

# BURULMA DENEYİ

## 1. AMAÇ

Değişik malzemelere ait kayma modüllerinin tayini

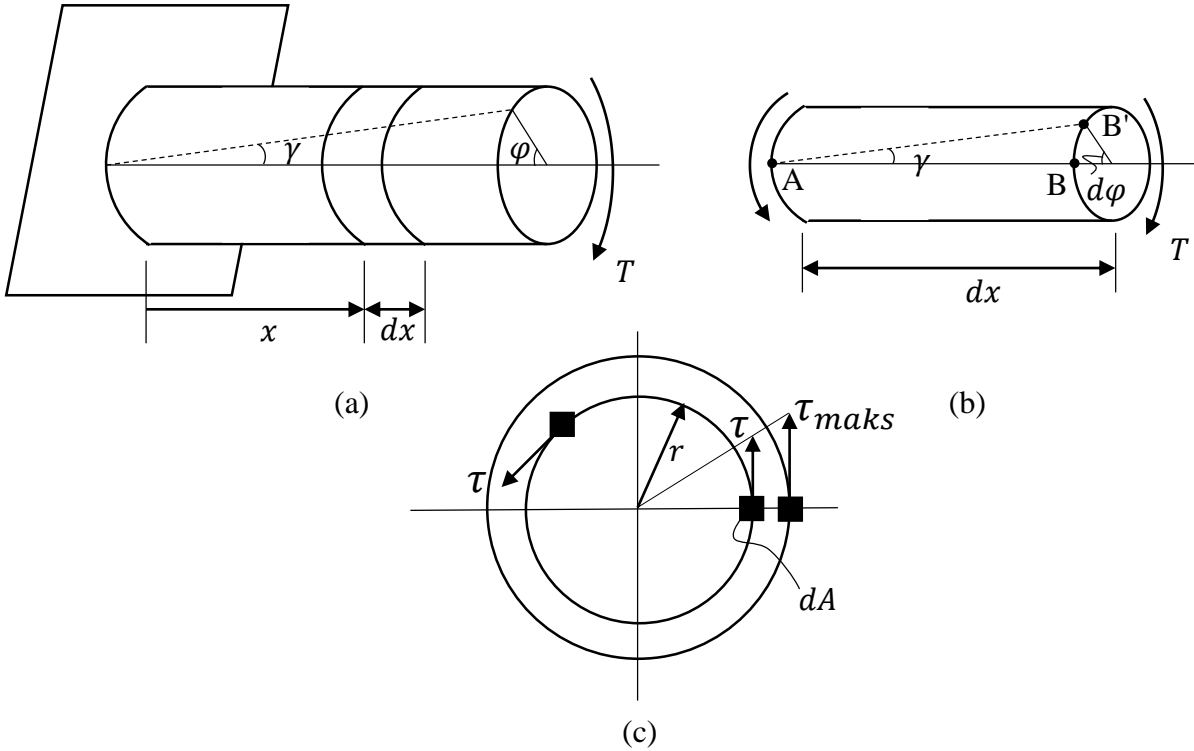
## 2. GİRİŞ

Mühendislikle yaygın olarak rastlanılan şekil değişimlerinden biri de burulmadır. Basit burulma halinde burulma momenti verildiğinde veya iletmek istenen güç dolayısıyla burulma momenti belli ise uygun kesite sahip milin veya makine parçasının seçimi ile malzeme tespiti önem kazanır. Malzeme seçiminde de malzemeye ait sabitler karşılaştırılır. Malzeme sabitlerinden bir tanesi **kayma modülü**dür. Kayma modülü ancak deneysel olarak saptanabilir. Kayma gerilmesi-kayma açısı grafiğinde lineer kısmın eğimidir.

## 3. TEORİ

Basit burulma halinde aşağıdaki kabuller yapılır:

- Cismin kesiti üniform ve cisim homojendir.
- Şekil değişimleri elastik sınırlar içerisinde kalmaktadır.
- Yüklemeye sadece burulma şeklinde gerçekleşmektedir.
- Dairesel kesitler burulmadan sonra yine dairesel kalırlar
- Kesit üzerindeki radyal çizgiler yine doğrusal kalırlar.



Şekil 1

Şekil 1a'da görülen silindir burulma momenti etkisi altında dönmeye çalışacaktır. Kesit üzerinde alınan  $dx$  uzunluğundaki bir eleman AB noktaları arasında  $\gamma$  kadar döner. Şekil 1b göz önüne alınarak:

$$BB' = \gamma \cdot AB = r d\varphi$$

bağıntısında  $\gamma$  kayma açısıdır. Şekil 1b'de  $|AB| = |dx|$  olarak alınabildiğinden;

$$\gamma = \frac{D d\varphi}{2 dx}$$

bulunur. Burada  $d\varphi/dx = \theta$  ifadesine birim (relatif) dönme açısı denir. Kayma açısı ise

$$\gamma = \frac{1}{2}(D)(\theta) = r\theta$$

şeklinde elde edilir. Buradan cismin kenarına etki edip kaymasına sebep olan kayma gerilmesi değeri deneysel olarak gerçekliği bilinen Hooke kanunu ifadesinden

$$\tau = G\gamma$$

yararlanılarak aşağıdaki gibi bulunur. Burada  $G$  kayma modülüdür.

$$\tau = \frac{1}{2}D\theta G = r\theta G$$

Her ne kadar kayma gerilmesi ifadesi bulunmuş olsa da bu formül pratikte çok kullanışlı olmayacaktır. Çünkü birim dönme açısı  $\theta$ 'nın ölçümü için özel cihazlar gereklidir. Bunun yerine hem kolay ölçülebilen veya hesaplanabilen  $M_b$  burulma momenti cinsinden bu ifadeler elde edilesi pratiğe daha uygun olacaktır.

Şekil 1c'de alınan  $dA$  elemanına etki eden kayma kuvveti

$$dF = \tau dA$$

bu kuvvetin milin eksenine göre momenti

$$dM_b = r dF = r(\tau dA) = r(r\theta G dA) = r^2\theta G dA$$

Toplam moment ise;

$$M_b = \int_A r^2\theta G dA = \theta G \int_A r^2 dA$$

Burada  $\int_A r^2 dA$  ifadesi dairesel kesitin polar atalet momenti olup  $I_p$  ile gösterilmektedir. Böylece;

$$M_b = \theta G I_p$$

bulunur. Yukarıdaki denklemin her iki tarafı  $r$  ile çarpıldıktan sonra  $\tau = r\theta G$  ifadesi kullanılarak gerekli düzenleme yapıldığında

$$\tau = \frac{M_b r}{I_p}$$

genel ifadesi elde edilir. Bu ifade dairesel kesitte merkeze herhangi bir  $r$  uzaklığındaki kayma gerilmesinin değerini verir. Eğer dairesel kesitin en dışında kayma gerilmesi aranıyorsa  $r = D/2$  konarak hesaplanır.

$$\tau_{maks} = \frac{M_b D}{2I_p}$$

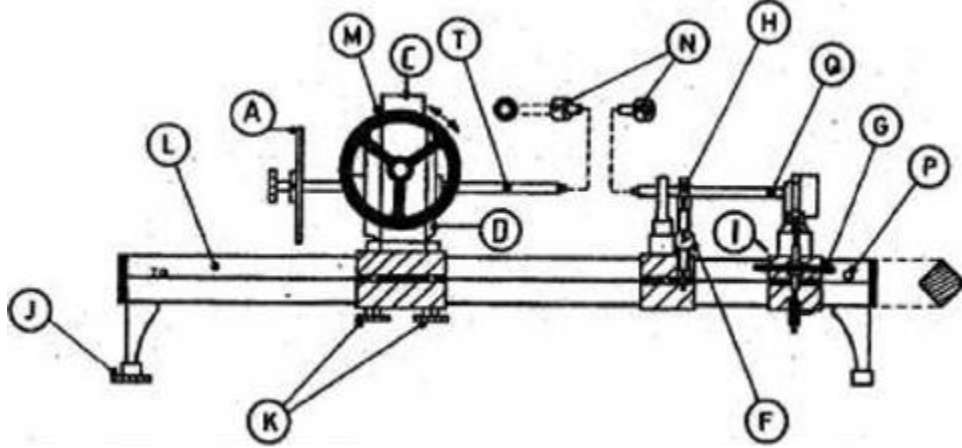
Bu hesaplanan değer kesit üzerindeki en büyük değerini verir. Dolu dairesel kesit için polar atalet momenti

$$I_p = \frac{\pi D^4}{32}$$

ifadesi ile verilir. Burada  $D$ 'nin kesit çapı olduğuna dikkat edilmelidir.

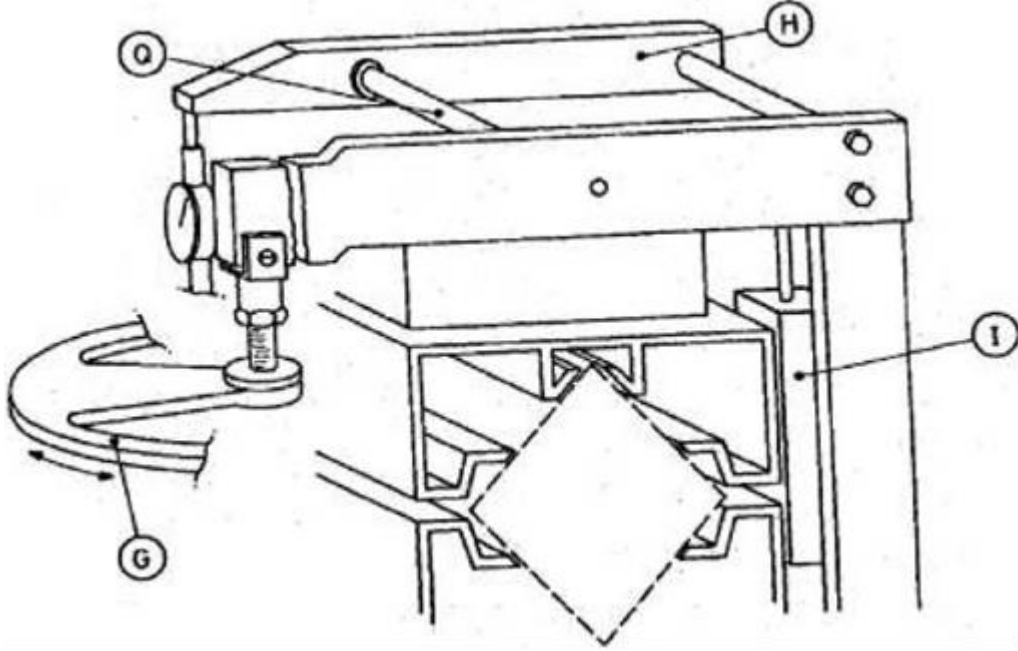
#### 4. DENEY TESİSATI

Burulma testi cihazı 30 Nm'e kadar burulma momentim uçları altıgen kesite sahip bütün numunelere uygulanabilir. Bu deneyde standart olarak 6 mm çapında numunelere uygulanmaktadır. Ayrıca ilave olarak 70 cm'ye kadar tellere de uygulanabilir. Şekil 2'de deney tesisatı şematik olarak görülmektedir. Yük elle 60:1 çevrim oranına sahip dişli kutusu yardımı ile uygulanır. Moment burulma çubuğuna etki ettirilir (Şekil 3)



**Şekil 2.** A 360° dereceli skala, C Dönüş sayacı, D Dişli kutusu, F Komparatör, H Deplasman kolu, G Seviye ayar kolu, I lineer potansiyometre, J ayarlanabilir ayaklar, K dişli kutusu konum ayar cıvataları, L Ana gövde, M Giriş kolu (6° ölçüm yapabilen skalası var), N altıgen numune takmak için soketler, P torkmetreye çıkış soketi, Q burulma mili

(Q)'nun deplasman kolu (H)'a göre izafi hareketi lineer potansiyometre'ye (I) bağlanacak dijital torkmetre yardımı ile ölçülür. Bu cihaz standart bir aparat yardımı ile kalibre edilmektedir.

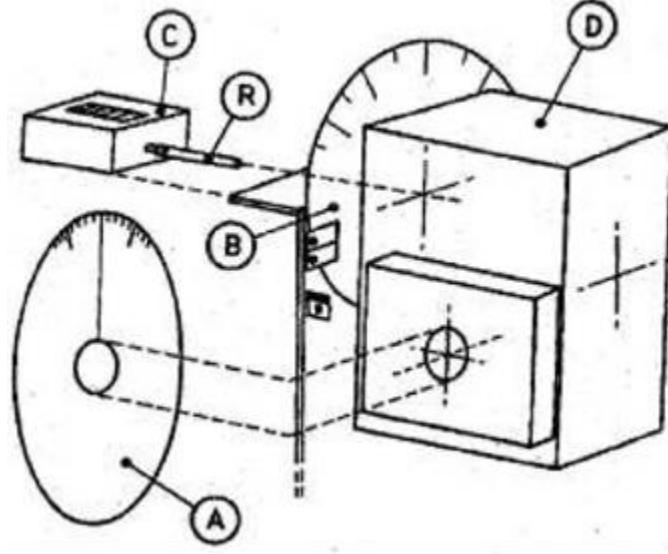


Şekil 3

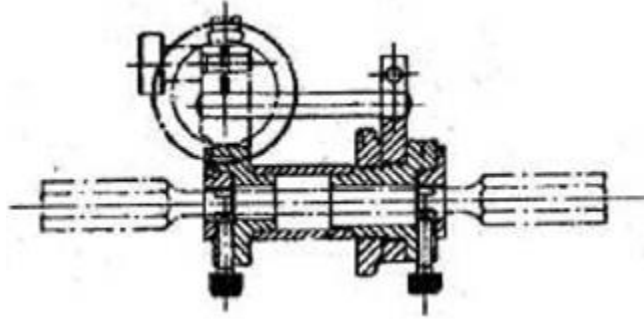
Giriş olarak verilen dönme miktarı üç yolla ölçülebilir (Şekil 4'e bakınız), elastik sınır içinde okumaları sağlamak için  $0.1^\circ$  hassasiyetteki (B) skalası mevcut olup bu skala dişli kutusunun giriş miline bağlanmıştır İkinci dereceli skala ise  $1^\circ$  hassasiyette olup dişli kutusunun çıkış miline bağlanmıştır ve plastik bölgedeki şekil değişimlerini bulmak için kullanılabilir. Başlangıcında sıfırlanabilir sayıcı (C) dişli kutusunun giriş miline monte edilmiş olup her bir sayısı  $6^\circ$ 'lik bir dönüşü kaydeder.

Altı köşeli soket çiftleri standart altı köşeli numunelerin tutulmasını sağlar. (N) ile Şekil 2' de gösterilen bu soketler görüldüğü gibi giriş ve burulma millerinin uçlarına takılır.

Burulma açısının doğru ölçümü, buradan da şekil değişimlerinin bulunması için ilave olarak Torsiyometre (burulma ölçer) cihazı kullanılabilir. Şekil 5'de bu cihaz görülmektedir.



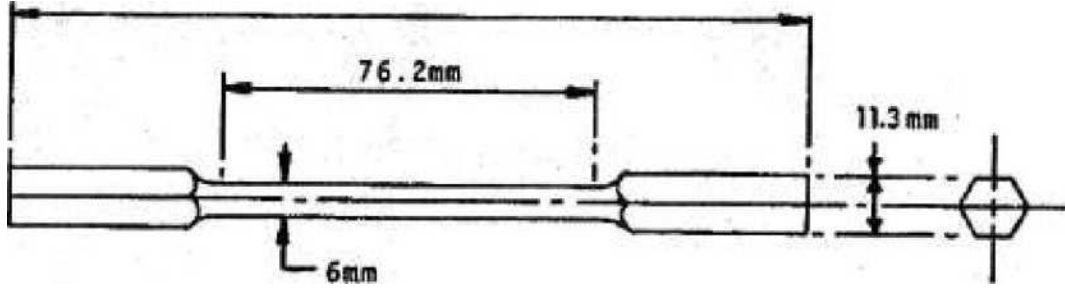
**Şekil 4.** Dişli kutusu ünitesi ve burulma açısı ölçümünde faydalanılabilecek ölçekli göstergeler **C** sayacı, **R** sayıcı sıfırlama kolu, **D** dişli kutusu, **A** hareket giriş koluna bağlı bir turda 6° dönme gösteren skala, **B** giriş miline bağlı 0.1° hassasiyetteki skala.



**Şekil 5** Torsiyometre aparatı

## 5. DENEYİN YAPILIŞI

- 1) Test numunesinin ölçüm aralığını ve çapını ölçünüz.
- 2) Numunenin (Şekil 6) üzerine boyuna doğrultuda bir çizgi çiziniz. Bu çizgi burulma açısının etkisini göstermede faydalı olacaktır.
- 3) Yükleme dönüşünü yaptırmadan önce kolu saat ibreleri doğrultusunda giriş mili dönene kadar çeviriniz Örneğin **B** göstergesinde 0.5° okuyana kadar (Şekil 3'e bakınız.)
- 4) **F** göstergesini sıfıra getirene kadar seviye kolunu **G** çeviriniz.
- 5) Torkmetreden okunan değeri kaydediniz.
- 6) Birimleri dikkate atarak sıfırdan itibaren toplam burulma açısını kaydediniz.



**Şekil 6** Numune ölçüleri

Testten elastik sınırlar içerisinde yeteri kadar değer almayı sağlamak için verilen numuneler için aşağıdaki artımları kullanmak uygundur.

Numune	Kodu	Önerilen Artım
% 0.15 Karbonlu çelik	MT15	0.5°
% 0.15 Karbonlu çelik (900 °C’de normalize edilmiş)	MT15N	0.2°
% 0.4 Karbonlu çelik	MT40	0.5°
%0.4 Karbonlu çelik (860° C’de normalize edilmiş)	MT40N	0.4°
Dökme Demir	MCI	0.5°
Pirinç B.S.249	MTX	0.5°
Aluminyum alaşımı B.S. 1476 H.E.14 (tavlanmış)	MTR	1.0°

## 6. BULUNACAK DEĞERLER

- 1) Raporunuza test edilen numunelerin boyutlarını gösteren bir şekil koyunuz.
- 2) Sonuçları tablo haline getiriniz
- 3) Bu sonuçlarla uygulanan burulma momenti  $M_b$  ile “burulma açısı arasında” elastik bölgedeki değişimi gösteren grafiği elde ediniz.
- 4) Bu diyagramın eğimini kayma modülünü bulmak için kullanınız.
- 5) Bu diyagramdan orantı sınırındaki burulma momentini tespit ederek, bu noktadaki kayma gerilmesini hesaplayınız.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1) Yayla,P. “Cisimlerin Mukavemeti”, Kocaeli,1998
- 2) Torsion Testing Machine Manual, TQ International, England.