

T. C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ DENEYLER 1
TAHRİBATLI MALZEME MUAYENESİ
(Çekme Deneyi)

ÖĞRENCİ NO:
ADI SOYADI:

DENEY SORUMLUSU: ÖĞR. GÖR. ZEKİ AZAKLI
DEĞERLENDİRME:

GÜMÜŞHANE-2012

TAHRİBATLI MALZEME MUAYENESİ

Her türlü kostrüksiyonda ve her türlü makina-alet yapımında en önemli konu malzeme seçimidir. Malzeme seçimi ise, söz konusu makina veya kostrüksiyonun kullanma yerinin koşullarına göre yapılır. Malzemenin özellikleri bu koşullara uygun olmalıdır. Metalik malzemelerin çeşitli özellikleri aşağıda kısaca tanıtılmaktadır.

- Fiziksel özellikler*** : Boyut, şekil, yoğunluk, metalurjik yapı gibi.
- Kimyasal ve Elektro-kimyasal özellikler*** : Kimyasal bileşim, korozyon direnci gibi.
- Mekanik özellikler*** : Çeşitli sıcaklık ve kuvvet uygulandığında malzemenin mukavemeti (çekme, basma, kayma, darbe mukavemetleri vb.) rijitliği, elastikliği, sünekliği, kırılma direnci, sertliği ve aşınma direnci gibi.
- Isısal özellikler*** : Özgül ısı ve ısı ile genleşme değerleri, ısı iletkenliği gibi.
- Elektrik ve magnetik özellikler*** : Elektrik iletkenliği, magnetikliği gibi.
- Akustik özellikler*** : Sesi geçirmesi, sesi yutması ve sesi yansıtması.
- Opotik özellikler*** : Renk, ışığı yansıtması, ışığı geçirmesi veya ışığı yutması.

Yukarıda sıralanan özellikler arasında, mekanik özellikler mühendislik uygulamalarında daha yaygın olarak kullanılırlar. Malzeme ile yakından ilgilenen bütün mühendislik dalları, malzemeyi tanımak, mekanik özelliklerini tespit etmek, deney yapmak ve sonuçlarını yorumlamak zorundadırlar. Yine metalik malzemelerden yapılan her türlü alet ve eşyanın kalite kontrolü ve verimli bir şekilde seri üretimi ancak mekanik deneylerden yararlanılarak gerçekleştirilebilir.

Herhangi bir amaç için seçilen bir malzemenin, çalışacağı yerde görevini yapıp yapamayacağını anlamak veya malzemenin özelliklerini belirlemek için yapılan çeşitli deneylere malzeme muayenesi denir. Malzeme muayenesi tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri olarak ikiye ayrılır. Tahribatlı muayene; malzemelerin çekme, basma, eğilme vb kalıcı şekil değişikliklerine karşı göstereceği direnci ve dayanımı belirlemek için uygulanan muayene yöntemleridir. Tahribatsız muayeneler, malzemelerdeki iç bünye ve dış yüzey süreksizliklerinin, malzemenin fiziki yapısına zarar vermeden tespit edilmesini sağlar.

Metalik Malzemelerin Çekme deneyi

Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında esas tasarım bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklerine göre sınıflandırılmasını sağlamak amacıyla geniş çapta kullanılır. Çekme deneyi, standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla

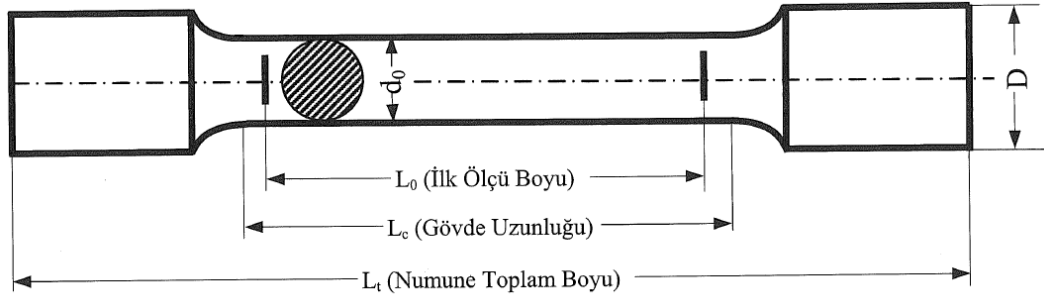
ve sabit sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilmesidir. Çekme deneyi sonucunda elde edilen veriler, doğrudan mühendislik hesaplarında kullanılır. Metal malzemelerin çoğunda bazı mekanik özellikleri ölçebilmek için EN 10002 standardında belirlenmiş kurallar içinde çekme deneyleri yapılır. Oda veya ortam sıcaklığı denen sıcaklıklardaki(+10 ile +35 °C arası) mukavemet değerlerinin ölçümü için EN 10002-1 standardı kullanılır.

Tablo 1. Metallerde çekme deneyi ile ölçülebilen başlıca mekanik özellikler

Malzeme Değeri		Sembol	Birim
Çekme Dayanımı		R_m	N/mm ² veya MPa
Akma Sınırları	Üst Akma Dayanımı (Üst Akma Sınırı)	R_{eH}	N/mm ² veya MPa
	Alt Akma Dayanımı (Alt Akma Sınırı)	R_{eL}	N/mm ² veya MPa
	% 0,2 Uzama Dayanımı (% 0,2 Uzama Sınırı)	$R_{p0,2}$	N/mm ² veya MPa
Kopma Uzaması		$A(e)$	%
Kopma Büzülmesi		Z	%
Üniform uzama		A_g	%
Elastisite Modülü		E	kN/mm ² veya GPa
Akma sınırı Uzaması		A_e	%

Çekme deneyinin yapılabilmesi için bir “Çekme Deneyi Makinası” ve özelliği ölçülecek malzemeden yapılmış “Numune (veya Deney parçası)” gereklidir. Numunelerin hangi şekle sahip olacakları da EN 10002-1 belirlemektedir.

Çekme deneyine tabi tutulacak numunelerin şekil ve boyutları standartlarda (EN 10002-1) belirtilmektedir. Şekil 1 ve tablo 2’de çapı 4 mm veya daha büyük olan tel, çubuk ve profil malzemelerin çekme deneyi numunesinin şekli ve ölçüleri verilmiştir. Bir çekme deneyinde kullanılan semboller Tablo 2’de detayları ile verilmiştir.



Şekil 1. Yuvarlak kesitli silindirik başlı çekme numunesi.

Tablo 2. Çapı 4 mm veya daha büyük daire kesitli çekme deneyi numunelerinin ölçüleri

Numune Çapı d_0 mm	Kesit Alanı S_0 mm ²	Ölçü Boyu $L_0 = 5d_0$ mm	Gövde Boyu L_c mm	Toplam Boy $L_t > L_c + 2d_0$ mm
$5 \pm 0,040$	19,6	$25 \pm 0,25$	≥ 28	> 38
$10 \pm 0,075$	78,5	$50 \pm 0,5$	≥ 55	> 75
$20 \pm 0,150$	314,0	$100 \pm 1,0$	≥ 110	> 150

Tablo 3. Çekme deneyi ile ilgili semboller ve açıklamaları

Sembol	BİRİM	AÇIKLAMA
σ	N/mm ²	Gerilme (genel anlamda normal gerilme)
a	mm	Yassı numunenin kalınlığı (veya boru et kalınlığı)
b	mm	Yassı numunenin gövde genişliği
B	mm	Yassı numunenin baş genişliği
d	mm	Daire kesitli numunenin gövde çapı
D	mm	Daire kesitli numunenin baş çapı (veya boru dış çapı)
L ₀	mm	Numune üzerine deney öncesi işaretlenen ilk ölçü boyu
L _U	mm	Kopmada işaretli çizgiler arasında kalan son ölçü boyu
ΔL	mm	Uzama: $\Delta L = L - L_0$, kopmada: $\Delta L_m = L_U - L_0$
ε *)	-	Uzama oranı: $\varepsilon = \Delta L / L_0$
100 ε	%	Birim uzama = $(\Delta L / L_0) \times 100$
L _C	mm	Gövde boyu
L _t	mm	Numunenin toplam uzunluğu
S ₀	mm ²	Gövdenin ilk kesit alanı
S _U	mm ²	Kopmada gövdenin büzüldüğü yerdeki en küçük kesit alanı
A	%	Kopma uzaması (orantılı kısa numunede: $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$) A = $(\Delta L_m / L_0) \times 100$, burada A $\equiv A_{5,65}$ alınmıştır.
A _{11,3}	%	Kopma uzaması (orantılı uzun numunede, yani yuvarlak çubuklarda $L_0 = 10d_0$ veya köşeli çubuklarda $L_0 = 11,3 \sqrt{S_0}$)
A _{50mm}	%	Kopma uzaması (ince sac numunelerde $L_0 = 50$ mm)
A _{80mm}	%	Kopma uzaması (ince sac uzun numunelerde $L_0 = 80$ mm)
A _e	%	Akma sınırı uzaması (belirgin akma sınırı olan numunelerde)
A _g	%	Üniform uzama (büzülme başlamadan önceki plastik uzama)
A _{gt}	%	Üniform toplam uzama (büzülme başlangıcından önceki uzama), $A_{gt} = A_g + A_e$
A _t	%	Kopmada toplam uzama: $A_t = \text{kopma uzaması} + A_e$
Z	%	Kopma büzülmesi: $Z = 100 \times (S_0 - S_U) / S_0$
R _m	MPa	Çekme dayanımı: $R_m = F_m / S_0$
R _{eH}	MPa	Üst akma sınırı: $R_{eH} = F_{eH} / S_0$
R _{eL}	MPa	Alt akma sınırı: $R_{eL} = F_{eL} / S_0$
R _{p0,2}	MPa	%0,2 uzama sınırı: $R_{p0,2} = F_{p0,2} / S_0$, (üst akma sınırı yerine)
μ	-	Poisson sayısı (veya çapraz kasılma). $\mu = \varepsilon_{enine} / \varepsilon_{boyuna}$
E	GPa	Elastisite modülü: $E = \text{tg } \alpha = \sigma_e / \varepsilon_e$
*) : "Uzama oranı" ε çoğunlukla "birim uzama" veya sadece "uzama" olarak adlandırılır ve (%) birimiyle ifade edilir. Yani $\varepsilon = (\Delta L / L_0) \times 100$ alınmaktadır.		

Çekme makinaları genelde çok maksatlı (üniversal) makinalardır. Çekme deneyi yanında basma deneyi ve eğme deneyleri de yapabilirler. Hepsinde dijital veya analog kuvvet ölçüm göstergeleri yanında elektronik veya mekanik bağlantılı kuvvet-uzama diyagramı çizicileri vardır. Çekme deney makinaları numuneye uygulanan kuvveti ve numunenin kuvvet etkisi ile oluşan uzama miktarını kaydederler. Böylece *Kuvvet F(N)-Uzama ΔL (mm)* grafiği elde edilir. Daha sonra bu grafik gerilme σ (MPa) –birim uzama ε (%) diyagramlarına dönüştürülür.

Deneye başlamadan önce;

- Numune boyutları ölçülerek kayda geçilir (d ve S₀).
- İlk ölçü boyu L₀ numune üzerinde işaretlenir.

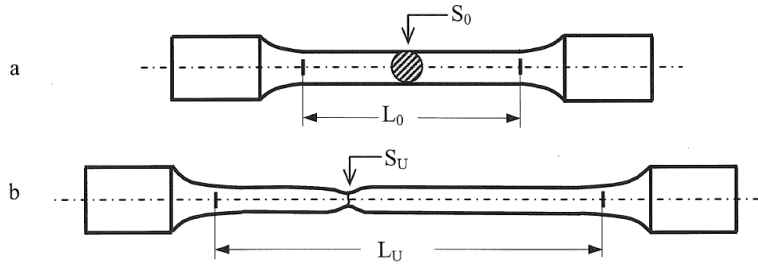
Çekme deneyi makinesinin çeneleri arasına düzgün ve ortalayacak bir şekilde sıkıştırılan çekme numunesi, belirli hızda numunenin eksenini yönünde kopana kadar çekilir.

Deney esnasında;

- Belirgin akma sınırı olan malzemelerde, kuvvet göstergesinin üst akma sınırı noktasında geriye doğru döndüğü noktaya dikkat edilmelidir. Buradaki kuvvet F_{eH} (F_{akma}) olarak kayda geçilir. Deney sonunda okunan F_m (F_{maks}) ile deney esnasında okunan F_{eH} çekme diyagramının gerilme ekseninin ölçeğini belirlemede kullanılır.

Deney sonunda;

- Kopma uzaması A değeri, numune koparıldıktan sonra kopan parçalar tekrar bir araya getirilip ilk ölçü boyunun işaretlendiği çizgiler arası ölçülerek hesaplanır.



Şekil 2. Bir çekme deneyi numunesi, a: deneyden önce, b:kırıldıktan sonra.

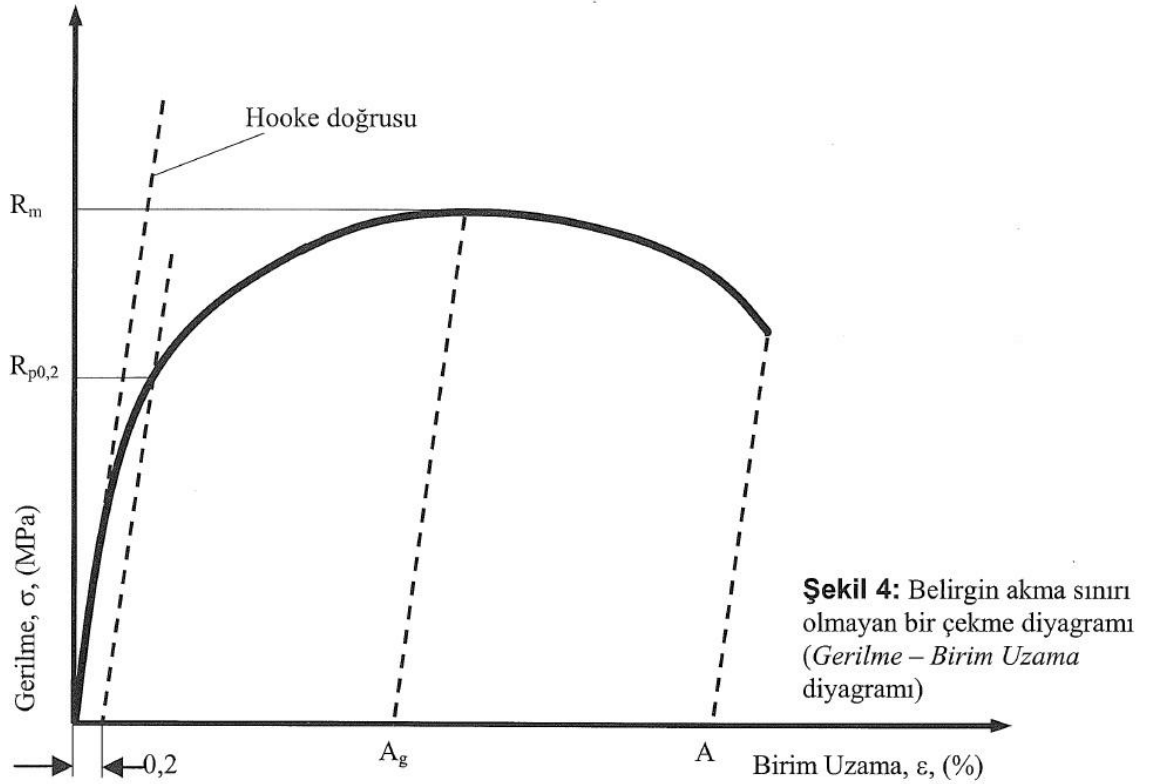
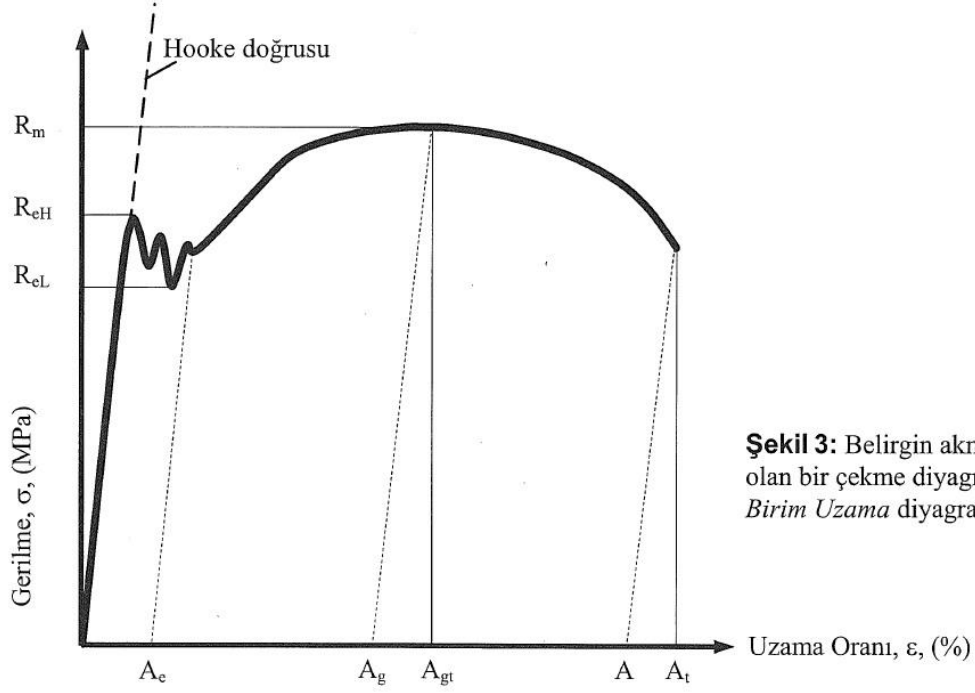
- Çekme dayanımı R_m , doğrudan makinenin kuvvet göstergesinden okunan en büyük çekme kuvveti F_m üzerinden $R_m = F_m/S_0$ şeklinde hesaplanarak bulunur. Çekme diyagramında en büyük çekme kuvveti F_m 'nin karşılığındaki gerilme çekme dayanımıdır.

Akma sınırı değerleri ise numuneye takılacak ekstensometreden takip edilir. Daha az hassas durumlarda ise deney sonunda çekme diyagramından ölçülerek de çıkarılabilir. Akma sınırı değerlerinden belirgin akma sınırı olan malzemelerde (herhangi bir şekilde soğuk şekillendirilmemiş olan alaşımsız veya az alaşımlı çeliklerde belirgin akma sınırı vardır, Şekil 3) üst akma sınırı (veya üst akma dayanımı) R_{eH} ve belirgin akma sınırı olmayan malzemelerde ise % 0,2 uzama sınır (veya % 0,2 uzama dayanımı) $R_{p0,2}$ önemlidir, Şekil 4.

- Kopma Büzülmesi Z değeri de kopma uzaması gibi koparma işleminden sonra numune üzerinde kopmanın olduğu yerdeki en dar kesit (S_U) ölçülerek hesaplanır: $Z(\%) = (S_0 - S_U)/S_0 \times 100$, Şekil 2.

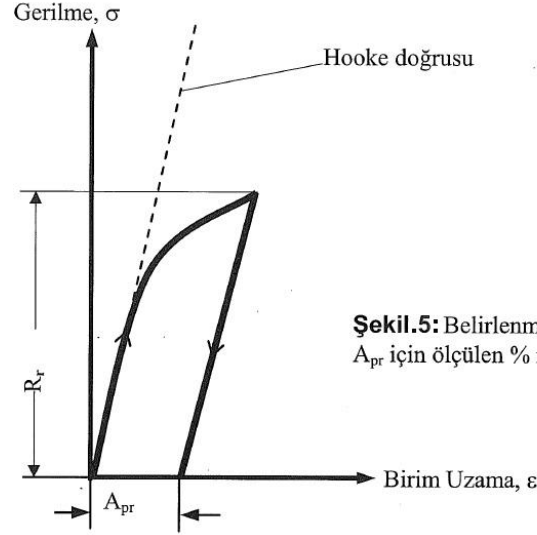
- Üniform uzama A_g 'nin ve Akma Sınırı Uzaması A_e 'nin bulunması da çekme diyagramı üzerinden yapılabilir. Akma sınırı uzamasının belirlenmesinde, Şekil 3'de gösterildiği gibi belirgin akma sınırı zikzaklarının bittiği noktadan Hooke doğrusuna paralel inilmekte, yani orada da elastik uzama kastedilen ve A_e ile gösterilen akma sınırı uzaması bir kalıcı uzama olarak gösterilmektedir. Akma sınırı uzaması, belirgin akma sınırı uzun olan bazı yassı çeliklerde önemli olabilir.

- Elastisite Modülü E 'nin ölçümü de çekme diyagramı yardımıyla yapılabilir. Burada elastik bölge olan deneyin başlangıç bölümü (Hooke doğrusu) boyunca hassas olarak gerilme σ ve ona tekabül eden uzama oranı $\epsilon = \Delta L/L_0$ ekstensometre ile birkaç değerde ölçülür ve Hooke doğrusunun eğimi hesaplanır: $tg \alpha = E = \sigma_e / \epsilon_e$, Şekil 4.



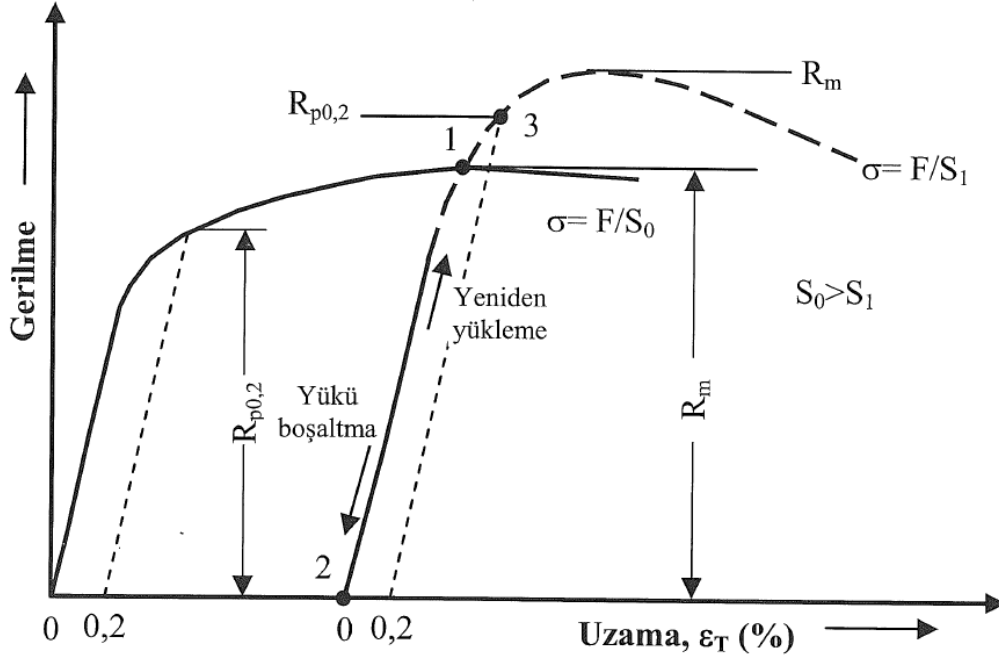
Çekme deneyi esnasında yapılan yükleme elastik bölgede (Hooke doğrusu) durdurulur ve yük kaldırılır ise uzama lastiklerde olduğu gibi başlangıç noktasına geri gider, kalıcı bir uzama görülmez. Bu tür uzamalara *elastik uzama* denir. Çekme eğrisi Hooke doğrusundan sağa doğru ayrılır ise malzemede bir kalıcı şekil değişimi, yani plastik bir uzama başlamıştır. Plastik bölgede deney durdurulur ve yük boşaltılır ise, uzamanın elastik kısmı geri gider,

plastik kısmı olan A_{pr} kalır. Numunenin üzerinde bu kalıcı uzamaya tekabül edecek bir de iç gerilme (artık gerilme) R_r kalmıştır, Şekil 5. Numunenin yerini bozmadan çekme makinesi yeni baştan çekiye yüklenecek olursa diyagram döndüğü yolu takip eder ve diyagramı tamamlar. Bu işlemle malzemeye esasen bir soğuk şekillendirme yapılmış ve malzeme pekleştirilmiştir. Malzemenin akma sınırı yükseltilmiştir. Buna karşılık kopma uzaması değeri numunenin ilk haline göre A_{pr} kadar daha küçük çıkacaktır.



Tablo 4. Çekme deneyinde ölçülen mukavemet değerlerinin hesaplanması

ÇEKME DENEYİ SONUNDA ÖLÇÜLEBİLEN DEĞERLER		
$F_m / S_0 = R_m$	(N/mm ²)	Çekme dayanımı
$F_{eH} / S_0 = R_{eH}$	(N/mm ²)	Üst akma sınırı
$F_{eL} / S_0 = R_{eL}$	(N/mm ²)	Alt akma sınırı
$F_{p0.2} / S_0 = R_{p0.2}$	(N/mm ²)	% 0,2 uzama sınırı
$L_U - L_0 = \Delta L_m$	(mm)	Kopmadaki ölçü boyu uzaması
$100 (\Delta L_m / L_0) = A$	(%)	Kopma uzaması
$100 (\Delta L_g / L_0) = A_g$	(%)	Üniform uzama
$S_0 - S_U = \Delta S$	(mm ²)	Kopmadaki kesit daralması
$100 (\Delta S / S_0) = Z$	(%)	Kopma büzülmesi
$F_e / S_0 / \Delta L_e / L_0 = E$	kN/mm ²	Elastisite modülü



Şekil 11.11: Pekleşmenin malzemenin mekanik değerleri üzerine etkisi

Malzeme belli bir miktar soğuk şekillendirildikten sonra (1-2) yük kaldırılırsa ve daha sonra tekrar malzeme çekilirse normalde göstereceği akmanın üzerinde bir değerde akar (3). Bunun sebebi pekleşmedir. Ama sıcak şekillendirilmiş olsaydı, pekleşme pek olmayacağı için akma sınırında bu kadar büyük artışlar olmayacaktır. Bu sebeple çekme deneyi esnasında bu hususa dikkat edilmelidir.

Kaynaklar

1. Kayalı, E.S., Ensari, C. ve Dikeç, Feridun, Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İ.T.Ü. Kimya-Metalürji Fakültesi, İstanbul, 1990.
2. Yüksel, M. Ve Meran, C., Malzeme Bilgisine Giriş, Malzeme Bilimleri Serisi -Cilt 2, MMO yayını, yayın No: MMO/545, Ekim 2010.
3. Savaşkan, T., Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Trabzon, 2007.