



ÜÇ FARKLI MALZEMENİN TORNALANMASINDA KESME KUVVETLERİ ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

¹⁾ İrfan AY, ²⁾ Hasan BAYRAM

¹⁾ Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Balıkesir

²⁾ Balıkesir Üniversitesi Yapı İşl.T.Dai. Başkanlığı Balıkesir

ÖZET

Kesme kuvvetlerinin bilinmesi tezgah ve takım tasarımı için gereklidir. Al. alaşımı, Ms 58 pirinç ve St 50 çelik malzemelerin tornalanması esnasında kesme kuvvetleri recorder'a kaydedilmiştir. Her bir malzeme için kesme kuvvetlerinin ilerleme değerlerinden, paso kalınlığından, devir sayılarından, deformasyon oranlarından ve kesme sıvılarından nasıl etkilendiği incelenmiştir. Sonuçta; her üç malzeme için ilerleme ile paso kalınlığı arttıkça kesme kuvveti artmıştır. Al. alaşımı ve St 50 çelikte devir sayıları arttıkça kesme kuvvetleri azalmıştır. Kesme sıvıları kesme kuvvetlerinde artış doğurmuştur. Ms 58 pirinçte ise devir sayıları ile kesme sıvılarının kesme kuvvetleri üzerine etkisi minimum düzeyde kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kesme kuvveti / Kesme sıvısı / Deformasyon oranı/ kesme hızı.

ESTIMATION OF PARAMETERS EFFECTING ON CUTTING FORCES DURING THE TURNING OF THE THREE DIFFERENT MATERIALS

ABSTRACT

Knowing of the cutting forces is necessary for designing machine tools and choosing machine. Cutting forces during the turning of the steel St 50 material, Al alloy and Ms 58 brass are recorded. It has been investigated that how the cutting forces are affected from cutting speed, deformation rate, cutting fluid, cutting thickness, feed values for each material. At result; it has 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 decreased but increased for cutting fluid. During the machining of alloy Ms 58 with cutting fluid and cutting speed, they have not much effected on the cutting force.

Key words: Cutting force/ Cutting fluid/ Deformation rate/ cutting speed.

1. GİRİŞ

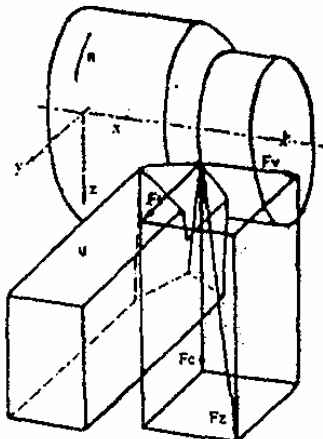
Metallerin tornalanarak işlenmesinde kesme kuvvetlerinin bilinmesi tezgah ve takım tasarımı için büyük önem taşır. Talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeyi birlikte içeren, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması gibi karmaşık bir fiziksel olaydır. Bu yüzden metal kesmeyi tam olarak açıklayan teoriyi öne sürmek kolay değildir. Teorik çalışmalarla pratik uygulamada hala ayrılıklar vardır. Bu yüzden pratik uygulamayla uğraşan "Teknik metal kesme" önemini korumaktadır. (Shaw, 1995)

Bu çalışmanın amacı: İki boyutlu tasarladığımız octagonal ring dinamometresi ile üç farklı malzeme üzerinde kesme kuvvetlerinin ilerleme, paso kalınlığı, devir sayısı, deformasyon oranı ve kesme sıvılarından nasıl etkilendiğini deneysel olarak incelemek ve yorum yapmaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Kesme Kuvvetleri

Tornalamada talaş kaldırma esnasında meydana gelen dirençleri yenmek için takıma Şekil 1'de görülen (F_z) talaş kaldırma kuvveti uygulanır. Bu kuvvet (F_c) kesme kuvveti, (F_t) radyal kuvvet ve (F_v) ilerleme kuvveti olmak üzere üç bileşene ayrılır. (F_c) ve (F_v) çalışma düzleminindedir. (F_t) ise bu düzleme dik durumdadır. (Akkurt, 1992)



Şekil 1 Kesme Kuvvetleri.

2.2 Kesme Kuvvetleri Üzerinde Etkili Olan Parametreler

2.2.1 Talaş Açısı (γ), Kama Açısı (β), Yerleştirme açısı (χ), Eğim Açısı (λ)

Talaş açısı uygun kesme hızlarında talaş oluşumunda etkilidir. Büyük veya küçük olması talaş tipinde önemli olur. Kama açısı takımın parçaya nüfuz etmesini sağlar. Kırılgan malzemelerde kama açısı büyük, sünek malzemelerde ise küçüktür. Yerleştirme açısı, talaş kaldırma kalınlığı, genişliği ve dolayısıyla uç yüklenmesini etkiler. Eğim açısı kesme yönünde ön tarafta ise açı pozitif, kesici kenar aksi yöne eğmişse negatiftir. Talaş açısı, yerleştirme açısı ve eğim açısının büyümesi kesme kuvvetini azaltmakta, kama açısının büyümesi ise kesme kuvvetini artırmaktadır. (Akin, 1978)

2.2.2 Kesme Hızı, Titreşim, Talaş Kesiti, İlerleme Hızı, Paso Kalınlığı

Sert metal takımlar için kesme kuvveti düşük kesme hızlarında yüksek hızlardakine göre % 20 daha fazladır. Tornalama esnasında talaş kesitindeki değişimler tezgah titreşiminden kaynaklanmaktadır. İş parçası, takım ve tezgah sisteminin titreşimi sonucu kesme kuvvetlerinde değişim olur. Talaş kesiti arttıkça kesme kuvvetleride regresif olarak (Azalarak) artar.

İlerleme : Parçanın bir devrine karşılık kesici takımın katettiği mesafedir. İlerleme değerlerindeki artışa bağlı olarak kesme kuvveti lineer olarak artar. **Paso kalınlığı**: kesilen kısmın tabanından parçanın kesilmemiş yüzeyine kadar olan uzaklıktır. Paso kalınlığı arttıkça kesme kuvveti artar. (Bruins, 1995)

2.2.3 Özgül Kesme Kuvveti ve Talaş Kalınlığı, Kesme sıvıları, Deformasyon

Özgül kesme kuvvetini en çok etkileyen talaş kalınlığıdır. Talaş kalınlığı arttıkça özgül kesme kuvveti düşer. Dolayısıyla kesme kuvveti azalacaktır. **Kesme sıvıları** ise kesme sırasında oluşan ısıyı çevreye yayarak ısı miktarının azalmasını sağlar. Ayrıca takım ile talaş ve takım ile işlenen yüzey arasındaki sürtünmeyi azaltarak takımın aşınmasını önler. (Hoper, 1974) **Deformasyon** görmüş malzemelerin çekme ve akma dayanımları artar, süneklik ve toklukları azalır, bunun sonucu metaller kırılgaştırılır. (Timings, 1985)

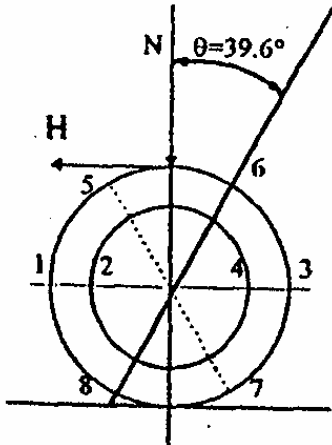
2.3 Kesme Kuvvetlerinin Pratik Olarak Ölçümü

Tezgahta işleme esnasında meydana gelen kesme kuvvetleri ya teorik olarak hesaplanır, ya da pratik olarak dinamometrelerin kullanılmasıyla direkt olarak ölçülebilir. Bu çalışmada dinamometre kullanılacaktır. O halde bir dinamometrede istenen özellik iki grupta toplanabilir. *Genel özellikler ve özel karakteristikler.* Dinamometrenin rijitliği, hassaslığı, enine hassaslığı ve hysteresis içerip içermediği genel karakteristikler içine girer. Özel karakteristikler denince de tasarım seçimi, dinamometrenin takım üzerine mi? yoksa iş parçası üzerine mi? monte edileceği anlaşılır. (Rapier, 1962)

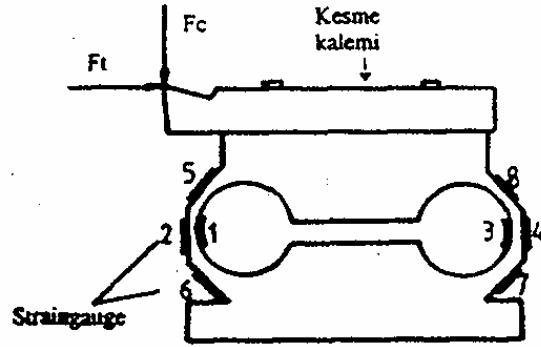
2.3.1 Denejde Kullanılan Strain-gauge esaslı Octagonal Ring Dinamometresi

Dinamometrenin dizaynında Masachusetts Technology enstitüsü tarafından yapılan çalışmalardaki ana fikirler esas alınmıştır. Şekil 2.a'daki dairesel ringe düşey bir N yükü tatbik edilirse maksimum strain (Birim şekil değiştirme miktarı) yatay merkez çizgisi boyunca ortaya çıkar.

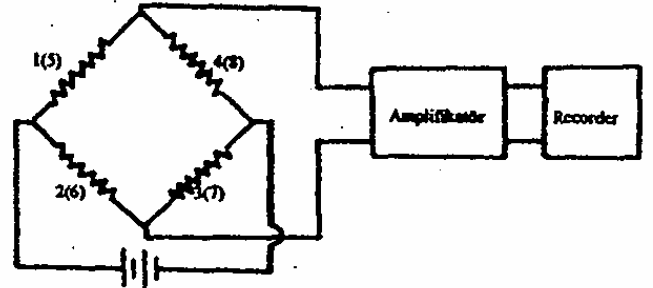
Halbuki sıfır strainli noktalar, düşeyden 39.6° derecelik açının olduğu ekseninde bulunmaktadır. Eğer ringin yuvarlanması engellenirse ve yatay bir H kuvveti tatbik edilirse, bu takdirde sıfır strain noktaları merkez çizgisi boyunca olacak ve maksimum strainli noktalar her iki yönde 39.6° derecelik eksenler üzerinde olacaktır. (Leower, 1951) Bu dairesel ring'de gözlenen durumdan istifade edilerek Şekil 2.b'de gösterilen dinamometre tasarlanmıştır.



Şekil 2.a Dairesel ring.



Şekil 2.b İki boyutlu octagonal ring dinamometresi.



Şekil 3 Wheatstone köprü devre şeması.

Düşey yük olarak (F_c) kesme kuvveti, yatay kuvvet olarak (F_t) radyal kuvvet alınır; kesme kuvveti için 1 ve 3 nolu dirençler basmaya, 2 ve 4 nolu dirençler çekmeye çalışarak bir wheatstone devresi oluştururlar. Aynı şekilde yatay (F_t) kuvveti için de 5 ve 7 nolu dirençler çekmeye, 6 ve 8 nolu dirençler basmaya çalışarak bir wheatstone köprü devresi oluştururlar. Böylece aynı anda birbirine dik olarak etki eden kuvvetler birbirine karışmadan deformasyonları, dolayısıyla (F_c) ve (F_t) kuvvetleri ölçülebilir. Pratik uygulamada 39.6° derecelik bir açı yerine yatay yükler için 45° derecelik açı düzlemine dirençler yerleştirilmiştir. Bu durum ölçüm hassasiyeti üzerine etki etmez. Kabul edilebilir sınırlar içinde kalır. Wheatstone köprü devre şeması Şekil 3'de görülmektedir.

Yapıştırılan strain-gauge'lerin (Dirençlerin) özellikleri şu şekildedir. Normal dirençleri : 120Ω , Gauge faktörü $k : 2.07$, Izgara tipi: Düz, Maksimum müsadde edilen akım : $0.1 A$, Maksimum müsadde edilen sıcaklık : $70^\circ C$. (Leower, 1951)

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışma literatürden istifade ederek dizaynını ve imalatını gerçekleştirdiğimiz octagonal ring dinamometresi yardımıyla birbirinden farklı üç malzemenin (Çizelge 1) torna ile işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvveti değerlerini doğru ölçmek ve önceki bölümlerde etkili olan parametrelerin etkisini üç farklı malzemede görmek amacıyla yapıldı.

Deneyde kullanılan kesici takım ve takım açıları aşağıdaki şekilde alınmıştır.

Takım malzemesi	: Hız Çeligi (HSS)
Yerleştirme açısı (χ)	: 90°
Talaş açısı (γ)	: 5
Eğim açısı (λ)	: 0°
Serbest açı (α)	: 5°

Çizelge 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 ²)	Kopma Uzaması ϵ (%)
Ms 58	78	44-50	5
Al alaşımı	73	49.2	13
St 50	84	50-60	18

Deneylere başlamadan önce dinamometrenin kalibrasyonunu yapmak amacıyla dinamometrenin ucuna 5 Kg dan 50 Kg'a kadar ölü yük (Sabit) takılarak sinyaller recorder'a çizdirilmiştir. Şekil 4 'de (mV-yük) kalibrasyon eğrisi görülmektedir

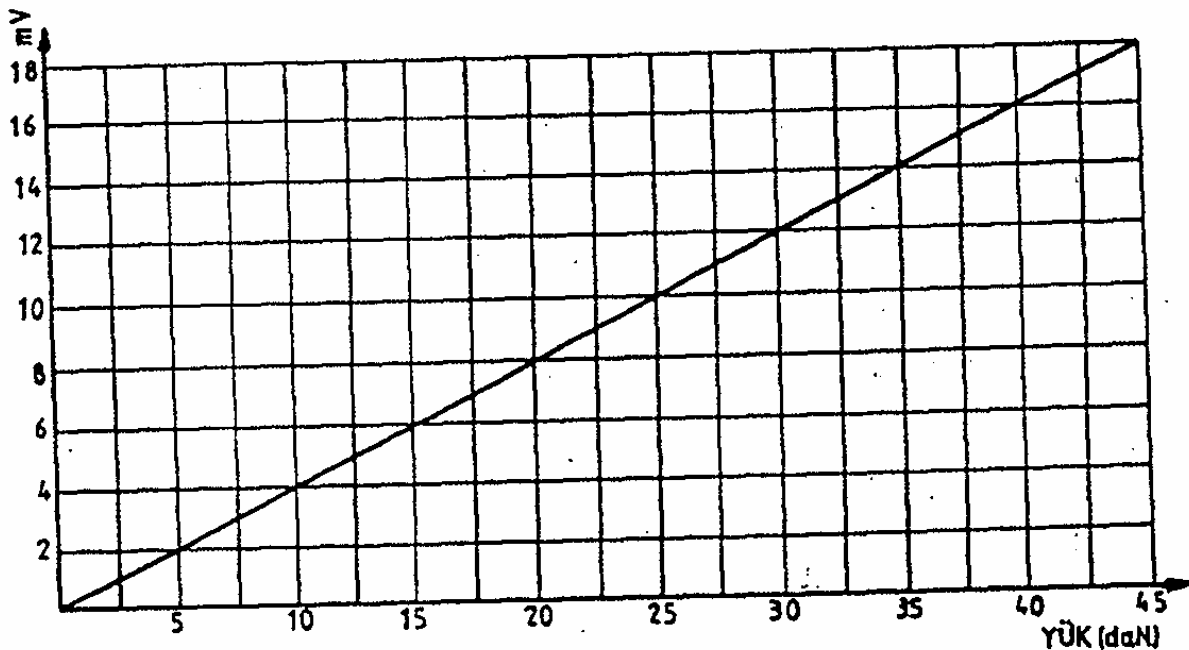
Dinamometrenin doğru ölçüp ölçmediğini, (Fc)'nin teorik hesap yöntemi ile ne kadarlık hata yapıldığını karşılaştırmak gereklidir.

Teorik (Fc) kuvveti :

$$F_c = h.b.\tau_k \frac{\cos(\beta' - \gamma)}{\sin\phi.\cos(\phi + \beta' - \gamma)} \quad (1)$$

formülünden, malzeme St 50, çap 10 mm, ilerleme 0.28 mm/dev, paso 0.75 mm, devir 500 dev/dak ve gerekli diğer bilgiler alınarak teorik olarak $F_c = 405.5$ N bulundu.

Dinamometreden okunan F_c kesme kuvveti ise $F_c = 414$ N bulunmuştur. Aradaki farkın yaklaşık 10 N olduğu görülmüştür. Bu ise kesme kuvveti için kabul edilebilir sınırlarda sayılır. (Bayram, 1996)



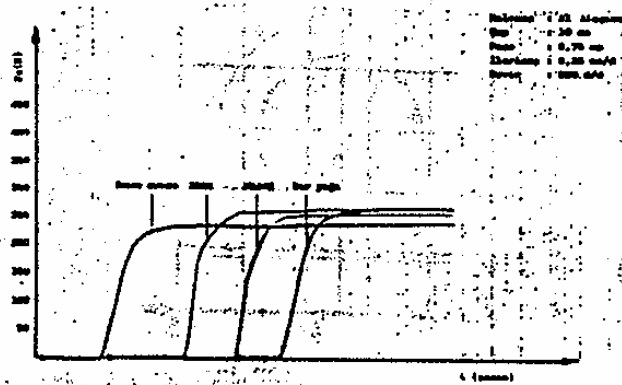
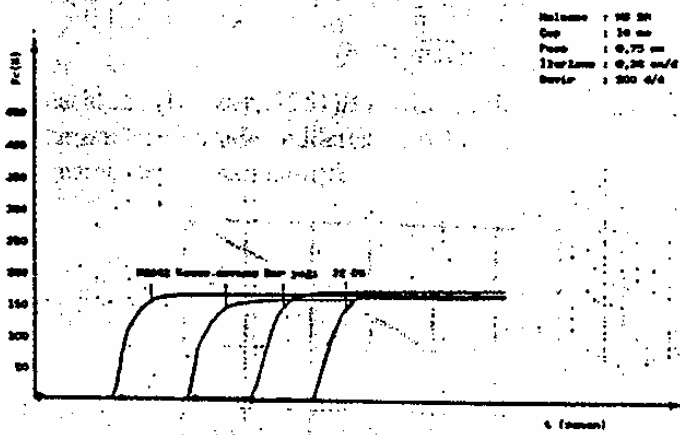
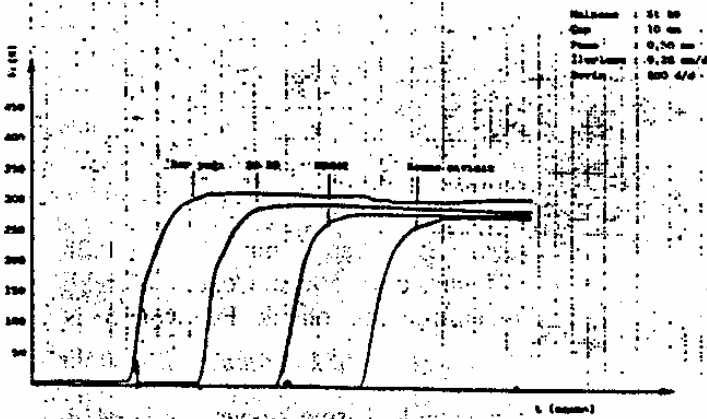
Şekil 4 Kalibrasyon eğrisi.

4 ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1 Kesme Sıvılarının (Fc) Üzerine Etkisi

Denyde ;

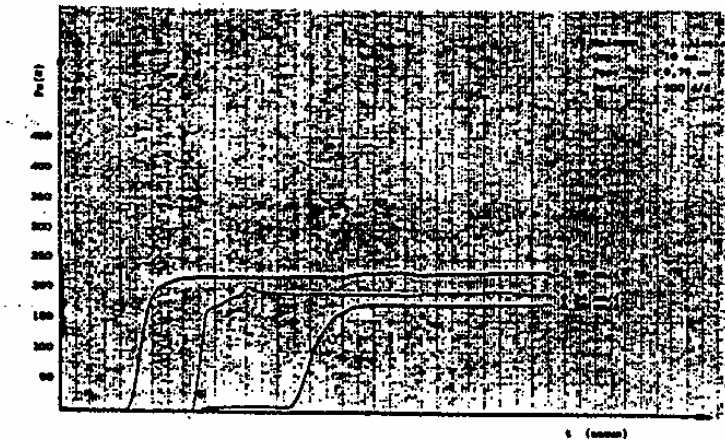
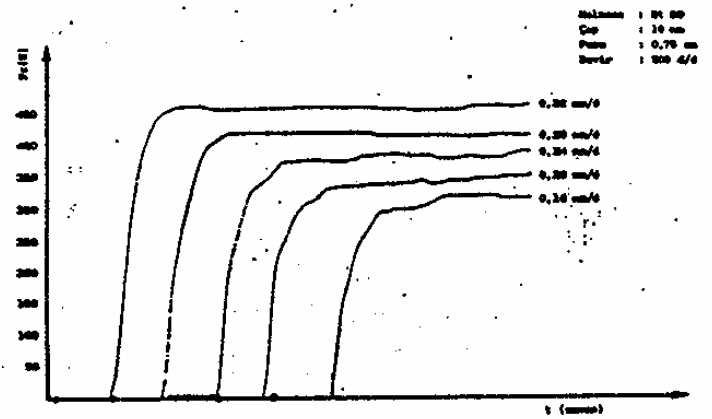
1. Cimstar MB 242: Genel maksatlı kesme sıvısı.
 2. Cimperial 22DB: Demir ve demir dışı metaller için kullanılan kesme sıvısı.
 3. Bor Yağı : Tüm talaş kaldırma işlemleri için uygun kesme sıvıları kullanılmıştır.
- Sonuçlar Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5 Üç farklı malzemenin işlenmesinde değişik kesme sıvıları kullanarak ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri

4.2 İlerlemenin (Fc) Üzerine Etkisi

0,16, 0,20, 0,24, 0,28, 0,32 (mm/dev)'lik ilerleme değerlerine karşılık Şekil 6'da gösterilen grafikler elde edilmiştir.



Şekil 6 Farklı ilerlemelerde ölçülmüş Fc Kuvvet eğrileri.

4.3 Deformasyon Oranlarının (Fc) Üzerine Etkisi

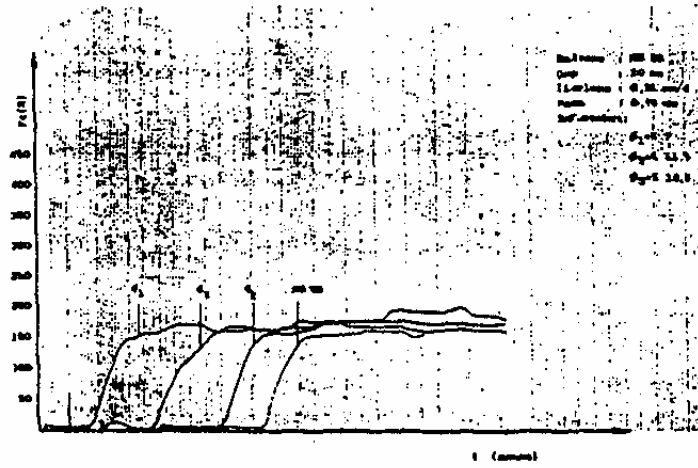
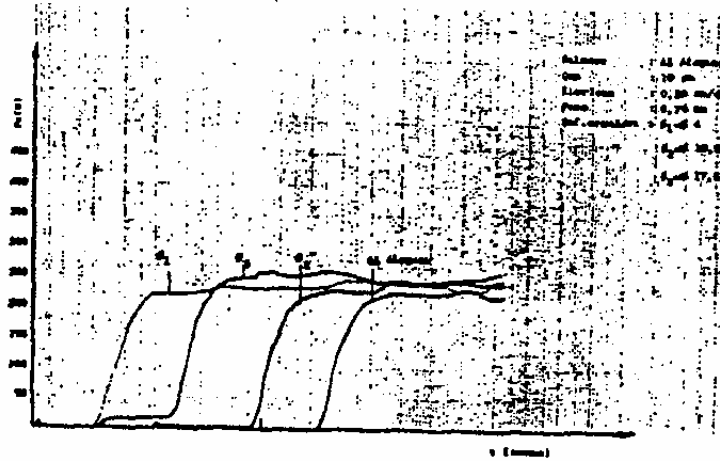
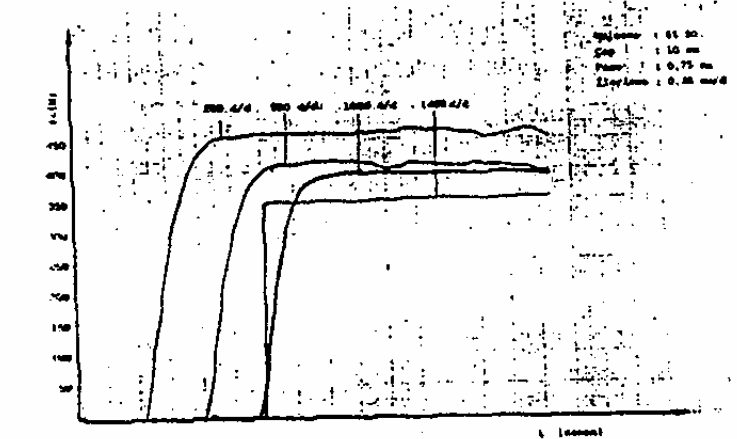
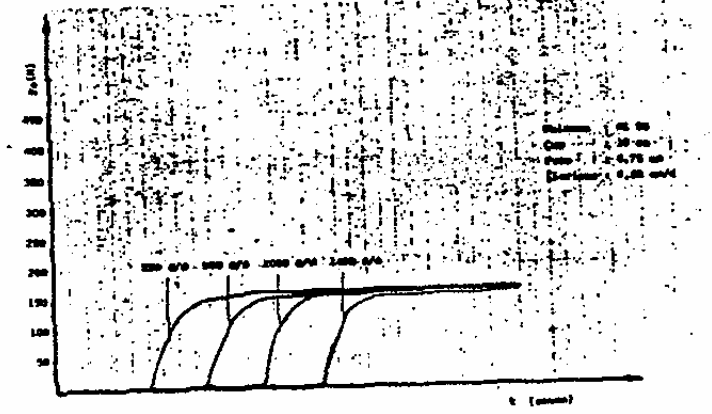
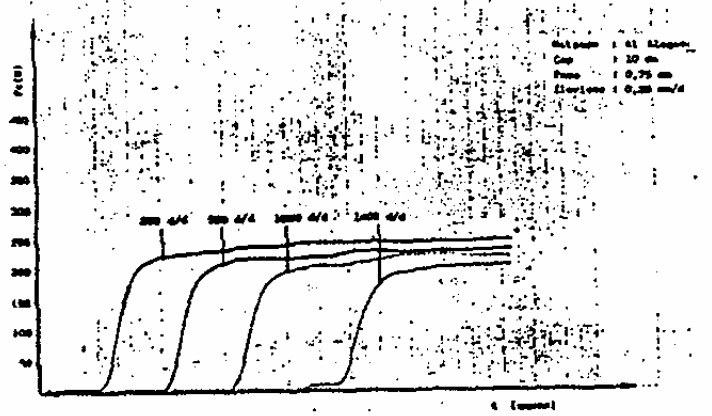
Yalnızca demir dışı metaller deformasyona tabi tutulmuş ve bu metallere ait deformasyon oranları ve sertlik değerleri Çizelge 2 görülmektedir.

Çizelge 2 Demir Dışı Metallere Ait Deformasyon Oranları ve Sertlik Değerleri.

Malzeme	Çap(mm)	Def Oranı (%) ϕ	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

4.4 Devir Sayılarının (Fc) Üzerine Etkisi

Şekil 8'de görüldüğü gibi 250, 500, 1000 ve 1400 dev/dak'lık devirlerle çalışılmıştır.

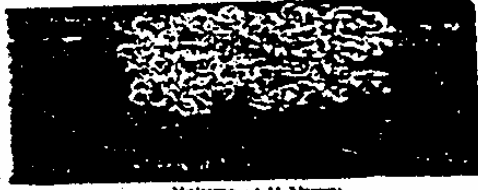


Şekil 7 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 deformasyon oranına tabi tutulan demir dışı metallerin işlenmesinde ölçülen Fc kuvvet eğrileri.

Şekil 8 Üç ayrı malzemenin farklı devirlerde işlenmesinde ölçülmüş Fc kuvvet eğrileri.

4.5 Talaş Tipleri

Deneyde kullanılan malzemelerin değişik devirlerde oluşan talaş tipleri Şekil 9'da görülmektedir.



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



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



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



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

(a)



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

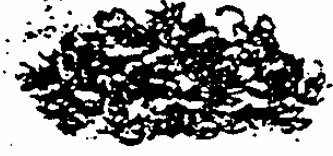


Malzeme : MS 58 Pirinç
Çap : 10 mm
İlerleme : 0,28 mm/d
Paso : 0,75 mm
Devir : 1400 d/d

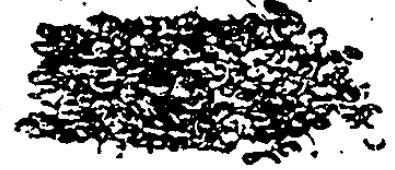
(b)



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



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



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



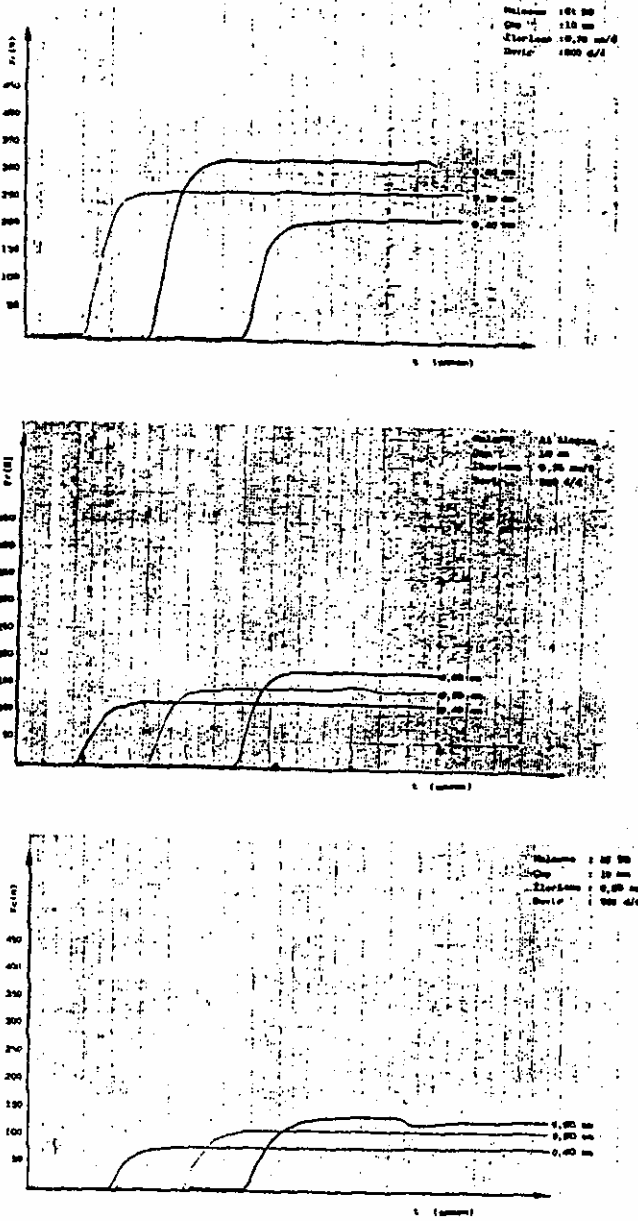
Malzeme : St 50
Çap : 10 mm
İlerleme : 0,28 mm/d
Paso : 0,75 mm
Devir : 1400 d/d

Şekil 9 Değişik devirlerde oluşmuş talaş tipleri.

- Al alaşımına ait talaş tipleri.
- MS 58 pirinç malzemeye ait talaş tipleri.
- St 50 çelik malzemeye ait talaş tipleri.

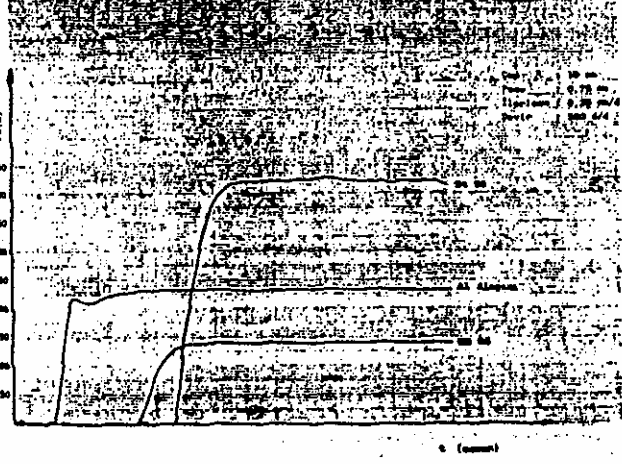
4.6 Paso Kalınlığının Fc Üzerine Etkisi

Her üç malzeme için 0.40, 0.50, 0.60 mm'lik pasolar verilerek tornalama sonucu (Fc) eğrileri Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10 Farklı pasolarda ölçülmüş (Fc) kuvvet eğrileri

4.7 Üç farklı malzeme aynı şartlarda işlendiğinde Şekil 11'de görülen (Fc) farklılığı ortaya çıkar.



Şekil 11 Üç Farklı malzemeye ait Fc kuvvet eğrileri

5. SONUÇLARIN YORUMU

a) Kesme kuvvetlerinin teorik hesabı ile octagonal ring dinamometresinin pratik ölçümü arasında 10 N'luk bir fark bulunmuştur. Bu farkın strain-gauge'lerin yapıştırılmisından, havanın rutubetinden ve teorik hesaptaki kabulden kaynaklandığı söylenebilir.

b) Kesme sıvılarının kullanımı ile oluşan ısı ve sürtünmenin azalması ve dolayısıyla gücün azalması daha fazla miktarda talaş kalınlıklarının işlenmesini gerektirir. Çalışmada ise tamamen tersi olup, kesme sıvılarının kullanımı ile kesme kuvvetleri artmıştır. Bunun nedeni; kullanılan kesme sıvılarının soğutucu özelliğinin yanında yağlayıcı özelliklerinin olmamasından kaynaklanmaktadır.

c) İlerleme, parçanın bir devrine karşılık kesici takımın katettiği mesafe olarak algılanırsa, her üç malzemenin işlenmesinde ilerleme arttıkça (Fc) kesme kuvveti artmıştır.

d) Deformasyona tabi tutulan demir dışı metallerin işlenmesi sırasında (Fc) kesme kuvveti artmıştır. Bu durum; Al alaşımı ve Ms 58 pirinç çubukların defomasyonu sonucunda sertlik ve çekme mukavemetlerinin artmasından kaynaklanmaktadır.

e) Her üç malzemede devir sayıları arttıkça (Fc) kesme kuvveti azalmıştır. Bu azalma St 50 çelik malzemede daha fazla olurken, Ms 58 pirinç malzemede minimuma inmiştir.

f) Üç farklı malzemenin işlenmesinde oluşmuş talaş tipleri incelendiğinde, Al alaşımının düşük devirlerde işlenmesinde kesintili talaş tipi oluşurken, yüksek devirlerinde sürekli talaş tipi oluşmaktadır. St 50 çelik ve Ms 58 pirinç malzemelerin düşük ve yüksek devirlerde işlenmesinde kesintili talaş tipi oluşmaktadır. Buna göre; Al alaşımının sünek bir malzeme, Ms 58 ve St 50 nin gevrek bir malzeme olduğu söylenebilir.

g) Paso kalınlığı arttıkça her üç malzemede de (Fc) kesme kuvveti artmıştır.

h) Üç farklı malzemenin aynı şartlarda işlenmesinde, St 50 çelik malzemeye ait kesme kuvveti değeri, Al alaşımı ve Ms 58 pirinç malzemeye göre çok daha fazla olmaktadır. Ms 58 pirinç malzeme sertliği bakımından Al alaşımından daha fazla olmasına karşılık, (Fc) kuvveti değeri daha düşüktür.

6. KAYNAKLAR

- 1) Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi İstanbul, (1992)
- 2) Akın, F., Takım Tezgahları, İTÜ Makina Fakültesi Ofset Atelyesi, (1978)
- 3) Bayram, H., Octagonal Ring Dinamometresi ile Üç Farklı Malzemede Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi, M.Sc. Tezi Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1996)
- 4) Bruins, D.H., Çeviren: Dinçmen, M., Werkzeuge und Werkzeugmaschinen für die spanende Metallbearbeitung, Carl Hanser Yayınevi, Viyana, (1995)
- 5) Hoper, D.A., "Cutting Fluids- Peton Pest", Tribology International, (1977)
- 6) Lower, E.G., Electric Strain Gauge Tool Dynamometer, proc. AmSoc. Esp., Stress Analysis, (1951)
- 7) Rapier, A.C., Cutting Force Dynamometers, H.M. Stationary office, NEL Plasticity Rep. (1959)
- 8) Shaw, M.C., "Metal cutting principles", MIT Press. Cambridge, (1995)
- 9) Timings, R.L., Çeviren: Gürbüz, R., Materials Technology, Longman London Yayınevi Hong Kong (1985)