

BURULMA DENEYİ

1. DENEYİN AMACI: Burulma deneyi, malzemelerin kayma modülü (G) ve kayma akma gerilmesi (τ_A) gibi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla uygulanır.

2. TANIMLAMALAR:

Kayma modülü: Kayma gerilmesi-kayma şekil değişimi grafiğinde lineer kısmın eğimidir. Rijitlik modülü olarak ta adlandırılır.

Tork: Malzemeye burma etkisi olan moment.

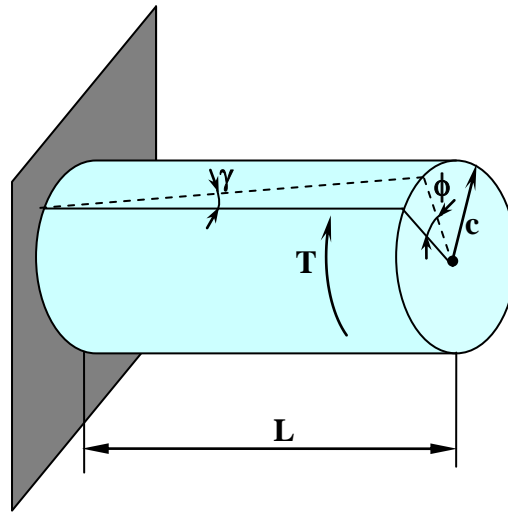
Burulma açısı: Burulma numunesinin boylamasına eksenine normal konumdaki iki referans düzlemin birbirine göre dönme açısı.

3. DENEYİN ÖNEMİ VE KULLANILDIĞI ALANLAR: Metalik malzemelerin burulma deneyi, genelde malzemelerin büyük plastik gerilmelerde akma karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılır. Burulma deneyinin çekme deneyi gibi çok geniş kullanım alanı yoktur ve tamamen standartlaştırılmamıştır. Uygulamada malzemelerin genel mekanik özelliklerinin saptanmasında seyrek olarak kullanılır. Bununla beraber plastik deformasyonla ilgili teorik çalışmalarda ve metallerin çekilebilme (tel ve çubuk) dövülebilme özelliklerinin belirlenmesi gibi mühendislik uygulamalarında ihtiyaç duyulan bir deneydir. Burulma deneyi, özellikle takım çelikleri gibi gevrek malzemelerin dövülebilme özelliğinin belirlenmesinde yüksek sıcaklarda da yapılır. Aynı zamanda kullanım yerlerinde burulma momentinin önemli olduğu şaft, dingil, matkap ucu gibi parçalara direk olarak uygulanabilen bir deneydir.

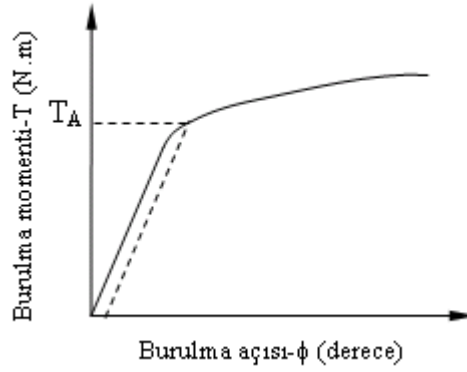
4. TEORİK BİLGİ:

4.1 Burulmada Mekanik Özellikler

Burulma deneyi, iki ucundan sıkıştırılmış numuneye, bir ucu sabit olmak şartıyla diğer ucundan burulma momenti uygulanarak yapılır (Şekil 1). Buruma momenti etkisiyle numunede kayma gerilmeleri oluşur. Deney sırasında uygulanan burulma momenti (T) – burulma açısı (ϕ) diyagramı elde edilir, (Şekil 2).



Şekil 1 Burulma deneyinin şematik görünüşü



Şekil 2 Burulma momenti (T) – burulma açısı (φ) diyagramı.

4.2 Kayma Gerilmesi

Silindirik bir numunede c yarıçapından küçük herhangi bir ρ yarıçapında meydana gelen kayma gerilmesi (τ) şu şekilde ifade edilir:

$$\tau = \frac{T\rho}{J} \quad (1)$$

Burada

T: Burulma momenti

ρ: Kayma gerilmesinin istendiği yarıçap

J: Polar atalet momenti

İçi dolu millerde polar atalet momenti: $J = \frac{1}{2}\pi c^4$ (c mil kesitinin yarıçapıdır)

İçi boş şaftlarda ise: $J = \frac{1}{2}\pi(c_2^4 - c_1^4)$ (c_2 şaftın dış yarıçapı c_1 ise iç yarıçapıdır)

Maksimum kayma gerilmesi numunenin yüzeyinde oluşacağı için c olarak verilen değer numune yüzeyinde 1 nolu denklem aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (2)$$

4.3 Kayma Akma Gerilmesi

Burulma deneyi ile elde edilen kayma akma gerilmesi, bu deneyden elde edilen buruma momenti (T) – buruma açısı (φ) diyagramından elde edilir. Belirgin akma gösteren malzemelerde diyagramın lineer kısmından, Şekil 2’de görüldüğü gibi belirgin akma göstermeyen malzemelerde ise $\theta = 0.002$ derece/mm burulma açısı değerinden diyagramın lineer kısmına çizilecek paralelin diyagramı kestiği noktadaki burulma momentinden (T_A) hesaplanabilir.

4.4 Kayma Birim Şekil Değişimi

Kayma gerilmeleri etkisi ile numunede meydana gelen deformasyon, kayma birim şekil değişimi (γ) olarak ifade edilir (Şekil 1). Buna göre kayma birim şekil değişimi γ :

$$\gamma = \frac{\phi c}{L} \quad (3)$$

ϕ : Burulma açısı (Radyan)

c: Numunenin yarıçapı (mm)

L: Numunenin boyu (mm)

4.5 Kayma Elastisite Modülü

Kayma elastisite modülü (G), burulma diyagramının lineer kısmından (elastik bölgesinden) hesaplanır. Burulma diyagramının elastik bölgesinde kayma gerilmesi, kayma birim şekil değişimiyle orantılı olarak artar. Elastik bölgede, kayma gerilmesinin (τ), kayma birim şekil değişimine (γ) oranı kayma elastik modülünü (G) verir.

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad (4)$$

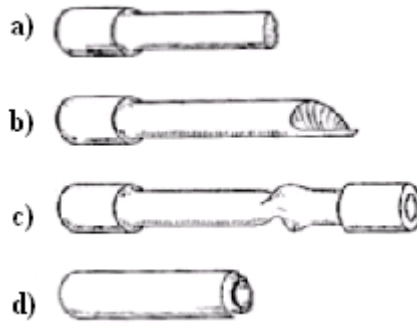
G: Kayma elastik modülü

τ : Elastik bölgede herhangi bir noktadaki kayma gerilmesi

γ : Elastik bölgede aynı noktadaki kayma birim şekil değişimi

4.6 Burulmada Kırılma Şekilleri

Burulma deneyinde çeşitli malzemelerin kırılma şekilleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Burulma deneyinde sünek bir malzemenin kırılması, maksimum kayma gerilmeleri yönünde, genellikle numunenin düşey eksenini boyunca olur (Şekil 3a). Gevrek bir malzemenin kırılması ise, maksimum çekme gerilmesi doğrultusuna dik bir düzlem boyunca yani numune boyunca 45° lik açılı düzlemde olur (Şekil 3b). Boru şeklindeki sünek bir malzemenin kırılması ise, numunenin boyu uzun ise numunenin bükülmesi sonucunda şeklinin bozulmasıyla (Şekil 3c), eğer numunenin boyu kısa ise yine maksimum kayma gerilmesi yönünde (Şekil 3d) olur.



Şekil 3 Burulmada kırılma şekilleri a) Yuvarlak numunenin sünek kırılma şekli, b) Yuvarlak numunenin gevrek kırılma şekli, c) Sünek bir malzemenin boru şeklindeki, uzun numunesinin burulması, d) Sünek bir malzemenin boru şeklindeki, kısa numunesinin kopma şekli.

5. CİHAZ VE APARATLAR: Tecquipment SM21 burulma cihazı (Şekil 4), altıgen baş kısmına sahip demir esaslı veya demir dışı burulma numuneleri.

6. NUMENELER: Burulma deney numuneleri, gerilmelerin hesaplanmasında en basit şekil olan yuvarlak kesitli numunelerdir. Burulma deneyinde uygulanan burulma momenti etkisiyle numunede kayma gerilmeleri oluşur. Kayma gerilmeleri numunenin merkezinden yüzeyine doğru doğrusal olarak artar. Kayma gerilmeleri numunenin merkezinde sıfır, yüzeyinde ise maksimum değerdedir. Bu nedenle yuvarlak kesitli numunelerde gerilme dağılımı homojen değildir. Burulma deneyinde ince et kalınlığında ve boru şeklindeki numuneler kullanılarak kesitte daha üniform bir gerilme dağılımı sağlanabilir. Boru şeklindeki burulma deneyi numunelerinde et kalınlığının az olması istenir, fakat numunenin et kalınlığının çok az olması numunenin burulmadan şeklinin bozulmasına neden olabilir. Kayma akma gerilmesi (τ_A) ile kayma akma modülünün (G) belirlenmesinde kullanılan boru şeklindeki numunelerde, ölçü uzunluğunun (L), numunenin dış çapına (D) oranı $L/D \approx 10$ olmalıdır. Kırılma modülünün belirlenmesinde kullanılan boru şeklindeki numunelerde ise ölçü uzunluğu kısa olup $L/D \approx 0.5$ olmalıdır. Aynı zamanda numune çapı ile et kalınlığı arasındaki oran ise, $D/t \approx 10-12$ olmalıdır.



Şekil 4 Tecquipment SM21 burulma cihazı

7. DENEYİN YAPILIŞI:

7.1 Kalibrasyon

Deney cihazı şu şekilde kalibre edilir.

-Kalibrasyon kolu takılır.

-Cihazın üzerindeki göstergenin 0° açıda olduğu kontrol edilir.

-Kalibrasyon kolu tek taraftan yüklenir (Örneğin 12,5 kg)

-Aşağıdaki formül yardımıyla moment hesabı yapılır.

$T = \text{kuvvet(kg)} \times 9,80665 \times \text{mesafe} \times \cos(\alpha)$ açı (cihazın üzerindeki göstergeden)

-Elektronik gösterge, hesaplanan değeri göstermezse, yerinden çıkarılır. Cihazın arkasındaki "Adj" yazan kısımdaki "SI" adlı delikteki vida, ince ayar aparatı ile çevrilerek, göstergede hesapladığımız değer çıkana kadar ayarlanır.

-Yük ve kol söküldükten sonra, gösterge "0" olmalıdır. Eğer "0" değilse, elektronik göstergenin arkasındaki "zero" yazan ayar vidasından gösterge sıfırlanır.

-Arka taraftaki diğer vida yardımı ile gösterge hassasiyeti ayarlanabilir. (0,00-00,0 – 000)

7.2 Burulma Açısına Göre Tork Değerlerinin Bulunuşu

- Cihazın panosunda "set speed" ayarı vardır. Bu sayısal bir değer ifade etmediğinden, hızı belirlemek için, cihaz "On" şalteri açılarak çalıştırılır. (Not: Cihaz her zaman "Forward" konumunda çalışmalıdır. Zaman tutularak, belli sürede dönülen açı sayaçtan hesaplanır. (1 atma değeri 0,3° veya cihaz üzerindeki açı göstergesinden) Böylece [açı (derece) / dakika = devir hızı] formülünden hız bulunur.)

- Numune takılır ve deney başlatılır.

- Eğer "reverse" yönünde çalışılacaksa, cihaz kapatılır ve durması beklenir. Daha sonra şalter "reverse" konumuna getirilerek, tekrar çalıştırılır.

8. İSTENENLER

1. İncelenen numuneye ait tork-dönme açısı eğrisini çiziniz.
2. Çizdiğiniz eğriden, numuneye ait kayma modülünü hesaplayınız.
3. Kayma akma gerilmesini hesaplayınız.

9. REFERANSLAR

[1]. KAYALI, E.S., ENSARI, C., DİKEÇ, F., 1990, "Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri" İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi İstanbul

[2]. KAYALI, E.S., 1983, "Malzeme Teknolojisinde Burma Deneyi", Malzeme Teknolojisinde Deneysel Verilerin Değerlendirilmesi Semineri, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul

[3]. DIETER, G.E., 1986, "Mechanical Metallurgy", McGraw-Hill, Singapur

[4]. ASTM E143-87, 1987, "Shear Modulus at Room Temperature"

[5]. MARIN., J., 1966, Mechanical Behavior Of Engineering Materials, Prentice Hall, New Delhi