

KONSTRÜKSİYON 3 DENEYİ

1. DENEY ADI: GERİLME HİPOTEZLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

2. DENEYİN AMACI: Bu deneyde, uygun numune üzerinde eşdeğer gerilme halleri oluşturularak, numunenin mekanik davranışına uygun olan hipotezin seçilmesi amaçlanmıştır.

3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

3.1 Zorlanmalar ve Gerilmeler

Herhangi bir elemana etkiyen dış kuvvet [F] ve momentler [M], o elemanı çeşitli şekillerde zorlar ve buna göre farklı gerilmeler meydana gelir.

“Zorlayıcı etkinin (kuvvet, moment), “etkime şekli” (çekme, eğilme, burulma vs.) ile bütünleşik haline zorlanma adı verilir.

Dış kuvvetlere tepki olarak, elemanda iç kuvvetler oluşur. Birim kesite etkiyen iç kuvvetlere “gerilme” denir. Esas olarak, iki farklı tür gerilme vardır.

- Kesite dik gerilmeye, “normal gerilme” denir ve “ σ ” ile gösterilir.
- Kesit düzlemindeki gerilmeye, “kayma gerilmesi” denir ve “ τ ” ile gösterilir.

Zorlanma Tipleri: Bir makina elemanı aşağıda gösterilen zorlanma tiplerinden bir veya birkaçına birden maruz kalabilir. Zorlanma tipleri şunlardır.

Zorlanma Adı	Gerilme Adı	Gerilme Dağılımı	Bağıntı
Kuvvet + Çekme = Çekme zorlanması	Çekme gerilmesi $\sigma_{\text{ç}}$		$\sigma_{\text{ç}} = F/A$
Kuvvet + Basma = Basma zorlanması	Basma gerilmesi σ_{b}		$\sigma_{\text{b}} = F/A$
Moment + Eğilme = Eğilme zorlanması	Eğilme gerilmesi σ_{e}		$\sigma_{\text{e}} = M_e/ W_e$
Kuvvet + makas = Makaslama (Kesme) zorlanması	Kesme gerilmesi τ_{k}		$\tau_{\text{k}} \cong F/A$
Moment + Burulma = Burulma zorlanması	Burulma gerilmesi τ_{b}		$\tau_{\text{b}} = M_b/ W_b$

3.2 Bileşik Gerilmeler

Makine elemanının herhangi bir kesiti, aynı anda birden fazla zorlanmaya maruz ise, bu kesitte “bileşik gerilme hali” söz konusudur. Bu halde, iki farklı durum oluşur.

Gerilmeler aynı cins ise, toplanır. Yani herhangi bir makine elemanının herhangi bir kesitinde hem çekme hem de eğilme (veya hem kesme hem de burulma) varsa, toplam gerilme şöyle hesaplanır.

$$\sigma_{top} = \sigma_c + \sigma_e \quad \text{veya} \quad \tau_{top} = \tau_k + \tau_b$$

Gerilmeler farklı cins ise toplanamaz. Kırılma hipotezlerinden (mukavemet varsayımlarından) birine göre, “eşdeğer gerilme” hesaplanır.

Kırılma Hipotezlerinin gerçek sayısı çok fazladır. Ancak bunlardan 3 tanesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Burada her bir hipotez için, eşdeğer gerilme bağıntıları tek eksenli ($\sigma_y = 0$) gerilme hali için yazılmıştır.

1. **Maksimum Normal Gerilme Hipotezi (Rankine):** Bu hipoteze göre bir elemanlı kırılma maksimum normal gerilmenin belli bir değeri aşması sonucunda oluşur.

$$\sigma_{eş} = 0,5\sigma_c + 0,5\sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

2. **Maksimum Kayma Gerilmesi Hipotezi (Tresca):** Bu hipoteze göre, bir elemanda kırılma, maksimum kayma gerilmesinin, belli bir değeri aşması sonucu oluşur.

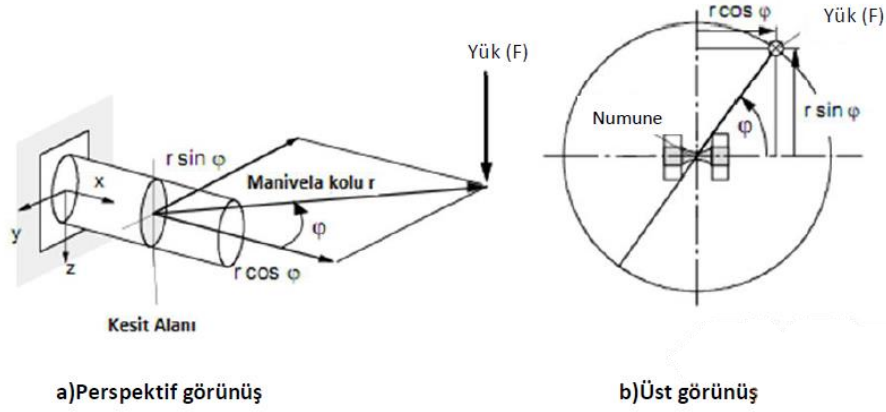
$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

3. **Maksimum Biçim Değişirme Enerjisi Hipotezi (Von Mises):** Bu hipoteze göre, bir elemanda kırılma, maksimum şekil değişimi enerjisinin, belli bir değeri aşması sonucu oluşur.

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

Not: 1. Deney gevrek malzemeler için, 2. ve 3. hipotez, sünek (esnek) malzemeler için uygundur.

Deney düzeneğinde eğilme ve burulma yükü uygulanan numunenin şematik görünümü Şekil 1.a'da, üstten görünümü Şekil 1.b'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinde aynı anda eğilme ve burulma yükü uygulanan numune

Uç noktadaki yüzey lifinde maksimum eğilme gerilmesi, eğilme momenti ve kesit mukavemet momenti kullanılarak bulunur.

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} \quad W_e = \frac{\pi d^3}{32}$$

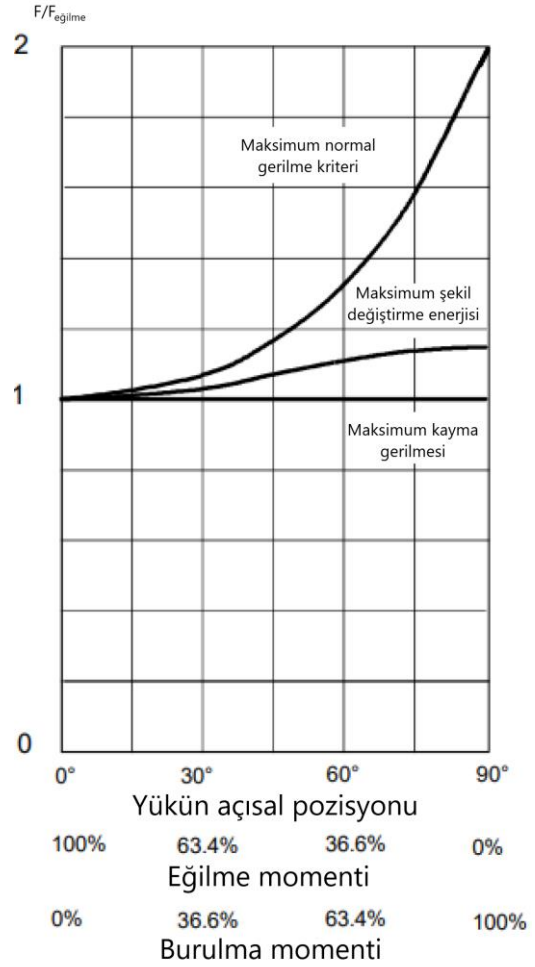
Burulma sonucu uç noktada yüzey lifinde oluşan maksimum kayma gerilmesi ise aşağıdaki denklemde burulma momenti ve kesit polar mukavemet momenti kullanılarak hesaplanır.

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_b} \quad W_b = \frac{\pi d^3}{16}$$

Eğilme momenti (M_e) ve Burulma momenti (M_b), yük noktası ve F yükünün açısal pozisyonu (φ) kullanılarak bulunur

$$M_e = F * r * \cos\varphi \quad M_b = F * r * \sin\varphi$$

Eşdeğer gerilme hipotezleri arasındaki ilişkiler, grafiksel olarak Şekil 2'deki diyagramda gösterilmiştir. Burada F yükleri saf eğilme hali için akma sınırına aittir.

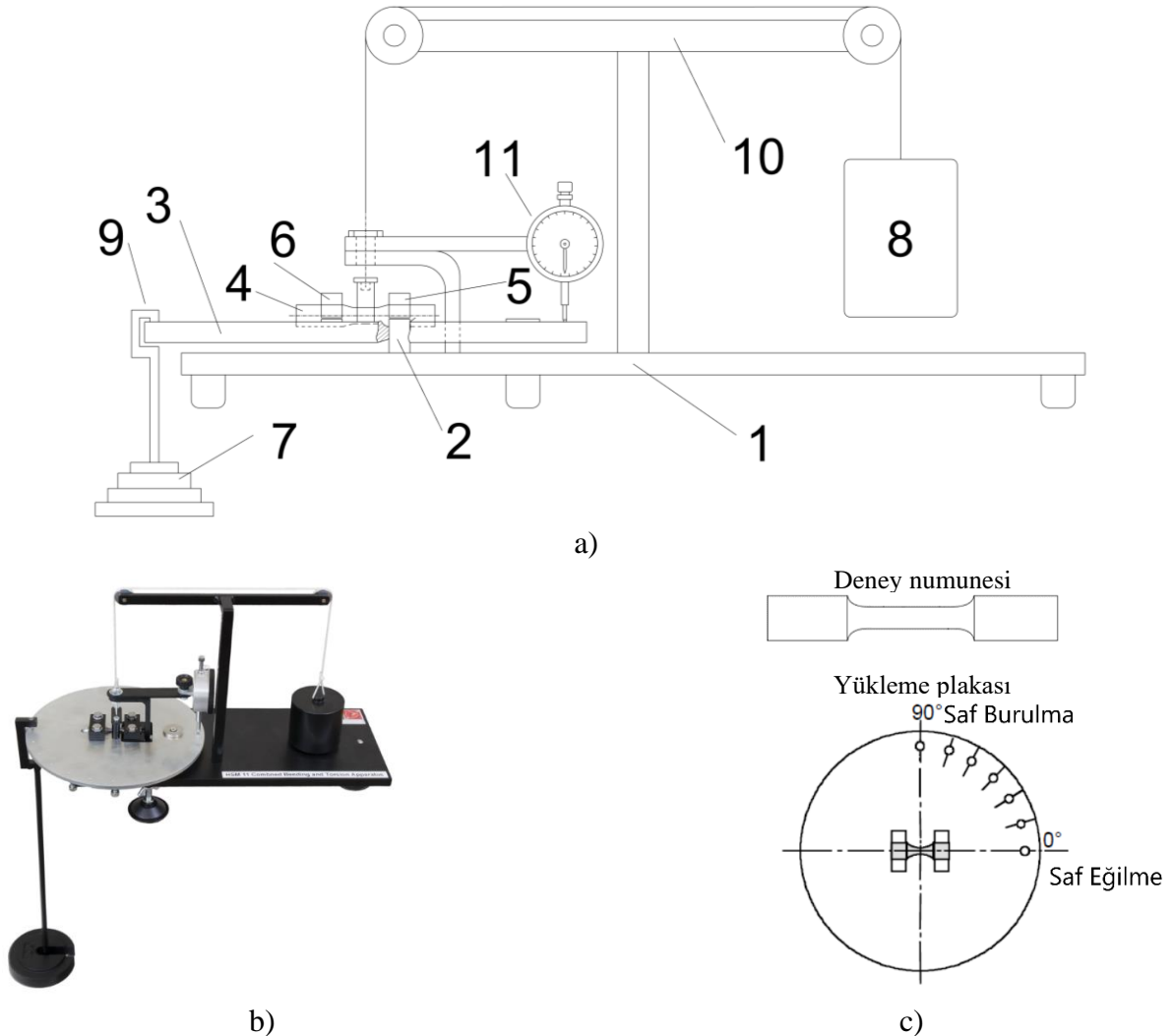


Şekil 2. Çeşitli eşdeğer gerilme hipotezleri için akma sınırı kriterleri [1]

4. DENEYİN YAPILIŞI

Eşdeğer Gerilme Hipotezlerini doğrulamak için, iki eksenli gerilme hali oluşturmak gerektiğinden, deney düzeneği, bir numuneye saf eğilme, saf burulma ya da eğilme + burulma birleşimi yüklemeler yapılmasına olanak sunmalıdır.

Deney düzeneğinin şematik ve gerçek görünümü Şekil 3.a ve 3.b’de verilmiştir. Düzenek, temel olarak, kalın kesitli dikdörtgen bir metal alt tabla (1), bu tablaya montajlı iki silindirik destek kolonları (2) ve bu kolonlar üstüne yerleştirilen 200 mm çapında alüminyum bir yükleme plakası (3)’ dan oluşmaktadır. Test numunesi (4) (Şekil 3.c), bir ucundan 2 numaralı kolona; diğer ucundan yükleme plakasına kelepçeler (5 ve 6) yardımı ile bağlanır. Yüklerin numuneye tatbiki Şekil 3.c de gözüktüğü gibi, yükleme plakası üzerindeki 7 farklı açısız konumda (0o, 15o, 30o, 45o, 60o, 75o ve 90o) bulunan noktalara, ağırlıkların (7) ve denk karşı ağırlıkların (8), etki ettirilmesi ile yapılır. Seçilen açısız pozisyona göre, yükleme durumunun tayininin ardından, yükleme yapmak için ağırlıklar, ağırlık askısına (9) asılır. Karşı ağırlıklar, bir makara ve kablo sistemi (10) yoluyla yükleme plakasının tam ortasına etki ve plakayı düzgün tutar. Hangi açısız pozisyonda numuneye yük tatbiki yapılacaksa, arzu edilen doğrultunun karşı istikametine yerleştirilen, bir komparatör (11), yük etkisinde numunede oluşacak elastik ve plastik deformasyon miktarlarının ölçülebilmesini mümkün kılar.



Şekil 3. a) Deney düzeneğinin şematik gösterimi. b) Deney düzeneğinin gerçek görünümü. c) Deney numunesi ve yükleme plakası.

Bu deneyde, metalik bir numune için akma sınırı, yükleme yapılarak belirlendiğinden, elastik şekil değiştirme sınırına kadar ya da elastik sınırın ötesinde yükleme yapmak gerekir. Bu şekilde yükleme yapılarak iş parçası plastik (kalıcı) deformasyona uğratılır. Plastik deformasyona uğrayan bir metalik numune pekleşme (mukavemet artışı) gösterir. Bu durumda, test edilen metalik malzemenin akma sınırı değeri yükselir. Ancak, pekleşen numuneler tekrar deneyde kullanılmaz.

4.1. Yükleme ve Deformasyon Ölçümü

1- Karşı ağırlıklar deney numunesinin cinsine göre (**Alüminyum 12N**) olarak hazırlanır ve karşı ağırlık askısına yerleştirilir.

2- Dairesel plaka üzerindeki yük noktalarından ilki (0°) seçilir.

3- (0°) yükleme noktasının tam karşısına, aynı doğrultuda komparatör yerleştirilir ve kadran sıfırlanır.

4- Yük noktasına, uygulanan karşı ağırlığa denk (ağırlık askısı dahil) ilk yükleme yapılır. Bu yükleme sonucu, deformasyon kadrandan okunur, bir tabloya kaydedilir ve yük kaldırılır.

5- Yük kaldırıldığında, elastik ($\Delta l = 0$) ve plastik deformasyonun ($\Delta l > 0$) oluşup oluşmadığı kadrandan takip edilir.

6- Takip eden her yükleme için, ağırlık 1N artırılarak, deformasyon miktarları ölçülür ve her yüklemeden sonra yük kaldırılır (Boşaltma). Yük kaldırıldığında kadrandan okunan değerler tekrar kaydedilir. Eğer, plastik deformasyon, 10/100 mm'den büyükse söz konusu numune için ölçüme son verilir.

7- Madde 2'den 6'ya kadar aynı işlem, 45° ve 90° yükleme noktaları için tekrarlanır ve her bir açısız pozisyon için yeni bir tablo hazırlanarak, alınan ölçümler yazılır.

8- İlk ölçüm serisinin (Madde 1-7) tam aksine, ikinci ölçüm serisi, sırasıyla 90° , 45° ve 0° yük noktaları için, yani saf burulma yüklemelerinden, saf eğilme yüklemelerine doğru tekrarlanır ve tabloya işlenir.

9- Her iki seriden faydalanarak bir kuvvet-deformasyon grafiği çizilir. Aynı açısız pozisyon için, iki ayrı akma sınır kuvveti belirlenir. Bu kuvvetlerin ortalaması hesaplanarak pekleşme etkisi minimize edilir.

Adı-Soyadı : Deneyi Yürüten Öğretim Elemanı :
Numara : Deneyin Yapıldığı Tarih :
İmza : Grup-Alt Grup :

NOT

5. İSTENENLER

1. Deneyde farklı açısız pozisyonlarda yapılan yüklemelere ilişkin ölçülen deformasyon değerlerini kullanarak tabloyu doldurunuz.
2. Tablo 1'ü kullanarak, Şekil 4'teki, farklı yüklemeler için, F(Kuvvet)-kalıcı deformasyon (Δl) grafiğini çizin.
3. Farklı açılarda yapılan yüklemeler sonrası numune için belirlenen akma yük değerlerini kullanarak Tablo 2'yi oluşturunuz.
4. Tablo 2'deki değerleri kullanarak, $\frac{\bar{F}}{F_{e\ddot{g}}}$ - yük açısız pozisyonu grafiğini (Şekil 5) çizin.
5. Deney numunesi için uygun olan eşdeğer gerilme kriterini belirleyiniz. Farklı açısız pozisyonlar için, eşdeğer gerilme değerlerini hesaplayıp, Tablo 3'ü doldurunuz.

Parametreler:

d : numune çapı (4 mm)

D: yükleme plakası çapı (200mm)

Tablo 1. metalik numuneye uygulanan yüklemelere karşılık ölçülen deformasyonlar

Deney numarası:	Açısız Pozisyon:	Ölçüm No:1	Malzeme
Yük F (N)			
Deformasyon Δl (1/100 mm)			
Kalıcı Deformasyon Δl (1/100)			
Akma sınırı yükü:			

Deney numarası:	Açısız Pozisyon:	Ölçüm No:2	Malzeme
Yük F (N)			
Deformasyon Δl (1/100 mm)			
Kalıcı Deformasyon Δl (1/100)			
Akma sınırı yükü:			

Deney numarası:	Açısız Pozisyon:	Ölçüm No:3	Malzeme
Yük F (N)			
Deformasyon Δl (1/100 mm)			
Kalıcı Deformasyon Δl (1/100)			
Akma sınırı yükü:			

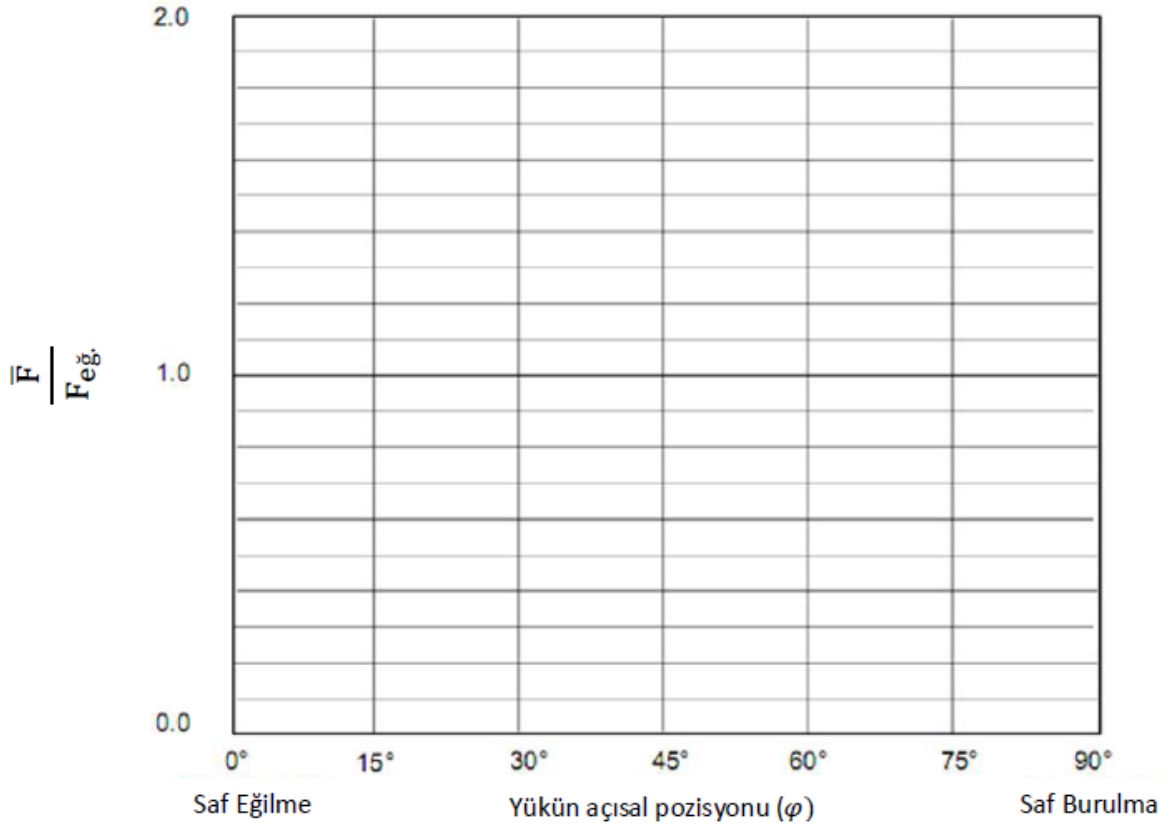
Deney numarası:		Açısal Pozisyon:				Ölçüm No:4				Malzeme			
Yük F (N)													
Deformasyon Δl (1/100 mm)													
Kalıcı Deformasyon Δl (1/100)													
Akma sınırı yükü:													

Deney numarası:		Açısal Pozisyon:				Ölçüm No:5				Malzeme			
Yük F (N)													
Deformasyon Δl (1/100 mm)													
Kalıcı Deformasyon Δl (1/100)													
Akma sınırı yükü:													

Deney numarası:		Açısal Pozisyon:				Ölçüm No:6				Malzeme			
Yük F (N)													
Deformasyon Δl (1/100 mm)													
Kalıcı Deformasyon Δl (1/100)													
Akma sınırı yükü:													

Tablo 2. Farklı açılarda yapılan yüklemeler sonrası belirlenen numune akma yükleri

Malzeme:				
Yükün Açısal Pozisyonu				
Akma Sınırı F_{I1}				
Akma Sınırı F_{I2}				
<i>Ortalama</i> $\bar{F} = \frac{(F_{I1} + F_{I2})}{2}$				
$\frac{\bar{F}}{F_{eğ}}$				



Şekil 5. $\bar{F}/F_{e\ddot{g}}$ 'nin, φ (yükün açısai pozisyonu) ile değişimi

Tablo 3. Farklı açısai pozisyonlarda yapılan yüklemeler için eşdeğer gerilme değerleri

Açısai Pozisyon	0°	45°	90°
F			
$\sigma_{eş}$			