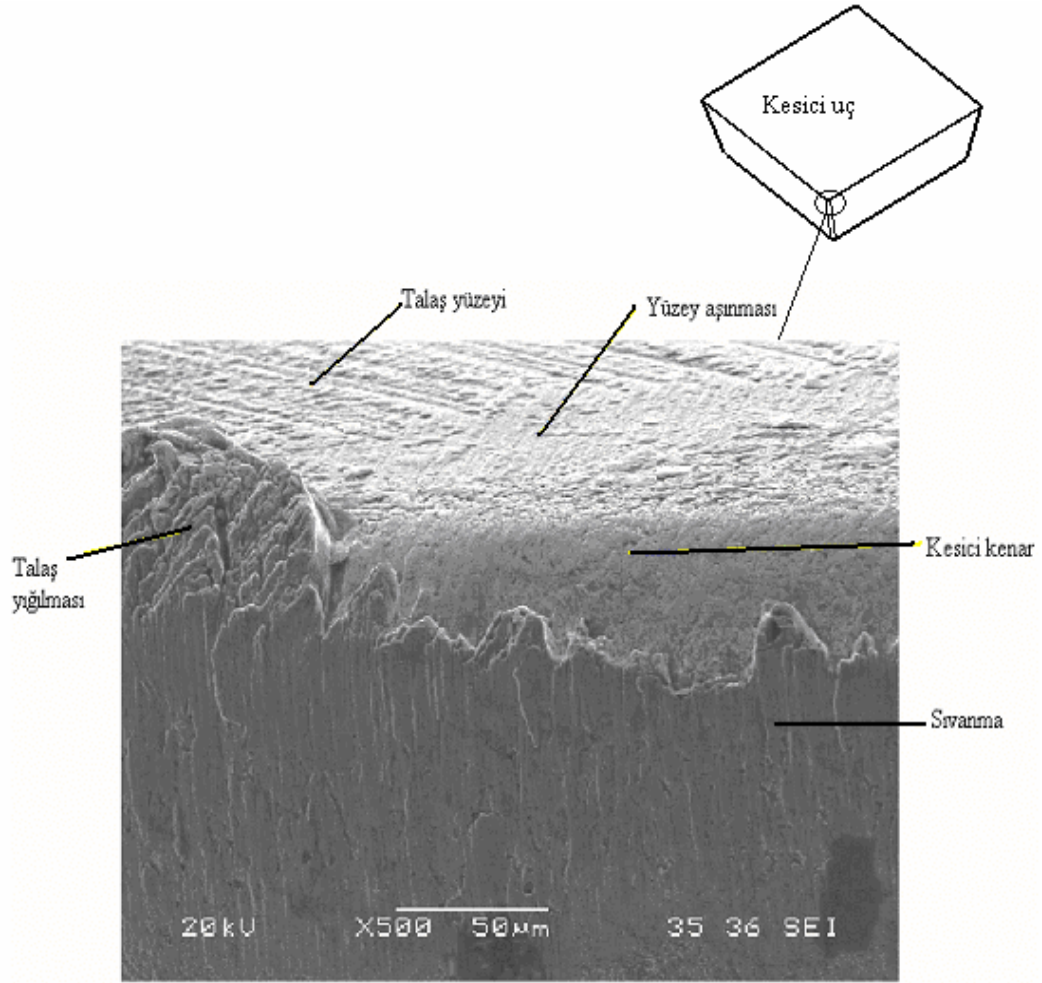
oranında bir azalma, 1000°C' de kaplanmış kesici uçta ise % 5 oranında bir artış olduğu gözlenmiştir.



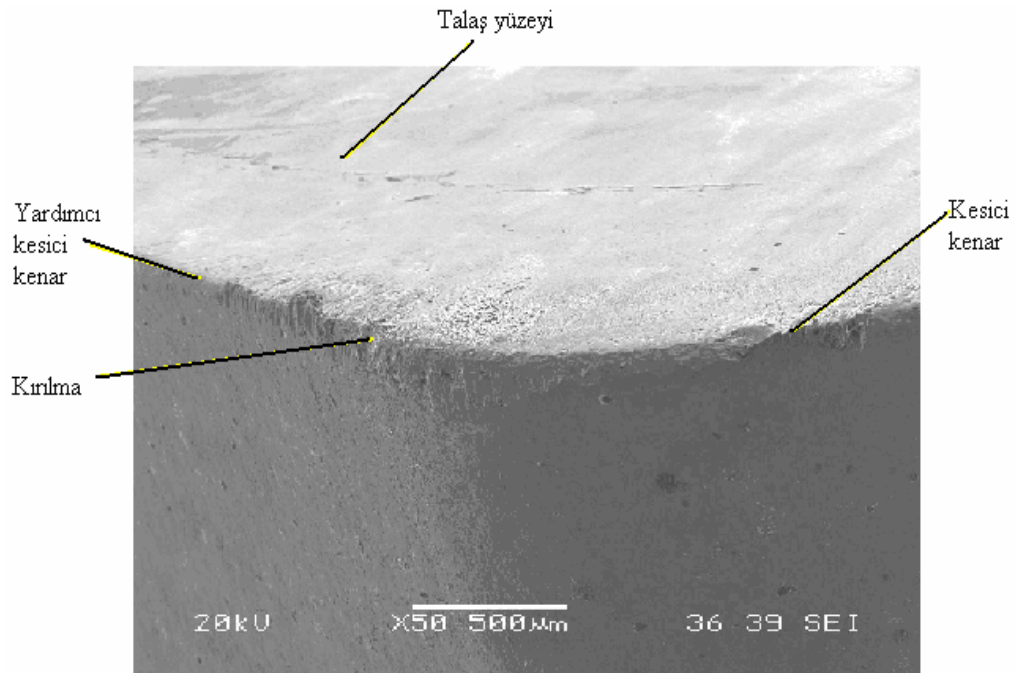
Şekil 5.7. Kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarla yapılan deneylerde elde edilen ilerleme kuvvetleri (A= kaplamasız kesici uç, B=900°C' de 1 saat borla kaplanmış uç, C=1000°C' de 1 saat borla kaplanmış uç, D=1100°C' de 1 saat borla kaplanmış uç)



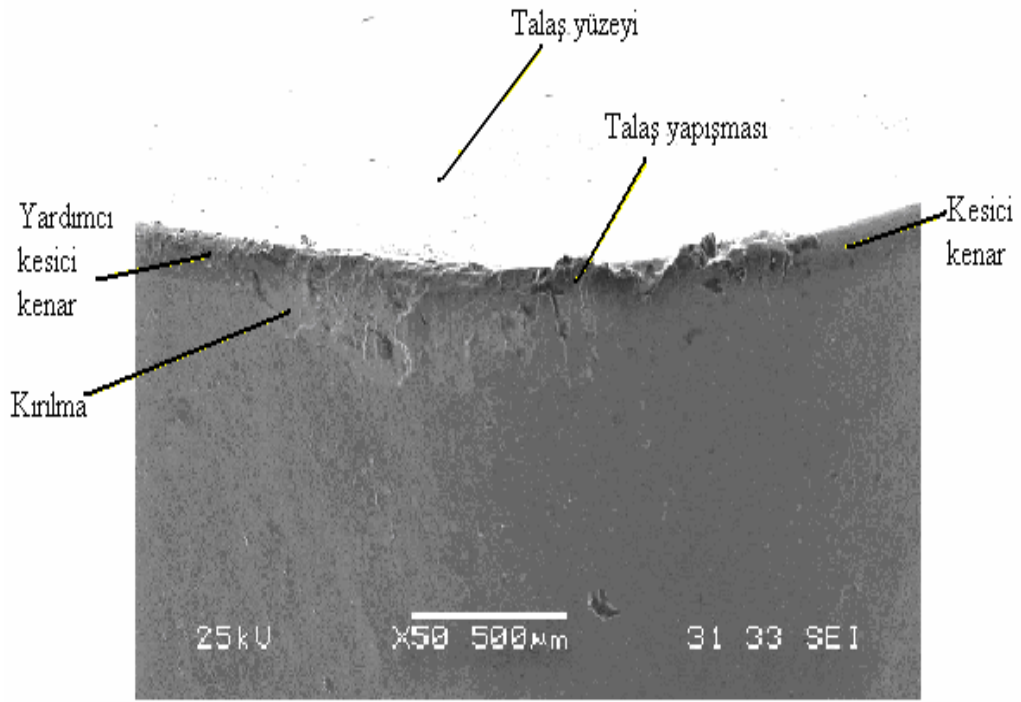
Şekil 5.8. Yapılan deneyler sonucunda kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarda meydana gelen aşınma miktarları (A= kaplamasız kesici uç, B=900°C' de 1 saat borla kaplanmış uç, C=1000°C' de 1 saat borla kaplanmış uç, D=1100°C' de 1 saat borla kaplanmış uç)



Şekil 5.9. 5 dakikalık kesme sonunda çekilen kaplamasız kesici uç SEM görüntüsü



Şekil 5.10. 5 dakikalık kesme sonunda çekilen , 900°C' de 1 saat borla kaplanmış kesici uç SEM görüntüsü



Şekil 5.11. 1 dakikalık kesme sonunda çekilen , 1000°C' de 1 saat borla kaplanmış kesici uç SEM görüntüsü

Farklı kesme parametrelerinde yapılan deneyler göstermiştir ki; tasarımı ve imalatı yapılan dinamometre ile kesme ve ilerleme kuvvetleri sağlıklı bir şekilde ölçülebilmektedir.

5.6. Öneriler

İmal edilen dinamometrede kesme ve ilerleme kuvvetleri ölçülmüştür. Dinamometrenin daha da geliştirilebileceği düşünülerek bir takım öneriler aşağıda belirtilmiştir.

Radyal kuvvetlerin ölçümü için aynı tip bir yük hücresi dinamometreye takılabilir.

Dinamometre universal tornalarda ölçüm yapmak için tasarlanmıştır. Ancak istenirse daha da geliştirilerek CNC'lerde ,universal freze ve vargellerde kullanılabilir.

Kaplamalı takımlarla yapılan deneylerde, birinci dakika sonuna kadar olan kısımdaki kesme kuvvetlerindeki azalmaların nedeni, yapılacak deneylerle incelenebilir.

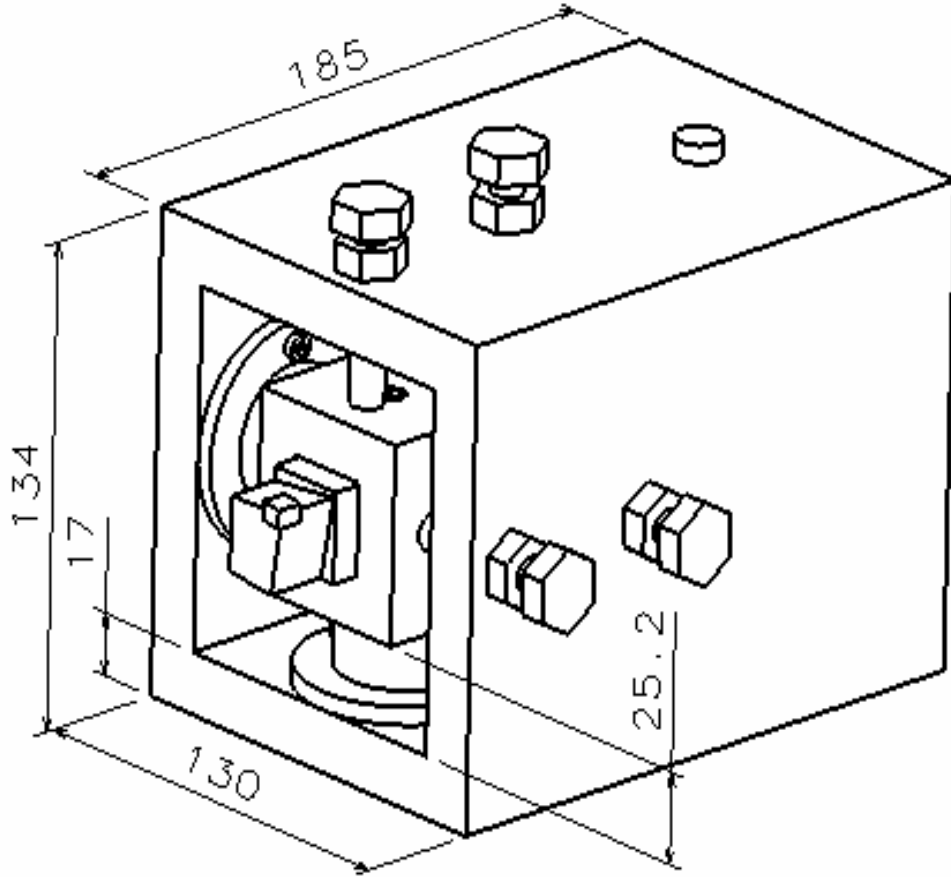
Kullanılan yazılım programı kullanıcı ihtiyaçlarına göre iyileştirilebilir.

KAYNAKLAR

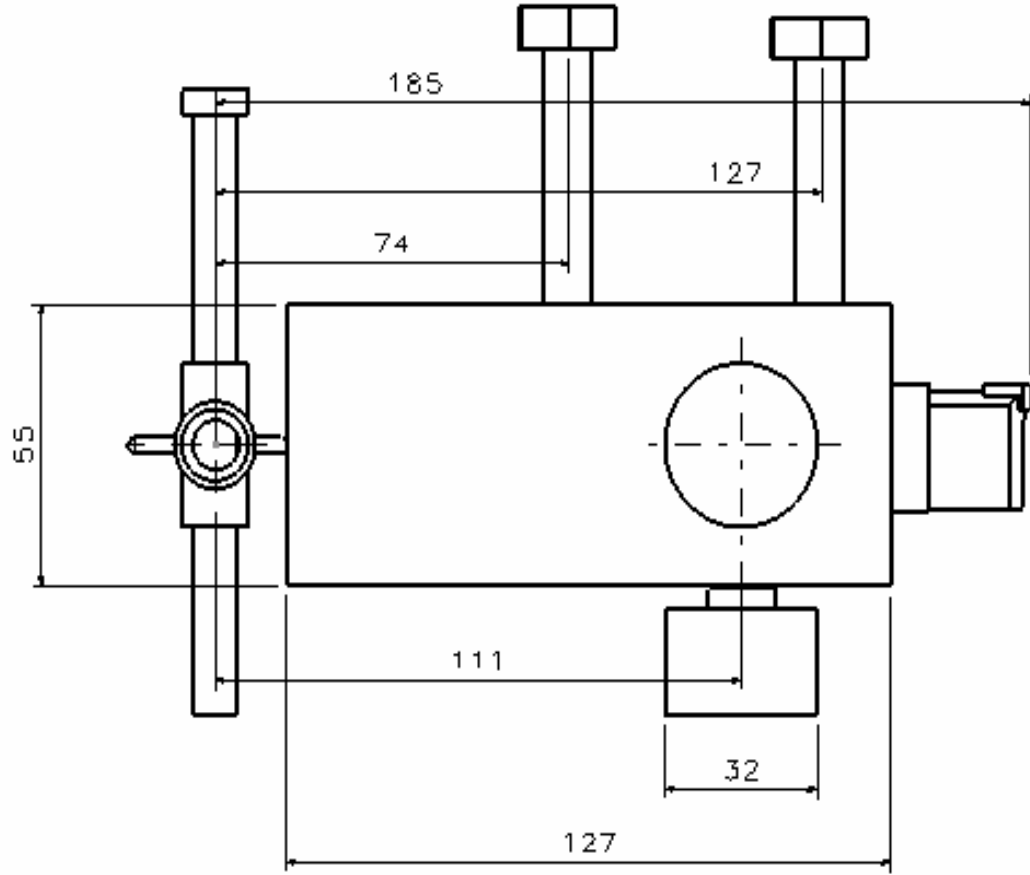
- [1] ÇAKIR, C., Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Vipaş.A.Ş, Bursa 2000
- [2] AKKURT, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Kesici Takımlar, Birsen Yayınevi, İstanbul 1996
- [3] IŞIK, Y., Torna Tezgahında Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi ve Analizi İçin Bir Kuvvet Ölçer Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 1995
- [4] KORKUT, İ., Torna Tezgahında Strain Gage İle Ölçüm Yapan Bilgisayar Bağlantılı Dinamometre Tasarımı ve İmalatı, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 1996
- [5] AVUNCAN, G., Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar, Makina Takımları Endüstrisi, Mayıs 1996
- [6] ÇİĞDEM, M., İmal Usulleri, Çağlayan Kitapevi, İstanbul 1996
- [7] www.Bilimfeneri.gen.tr, İnternet Sitesi
- [8] KURT, A., Doğrusal Hareketle Talaş Kaldıran Vargel Tezgahında Kesme Kuvvetlerinin Ölçülebilmesi İçin Bir Dinamometre Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara 2001
- [9] ŞAHİN, Y., Talaş Kaldırma Prensipleri, Cilt 2, Nobel Yayınları, İstanbul 2001
- [10] SARTORIUS Firması Load Cell Kataloğu
- [11] SHAW, M.C., Metal Cutting Principles, Oxford Science Publications, 1984

- [12] KARABAY, M., KARABAY, S., Takım Tezgahları İçin Dinamometre Tasarımı, 2.Ulusal Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara 1986
- [13] OTMANBÖLÜK, N., AY, I., AKSOY, Z., Tornalamada Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü İçin Oktogonal-Ring Dinamometresi tasarımı, Malzeme ve İmalat Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1987 Denizli
- [14] İNASAKİ, ve SUKVİTTAYAWONG, Optimization Of Turning Process By Cutting Force Measurement, JSME International Journal, Series III, Vol.34, 1991
- [15] HAMİD, A., ALİ, Y., Experimental Determination Of Dynamic Forces During Transient Orthogonal Cutting, Journal of Materials Processing Technology, Vol.55, 1995
- [16] ERCAN, F., ÖZÇATALBAŞ, Y., İki Bileşenli Gerinim Ölçerli Torna Dinamometresi Tasarımı, İmalatı ve Bilgisayara Entegrasyonu, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1997 Ankara
- [17] Delta Elektronik Sanayi Limited Şirketi Elektronik Baskül Servis El Katoloğu
- [18] WATSON, K., Beginning Visual C#, Alkım Yayıncılık, 2004
- [19] www.metrogoly.com. İnternet sitesi
- [20] www.efunda.com. İnternet sitesi
- [21] TRENT, E.M., Metal Cutting, Butterworth-Heinemann Ltd. 3rt ed. 1991

EKLER

Ek- A Dinamometrenin Dış Ölçüleri

Ek- B Kesici Takım Ölçüleri



ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin ÖZDEMİR; 02,02,1981 tarihinde Sakarya ilinin Karasu ilçesinin Darıçayırı beldesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Darıçayırı ilk öğretim okulunda tamamladı. 1999 yılında Sakarya Anadolu Meslek lisesini tamamladı. 2000 yılında Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği bölümünde lisans eğitimine başladı ve 2004 bahar döneminde mezun oldu. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve halen öğrenimine devam etmektedir.