

III — MALZEMELERİN NİTELİKLERİ

Yukarıda işaret ettiğimiz gibi, malzeme niteliklerinin bilinmesi (tıpkı doktorun hastasının bünyesini - yaşı, yıpranma derecesi, daha önce geçirmiş olduğu hastalıklar- bilmesi gibi), kaynak işleminin başarısının ilk koşuludur. Malzemelerin mekanik ve fiziksel nitelikleri, bir ürünün tasarımında bunların kullanılabilirliğini saptar. Bir kaynaklı konstrüksiyonun tasarımında başlıca önemi haiz nitelikler, çeşitli yüklemeler altında metalik malzemelerin davranışlarını gösterenler olmaktadır. Bu nitelikler deney laboratuvarlarında saptanıp buralarda, veri toplamak üzere, Standard yöntem ve donanım kullanılmaktadır.

Mekanik nitelikler

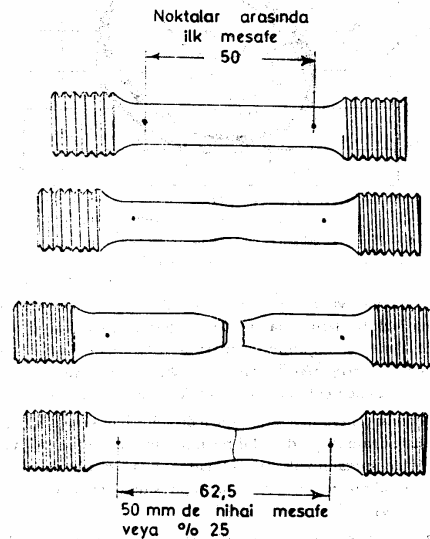
Metallerin mekanik nitelikleri, kuvvet uygulandığında, elastik ve elastik olmayan davranışları meydana çıkaranlardır. Bunlar :

- Maksimum çekme mukavemeti
- Akma mukavemeti
- Uzama
- Elastikiyet modülü
- Basma mukavemeti
- Makaslama mukavemeti
- Yorulma mukavemeti
- Darbe mukavemeti
- Sertlik'tir.

Yorulma ve darbe mukavemetleri dışında kalanların tümü, sabit, ya da statik yüklerin uygulamasıyla saptanır. Yorulma ve darbe, sırasıyla birbiri ardından darbeler halinde ve dinamik yüklerle saptanır.

Uzama nitelikleri

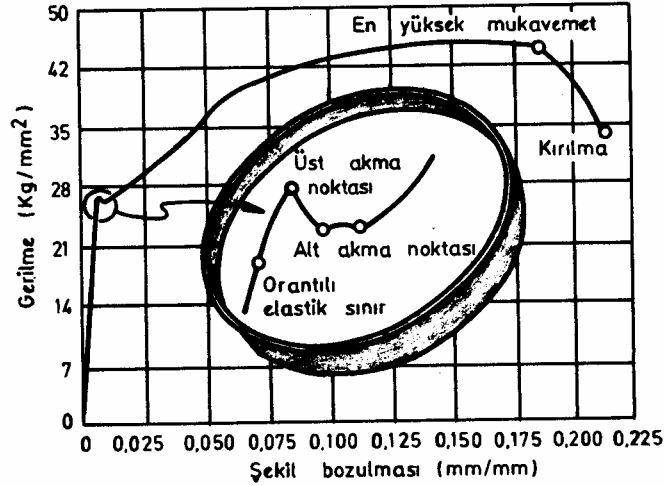
Standard çekme deneyinde işlenmiş ve pürüzsüz olarak nihaî ölçülerine getirilmiş metal deney çubuğuna, birbirinden 50 mm mesafede olan iki nokta vurulur (şek. 3). Çubuk bir çekme



Şek. 3 — Kopma deneyinden önce ve sonra, azami uzamayı gösteren çekme deney çubuğu.

deneyi makinasına konur ve üst çene yavaş ve sabit bir hızla yukarı kaldırılmak suretiyle bir aksenel yük uygulanır; bu sırada alt çene hareketsiz kalır.

Çekme eylemi ilerledikçe deney çubuğu, yük ya da çekme artmasıyla orantılı olarak bir üniform (tekdüze) tempoda uzar. Deneyin başlangıcında yükün geyç işaretleri içinde enine kesit alanına bölünmesiyle elde edilen değer, malzemenin çekme kuvvetine mukavemetini, ya da birim gerilmeyi temsil eder. (σ) gerilmesi, kg/mm^2 olarak ifade edilir. Deney çubuğunun uzaması, malzemede hasıl Olan (ϵ) şekil bozulması (strain)ı temsil edip milimetre uzunluk başına milimetre (mm/mm) ile ifade edilir. Gerilme ile şekil bozulması şek. 4'deki diyagramda basitleştirilmiş olarak görülür.



Şek. 4 — Yumuşak çelik için bir gerilme - şekil bozulması diyagramı. Eğrinin kritik bölümü büyüteç altında görülür.

Yükün uzamaya, ya da gerilmenin şekil bozulmasına orantılı ilişkisi, uzamanın daha hızlı bir tempoyla artmaya başladığı bir noktaya kadar devam eder. Ötesinde, deney çubuğunun uzamasının artık yükle orantılı olmadığı bu nokta, malzemenin *orantılı elastik sınır*dir. Yük, bu noktaya varılmadan önce kaldırılacak olursa deney çubuğu ilk uzunluk ve çapına döner.

Deney makinası çenesinin elastik sınırın ötesinde hareketi, deney çubuğunun bir sürekli (kalıcı) uzaması ya da şekil bozulmasını hasıl eder. Alçak veya orta karbonlu çeliklerde, metalin yük artışı olmadan, az miktarda uzadığı bir noktaya varılır ki burası akma noktasıdır. Akma noktasında birim gerilme, malzemenin (σ_y) *akma gerilmesi* olarak kabul edilir.

Malzemenin elastik sınırının ötesinde, çekmenin sürdürülmesi halinde deney parçasının çapı büzülür. Bu olayı aksenel uzamanın daha da hızlanması takibeder ve uzama, işte bu göreceli olarak kısa büzülmüş kesite inhisar eder.

Çekme, sonunda, bir maksimum değere varır ve sonra hızla düşer ve bu arada deney parçası, kırılmanın vaki olmasından önce, çok az ek uzamaya uğrar. Maksimum çekme yükü, kg olarak, mm^2 olarak ilk enine kesite bölündüğünde, malzemenin en üst (σ_u) faj çekme mukavemetini verir.

Süneklik ve elastikiyet

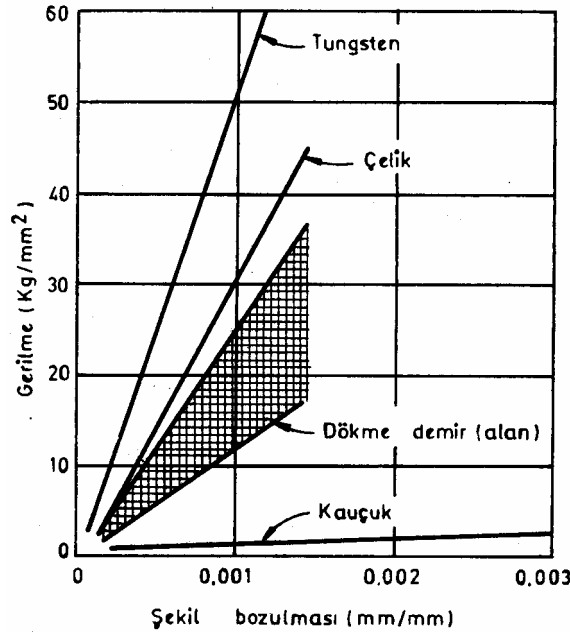
Kırılmış deney çubuğunun iki yarımı, mümkün olduğu kadar birbirlerine yakın olacak gibi bitleştirilir ve vurulmuş bulunan iki noktanın bu kez meydana gelmiş mesafesi ölçülür. Uzunluk artışı, deney çubuğunun 50 mm'de *uzama'sını* verir ve genellikle bir yüzde şeklinde ifade edilir. Kırılma noktasında çap ölçülür ve alanı hesaplanır. İlk alandan azalma miktarı hesaplanır. Alan azalması bir yüzde olarak ifade edilir. Hem uzama yüzdesi, hem de alan azalmasının, *süneklik'in* ölçüleri olmaktadır.

Konstrüksiyon elementlerinin tasarımında yükleme gerilmelerinin elastik alanda kalması esastır. Malzemenin akma mukavemetine çok yakın olan elastik sınır aşılabacak olursa, plastik akış dolayısıyla sürekli şekil değiştirme meydana gelir. Bu durumda malzeme şekil bozulma sertleşmesine uğrar ve bundan dolayı da daha yüksek bir fiilî elastik sınır ve daha yüksek bir akma mukavemetini haiz olur.

Aynı bir gerilme altında malzemeler farklı olarak uzarlar. Bir malzemenin (*E*) *elastikiyet modülü*, onun bir başka malzemeyle katılığının kıyaslanmasını basitleştirir. Bu nitelik, elastik alan içinde gerilimin şekil bozulmasına oranıdır.

$$\frac{\text{gerilme } \sigma}{\text{şekilbozulması } \varepsilon} = E, \text{ elastikiyet modülü}$$

Bir gerilme - şekil bozulma diyagramında elastikiyet modülü, eğrinin, gerilmenin şekil bozulmasıyla doğruca orantılı olduğu yerde, doğru kısmıyla temsil edilir. Eğri ne denli dik olursa, elastikiyet modülü o denli yüksek ve malzeme o denli katı olur (şek. 5'e bkz.).



Şek. 5 — Birkaç malzemenin elastik sınır içinde tipik gerilme - şekil bozulma eğrileri.

Çelikler genellikle yaklaşık 2.100 kg/mm^2 'lik bir elastikiyet modülünü haizdirler.

Basma mukavemeti

Genel tasarım uygulamasında çeliğin basmaya mukavemetinin, kopma mukavemetine eşit olduğu kabul edilir. Bazı rijid dizayn Hesaplarında da, yüklemenin basma olmasına rağmen malzemenin çekme elastikiyet modülü kullanılır.

Aslında çeliğin gerçek *en yüksek basma mukavemeti*, en yüksek çekme mukavemetinden biraz daha büyüktür. Basmaya dayanma değerlerindeki değişimler özellikle çeliğin imal koşullarına bağlıdır. Bir tavlanmış çeliğin basma mukavemeti, çekme mukavemetine yakinken bu yakınlık bir soğuk işlenmiş çelikte daha az olur. Dökme demirlerle demir-dışı metallerde basma ve çekme mukavemetleri arasındaki farklar daha da büyük olur.

Basma deneyi, çekme deneyine benzer şekilde yürütülür. Bir kısa numune basmaya yüklenir ve ezilme vaki olduğunda azami (en yüksek) basma mukavemetine erişilmiş olur.

Makaslama mukavemeti

Bir malzemenin makaslama mukavemetini saptayan bir kabul edilmiş standart deney yöntemi yoktur. İyi ki konstrüksiyon elementlerinde saf makaslama yüküne rastlanmaz, ancak makaslama gerilmeleri sık sık başlıca gerilmelerin ya da yanal kuvvetlerin uygulanmasının bir yan ürünü olarak gelişirler.

En yüksek makaslama mukavemeti (T), genellikle bir zımba - matris (dişi) tertibinde metalin makaslanmasıyla elde edilir; bunun için uniform hızlı, yavaş hareketli bir pres tezgâhı kullanılır. Zımbalamak için gerekli azami yük gözlenip buradan maksimum (en yüksek) makaslama mukavemeti hesaplanır.

Bu, genellikle yorucu bir yöntem olduğundan, çelik konstrüksiyonların çoğunda en yüksek makaslama mukavemeti olarak en yüksek çekme mukavemetinin 3/4'ü alınır.

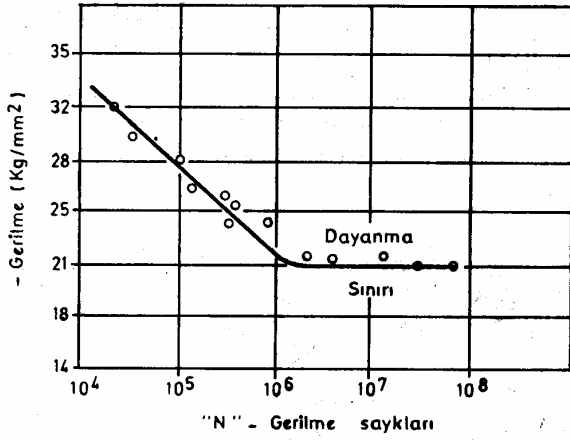
Yorulma

Bir konstrüksiyon elementinin üzerinde yükün sürekli olarak değiştiği, göreceli olarak yüksek frekansla tekrar edildiği ya da her uygulanma devresinde (cycle) gerilmelerin tam bir ters dönüşünü hasıl ettiği hallerde hesaplarda malzemenin yorulma mukavemeti, onun en yüksek çekme mukavemetinin yerini alacaktır.

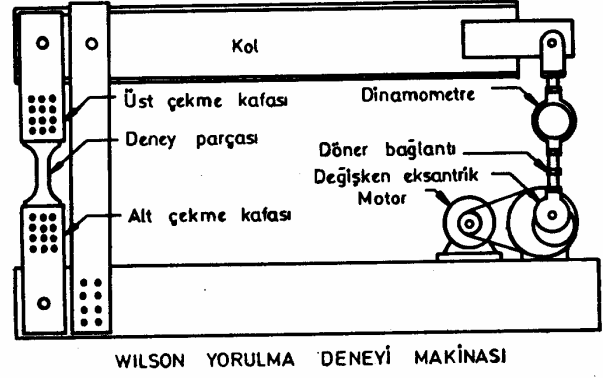
Ağır yük altında, değişken ya da yorulma türü yüklemeler, devre (cycle-saykl) sayısı arttıkça, malzemenin fiilî en yüksek mukavemetini azaltır. Belli bir yüksek gerilmede malzeme, "N" işlem devresi (sayklı) olarak ifade edilen belli bir çalışma ömrünü haiz olur.

Birbirinin; eşi bir seri numune, birim gerilme olarak ifade edilmiş bir özgül yük altında denenmiş ve absiste, kırılmadan önceki saykl sayısı, ordonatta da birim gerilme olmak üzere 0 - N diyagram çizilmiştir (şek. 6).

Dayanma sınırı, malzemenin bir sınırsız çalışma ömrü için tabi tutabileceği azami gerilmedir. Her ne kadar standartlar çeşidi element tipleri ve. değişik endüstriler için farklı ise de, belli bir, yükün birkaç milyon alternatif gerilme için taşınması, yükün sınırsız bir süre içinde taşınabileceğini gösterir. Kuramsal olarak, deney numunesi üzerindeki yük (şek. 7), bahis konusu element üzerindeki yükle aynı tipte olacaktır.



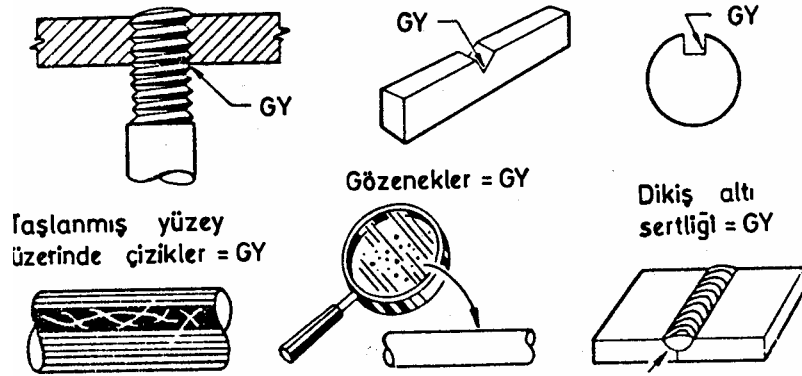
Şek. 6 — σ - N diyagramı.



Şek. 7 — Yorulma deneyi için alternatif eksenel gerilmeli tipik makina.

Elementin geometrisi dolayısıyla, yerel yüksek gerilme yoğunlaşma alanlarının varlığı ile malzemenin koşulunun gerçek yorulma mukavemeti üzerinde önemli etkisi bulunup deney parçası olarak en güvenilir bilgi, elementin ya da bunun kesitinin prototiplerinden elde edilir.

Yerel yüksek gerilme yoğunlaşması alanları, gerilme yükselticileri (GY) tarafından hasıl edilir. Bunlar çentikler, oluklar, çatlaklar, âlet çizikleri, yivler, keskin iç köşeler veya herhangi bir ahi kesit değişmeleridir (şek. 8). Gerilme yükselticileri bir elementin yorulma ömrünü şiddetli şekilde azaltabilir.

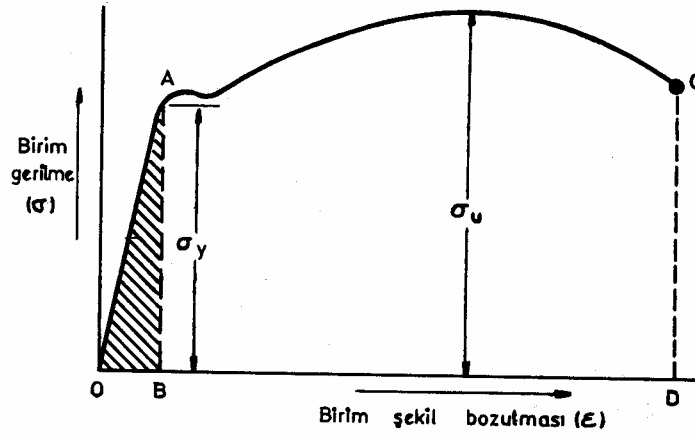


Şek. 8 — Yorulma mukavemetini azaltan gerilme yükseltici (GY) örnekleri.

Darbe mukavemeti

Darbe mukavemeti, bir metalin, elemente hızla uygulanmış bir yükün enerjisini masnetme (özümseme) kabiliyetidir. Bir metalin, statik yük altında iyi bir çekme mukavemeti ile iyi bir sünekliği haiz olması, yüksek hızla uygulanan darbeye kırılmasına engel değildir.

Malzemenin darbe yüklemesine mukavemetini gösteren en önemli iki niteliği gerilme - şekil bozulması diyagramından (şek. 9) elde edilir. Bunların ilki, malzemenin, elastik sınır veya akma noktasını geçen bir gerilmeye tabi tutulmadığı zaman enerjini ne kadar iyi özümsemediği (absorbe ettiği - massettiği)nin bir ölçüsü olan (u) *rezilyans (yaylanma) modülü* olup malzemenin darbe yüklemesinden dolayı şekil değiştirmeye mukavemetini gösterir. (u) rezilyans modülü gerilme - şekil bozulması eğrisinin altında OBA üçgen alanı olup üçgenin tepesi elastik sınırdır. Kolaylık



Şekil 9 — Rezilyans modülü ile tokluğu en yüksek enerji mukavemeti olarak saptamak için gerilme - şekil bozulması diyagramı.

açısından (σ_y) akma mukavemetini dik üçgenin yüksekliği, ve hasıl olmuş (ϵ_y) şekil bozulmasını da bunun kaidesi olarak alalım. Bu takdirde

$$u = \frac{\sigma_y \epsilon_y}{2} \quad E = \frac{\sigma_y}{\epsilon_y} \quad \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad u = \frac{\sigma_y^2}{2E} \quad \text{olur. Burada}$$

E = elastik modülü,

σ_y = akma mukavemeti,

ϵ_y = akma şekil bozulması,

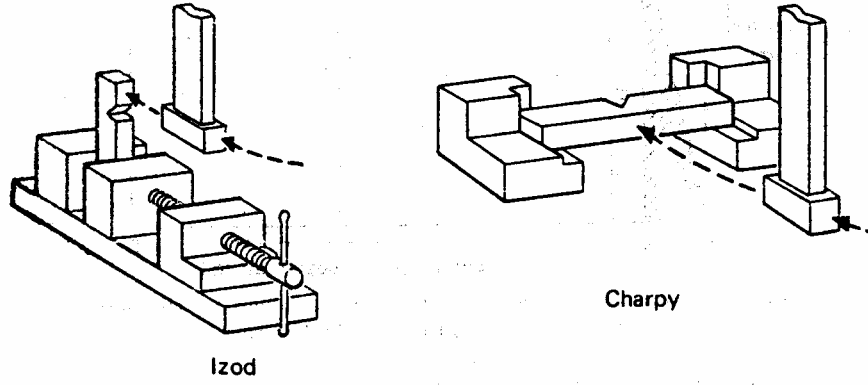
u = rezilyans modülü'dür.

Enerjinin özümsemesi gerçekte bir hacimsel nitelik olduğundan, rezilyans modülü kg. cm/cm^2 olarak ifade edilir.

Darbe yüklemesinin malzemenin elastik sınırını (veya akma mukavemetini) aşması halinde malzemenin rezilyansı yerine tokluğu bahis konusu olur. Metalin darbe yüklemesi altında kırılmaya dayanma kabiliyeti olan tokluk, *en yüksek enerji mukavemeti* (u_u) ile gösterilir. Bu, malzemenin enerjiiyi, kırılmadan ne denli iyi özümsemediğinin bir ölçüsü olmaktadır. En yüksek enerji mukavemeti (u_u) gerilme - şekil bozulması eğrisinin altındaki toplam OACD alanıdır.

Metallerin darbe mukavemetini saptamak üzere geliştirilmiş deneyler çoğu kez yanlış yola götüren sonuçlar vermektedir. Az çok bütün deneyler çentikli numuneler üzerinde yapılır. Bu tür deneyler çentik tokluğunu (çentik darbe mukavemetini) ifade eden sonuçlar verirler. İki standard deney Izod ve Charpy deneyleridir. Bu *çentik darbe mukavemeti* deneylerinde deney parçası bir örse sıkıştırılır ve bir ağır pandül bir standart yükseklikten salınarak parçaya çarpar. Charpy deneyinde darbe, çentiğin mukabil tarafında olur (şek. 10).

Deney makinası, deney parçasını kırmak için gerekli enerji miktarını kg.cm olarak vermektedir. Bazı çelikler düşük sıcaklıklarda önemli çentik darbe mukavemeti kaybına uğramaktadır, bu nedenle deneyler değişik sıcaklıklarda yapılmaktadır.



Şek. 10 — Izod ve Charpy (ISO-V) deneylerinin şematik gösterilişi.

Sertlik

Sertlik, metalik malzemenin berelenme ya da nüfuz edilmeye mukavemet kabiliyetidir. Alışıl gelmiş iki sertlik ölçme yöntemi Brinell ve Rockwell yöntemleridir (bunların tahvil cetveli Ek'lerde verilmiştir). Her iki yöntem, sırasıyla bir sert küre (bilya) veya bir elmas uçlu penetrometre kullanır. Bu penetrometre malzemeye bir Standard yük altında uygulanır, yük kaldırılır ve nüfuz etme miktarı (penetrasyon) ölçülür. Bu miktara bir sayısal değer verilir. Bir başka yöntem de Shore Skleroskopu olup bunda, belli bir mesafeden düşen bir elmas uçlu çekicin geri sıçrama yüksekliği ölçülür. Malzeme ne kadar sert ise, geri sıçrama daha yüksek olur. Poldi çekici bu prensibe dayanmakla birlikte bunların ölçü hassasiyeti fazla değildir. Yine elmas uçlu penetrometre prensibine göre değer veren Vickers sertlik deneyini de zikrederim.