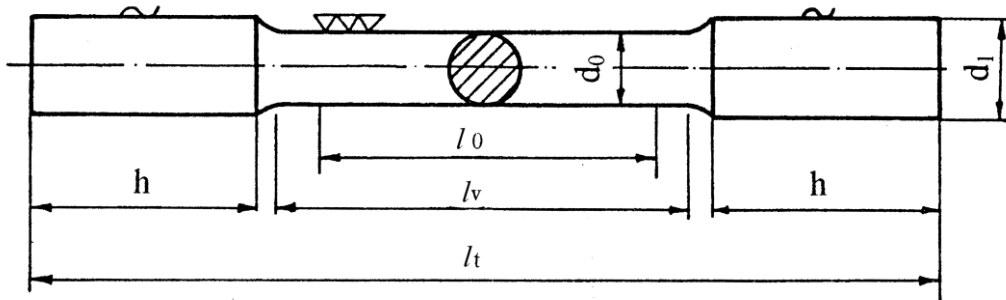


TAHRİBATLI MALZEME MUAYENESİ DENEYİ**1. Giriş ve Deneyin Amacı**

Bilindiği gibi malzeme seçiminde mekanik özellikler esas alınır. Malzemelerin mekanik özellikleri de iç yapılarına bağlıdır. Malzemelerin iç yapıları ısı ile değiştirilerek mekanik özellikleri iyileştirilebilir. Ancak farklı ısı işlemler mekanik özellikler üzerinde farklı etkiler yapar. Malzemelere istenilen özelliklerin kazandırılabilmesi için uygun ısı işlemlerinin uygulanması gerekir. Uygulanan ısı işleminin uygun olup olmadığı genellikle tahribatlı malzeme muayenesiyle belirlenir. Tahribatlı malzeme muayenesi de daha çok mekanik deneylerle gerçekleştirilir. Malzemelerin mekanik davranışlarını incelemek ve yapılarıyla özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek için farklı mekanik deneyler yapılır. Ancak yapılan mekanik deneyler içerisinde en yaygın olanı çekme deneyidir. Bunun nedeni de çekme deneyinden hem malzemelerin mekanik davranışlarıyla ilgili sonuçlar elde edilmesi hem de elde edilen sonuçların mühendislik hesaplarında doğrudan kullanılmasıdır. Bu durum, çekme deneyinin tahribatlı malzeme muayenesi yöntemleri içerisinde en önemli yere sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu deneyin amacı, farklı ısı işlemlerinin metal malzemelerin mekanik özelliklerine etkilerini çekme deneyi yardımıyla incelemek ve belirli uygulamalar için en uygun ısı işleminin nasıl belirleneceğini ortaya koymaktır.

2. Çekme Deneyi İle İlgili Genel Bilgiler

Çekme deneyi, malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve mekanik davranışlarına göre sınıflandırılması amacıyla yapılır. Çekme deneyinin yapılışı çeşitli standart ve kaynaklarda ayrıntılı biçimde verilmiştir. Bu kaynaklarda da belirtildiği gibi, çekme deneyi ilgili standartlara göre hazırlanan deney numunelerinin tek eksen ve sabit bir hızla koparıncaya kadar çekilmesi işlemidir. Türk standartlarında TS 138 A, B, C, D, E ve F olmak üzere altı numune tipi bulunur. Numune tipi büyük ölçüde malzemenin biçimine göre seçilir. Şekil 1'de TS 138 A normuna göre hazırlanmış daire kesitli (yuvarlak) silindirik başlı bir çekme numunesi görülmektedir.



Şekil 1. Daire kesitli silindirik başlı çekme numunesi.

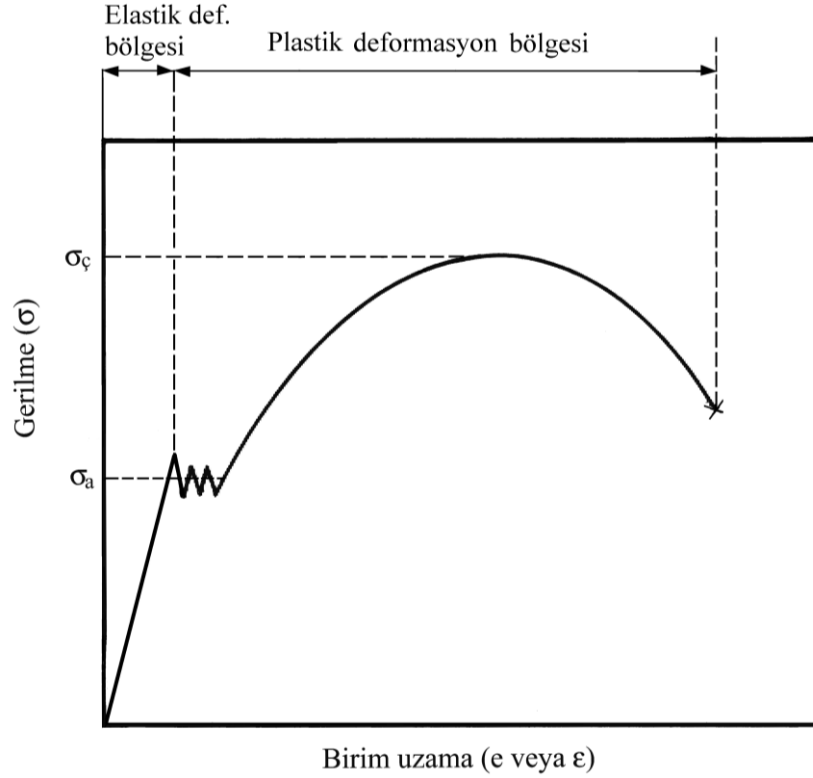
Bu şekilde d_0 numunenin çapını, d_1 baş kısmının çapını ($1,2d_0$), l_v inceltilmiş kısmın uzunluğunu ($l_0 + d_0$), l_0 ölçü uzunluğunu ($5d_0$), h baş kısmının uzunluğunu ve l_t numunenin toplam uzunluğunu göstermektedir. Çapı 10 mm ve ölçü uzunluğu 50 mm olan çekme numunesi 10 x 50 TS 138A şeklinde gösterilebilir.

Hazırlanan numune çekme makinasının çenelerine takılarak deney yapılır. Şekil 2’de tipik bir çekme makinasının fotoğrafı verilmiştir. Deney sırasında çekme numunesine sürekli olarak artan çekme kuvveti uygulanır ve kırılma anına kadar hem uygulanan kuvvet hem de numunede meydana gelen uzama kaydedilir.



Şekil 2. Tipik bir çekme makinası.

Bu deney sonucunda kuvvet (F)-uzama (Δl) eğrisi elde edilir. Ancak bu eğri ile birlikte kullanılan numunenin boyutlarını da vermek gerekir. Bu nedenle, bu eğri yerine daha evrensel olan gerilme-birim uzama eğrisi kullanılır. Gerilme-birim uzama eğrisine çekme diyagramı adı verilir. Şekil 3’de normalize edilmiş durumdaki az (düşük) karbonlu bir çeliğin gerilme-birim uzama eğrisi verilmiştir.



Şekil 3. Düşük karbonlu yumuşak bir çeliğin çekme diyagramı.

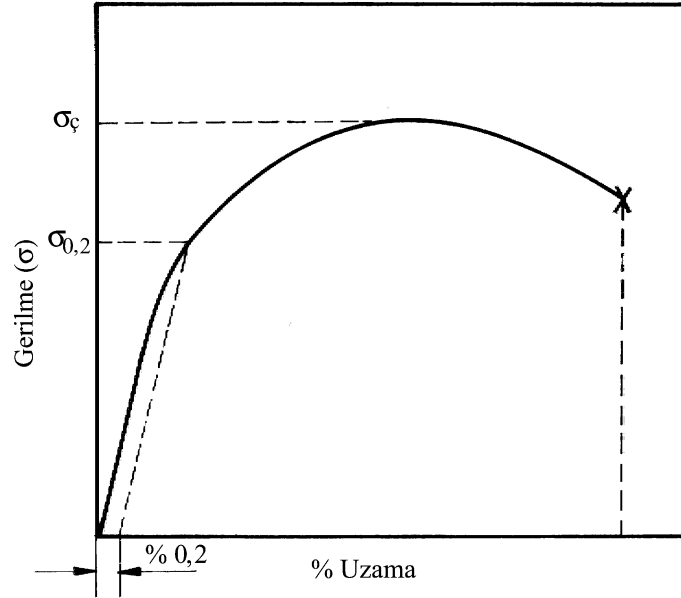
Çekme deneyi sonucunda malzemenin orantı sınırı, elastiklik sınırı, akma sınırı ve çekme dayanımı gibi mukavemet değerleri ile kopma uzaması, kopma büzülmesi ve tokluk gibi süneklik değerleri belirlenir. Malzemenin cinsine, kimyasal bileşimine ve metalografik yapısına bağlı olan bu özellikler aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır.

a) Orantı sınırı (σ_0): Gerilme-birim uzama diyagramında Hooke yasasının, yani $\sigma = E \cdot \epsilon$ bağıntısının geçerli olduğu doğrusal kısmı sınırlayan gerilme değeridir. Bu bağıntıdaki orantı katsayısına (E) elastiklik modülü denir ve bu katsayı çekme diyagramının elastik kısmını oluşturan doğrunun eğimini gösterir. Bir malzemenin elastiklik modülü ne kadar büyükse, o malzemenin elastik şekil değiştirmeye karşı direnci de o ölçüde büyük olur.

b) Elastiklik sınırı (σ_e): Malzemeye uygulanan kuvvet kaldırıldığı zaman plastik uzamanın görülmediği veya yalnız elastik şekil değiştirmenin meydana geldiği en yüksek gerilme değeridir. Genellikle, elastiklik sınırı orantı sınırına eşit kabul edilir. Pratikte σ_e yerine %0,01 veya %0,005'lik plastik uzamaya karşı gelen gerilme ($\sigma_{0,01}$ veya $\sigma_{0,005}$) değerleri alınır.

c) Akma dayanımı (σ_a): Uygulanan çekme kuvvetinin yaklaşık olarak sabit kalmasına karşın, plastik şekil değiştirmenin önemli ölçüde arttığı ve çekme diyagramının düzgünlük gösterdiği kısma karşı gelen gerilme değeridir, Şekil 3. Bu değer akma kuvvetinin (F_a) numunenin ilk kesit alanına bölünmesiyle ($\sigma_a = F_a/A_0$) bulunur. Düşük karbonlu yumuşak çelik gibi bazı malzemeler, deney koşullarına bağlı olarak belirgin akma sınırı gösterebilirler. Malzemelerin belirgin akma göstermemesi durumunda, genelde %0,2'lik plastik uzamaya ($\epsilon_{plastik} = 0,002$) karşı gelen çekme gerilmesi akma sınırı veya

akma dayanımı olarak alınır. Şekil 4’de belirgin akma göstermeyen bir malzemenin çekme diyagramı ile bu malzemenin akma dayanımının nasıl belirlendiği görülmektedir.

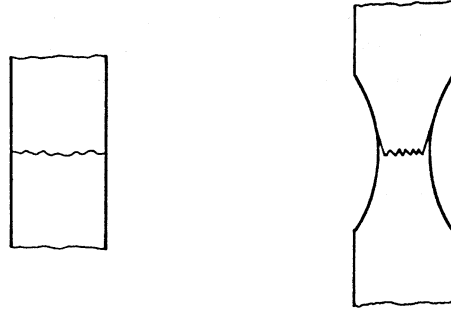


Şekil 4. Belirgin akma göstermeyen bir malzemenin akma dayanımının belirlenmesini gösteren diyagram.

d) Çekme dayanımı (σ_c): Bir malzemenin kopuncaya veya kırılıncaya kadar dayanabileceği en yüksek çekme gerilmesi olarak tanımlanır. Bu gerilme, çekme diyagramındaki en yüksek gerilme değeri olup, $\sigma_c = F_{maks}/A_0$ formülü ile bulunur. Burada F_{maks} malzemeye uygulanan en yüksek kuvveti, A_0 ise malzemenin ilk kesit alanını gösterir.

e) Kopma uzaması (KU): Çekme numunesinin boyunda meydana gelen en yüksek yüzde plastik uzama oranı olarak tanımlanır. Çekme deneyine tabi tutulan numunenin kopan kısımlarının bir araya getirilmesi ile son boy ölçülür ve boyda meydana gelen uzama $\Delta l = l_k - l_0$ bağıntısı ile bulunur. Burada l_0 numunenin ilk ölçü uzunluğunu, l_k ise numunenin kırılma anındaki boyunu gösterir. Kopma uzaması ise; $KU (\%) = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100$ bağıntısı yardımıyla belirlenir. Bu değer malzemenin sünekliğini gösterir.

f) Kopma büzülmesi (KB): Çekme numunesinin kesit alanında meydana gelen en büyük yüzde daralma veya büzülme oranı olup, $KB (\%) = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100$ bağıntısı ile hesaplanır. Burada A_0 deney numunesinin ilk kesit alanını, A_k ise kırılma anındaki kesit alanını veya kırılma yüzeyinin alanını gösterir. Kopma büzülmesi, kopma uzaması gibi sünekliğin bir göstergesidir. Sünek malzemelerde belirgin bir büzülme veya boyun verme meydana gelirken, gevrek malzemeler büzülme göstermezler. Şekil 5’de gevrek ve sünek malzemelerin kırılma davranışları şematik olarak gösterilmiştir.

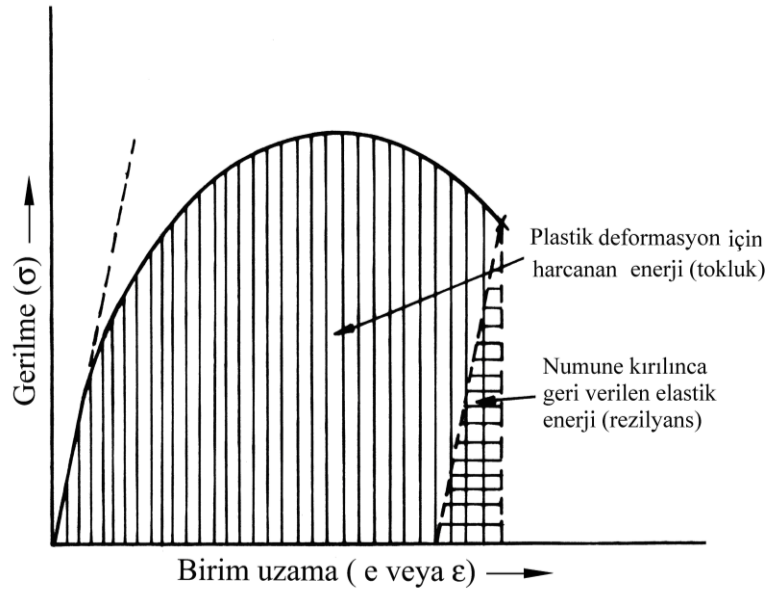


(a) Gevrek malzemenin kırılması (büzülme yok) (b) Sünek malzemenin kırılması (büzülme var)

Şekil 5. Gevrek ve sünek malzemelerin kırılma şekilleri.

g) Rezilyans: Malzemenin yalnız elastik şekil değiştirmesi için harcanan enerji veya elastik şekil değiştirme sırasında malzemenin depoladığı enerji demektir. Bu enerji, gerilme (σ)-birim uzama (ϵ) eğrisinin elastik kısmının altında kalan alan ($\frac{\sigma_{el} \cdot \epsilon_{el}}{2}$) ile belirlenir ve numune kırılınca geri verilir, Şekil 6.

h) Tokluk: Malzemenin birim hacmi başına düşen plastik şekil değiştirme enerjisi olarak tanımlanır ve malzemenin kırılincaya kadar enerji depolama veya soğurma yeteneğini gösterir. Tokluk, genellikle σ - ϵ eğrisinin altında kalan alanın ($\int_0^{\epsilon_k} \sigma \cdot d\epsilon$) hesaplanması ile bulunur. Bu formüldeki ϵ_k malzemede kırılincaya kadar meydana gelen en yüksek veya toplam birim şekil değiştirme miktarıdır. Tokluğun gerilme-birim uzama eğrisi yardımıyla belirlenişi Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Gerilme-birim uzama eğrisi yardımıyla şekil değiştirme enerjilerinin (rezilyans ve tokluk) belirlenmesi.

3. Deneyin Yapılışı

Bu deneyde ısıtılma elverişli orta karbonlu alaşımsız veya alaşımlı çelikler kullanılır. Söz konusu çeliklerden alınan parçalar yumuşatma tavı, normalizasyon, su verme sertleştirilmesi ve menevişleme işlemlerine tabi tutulur. Bu işlemlerden sonra bu parçaların sertlikleri ölçülür. Daha sonra söz konusu parçalardan talaşlı işleme ilgili standartlara uygun çekme numuneleri hazırlanır. Hazırlanan çekme numuneleri çekme deneyine tabi tutularak bunların mukavemet ve süneklik değerleri ölçülür. Elde edilen değerler karşılaştırılarak ısıtılma işleminin bu malzemelerin mekanik özelliklerine etkileri belirlenir.

4. Ölçümler ve Deney Sonuçları

Her bir deney için aşağıdaki örnekte gösterildiği gibi önce ölçümler yapılır ve daha sonra formüller yardımıyla sonuçlar elde edilir.

Malzeme adı: Orta karbonlu alaşımsız çelik

Isıl işlem durumu: Normalize edilmiş

Sertlik: 220–225 BSD

Ölçümler

Numune çapı (d_0) = 10 mm

Ölçü uzunluğu (l_0) = 50 mm

Akma kuvveti (F_a) = 42500 N

En yüksek çekme kuvveti (F_{maks}) = 62000 N

Son boy (l_k) = 63,2 mm

Son çap (d_k) = 7,8 mm

İlk kesit alanı (A_0) = 78,5 mm²

Son kesit alanı (A_k) = 47,8 mm²

Sonuçlar

Akma dayanımı (σ_a) = $F_a/A_0 = 541,4$ MPa

Çekme dayanımı (σ_σ) = $F_{maks}/A_0 = 789,8$ MPa

Kopma uzaması (%) = $\frac{\Delta l}{l_0} \times 100 = 26,4$

Kopma büzülmesi (%) = $\frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100 = 39,1$

5. Değerlendirme

Bu bölümde, farklı ısıtılma işlemlerine tabi tutulmuş numunelerden elde edilen deney sonuçları karşılaştırılarak irdelenir. Başka bir deyişle elde edilen sonuçlar arasındaki farklar ısıtılma işlem sonucunda malzemede meydana gelen yapısal değişimlere dayandırılarak açıklanır. Sonuçta ısıtılma işlemlerinin çeliklerin mekanik özelliklerine etkileri ortaya konulmaya çalışılır. Örneğin normalize edilen çelik yumuşatma tavına tabi tutulduğunda sertlik ve mukavemeti azalırken, kopma uzaması ve kopma büzülmesi değerleri artar. Aynı çelik su verilerek sertleştirildiğinde sertlik ve mukavemeti büyük ölçüde artarken, süneklik değerleri önemli ölçüde azalır. Başka bir deyişle çelik gevrekleşir. Bu tür yapısal değişimlerle ilgili bilgiler aşağıda verilen kaynaklarda geniş biçimde yer almaktadır. Elde

edilen sonuçlara bakılarak üretilen bir parçaya uygulanması gereken en uygun ısıl işlemin ne olması gerektiği ortaya konulabilir.

6. Sonuçlar

Bu bölümde elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda çıkarılan genel sonuçlar verilir. Aşağıda bunlarla ilgili iki örnek verilmiştir.

1. Normalize edilen çelik yumuşatma tavına tabi tutulduğunda sertlik ve mukavemeti azalırken, kopma uzaması ve kopma büzülmesi değerleri artar.
2. Su verilerek sertleştirilen çelik menevişleme işlemine tabi tutulduğunda mukavemetinde azalma, sünekliğinde ise artma meydana gelir.

7. Kaynaklar

1. T. Savaşkan: Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Akademi Ltd. Şti. Yayınları, No:15, Trabzon, 2004.
2. TS 138 EN 10002-1: Metalik Malzemeler-Çekme Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 2004.
3. W. F. Smith: Principles of Materials Science and Engineering, McGraw-Hill, Inc., New York, USA, 1996.
4. E. S. Kayalı, C. Ensari ve F. Dikeç: Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İTÜ Kütüphanesi, sayı: 1262, İstanbul, 1990.