

43550

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCTAGONAL RİNG DİNAMOMETRESİ İLE ÜÇ FARKLI  
MALZEMEDE KESME KUVVETLERİNİN İNCELENMESİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Hasan BAYRAM

Balıkesir, Eylül-1996

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCTAGONAL RİNG DİNAMOMETRESİ İLE ÜÇ FARKLI  
MALZEMEDE KESME KUVVETLERİNİN İNCELENMESİ

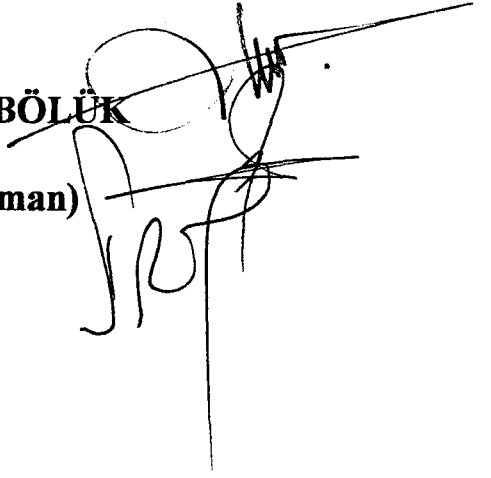
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh.Hasan BAYRAM

Tez Danışmanı : Yard.Doç.Dr. İrfan AY

Sınav Tarihi : 25.10.1996

Jüri Üyeleri : Prof.Dr.-Ing. A.Naci OTMANBÖLÜK  
Yard.Doç.Dr.Ergun ATEŞ  
Yard.Doç.Dr. İrfan AY ( Danışman)

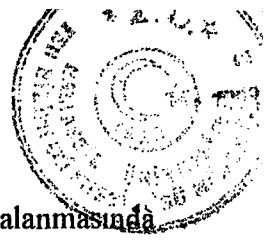


Mak.Müh.Hasan BAYRAM  
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Makina Anabilim Dalı  
(Yüksek Lisans Tezi /Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. İrfan AY)

Balıkesir , 1996

Kesme kuvvetlerinin bilinmesi tezgah ve takım tasarımı için gereklidir. Kesme kuvvetlerinin güç tüketimi ,yüzey kalitesi, takım ömrü ve işleme kabiliyeti gibi faktörler üzerine etkisi oldukça fazladır. Bu faktörlerin olumlu yönde etkilenmesi kesme kuvvetlerinin düşük olmasıyla mümkün olacaktır. Bu durum, kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan parametrelerin incelenmesini gerektirir.

Bu çalışmada, Al alaşımı, Ms 58 pirinç ve St 50 çelik malzemelerinin tornalanmasında meydana gelen kesme kuvvetleri ölçülmüş, ayrıca kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerini ne şekilde etkilediği araştırılmıştır. Kesme kuvvetlerini ölçmek için strain gauge tipi octagonal ring dinamometresiyle birlikte, çıkış sinyallerini kuvvetlendirecek bir amplifikatör ve bu sinyalleri kaydedecek bir recorder kullanılmıştır. Pratik olarak octagonal ring dinamometresinin doğruluğunu kontrol amacıyla, dinamometreden ölçülmüş kesme kuvveti değerleri ile teorik olarak hesaplanmış kesme kuvveti değerleri karşılaştırılmış ve çıkan sonuçların birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Kesme parametreleri olarak kullanılan ilerleme değerleri, paso kalınlığı, devir sayıları, deformasyon oranları ve kesme sıvılarının kesme kuvvetleri üzerine etkileri incelenmiştir.



Yapılan tüm çalışmalar sonucunda, üç farklı malzemenin tornalanmasında ilerleme değerleri ile paso kalınlığındaki artışa bağlı olarak kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür. Al alaşımı ve St 50 çelik malzemenin işlenmesinde, devir sayılarındaki artışa karşılık kesme kuvvetlerinde bir azalma, kesme sıvılarının kullanılmasıyla da kesme kuvvetlerinde bir artma meydana gelmektedir. Ms 58 pirinç malzemenin işlenmesinde, devir sayıları ile kesme sıvılarının kesme kuvvetleri üzerine etkisinin minimum düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER :** Kesme kuvveti / kesme sıvısı / deformasyon oranı / kesme hızı



## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF CUTTING FORCES WITH OCTAGONAL RING DYNAMOMETERS FOR THREE DIFFERENT MATERIALS**

**Hasan BAYRAM**

**(Mech. Eng.)**

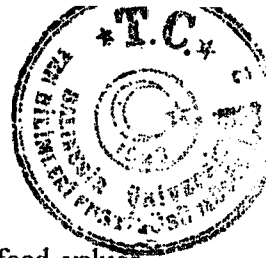
**Balıkesir University, Institute of Science, Department of Mechanical Engineering**

**(M.Sc. Thesis/Supervisor : Asst.Prof.Dr. İrfan AY)**

**BALIKESİR - TURKEY, 1996**

Determination of cutting forces is necessary for designing machine tools and cutting tools. Effects of cutting forces are very important to power conception, surface quality, mach inability, etc. When cutting forces is low, above factors will be improved. For this reason, parameters for cutting force are need to be analysed.

In this study, during turning operation, cutting forces have been measured for Al bronze, Ms 58 brass and steel St 50 materials. After measurements, cutting parameters have been analysed to show their effects on cutting forces. For above measurements an experimental system has been design. This system is consist of octagonal ring dynamometer which is donated straingages, an amplifier, and a recorder. For validation of dynamometer measurements, cutting forces have been calculated by theoretical methods. These comparisons have shown that both results are close to each other. Effects of parameters which are cutting speed, deformation rate, cutting fluid, cutting thickness, feed values have been analysed.



The results have shown that increments on cutting thickness and feed values increase cutting force requirement for three different materials. Increment on revolution for specimen of Al alloy and St 50 steel specimens, cutting force requirement is increased, When the cutting fluid has been used, the cutting force has been increased. During the machining of alloy Ms 58 with cutting fluid, cutting fluid has not much effect on the cutting force.

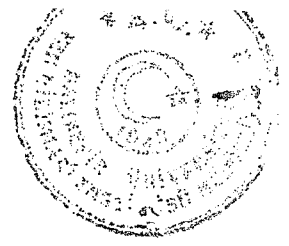
**KEY WORDS :** Cutting force / cutting fluid / deformation rate / cutting speed





## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ, ANAHTAR SÖZCÜKLER	i
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	v
SEBOL LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. TALAŞ KALDIRMA OLAYI	3
2.1 Talaş Kaldırma Mekanığı	3
2.2 Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler	5
2.2.1 Takım Geometrisi	5
2.2.2 Talaş Geometrisi	6
2.2.3 Kesme Hızı	9
2.2.4 Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü	10
2.2.4.1 Kesme Kuvveti	10
2.2.4.2 Kesme Gücü	12
3. KESME KUVVETLERİ ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN PARAMETRELER	13
3.1 Giriş	13
3.2 Etkili Olan Parametreler	14
3.2.1 Talaş Açısı	14
3.2.2 Kama Açısı	14
3.2.3 Yerleştirme Açısı	15
3.2.4 Eğim Açısı	16
3.2.5 Kesme Hızı	16
3.2.6 Titreşimlerin Etkisi	17
3.2.7 Talaş Kesiti	18
3.2.8 İlerleme Hızı	19
3.2.9 Paso Kalınlığı	19
3.2.10 Özgül Kesme Kuvveti ve Talaş Kalınlığı	20
3.2.11 Kesme Sıvıları	22
3.2.12 Deformasyon	22

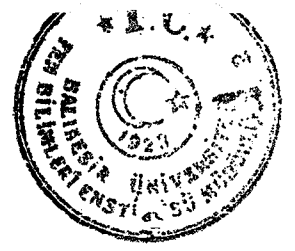


4. İŞLENEBİLİRLİK	24
4.1 Giriş	24
4.2 İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler	24
4.2.1 Malzemelerin Kimyasal Yapısı	24
4.2.2 Malzemelerin Mekanik Özellikleri	25
4.2.3 Kesme Kuvvetleri	26
4.2.3.1 Takım Üzerine Etkileri	26
4.2.3.2 Parça Üzerine Etkileri	27
4.2.4 Kesme Sıvıları	29
4.2.4.1 Emülsiyon Kesme Sıvıları	30
4.2.4.2 Kesme Yağları	31
4.2.4.3 Kimyasal Yağlar	31
4.2.4.4 Gazlar	31
4.2.5 Takım Aşınması	31
4.2.6 Kesme Hızı ve Takım Ömrü	32
4.2.6.1 Schlesinger Kriteryası	34
4.2.7 Talaş Kaldırma Ekonomisi	34
4.2.8 Güç Gereksinimleri	35
4.2.8.1 Takımdaki Beygir Gücü	35
4.2.8.2 Spesifik Güç Tüketimi	35
4.2.9 Takım Malzemeleri	36
4.3 Deneyde Kullanılan Malzemelerin İşlenebilirliği	38
4.3.1 Çeliklerin İşlenebilirliği	38
4.3.2 Alüminyum ve Alaşımlarının İşlenebilirliği	38
4.3.3 Pirinçlerin İşlenebilirliği	41
5. KESME KUVVETLERİNİN PRATİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ	43
5.1 Giriş	43
5.2 Bir Dinamometrenin Sahip Olması Gereken Özellikler	43
5.2.1 Rijitlik ve Hassaslık	43
5.2.2 Enine Hassaslık	44
5.2.3 Hysteresis	44
5.2.4 Dinamometre Tasarımı Üzerine Düşünceler	45
5.3 Kesme Kuvveti Dinamometrelerinin Prensipleri ve Örnekleri	45
5.3.1 Kadran Göstergeli Dinamometreler	46
5.3.2 Hidrolik Basınç Dinamometreleri	47
5.3.3 Pinamotik ve Optik Dinamometreler	47
5.3.4 Elektro Mekanik Dinamometreler	47
5.3.4.1 Diferansiyel Dönüştürücü Dinamometreler	48
5.3.4.2 Magnetik Straingauge Dinamometreler	48
5.3.4.3 Tel Dirençli Straingauge Dinamometreleri	49
5.3.4.4 Pioze Elektrik Kristalli Dinamometreler	51
5.4 Deneyde Kullanılan Straingauge Esaslı Octagonal Ring Dinamometresinin Tasarımı ve İmalatı	52
5.4.1 İmalat İçin Malzeme Seçimi	53



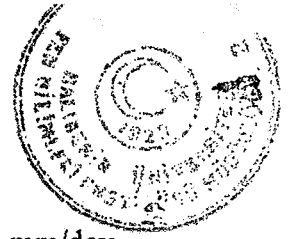


5.4.2	Octogonal Ring Boyutları ve Kritik Kesitlerin Kontrolü	54
5.4.3	Straingauge'ler	55
5.5	Araştırmanın Amacı	56
6.	DENEYSEL ÇELİŞMALAR	57
6.1	Deneyde Kullanılan Malzemeler ve Kesici Takım Açıları	57
6.2	Deney Düzeneği	58
6.3	Dinamometrenin Statik Kalibrasyonu	60
6.4	Kesme Kuvvetlerinin Teorik Hesabı ve Ölçülen Pratik Sonuçlarla Karşılaştırılması	62
6.5	Deneyin Yapılışı ve Sonuçları	64
6.5.1	Kesme Sıvılarının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi	64
6.5.1.1	Deneyde Kullanılan Kesme Sıvıları	64
6.5.2	İlerlemenin "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi	69
6.5.3	Demir Dışı Metallerde Deformasyon Oranlarının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi	79
6.5.3.1	Deneyde Kullanılan Numunelerin Hazırlanışı	79
6.5.4	Devir Sayılarının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi	84
6.5.5	Üç Farklı Malzemenin Değişik Şaartlarda İşlenmesinde Oluşmuş Talaş Tipleri	88
6.5.6	Paso Kalınlığının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi	94
6.5.7	Üç Farklı Malzemenin Aynı Şaartlarda İşlenmesinde Kesme Kuvvetinin Değişimi	98
7.	ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE YORUMLARI	100



## SEMBOL LİSTESİ

<u>Simge</u>	<u>Adı</u>	<u>Tanımı/Değeri</u>	<u>Birimi</u>
$\lambda_s$	Büzülme faktörü	$\lambda_s = h/h'$	
h	Oluşmamış talaş kalınlığı		mm
h'	Oluşmuş talaş kalınlığı		mm
$\phi$	Kesme açısı	$\tan\phi = \lambda_s \cos\gamma / (1 - \lambda_s \sin\gamma)$	°
Ps	Kesme gücü	$P_s = F_c v$	Kw
Fc	Kesme kuvveti		N
v	Kesme hızı	$v = \pi d n / 1000$	m/dak
n	Devir sayısı		dev/dak
D	Parça çapı		mm
$A_s$	Talaş kesiti	$A_s = b h$	mm <sup>2</sup>
b	Talaşın genişliği		mm
Ft	Radyal kuvvet		N
$\tau_k$	Kayma gerilmesi		N/mm <sup>2</sup>
Fv	İlerleme kuvveti		N
Fz	Talaş kaldırma kuvveti	$F_z = \sqrt{F_c^2 + F_t^2 + F_v^2}$	N
$\gamma$	Talaş açısı		°
$\beta$	Kama açısı		°
$\lambda$	Eğim açısı		°
$\chi$	Yerleştirme açısı		°
Vf	İlerleme hızı	$V_f = f n$	mm/dak



f	İlerleme		mm/dev
a	Paso kalınlığı		mm
$k_s$	Özgöl kesme kuvveti		N
T	Takım ömrü		dak
W	Sönümlenmemiş tabii frekans	$W = \sqrt{\frac{k}{m}}$	Hz
k	Yay sabiti		
m	Kütle		daN
V	Volt		V





## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Adı	Sayfa
Şekil 2.1	Takım modeli ve ortagonal kesme.	4
Şekil 2.2	Talaş kaldırma olayı.	5
Şekil 2.3	Talaş geometrisi.	7
Şekil 2.4	Talaş kaldırma modeli.	8
Şekil 2.5	Tornalamada talaş boyutları.	8
Şekil 2.6	Talaş kaldırma hızları.	9
Şekil 2.7	Talaş kaldırma kuvveti.	11
Şekil 3.1	Kesme kuvvetleri.	13
Şekil 3.2	Talaş açısının kesme kuvveti ile değişimi.	14
Şekil 3.3	Yerleştirme açısının $F_c$ , $F_v$ ve $F_t$ kuvvetleri ile değişimi.	15
Şekil 3.4	Kesme hızının kesme kuvveti ile değişimi.	16
Şekil 3.5	İş parçası, takım ve tezgah sistemi titreşimleri sonucu oluşan kesme kuvveti değişimi.	17
Şekil 3.6	Belirli kesme şartları altında kesme kuvvetlerinin talaş kesitine göre değişimi.	18
Şekil 3.7	İlerlemenin $F_c$ ve $F_t$ ile değişimi.	19
Şekil 3.8	Paso kalınlığının $F_c$ ve $F_v$ kuvvetleri ile değişimi.	20
Şekil 3.9	Özgül kesme kuvvetinin talaş kalınlığı ile değişimi.	21
Şekil 3.10	Soğuk şekillendirmenin metallere etkileri.	23
Şekil 4.1	Kesme kuvvetlerinin takım üzerine etkisi.	26
Şekil 4.2	Kesme kuvvetlerinin parça üzerine etkisi.	29
Şekil 4.3	Taylor-kalem ömrü denkleminin grafiksel gösterimi	33
Şekil 4.4	Schlesinger kriteriyası.	34
Şekil 4.5	Bakır miktarına bağlı olarak yumuşak princin mukavemet, sertlik ve kopma uzaması değerlerinin değişimi.	41
Şekil 5.1	Kadran göstergeli dinamometrenin şematik görünüşü.	46
Şekil 5.2	Hidrolik basınç dinamometresinin şematik görünüşü.	47
Şekil 5.3	Diferansiyel dönüştürücü dinamometre.	48
Şekil 5.4	Magnetik straingauge dinamometresinin şematik görünüşü.	49
Şekil 5.5	Tel dirençli straingauge'lerin şematik görünüşü.	50
Şekil 5.6	Tornalamada kullanılan bağlı tel dirençli straingauge dinamometresi.	51
Şekil 5.7	Düşey ve yatay yükler altında strain ölçümünü sağlayan dairesel ring.	53
Şekil 5.8	İki boyutlu octagonal ring dinamometresi.	54
Şekil 5.9	Wheatstone köprü devre şeması.	55
Şekil 6.1	Octagonal ring dinamometresinin görünüşü.	58
Şekil 6.2	Deney düzeneğinin genel görünüşü.	59
Şekil 6.3	Recorder ve Amplifikatör.	59
Şekil 6.4	Dinamometrenin statik kalibrasyonu.	60
Şekil 6.5	4.5 Volt besleme gerilimi ve 2 mV/cm hassaslığında recorder'dan alınmış kalibrasyon noktaları.	61



Şekil No	Adı	
Şekil 6.6	St 50 çelik malzemenin işlenmesinde değişik kesme sıvıları kullanılarak ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	66
Şekil 6.7	Ms 58 pirinç malzemenin işlenmesinde değişik kesme sıvıları kullanılarak ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	67
Şekil 6.8	Al alaşımının işlenmesinde değişik kesme sıvıları kullanılarak ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	68
Şekil 6.9	Ms 58 pirinç ve St 50 çelik malzemenin işlenmesinde ilerlemenin "Fc" kuvveti ile değişimi.	69
Şekil 6.10	Ms 58 pirinç malzemelerin işlenmesinde farklı ilerlemelerde ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	70
Şekil 6.11	St 50 çelik malzemelerin işlenmesinde farklı ilerlemelerde ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	75
Şekil 6.12	Al alaşımının işlenmesinde farklı ilerlemelerde ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	79
Şekil 6.13	Tel çekme tertibatının genel görünüşü.	79
Şekil 6.14	Deformasyona tabi tutulmuş Al alaşımı çubuklar.	81
Şekil 6.15	Deformasyona tabi tutulmuş Ms 58 pirinç çubuklar.	81
Şekil 6.16	$\phi_1, \phi_2, \phi_3$ deformasyon oranına tabi tutulan Al alaşımının işlenmesinde ölçülen "Fc" kuvvet eğrileri.	82
Şekil 6.17	$\phi_1, \phi_2, \phi_3$ deformasyon oranına tabi tutulan Ms 58 pirinç malzemelerin işlenmesinde ölçülen "Fc" kuvvet eğrileri.	83
Şekil 6.18	Al alaşımı, Ms 58 pirinç ve St 50 çelik malzemelerin işlenmesinde kesme hızlarının "Fc" kuvveti ile değişimi.	84
Şekil 6.19	Al alaşımının işlenmesinde farklı devirlerde ölçülmüş "Fc" kuvveti eğrileri.	85
Şekil 6.20	Ms 58 pirinç malzemenin işlenmesinde farklı devirlerde ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	86
Şekil 6.21	St 50 çelik malzemelerin işlenmesinde farklı devirlerde ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	87
Şekil 6.22	St 50 çelik malzemeye ait talaş tipleri	90
Şekil 6.23	Al alaşımına ait talaş tipleri.	92
Şekil 6.24	Ms 58 pirinç malzemeye ait talaş tipleri.	93
Şekil 6.25	St 50 çelik malzemenin işlenmesinde farklı pasolarda ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	94
Şekil 6.26	Al alaşımının işlenmesinde farklı pasolarda ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	96
Şekil 6.27	Ms 58 pirinç malzemenin işlenmesinde farklı pasolarda ölçülmüş "Fc" kuvvet eğrileri.	97
Şekil 6.28	Al alaşımı, pirinç ve çelik malzemelere ait "Fc" kuvvet eğrileri.	99



## ÇİZELGE LİSTESİ

<b>Çizelge No:</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.1	Takım malzemelerinin sertliklerinin sıcaklık ile değişimi	37
Çizelge 4.2	Alüminyumun fiziksel ve mekanik özellikleri	39
Çizelge 4.3	Al alaşımlarının kimyasal ve fiziksel özellikleri	40
Çizelge 4.4	Pirinçlerin kimyasal ve mekanik özellikleri	42
Çizelge 6.1	Al alaşımı, Ms 58 pirinç ve St 50 çelik malzemelere ait sertlik, kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri	57
Çizelge 6.2	Al alaşımı ve Ms 58 pirinç malzemeye ait deformasyon oranları ve sertlik değerleri	80



## ÖNSÖZ

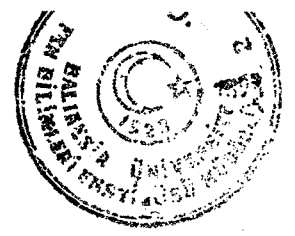
Teorik ve pratik olmak üzere iki kısımdan meydana gelen bu çalışmada, teorik çalışmanın en az pratik çalışma kadar önemli olduğunu, iyi bir teorik çalışma olmadan pratik çalışmanın sağlıklı olamayacağını gözledim. Her iki çalışmayı bir arada yapmamı sağlayan ve çalışmalarımı çok yakından ilgilenen yönetici hocam Yrd.Doç.Dr. İrfan AY'a, çalışmalarım sırasında bilgilerinden yararlandığım Yrd.Doç.Dr. Ergun ATEŞ'e içtenlikle teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarım sırasında bana destek olan Yapı İşleri Teknik Daire Başkanı Cafer KARA'ya ve tüm mesai arkadaşlarıma, deney numunelerinin hazırlanmasında bana yardımcı olan Eğinlioğlu Zincir Fabrikası sahibi Hasan EĞİNLİOĞLU'na, Fakülte teknikeri Hüseyin TEKİN'e, tezin yazılmasında emeği geçen Hüseyin AŞIK'a teşekkür ediyorum.

Çalışmalarım süresince beni büyük sabır ve anlayışla destekleyen aileme bu fedakarlıklarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Balıkesir , 1996

Hasan BAYRAM



## 1. GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması gibi karmaşık bir fiziksel olaydır [1].

Metallerin talaş kaldırılmasında iki ana yaklaşım vardır. Birincisi "*Fiziksel Metal Kesme*", ikincisi ise "*Teknik Metal Kesme*"dir.

Fiziksel metal kesme, pratik metal kesmede karşılaşılan olayların sebepleri ve kuralları ile uğraşır. Teknik metal kesme ise takım ömrü, kesme hızı, kesme derinliği, kesme kuvvetleri, güç gibi farklı faktörlerin etkileşimi ve ilişkileri ile uğraşır.

Talaş kaldırma işlemi karmaşık bir yöntem olduğundan metal kesmeyi tam olarak açıklayan bir teoriyi öne sürmek kolay değildir. Bu yönde çalışmalar yapılmakla birlikte, teoriler ile pratik uygulamada hala ayrılıklar vardır. Bu yüzden pratik uygulamayla uğraşan "*Teknik metal kesme*" önemini korur. Bu yönde yapılan deneysel çalışmalar hızlı bir şekilde devam etmektedir [2].

Metal kesme operasyonunun analizini nitelendirmek için, kesimden önce, kesme esnasında ve kesim sonrasında bazı gözlemlerin yapılması gerekir. Kesme prosesi sırasında yapılabilecek gözlemler oldukça sınırlıdır. Bu tip ölçümlerin en önemlilerinden biri kesme kuvveti bileşenlerinin belirlenmesidir [3].

Aşağıda belirtilen özelliklerin tespit edilebilmesi için kesme kuvvetlerinin bilinmesi gereklidir.

1) Tezgah tasarımı ve takım tasarımında, takımın şekil, sertlik ve yer değiştirmesini belirlemek için kesme kuvvetleri kullanılır.

2) Tezgah takımlarının tasarımında gerekli olan gücün tespit edilmesinde ve belirli bir tezgah için belirli bir parçanın tezgahta işlenip işlenmeyeceğinin belirlenmesinde kesme kuvvetlerini bilmek gerekmektedir.

3) Spesifik güç tüketimi ve birim beygir gücü kesme kuvvetlerinin kullanımıyla bulunabilir.





4) Malzemelerin işlenebilirliğini tanımlamada çok önem taşıyan spesifik kesme basıncı, kesme kuvvetlerini kesme alanına bölmekle bulunabilir.

5) Bölüm 4.2.6.1 'de açıklandığı gibi, schlesinger kriteriyası kullanılarak takım ömrünün belirlenmesinde kesme kuvvetleri bir kriteriya olarak kullanılabilir.

Bu çalışmanın amacı ; iki boyutlu çalışan bir kuvvet dinamometresi ile üç farklı malzeme üzerinde değişik parametreler kullanmak suretiyle kesme kuvvetlerinin değişimini incelemek ve elde edilen sonuçları yorumlamaktır.





## 2. TALAŞ KALDIRMA OLAYI

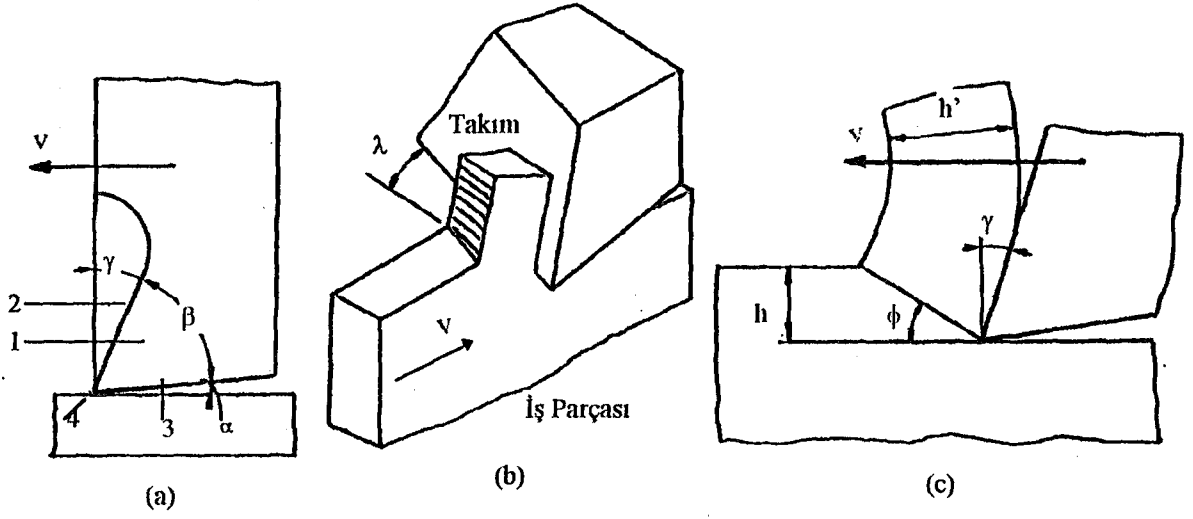
### 2.1 Talaş Kaldırma Mekanığı

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. Ayrılan malzeme tabakasına *talaş* denir [4].

Bir 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. Ayrıca takım ucunun kama şeklinde yapılması, olayı kolaylaştıran bir etkidir. Talaş kaldırma olayını incelemek için kama şeklinde bir kesme ağzından meydana gelen ve Şekil 2.1 'de gösterilen bir takım modeli oluşturulur. Bu takım ile talaş kaldırma işlemine ortogonal kesme denir.

Ortogonal kesmede takımın kesme kenarı, takım ile parça arasındaki kesme hızına dik (Şekil 2.1a) veya eğik (Şekil 2.1b) olabilir. Bu son duruma ortogonal eğik kesme denir. Böyle bir takımın bir parça üzerinde belirli bir kuvvetle bastırıldığını ve kesme yönüne doğru hareket ettirildiği düşünülürse (Şekil 2.1c) takım ucunun temas ettiği metal tabakasında önce elastik sonra plastik şekil değiştirmeler meydana gelerek metal tabakasında akımlar başlar ve gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı anda tabaka, talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca parçadan ayrılır (Şekil 2.1c). Tabakanın parçadan ayrılma şekli, parça malzemesinin özelliklerine ve işleme koşullarına bağlı olarak farklı bir şekilde gerçekleşir. Buna göre çeşitli talaş şekilleri meydana gelir.

Esasen talaşın iş parçasından ayrılması bir mekanik kopmadır. Bu kopma burada makaslama (kesme) şeklinde gerçekleşmektedir. Bilindiği gibi genelde kopma, sünek ve gevrek olmak üzere iki çeşittir. Sünek kopmada malzeme, kopmadan önce büyük bir plastik şekil değiştirmeler göstermektedir. Sünek şekilde kopan malzemelere sünek malzemeler denilmektedir. Gevrek kopmada, kopmadan önce çok az veya hiç bir plastik şekil değiştirme meydana gelmez. Bu malzemelere gevrek malzeme denilmektedir.



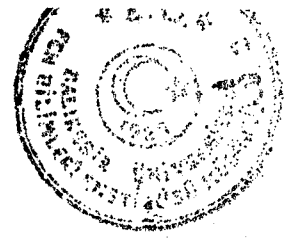
Şekil 2.1 Takım modeli ve ortogonal kesme.

Buna göre işlenen malzemenin cinsine göre talaş kaldırma olayı şu şekilde meydana gelir. Sünek malzemelerde Şekil 2.2a 'da gösterildiği gibi takımın kesme ağzının önünde, bir plastik şekil değiştirme (kesme) bölgesi meydana gelmekte ve bu bölgede malzeme talaş şeklinde sürekli olarak iş parçasından ayrılmakta, ancak zaman zaman talaş akışında bir kopma meydana gelmektedir. Bununla beraber konuyu teorik açıdan basitleştirmek için talaşın ayrılması bir bölge içinde değil, Şekil 2.1c, 2.2b 'de gösterildiği gibi kesme düzlemi denilen bir düzlemde meydana geldiği varsayılır [1,4].

Pratikte çeşitli talaş şekilleri meydana gelir. Genellikle sürekli, yapışık ve kesintili olmak üzere üç talaş tipi vardır.

**a) Sürekli talaş tipi :** Talaş devamlı bir deformasyon ile, çatlaksız olarak takım ağzından talaş yüzüne doğru akar. Bu tip talaş yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme ile işlenen sünek malzemelerde meydana gelir. Gerek yüzey durumu, gerek güç sarfiyatı ve gerekse takım ömrü bakımından en faydalı tip budur. Fakat, uzun talaş güçlülere yol açtığından (sarılma vs.), muhtelif çarelere baş vurularak talaşı kırmaya çalışılır.

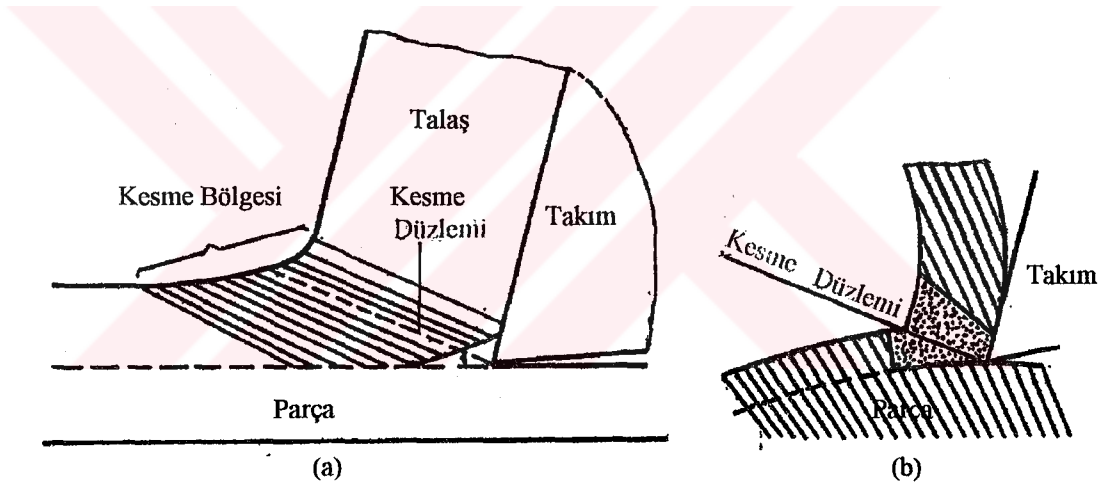
**b) Kesintili talaş tipi :** Bu tip talaş, takım ağzından parça parça veya parçalar birbirine çok zayıf olarak yapışmış durumda çıkar. Bu tipe gevrek malzeme işlenirken veya düşük kesme hızı ile sünek malzeme işlenirken rastlanır.



Gevrek malzeme halinde yüzey durumu iyi, kesme kuvveti düşük ve takım ömrü makul olduğu halde, sünek malzeme halinde yüzey durumu kötü ve takım ömrü kısa olur.

**c) Yapışık talaş tipi :** Bu tip sürekli talaş tipine benzer. Yalnız kesme kenarının talaş yüzü üzerine bir miktar talaş yapışarak kesme kenarının şeklini bozar. Böyle bir talaş tipine ekseriya sünek malzemeyi orta kesme hızları (HSS takımları) ile işlerken rastlanır. Parçanın yüzey düzgünlüğü zayıftır.

Görüldüğü gibi talaşın şekli kesme koşulları ve yüzey kalitesi hakkında fikir veren önemli bir faktördür [5].



Şekil 2.2 Talaş kaldırma olayı.

## 2.2 Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler

### 2.2.1 Takım Geometrisi

Talaş kaldırma olayının en önemli elemanı takımdır. Tüm takımlar kesici ve tutturma olmak üzere iki kısımdan meydana gelirler. Keskin uç, ağız veya diş denilen takımların kesici kısmı tüm takımlar için geçerli olmak üzere Şekil 2.1a 'da gösterildiği gibi, ortogonal bir tarzda temsil edilebilir. Bu haliyle kama şeklinde olan takımın kesici



kısmı (1), talaşın temas ettiği talaş yüzeyi (2) ve parçanın işlenmiş yüzeyine dönük serbest yüzey (3) ile sınırlıdır. Bu iki yüzeyin kesişmesi takım ucunu (4) meydana getirir.

Parçanın işlenmiş yüzeyi ve ona dik doğru, koordinat sistemi olarak seçilirse, bu koordinat sistemine göre takımın kesme özelliğini tayin eden şu açılar meydana gelir : Dikey doğru ile talaş yüzeyi arasında talaş açısı ( $\gamma$ ), kesici kısmın kama açısı ( $\beta$ ) ve serbest yüzey ile parçanın işlenmiş yüzeyi arasında ( $\alpha$ ). Şekil 2.1a 'dan görüldüğü gibi bu açılar arasında ;

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (2.1)$$

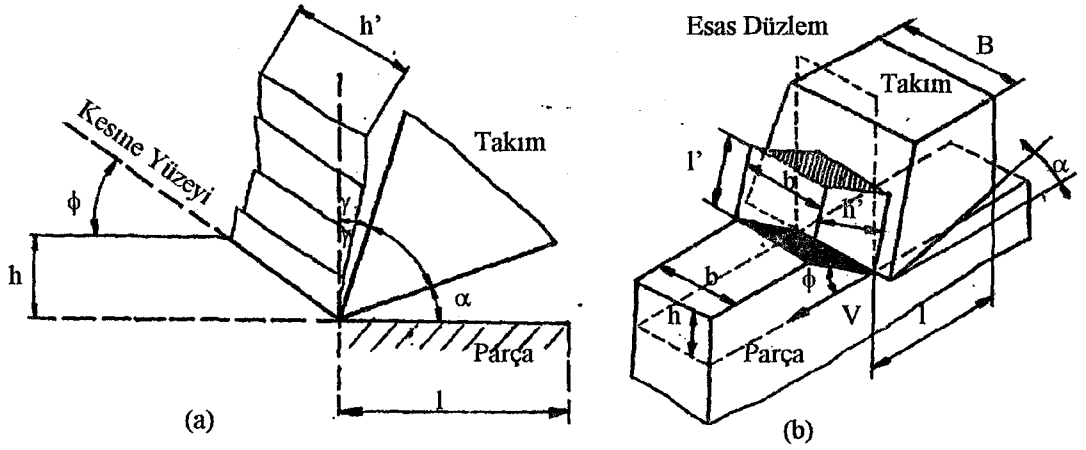
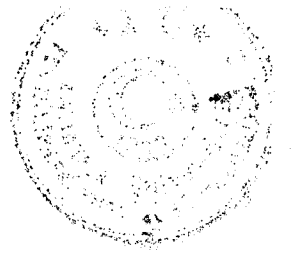
bağıntısı vardır. Eğik kesmede takım ağzının kesme hızı doğrultusu ile yaptığı ve eğim açısı ( $\lambda$ ) denilen bir açı daha vardır (Şekil 2.1b). Bu açı dik ortogonal kesmede  $\lambda = 0$  dir. Takım ucu hafifçe yuvarlatılır. Yuvarlatma yarıçapının ( $r$ ) değeri, takım geometrisini tamamlayan bir faktördür [5].

### 2.2.2 Talaş Geometrisi

Şekil 2.2a ve 2.2b 'de gösterildiği gibi iş parçası üzerinden kaldırılan malzeme tabakasının talaşa dönüşmesi kesme bölgesi denilen bir bölgede meydana gelmektedir. Ancak basitleştirmek amacı ile bu bölge yerine kesme düzlemi denilen bir düzlem alınmaktadır [1].

Buna göre kesme bölgesine dayanan talaş kaldırma teorisine "*Kalın Bölge Teorisi*" ve kesme düzlemine dayanana "*İnce Bölge Teorisi*" denilmektedir. Burada talaş kaldırma mekaniği kurucusu M.E.Merchant olan ince bölge teorisine dayanarak incelenecektir.

İnce bölge teorisine göre takım parça üzerinden "*kesme yönü*" denilen belirli bir doğrultuda talaş kaldırır (Şekil 2.3a). Talaşın parça üzerinden ayrıldığı yüzeye "*Kesme Yüzeyi*" denir. Kesme yüzeyi kesme yönü ile "*Kesme Açısı*" ( $\phi$ ) adını taşıyan bir açı meydana getirir. Kesme yüzeyi boyunca parçadan ayrılacak olan talaşın boyutları, genişliği ( $b$ ) ve kalınlığı ( $h$ ) ile ifade edilir (Şekil 2.3b).



Şekil 2.3 Talaş Geometrisi

Metal tabakasının talaşa dönüşmesi sırasında meydana gelen plastik şekil değiştirmelerden dolayı talaşın b genişliği aynı kalmakla beraber, talaşın kalınlığında bir genişleme (h boyutu h' olur) ve talaşın uzunluğunda bir büzülme (l boyutu l' olur) meydana gelir [1,3]. Kaldırılacak tabakanın hacmi ile kaldırılan talaş hacmi eşit olduğuna göre  $V = b l h = b l' h'$  bağıntısından

$$\lambda_s = \frac{h}{h'} = \frac{l}{l'} \quad (2.2)$$

oranı elde edilir.

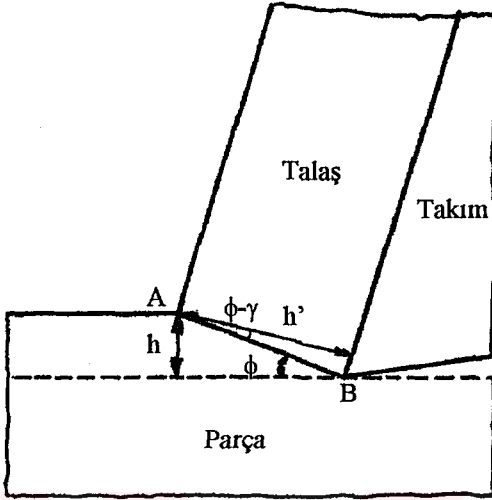
Talaş uzunluğunun büzülmesi ile talaş kalınlığının genişmesi aynı oranda meydana gelir.  $\lambda_s$  oranına "Büzülme Faktörü" denilir. Şekil 2.4 dikkate alınır, aradaki üçgenlerden

$$h = A B \sin \phi ; \quad h' = A B \cos (\phi - \gamma) \quad (2.3)$$

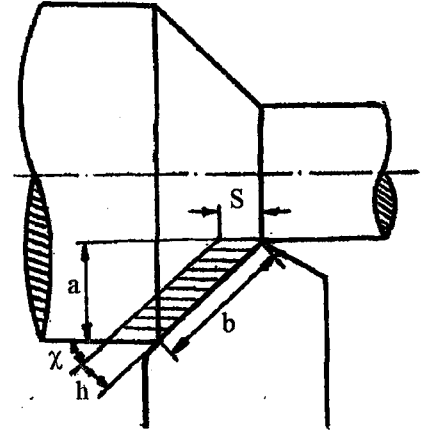
yazılabilir ve

$$\lambda_s = \frac{h}{h'} = \frac{\sin \phi}{\cos (\phi - \gamma)} \quad (2.4)$$

bulunur. Bu bağıntıdan



Şekil 2.4 Talaş kaldırma modeli



Şekil 2.5 Tornalamada talaş boyutları

$$\tan \phi = \frac{\lambda_s \cos \gamma}{1 - \lambda_s \sin \gamma} \quad (2.5)$$

kesme açısı elde edilir.

Kesme açısı, talaş kaldırma koşulları hakkında fikir veren bir faktördür. Pratik ve teorik hesaplarda talaş boyutları ; h (kalınlık) ve b (genişlik) ile ifade edilir. Bu boyutlar henüz talaşa dönüşmemiş iş parçası üzerinden kaldırılacak olan tabakaya aittir. Şekil 2.4' te gösterilen bu boyutlar ortogonal kesmeye aittir. Bu boyutlara bağlı olarak *talaş kesidi* ;

$$A_s = b h \quad (2.6)$$

bağıntısı ile tayin edilir.

Gerçek talaş kaldırma yöntemlerinde talaşın b ve h boyutları değişik bir şekilde ifade edilir. Örneğin tornalamada bu boyutlar Şekil 2.5 'te gösterildiği gibidir. Bu durumda talaş boyutları h x b veya f x a ile ifade edilir. Burada (f) *ilerleme* ve (a) kaldırılan tabaka kalınlığı veya *paso kalınlığı*' dir.



### 2.2.3 Kesme Hızı

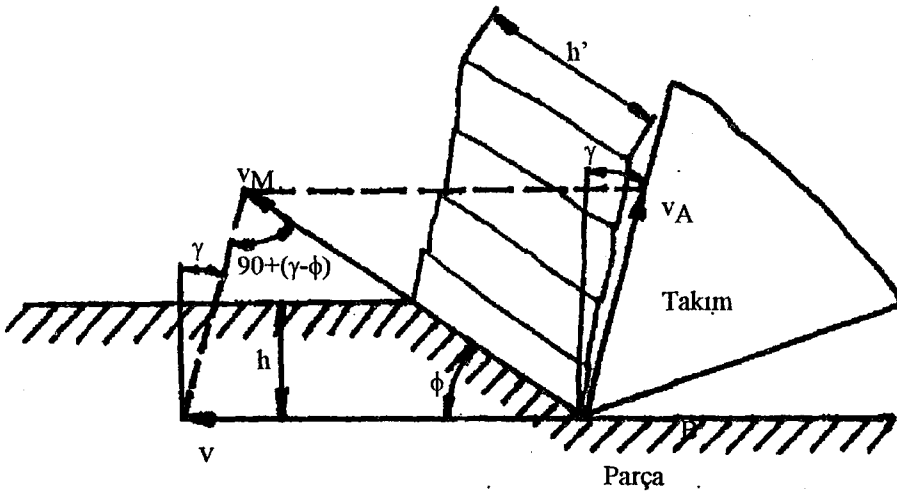
Talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönü doğrultusunda kesme hızı ( $v$ ) denilen bir hızla ilerler ve talaş parçadan ayrılma hızı ( $v_A$ ) ile uzaklaşır (Şekil 2.6). Bu iki hız, kesme yüzeyi boyunca makaslama veya talaş kaldırma hızı ( $v_M$ ) denilen bir hız oluştururlar.

Talaşın büzülmesinden dolayı ayrılma hızı  $v_A$ ,  $v$  kesme hızından daha küçük olacaktır.

$$\frac{v_A}{v} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \gamma)} \quad (2.7)$$

veya  $v_A = v \lambda_s$  bağıntısı yazılabilir.

Görüldüğü gibi talaşın ayrılma hızı, ( $\lambda_s$ ) büzülme faktörüne bağlıdır. Genellikle  $\lambda_s = 0.3, \dots, 0.5$  arasında değişmektedir. Buna göre  $\lambda_s = 0.5$  için  $v_A = 0.5 v$  dir ; yani talaş kesme hızının yarısı kadar bir hızla takım üzerinden akmaktadır. Boyut bakımından m/dak olarak ifade edilen ve talaş kaldırma işleminde önemli bir rol oynayan kesme hızı, kesme zamanını ve dolayısıyla işlemin maliyetini belirler [6].



Şekil 2.6 Talaş kaldırma hızları





## 2.2.4 Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü

### 2.2.4.1 Kesme Kuvveti

Talaş kaldırma işlemini gerçekleştirmek için takıma, kesme düzleminde meydana gelen dirençlere karşı, "talaş kaldırma kuvveti" ( $F_z$ ) adını taşıyan bir kuvvet uygulanır (Şekil 2.7a). Kesme düzlemindeki kuvvetler kesme kuvveti, takım ile talaş ve takım ile parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşmaktadır. Düzlem boyunca yayılmış olan bu kuvvetler, kesme düzleminin ortasında (Şekil 2.7a) veya Merchant'ın varsayımına göre takım ucuna (Şekil 2.7b) uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir. Bu son durumda, takım ucuna uygulanan kuvvet talaş kaldırma kuvveti  $F_z$  olursa, bu kuvvetin aşağıda gösterilen bileşenlerden meydana geldiği düşünülebilir :

Kesme yönünde "Kesme Kuvveti" ( $F_c$ ) ve bu yöne dik yönde "Radyal Kuvvet" ( $F_t$ ) ; kesme düzleminde "makaslama kuvveti" ( $F_k$ ) ve bu yöne dik yönde "Basma Kuvveti" ( $F_b$ ) ; "sürtünme kuvveti" ( $F_f$ ) ve bunu meydana getiren "normal kuvvet"  $F_n$ ,  $F_n$  ile  $F_z$  arasındaki  $\beta'$  açısı "sürtünme açısı"dır [1].

Sürtünme katsayısı  $\mu$  ile ifade edilirse,

$$\mu = F_f / F_n = \tan \beta' \quad ; \quad \beta' = \arctan \mu \quad \text{dır.} \quad (2.8)$$

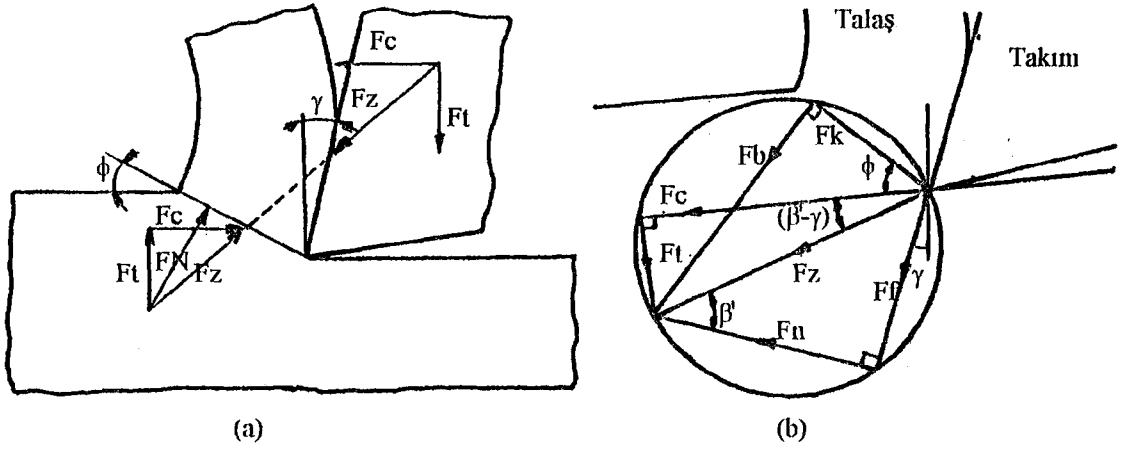
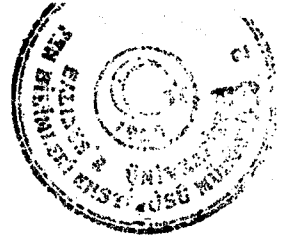
Yukarıda açıklanan kuvvetlerden pratik bakımından en önemlisi *kesme kuvveti*  $F_c$  ve *Radyal kuvvet*  $F_t$ 'dir. Şekil 2.7 'den görüldüğü gibi kesme düzleminde, kesme direnç kuvvetinin yanı sıra takımı parçadan ayırmaya çalışan bir radyal direnç meydana gelmektedir.

Dolayısıyla takımı parça üzerinde tutmak için takıma radyal bir kuvvetin uygulanması gerekir. Bu da takımın takım tutturma tertibatına bağlanması ile gerçekleştirilir.

Kesme düzleminde makaslama (kesme) kuvveti ( $F_k$ ), kesme kesiti ( $A_k$ ) ve malzemenin kesme mukavemeti  $\tau_k$  olmak üzere

$$F_k = A_k \tau_k \quad ; \quad A_k = h b / \sin \phi \quad (2.9)$$

şeklinde ifade edilirse Şekil 2.7b 'den kesme ve radyal kuvvetler



Şekil 2.7 Talaş kaldırma kuvveti

$$F_c = hb\tau k \frac{\cos(\beta' - \gamma)}{\sin \phi \cos(\phi + \beta' - \gamma)} \quad (2.10)$$

$$F_t = hb\tau k \frac{\sin(\beta' - \gamma)}{\sin \phi \cos(\phi + \beta' - \gamma)} \quad (2.11)$$

olarak bulunur. (2.10) denkleminde dayanarak, bir malzemeden en düşük enerji ile talaş kaldırılması için (minimum enerji ilkesine göre)  $\phi$  kesme açısının optimum ( $\phi_0$ ) değeri bulunur. Buna göre

$$\frac{dF_c}{d\phi} = 0 \text{ dan } \longrightarrow \phi_0 = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}(\beta' - \gamma) \quad (2.12)$$

bulunur. (2.12) denklemi ile  $F_c$  ve  $F_t$  kuvvetleri

$$\begin{aligned} F_c &= hb\tau k \frac{2}{\tan \phi_0} \\ F_t &= hb\tau k \left[ \frac{1}{\tan^2 \phi_0} - 1 \right] \end{aligned} \quad (2.13)$$

şeklinde yazılır.



Yukarıdaki denklemlerden görüldüğü gibi, talaş kaldırma için harcanan güç için önemli olan  $F_c$  kesme kuvveti malzemenin kesme mukavemetine ( $\tau_k$ ), talaşın boyutlarına ( $b$ ,  $h$ ), talaş açısı ( $\gamma$ ), kesme açısı ( $\phi$ ) ve sürtünme açısına bağlıdır.

Kesme açısı optimum kesme açısı olduğu durumda (2.12 Bağıntısı) belirli bir malzeme ve talaş boyutları için en düşük kesme kuvveti ve dolayısıyla en düşük talaş kaldırma gücü elde edilir [7].

#### 2.2.4.2 Kesme Gücü

Kesme kuvveti ( $F_c$ ) ve kesme hızı ( $v$ ), tezgah motorunun verdiği enerji ile sağlanır. Bu enerji tezgahın kinematik sisteminden ana mile ulaşır. Bu faktörlere bağlı olarak talaş kaldırmak için gereken kesme gücü,

$$P_s = F_c v \quad (2.14)$$

ve kinematik sistemin verimi  $\eta$  ile ifade edilirse tezgah motorunun gücü, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir [1].

$$P_m = P_s / \eta \quad (2.15)$$

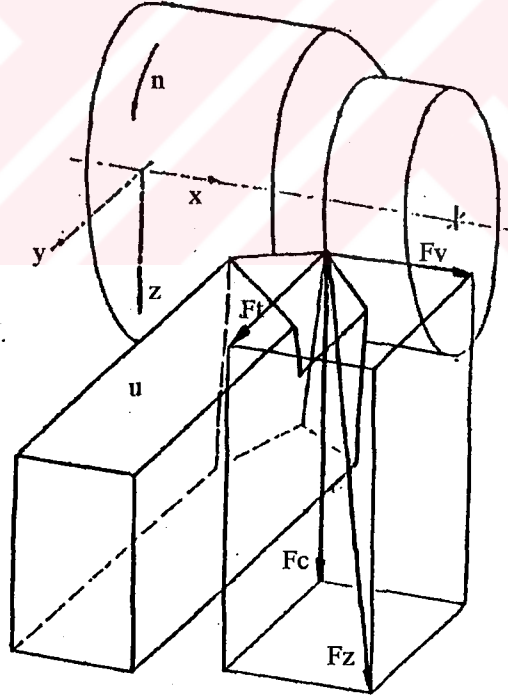


### 3. KESME KUVVETLERİ ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN PARAMETRELER

#### 3.1 Giriş

Tornalamada talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenmek için takıma talaş kaldırma kuvveti ( $F_z$ ) uygulanır. Talaş kaldırma kuvveti ( $F_z$ ); kesme kuvveti ( $F_c$ ), Radyal kuvvet ( $F_t$ ) ve ilerleme kuvveti ( $F_v$ ) olmak üzere üç ayrı bileşene ayrılır.

Kesme kuvveti ( $F_c$ ), işlenen yüzeye teğet olup kesme yönündedir. Radyal Kuvvet ( $F_t$ ), parça eksenine dik bir düzlemde bulunur. İlerleme kuvveti ( $F_v$ ), işlenen parçanın eksenine paralel olup ilerleme yönüne zıttır.  $F_c$  ve  $F_v$  kuvvetleri çalışma düzleminde,  $F_t$  bu düzleme dik durumdadır [4].



Şekil 3.1 Kesme kuvvetleri.

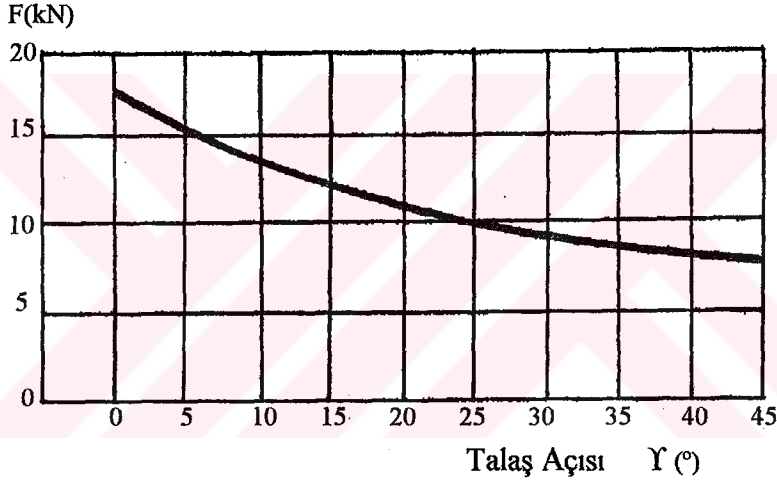
Bu bileşenlere bağlı olarak talaş kaldırma kuvveti aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$F_z = \sqrt{F_c^2 + F_t^2 + F_v^2} \quad (3.1)$$

### 3.2 Etkili Olan Parametreler

#### 3.2.1 Talaş Açısı ( $\gamma$ )

Büyük talaş açıları uygun kesme hızlarında devamlı talaş oluşturur. Çünkü bu durumda talaş sıkışması küçük olup kesme kuvveti ve gerekli talaş kaldırma gücü azalır. Büyük talaş açıları yalnızca yumuşak ve elastik malzemelerde kullanılmaktadır. Küçük veya negatif talaş açıları sert ve kırılman malzemelerde kullanılır. Çünkü bu malzemelerin büyük talaş açısı ile işlenmesinde kesici ucun kırılma tehlikesi vardır. Oluşan kesintili talaş kesici ucun biraz gerisinde talaş yüzeyine çarpar ve orayı oyar. Küçük veya negatif talaş açılarında kesici uç kuvvetli kalır. Talaş açısının küçülmesiyle kesme kuvveti artar (Şekil 3.2) [4].



Şekil 3.2 Talaş açısının kesme kuvveti ile değişimi

#### 3.2.2 Kama Açısı ( $\beta$ )

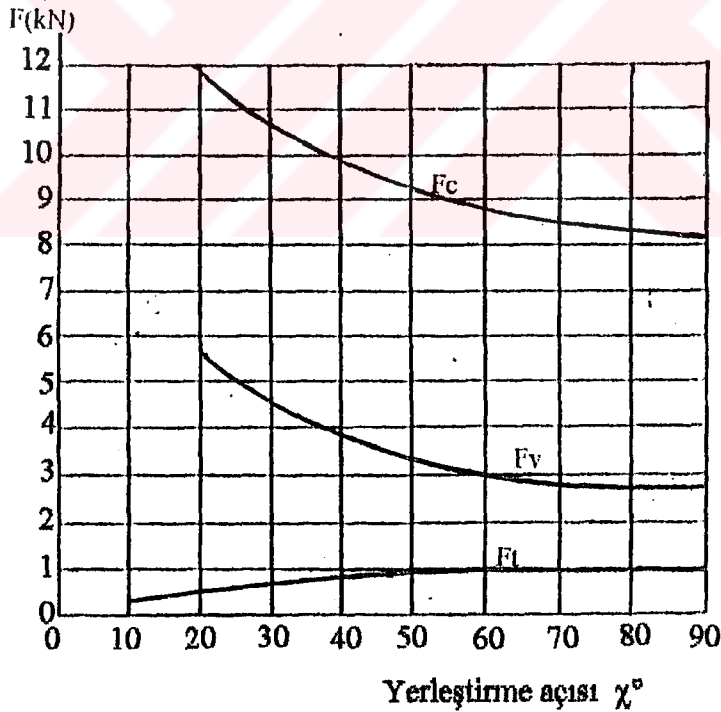
Kama açısı takımın parçaya nüfuz etmesini sağlar. Kama açısının alabileceği en küçük değer sınırlanmıştır. Aksi halde kesici uç çok zayıflar ve kesme kuvveti ile kopar. Ayrıca zayıf bir kamada ısı birikimi çok fazla olup, yüksek kesme hızlarında kesici ucun sıcaklığı çok artar. Talaş açısının küçük, kama açısının büyük olması durumunda takımın ucu küt olacağından malzemeye nüfuz etmesi zorlaşır, kesme kuvvetleri büyür, ısı oluşumu artar ve takımın ucu kısa zamanda bozulur. Buna karşın takım kuvvetlere karşı daha dayanıklıdır. Talaş açısının büyük, kama açısının küçük



olması durumunda takım ucu ince olduğundan malzemeye daha kolay bir şekilde nüfuz eder, daha küçük kesme kuvvetleri ile talaş kaldırır. Fakat takımın kuvvetlere karşı mukavemeti azalır ve kırılma olasılığı artar. Bu nedenle kırılğan malzemeler için kama açısı büyük, sünek malzemeler için kama açısı küçük seçilmelidir [5].

### 3.2.3 Yerleştirme Açısı ( $\chi$ )

Kesici kenarın iş yüzeyine karşı ( $\chi$ ) yerleştirme açısı altında girmesi talaş kaldırma kalınlığı, talaş kaldırma genişliğini ve dolayısıyla kesici uç yüklenmesini etkiler. ( $\chi$ ) açısının küçülmesiyle talaş kaldırma genişliği büyüyecek talaş kaldırma kalınlığı ise azalacaktır. Azalan ( $\chi$ ) açısıyla radyal kuvvet ( $F_t$ ) artar. Böylece zayıf iş parçaları eğilebilir ve gürültülü titreşimler oluşabilir.  $F_c$ ,  $F_v$  ve  $F_t$  kuvvetlerinin ( $\chi$ ) ile değişimleri göz önüne alınırsa (Şekil 3.3),  $\chi=60^\circ$  optimum bir değer olarak sayılabilir.  $\chi=90^\circ$  'de  $F_v$  maksimum,  $F_t$  ise minimum olur [4].



Şekil 3.3 Yerleştirme açısının  $F_c$ ,  $F_v$  ve  $F_t$  kuvvetleri ile değişimi.

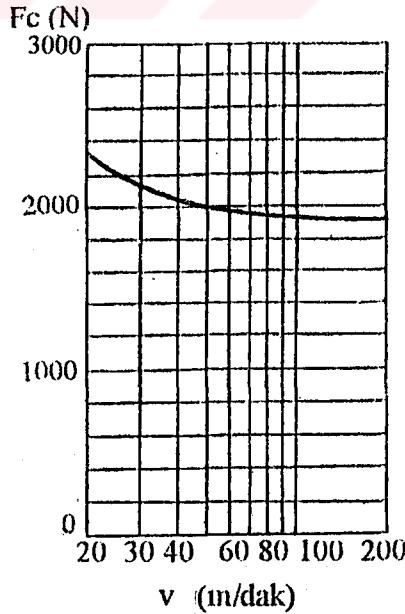


### 3.2.4 Eğim Açısı ( $\lambda$ )

Ana kesici kenar köşesi kesme yönünde ön tarafta kalıyorsa eğim açısı pozitif, kesici kenar aksi yöne eğilmişse bu açı negatiftir. Negatif açıda malzeme, kesici uç köşesinden uzakta kesilmeye başlanır. Bu durumda kesme kuvvetinin yavaş yavaş artması sonucu köşenin az yüklendiği, malzemenin çekiliyormuşcasına kesildiği gözlenir. Bu tür kesici uç geometrisi özellikle kesmeye başlarken ve darbeye karşı hassas olan sert metal uçlu takım ile yapılan aralıklı kesme yüzeylerinin işlenmesinde söz konusudur. Eğim açısının büyümesiyle kesme kuvveti azalır [8].

### 3.2.5 Kesme Hızı

Kesme hızı  $v$  ile kesme kuvvetinin değişmesi, sert metal takımlar için Şekil 3.4 'te gösterilmiştir. Aynı kesici uç geometrisinde kesme kuvveti  $v=20-30$  m/dak arası hızlarda  $v=90-120$  m/dak arası hızlardakine göre %20 daha fazladır.  $v=120$  m/dak dan itibaren  $F_c$  eşit kalmaktadır. Hız çeliği takımlarda bazı belirli malzemelerde kesme kuvveti 4-30 m/dak arası sabit kalmakta, sonra yükselmekte ve bir maksimumdan sonra tekrar düşmektedir. Maksimum şekli ve yeri ilerlemeye bağlıdır. İlerleme ne kadar küçük olursa, maksimum o kadar basık ve kesme hızı da o denli yüksek olur. Kesici malzeme yalnızca dolaylı olarak talaş açısı ve kesme hızı üzerinden kesme kuvvetine etkili olur [8].

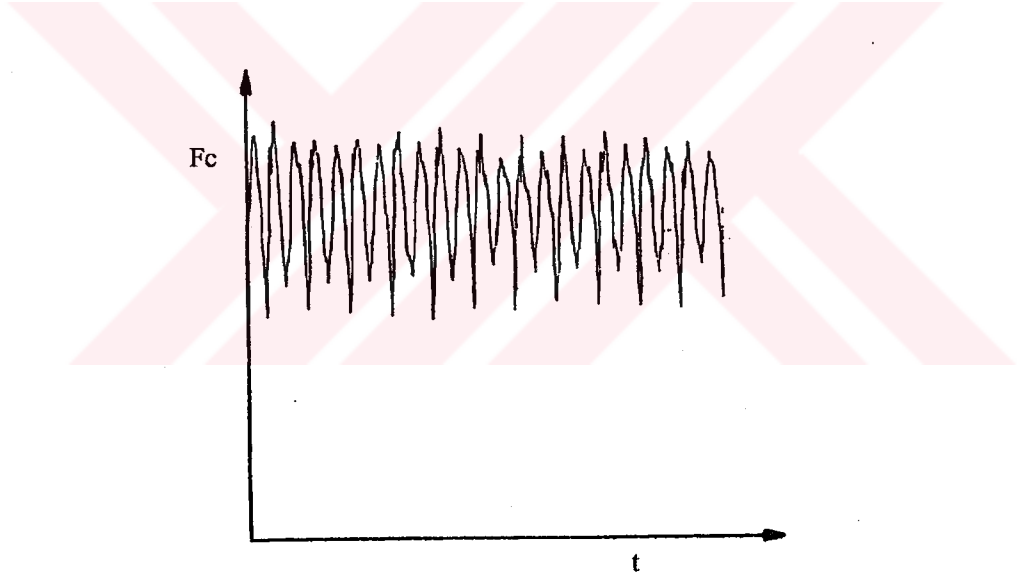


Şekil 3.4 Kesme Hızının kesme kuvveti ile değişimi

### 3.2.6 Titreşimlerin Etkisi

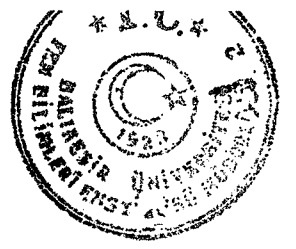
Talaş kaldırılırken sürekli talaş parçaları koparılır. Bu nedenle kesme kuvveti periyodik olarak belirli sınırlar içinde bir orta değer etrafında dalgalanır. Kesme kuvvetinin dalgalanma miktarı akma talaş ile kopma talaş durumlarında farklıdır. Bazı işleme yöntemlerinde talaş kesitinin işleme sırasında sürekli değiştiği görülür. Bu nedenle kesme kuvveti de değişir. Bu tür değişimler ile genellikle akma ve kopma talaş arasındaki geçişler nedeniyle oluşan kesme kuvveti değişiklikleri üst üste gelir.

İş parçası-takım-tezgah sisteminin dinamik davranışı, ilgili talaş kaldırma yöntemi sırasında doğan kuvvetlere bağlıdır. Bu sistem kütle ve söndürücü dirençlerden oluşan bir titreşim sistemidir. Kesme kuvvetinin titreşimlerin etkisiyle değişmesi Şekil 3.5 'te gösterilmektedir [5].



Şekil 3.5 İş parçası, takım ve tezgah sistemi titreşimleri sonucu oluşan kesme kuvveti değişimi.





### 3.2.7 Talaş Kesiti ( $A_s$ )

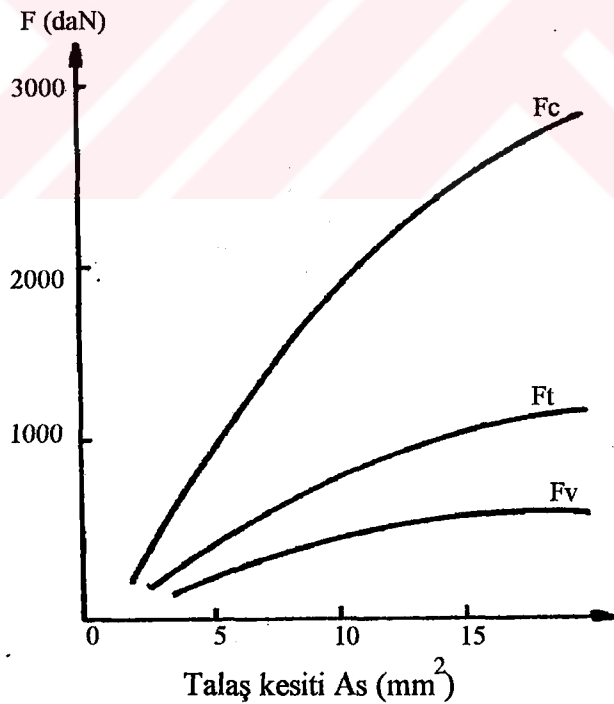
Talaş kesitinin kesme kuvveti üzerindeki etkisi çok büyüktür. Kesme kuvveti,  $A_s = af$  talaş kesiti arttıkça regresif olarak (azalarak) artar (Şekil 3.6). Bu nedenle talaş kesitinin seçiminde aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulur [5].

1. Talaş kesiti büyüdükçe kesme kuvvetleri de büyüyeceğinden talaş kesiti parçanın lüzumuna göre, fazla deformasyon yapmayacağı kadar seçilir.

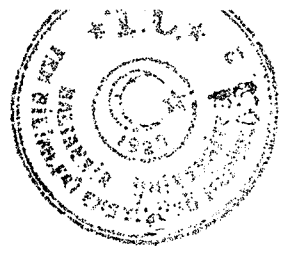
2. Tezgahta mevcut en küçük kesme hızı (parça çapına bağlı olarak) kullanılacak en büyük talaş kesitini verir.  $V$  kesme hızı sifıra yaklaştıkça talaş kesiti gayet büyük değerler alır.

3. Bazan, parça üzerinde kaldırılacak talaş derinliği küçük ve belirli olur. Bu halde talaş kesiti bu derinliğe göre seçilir.

4. Parçada yüzey düzgünlüğü söz konusu ise, kesme hızı arttıkça yüzey düzgünlüğü artacağından kesme hızı gereğine göre seçilerek talaş kesiti tayin edilir.



Şekil 3.6 Belirli kesme şartları altında kesme kuvvetlerinin talaş kesitine göre değişimi.

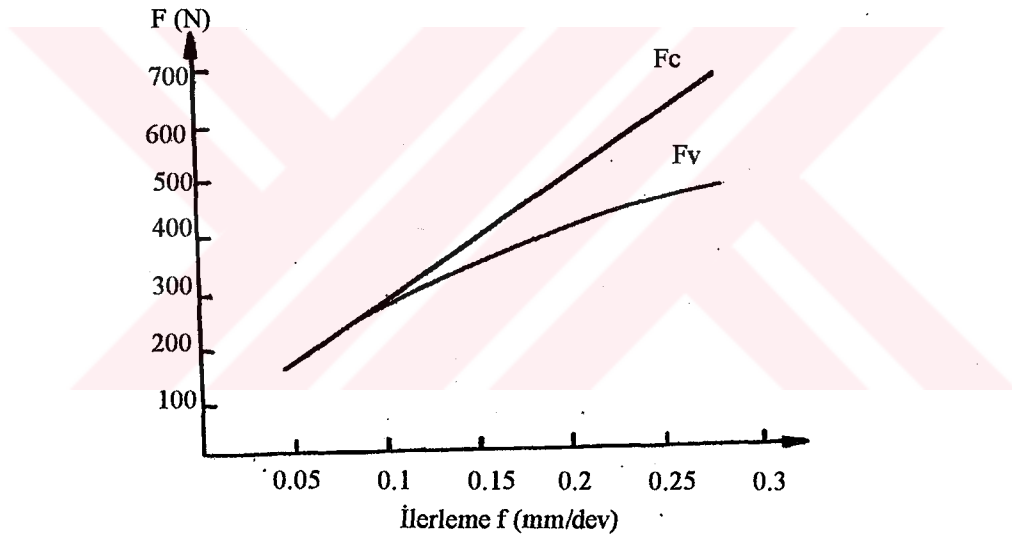


### 3.2.8 İlerleme Hızı

İlerleme, parçanın bir devrine karşılık kesici takımın katettiği mesafedir. İlerleme  $f$ , (mm/dev), ilerleme hızı  $V_f$ , (mm/dak) olarak ifade edildiğinde,  $f$  ve  $V_f$  arasındaki bağıntı

$$V_f = f n \quad (\text{mm/dak}) \quad \text{dır.} \quad (3.2)$$

İlerleme değerleri ile  $F_c$  ve  $F_v$  kuvvetleri arasındaki değişimi gösteren Şekil 3.7 'de görüldüğü gibi ilerleme değerlerindeki artışa karşılık  $F_c$  kuvveti lineer olarak artarken,  $F_v$  kuvveti azalan bir eğri şeklinde artmaktadır [9].



Şekil 3.7 İlerlemenin  $F_c$  ve  $F_v$  kuvvetleri ile değişimi.

### 3.2.9 Paso Kalınlığı

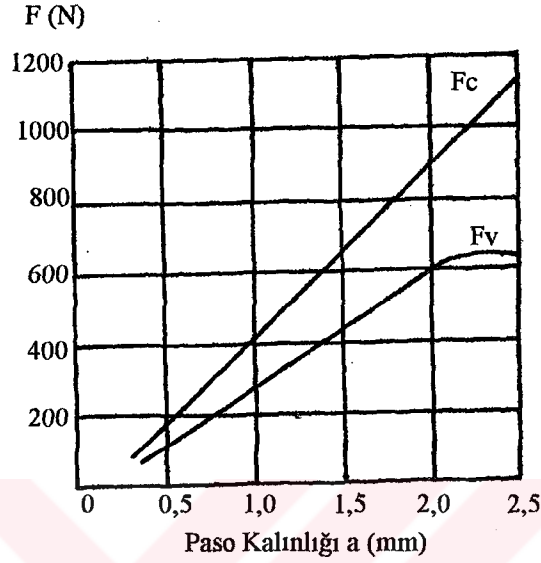
Kesilen kısmın tabanından parçanın kesilmiş yüzeyine kadar olan uzaklıktır. Kesme derinliği  $a$ , (mm) olarak ifade edilir. Bu değer işlenen yüzeye dik olarak ölçülür. Parçanın çapı başlangıçta  $D$  ve bir paso kaldırıldıktan sonra  $D_0$  olursa, paso kalınlığı

$$a = \frac{D - D_0}{2} \quad (\text{mm}) \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilir.



Şekil 3.8 'de paso kalınlığı ile  $F_c$  ve  $F_v$  kuvvetleri arasındaki değişim gösterilmiştir. Burada paso kalınlığındaki artışa bağlı olarak  $F_c$  kuvveti artarken  $F_v$  kuvveti azalarak artmaktadır [9].



Şekil 3.8 Paso Kalınlığının  $F_c$  ve  $F_v$  kuvvetleri ile değişimi

### 3.2.10 Özgül Kesme Kuvveti ve Talaş Kalınlığı

Kesme kuvveti esasen (2.10) bağıntısı ile tayin edilir. Ancak bu bağıntıyı oluşturan faktörlerin bilhassa sürtünme açısının tayini çok zor olduğundan, pratikte bu bağıntı değişik şekilde uygulanır. Buna göre,

$$k_s = \tau_k \frac{\cos(\beta - \gamma)}{\sin \phi \cos(\phi + \beta - \gamma)} \quad (3.4)$$

olarak ifade edilirse, kesme kuvveti,

$$F_c = h b k_s = A_s k_s \quad (3.5)$$

şeklinde yazılır. Burada  $k_s$  *özümlü kesme kuvveti* adını taşır. (2.5) bağıntısından görüldüğü gibi özümlü kesme kuvveti parça malzemesinin kopma mukavemeti ( $\tau_k$ ), kesme açısı ( $\phi$ ), talaş çaisı ( $\gamma$ ), eğim açısı ( $\lambda$ ), talaş kaldırma yöntemi ve büzülme faktörü  $\lambda_s = h/h'$  aracılığıyla ( $h$ ) talaş kalınlığına bağlıdır.

$$k_s = k_{sh} k_\gamma k_\lambda k_T \quad (3.6)$$

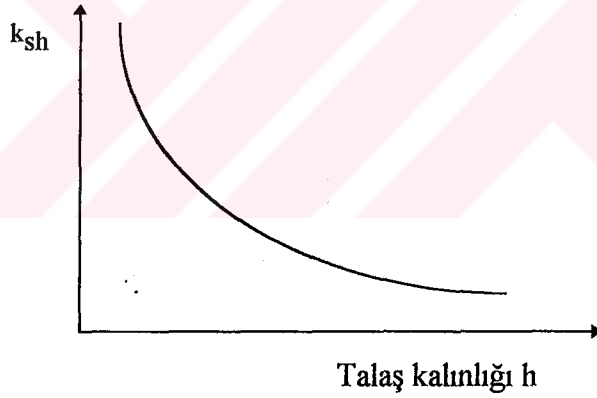
veya aşınmanın etkisi de dikkate alınırsa

$$k_s = k_{sh} k_\gamma k_\lambda k_T k_a \quad (3.7)$$

olarak ifade edilir. Burada ;

$K_{sh}$ , talaş kalınlığına bağlı özgül kesme kuvveti;  $k_\gamma$ , talaş açısı faktörü,  $k_T$ , takım malzemesi;  $k_\lambda$  - eğim açısı faktörü;  $k_a$ , aşınma faktörüdür. Pratikte  $k_s$  özgül kesme kuvvetinin değeri, yukarıdaki faktörlere bağlı olarak deney yolu ile tayin edilir.

Özgül kesme kuvvetini en çok etkileyen talaş kalınlığıdır. Talaş kalınlığına bağlı özgül kesme kuvveti ( $k_{sh}$ ) ile talaş kalınlığı ( $h$ ) arasında Şekil 3.9'da gösterildiği gibi hiperbol şeklinde bir bağıntı vardır.



Şekil 3.9 Özgül kesme kuvvetinin talaş kalınlığı ile değişimi

Buna göre talaş kalınlığı büyüdükçe özgül kesme kuvveti azalacaktır. Dolayısıyla kesme kuvveti azalacaktır [1].



### 3.2.11 Kesme Sıvıları

Kesme sıvıları kesme sırasında oluşan ısıyı çevreye yayarak ısı miktarının azalmasını sağlar. Ayrıca takımla talaş ve takımla işlenen yüzey arasındaki sürtünmeyi azaltarak takımın aşınmasını önler [10].

Kesme sıvılarının yüksek kesme hızlarında güç ve kuvvetler üzerine etkisi azdır. İyi bir kesme sıvısı düşük ve orta kesme hızlarında gerekli gücün azalmasını sağlar. Ayrıca sıcaklık ve sürtünme azalacağından yüksek devir ve ilerlemelerde çalışmak mümkün olacaktır.

### 3.2.12 Deformasyon

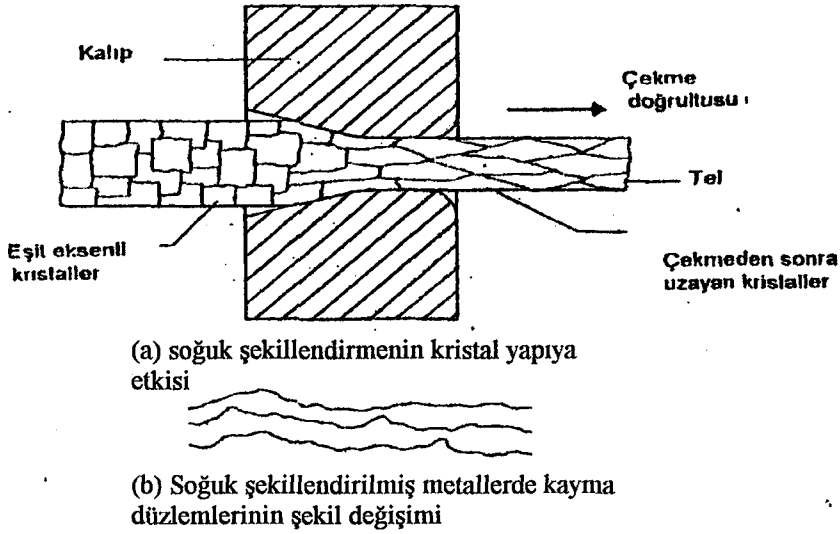
Şekil (3.10a) da bir metal çubuğun kalıp içersinden çekilerek çapının daraltılması ve boyunun uzatılmasının etkileri görülmektedir. Çubuk kalıp içersinden geçirilirken, metal yoğun şekilde plastik şekil değişimine maruz kalmakta ve eşit eksenli kristalleri uzamakta ve şekil değişimine uğramaktadır. Metallerin kristal yapısındaki bu bozulma, metalin aşağıda belirtilen özelliklerine tesir eder.

1. Metalin çekme dayanımı artar. Bunun nedeni metal kafesinin kayma düzlemi boyunca kaydıktan sonra kırılmasıdır. Soğuk şekillendirilen metallerde kayma düzlemi Şekil 3.10b 'de olduğu gibi şekil değiştirmekte ve hareket, birbirine teğet kayma düzlemleri arasında iki zımpara kağıdının sürtünmesine benzer şekilde oluşmaktadır. Bunun anlamı, bir düzlemin diğer düzlem üzerinde hareket edememesi sonucunda metallerin daha dayanıklı olmasıdır. Benzer biçimde, yumuşaklık nedeni metallerdeki kaymadır. Eğer kayma oluşmadan önlenbilirse malzeme daha da sertleşir. Bu nedenle sertlik ve dayanım birbiriyle ilgilidir.

2. Metallerin soğuk şekillendirilmesinde, kayma düzlemleri arasındaki sürtünmenin artmasının sonucu olarak metaller daha sertleşmektedir.

3. Metallerin akma noktaları yükselmekte ve metaller daha uzun elastik bölgeye sahip olmaktadır.

4. Sünelik ve tokluk azalmaktadır. Soğuk şekillendirmede kayma düzlemleri arasında sürtünmenin artması, kaymanın zorlaşması bu sonucu vermektedir. Tokluğun eksikliği (veya kırılabilirliğin artışı) kayma düzlemleri hareketinin bir yansımasıdır.



Şekil 3.10 Soğuk şekillendirmenin metallere etkileri

5. İşlenebilme, soğuk şekillendirme metalleri daha katı yapması nedeniyle işlenebilirlikleri gelişmektedir. Kesme noktasındaki kesme işleminin düzgünlüğü sonucu daha iyi bir yüzey kalitesi elde edilir.

6. Tüm kafes yapıları şekil değişimine uğradığında, elektrik iletkenliği azalır.

Metallerin şekillendirilmesi yoğunlaştırıldığında, bu sıkı çalışma metali kırıncılaştırır veya kırılmasına neden olur. Metallerin plastik şekil değişimi, kristal şekil değişim sıcaklığı altında olduğundan bu metallere "*Soğuk Şekillendirilen Metaller*" denilir. Böylece soğuk şekillendirilen metaller, tahrip olmuş kristal yapıyı korurlar ve yapı içindeki tanımsız değişimler sonucunda, özelliklerinde bazı değişiklikler oluşur. Isıl işleme, tahrip olmuş kristal yapıyı değiştirmek için yeni girişimlerde bulunmaktadır. Tüm uygulamalarda metallerin çoğunun soğuk şekillendirilmesi amaçlanır ve alaşımlar da yaklaşık oda sıcaklığında gerçekleştirilir [11].

## 4. İŞLENEBİLİRLİK

### 4.1 Giriş

İşlenebilirlik, bir metalin tezgah ile işlenmeye karşı gösterdiği tepkidir. İşlenme kabiliyeti talaş kaldırma faktörlerinin aldığı değerlere göre değişir. Bununla beraber malzemeleri aynı işlenme şartları altında birbirleri ile mukayese etmek mümkündür.

Metallerin işlenebilirliğini tanımlamada aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulur:

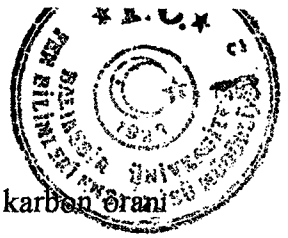
- 1) Verilen bir kesme hızı için uzun takım ömrü veya belirli takım ömrü için yüksek bir kesme hızı,
- 2) İşlenmiş yüzeyin yüksek düzeydeki kalitesi,
- 3) Kolay kontrol için iyi kırılmış taşlar,
- 4) Belli bir miktar malzemeyi kesmek için düşük güç kullanımı,
- 5) Birbirini izleyen iş parçalarının boyutlarının aynı olması,
- 6) Takım bilenmesindeki maksimum metal kesimi,
- 7) Her birim metalin en düşük toplam maliyetle kesimi.

Ayrıca bir metalin işlenebilirliği, büyük derecede kesimi yapan takıma, uygulanan sıvıya ve onun kimyasal analizine, sertliğine, metalurjik yapısına, kesmenin boyutlarına yani kesme işleminin tüm faktörlerine bağlıdır [12].

### 4.2 İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler

#### 4.2.1 Malzemelerin Kimyasal Yapısı

Bir malzemeyi teşkil eden elemanların işlenebilirlik üzerindeki etkileri farklıdır. Çeliklerin en önemli bileşenlerinden olan karbonun etkisi incelendiğinde, % 0.1 - 0.3 arasında karbonun artışı, relatif kesme hızını orantılı olarak az miktarda artırmaktadır. % 0.3 - 0.9 arasında ise relatif kesme hızı, sıcak haddelenmiş, dövülmüş veya normalize edilmiş halde, karbon artışı ile orantılı olarak az miktarda düşmekte ve



tavlanmış halde artmaktadır. 300 Brinell'in üstünde su verilmiş halde ise karbon oranı ne olursa olsun bir tesir görülmemektedir.

% 0.25 - 2.0 oranları arasında manganez, relatif kesme hızı üzerinde olumsuz tesir yapmaktadır. % 0 - 0.15 oranları arasında fosfor, işlenebilirlik üzerine olumlu etki yapmakta, yani relatif kesme hızını orantılı olarak arttırmaktadır. % 0 - 0.3 oranları arasında kükürt, orantılı olarak olumlu yönde etki yaparken, % 0 - 2 arasında silisyum, olumsuz yönde zayıf bir etki yapmaktadır. % 0 - 1.10 arasında krom, orantılı olarak olumsuz yönde tesir göstermekte ve % 0 - 5 arasında nikel, olumsuz yönde oldukça fazla etki yapmaktadır. % 0 - 0.75 arasında molibden ise orantılı olarak olumsuz yönde orta derecede bir tesir yapmaktadır [13].

#### 4.2.2 Malzemelerin Mekanik Özellikleri

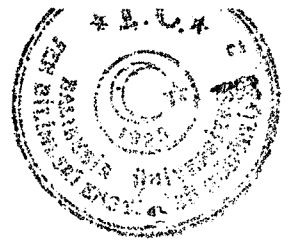
Birçok malzemenin sertliği ile kopma mukavemeti arasında yaklaşık bir ilişki vardır. Aynı şekilde, bu gibi malzemelerin sertliği veya kopma mukavemeti ile işlenme kabiliyeti arasında yaklaşık bir ilişki kurmak mümkündür. Genel olarak, bir malzemenin sertliği veya kopma mukavemeti ne kadar büyükse o malzemenin işlenme kabiliyeti o derece düşüktür. Bununla beraber, aynı sertliğe veya kopma mukavemetine sahip iki malzemenin işlenme kabiliyeti büyük farklılıklar gösterebilir.

Süneklik genel olarak bir malzemenin işlenme kabiliyetini iyileştirmez. Sünek bir malzemenin talaşı takıma yapışır ve körlenmesini çabuklaştırır. Öte yandan sertlik ise takımın aşınmasını hızlandırır. Dolayısıyla süneklik ile sertlik arasında bir yapı, işlenme kabiliyeti bakımından en uygunu olacaktır.

Bunun en iyi örneği çelikte görülebilir. Karbon miktarı az olan çelikler ( $C < \% 0.2$ ) sünektir; bu çeliklerin işlenme kabiliyeti düşüktür. Aynı şekilde karbon miktarı % 2 'den fazla olan çelikler ise sert ve dolayısıyla işlenme kabiliyetleri bakımından kötü bir durum gösterirler.

Çelikler arasında en yüksek işlenme kabiliyetine sahip olan sünekle sertlik arasında bir sınır teşkil ederek yaklaşık % 0.2 karbon içeren çeliklerdir. Demir olmayan hafif metaller genellikle kolay işlenir. Örneğin alüminyumun işlenme kabiliyeti karbon çeliklerine göre 5 veya 6 kez daha yüksektir [2,3].





### 4.2.3 Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetleri gerek takım gerekse parça üzerinde bir takım şekil değiştirmelere neden olarak takım-parça konumunu değiştirirler ve işleme kalitesini etkilerler. Belirli kesme şartları altında bir malzeme ne kadar az kesme kuvveti ile işlenebiliyorsa o malzemenin işlenme kabiliyetinin o derece iyi olduğu kabul edilir.

#### 4.2.3.1 Takım Üzerine Etkileri

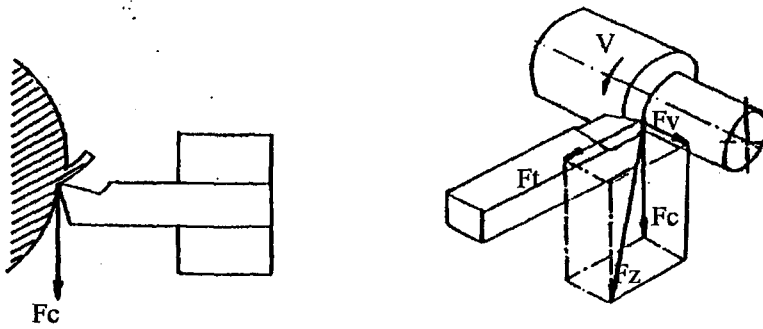
Takım ankastre bir çubuk olarak göz önüne alınırsa (Şekil 4.1 a) ; kesme kuvvetleri takımı şu şekilde etkiler (Şekil 4.1b):

$F_c$  kuvveti, eğilmeye (düşey düzlemde) ve burulmaya;

$F_v$  kuvveti, eğilmeye (yatay düzlemde) ve burulmaya;

$F_t$  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 duruma getirebilir ve  $F_t$  kuvveti de takımı parçadan uzaklaştırabilir.



Şekil 4.1 Kesme kuvvetlerinin takım üzerine etkisi

Talaş kaldırma kuvvetlerinden en önemlisi olan kesme kuvveti  $F_c$  göz önüne alınırsa, bu kuvvetin meydana getirdiği eğilme momenti  $M_e = F_c l$  ve buna bağlı olarak eğilme gerilemeleri ;

$$\sigma_e = \frac{Me}{W} = \frac{6Fl}{BH^2} \leq \sigma_{em} \quad (4.1)$$

şeklinde yazılır. Fc kuvvetinin etkisi altında meydana gelen eğilme şekil değiştirmesi (sehim)

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{4Fl^3}{EBH^3} \quad (4.2)$$

ve buna bağlı olarak takımın rijitliği

$$k = \frac{EBH^3}{4L^3} \quad (4.3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada l, takımın tutturma uzunluğu ; B ve H, takım sapının kesit boyutları ;  $W = BH^2/6$ , eğilme direnç momenti ;  $I = BH^3/12$ , eylemsizlik momenti;  $\sigma_{em}$ , takım malzemelerinin yorulma koşullarına göre hesaplanan emniyet gerilmesidir.

Yukarıdaki bağıntılardan anlaşılacağı gibi, çalışma sırasında takımın kırılmaması için Fc 'nin oluşturduğu normal gerilmelerin, takım malzemesinin mukavemet sınırından daha küçük olması gereklidir (4.1 bağıntısı). Ayrıca işleme kalitesi bakımından şekil değiştirmelerinin de çok küçük yani takımın rijit olması lazımdır. Her iki koşul, takım kesit boyutlarının (B , H) yanı sıra takımın l tutturma uzunluğuna (4.1 ve 4.3) bağıntılarına bağlıdır. Tutturma uzunluğu büyüdükçe normal gerilmeler artar, takımın rijitliği azalır ve aynı kesme kuvveti etkisinde büyük şekil değişimleri oluşur. Dolayısıyla takım tutturma uzunluğu olabildiğince kısa olmalıdır [4].

#### 4.2.3.2 Parça Üzerine Etkileri

Şekil 4.1b 'de parçanın takım üzerindeki etki kuvvetleri gösterilmiştir. Etki tepki kanununa göre bu kuvvetler parçayı zıt yönde etkileyecektir (Şekil 4.2). Bu durumda parça Fc kuvveti ile eğilmeye (düşey düzlemde) ve burulmaya ( $M_b = F_c r$ ) ; Ft kuvveti ile eğilmeye (yatay düzlemde), Fv kuvveti ile de çekmeye ve basmaya zorlanır. Ayrıca punta arası tornalamada S sıkma kuvveti tarafından basma ve



burkulumaya zorlanır. Parça için önemli olan gerilmeler değil de şekil değişimleridir. Birbirlerine dik düzlemde bulunan  $F_c$  ve  $F_t$ 'nin

$$F_r^2 = F_c^2 + F_t^2 \quad (4.4)$$

bileşkesi dikkate alınır ; parçanın punta arası işlendiği Şekil (4.2) ve takımın parçanın tam ortasında bulunduğu durumda sehim,

$$f = \frac{F_r l^3}{48EI} = \frac{4F_r l^3}{3E\pi D_0^4} \quad (4.5)$$

ve buna bağlı olarak parçanın rijitliği

$$k = \frac{3}{4} \times \frac{E\pi D_0^4}{3E\pi D_0^4} \quad (4.6)$$

Parçanın bir taraftan aynaya diğer taraftan da karşı puntaya bağlandığı durumda ve takımın parçanın tam ortasında bulunması durumunda sehim,

$$f = \frac{7}{768} \times \frac{F_r l^3}{EI} = \frac{7}{12} \times \frac{F_r l^3}{E\pi D_0^4} \quad (4.7)$$

ve parçanın rijitliği

$$k = \frac{12}{7} \times \frac{E\pi D_0^4}{l^3} \quad (4.8)$$

olur.

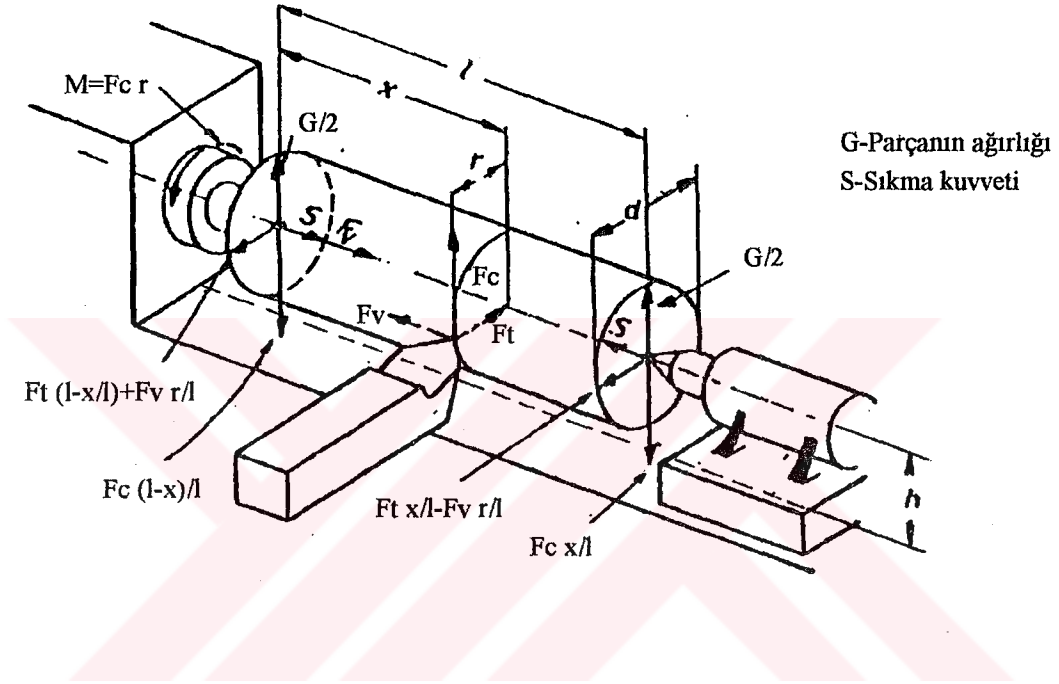
Parçanın sadece aynaya tutturulduğu ve takımın parçanın serbest ucunda bulunduğu halde sehim,

$$f = \frac{F_r l^3}{3EI} = \frac{64F_r l^3}{3E\pi D_0^4} \quad (4.9)$$

ve parçanın rijitliği

$$k = \frac{3E\pi D_0^4}{64l^3} \quad (4.10)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Burada E, malzemenin elastiklik modülü;  $I = \pi D_0^4 / 64$  eylemsizlik momenti;  $D_0$ , parçanın çapıdır. Kaba tornalamada sehim :  $f < 6.2 - 0.4$  mm, ince tornalamada ise  $f < 0.1$  mm olmalıdır [4].



Şekil 4.2 Kesme kuvvetlerinin parça üzerine etkisi.

#### 4.2.4 Kesme Sıvıları

Kesme sıvılarının kullanılmasıyla malzemelerin işlenebilirliği büyük ölçüde artacaktır. Talaş kaldırma sırasında kullanılan sıvıların başlıca özelliği soğutma ve yağlamadır. Soğutma ile, kesme esnasında oluşan ısıyı çevreye ileterek ısı miktarını azaltmak ; yağlama ile de takım talaş ve takım ile işlenen yüzey arasında nüfuz ederek sürtünmeyi azaltmak ve takımın aşınmasını önlemektir.

Sıvıların soğutma fonksiyonlarını iyi bir şekilde yapabilmeleri için yüksek ısı iletme kabiliyetine ve yüksek özgül ısıya sahip olmaları gerekir. Yağlama görevini yerine getirebilmeleri için de, sürtünme yüzeylerinde birkaç molekül kalınlığında, yapışmış bir sıvı tabakası oluşturmaları lazımdır. Sıvıların bu özelliğine ıslatma



kabiliyeti denir. Bu olayda sıvının kimyasal yapısı önem taşır. Tüm sıvılar yapışmış bir tabaka oluşturamaz ; ancak molekülleri polar gruplara sahip sıvılar, özellikler yağlar, yapışmış bir tabaka meydana getirebilirler. Islatma kabiliyetini artırmak için sıvılara az miktarda ilave maddeler katılır [4,10].

Kesme sıvılarının kullanımlarından doğabilecek etkileri de göz önüne alarak, kesme sıvılarından istenen özellikler şu şekilde sıralanabilir :

1. Yüksek ısı iletme kabiliyetine (soğutma özelliğine) sahip olmaları ;
2. Metalik yüzeyler üzerine yapışmış bir sıvı tabakası oluşturabilme kabiliyetine (yağlama özelliğine) sahip olmaları ;
3. Kararlı olmaları, yani özelliklerini uzun süre koruyabilmeleri ;
4. Anti korozyon olmaları, yani paslanmaya yol açmamaları ;
5. İnsan sağlığına zarar vermemeleri ;
6. Ateşleme tehlikesi taşımamaları.

Kesme sıvılarının etkili olmalarında bu sıvıların seçimi ve uygulama yöntemleri önemlidir. Kesme sıvılarının seçiminde önemli olan talaş kaldırma yöntemi ve parça malzemesidir. Çeşitli işleme yöntemlerine ve parça malzemelerine bağlı olarak uygun kesme sıvıları seçilir. Kesme sıvısının debisi yüksek ve basıncı, talaşı uzaklaştırmak ve takım ile parça arasına nüfuz edebilmek için yeterli olmalıdır. Ayrıca iyi sonuçlar elde edebilmek için sıvı jeti, talaşı değil takım ve parçayı soğutmaya çalışmalıdır [4].

Genel olarak kesme sıvıları, emülsiyon yağları, kimyasal yağlar, kesme yağları ve gazlar olmak üzere dört gruba ayrılır.

#### **4.2.4.1 Emülsiyon Kesme Sıvıları**

Bor yağı adını taşıyan bu sıvılar, içinde emülsiyonu kolaylaştıran katkıları bulunan su-yağ karışımıdır. Soğutma kabiliyeti yüksek olan bu sıvılara, polar aditifler katılırsa yağlama özellikleri büyük ölçüde iyileşir. Yüksek soğutma kabiliyeti, temiz çalışma ortamı, ucuz, ateşleme tehlikesi olmayan bu sıvılar çok ağır talaş kaldırma işlemleri dışında yaklaşık tüm hızlarda ve işlemlerde kullanılır.



#### **4.2.4.2. Kesme Yağları**

Genellikle mineral yağlar veya bunlara katılan domuz yağı, kunduz yağı gibi polar aditifli veya kükürt ve klorit gibi kimyasal aditifli yağlardır. Kesme yağları genellikle alüminyum, magnezyum ve kükürtlü otomat çelikleri için kullanılır.

#### **4.2.4.3. Kimyasal Yağlar**

Kimyasal veya sentetik kesme sıvıları, suya bazı kimyasal maddelerin katılması ile elde edilir. Bu sıvılar, katılan maddelere göre aditifli ve aditifsiz olmak üzere iki gruba ayrılır. Birinci grup çok iyi soğutma özelliğinin yanı sıra, yağlayıcı ve korozyona karşı koruyucu gibi özelliklere sahiptir. Bu sıvılar yüksek kaliteli kesme sıvıları gerektiren işlemlerde kullanılır.

#### **4.2.4.4. Gazlar**

Havanın iyi bir soğutma ve çok az da olsa bir yağlama etkisi vardır. Bu bakımdan kesme sıvısı kullanılmayan kuru talaş kaldırmada çevrede bulunan hava bir kesme akışkanı görevini yapar.

#### **4.2.5 Takım Aşınması**

Talaş kaldırma ile kesici uç kullanılamaz hale gelinceye kadar aşınabilir veya bozulabilir. Takım aşınmasına talaş kaldırma sırasında meydana gelen sıcaklık ve sürtünmeler neden olur. Sürtünme, talaş ile takımın talaş yüzeyi ve işlenen yüzey ile takımın serbest yüzeyi arasında meydana geldiğinden aşınma, talaş yüzeyinde, serbest yüzeyinde veya her iki yüzeyde de meydana gelebilir. Talaş ve serbest yüzeydeki sürtünmeler farklı olduğundan bu yüzeylerdeki aşınmalarda farklı olacaktır. Serbest yüzeyde aşınma normal bir malzeme kaldırılması şeklinde, talaş yüzeyinde ise bir oyuk (krater) biçiminde meydana gelir.

Takım aşınması : Takım ve parça malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı gibi bir çok faktöre bağlıdır.

Takım genelde şu olaylar meydana geldiği durumda aşınmış sayılır : Serbest yüzeyde aşınma bölgesinin belirli bir boyuta ulaşması ; talaş yüzeyinde krater veya başka aşınma çeşitlerinin meydana gelmesi ; kesme ağzından küçük parçacıkların kopması, kesme kuvvetinin ve gücün aniden artması [4,14].

Takım aşınması işlenen yüzeyin kalitesini bozacağından malzemelerin işlenebilirliğini olumsuz yönde etkileyecektir.

#### 4.2.6 Kesme Hızı ve Takım Ömrü

Takımın iki bileme arasındaki çalışma zamanına *takım ömrü* denilir. 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. Kesme hızı veya takım ömrü ne kadar büyükse o malzemenin işleme kabiliyetinin o derece iyi olduğu kabul edilir.

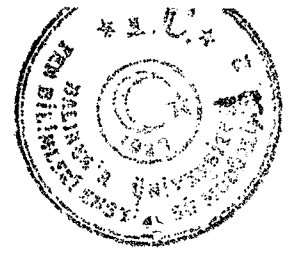
Taylor, işleme operasyonlarının ekonomikliğinin kesme takımının kapasitesine bağlı olduğunu ortaya koymuştur. O, hızlı kesme hızlarında düşük kesme hızları kadar arzu edilmediğine işaret etmiştir. Çünkü birincisi sık sık takım değiştirmeyi gerektirir, ikincisi ise düşük üretim çıktısı verir. Uygun bir hız ve buna karşılık gelen takım ömrünün var olduğu düşünülmüştür. Bu Taylor'u takım ömrü ile kesme hızı arasındaki ilişkiyi analiz etmeye itmiştir.

Taylor'un deneyi takım ömrünün hız ile değişimini aşağıda belirtilen denklemin gösterdiğini ortaya koymuştur.

$$V T^n = C \quad (4.11)$$

veya

$$\frac{V}{V_r} = \left( \frac{T_r}{T} \right)^n \quad (4.12)$$



Burada ;

T : Takım ömrü (dak)

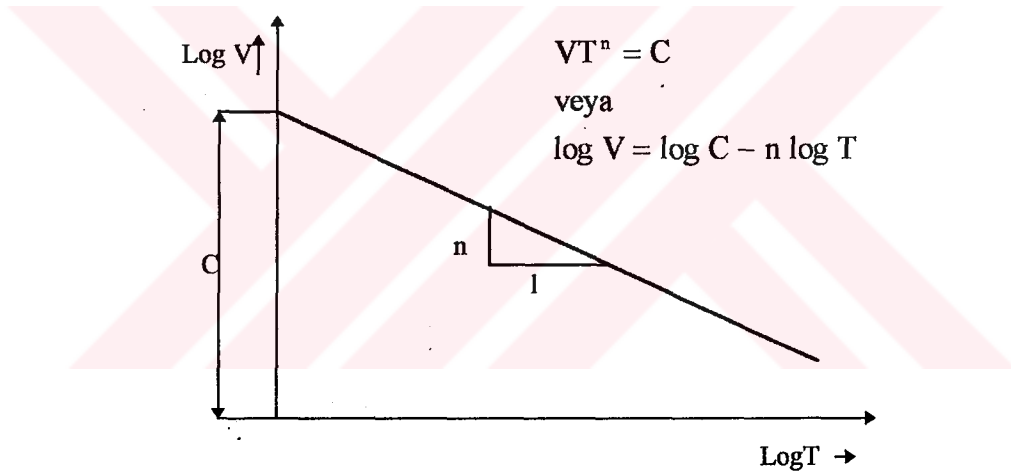
V : Kesme hızı (m/dak)

n : Test edilen durum için sabit

C : Hesaba katılmayan bazı değişkenlere bağlı sabit

Vr : Belirli bir takım ömrü (Tr) nü veren kesme hızıdır.

C parametresi bazan "Taylor sabiti" olarak bilinir. Bir dakikalık kalem ömrü için kesme hızını gösterebilir (Denklem 4.12). Eğer 4.11 eşitliği logaritmik koordinatlarda gösterilirse eğrinin eğimi n sabitini verir. Hız eksenindeki kesişi C' yi verir ( Şekil 4.3). Genelde n daha çok kalem malzemesinin bir fonksiyonudur [15].

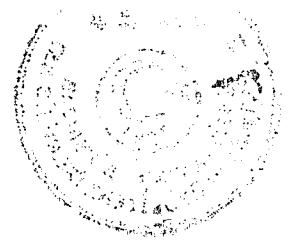


Şekil 4.3 Taylor-kalem ömrü denkleminin grafiksel gösterimi.

Çeşitli takım aşınmaları takım ömrünü belirlemede kullanılabilir. Bunlar,

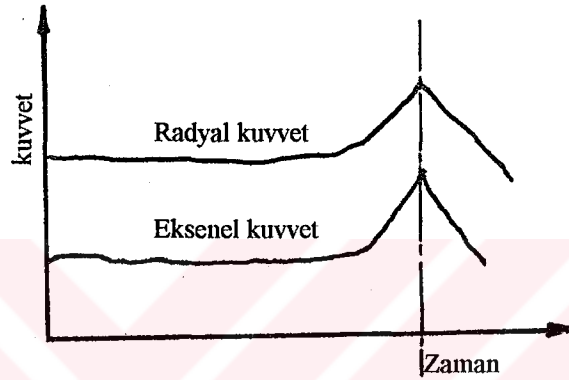
- 1) Kesme kenarında oluşan çentik ve düzgün çatlaklar,
- 2) Temizleme yönündeki kırılma parçasının büyüklüğü,
- 3) Oyuk (krater) derinliği veya talaş yüzündeki oyuğun diğer parametreleri,
- 4) Takımı kıran malzemenin hacmi ve ağırlığı,
- 5) Takımın tamamen parçalanması,
- 6) Parça boyutlarındaki değişimin sınır değeri,
- 7) Kesmeyi yapmak için gereken güç veya kesme kuvvetlerindeki sabit artıştır.





#### 4.2.6.1 Schlesinger Kriteriyası

Kesim 4.2.6 'da değinildiği gibi takım ömrü, takım ömrünün sona erdiği noktayı belirlemede kullanılan kriteriyaya bağlıdır. Bu kriteryalardan birisi de Schlesinger kriteriyasıdır. Schlesinger takımın kırılması sırasında, kesme kuvvetlerinin yatay bileşkenlerinin normal kesmedeki değerlerden çok daha büyük değerlere arttığını farkettiler. Bu, Şekil 4.4 'te gösterilmiştir.



Şekil (4.4) Schlesinger Kriteriyası.

Bu özelliğın avantajını kullanarak, kesme kuvvetlerinin yatay bileşenini ölçebilen ve kontrol eden dinamometre kullanılabilir ve takım ömrünün sona erip ermediğine karar verilebilir [15].

#### 4.2.7 Talaş Kaldırma Ekonomisi

Verilen bir kesme hızı için Taylor denklemi, belirli bir kesinlikle takım ömrünü kestirebilse bile, maksimum üretim veya parça başına minimum masraf için kalem ömrünün ne olması gerektiğini cevaplayamaz. Aşağıdaki denklemler bu soruları cevaplayacaktır [15].

Maksimum üretim için kalem ömrü :

$$T = \left( \frac{1}{n} - 1 \right) K_2 \quad (4.13)$$

Parça başına minimum masraf için kalem ömrü :

$$T = \left( \frac{1}{n} - 1 \right) \left( \frac{K_2 K_3 + K_4}{K_3} \right) \quad (4.14)$$

Burada :

T : Takım ömrü,

n : Takım ömrü eğrisinin eğimi

K<sub>2</sub> : Kalem başına kalem değiştirme zamanı

K<sub>3</sub> : Kalem bileme masrafı

K<sub>4</sub> : Oparatör masrafı + ana maliyet, dakika başına T<sub>1</sub>'dir

#### 4.2.8 Güç Gereksinimleri

Belirli kesme şartları altında bir malzeme ne kadar az güç sarfiyatı ile işlenebiliyorsa o malzemenin işlenme kabiliyeti o derece iyidir [8].

##### 4.2.8.1 Takımdaki Beygir Gücü :

$$h_{pc} = \frac{F_c V}{4500} \quad (4.15)$$

denklemlerle hesaplanır. Burada;

$h_{pc}$  : Takımdaki beygir gücü,

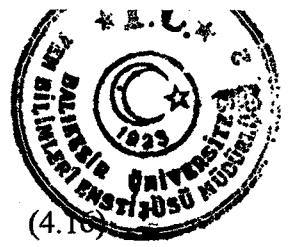
V : Kesme hızı (m/dak),

$F_c$  : Teğetsel kesme kuvveti bileşeni (daN) 'dir.

Besleme kuvveti büyüklük olarak hesaba katılsa bile besleme hızı o kadar küçüktür ki kalemi beslemek için gereken beygir gücü ihmal edilebilir [16].

##### 4.2.8.2 Spesifik Güç Tüketimi

Spesifik güç tüketimi veya birim beygirgücü  $W_p$ , dakika başına bir santimetre küp oranındaki bir malzemeyi kesmek için gereken beygir gücü olarak tanımlanır [16].



$$W_p = \frac{h_{pc}}{Vfd}$$

(4.16)

Burada ; V : m/dak , f : mm/dak ve d(mm) cinsindedir. veya

$$W_p = \frac{Fc}{4500fd}$$

(4.17)

yazılabilir.

#### 4.2.9 Takım Malzemeleri

Bir metalin işlenebilirliği büyük ölçüde kesimi yapan takıma bağlıdır. Parça malzemesine nüfuz etme, talaş kaldırma sırasında oluşan kuvvetler, basınçlar, darbeler, ısı oluşumu, aşınma gibi olaylar ve ekonomik faktörler göz önüne alırsa takım malzemesinin sahip olması gereken özellikler aşağıda gösterildiği gibi sıralanabilir.

1. Yüksek Sertlik ;
2. Yüksek eğilme mukavemeti, basma mukavemeti ve tokluk ;
3. Yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklılık ;
4. Kolay işlenebilmesi ;
5. Ucuz olması.

Tüm bu özelliklere sahip olan bir takım malzemesi yoktur. Genellikle yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı takım malzemeleri, eğilme, basınç ve darbelere karşı mukavemetleri düşük, zor işlenebilen ve pahalı malzemelerdir.

Talaş kaldırma işleminde önemli olan veriler bir iş için en uygun takım malzemesini seçmektir. Seçim şu faktörlere göre yapılır :

Parça malzemesi, talaş kaldırma yöntemi, tezgahın özellikleri, takımın boyutları ve şekli, soğutma sistemi, fiyatı.

Takım malzemeleriyle ilgili önemli bir kavram da kızıl sertliktir. Kızıl sertlik, takımın kesici ucunun kızıl sıcaklığa ulaştığı halde kesme kabiliyetini gösteren bir



özelliğidir. Başka bir deyişle, kızıl sertliğe sahip malzemeler, yüksek sıcaklıkta sertliklerini kaybetmezler. Dolayısıyla bu malzemeler yüksek kesme hızlarına sahiptir.

Takım malzemelerinin seçimini kolaylaştırmak amacıyla aşağıda özet olarak takım malzemelerinin özellikleri verilmiştir [4].

**1. Karbon Takım Çeşitleri :** Maksimum çalışma sıcaklıkları 200°C-250°C arasında ve 10 m/dak 'lık maksimum kesme hızları vardır. Günümüzde bu çelikler hemen hemen hiç kullanılmazlar.

**2. Düşük Alaşımli Takım Çelikleri:** Düşük alaşımli takım çeliklerinin kesme özellikleri, karbon takım çeliklerinininkinden pek farklı değildir. Bunların çalışma sıcaklığı 250°C...300°C 'yi geçmez. Özel haller için kullanılırlar.

**3. Hız Çelikleri:** Küçük kesme hızları için hemen hemen bütün talaş kaldırma alanlarında kullanılır. İyi eğilme mukavemetine sahiptir. Çalışma sıcaklığı 600°C 'ye kadar çıkabilir.

**4. Sert Metaller:** Büyük kesme hızlarında, tüm talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Sert, sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklı, fakat eğilme mukavemetleri düşüktür.

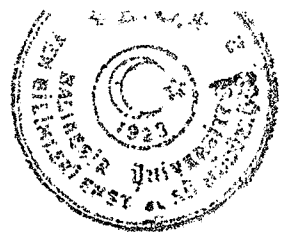
**5. Seramikler:** Sertlikleri çok yüksek, fakat darbe ve eğilme mukavemeti çok düşük olan bu malzemeler ince talaş kaldırma işlemleri için kullanılır. Kullanma alanları sınırlıdır.

**6. Elmaslar:** Çok pahalı olan elmaslar, diğer takım malzemelerinin kullanılması çok zor ve imkansız olduğu durumlarda kullanılır. Uygulama alanları sınırlıdır.

Aşağıdaki çizelge takım malzemelerinin sıcaklık ile ne derece değiştiğine dair ortalama bir fikir vermektedir. Burada takım malzemelerinin sertlikleri RC olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1 Takım malzemelerinin sertliklerinin sıcaklık ile değişimi.

MALZEME	SICAKLIK (° C)							
	0	200	300	400	500	600	700	800
Karbon Çeliği	70	67	63	48	10	-	-	-
Hız Çeliği	65	64	63	63	60	55	28	-
Sert Metaller	-	-	-	-	-	-	70	65
Seramik	-	-	-	-	-	-	-	70



### 4.3 Deneyde Kullanılan Malzemelerin İşlenebilirliği

#### 4.3.1 Çeliklerin İşlenebilirliği

Çeliklerde karbon oranı yükseldikçe iç yapıda yumuşak ferrit fazının yanında sert ve gevrek olan demir karbür fazının miktarı artar, şekil değiştirme zorlaşır, işleme kabiliyetleri azalır, sertlik ve mukavemet artar, buna karşılık süneklik azalır. Çeliklerin elastisite modülleri karbon oranına bağlı değildir. Düşük mukavemetli yumuşak çeliklerle yüksek mukavemetli çeliklerin elastisite modülleri aynıdır.

Düşük karbonlu çeliklerde mukavemet düşük olmakla beraber tokluk yüksektir. Yüksek karbonlu çeliklerde mukavemet yüksek fakat tokluk düşüktür. Çeliklere şekil verme işleminin uygulandığı sıcaklığın düzeyi mekanik özellikleri etkiler.

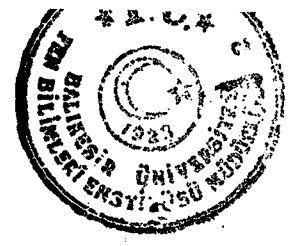
Düşük karbonlu çeliklerin sertlik ve mukavemetleri düşüktür, kolay işlenir ve kolay kaynak yapılabilir. Su verme ile sertleştirilemezler, sertlik ve mukavemetleri soğuk şekil verme ile artırılır. Genel amaçlar için kullanılan en ucuz çeliklerdir.

Orta karbonlu çeliklerin mukavemetleri ve toklukları yüksektir. Plastik şekil vererek işlenebilirler. Şekil verildikten sonra su verme ile sertlik ve mukavemetleri bir kaç kat artırılabilir. Bu çelikler genellikle yapılarda, makina parçaları buhar kazanları, demiryolu rayları gibi mukavemet istenen yerlerde kullanılır.

Yüksek karbonlu çeliklerde sertlik ve mukavemet yüksek olmakla beraber süneklikleri ve toklukları düşüktür. Şekil vermek zordur. İşleme kabiliyetleri iyi değildir. Bu çelikler genellikle takım, kalıp ve yay çelikleri olarak kullanılırlar [17].

#### 4.3.2 Alüminyum ve Alaşımlarının İşlenebilirliği

Alüminyum ve alaşımları hafifliği ısı iletkenliği ve elektrik iletkenliğinin yoğunluğa oranının yüksek oluşu ve korozyona dayanıklılığı nedeniyle uçak üretimi, gıda ve kimya endüstrisi, otomotiv ve gemi endüstrisi, makina ve cihaz yapımı mimari ve inşaat alanında geniş çapta kullanılmaktadır.



Çizelge 4.2 Alüminyumun fiziksel ve mekanik özellikleri.

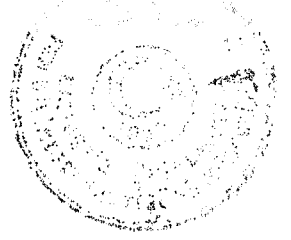
Yoğunluk	$g/cm^3$	2.70
Elektrik Direnci	$(\Omega mm^2/m) \times 10^2$	2.66
Isı İletkenliği	$call cm^2 /cm ^\circ C$	0.52
Isıl Genleşme Katsayısı	$(mm/mm^\circ C) \times 10^{-6}$	240
Erime Sıcaklığı	$^\circ C$	660
Çekme Dayanımı	$N/mm^2$	91.5
Uzama	%	40
Sertlik	HB	20

Saf alüminyumun direnci az olduğundan, alüminyuma alaşım elementleri katılarak yüksek uzama kabiliyeti, korozyona dayanıklılık ve yüksek mukavemet gibi özellikler kazandırılır. Bu özellikleri kazandıran elementler magnezyum, manganez, silisyum, bakır ve çinko olup düşük miktarlarda bile istenilen amaca ulaştırırlar. Saf alüminyumun yumuşak ve lifli olması nedeniyle işlenebilirliği alaşımları kadar iyi değildir [18].



Çizelge 4.3 Alüminyum Alaşımlarının kimyasal ve fiziksel özellikleri

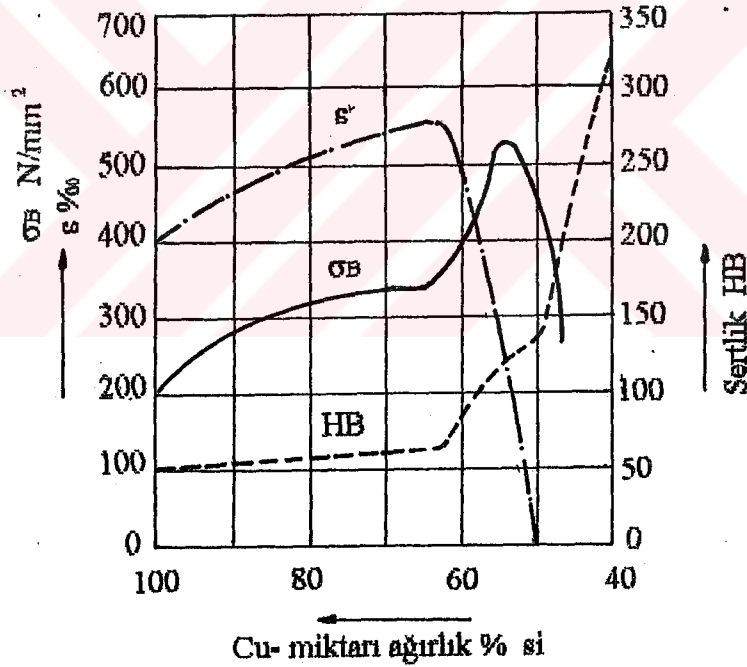
ALAŞIM NO	2011-T8	2014-T4	2014-T6	2024-T4	2024-T6	2030-T4	3003-H18	5052-H38	6061-T6	6063-T6	6351-T6S1	7001-T6	7075-T6	
MİNİMUM KİMYASAL BİLEŞİM	Si		0,8	0,8					0,6	0,40	1,0			
	Cu	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0	0,12	0,27			2,1	1,6	
	Mn		0,8	0,8	0,6	0,6	1,8	1,2			0,6			
	Mg		0,30	0,30	1,5	1,5	1,0		2,3	1,0	0,7	0,6	3,0	2,5
	Cr								0,25	0,20			0,30	0,30
	Zn												7,4	5,6
	Pb													
		0,6					1,2							
ERİME NOKTASI °C	535 643	510 640	510 640	500 640	500 640	510 640	640 655	630 650	580 650	600 650	590 645	460 630	475 640	
GENLEŞME KATSAYISI														
ISIL İLETKENLİK	172	134	135	125	151	120	140	89	167	201	93	130	130	
ELEKTRİK İLETKENLİK Ω mm /m	0,038	0,051	0,043	0,057	0,045	0,057	0,04	0,05	0,04	0,033	0,038	0,048	0,052	
İŞLENİBİLİRLİK	ÇOK İYİ	İYİ	İYİ	İYİ	İYİ	ÇOK İYİ	İYİ	ORT A	ORT A	İYİ	İYİ	İYİ	ÇOK İYİ	
MUKAVEMET	ÇEKME M	31,6	29,5	42,2	3,3	40,1	23,5	19	26	28,1	21,8	30,2	64,0	51,3
	KOPMA M	41,5	43,6	49,2	47,8	48,5	37,5	20,4	29,5	31,6	24,6	34,5	68,9	58,4
	% UZAMA	12	20	13	19	10	7	10	8	17	12	13	9	11
BRINELL SERTLİĞİ HB	110	105	135	120	125	100	55	77	95	73	95	160	150	



### 4.3.3 Pirinçlerin İşlenebilirliği

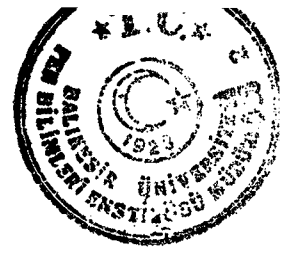
Pirinç, bakırın çinko ile olan bir alaşımıdır. Çinko oranı genellikle % 15 'ten başlar ve en fazla % 40 artırılır. Talaş kaldırılarak iyi işlenebilir. Pirinçlere kurşun katılması halinde talaş kaldırılarak işlenebilme özelliği daha da artar, fakat sıcak şekillendirme kabiliyeti azalır. Pirincin yoğunluğu çinko miktarına göre  $8.5 \text{ g/cm}^3$  'tür. Bakırın elektriki iletkenliği ; % 10 Zn ile alaşımlandırıldığında % 60, % 40 Zn ile alaşımlandırıldığında % 75 azalır.

Şekil 4.5 'te görüldüğü gibi, artan çinko miktarı ile çekme mukavemeti ve sertlik hafif artarken, deformasyon miktarı çok fazla artar. Pirinçler saç, boru, band, tel ve profil halinde üretildikleri gibi ayrıca döküme de elverişlidirler. Binalarda, deniz taşıtlarında, vana, musluk gibi parçaların üretiminde kullanılır [18].



Şekil 4.5 Bakır miktarına bağlı olarak, yumuşak pirincin, mukavemet, sertlik ve kopma uzaması değerlerinin değişimi.





Çizelge 4.4 Pirinçlerin kimyasal ve mekanik özellikleri

Gösterilişi	Malzeme No	DIN 1750 ye göre durum	% Bileşim			Kopma mukavemeti daN/mm2	Kopma Uzaması % δs	Brinel Sertliği daN/mm2
			Cu	Zn	Pb			
Ms 56	2.0410.08	F45 Haddelenmiş	54-57	Kalan	Max.2,5	45	10	110
Ms 58	2.0400 .10	F37 Yumuşak	57-52,5	Kalan	1-3	37	25	90
	.26	F44 Yarı Sert				44	8	115
	.30	F51 Sert				51	5	140
Ms 60	2.0360 .10	F34 Yumuşak	59,5-62	Kalan	-	34	30	80
	.26	F41 Yarı Sert				41	16	100
	.30	F48 Sert				48	8	130
Ms 60 Pb	2.0370 .10	F34 Yumuşak	59,5-62	Kalan	0,3-3	34	30	80
	.26	F41 Yarı Sert				41	16	100
	.30	F48 Sert				48	8	130
Ms 63	2.0320 .10	F30 Yumuşak	62-65	Kalan	-	30	45	70
	.26	F38 Yarı Sert				38	20	100
	.30	F45 Sert				45	10	130
Ms 63 Pb	2.0330 .10	F30 Yumuşak	62-65	Kalan	0,2-3	30	45	70
	.26	F38 Yarı Sert				38	20	10
	.30	F45 Sert				45	10	130
Ms 67	2.0280 .10	F29 Yumuşak	66-69	Kalan	-	29	45	70
	.26	F37 Yarı Sert				37	20	10
	.30	F44 Sert				44	10	130
Ms 72	2.0260 .10	F28 Yumuşak	69,5-73	Kalan	-	28	44	70
	.26	F36 Yarı Sert				36	20	100
	.30	F43 Sert				43	10	125
Ms 80	2.0250 .10	F27 Yumuşak	78-82	Kalan	-	27	43	65
	.26	F33 Yarı Sert				33	18	95
	.32	F50 Sert				50	4	150
Ms 85	2.0240 .10	F26 Yumuşak	83-87	Kalan	-	26	42	60
	.26	F32 Yarı Sert				32	16	90
	.30	F38 Sert				38	8	115
Ms 90	2.0230 .10	F24 Yumuşak	88-92	Kalan	-	24	41	60
	.26	F20 Yarı Sert				30	14	80
	.30	F36 Sert				36	7	110



## 5. KESME KUVVETLERİNİN PRATİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

### 5.1 Giriş

Tezgahta işleme sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri, dolaylı olarak tüketilen gücün bulunmasıyla hesaplanabilir veya dinamometrelerin kullanılmasıyla direkt olarak ölçülebilir.

Bu bölümde öncelikle bir dinamometrenin sahip olması gereken özellikleri üzerinde durulacaktır. İkinci olarak farklı tiplerdeki dinamometrelerin çalışma prensipleri, avantajları ve dezavantajları üzerinde durulacaktır [19].

### 5.2 Bir Dinamometrenin Sahip Olması Gereken Özellikler

Bir dinamometreden istenen özellikler iki grupta toplanabilir. Bunlar; "*Genel karakteristikler*" ve "*Özel karakteristikler*"dir. Genel karakteristikler denince, dinamometrenin rijitliği, hassaslığı, enine hassaslığı ve hysteresizliği anlaşılır. Özel karakteristikler denince tasarım seçimi, Örneğin bir dinamometrenin takım üzerine mi yoksa iş parçası üzerine mi monte edileceği anlaşılır [19].

#### 5.2.1 Rijitlik ve Hassaslık

Bir dinamometrenin önceden istenen iki özelliği rijit ve hassas olmasıdır. Dinamometre, normal kesme işlemine etki eden önemli miktardaki takım sapmalarını önlemek için rijit olmalıdır.

Ayrıca dinamometre eğilmeye ve bükülmeye karşı dayanıklı, zamanla kuvvet değişimlerini ölçebilecek yeterli hassasiyette olmalıdır.

Dinamometrenin kesme kuvvetlerini ölçebilmesi için dinamometrenin tabii frekansı, kesme takımının maruz kalabileceği maksimum frekanstan 4-5 kat daha yüksek olmalıdır.

Sönümlenmemiş tabii frekans ;

$$W = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ denklemiyle verilir.} \quad (5.1)$$

Burada ;

$k$  = Yay sabiti ( $k$ 'nın yüksek olması yayın sağlamlığını vurgular)

$m$  = Dinamometrenin kütlesi

Yüksek tabii frekans için arzulanan özellik düşük kütle ile uyum içinde olan yüksek yay sabitidir. Dinamometre hem düşük ağırlıkta olmalı, hem de güvenilir ve sağlam olmalıdır.

### 5.2.2 Enine Hassaslık

Bir dinamometre iki veya daha fazla kesme kuvveti bileşenlerini ölçmek üzere dizayn edilmiş ise enine hassasiyeti önlemek için önemli ölçüde tedbir almak gerekir.

Bir yöndeki bir kuvvetin tatbiki, ona dik yönde başka bir kuvvetin okunması veya kaydedilmesine dinamometreyi zorluyorsa enine hassaslık meydana gelir.

Eğer bu iki taraflı kuvvet ölçüm elemanlarının birbirine karışması söz konusu olursa kuvvet bileşenlerini belirleyebilmek için bir benzer denklemler serisinin çözümünün yapılması gerekir.

### 5.2.3 Hysteresis

Bir kesme kuvveti dinamometresi lineer kalibre eğrisine sahip olmalıdır. Hysteresislik göstermemelidir.

Hysteresis, yük altında veya yüksüz durumda kuvvet - uzama ( $\epsilon$ ) eğrilerinde meydana gelen bir farklılık nedeniyle dinamometrelerde bir etkinin görülmesi olayıdır.



#### 5.2.4 Dinamometre Tasarımı üzerine Düşünceler

Genel karakteristiklere ilave olarak kesme kuvveti dinamometreleri için çok sayıda tasarım seçimi söz konusudur. Uygun bir dinamometre seçimi için tasarıma ışık tutacak aşağıda belirtilen soruların göz önünde bulundurulması gereklidir:

1. Sistemde etkili olan kuvvetlerin ölçülmesi mi, yoksa kuvvet uygulaması sonucunda ortaya çıkan hız ya da ivme mi daha önemlidir ?
2. Kuvvetin uygulama noktasını bilmek önemli midir ?
3. Bileşke kuvvet vektörünün yönü bilinmeli mi yoksa tayın mi edilmelidir ?
4. Bir sistemde birbirini etkileyen kuvvetler varsa reaksiyon kuvvetini mi yoksa normal kuvveti mi ölçmek daha kolaydır ?
5. Maksimum, minimum ve ortalama kuvvet değerleri nedir ? Bunlar ne kadarlık doğruluk ve kararlılık gerektirirler?
6. Gelip geçici kuvvetler için kuvvet ölçme sisteminin dinamik karakteristikleri kuvvet değişimlerini izlemede ne kadar gereklidir ?

Bu soruların ışığı altında dinamometreler tasarlanmalıdır. Kesme kuvveti dinamometrelerini monte etmek için de yukarıdaki soru listesi göz önünde bulundurulur. Kuvvet kesme sistemini kesme takımı üzerine mi yoksa iş parçası üzerine mi monte edileceğine ait karar, iş parçasına tatbik edilecek kuvvetin ölçülmesinin kesme işlemi devam ederken değişip değişmediğine bağlıdır.

Pekçok uygulamada dinamometreyi dönen bir eleman üzerine yerleştirmek mümkün olmasına rağmen, sabit bir eleman üzerine yerleştirmek daha uygun olacaktır. Birinci durumda kayıcı ringler kullanılmalıdır [19].

#### 5.3 Kesme Kuvveti Dinamometrelerinin Prensipleri ve Örnekleri

Metal kesme işlemlerinde meydana gelen kesme kuvvetleri çeşitli mekanik, hidrolik ya da pnömatik dinamometrelerden doğrudan veya çeşitli tipteki elektromekanik dinamometrelerden doğrudan ölçülebilir.

Sürekli kullanılan önemli kuvvet ölçüm tekniklerinde, kesme kuvveti dinamometrenin elastik kısmına uygulanır ve sonuçta bu elastik parçanın esnemesi ölçülür. Eğer uygulanan kuvvetle sonuçta doğan esneme arasında uygun bir kalibrasyon eğrisi varsa kesme kuvveti de buradan bulunabilir.

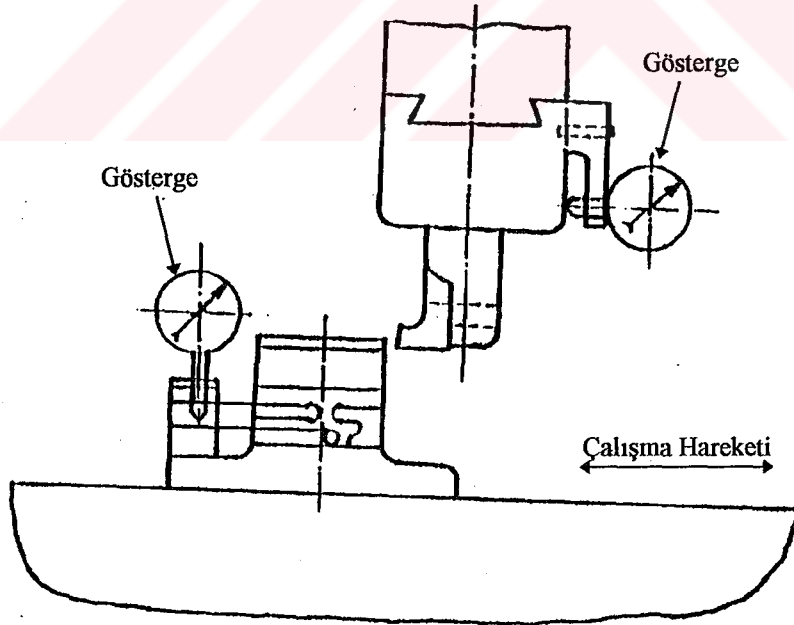
Bir dinamometre 10-1000  $\mu\text{in}$  (0.25-25.4 mm)' lik mertebelerdeki küçük esnemeleri ölçebilecek kapasitede olmalı, aynı zamanda da sağlam olmalıdır [20].

### 5.3.1 Kadran Göstergeli Dinamometreler

Başlangıçta pekçok kesme kuvveti dinamometresi ölçme elemanları kadranlı (ibrelili) idi. Şekil 5.1 'de tornalama için basit iki kadran (ibre) kullanan dinamometre gösterilmektedir. Kullanılan ibrenin doğruluğu 0,001" (0,03mm) dir. Bununla beraber kollu sistemlerde daha yüksek doğruluk elde edilebilir.

Mekanik sistemlerin kendiliğinden olan atalet etkisi bu tip dinamometrede geri çekişi olarak kendini gösterir.

Özellikle bu gibi durumlarda kuvvetler hızlı değişir. Ayrıca kadranın ibresi statik şartlar altında sıkışma ve oynamaya maruz kalır [20].

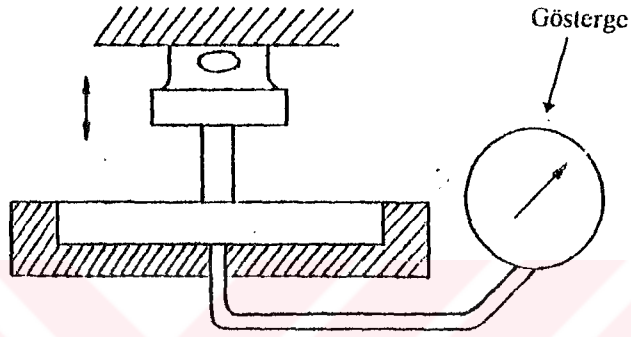


Şekil 5.1 Kadran göstergeli dinamometrenin şematik görünüşü



### 5.3.2 Hidrolik Basınç Dinamometreleri

Hidrolik basınç, basınç ölçücülerle izlenen takım kuvvetlerinin üzerinde bulunduğu dinamometreleri çalıştırmada kullanılmıştır. Şekil 5.2, bu prensiple çalışan bir dinamometreyi göstermektedir. Bununla beraber, bunlar elde edilen veriyi sürekli kaydedecek şekilde üretilmediklerinden kullanılmaları mümkün olmamıştır [20].



Şekil 5.2 Hidrolik basınç dinamometresinin şematik görünüşü.

### 5.3.3 Pnömatik ve Optik Dinamometreler

Pnömatik ve optik prensiplerin birleştirilmesiyle doğan teknikler kesme kuvvetlerini ölçmek için geliştirilmiştir. Bu prensipleri metal kesme dinamometrelerine tatbik etmek kolay değildir. Bu nedenle kullanılmaları da sınırlı olmuştur [20].

### 5.3.4 Elektro Mekanik Dinamometreler

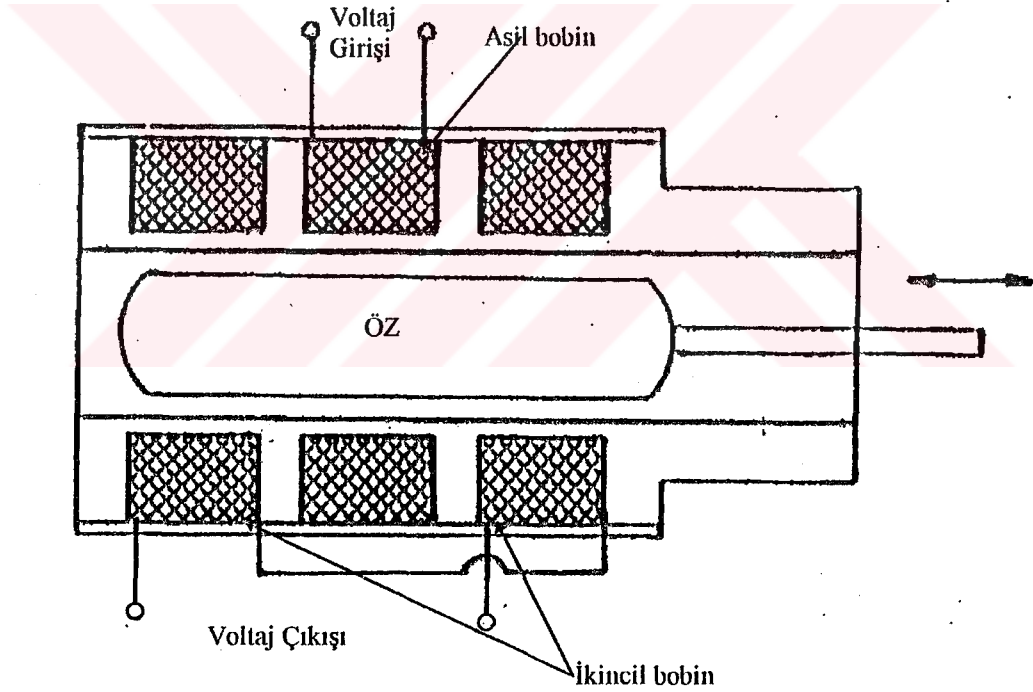
Pek çok kesme kuvveti dinamometresi elektromekanik tipteki kategori içinde değerlendirilir. Elektrik yer değişim ölçüm aletleri, diferansiyel dönüştürücüleri, magnetik straingauge'ler ve çok çeşitli tel direnç tipli straingauge'leri ihtiva eder [20].

### 5.3.4.1 Diferansiyel Dönüştürücü Dinamometreler

Şekil 5.3 'te resmi görülen bu dinamometrede, genel olarak hareket edebilme kabiliyetine sahip olan öz'le eksen boyunca üzerine monte edilmiş biri asıl, ikisi ikincil derecede önemli bobin kullanılır.

Alternatif akımla asıl bobine ikaz verilir ve hareket edebilen öz'ün yer değiştirmesi sonucu ikincil bobinlerin yer değiştirmesi orantılı bir şekilde olur.

İkincil bobinler, her biri diğerinin zıtına sarıldığı için öz merkez pozisyonda olduğu zaman net çıkış yoktur. Bu prensip kesme kuvveti dinamometreleri için başarılı bir şekilde kanıtlanmıştır ve tork ölçümleri için çok idealdir [20].

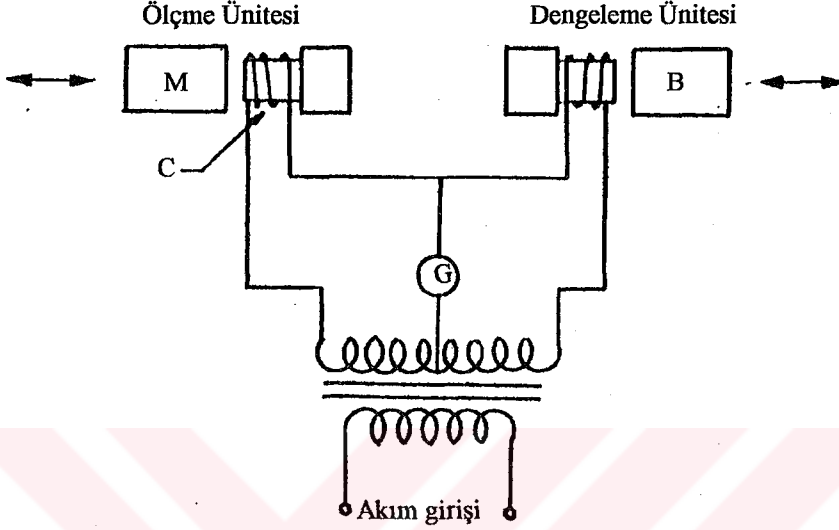


Şekil 5.3 Diferansiyel dönüştürücü dinamometre.

### 5.3.4.2 Magnetik Straingauge Dinamometreler

Magnetik dinamometrelerin çalışma prensibi Şekil 5.4 'te şematik olarak gösterilmiştir. C bobininden M magnetiğine doğru (kesme kuvvetinden dolayı) yer değişim G galvanometresinin içinden sürekli bir akım meydana getirir. Doğrudan

orada ölçüm yapılır ya da B dengeleme ünitesi galvanometrenin içinden hiçbir akım geçmeyecek şekilde sistemi ayarlamak için kullanılır. Bu basit, emniyetli olan aletin hassaslığı yaklaşık 100  $\mu\text{in}$  (2.54 mm) dir [20].



Şekil 5.4 Magnetik strain gauge dinamometresinin şematik görünüşü.

### 5.3.4.3 Tel Dirençli Strain gauge Dinametreleri

Tel dirençli strain gauge algılayıcıları tel gerildiği zaman ya da kısaldığı zaman telin elektrik direncinin değişmesi esasına dayanır. Tel dirençli strain gauge'lerin iki tipi vardır. Birincisi *bağlı olan tip* ikincisi ise *bağlı olmayan tip*. Bağlı olan tip en yenisi ve en çok kullanılanıdır. Şekil 5.5 'te böyle bir tel dirençli strain gauge yaklaşık olarak 0.001 in.(0.03 mm) çapında, 120  $\Omega$  direncinde ince uzun bir tel küçük bir yere yerleştirilmek için birkaç defa kıvrılmıştır. Tel yalıtılmış iki yaprakçık arasına yerleştirilmiş ve bu kısım elastik elemana bağlanmıştır. Bu tarzdaki tel, eleman yüzeyi boyunca çekilir veya kısılır. Her bir tel dirençli strain gauge'nin bir direnci vardır. Gage faktörü, gauge hassaslığının bir ölçüsüdür ve şu denklemden hesaplanabilir [21].

$$G_F = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L} \quad (5.2)$$

Burada,

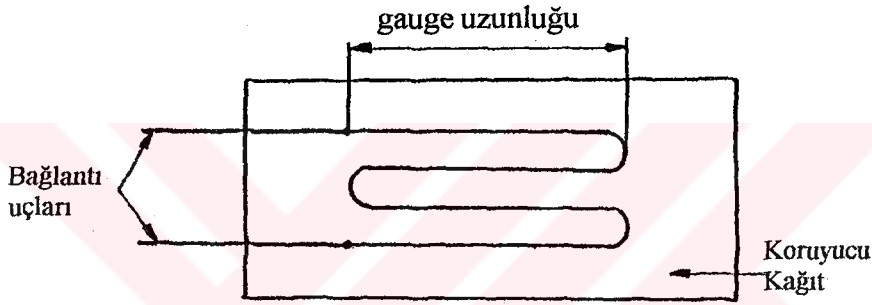




$\Delta R/R =$  Birim direnç başına değişim,  
 $\Delta L/L =$  Nominal strain'dir.

Bağlı gauge'ler 1 ile 10  $\mu$  değerlerindeki strainleri ölçebilirler. Zaten çalışma sınırları da 1-2000  $\mu$ n arasındadır.

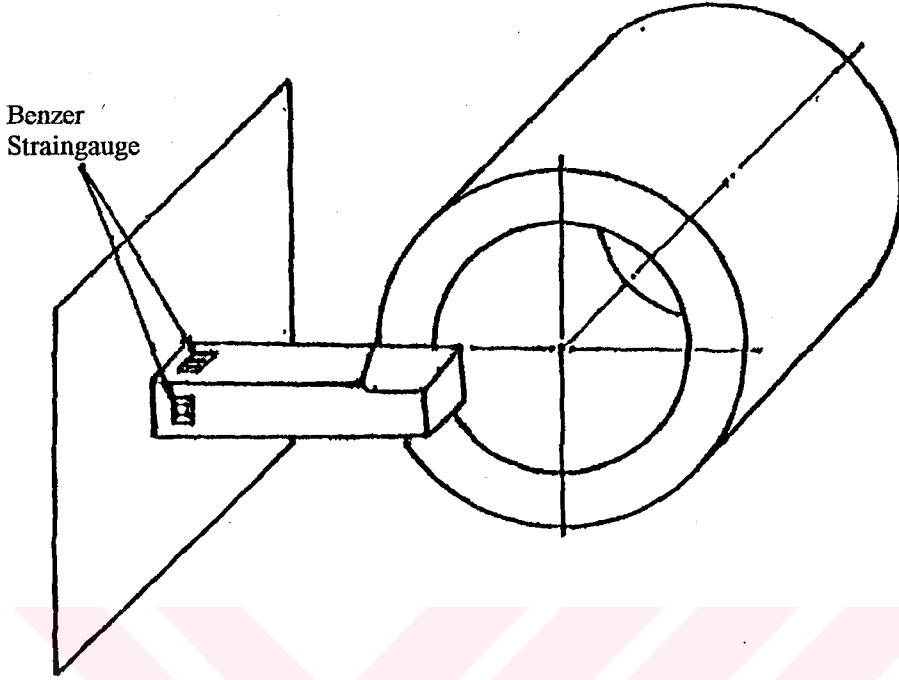
Tel dirençli straingauge'leri kullanan bir sistemde strain ölçümü, Wheatstone köprüsünün kullanılmasıyla gerçekleşir.



Şekil 5.5 Tel dirençli straingauge'lerin şematik görünüşü

Şekil 5.6' da tornalama işleminde kullanılan bağlı tel dirençli straingauge dinamometresi gösterilmiştir.

Böyle bir dinamometre esas olarak kare veya dikdörtgen kesitli kesme takımının her iki yüzeyine straingauge'lerin yapıştırılmasıyla meydana gelmiştir. Yüzeylerden herhangi birine dik gelen kuvvetler o yüzeyde çekmeye, karşı yüzeyde de basmaya neden olur. Eğer yüzeylerdeki gauge'ler Wheatstone köprüsüne bağlanırsa dinamometreye uygulanan kuvvetler ölçülebilir [21].



Şekil 5.6 Tornalamada kullanılan bağlı tel dirençli strain gauge dinamometresi

#### 5.3.4.4 Pizoelektrik Kristalli Dinamometreler

Pizoelektrik kristaller kesme kuvveti dinamometrelerinde kuvvet ölçüm ünitesi olarak kullanılmışlardır. Bu kristaller her iki tarafına tutuşturulmuş şarj kollektörlerine temas etmektedir. Toplam şarj  $Q$ , tatbik edilen kuvvet ile orantılıdır.

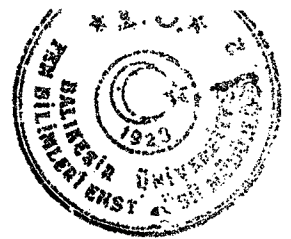
$$Q = k F \quad (5.3)$$

Burada;

$k$  = Pizoelektrik sabiti,

$F$  = Tatbik edilen kuvvet 'tir.

Toplayıcı plakalar bir kapasitör gibi hareket eden pizoelektrik kristalin kalınlığıyla ( $t$ ) ayrılmıştır.  $Q$  şarjından dolayı kapasitöre karşılık gelen voltaj ( $V$ ),



(5.4)

$$V = \frac{a}{c}$$

bağıntısından hesaplanır.

Üç parçalı kuvvet dinamometresinde bir piezoelektrik dinamometresi üç kuvvet bileşeninin her biri için kullanılır.

Kuvvetin mertebelerinde küçük değişmelerin olduğu piezoelektrik ölçüm tekniğinin asıl özelliklerinden birisi de sabit bir ön yüke maruz kalan sistemde önemli ölçüde doğrulukla ölçebilmesidir.

Piezoelektrik aleti bir fiziksel deformasyonun sonucu olarak şarj doğurduğundan denklem 5.3 'te belirtildiği gibi ortaya çıkan gerilim uzun süre boşalmadan durur. Piezoelektrik kristalli dinamometreler sabit sürekli durumlar için çok başarılı değildir. Bu dinamometreler dinamik kesme kuvvetlerinin ölçümü için çok daha uygundur. Piezoelektrik kristalli dinamometrenin başka önemli dezavantajı fiyatlarının çok yüksek olmasıdır [19,21].

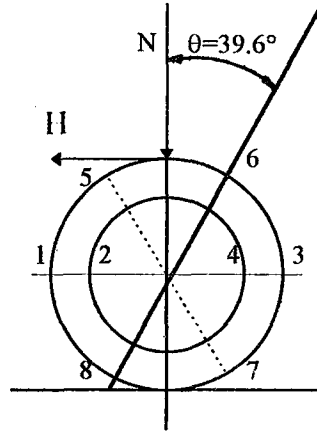
#### 5.4 Deneyde Kullanılan Strain Gauge Esaslı Octagonal Ring Dinamometresinin Tasarımı ve İmalatı

Dinamometrenin dizaynında Massachusetts Technology Enstitüsü tarafından yapılan yayınlardaki ana fikirler esas alınmıştır. Bu dinamometre kullanılırken dikey ve yatay yükler altında ayrı strain ölçümlerini mümkün kılan yüklü dairesel ringin belirli kesimlerinde strain nodlarının varlığından istifade edilmiştir. Eğer Şekil 5.7 'deki dairesel ringe dikey bir N yükü tatbik edilirse max strain yatay merkez çizgisi boyunca ortaya çıkar. Halbuki, sıfır strainli noktalar dikeyden 39.6° kadarlık bir açıda bulunmaktadır. Eğer ringin yuvarlanması engellenirse ve bir yatay kuvvet (H) tatbik edilirse, bu yük için strain nodları merkez çizgisi boyunca uzanmaktadır ve dikey yük için bulunan nodlarda ayrıca bu H yükü tarafından strain elde edilir.

Bu sebeple N dikey yükü altında bulunan ringe direnç telli strain gauge yukarıda bahsedildiği ve Şekil 5.7'deki gibi yerleştirilirse 1 ve 3 numaralı gauge çekmeyi, 2 ve 4 numaralı gauge basmayı ölçer. Yatay kuvvet H uygulandığında 5 ve 7 numaralı gauge çekmeyi, 6 ve 8 numaralı gauge basmayı ölçer. 4 kolu aktif olan iki



Wheatstone köprüsü kullanıldığında köprülerden her biri, aynı anda ve birbirine dik olarak etki eden kuvvetleri birbirine karıştırmadan deformasyonları ölçebilir [22].



Şekil 5.7 Düşey ve yatay yükler altında strain ölçümünü sağlayan Dairesel Ring.

Pratik uygulamada dairesel ringin yerine octagonal ring kullanıldığında yerleştirme, bağlama ve özellikle yuvarlanmayı engelleme kolaylaşır. Bu durumda yatay yükler altında uzamayı ölçen straingageler  $45^\circ$  eğimli yüzeylere yapıştırılır. Bu durum ölçmenin hassasiyeti üzerine etki etmez. Kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalır.

#### 5.4.1 İmalat İçin Malzeme Seçimi

Şekil 5.8' de görülen Octagonal ring dinamometresi için malzeme seçiminde düşük alaşımlı çelik üzerinde karar kılınmıştır. Düşük alaşımlar, düşük ağırlık ve daha iyi ısıl iletkenlik avantajına sahiptirler. Kolayca işlenebilirler. Onların belli başlı dezavantajları fiziksel mukavemet özelliklerinin stabilitesizliği gerileme-uzama münasebetlerinin lineer olmaması ve hysteresis etkiler, yaşlanma sertleşmesi, kristaller arası korozyon ve bununla birlikte creep (sünme, akma) 'dir ve doğru seçim olarak göz önüne alınır. Dökme çelik varolan fiziksel mukavemet özelliklerini uzun bir periyot için sunar. Kontrol edilebilen laboratuvar şartları altında korozyonun önlenmesi ve işlenmesi zor değildir. Sıcaklık dengelenmesine elektriks köprü çalışması için izin verilir. Bu tasarımda dinamometre malzemesi olarak St 37 çeliği seçilmiştir [22].

#### 5.4.2 Octagonal Ring Boyutları ve Kritik Kesitlerin Kontrolü

Dinamometre yatay ve düşey doğrultudaki işleme kuvvetinin 3400 N kadar olanı ölçmek için dizayn edilmiştir. Genişlik  $b = 50$  mm olarak seçilmiş, ring kalınlığı  $t = 5$  mm ve yarıçap  $R = 74$  mm olarak kabul edilmiştir. Uzama hesaplamaları tam bir ring için yapılanın aynıdır. Merkezler arasındaki uzaklık, üst plakanın eğilme etkisinin küçük olduğu sürece yükler tarafından sebep olunan strainler üzerinde bir etkisi yoktur [22].

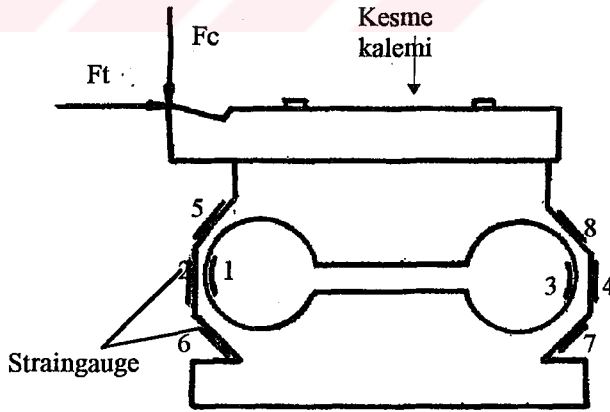
$$\epsilon_{45^\circ} = \frac{1.4HR}{EWt^2} \quad (5.4)$$

$$\epsilon_{45^\circ} = \frac{1.4 \times 3400 \times 74}{2.1 \times 10^6 \times 50 \times 25} = 1.34 \times 10^{-4}$$

ve

$$\epsilon_{\text{merkez}} = 0.67 \times 10^{-4}$$

Bu strainlere tekabül eden gerilmeler St 37 için  $281 \text{ N/mm}^2$  ve  $140 \text{ N/mm}^2$  dir ve St 37 'nin elastik limitinin altındadır.



Şekil 5.8 İki boyutlu octagonal ring dinamometresi.

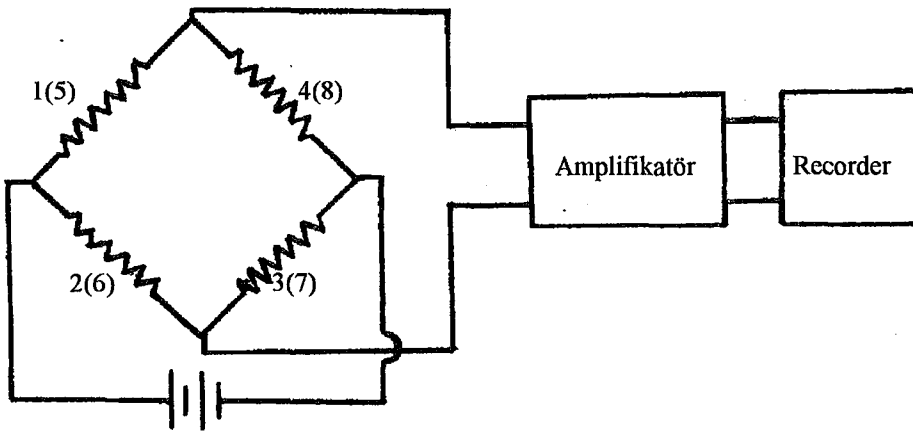
### 5.4.3 Strain gauge'ler

Teorik olarak dinamometre hassasiyeti gauge'lerin nominal direncine bağlı değildir. Bununla beraber köprü üzerine uygulanan gerilim sınırlı olduğundan gauge üzerinden geçmesine müsaade edilen max akım sınırlıdır. Eğer akım çok yüksek ise tel ısınacak, yapıştırıcı yumuşayacak ve bir hysteresis meydana gelecek, gauge faktöründe bir azalma görülecektir. Max akım düşük veya yüksek dirençli gaugeler için farklı sonuçlar vermez. Yüksek voltajda çalışan köprülerde sadece köprünün hassasiyeti yükselir. Bir strain gauge'in direnci büyük olarak ızgara boyutlarına bağlıdır. Küçük ızgara boyutları kesme kuvvetleri bileşenlerinin karşılıklı girişimini minimize etmek üzere küçük bir bölgeye yerleştirilmesi imkanı vardır.

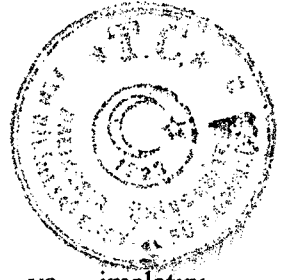
Gauge Özellikleri aşağıdaki gibidir.

Nominal Direnç	: 120 $\Omega$
Gage Faktörü	: 2.07
Izgara Tipi	: Düz
Max Müsaade Edilen akım	: 0.1 A.
Max Müsaade Edilen Sıcaklık	: 70 C°

Gauge'ler cihaz üzerine yapıştırıldıktan ve kurutulduktan sonra nem nüfuziyetini önlemek için balmumu tabakasıyla örtülür. Strain gauge'lerin tam köprü devre şeması Şekil 5.9 'da gösterildiği gibidir [22].



Şekil 5.9 Wheatstone köprü devre şeması.



### 5.5 Araştırmanın Amacı

Bu çalışma, literatürden istifade ederek dizaynını ve imalatını gerçekleştirdiğimiz octagonal ring dinamometresi yardımıyla, birbirinden farklı üç malzemede ( St 50 çelik, Alüminyum alaşımı ve Ms 58 pirinç) torna ile işlenmesi esnasında *kesme kuvveti* değerlerini doğru ölçmek amacıyla yapıldı.

Bilindiği gibi kesme kuvveti pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu parametrelerin neler olduğu önceki bölümde detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu parametrelerden "*deformasyon oranı*" yalnızca demir dışı metaller üzerinde denenmek istendi. Bu amaçla Ms 58 Pirinç ve Alüminyum Alaşımı malzemeler değişik çaplardaki yüsük haddelerden geçirildikten sonra deformasyon oranları ölçülmüş ve bu deformasyon oranlarının kesme kuvvetleri üzeririndeki etkileri gözlenecektir.

Ayrıca bu üç değişik malzemenin tornalanması esnasında üç farklı kesme sıvısı dökülerek kesme kuvveti üzerindeki etkileri , farklı ilerleme hızları ile farklı devir sayılarında etkileri gözlemlenecektir.



## 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 6.1 Deneyde Kullanılan Malzemeler ve Kesici Takım Açılı

Deneyleerde kullanılan parametrelerin kesme kuvveti ile değişimini incelemek için 10 mm çapında Alüminyum alaşımı, Ms 58 pirinç ve St 50 çelik çubuklar piyasadan satın alınarak temin edilmiştir. Alüminyum alaşımının, alaşım no'su 2014-T6 olup kimyasal bileşimi % 0.8 Si, % 4.5 Cu, % 0.8 Mn, % 0.5 Mg olduğu saptanmıştır.

Deneyleer sonucunda malzemelerin mekanik özelliklerini dikkate alarak kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması amacıyla malzemelerin sertlik değerleri, sertlik ölçüm cihazı ile Rockwell B cinsinden ölçüldü. Ölçümler sonucunda malzemelere ait sertlik değerleri, kopma mukavemetleri ve kopma uzamaları ile birlikte Çizelge 6.1 'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Al Alaşımı, Ms 58 Pirinç ve St 50 Çelik malzemelere ait sertlik, kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri.

Malzeme	Sertlik (Rockwell B)	Kopma Mukavemeti (daN/mm <sup>2</sup> )	Kopma Uzaması $\epsilon$ (%)
Ms 58	78	44-50	5
Al. Alaşımı	73	49,2	13
St 50	84	50-60	18

Deneyde kullanılan kesici takım ve takım açılı aşağıda verilmiştir.

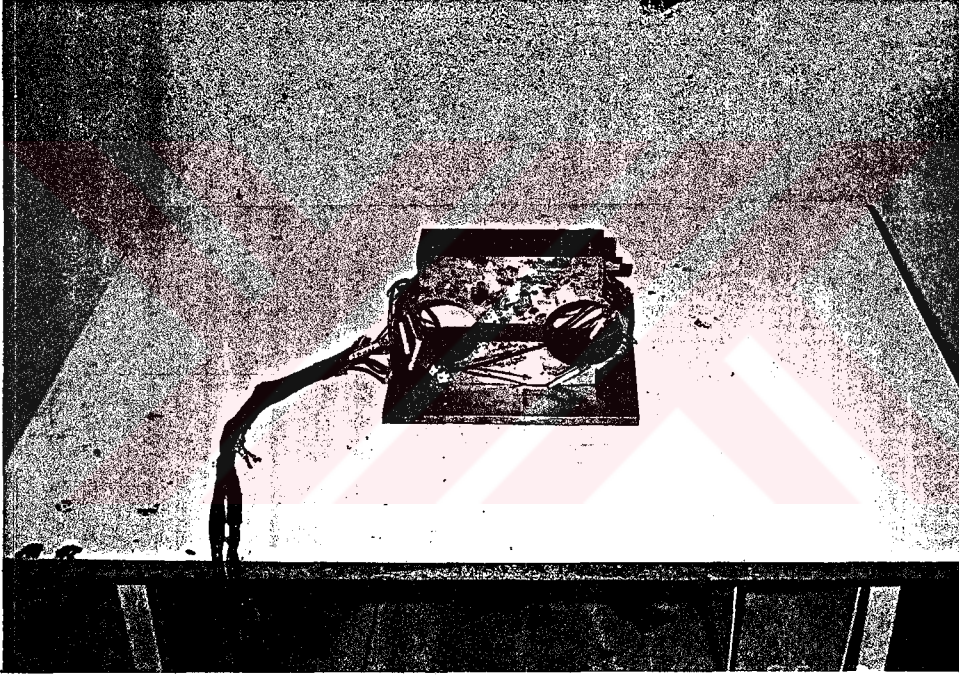
Takım malzemesi	: Hız çeliği ( HSS)
Yerleştirme Açısı ( $\kappa$ )	: 90°
Talaş Açısı ( $\gamma$ )	: 5°
Eğim Açısı ( $\lambda$ )	: 0°
Serbest Açı ( $\alpha$ )	: 5°



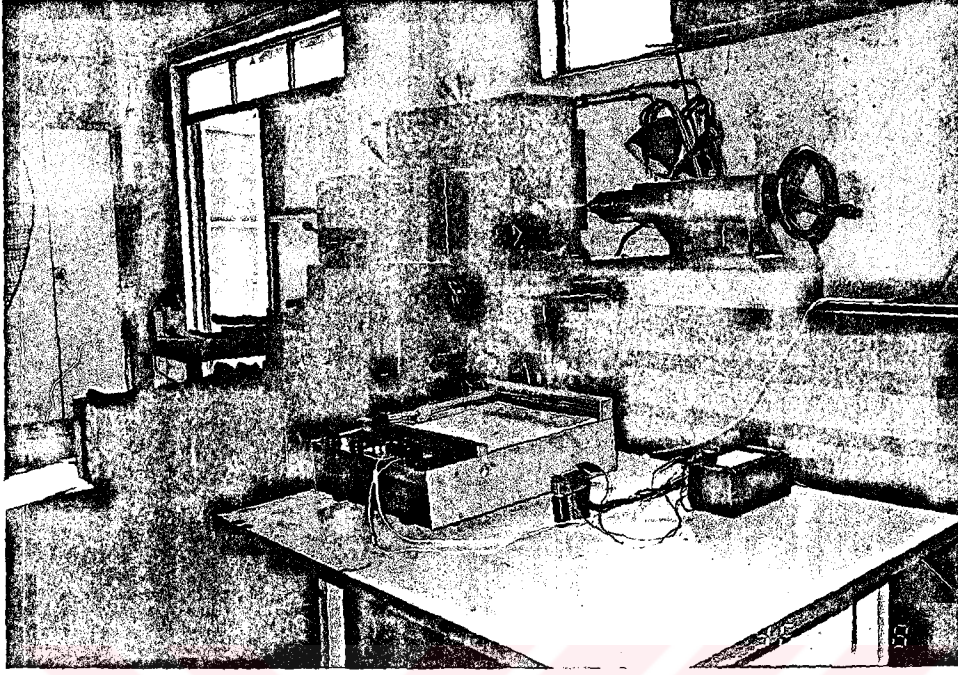
## 6.2 Deney Düzenegi

Deneysel çalışmada kullandığımız octagonal ring dinamometresi strain gauge tipi olup kesme ve radyal kuvvetleri ölçebilecek şekilde imal edilmiştir (Şekil 6.1).

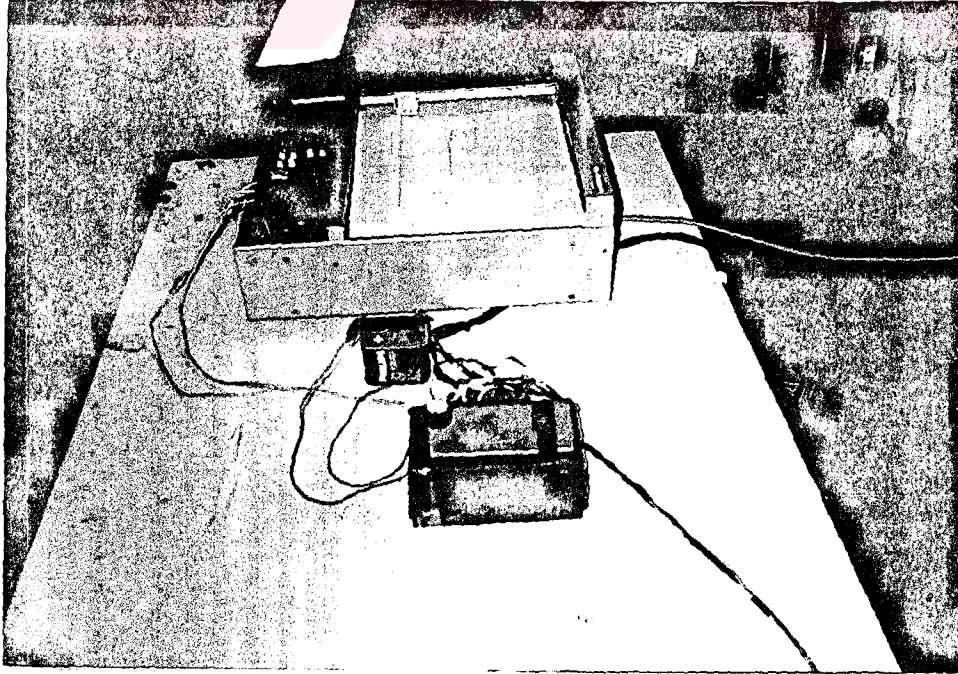
Deney düzenegi, dinamometreye ilave olarak, Tezsan Takım Tezgahları Fabrikasınca üretilen üniversal torna tezgahı, çıkış sinyallerini kuvvetlendirecek bir amplifikatör ve recorder'dan meydana gelmektedir.



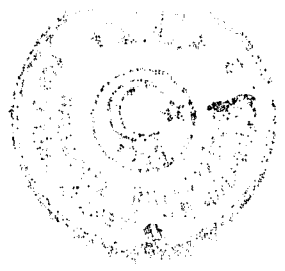
Şekil 6.1 Octagonal Ring Dinamometresi'nin görünüşü.



Şekil 6.2 Deney düzeneğinin genel görünüşü.



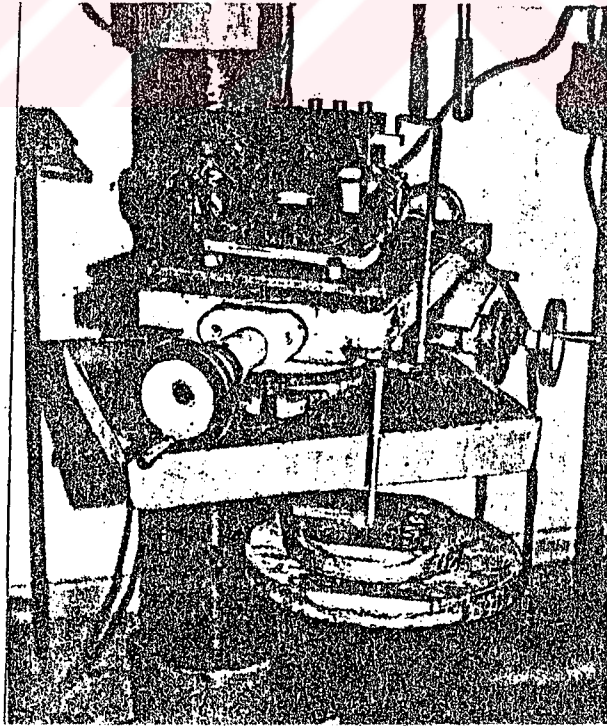
Şekil 6.3 Recorder ve Amplifikatör.



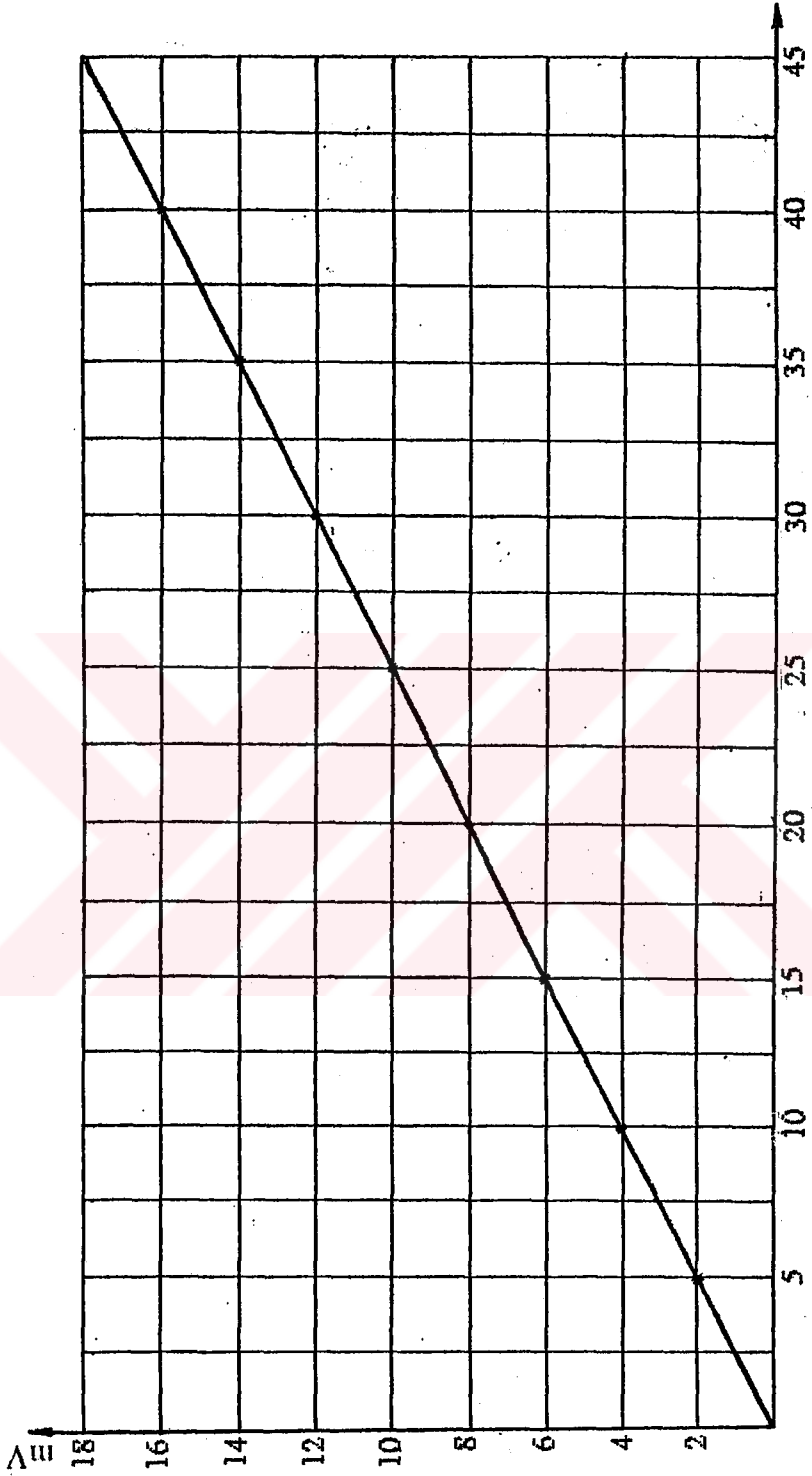
### 6.3 Dinamometrenin Statik Kalibrasyonu

Ölü ağırlık kullanılarak yapılan statik kalibrasyon Şekil 6.4 'te gösterilmiştir. Amplifikatör ve gauge'ler stabilize hale gelinceye kadar herhangi bir okuma yapmadan önce gauge ve amplifikatörden aşağı yukarı 30 dakika akım geçirilir. Dinamometrenin statik kalibrasyonu, suni kesici takım bağlanarak bu kalemin ucuna bilinen yükleri asmak suretiyle recorder'dan birbirine tekabül eden sonuçlar alınarak Fc kuvveti kalibrasyonu yapılmıştır.

Recorder'dan alınmış kalibrasyon noktalarına göre çizilmiş Fc kuvveti kalibrasyon eğrisi Şekil 6.5 'te gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi kalibrasyon eğrisi lineer olarak artmaktadır. Ayrıca dinamometre tek bir bloktan imal edildiği için hysteresis olayına rastlanmıştır. Fc kuvveti için recorder'dan alınan statik kalibrasyon noktaları (4.5 V) besleme gerilimi altında (2 mV/cm) hassaslığında elde edilmiştir. Dinomometreden 0.5 daN'lık yükler rahatlıkla algılanabilmektedir. Kalibre 5 daN'lık artışlarla 5 daN'dan 50 daN'a kadar yapıldı.



Şekil 6.4 Dinamometrenin statik kalibrasyonu.



Şekil 6.5 4.5 Volt besleme gerilimi ve 2-m V/cm hassaslığında recorder'dan alınmış kalibrasyon noktaları.



#### 6.4 Kesme Kuvvetlerinin Teorik Hesabı ve Ölçülen Pratik Sonuçlarla Karşılaştırılması

Dinamometrenin doğruluğunu kontrol amacıyla dinamometreden okunmuş kuvvet değerlerini teorik hesaplarla karşılaştırmak gereklidir.

Teorik  $F_c$  kuvveti (2.10) formülünden hesaplanabilir.

$$F_c = hb\tau_k \frac{\cos(\beta' - \gamma)}{\sin\phi \cos(\phi + \beta' - \gamma)}$$

Burada;  $b$ ,  $h$ ,  $\tau_k$  ve  $\gamma$  bilindiği için, bilinmeyen  $\phi$  ve  $\beta'$  değerlerini hesapladığımız zaman  $F_c$  kuvvetini teorik olarak bulabiliriz.

Kayma açısının hesaplanmasında gerekli olan oluşmuş talaş kalınlığı  $h'$  deney esnasında ölçülmüş ve  $h' = 1.05$  mm (St 50) olarak belirlenmiştir.

Deney aşağıda belirtilen koşullarda yapılmıştır.

Malzeme	: St 50
Çap	: 10 mm
İlerleme	: 0,28 mm/dak.
Paso	: 0.75 mm
Devir	: 500 d/dak

Kayma açısının belirlenmesi amacıyla büzülme faktörü  $\lambda_s$  (2.2) bağıntısından hesaplanır.

$$h = f \sin \chi \text{ 'dan } , \quad h = 0.28 \times \sin 90^\circ = 0.28 \text{ mm}$$

$$\lambda_s = \frac{h}{h'} = \frac{0.28}{1.05} = 0.266$$

$$\tan \phi = \frac{\lambda_s \cos \gamma}{1 - \lambda_s \sin \gamma} = \frac{0.266 \times \cos 5^\circ}{1 - 0.266 \times \sin 5^\circ} = 0.270$$

Buradan ;

$$\phi = 15.13^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Merchant'in takım açları arasındaki bağıntıyı veren aşağıdaki formülden  $\beta'$  hesaplanır.

$$2\phi + \beta' - \gamma = \pi / 2$$

$$\beta' = 90 - 2\phi + \gamma = 90 - 2 \times 15.13 + 5 = 64.74^\circ$$

$$\beta' = 64.74^\circ$$

$$b = \frac{0.75}{\sin 90^\circ} = 0.75 \text{ mm}$$

St 50 çelik malzemeye ait kayma gerilmesi  $\tau_k = 263 \text{ N/mm}^2$  olduğuna göre, bütün değerler (2.10) bağıntısında yerine konulduğunda,

$$F_c = 0.28 \times 0.75 \times 263 \frac{\cos(64.74 - 5)}{\sin 15.13 \times \cos(15.13 + 64.74 - 5)} = 405.5 \text{ N}$$

olarak bulunur.

Dinamometreden okunan " $F_c$ " değeri Şekil 6.9 ve Şekil 6.12 'de görüldüğü gibi 414 N'dir. Dinamometreden okunan değerlerle hesaplanan değerler karşılaştırıldığında aradaki farkın 10 N 'den az olduğu görülür.



## 6.5 Deneyin yapılışı ve Sonuçları

### 6.5.1 Kesme Sıvılarının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi

#### 6.5.1.1 Deneyde Kullanılan Kesme sıvıları

Ms 58 Pirinç, Al alaşımı ve St 50 Çelik malzemenin işlenmesi sırasında üç farklı kesme sıvısı kullanılmış ve bu kesme sıvıları özellikleriyle birlikte aşağıda gösterilmiştir.

**1. Cimstar MB242:** berrak, kırmızı, su ile karışabilen, biostatik, yarı sentetik bir kesme sıvısı konsantresidir. Bütün demir ve demir dışı metallerin talaş kaldırma işlemlerinde, müstakil olarak tezgahlarda kullanılan genel maksatlı bir kesme sıvısıdır.

Bu sıvıların talaş kaldırma işleminde tavsiye edilen başlangıç konsantrasyonları şöyledir.

Alüminyum ve Alüminyum alaşımları	: % 3.5
Bakır ve bakır alaşımları	: % 3.5
Dökme demir ve karbon çeliği	: % 4

Bu sıvıların özellikleri ve yararları aşağıda belirtilmiştir.

1. Çok iyi bozunma kontrolü,
2. Etkili yağlama ve soğutma tesiri,
3. İyi çökeltme özellikleri,
4. Kesme özelliğini yüksek tutar,
5. Temiz kullanılma özelliği,
6. Fazla sis yapmaz,
7. Stabildir.

**2. Cimperial 22DB:** berrak, kahverengi, su ile karışabilir, nitrit ihtiva etmeyen, emülsiyon tipi kesme sıvısı konsantresidir. Demir ve demir dışı metallerin talaş kaldırma işlemleri için geliştirilmiş bir kesme sıvısıdır.



Bu sıvıların talaş kaldırma işleminde tavsiye edilen başlangıç konsantrasyonları şöyledir :

Alüminyum alaşımları	% 4
Bakır ve alaşımları	: % 4
Dökme demir ve karbon çeliği	: % 6

Bu sıvıların özellikleri ve yararları aşağıda belirtilmiştir:

1. Isınma ve sürtünme azaldığından daha yüksek devir ve ilerlemelerde çalışmak mümkündür.
2. En sert sularda bile dengeli bir kesme sıvısıdır.
3. Yumuşak ve temiz bir mamuldür, yanmaz ve duman çıkmaz.
4. Uzun süreler için pas ve bozunma kontrolü sağlar.

**3. Bor Yağı:** Süt renginde olup, madeni yağ-su karışımından meydana gelmektedir. İçlerine özel dengeleyici, köpürmeyi ve bozulmayı önleyici maddeler katılır. Çok ağır talaş kaldırma işlemleri dışında hemen hemen bütün talaş kaldırma işlemlerinde kullanılırlar.

Bu sıvıların talaş kaldırma işleminde tavsiye edilen konsantrasyonları şöyledir.

Alüminyum alaşımları ve bakır alaşımları için	: % 2-5
Karbon çelikleri için	: % 2-5

Bu sıvılar;

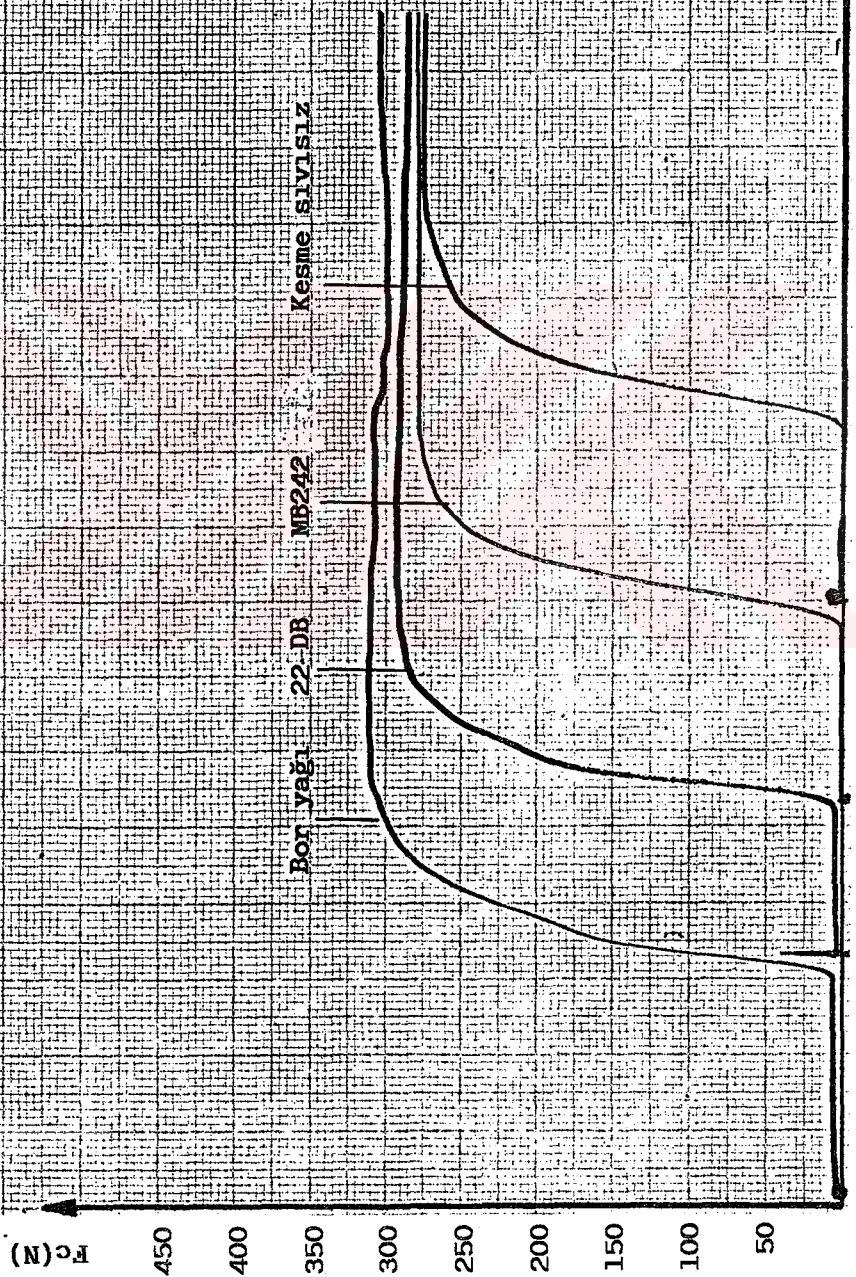
1. Yüksek soğutma kabiliyetine sahiptir,
2. Temiz çalışma ortamı sağlarlar,
3. Ucuz ve ateşleme tehlikeleri yoktur.

Bu sıvılar kullanıldığında elde edilen *kesme kuvveti* değerleri Şekil 6.6, Şekil 6.7 ve Şekil 6.8 'de görülmektedir.





Malzeme : St 50  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,50 mm  
İlerleme : 0,28 mm/d  
Devir : 500 d/d



t (zaman)

Şekil 6.6 Değişik kesme sıvıları kullanarak ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri

Malzeme : MS 58  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
İlerleme : 0,28 mm/d  
Devir : 500 d/d

Fc (N)

450

400

350

300

250

200

150

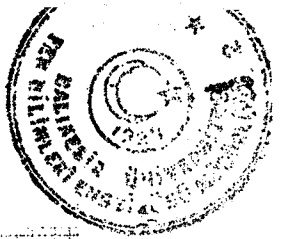
100

50

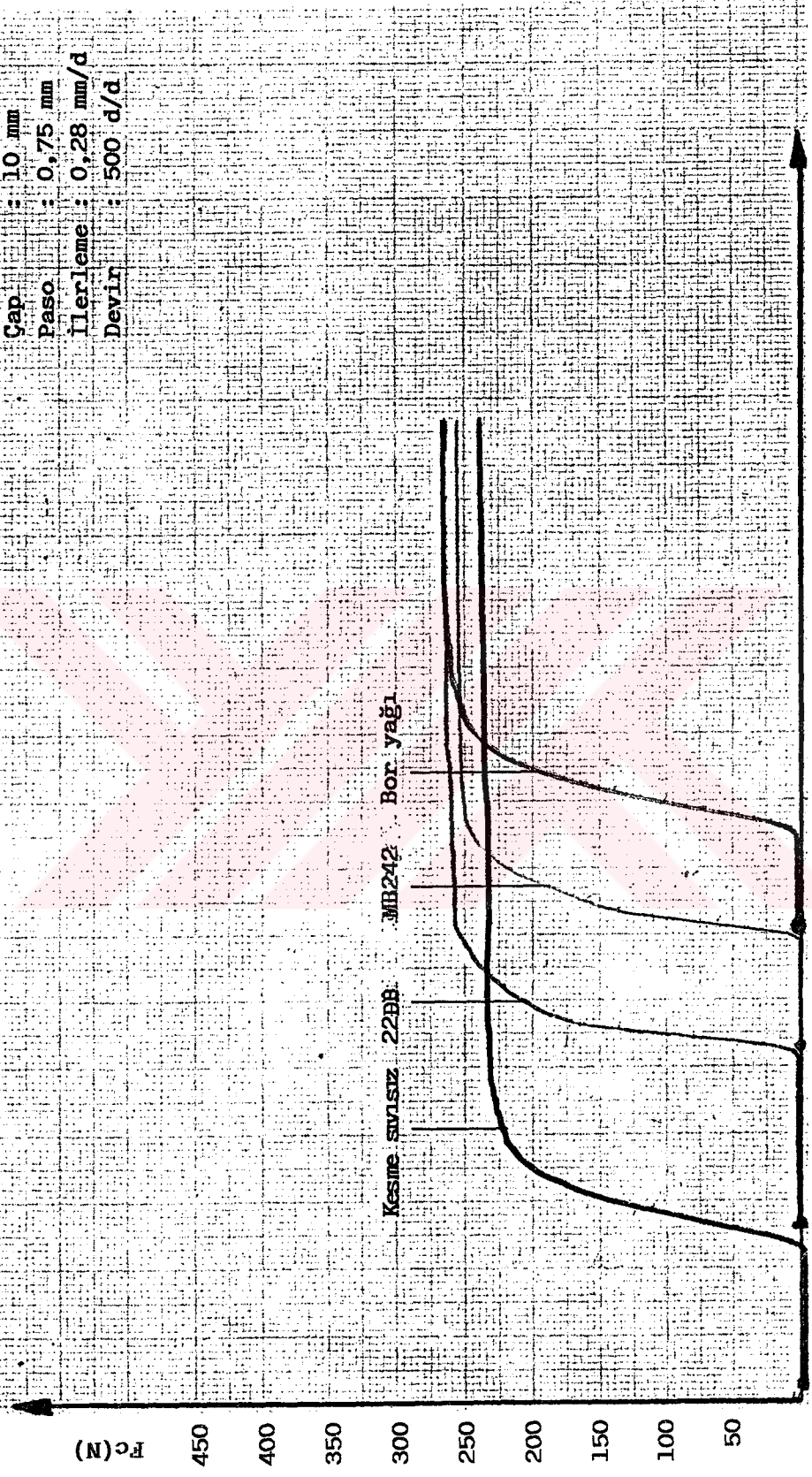
MB2 Kesme sıvısız Bor yağı 22 DB

t (zaman)

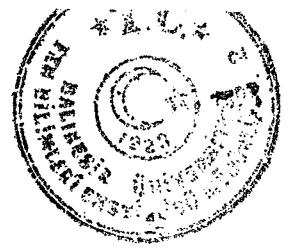
Şekil 6.7 Değişik kesme sıvıları kullanarak ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri



Malzeme : Al Alaşımı  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
İlerleme : 0,28 mm/d  
Devir : 500 d/d



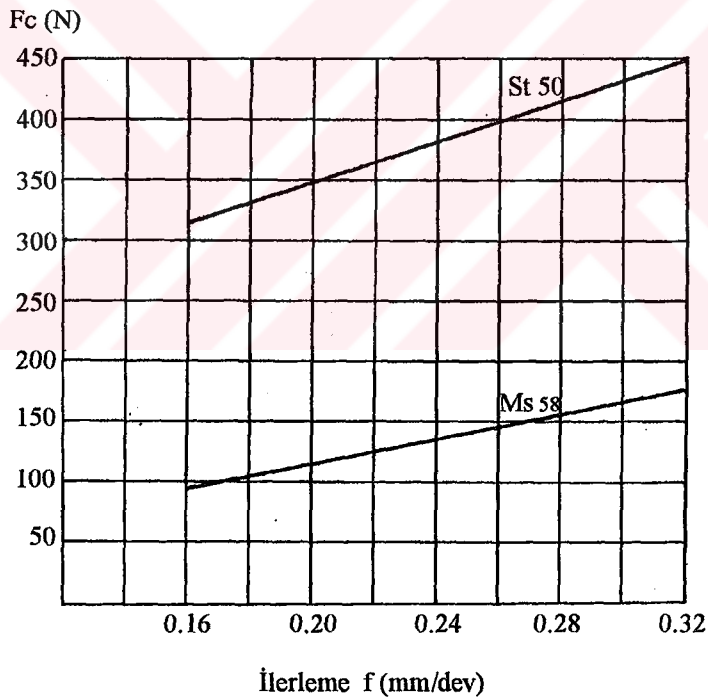
Şekil 6.8 Değişik kesme sıvıları kullanılarak ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri



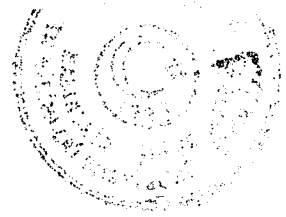
### 6.5.2 İlerlemenin "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi

İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisini incelemek için Al. Alaşım, Ms 58 pirinç ve St 50 çelik malzemeler 0.16, 0.20, 0.24, 0.28, 0.32 (mm/dev) ilerleme değerlerinde deneye tabi tutulmuş ve Şekil 6.10a, Şekil 6.11a ve Şekil 6.12 grafikleri elde edilmiştir.

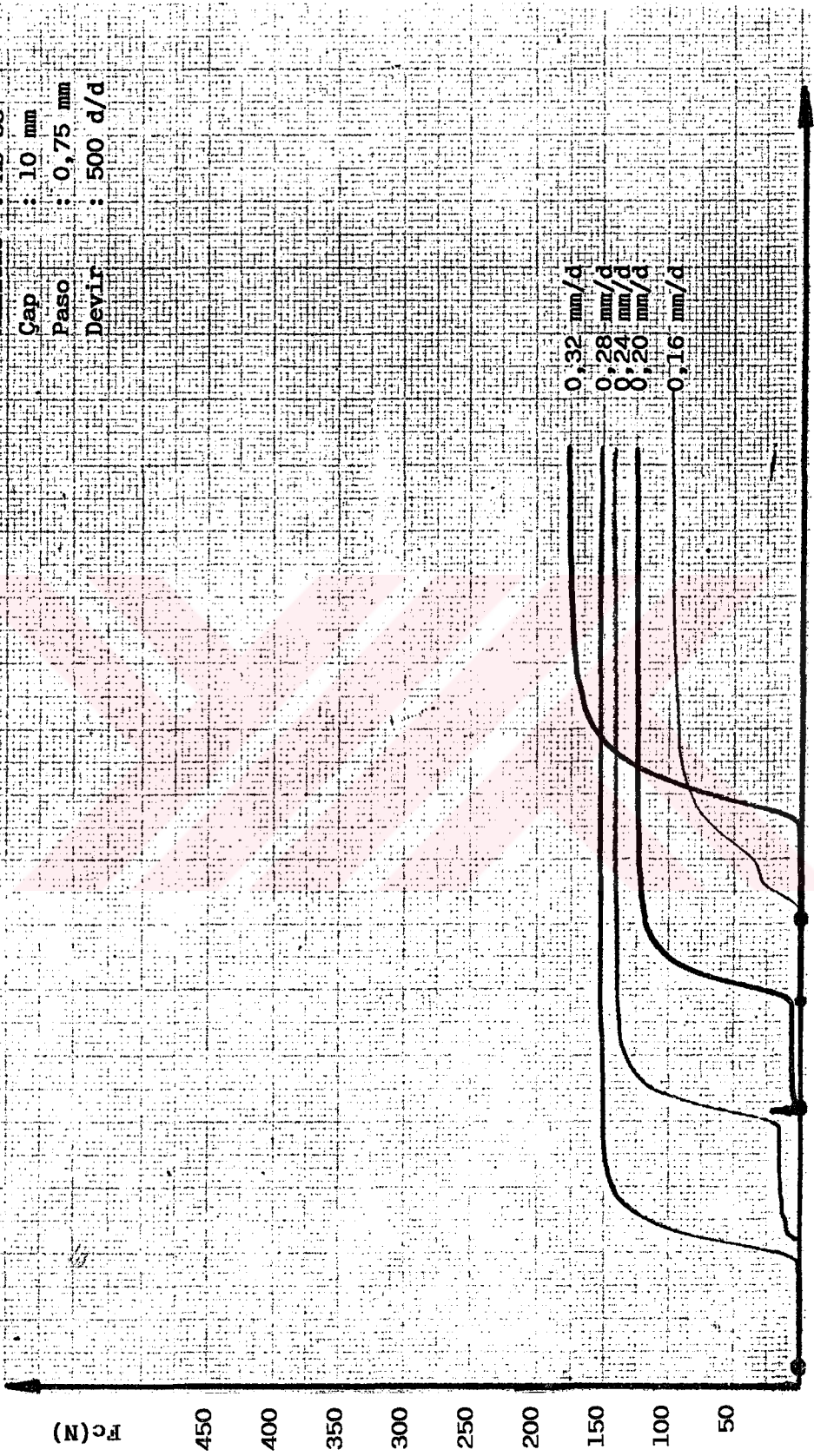
Grafiklerden de görüldüğü gibi ilerleme değerlerindeki artışa karşılık kesme kuvvetinin arttığı görülmektedir. Fakat parça malzemelerinin yeterince rijit olmaması nedeniyle bu artışın lineer olup olmadığı konusunda sağlıklı bir değerlendirme yapmak mümkün değildir. Bu nedenle aynı şartlarda St 50 çelik ve Ms 58 pirinç malzemeler üç ayrı deneye daha tabi tutulmuş ve bu deneyler sonucunda elde edilen grafiklerden ilerleme değerlerine karşılık gelen kesme kuvveti değerlerinin ortalaması alınarak, ilerleme ile kesme kuvveti arasındaki değişimi gösteren Şekil 6.9 grafiği çizilmiştir.



Şekil 6.9 Ms 58 pirinç ve St 50 çelik malzemelerin işlenmesinde ilerlemenin Fc kuvveti ile değişimi

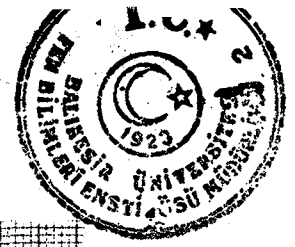


Malzeme : MS 58  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
Devir : 500 d/d

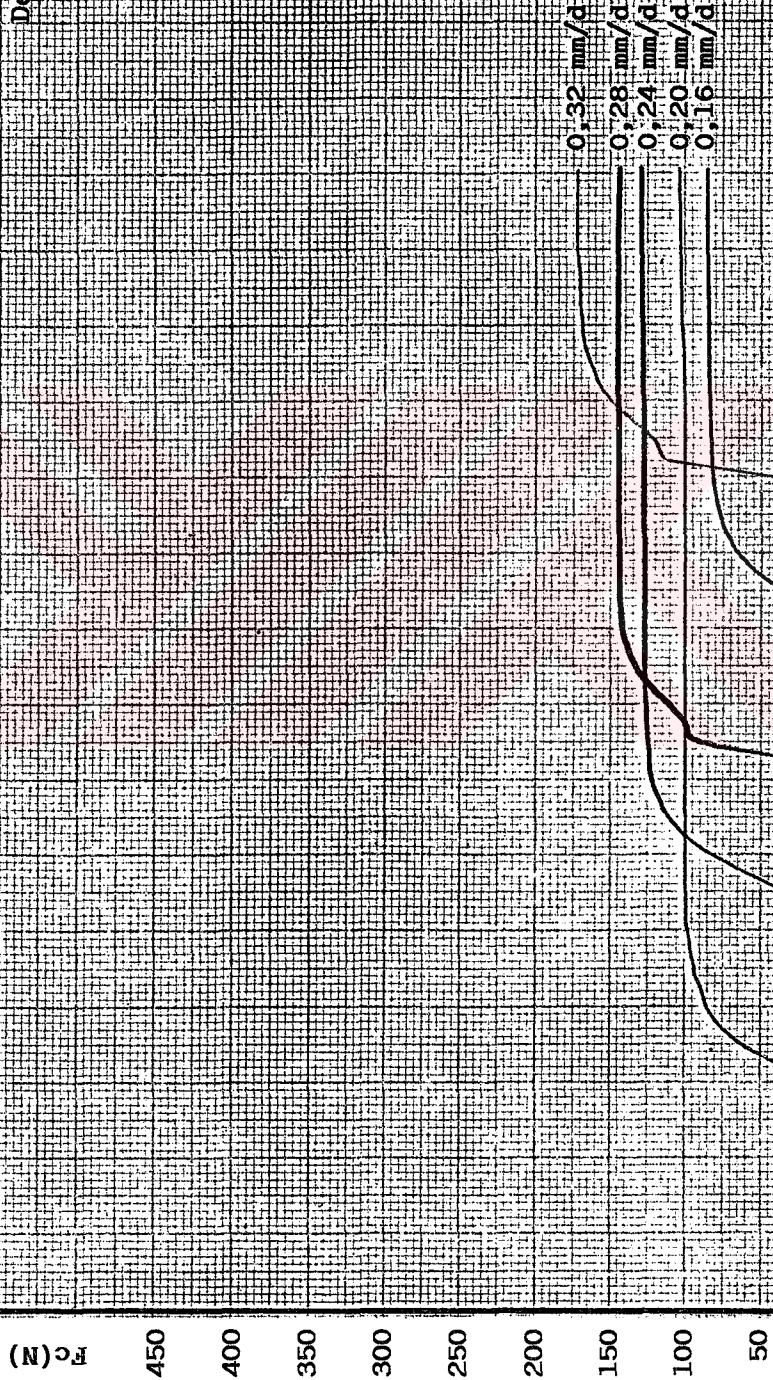


t ( zaman )

Şekil 6.10 a Farklı ilerlemelerde ölçülmüş  $F_c$  kuvvet eğrileri

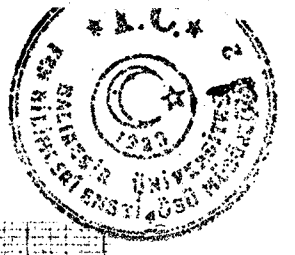


Malzeme : MS 58  
Çap : 10 mm  
Paso : 0.75 mm  
Devir : 500 d/d



$t$  (zaman)

Şekil 6.10 b Farklı ilerlemelerde ölçülmüş  $F_c$  kuvvet eğrileri



Malzeme : MS 58  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
Devir : 500 d/d

Fc (N)

450  
400  
350  
300  
250  
200  
150  
100  
50

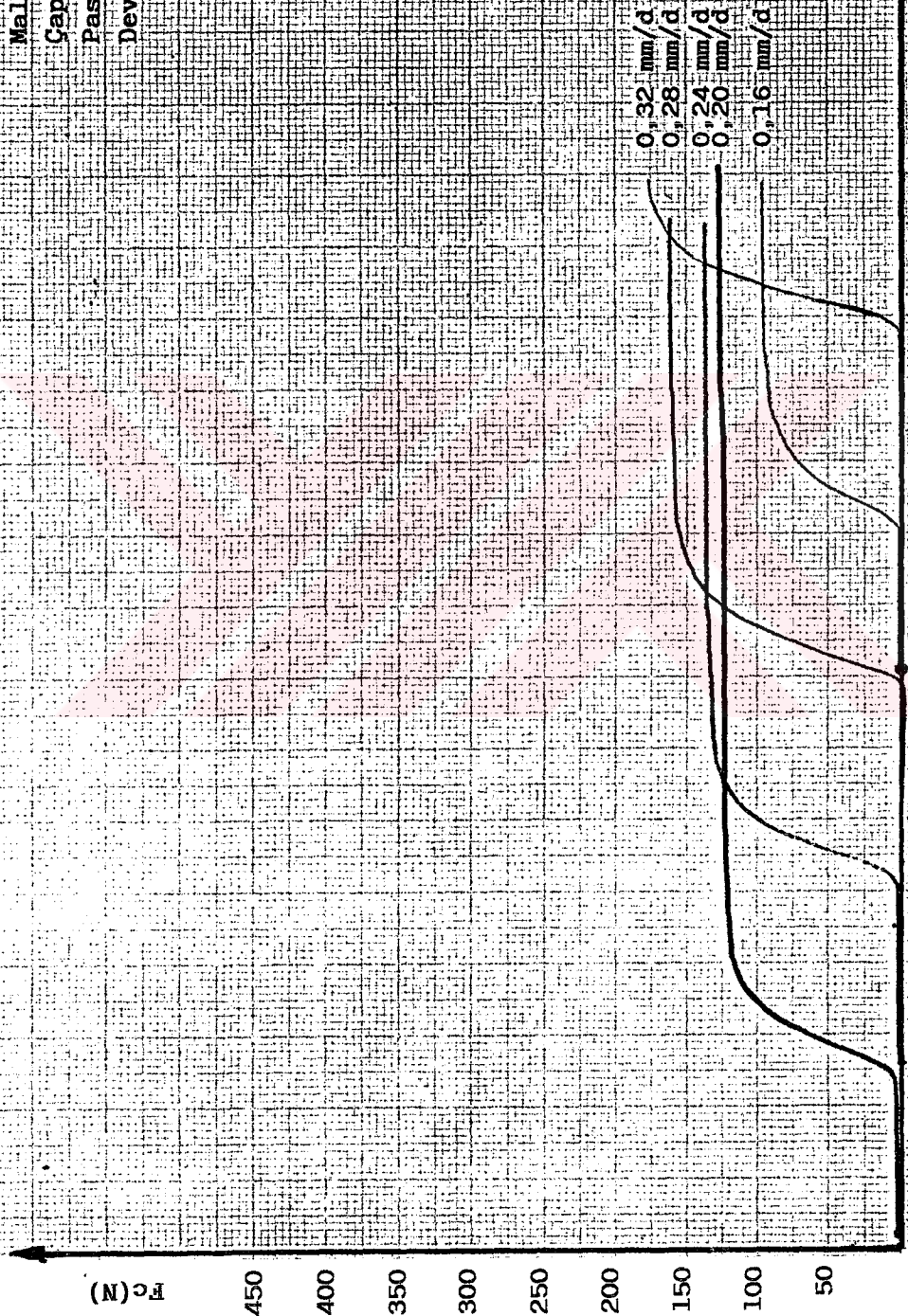
0,32 mm/d  
0,28 mm/d  
0,24 mm/d  
0,20 mm/d  
0,16 mm/d

t (zaman)

Şekil 6.10 c Farklı ilerlemelerde ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri



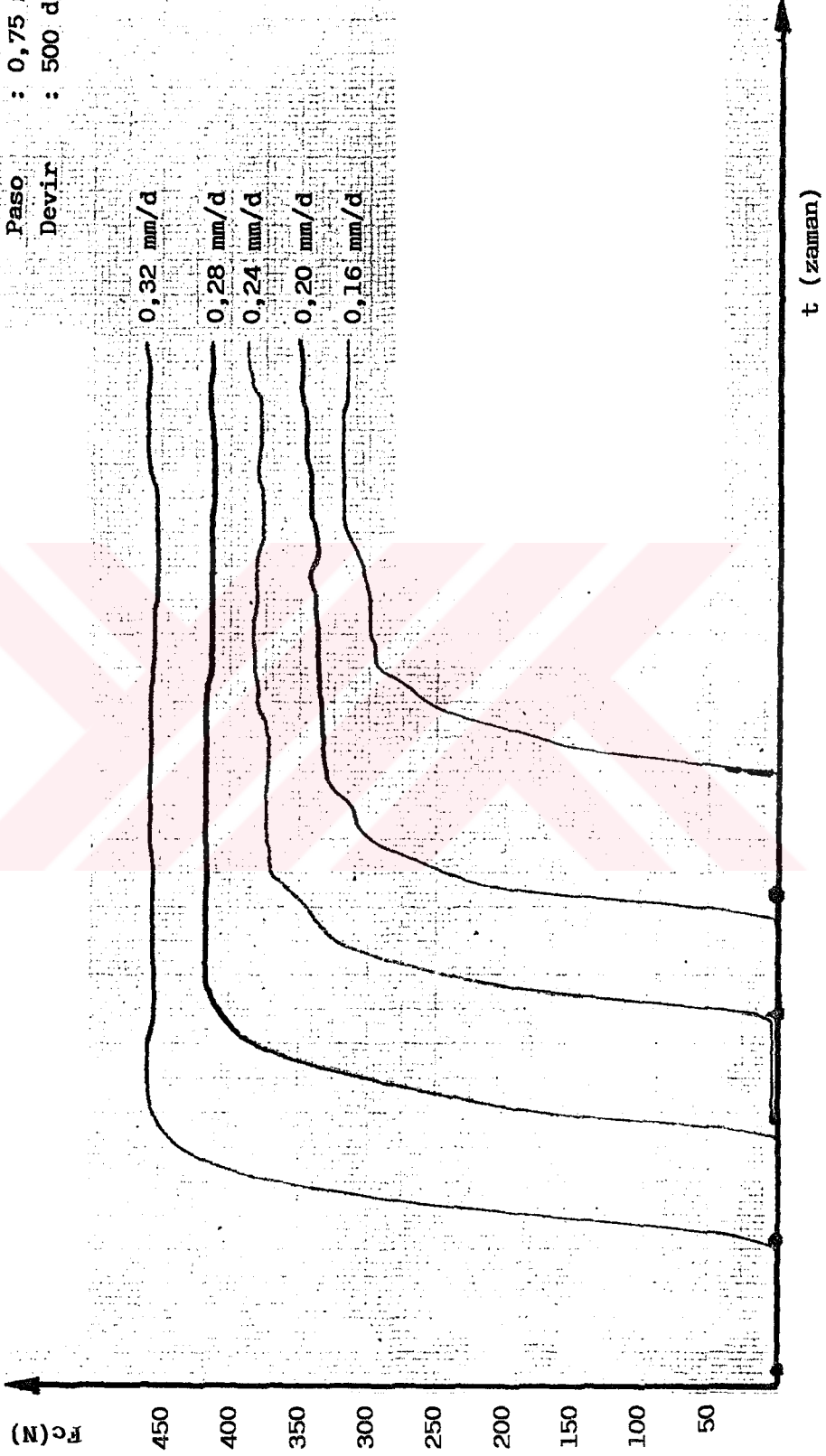
Malzeme : MS 58  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
Devir : 500 d/d



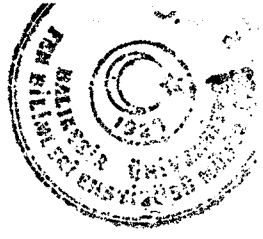
Şekil 6.10 d Farklı ilerlemelerde ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri



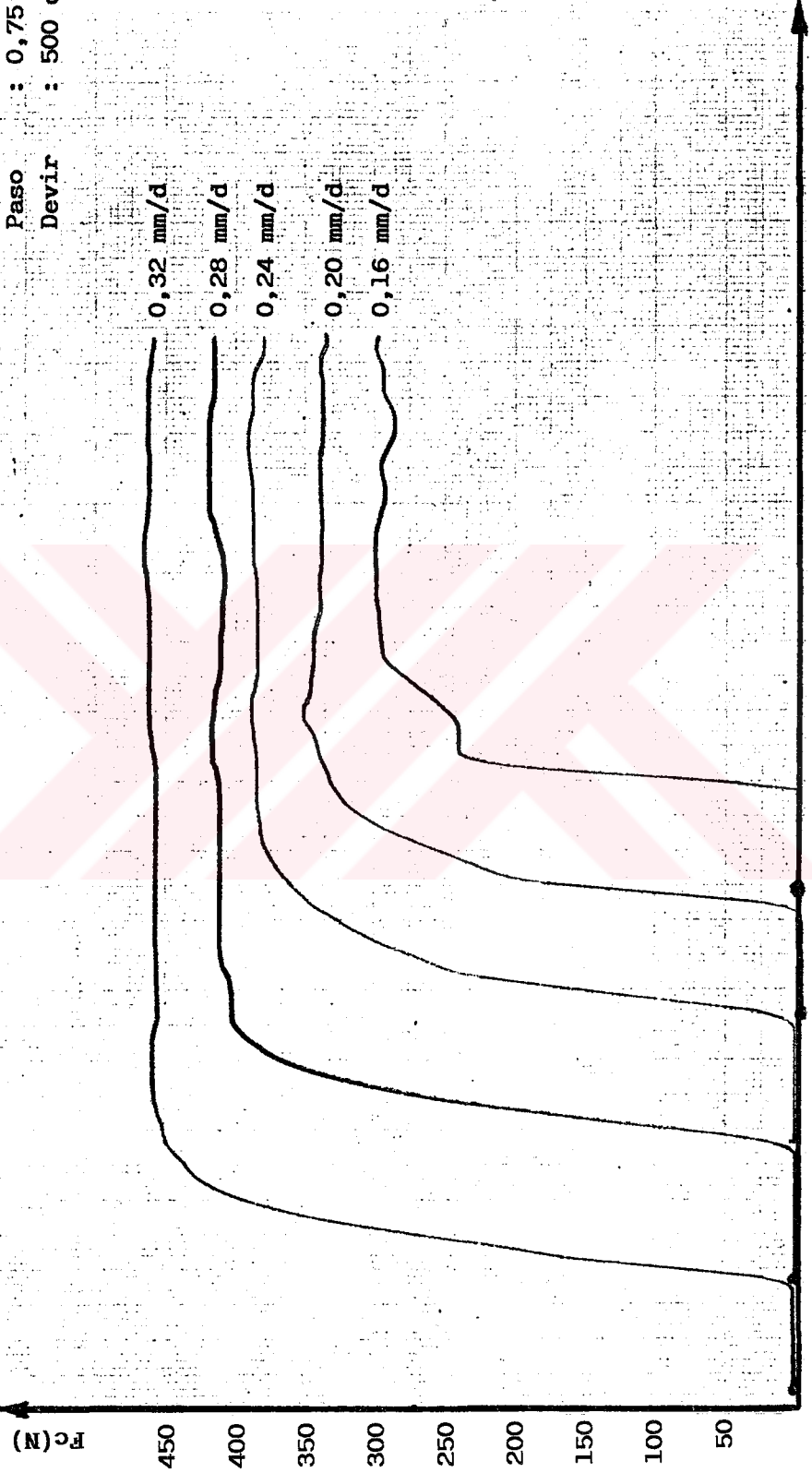
Malzeme : St 50  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
Devir : 500 d/d



Sekil 6.11 a Farklı ilerlemelerde ölçülmüş  $F_c$  kuvvet eğrileri

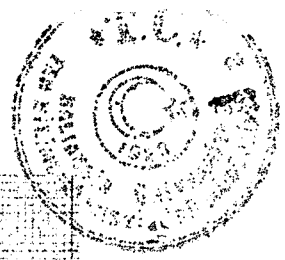


Malzeme : St 50  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
Devir : 500 d/d



t (zaman)

Şekil 6.11 b Farklı ilerlemelerde ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri



Malzeme : St 50  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
Devir : 500 d/d

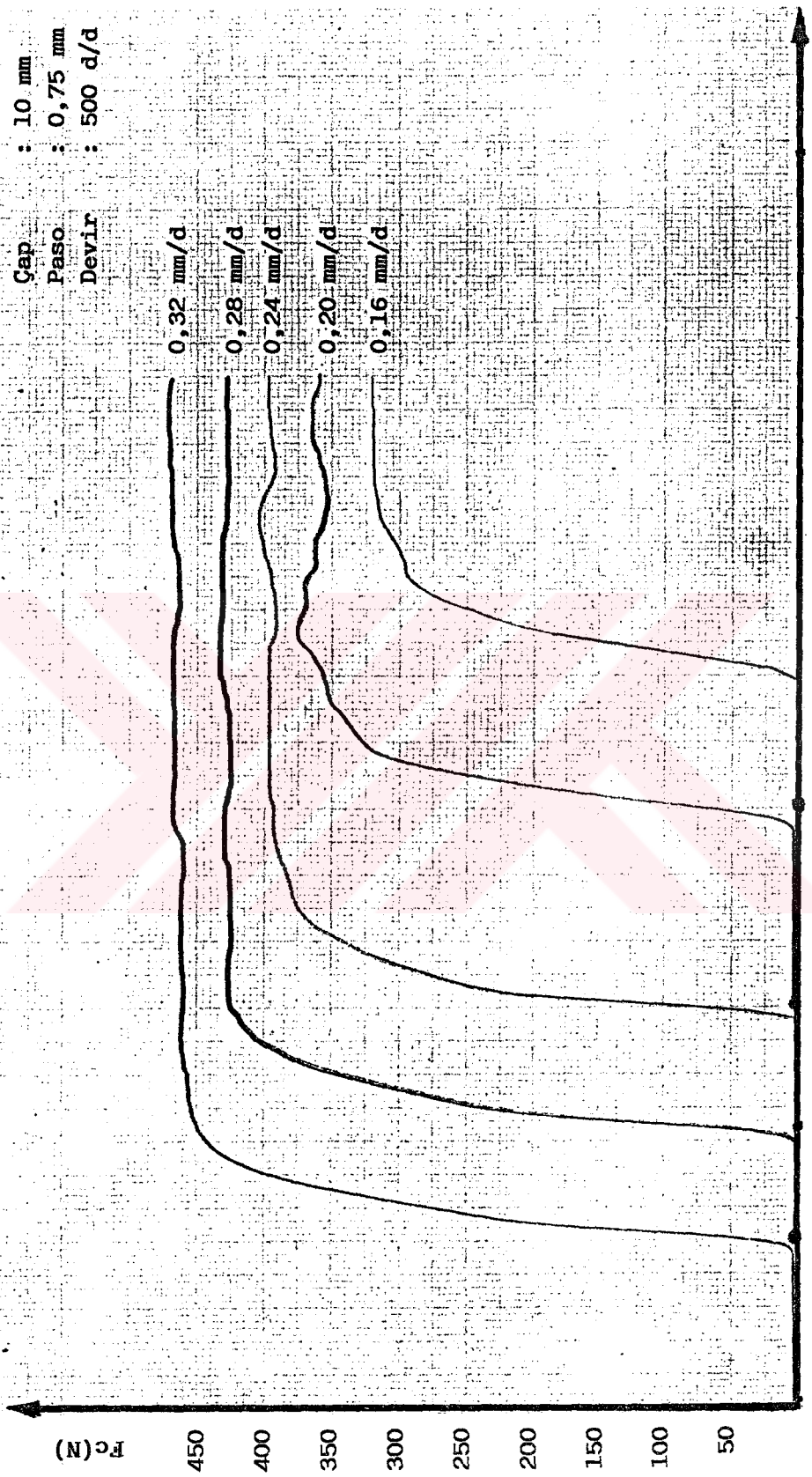


t ( zaman )

Şekil 6.11 c Farklı ilerlemelerde ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri

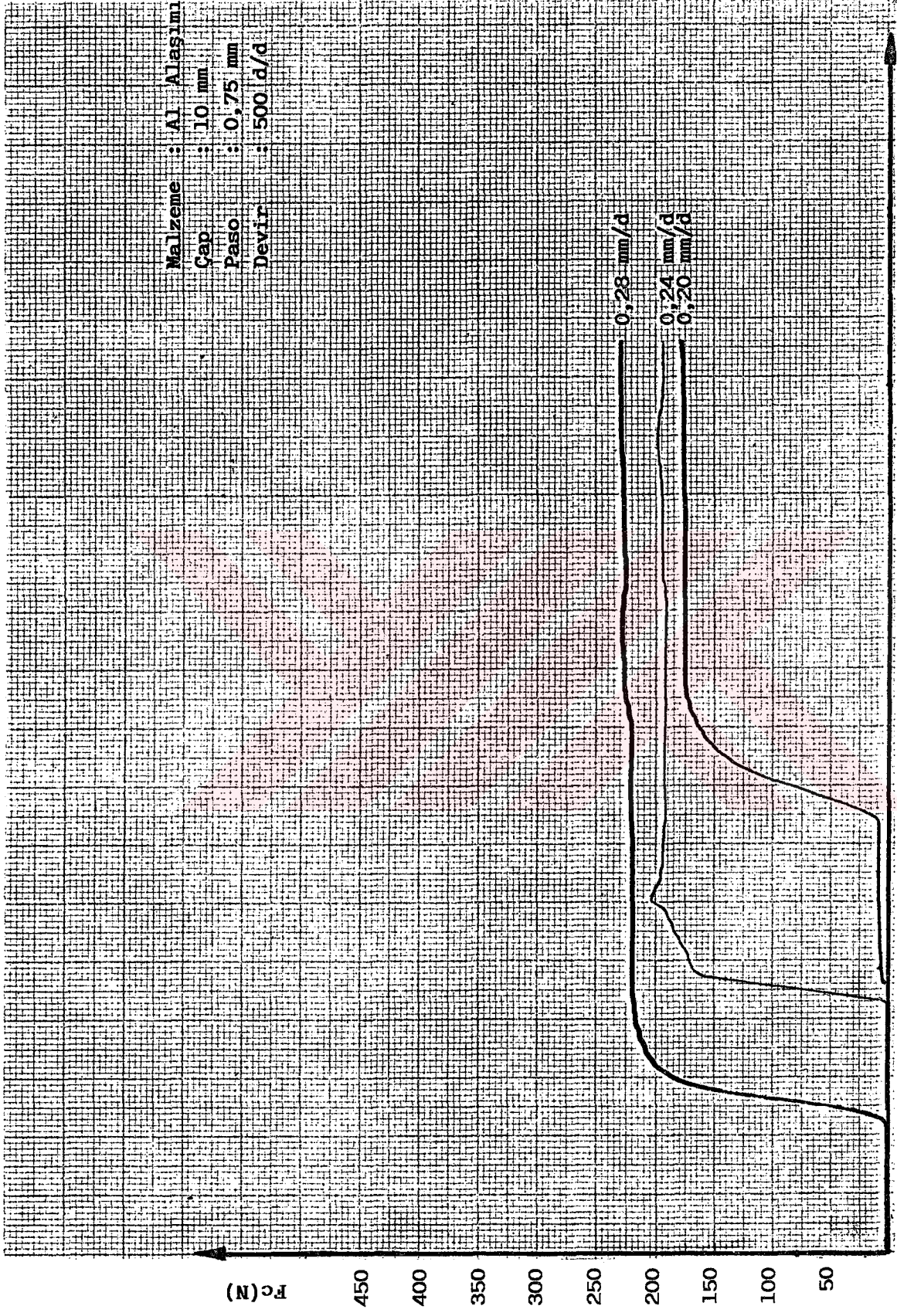


Malzeme : St 50  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
Devir : 500 d/d



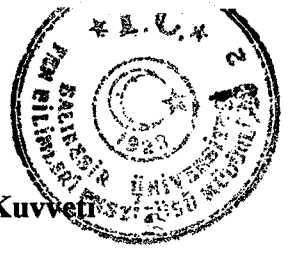
t (zaman)

Şekil 6.11 d Farklı ilerlemelerde ölçülmüş  $F_c$  kuvvet eğrileri



t (zaman)

Şekil 6.12 Farklı ilerlemelerde ölçülmüş  $F_c$  kuvvet eğrileri

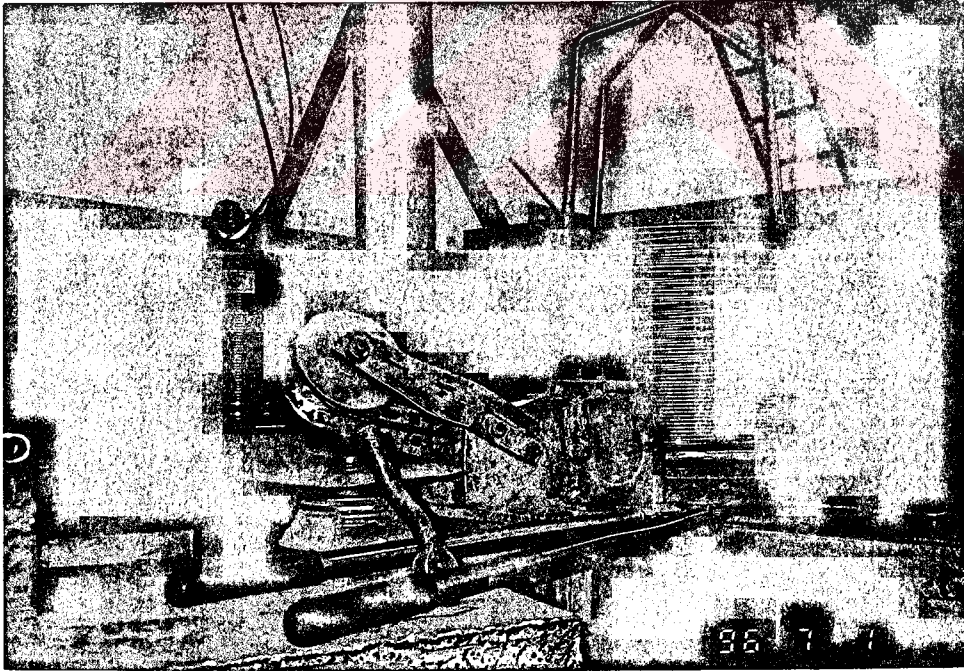


### 6.5.3 Demir Dışı Metallerde Deformasyon Oranlarının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi

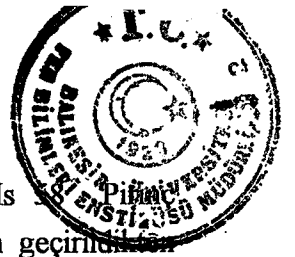
#### 6.5.3.1 Deneyde Kullanılan Numunelerin Hazırlanışı

Deformasyon oranlarının kesme kuvvetleriyle değişimini incelemek amacıyla boyları 200 mm olan Al alaşımı ve Pirinç numuneler, çapları 9.75, 9.50 ve 9.25 mm olan haddelerden geçirilmek suretiyle deformasyona tabi tutulmuştur.

Al alaşımı ve Pirinç çubuklar çekilmeden önce, çubuk yüzeyleri hazırlandıktan sonra uçları sivrilti olarak yavaş haddeden geçirilir ve çekme blokuna bağlanır. Çekme sırasında yağlayıcı olarak sabun tozu kullanılır. Şekil 6.13 'te Al alaşımı ve Pirinç çubukların çekildiği tel çekme tertibatı gösterilmiştir. Çekme sırasında sarma makinası kullanıldığından numuneler eğilmiş olarak haddeden çıkmıştır (Şekil 6.14 ve Şekil 6.15).



Şekil 6.13 Tel çekme tertibatının genel görünüşü.



Çapları 10 mm ve boyları 200 mm olan Al alaşımı ve Ms 58 Pirinç nümüneler, çapları 9.75, 9.50 ve 9.25 mm olan yüsük haddelerden geçirildikten sonra deformasyon oranlarını hesaplayabilmek için bu çaplara karşılık gelen son boyları ölçülmüş ve Al Alaşımı için sırasıyla 212, 221 ve 235 mm , Ms 58 Pirinç nümüneler için 214, 223 ve 237 mm olarak belirlenmiştir.

Deformasyon oranı ( $\emptyset$ ), numunelerin ilk boyları ( $L_0$ ) ve son boyları ( $L$ ) olmak üzere ;

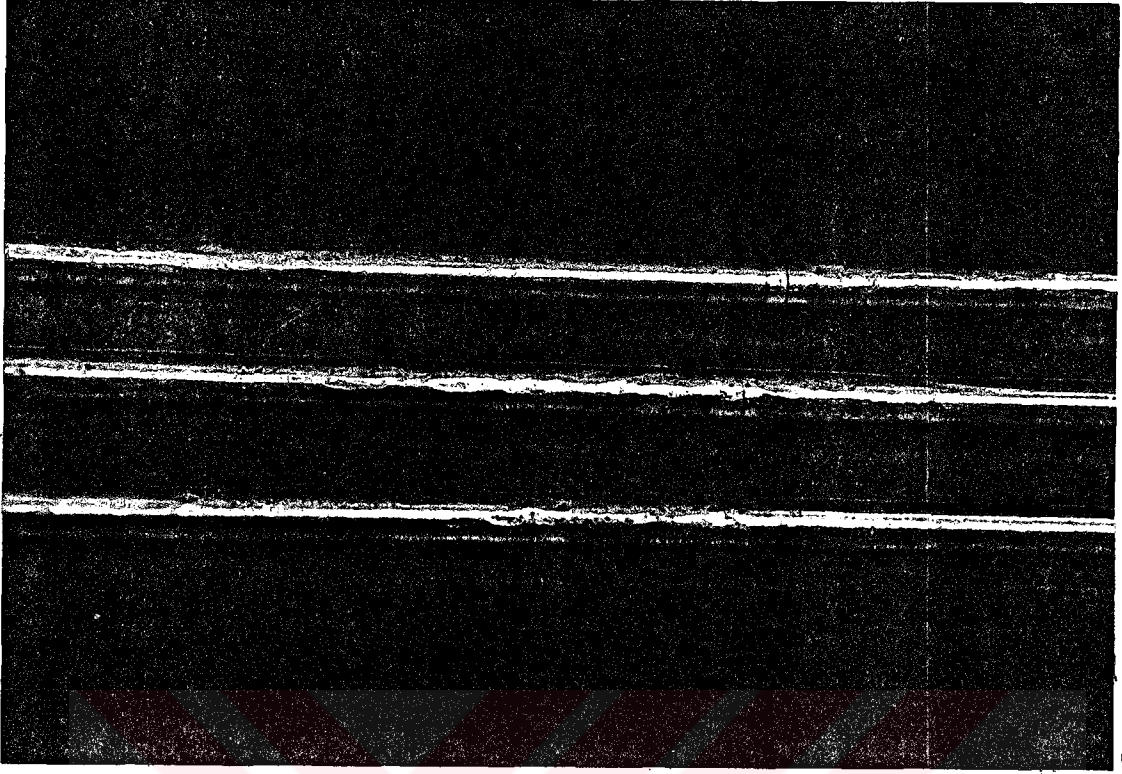
$$\emptyset = (L - L_0) / L_0 \quad (6.1)$$

bağıntısından deformasyon oranları hesaplanmış , ayrıca deformasyona tabi tutulan numunelerin sertlik değerleri sertlik ölçüm cihazı ile Rockwell B cinsinden ölçülmüştür. Çizelge 6.2 'de deformasyona tabi tutulmuş Al alaşımı ve Ms 58 Pirinç malzemeye ait deformasyon oranları ve bu oranlara karşılık gelen sertlik değerleri verilmiştir.

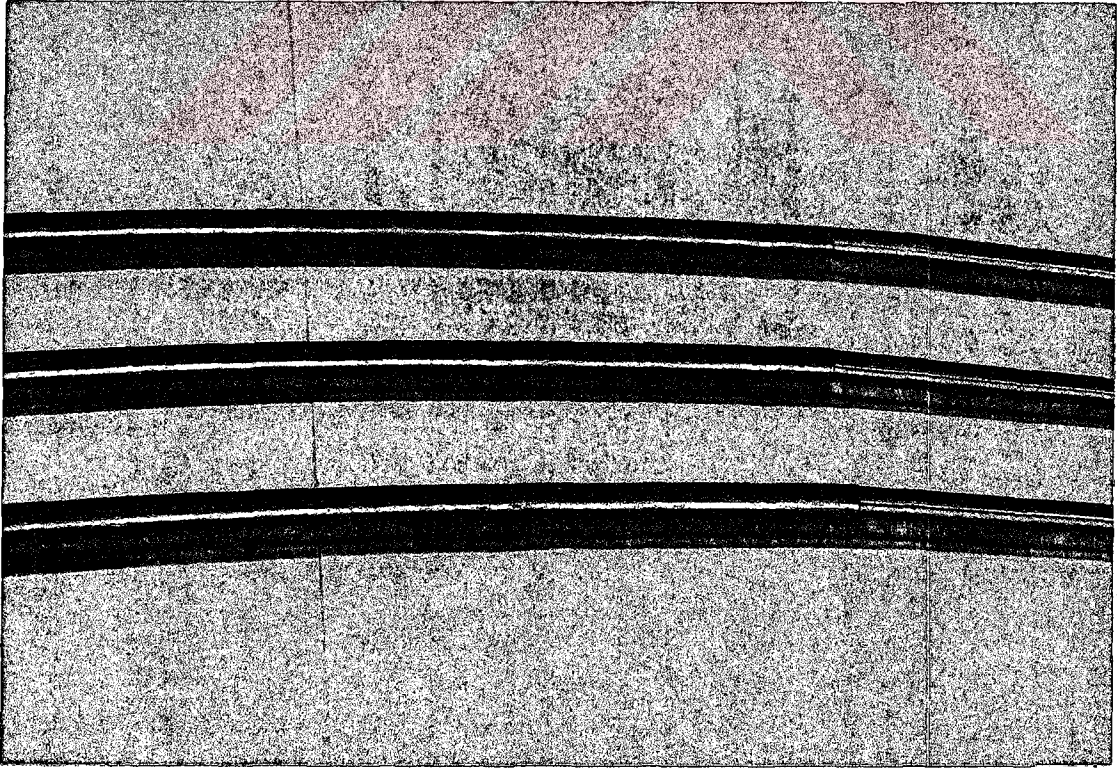
Çizelge 6.2 Al Alaşımı ve Ms 58 pirinç malzemeye ait deformasyon oranları ve sertlik değerleri.

Malzeme	Çap (mm)	Def. Oranı (%) $\emptyset$	Sertlik Rockwell B
Ms 58 Pirinç	9.75	7	79
	9.50	11.5	80
	9.25	18.5	81
Alüminyum Alaşımı	9.75	6	74
	9.50	10.5	75
	9.25	17.5	76

Fc kesme kuvveti, Şekil 6.16 ve Şekil 6.17 'de görüldüğü gibi düzgün bir değişim göstermemiştir. Bu düzensizlik, haddeden çıkan eğrilmiş çubukların iyi doğrultulamaması nedeniyle talaş kaldırma sırasında meydana gelen salgıdan kaynaklanmaktadır.

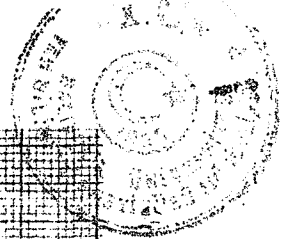


Şekil 6.14 Deformasyona tabi tutulmuş Al alaşımı çubuklar.

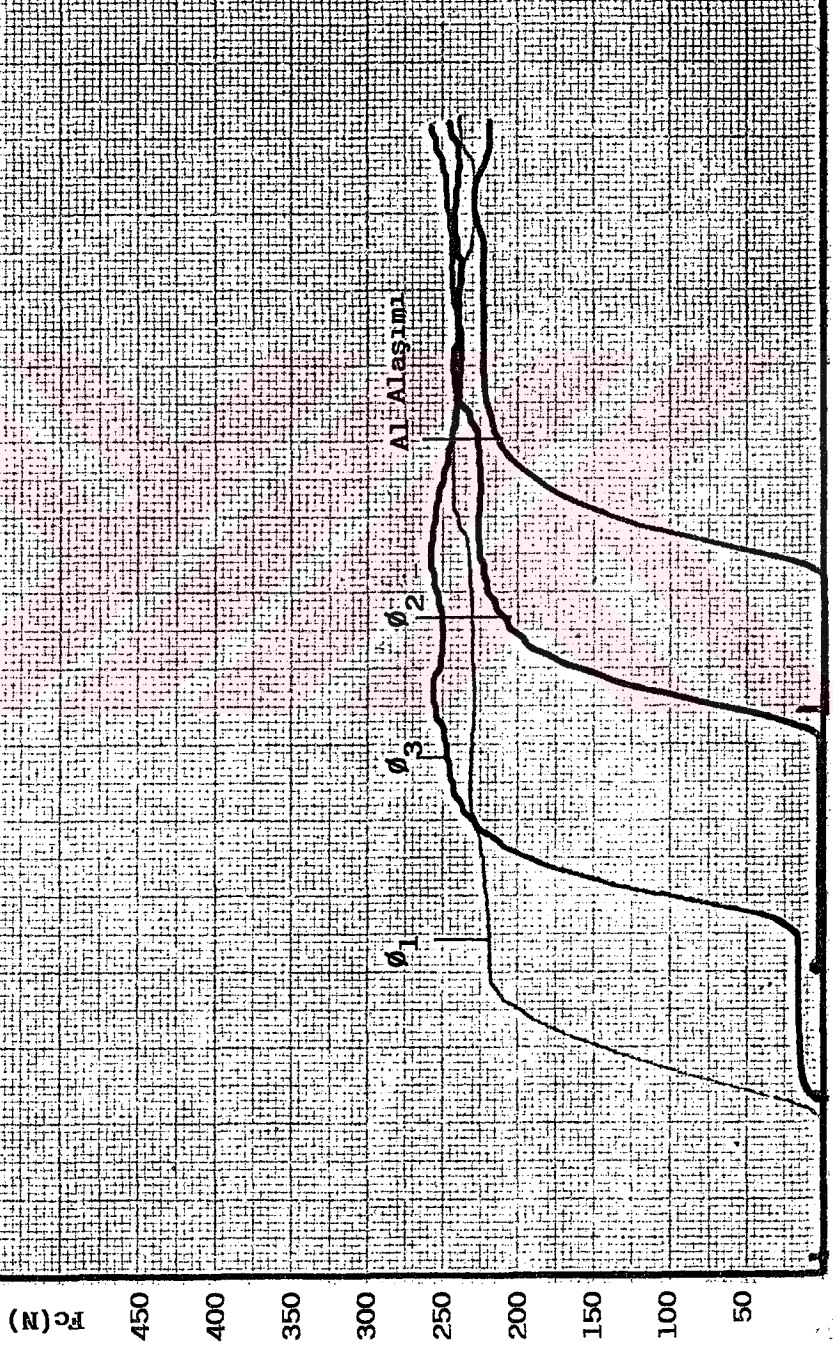


Şelil 6.15 Deformasyona tabi tutulmuş Ms 58 Piriç çubuklar.





Malzeme : Al Alaşımı  
Çap : 10 mm  
İlerleme : 0,28 mm/d  
Paso : 0,75 mm  
Def-oranları :  $\phi_1 = \% 6$   
 $\phi_2 = \% 10,5$   
 $\phi_3 = \% 17,5$



t (zaman)

Şekil 6.16  $\phi_1, \phi_2, \phi_3$  deformasyon oranına tabi tutulan Alüminyum alaşımının işlenmesinde ölçülen  $F_c$  kuvvet eğrileri

Malzeme : MS 58

Çap : 10 mm

İlerleme : 0,28 mm/d

Paso : 0,75 mm

Def. oranları :

$\phi_1 = \% 7$

$\phi_2 = \% 11,5$

$\phi_3 = \% 18,5$

Fc (N)

450

400

350

300

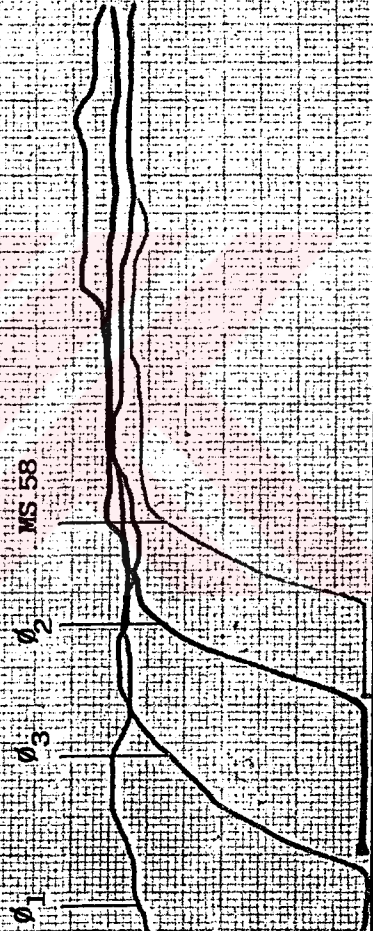
250

200

150

100

50



t (zaman)

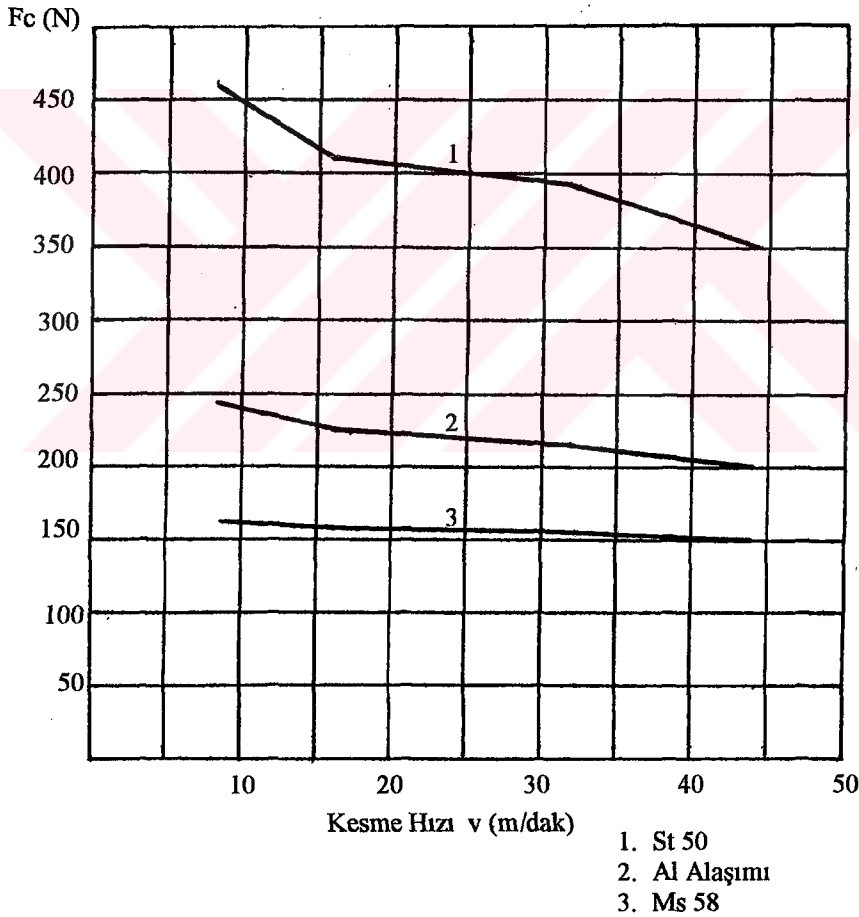
Şekil 6.17  $\phi_1, \phi_2, \phi_3$  deformasyon oranına tabi tutulan Ms 58 piring malzemenin işlenmesinde ölçülen Fc kuvvet eğrileri

#### 6.5.4 Devir Sayılarının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi

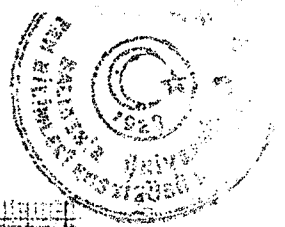
Deneylerde çapları 10 mm olan Al alaşımı Ms 58 Pirinç ve St 50 Çelik çubuklar, 250, 500, 1000 ve 1400 dev/dak devir sayılarında işlenmiş ve bu devirlere karşılık gelen "Fc" kuvvet eğrileri elde edilmiştir (Şekil 6.19, Şekil 6.20 ve Şekil 6.21).

Kesme hızlarının kesme kuvvetleriyle değişimini incelemek amacıyla bu devirlere tekabül eden kesme hızları  $v = \pi D n / 1000$  formülünden sırasıyla 7.85 m/dak, 15.7 m/dak, 31.4 m/dak ve 43.96 m/dak olarak hesaplanmıştır.

Şekil 6.19 , Şekil 6.20 ve Şekil 6.21 grafiklerinden yararlanılarak kesme hızlarıyla kesme kuvveti arasındaki değişimi gösteren Şekil 6.18 grafiği çizilmiştir.



Şekil 6.18 Al alaşımı, Ms 58 Pirinç ve St 50 Çelik malzemelerin işlenmesinde kesme hızlarının Fc kuvveti ile değişimi.



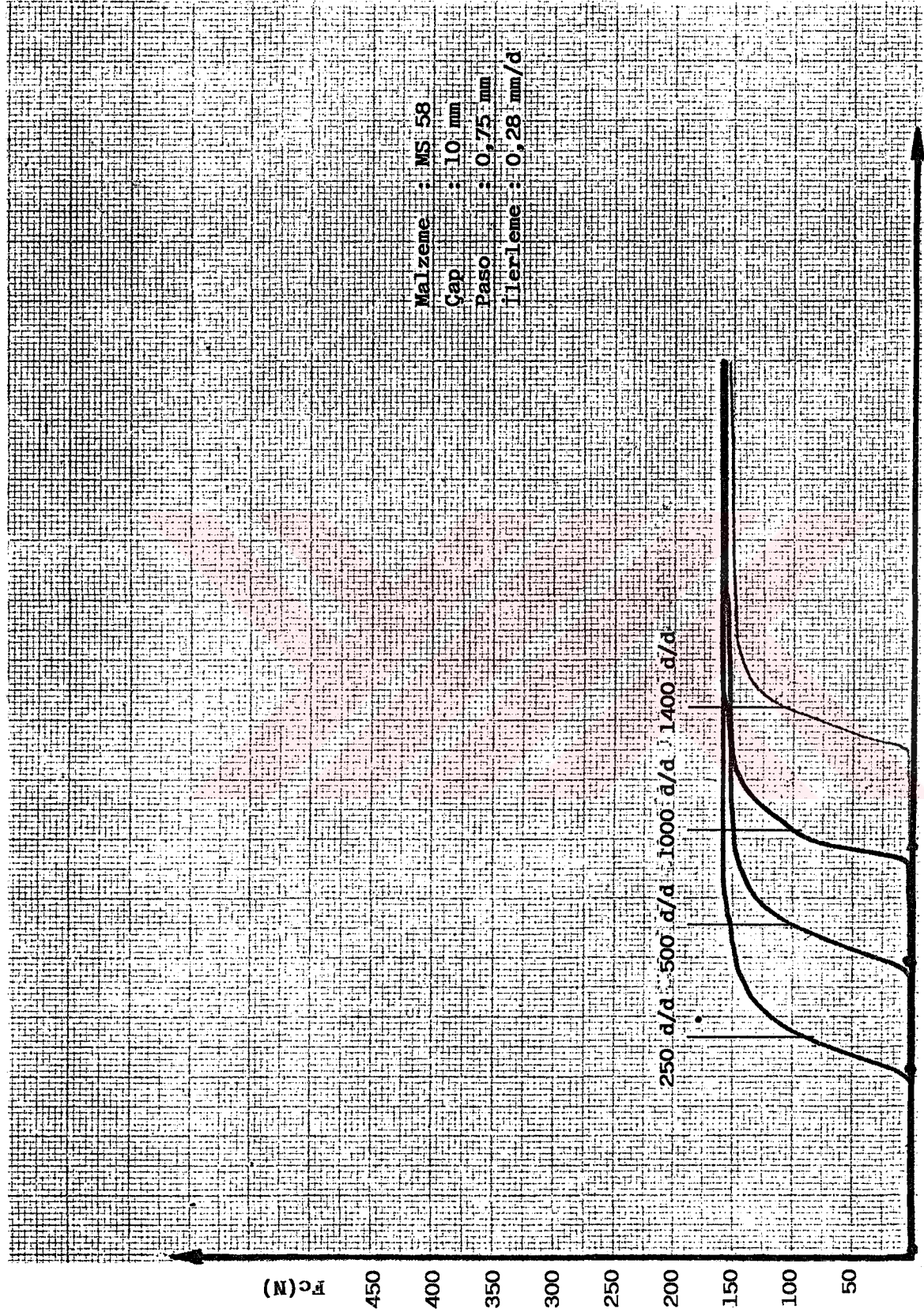
Malzeme : Al Alaşını  
Çap : 10 mm  
Paso : 0,75 mm  
İlerleme : 0,28 mm/d

F<sub>c</sub> (N)  
450  
400  
350  
300  
250  
200  
150  
100  
50

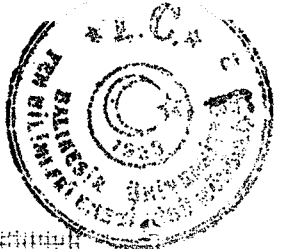
250 d/d 500 d/d 1000 d/d 1400 d/d

t (zaman)

Şekil 6.19 Farklı devirlerde ölçülmüş F<sub>c</sub> kuvvet eğrileri



Şekil 6.20 Farklı devirlerde ölçülmüş  $F_c$  kuvvet eğrileri



St: 50

10 mm

0,75 mm

0,28 mm/d

F<sub>c</sub> (N)

250 d/d 500 d/d 1000 d/d 1400 d/d

t (zaman)

Şekil 6.21 Farklı devirlerde ölçülmüş F<sub>c</sub> kuvvet eğrileri



### 6.5.5 Üç Farklı Malzemenin Değişik Şartlarda İşlenmesinde Oluşmuş Talaş Tipleri

Deneyde kullanılan malzemelerin 250, 500, 1000 ve 1400 devir/dakika sayılarında oluşan talaş tipleri Şekil 6.22, Şekil 6.23 ve Şekil 6.24 'te gösterilmiştir.

Kesim 2.1 'de açıklandığı gibi talaş oluşumu üç farklı şekilde meydana gelmektedir. Bunlar; sürekli talaş tipi, kesintili talaş tipi ve yapışık talaş tipleridir.

*Sürekli talaş tipi:* Talaş devamlı bir deformasyon ile çatlaksız olarak takım ağzından talaş yüzüne doğru akar.

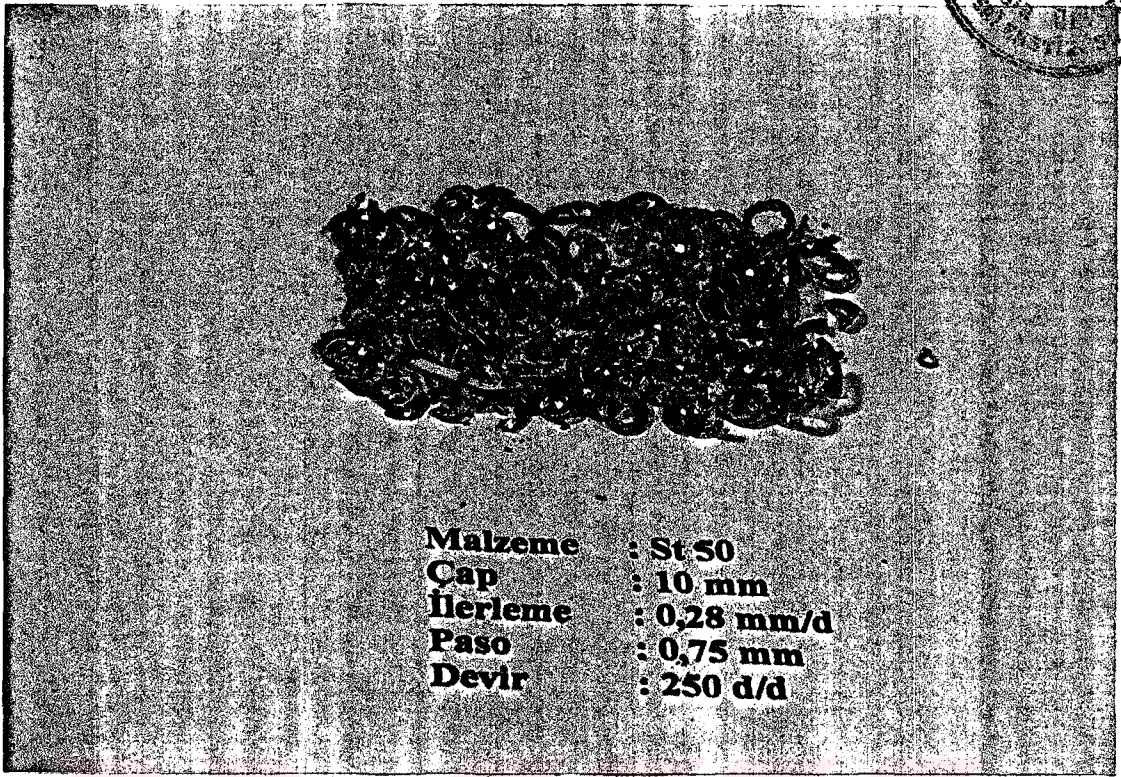
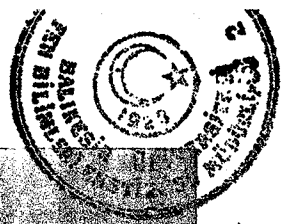
*Kesintili talaş tipi:* Bu tip talaş, takım ağzından parça parça veya parçalar birbirine çok zayıf olarak yapışmış durumda çıkar.

*Yapışık talaş tipi:* Sürekli talaş tipine benzer. Talaş, kesme kenarının talaş yüzü üzerine yapışarak kesme kenarının şeklini bozar.

Şekil 6.22 'de St 50 Çelik malzemeye ait talaş resimleri görülmektedir. Dört farklı devirde oluşmuş talaş şekilleri incelendiğinde talaş şeklinin kesintili talaş tipi olduğu görülmektedir.

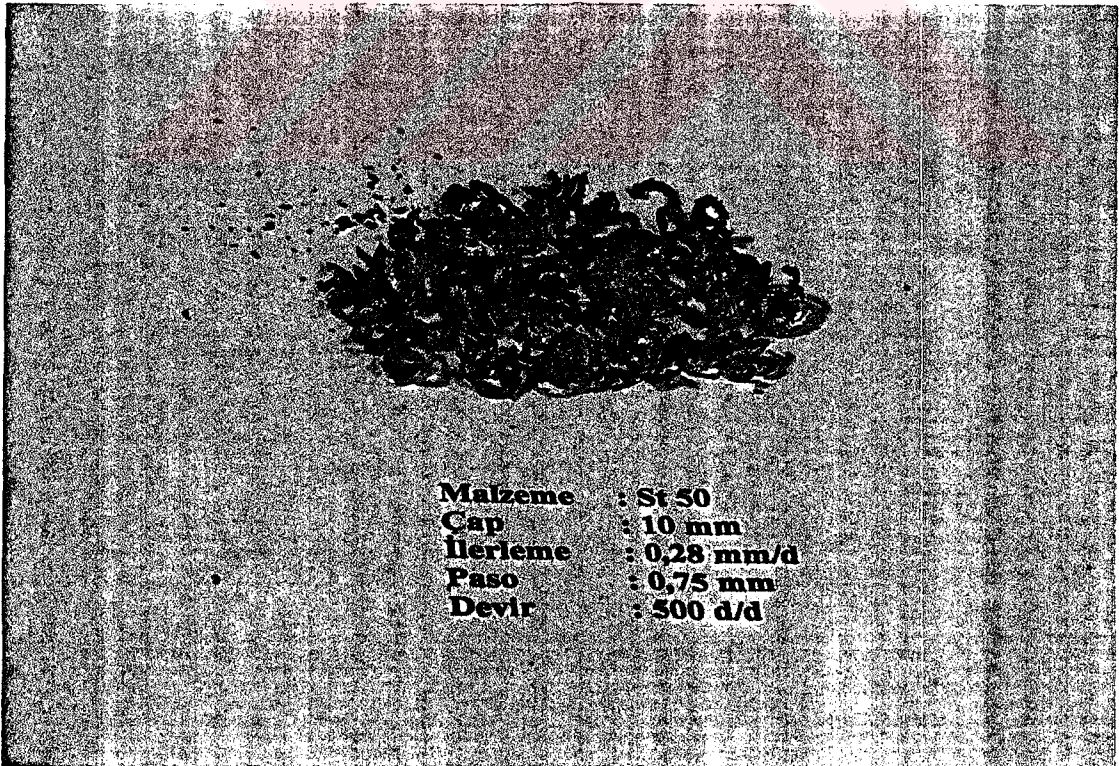
Şekil 6.23 'te Al alaşımına ait talaş resimleri incelendiğinde 250-500 devir/dakika sayılarında kesintili talaş tipi oluşurken, 1000 - 1400 devir/dakika sayılarında sürekli talaş tipi meydana gelmektedir.

Şekil 6.24 'te Ms 58 Pirinç malzemeye ait talaş resimlerinden görüldüğü gibi 500 - 1400 devir/dakika sayılarında kesintili talaş tipi meydana gelmektedir.



**Malzeme** : St 50  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 250 d/d

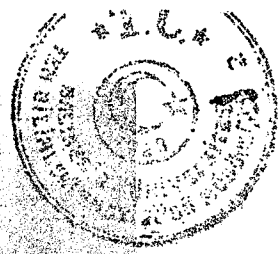
(a)



**Malzeme** : St 50  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 500 d/d

(b)





**Malzeme** : St 50  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 1000 d/d

(c)

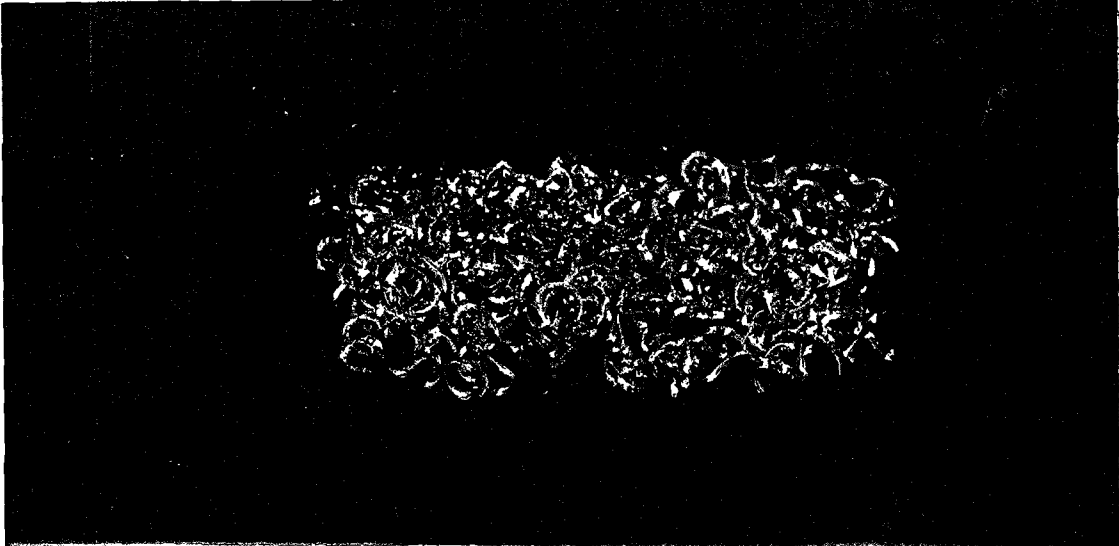
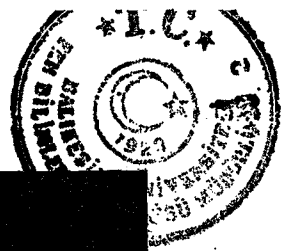


**Malzeme** : St 50  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 1400 d/d

(d)

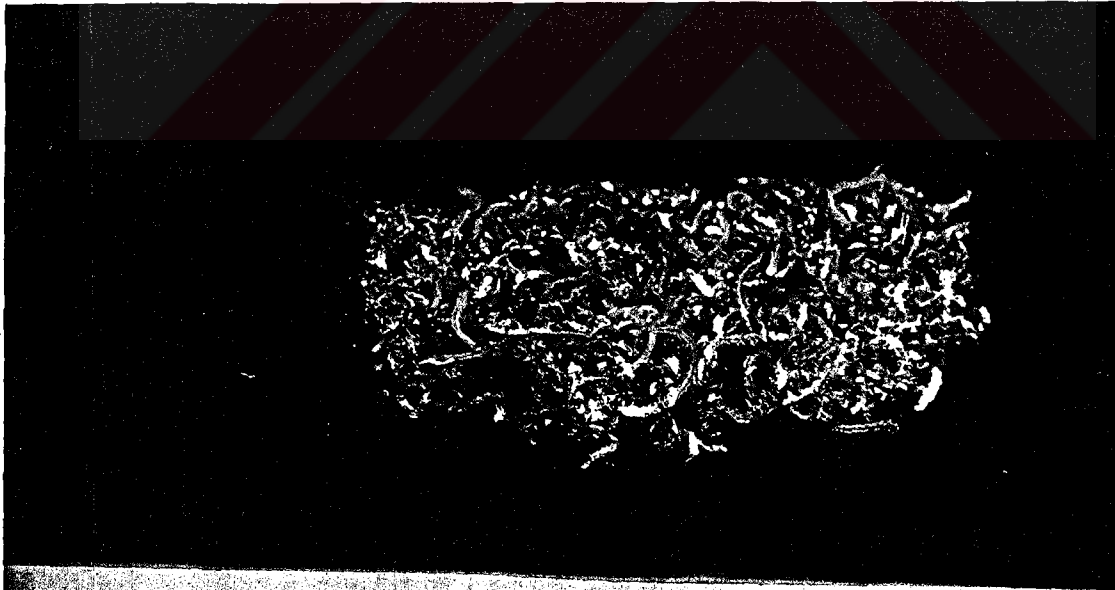
Şekil 6.22 St 50 Çelik malzemeye ait talaş tipleri

- a) 250 devir de oluşmuş talaş tipi,    b) 500 devir de oluşmuş talaş tipi,  
c) 1000 devir de oluşmuş talaş tipi,    d) 1400 devir de oluşmuş talaş tipi.



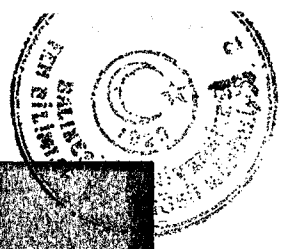
**Malzeme** : Al Alaşımı  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 250 d/d

(a)



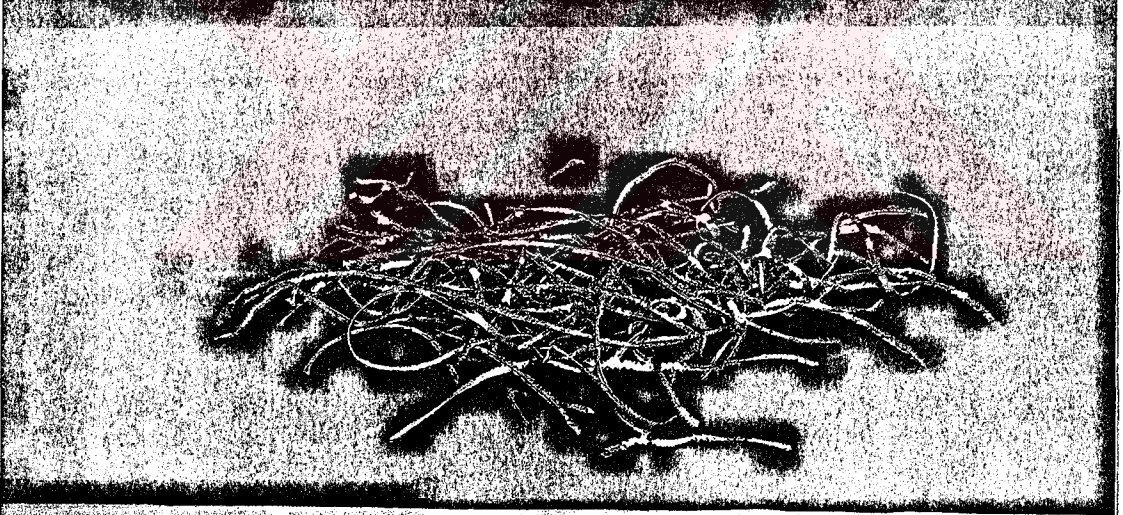
**Malzeme** : Al Alaşımı  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 500 d/d

(b)



**Malzeme** : Al Alaşımı  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 1000 d/d

(c)

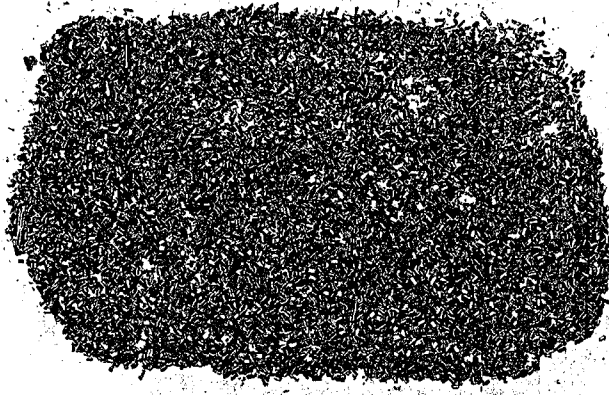
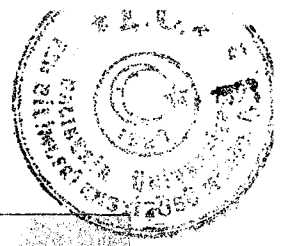


**Malzeme** : Al Alaşımı  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 1400 d/d

(d)

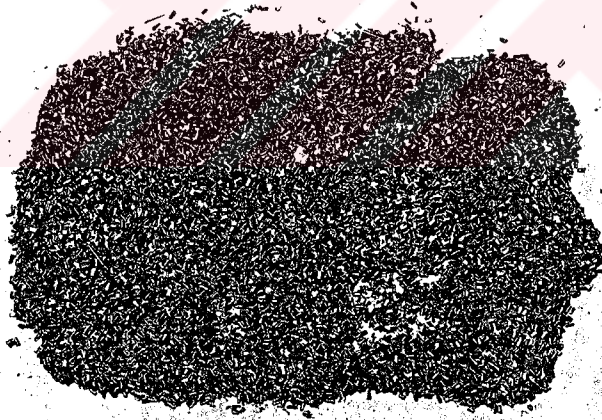
Şekil 6.23 Al alaşımına ait talaş tipleri:

- a) 250 devir de oluşmuş talaş tipi, b) 500 devir de oluşmuş talaş tipi,  
c) 1000 devir de oluşmuş talaş tipi, d) 1400 devir de oluşmuş talaş tipi.



**Malzeme** : MS 58 Pirinç  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 500 d/d

(a)

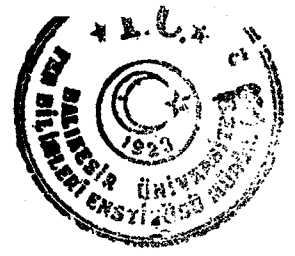


**Malzeme** : MS 58 Pirinç  
**Çap** : 10 mm  
**İlerleme** : 0,28 mm/d  
**Paso** : 0,75 mm  
**Devir** : 1400 d/d

(b)

Şekil 6.24 Ms 58 Pirinç malzemeye ait talaş tipleri:

- a) 500 devir de oluşmuş talaş tipi,
- b) 1400 devir de oluşmuş talaş tipi.

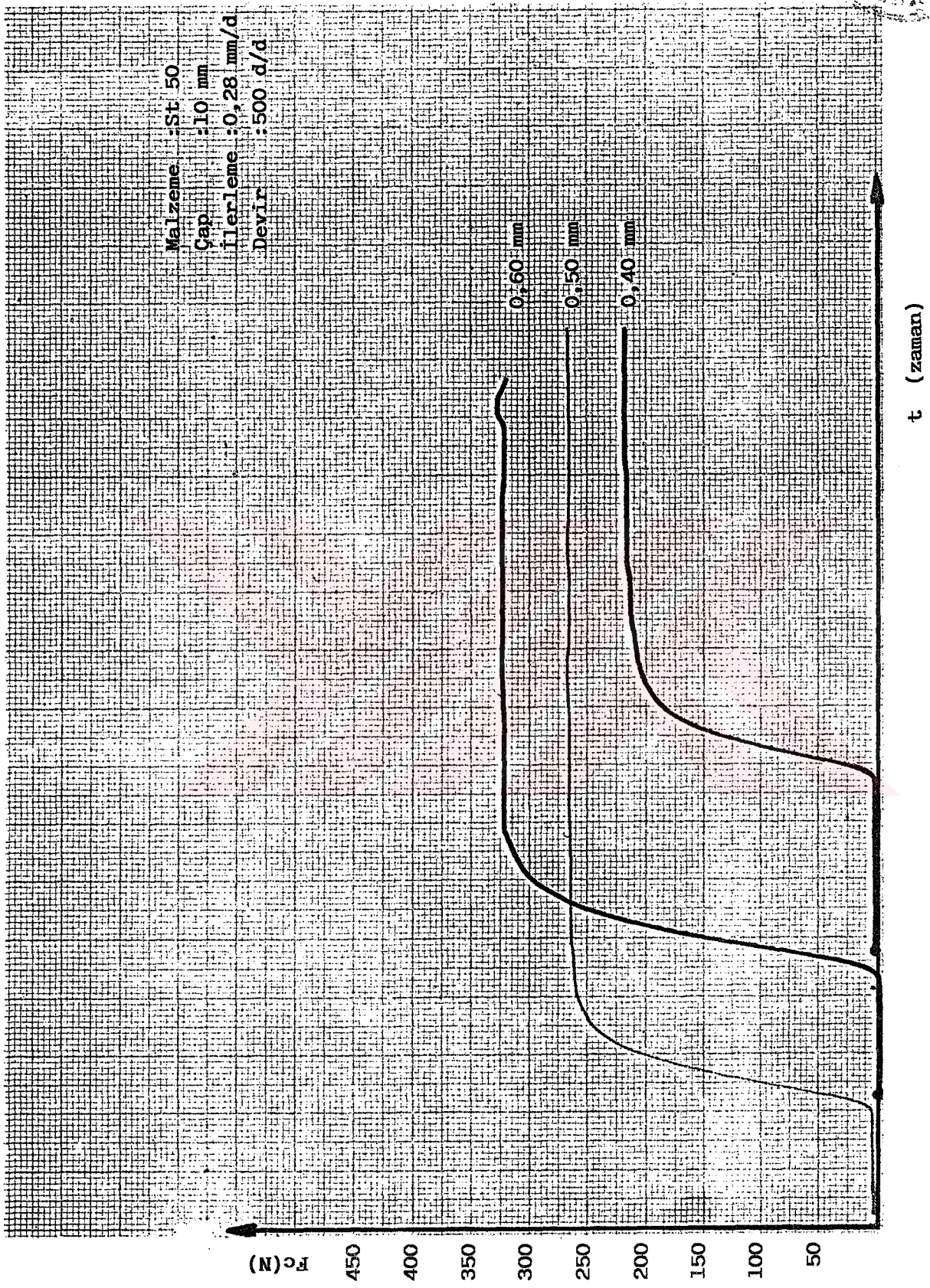


### 6.5.6 Paso Kalınlığının "Fc" Kuvveti Üzerine Etkisi

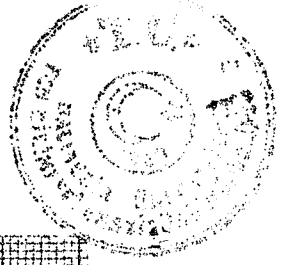
Al Alaşımı, Ms 58 Pirinç ve St 50 Çelik malzemelerin talaş kaldırılmasında 0.40 , 0.50 , 0.60 (mm) pasolar verilmek suretiyle paso kalınlığı ile kesme kuvveti arasındaki değişimi gösteren Şekil 6.25, Şekil 6.26 ve Şekil 6.27 grafikleri elde Grafiklerden de görüldüğü gibi paso kalınlığının kesme kuvveti üzerine etkisi oldukça fazladır. St 50 Çelik malzemenin işlenmesinde paso kalınlığının artmasıyla kesme kuvvetinde büyük bir artış meydana gelmektedir.

Kesme kuvvetindeki bu artışın iş parçasının salgı yapmasına, yüzey düzgünlüğünün bozuk olmasına ve parçanın istenilen ölçülerde işlenememesine neden olmaktadır. Ayrıca parçanın yeterince rijit olmaması durumunda kesme kuvvetlerinin iş parçası üzerindeki olumsuz etkisi daha da artacaktır.

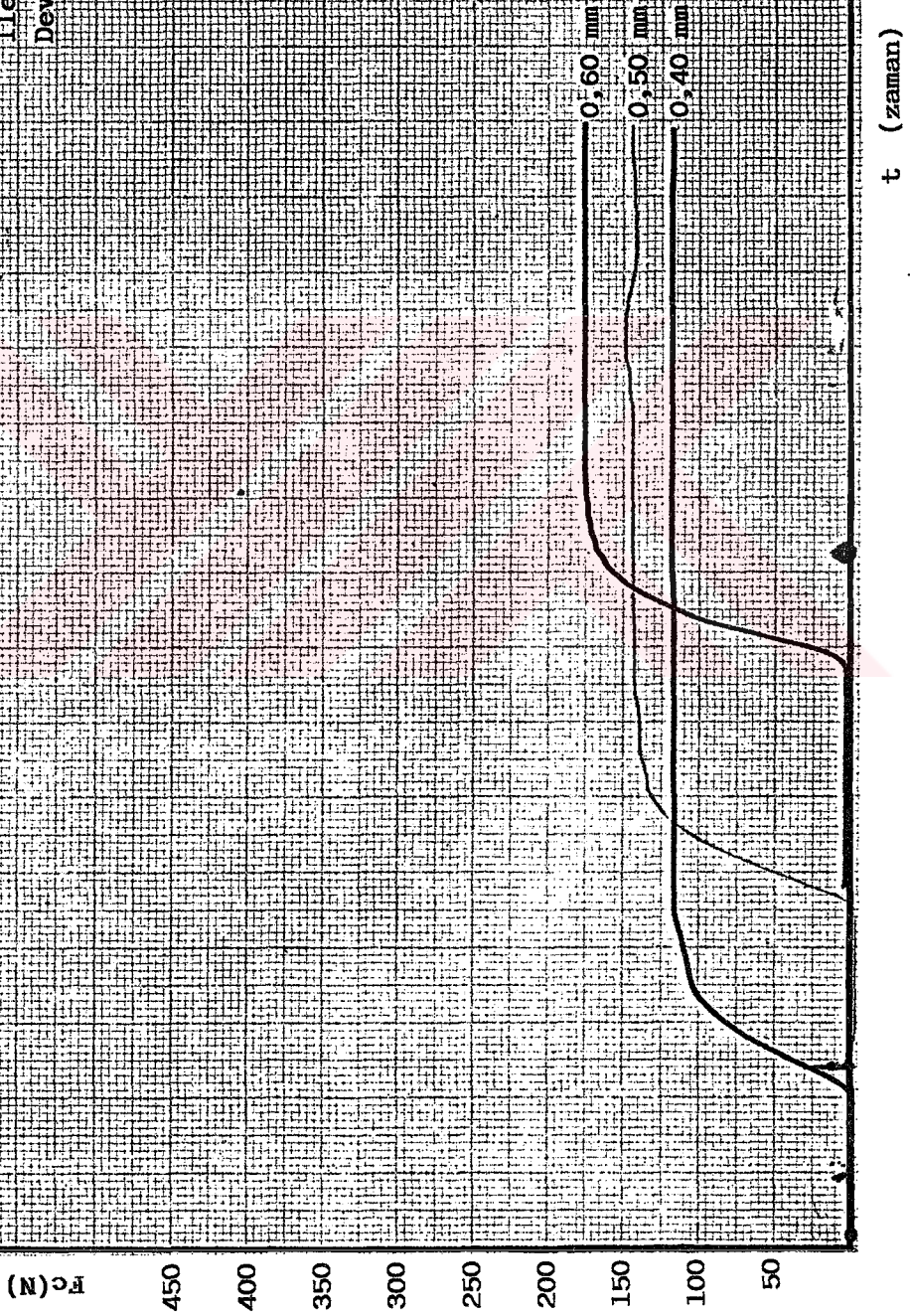
Bu nedenle işleme sırasında uygun bir paso kalınlığının seçilmesi işleme kalitesi bakımından önemlidir.



Şekil 6.25 Farklı pasolarda ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri



Malzeme : Al Alaşımı  
Çap : 10 mm  
İlerleme : 0,28 mm/d  
Devir : 500 d/d



Şekil 6.26 Farklı pasolarda ölçülmüş  $F_c$  kuvvet eğrileri



Malzeme : MS 58

Çap : 10 mm

İlerleme : 0,28 mm/d

Devir : 500 d/d

F<sub>c</sub> (N)

450  
400  
350  
300  
250  
200  
150  
100  
50

0,60 mm  
0,50 mm  
0,40 mm

t (zaman)

Şekil 6.27 Farklı pasolarda ölçülmüş F<sub>c</sub> kuvvet eğrileri





### 6.5.7 Üç Farklı Malzemenin Aynı Şartlarda İşlenmesinde Kesme Kuvvetinin Değişimi

Alüminyum alaşımı , Ms 58 Pirinç ve St 50 Çelik malzemenin işlenmesinde meydana gelen kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması amacıyla 0.75 mm paso kalınlığı, 0.28 mm/dev ilerleme değeri ve 500 dev/dak şartlarında deneye tabi tutulmuş ve Şekil 6.28 grafiği elde edilmiştir.

Grafiklerden de görüldüğü gibi Al alaşımı ve Ms 58 pirinç malzemeye ait kesme kuvveti , St 50 Çelik malzemeye göre çok daha düşük olmaktadır.

Al alaşımı ve Ms 58 Pirinç malzemenin işlenmesinde meydana gelen kesme kuvvetleri , Ms 58 Pirinç malzemenin daha sert olmasına rağmen bu malzemede daha düşük olmaktadır.



Çap : 10 mm.  
Paso : 0,75 mm.  
İlerleme : 0,28 mm/d  
Devir : 500 d/d



t (zaman)

Şekil 6.28 Alüminyum alaşımı, Pirinç ve Çelik malzemelere ait Fc kuvvet eğrileri

## 7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE YORUMLARI

1. St 50 çelik malzeme için teorik olarak hesapladığımız (Fc) kesme kuvveti ile imal ettiğimiz octagonal ring dinamometresinin kalibrelenmesinden sonra ölçtüğümüz pratik (Fc) kesme kuvveti arasında 10 N'dan az bir fark gözlenmiştir. Bu farkın maksimum 450 N gibi kesme kuvvetleri ile çalışıldığında 45 daN veya 45 Kg'lık kuvveti 1 Kg artırması veya azaltması çok fazla önem arzetmez. 10 N'luk farkın straingauge'lerin yapıştırılması, sıcak-soğuk dengesi, havanın rutubeti gibi faktörlerden kaynaklanabileceği unutulmamalıdır. Teorik hesaplamalarda da bir takım kabullerin yapılması bu farkı doğurabilir.

2. Kesme sıvılarının kullanımı ile oluşan ısı ve sürtünmenin azalması ve dolayısı ile gücün azalması, daha fazla miktarlarda talaş kalınlıklarının işlenmesini gerektirir. Fakat çalışmada tamamen tersi olup, kesme sıvısının kullanımı ile kesme kuvvetleri artmıştır.

Uygulama, HSS takım için çok düşük değerlerde yapılmıştır ve sadece tek bir değerde incelenmiştir. Dolayısıyla verilen optimum değerlerin dışında işlem yapılmış ve dolayısıyla literatürde verilen belirli şartlara ulaşamamıştır. Bunun sebebi olarak ayrıca "düşük devir" sayılarıyla çalışılması sebebiyle yağlayıcılık özelliği kullanılması gereken yerde soğutucu özellik ön plana alınmış ve (Su-Bor yağı) emülsiyon kesme sıvısı kullanılmıştır. Dolayısıyla eğride oluşan artışların sebebi olarak yukarıdaki değerlendirme sonucu "uygun olmayan işleme şartları" ifadesi kullanılabilir.



3. İlerleme ; Parçanın bir devrine karşılık kesici takımın katettiği mesafe olarak algılanırsa, kesme kuvveti (Fc) her üç malzemede ilerleme'nin artışıyla artmaktadır. Şekil 6.10 ve Şekil 6.11'de elde edilen grafiklerin kesme kuvveti değerlerinin ortalaması alınarak Şekil 6.9'da bu artışın lineer olduğu tesbit edildi.

4. Demir dışı metallerin deformasyona tabi tutulması sonucu deformasyonun "Fc" kuvveti üzerindeki etkisi Şekil 6.16 ve Şekil 6.17'de görülmektedir. Buradan deformasyon oranı arttıkça, "Fc" kuvvetinin artışı doğal bir olaydır. Deforme edilen Al alaşımı ve Ms 58 pirinç malzemede sertlik artışı olduğu Çizelge 6.2'de görülmektedir. Sertlik artışı (Fc) kuvvetinde artış meydana getirmiştir. Şekildeki eğrilerin düzensizliği, çubukların yüsük haddeden düzgün çekilemeyişi, sonuçta da tornalama esnasında parçanın salgılı dönüşü nedeniyledir.

5. Devir sayılarının "Fc" kuvveti üzerindeki etkisi Şekil 6.19, Şekil 6.20 ve Şekil 6.21'de gösterilmiştir. Her üç malzemede de devir sayıları arttıkça "Fc" kuvveti azalmıştır. Bu azalma St 50 çelik malzemede kendisini bariz bir şekilde gösterirken, Ms 58 pirinç malzemede minimuma inmiştir.

Devir sayısı artarken (Fc) kesme kuvvetinin azalış sebebi : Takım ucunun temas ettiği bölgede ani sıcaklık artışı doğmakta ve o bölgeyi yumuşatmaktadır. Bunun sonucu "Fc" kuvvetinde düşme olmaktadır.

6. Kesme hızı,  $v = \pi D n / 1000$  formülünden devir sayılarına bağlı olarak hesaplanırsa Şekil 6.18'de görüldüğü gibi her üç malzeme için de kesme hızlarının artması sonucu kesme kuvvetlerinin Ms 58 pirinçde çok az, Al alaşımı ve St 50 çelik malzemede bariz bir şekilde düştüğü saptanmıştır.

7. Bu çalışmada "Fc" kuvveti üzerinde etkili olan parametreleri incelenirken oluşan talaş tipleri de değerlendirilmiştir. St 50 için Şekil 6.22 , Al alaşımı için Şekil 6.23, Ms 58 pirinç için Şekil 6.24'de baktığımızda ; St 50 malzemenin 250, 500, 1000 ve 1400 devir sayılarında kesintili talaş tipi görülmekte, Al alaşımı malzemenin



düşük devirlerinde kesintili talaş tipi oluşurken yüksek devirlerinde sürekli talaş tipi oluşmaktadır. Çünkü Al alaşımı sünek bir malzemedir. Ms 58 pirinç malzemedeki düşük ve yüksek hızlarda talaş tipi kesintili talaş şeklindedir ve değişmemektedir. Gevrek davranan tüm malzemelerde bu talaş tipi sıkça görülür.

8. Paso kalınlığının “Fc” kuvveti üzerindeki etkisi Şekil 6.25, Şekil 6.26 ve Şekil 6.27’de gösterilmiştir. Her üç malzeme için paso kalınlığı arttıkça “Fc” kuvvetinin arttığı görülmüştür. Bu da doğal bir sonuçtur.

9. Her üç malzemenin işlenmesi esnasında (Fc) kesme kuvvetinin karşılaştırılması için paso kalınlığı 0.75 mm, ilerleme 0.28 mm/dev, devir sayısı 500 dev/dak alındığında Şekil 6.28 grafiği elde edilmiştir. Burada kayda değer sonuç ; Ms 58 pirinç malzeme sertliği bakımından Al alaşımından daha fazla olmasına karşılık, “Fc” kuvveti değeri daha düşüktür. Bu malzemenin gevrekliği ile alakalıdır.

## KAYNAKÇA

- [1] Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1992)
- [2] Shaw, M.C., “ Metal cutting principles “, MIT Press, Cambridge, (1995 )
- [3] Merchant, M.E., “ Basic Mechanis of the Metal cutting processes “, Journal of Applied Mechanics, ( 1994 )
- [4] Akkurt, M., Takım Tezgahları Talaş kaldırma yöntemleri ve Teknolojisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, ( 1985 )
- [5] Bruins, D.H., Drager ,H.J., Çeviren: Dinçmen, M., Werkzeuge und werkzeugmaschinen für die spanende Metallbearbeitung, Carl Hanser Yayınevi, Viyana, ( 1995 )
- [6] Thomas, J., Drazda, P.E., Tool And Manufacturing Engineers Handbook, America, ( 1976)
- [7] Kirk, J.A., “ Matrix Representation and prediction of Three Dimensional Cutting Forces “, Journal of Engineering for Industry, Transactions of ASME, ( 1977 )
- [8] Akün, F., Takım Tezgahları, İTÜ Makina Fakültesi Ofset Atelyesi, ( 1978 )
- [9] “ Mechinal Engineer’s Data Handbook Manufacturing technolog “, ( 1974 ), 174-178
- [10] Hoper, D.A., “ Cutting Fluids- Peton Pest “, Tribology İnternational, ( 1977), 23-27
- [11] Timings, R.L., Çeviren: Gürbüz, R., Materials Tecnology, Longman London Yayınevi Hong kong, (1985)
- [12] Groover, M.P., Asurvey on the Machinability of Metals, SME Technical paper, (1976 )
- [13] Vidosic, J.P., Metal Machining, New York, ( 1964 )
- [14] Lorenz, G., “ Comprehenesive tool wear equations obtained from accelerated facing tests“, Australia, ( 1973 )
- [15] Srinivas, B.K., optimum Tool Life, ( 1976 )

- [16] Boston, .W., “ Metal cutting porces and power Requirements for machinetools”,( 1942 )
- [17] Onaran, K., Malzeme Bilimi, İstanbul, ( 1985 )
- [18] Tekin, E., Demir Dışı Metaller ve Alaşımlarının Uygulamalı Optik Metalografisi, SEGEM yayınları, ANKARA, ( 1982 )
- [19] Rapier, A.C., Cutting Force Dynamometers, H.M. Stationary office, NEL plasticity Rep.158, ( 1959 )
- [20] Boothnoyd, G., “ A Metal Cutting Dynamometer, Engineer, London, ( 1962 )
- [21] Leower, E.G., Marshall, E.R., “ Electrç Strangauge Tool Dynamometer, proc.AmSoc.Esp., stress Analysis, (1951 )
- [22] Aksoy, Z., Torna Tezgahında Talaş Kaldırma Esnasında Takıma Gelen Kesme Kuvvetlerini Ölçen İki Boyutlu Dinamometrenin Tasarımı ve İmalatı, M.sc., tezi Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 1986