

MALZEME ve İMALAT  
SEMPOZYUMU



PROGRAM  
2-3 Mart 1987  
DENİZLİ

Dokuz Eylül Üniversitesi  
Denizli Mühendislik Fakültesi

Yer: Ticaret Odası Salonu

3 Mart Salı Öğleden Sonra

4. OTURUM

Ötunun Bşk. Doç. Dr. T. AKSOY

14.00-14.20 Yüksek Krom-Nikel Alaşımli Çelikler için Yeni bir Kullanma Alanı

Y. Doç. Dr. A. VAROL, Doç. Dr. M. YILDIRIM, (FIRAT Ü.)

14.20-14.30 Tartışma

14.30-14.50 Ülkemizde Cıvata Somun Üretiminde Çelik Sorunu

Mak. Müh. A. CANKILIÇ, ASTAŞ-DENİZLİ

14.50-15.00 Tartışma

15.00-15.20 Darbe Kipinde Nd<sup>+3</sup> Laseri ile Metalik Yüzeylerin Sertleştirilmesi

Doç. Dr. B. Sami YILBAŞ, Araş. Gör. Gürsel ÇINAR, Araş. Gör. Nazif KAHRAMAN, (ERCIYES Ü.)

15.20-15.30 Tartışma

15.30-15.50 Ara

15.50-16.10 Plazma ile Püskürtme

Doç. Dr. S. KARADENİZ, (D.E.Ü.)

16.10-16.20 Tartışma

16.20-16.40 Tornalamada Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü için Oktagonal-ring Dinamometresi Tasarımı,

Doç. Dr. N. OTMANBÖLÜK (D.E.Ü.),  
Dr. İ. AY, Araş. Gör. Z. AKSOY,  
(ULUDAĞ Ü.)

16.40-16.50 Tartışma

Kapanış Konuşması

Prof. Dr. Mustafa DEMİRSOY

# TORNALAMADA KESME KUVVETLERİNİ ÖLÇEN STRAINGAUGE ESASLI OCTOGONAL RİNG DİNAMOMETRESİ VE UYGULAMASI

\*\*\* Doç.Dr.A.Naci OTMANBÖLÜK

\*\* Yrd.Doç.Dr.İrfan AY

\* Araş.Gör. Ziya AKSOY

Özet : Metallerin tornalanmasında kesme gücünün bilinmesi tezgah ve takım tasarımı için gereklidir.Kesme gücünün belirtilmesi için pek çok dinamometre dizaynı çalışması yapılmıştır.Bu makalede, straingauge esaslı octogonal ring dinamometresinin yapısı çalışması ve uygulama sonucunun teorik kesme gücü ile karşılaştırılması verilmiştir.

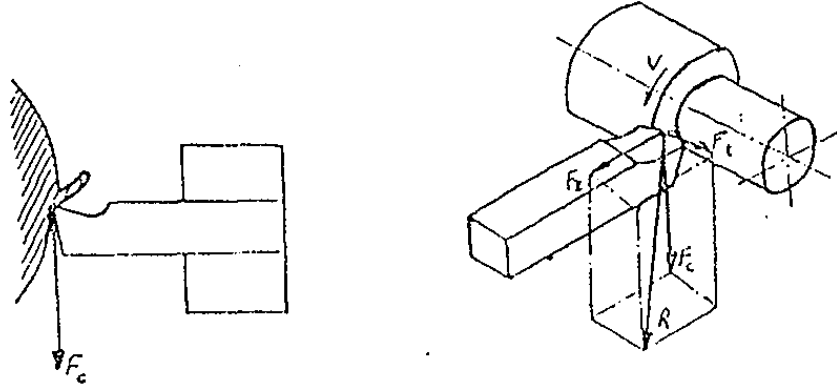
Summary : In the cutting of metals it's necessary to know the force in metal cutting for the design of machines and tools.Many design studies have been done to measure of the force in metal cutting.In this paper,the structure and the working of the straingauge toolpost octogonal ring dynamometer has explained and the results of the application compared with the theoretical force in metal cutting.

GİRİŞ : Bu tip bir dinamometreye ihtiyaç,tornalama esnasında ortaya çıkan kesme kuvvetlerinin değerinin pratik olarak ölçülebilmesi isteğinden doğmuştur.Bugüne kadar kesme kuvvetlerinin pratik olarak ölçümleri için pekçok dinamometre dizaynı geliştirilmiştir.Bunlar arasında Cantilever (yalnız bir ucu destekli) yivli cantilever,komparatör tipli dinamometreleri sayabiliriz.Bu dinamometreler iki veya üç boyutlu yapılmışlardır.Daha fazla bilgi literatürden bulunabilir(3).

Bu makalenin amacı,straingauge esaslı octogonal ring dinamometresinin tasarımı,yapısı,kullanımı ve teorik kesme kuvveti değerleriyle,ölçülen pratik kesme kuvveti değerleri arasındaki farkı görmek,ileride daha iyi bir dizayn için adım atmaktır.

## 1. TORNALAMADA KESME KUVVETLERİ :

Talaş kaldırma esnasında kesme kuvvetleri,gerek takım,gerekse iş parçası üzerinde birtakım şekil değiştirmelere neden olarak takım-parça konumunu değiştirirler ve işleme kalitesini etkilerler.Bu bakımdan değerlerinin pratik olarak bilinmelerinde yarar vardır.Takım ankastre biri çubuk olarak gözününe alınırsa,kesme kuvvetleri takımı şu şekilde zorlar (7).



Şekil 1. Kesme kuvvetlerinin takım üzerine etkisi.

- a)-  $F_c$  kuvveti ile (düşey düzlemde) eğilmeye, burulmaya,
- b)-  $F_t$  kuvveti ile (yatay düzlemde) eğilmeye, burulmaya,
- c)-  $F_z$  kuvveti ile (takım doğrultusunda) basmaya ve eğer takım uzun ise burulmaya,

Çalışma esnasında takımın kırılmaması için  $F_c$  nin oluşturduğu nominal gerilmelerin takım malzemesinin mukavemet sınırından küçük olması gereklidir. Etki-tepki prensibine göre bu kuvvetler parçayı zıt yönde etkileyeceklerdir. Bu tip kesme kuvvet bileşenlerinin değerinin bilinmesi;

1. Takım şeklini belirlemede,
2. Gerekli olan güç tayininde,
3. Hangi tip parçaların tezgahta işlenip işlenmeyeceği konusunda,
4. Malzemelerin işlenebilirliğinin tanımlanmasında önemli rolü olan spesifik kesme basıncı tayininde,
5. Takım ömrünü tayinde, kesme kuvvetleri bir kriter olarak kullanılabilir.

## 2. DİNAMOMETRE TASARIMI :

Dinamometre dizaynında daima birbirine zıt olan iki ihtiyaca gerek duyulur. Duyarlılık ve rijitlik.

İyi dizayn edilmiş bir dinamometrenin duyarlılığı %7 l olmalıdır. Bunun anlamı, eğer dinamometre 1000 N'luk bir kuvvet için dizayn edilmişse 10 N'luk kuvvet artışları, bu

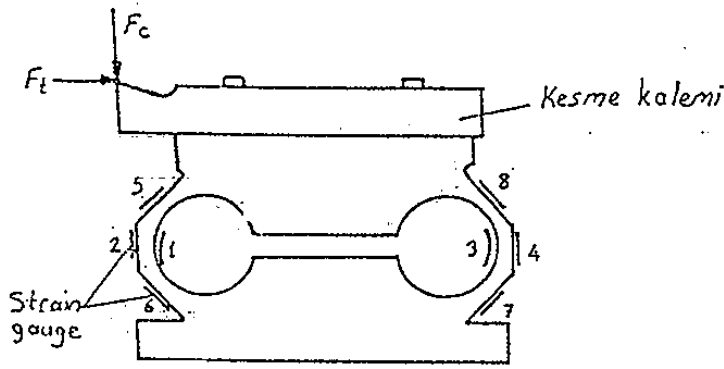
dinamometreden rahatça okunabilmelidir. Dinamometre yeterince rijit olmalı ki kesme operasyonu meydana gelecek sapmalardan etkilenmemelidir. Bu iki terimden başka bir dinamometrenin sahip olması gereken özellikler;

a)- Kesme operasyonu sırasında kuvvet bileşenlerini ayrı ayrı ölçebilmelidir.

b)- Kalibrasyon eğrilerinin doğrusal olması gerekir.

c)- Bir dinamometre zamana, sıcaklığa ve neme karşı duyarlı olması gereklidir.

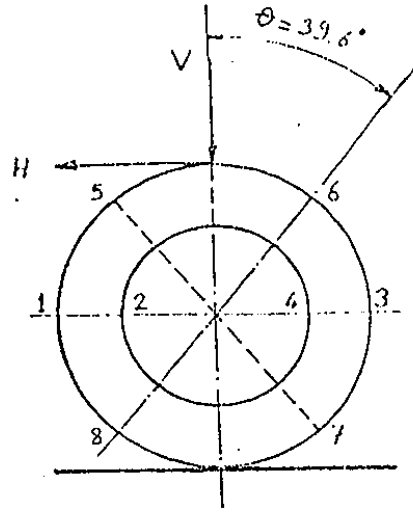
Bu ön bilgilerin ışığı altında yaptığımız dinamometrenin dizayn'ında, Massachusetts Technology Institute'nün yayınlarındaki ana fikirlerden yararlandık. Şekil 2 de Octogonal ring dinamometresinin dizayn'ı görülmektedir.



Şekil 2. İki boyutlu octogonal ring dinamometresi.

Dinamometrenin en önemli kısmı, octogonal ring halkasıdır. Zira, dikey ve yatay yükler altında, ayrı strain ölçümlerine olanak veren dairesel ring'in belirli kısımlarında gerilmenin sıfır olduğu düğüm noktaları vardır. Dikey yük altında bu sıfır gerilmeli noktalar dikey eksenenden  $39,6^\circ$  açıdaki eksen üzerinde bulunmaktadır(4). Yatay kuvvet tatbikinde ise bu noktalar merkez eksen çizgisi boyunca uzanmaktadır(Bak şekil 3).

Pratikte, dairesel ring yerine octogonal ring kullanıldığında yerleştirme, bağlama ve özellikle yuvarlanmayı engelleme kolaylaşır(4). Strain gauge'ler her iki ring'e karşılıklı şekilde görüldüğü gibi yapıştırıldı(Bak şekil 2). Dikey kuvveti ölçmede 1,2,3,4 no'lu ga-



Şekil 3. Dairesel halkada sıfır strain nod'ları.

gauge'ler ki bu gauge'lerden 1-3 no'lusu çekme'yi, 2-4 no'lusu basmayı (strainler) ölçer. Yatay kuvvet ölçümünde ise 5,6,7,8 no'lu gauge'ler kullanılır. Bu gauge'lerden 5-7 no'lu su çekme, 6-8 no'lusu basma strainleri ölçer. Dört kolu aktif olan iki ayrı wheatstone köprüsünden herbiri, aynı anda birbirine dik etki eden düşey ve yatay kuvvetleri ölçebilir.

2.1 Malzeme seçimi : Dinamometre malzemesi demir dışı hafif alaşımlarla çelik arası bir malzemedir. Fakat hafif alaşımların fiziksel mukavemet özelliklerinin stabil olmaması,  $\sigma - \epsilon$  ilişkisinin lineer olmaması ve daha pek çok mikroyapı özelliklerinin değişken olması nedeniyle düşük "C" lu St. 37 hadde çeliği en uygun malzeme seçilmiştir.

Dinamometre, yatay ve düşey 3400 N'luk işleme kuvveti değerini, ölçebilecek şekilde dizayn edilmiştir. Boyutlar açısından ise;

Genişlik	: 50 mm
Ring kalınlığı	: 5 mm
Yarıçap	: 74 mm

kabul edilmiştir. Merkezlerarası uzaklığın, üst plakanın eğilme etkisi çok küçük olduğu müddetçe strain'ler üzerinde bir etkisi olmayacaktır. 3400 N'luk kuvvet etkisi altında

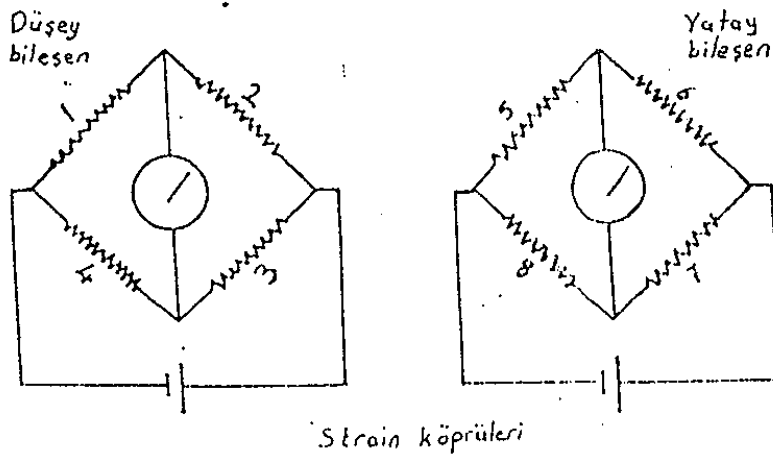
$$\epsilon_{45^{\circ}} = 1,4 F_t \cdot r / E \cdot b \cdot t^2 \quad \text{formülünden;}$$

$$\epsilon_{45^{\circ}} = 1,34 \cdot 10^{-4} \quad \epsilon_{\text{merkez}} = 0,67 \cdot 10^{-4}$$

bulunur. Bu strainlere tekabül eden gerilmeler St 37 için  $281 \text{ N/mm}^2$  ve  $140 \text{ N/mm}^2$  dir. Bu değerler St 37 nin oranlı sınırını altında değerlerdir.

2.2 Straingauge'ler : Teorik olarak dinamometrenin hassasiyeti, gauge'lerin dirençlerine bağlı değildir. Fakat köprü devresine uygulanan voltaj sınırlıdır. Geçen max. akım da sınırlıdır. Akım yüksek olursa, tel ısınacak yapıştırıcı yumuşayacak, hysteresis meydana gelecektir. Yüksek voltaj da çalışan köprü devrelerinde sadece köprü hassasiyeti yükselir. Küçük boyutlu straingauge'ler kesme kuvvetleri bileşenlerinin karşılıklı girişimini minimuma indirirler ve küçük bir alana yerleşme imkanı vardır. Kullandığımız straingauge'lerin özellikleri ve kurulan köprü devreleri aşağıdaki gibidir (Bak şekil 4).

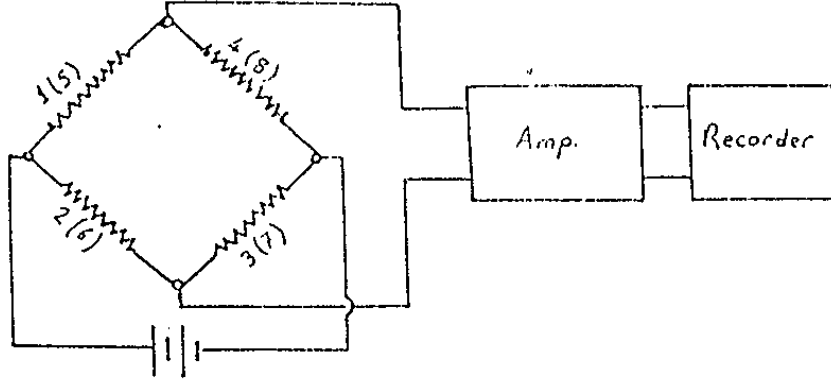
Nominal direnç	: 120 $\Omega$
Gauge faktörü	: 2,07
Izgara tipi	: Düz
Müsade edilen akım	: 0,1 A
Max. müs. edilen sıcaklık	: $70^{\circ}\text{C}$



Şekil 4. Wheatstone köprü devre şeması.

Gauge'ler yapıştırılıp kurutulduktan sonra nem nüfuziyetinden sakınmak için balmumu tabakasıyla örtülmüştür. Her iki devrenin birleşik halde şeması şekil 5 te gösterilmiştir.

2.3 Statik kalibrasyon : Octogonal dinamometrenin statik kalibrasyonu diŕey ve yatay pozisyonlarda 5'er daN'luk ölü yük artişları asılarak strain indikatöründen strain değerleri okunarak ( $\epsilon - F_c, F_L$ ) kalibrasyon eğrisi çizildi ve kalibrasyon eğrisinin doğrusal olup olmadığı araştırıldı.



Ŗekil 5. Wheatstone köprü tam devre Ŗeması.

Ŗekil 6 da gösterildiği gibi bulundu. Ayrıca, diŕey yük'ün hem merkeze hem de eksantrik bir noktaya uygulanarak dinamometrenin yükün uygulandığı noktadan bağımsız çalıştığından emin olundu. Yük altında iki köprü arasındaki girişim miktarı kontrol edildi. Girişimin % 0,5 mertebesinden az olduğu görüldü. Dinamometre 0,5 daN'luk yükleri rahatça algılamaktadır.

### 3. UYGULAMA VE SONUÇLAR :

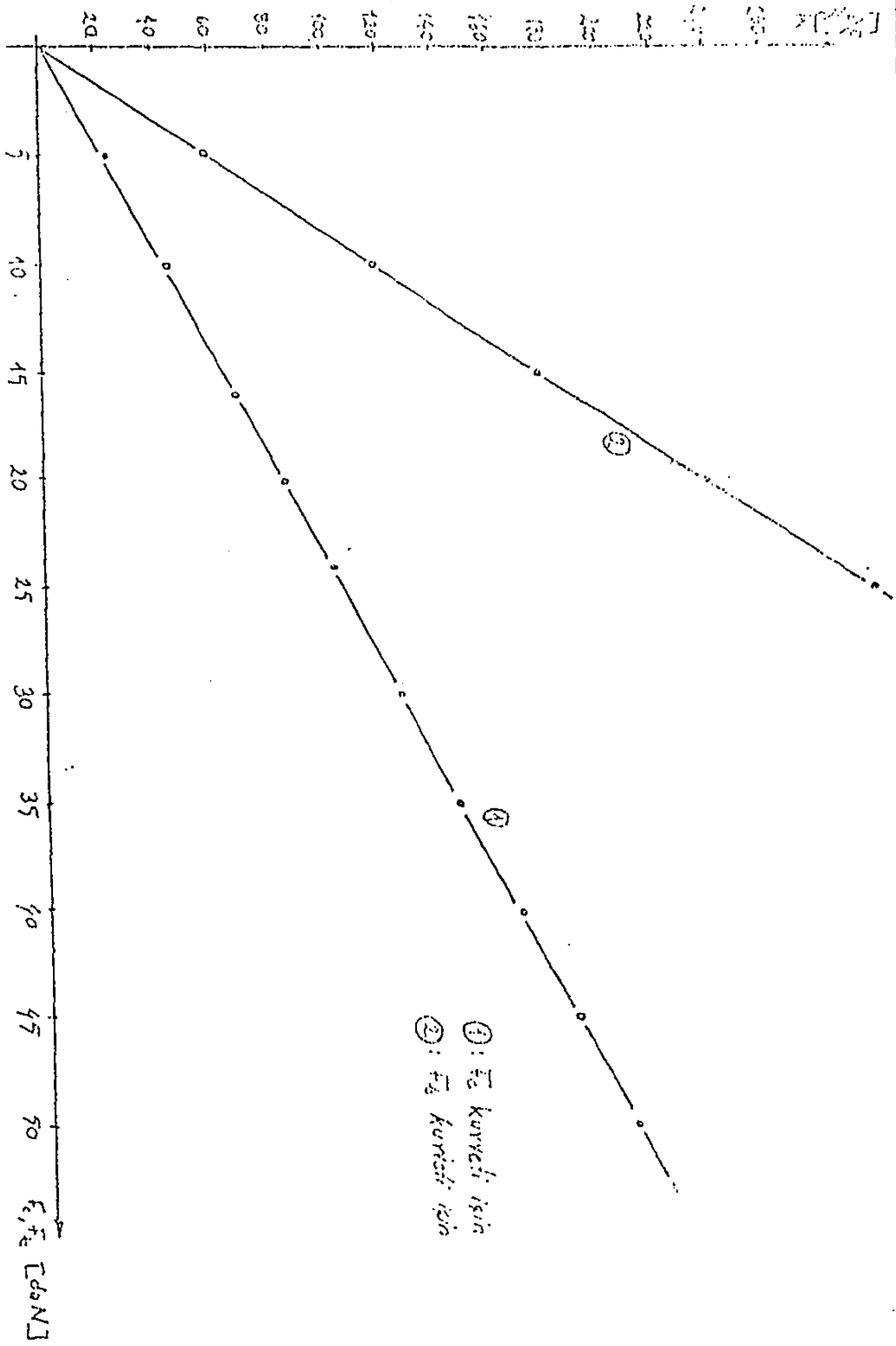
Wheatstone köprü devresinin bir ucu X-Y recorder'ına girmeden önce 1000 büyütmeli amplifikatöre bağlandı. 4,5 V'luk besleme gerilimi altında okuma yapılmadan önce amplifikatör ve gauge'ler stabil hale gelinceye kadar 30 dakika beklendi. Deney düzeneği hazırlandıktan sonra aŖağıdaki Ŗartlar altında okuma yapıldı.

A)- Kesici kalem özellikleri

HSS kalemi

$K_r$  (Büyük kesme kenar açısı) :  $90^\circ$

$K_{r1}$  (Küçük kesme kenar açısı) :  $13^\circ$   
(Talaş açısı) :  $5^\circ$



Sekil 6. Strain indikatörden alınan kalibrasyon noktaları



- B)- Kullanılan malzeme  
Ø 43,5 mm çapında St 60 çeliği
- C)- Kesme şartları  
Devir : 500 d/d  
Paso : 0,5 mm  
İlerleme : 0,09 mm  
          0,12 mm  
          0,14 mm

alınarak şekil 7 de görülen kuvvetler ölçülmüştür. Değişik şartlarda pek çok deney yapılmıştır. Amacımız, teorik kesme kuvveti değeri ile dinamometreden elde edilen kuvvet değerleri arasındaki farkı bulmak olduğundan, teorik  $F_c$  kuvveti ;

$$F_c = b \cdot t \cdot \tau \cdot \cos(\beta - \gamma) / \sin \theta \cdot \cos(\theta + \beta) \text{ formülünden hesaplanabilir.}$$

Formülde  $b, t, \tau, \gamma$  biliniyor.  $\theta$  ve  $\beta$  bilinmemektedir. Burada  $r$  : Oluşmamış talaş kalınlığıdır ve  $r = f \cdot \sin K_r$  formülünden hesaplanabilir. Formüldeki  $b, t, \tau, \gamma$  biliniyor, bilinmeyen  $\theta$  ve  $\beta$  ise;

$$\text{Tg } \theta = r_c \cdot \cos \gamma / (1 - r_c \sin \gamma) \text{ formülünden}$$

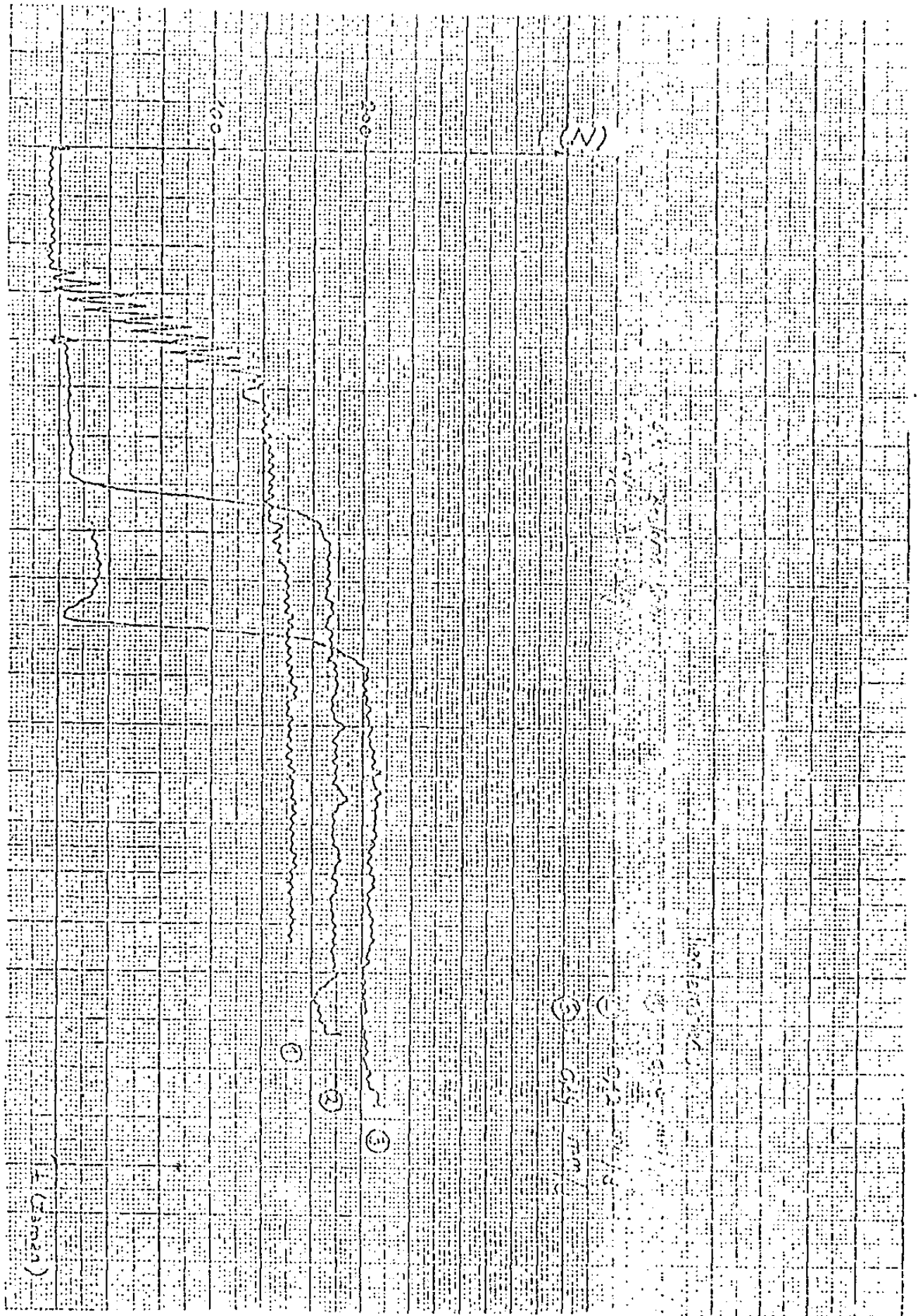
$\beta$  ise Ernst.Marchant'ın takım açıları arasındaki bağıntıyı veren formülden;

$$2 \theta + \beta - \gamma = \pi / 2 \text{ den}$$

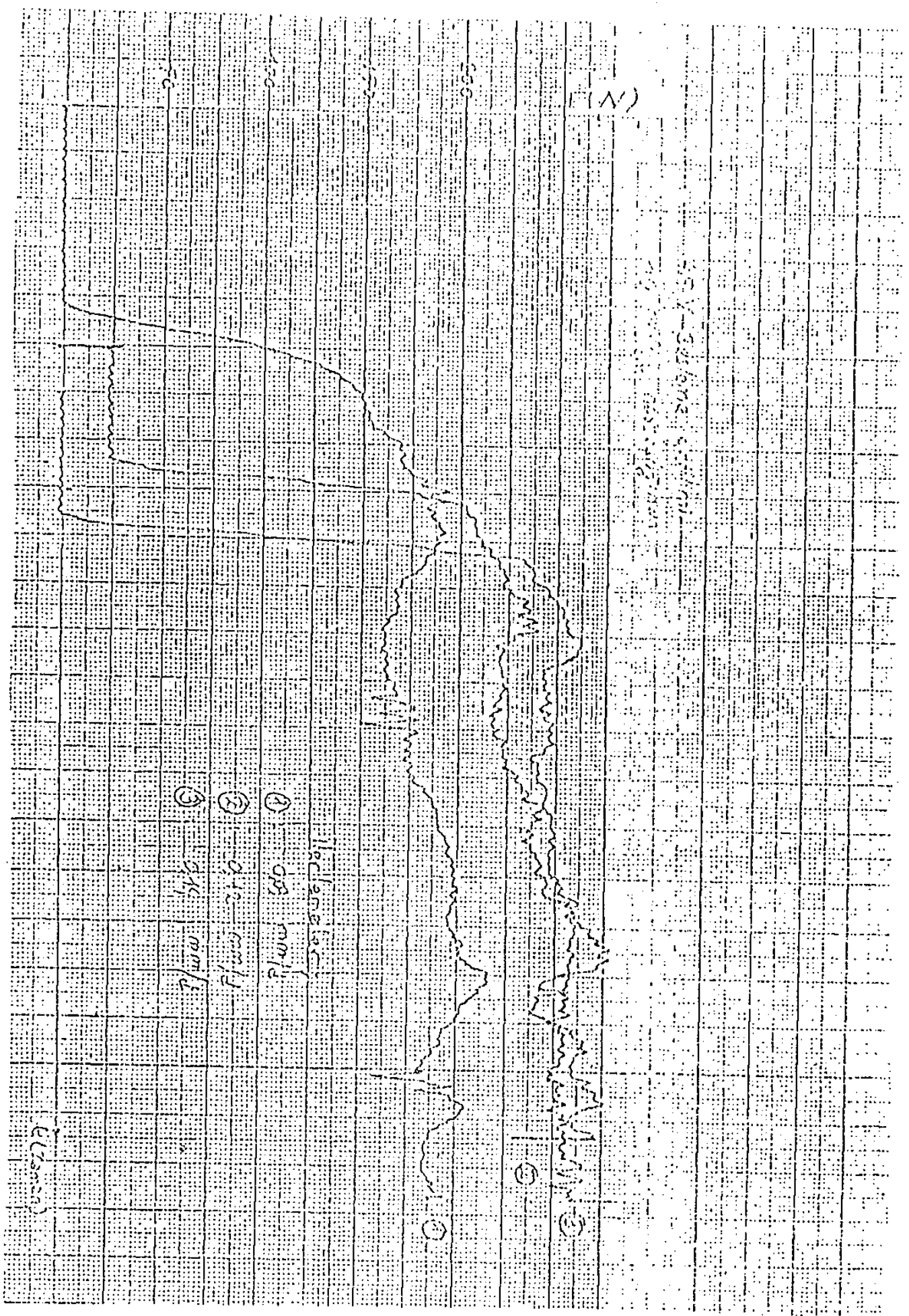
$$\beta = \pi / 2 - 2\theta + \gamma \text{ 'dan bulunur. Kullanılan malzeme St 60 olduğundan}$$

$$\tau_{\text{kes}} = 315 \text{ N/mm}^2 \text{ (Tablo'dan).}$$

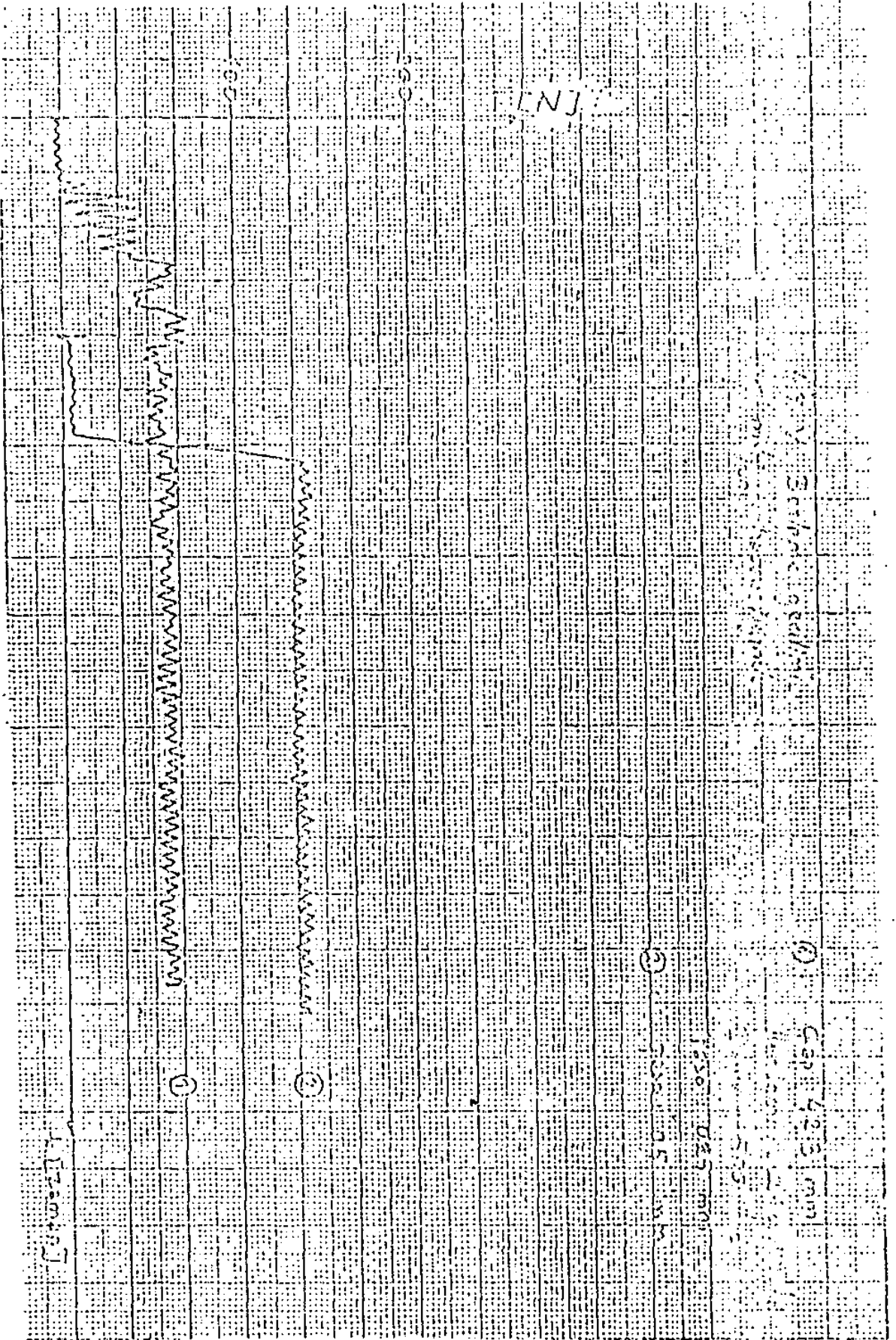
Şekil 7.1. Değişik ilerlemelerde ölçümüs  $F_c$  kuvvet eğrileri



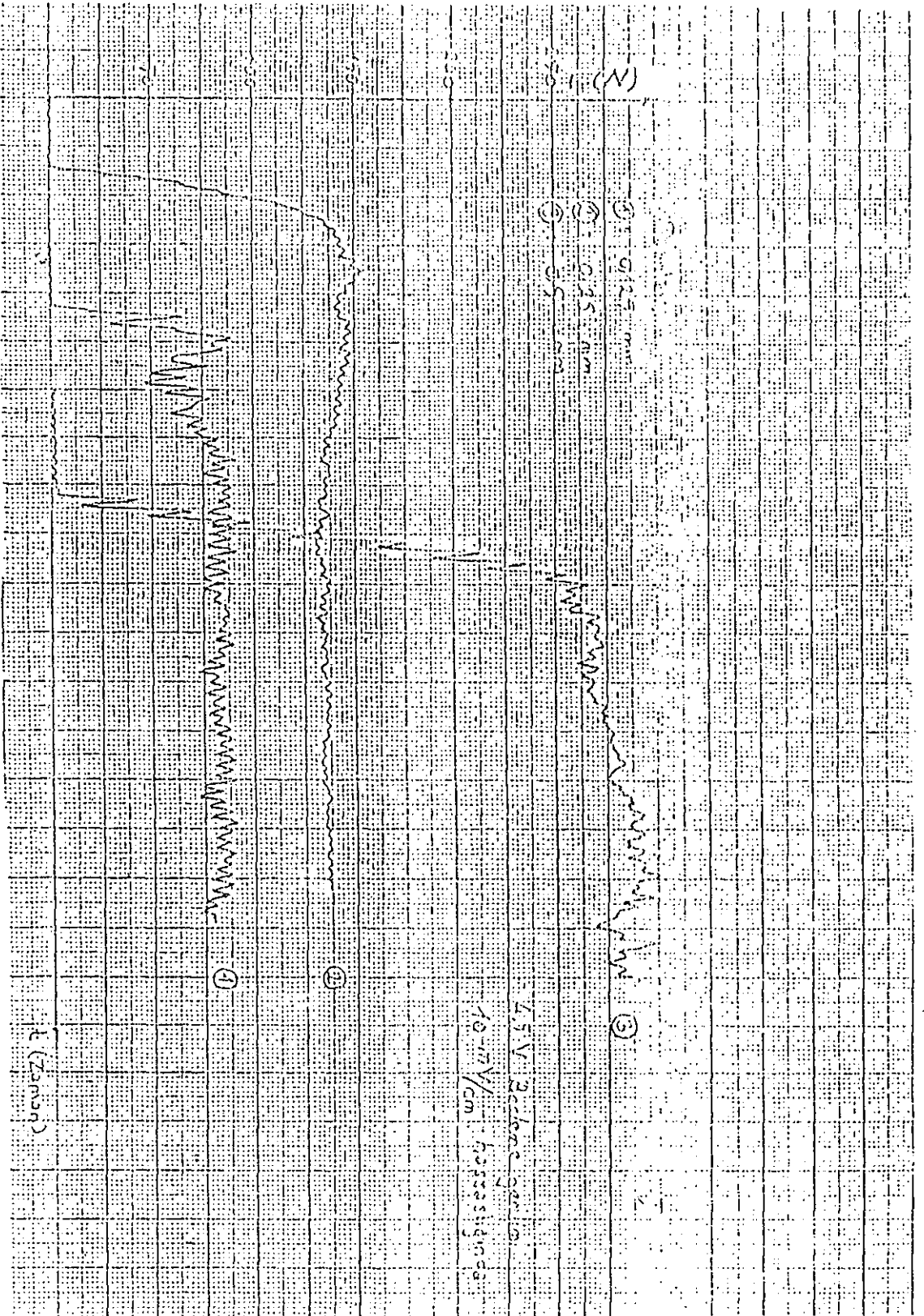
Şekil 7.2. Döşelik İstisemelerde  $F_2$  kuvvet diyagramları



Sekil 7.3. Değişik pasolarda ölçümün  $F_c$  kuvveti eğrileri



Sekil 7.4. Degisken pasolarda  $F_e$  kuvveti egriileri



Devir : 500 d/d		ve Paso : 0,5 mm iken;	
İlerleme		Hesaplanan (teorik)	Dinamometreden okunan
0,12 mm	İçin	187,93 N	195 N
0,14 mm	"	222 "	215 "

Ayrıca aynı malzemede : İlerleme :0,12 mm/dev. Devir : 500 d/d iken;

Paso		Hesaplanan (Teorik)		Dinamometreden okunan	
0,25 mm	İçin	73 N		70 N	
0,5 "	"	144 "		140 "	

bulunmuştur.

Dikkat edilirse, hesaplanan ve gerçek dinamometreden okunan kuvvet değerleri arasında büyük bir fark olmadığı, hele kesme kuvvetlerinin pek çok işleme ve tezgah şartlarına bağlı olduğu düşünülürse aradaki farkın bu şartlardan kaynaklanacağı, pek az bir hatanın ise, strain-gaugelerin yapıştırılması, hava şartları vs. gibi faktörlerden geldiği, buna rağmen dinamometrenin doğruya çok yakın çalıştığını söyleyebiliriz.

#### K A Y N A K Ç A

1. Pezüköglü O. "Üç boyutlu talaş kaldırma işleminde dinamik kesme kuvvetlerinin statik deney sonuçlarından eldesi ve takım eğri eğim açısı'nın, tezgahın dinamik stabilitesine etkisi" Doktora tezi, İ.D.M.M.A. 1981.
2. Koensberger F. "Design and Performance of Two Milling Force Dynamometers". Prod. Engineer Vol.37 , No 12 pp 727 1958.  
Mawaha K.D.  
Sabberwal A.J.P.
3. Rapiet A.C. "Cutting Force Dynomometers" H.M Stationary Office, MERL Plasticity Rep. 106, 1955.

4. Loewan E.G.  
Marshall E.R.  
Shaw M.C. "Electric strain gauge tool dynamometer" Roc.Am.Soc.Exp. Analysis Vol.8 No 2. 1951. pp 1-16
5. Otmanbölük N. " Genlik duyaçları (Strain gauge) yapısı ve kullanım örnekleri". Doç.Dr. DOKUZ EYLÜL Üniv.Müh.Fak.Dergisi, özel sayı, sayfa 131 1983.
6. Ay İ. "Ölçme Tekniği Ders Notları" Yrd.Doç.Dr. Uludağ Üniv. Müh.Fak.Balıkesir 1984.
7. Aksoy Z. "Torna Tezgahında talaş kaldırma esnasında takıma gelen kesme kuvvetlerini ölçen iki boyutlu dinamometre tasarımı ve imalatı". Mak.Müh.Ü.Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 1986.