

1. METALLER ÜZERİNE GENELLEMELER

I - MADDE

Madde, üç şekil altında karşımıza çıkar: *Gaz halinde* :Hava - buhar - gaz, *Sıvı halde* : Su - cıva - ergimiş metal, *Katı halde* : Buz - bir metal vb.

Devam etmeden önce kaynakçının, hangi metal üzerinde çalışırsa çalışsın, her an maddenin bu üç haliyle aynı zamanda karşı karşıya olduğuna dikkati çekelim: Kaynak yerinin çevresindeki gazlar (hava, koruma gazları), ergime banyosu ve katı halini koruyan ana metal bölümü. Bu nedenle bu üç halin "iç yüzünü" bilmek, kaynakçıya başarısında yardımcı olur.

Bu üç halin herhangi birinde madde, *moleküller* adı verilen çok küçük tanecikler topluluğundan oluşur; bu moleküllerin kendileri de basit, bölünemez taneciklerin, *atomları* bir araya gelmesinden oluşur.

Doğada bulunan element sayısı 100 civarında olup bunlar kimyasal simgelerle gösterilirler. Aşağıdaki tabloda başlıca metallere kaynakçıyı ilgilendiren bazı elementlerin simge ve fiziksel nitelikleri verilmiştir.

ATOM

Atom, bir elementin en küçük kısmıdır. Ama bu kısım, bu cismin bütün fiziksel ve kimyasal niteliklerini haizdir. Bunun boyutu hakkında bir fikir vermek için şöyle diyelim: 1 mm. uzunluk elde etmek için 5 ile 10 milyon atomu yan yana dizmek gerekir!...

Bu arada, görüyoruz ki atom, yoğun bir kitle oluşturmamakta, kendisi de birbirinden nispeten çok uzakta bulunan daha da küçük taneciklerden meydana gelmiştir. Örneğin, magnezyum atomlarını, bu küçük tanecikler arasında boşluk kalmayacak şekilde sıkıştırarak olursak, bunun 1 mm³'ü yaklaşık 100.000 ton gelir! Bu hesap, maddenin ne denli "boşlukla dolu" olduğunu gösterir.

MOLEKÜL

Atomlar, maddenin içinde genellikle serbest değildirler. Bunlar ya aynı cinsten, ya da farklı cinsten atom grupları halinde birleşmişlerdir. Bu atom grupları molekülleri oluşturur. Moleküller, bu cisimlerin bütün niteliklerine sahip en küçük bileşik cisim tanecikleridirler. Aynı cinsten atomların bir araya gelmesine örnek olarak H₂ (2 hidrojen atomu) moleküllerinden oluşmuş hidrojen gazını sayalım.

Buna karşılık su molekülü, 2 hidrojen atomuyla 1 oksijen atomundan, yani H₂O oluşmuştur.

Hidrojen ya da oksijen, bunların birleşmesinden doğmuş olan suyunkilerden farklı niteliklere sahip gazlardır.

ELEMENTLER	SIMGE	ÖZGÜL AĞIRLIK gr / cm ³	ERGİME NOKTASI °C	KAYNAMA NOKTASI °C
Metaller				
Aluminyum	Al	2,70	659,7	1800
Antimuan	Sb	6,68	630	1380
Gümüş	Ag	10,5	960	1950
Berylyum	Be	1,85	1350	1530
Bor	B	2,3 (1,73)	2300	2550
Amorf)				
Kadmiyum	Cd	8,65	321	767
Krom	Cr	7,1	1615	2200
Kobalt	Co	8,9	1480	3000
Bakır	Cu	8,93	1083	2300
Kalay	Sn	7,3	232	2260
Demir	Fe	7,85	1535	3000
Magnezyum	Mg	1,74	651	1110
Manganez	Mn	7,2	1260	1900
Cıva	Hg	13,55	-39,89	356,9
Molibden	Mo	10,2	2620	3700
Nikel	Ni	8,9	1455	2900
Niobyum	Nb	8,55	2500	3700
(Kolombiyum)	(Cb)			
Altın	Au	19,3	1063	2600
Platin	Pt	21,37	1773	4300
Kurşun	Pb	11,35	327	1620
Titanyum	Ti	4,5	1800	3000
Tungsten (Wolfram)	W	19,3	3370	5900
Vanadyum	V	5,87	1720	3000
Çinko	Zn	7,14	419	907
Zirkonyum	Zr	6,4	1900	2900
Sarı Elementler				
Azot	N	1,25 g/l	-210	-196
Argon	A	1,78 g/l	-189	-186
Karbon	C	1,88-2,25	3500	4200
Hidrojen	H	0,09 g/l	-259	-253
Oksijen	O	1,43 g/l	-218	-183
Fosfor	P	1,82-2,20	44	280
Silisyum	Si	(Sarı) 2,4	1420	2600
Kükürt	S	(Kırmızı) 2,07-1,96	112-119	445

Kaynakçının, çelik ve dökme demir türlerinin kaynağında hep karşısına çıkan demir karbürü, Fe₃C, moleküle bir başka örnektir. Bu molekül 3 demir atomu ile 1 karbon atomundan oluşur. Burada da birleşenlerin nitelikleri, meydana getirdikleri bileşimlerden hayli farklıdır.

Özetle:

Basit cisimler, birbirinin aynı olan atomların topluluğu olup *elementi* oluştururlar: Oksijen, karbon, demir.

Bileşik cisimler, aralarında kesinlikle belli oranlarda birleşmiş farklı atomların meydana getirdikleri yeni cisimlerdir: H₂O, Fe₃C.

KARIŞIM VE ERİYİKLER

İki ya da daha çok basit veya bileşik cisim karşı karşıya getirildiğinde, cisimlere, sıcaklık ve basınç koşullarına göre, İki şey meydana gelebilir:

—*Kimyasal reaksiyon*, yani atomların bileşimi hasıl olabilir ve bu takdirde bir veya daha çok yeni bileşik cisim ortaya çıkar. Bunların fiziksel ve kimyasal nitelikleri, bileşenlerinkilerden farklı olur. Örneğin, yanarken karbon oksidi ve su buharı veren oksijenle asetilen.

— *Karışım*, karşı karşıya gelmiş cisimler kimyasal reaksiyona girmeyince, hasıl olur. Unla şeker veya zeytinyağı ile su karıştırıldığında meydana gelen durum böyledir. Cisimlerden birinin öbürü içinde eriyebilmesi halinde bir *eriyik* elde edilir: Suyun İçinde şeker veya alkol içinde su.

Üç önemli açıklama karışım ve eriyikleri belirginleştirir.

1. Başlangıç bileşenleri kimyasal olarak bileşik değillerdir: Şekerli su eriyiği daima su ve şekerden oluşur.

2. Karşı karşıya getirilen cisimlerin oranları geniş sınırlar içinde isteğe bağlı olarak değiştirilebilir.

3. Tamamen fiziksel bir yolla (örneğin ergitme, buharlaştırma, santrifügasyon-savurma, elekten geçirme) başlangıç bileşenlerini geri almak mümkündür. Bu ise yeni cisimler doğurmuş bir kimyasal reaksiyon durumunda tamamen olanak dışıdır.

Örnek: Şekerli su buharlaştırılarak şeker ile su geri alınır.

1. Gaz halinde

Bu hal, her atom veya molekülün mekân İçinde serbestçe hareket edebilmesiyle belirgindir. Yani hiçbir kuvvet atom ya da molekülleri birbirlerine bağlamaz, atomlar her yönde gidip gelmede serbesttirler, bir arı oğlunun olduğu gibi.

2. Sıvı halde

Atom ya da molekülleri, elastik şekilde birbirlerine bağlayan bazı kuvvetler devreye girince, madde sıvı halde ortaya çıkar.

Sıvının İşgal ettiği hacim az çok sabit ise de bu hacmin şekli değişkendir. Bir litre su, yassı ya da silindirik kaba konsa, yine bir litre olarak kalır.

Sıvılarda atomlar birbirlerine çok daha yaklaşmış haldedirler. Bunlar, söylediğimiz gibi, belli bir hacmi işgal ederler ama bireysel hareket serbestliğini de muhafaza ederler. Bunları leblebilere benzetebiliriz. Bir sıvıda olduğu gibi belli bir hacim işgal ederler ve onları içeren kabın şeklini alırlar.

3. Katı halde

Yukarıda sözü edilen çekim kuvvetleri daha büyük olunca, madde katı olur; sadece mekânda sabit (değişmez) bir hacim işgal etmekle kalmaz, aynı zamanda şekli de sabit olur. Örneğin, bir buz parçası veya metal ingotu.

Amorf (şekilsiz) hal

Katı hal aynı zamanda, madde içinde atomlar birbirlerine göre aynı durumda olurlar, örneğin beton içinde kum taneleri gibi; bu durumlar (pozisyonlar) gelişi güzel ise atomlar düzensizlik halindedir ve madde amorf haldedir denir.

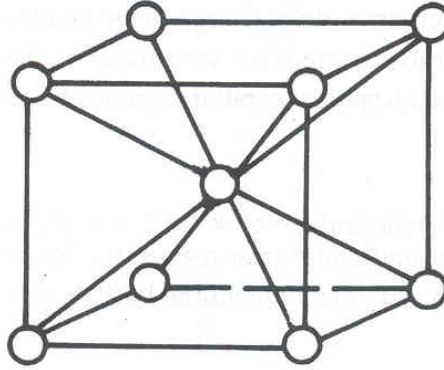
Kristalin (billursu) hal

Buna karşılık, her atomun öbür atomlara göre belli bir pozisyon işgal etmesi durumunda, atomlar cisim içinde düzenli olurlar; bu, *kristalin (billursu)* haldir. Metallerin çoğu, katı halde kristalleşmişlerdir.

Kristalleşme içyapısı

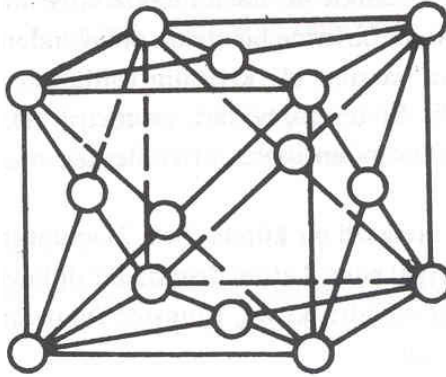
Bir katı cismi, özellikle bir metali tetkik ettiğimizde, yeni bir olgu gözleriz: Atomlar, birbirlerine bir sıvıda olduğundan daha fazla yakın değillerdir; buna karşılık bir kristalin (billursu) içyapı mucibince düzenlenmişlerdir. Bu içyapı, her biri, geometrik şekilde bir araya gelmiş belli sayıda atomdan İbaret kristallerden oluşmuştur.

Örnek olarak merkezli bir küpün (Şek.2) içyapısını sayalım. Bunda küpün 8 açısını işgal eden 8 atom dışında bir dokuzuncusu merkezde bulunur. Alfa (α) demiri, krom, tungsten (volfram), molibden, bu içyapıya sahiptirler.



Şekil 2

Bu ikinci örnek de merkezli yüzeyle küpüktür (Şek.3). Burada da küpün 8 açısının her birinde bir atom bulunur, fazladan da küpün her yüzünün ortasında bir atom vardır ve merkezdeki atom yok olur. Gamma (γ) demiri, bakır, gümüş, nikel, merkezli yüzeyle küpler halinde kristalleşen metallere örneklerdir.



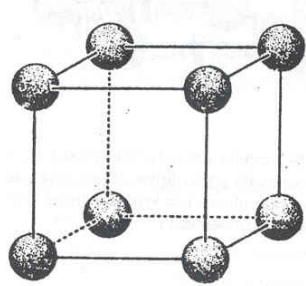
Şekil 3

Devam etmeden önce, daha sonra anlatacağımızın anlaşılması için önemli bir hususu şimdiden vurgulayalım: Demir, alfa demiri ve gamma demiri adı verilen iki billursu şekilde bulunabilme özelliğini arz eder.

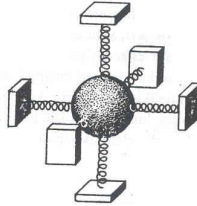
Gerçekten kristallografi, birçok sınıf ve gruba ayrılmış 7 sistem içerir, ama biz bu sınıflandırmaların ayrıntılarına girmeden, çok basit bir örneğe dayanarak, bizi ilgilendiren başlıca olguları izaha çalışacağız.

İlksel kristal örneği olarak, merkezde 9. atomu bulunmayan küpü (Şek.4) seçeceğiz. Küpün 8 açısını işgal etmeleri, her atomun komşuları üzerine çekim kuvvetleri icra nedeniyle olup mekanda bu tertip bütün bu kuvvetlerin denge halidir. Bu çekim kuvvetleri elektrostatik türdür. Biz şimdilik bu kuvvetleri ucunda bir küçük mıknatıs bulunan küçük yaylarla göstereceğiz. O halde her atom, özgü boyutlara sahip ve kendisinden belli yönlerde, bir yay ve bir mıknatısın çıktığı bir katı küre olacaktır (Şek.5). Tabii, mekânda "yaylar"ın başka simetrik dağılımlarını da düşünebiliriz. Bazı atomlar sadece 2 veya 4 veya daha fazla yayya sahip olabilirler.

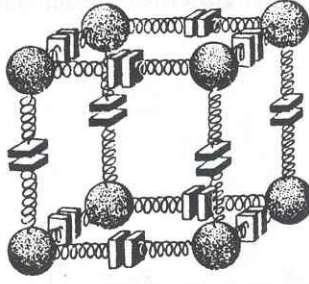
Bir an için dışa doğru olanları hesaba katmayarak bu küpü ele alacak olursak, şekil 6'da gösterilen durum elde edilir.



Şekil 4. Kübik şekilde ilksel kristal; atomlar küpün açılarını işgal ediyorlar.



Şekil 5. Bağlantı elektrostatik kuvvetlerin sembolik temsili ile atom



Şekil 6. Atomlar arasında elektrostatik kuvvetlerin sembolik gösterilişleriyle ilksel kristal (anlaşılabilirlik kazanılması için kristalin dışına yönelik kuvvetler çizilmiştir).

Bununla birlikte aşağıda, başka elementlerin ilâvesiyle bir metalin özelliklerinin nasıl değiştirilebileceğini göreceğiz.

Hal değişimi

Bir elementin nitelikleri hususunda yukarıda söylediklerimiz, sıcaklığın sabit kalması koşuluyla geçerlidir. Şimdi saf veya alaşımli bir metal üzerinde bir sıcaklık değişiminin etkisini görelim. Şekil 6'daki ilksel kristalimizi tekrar ele alıp onu ısıtacak olursak, neler görürüz?

Kıyaslama yoluyla çalışmaya devam edebiliriz ve herkes ısıtılmış bir metalin normal olarak tel haline gelebilecek gibi yumuşadığını bilir; bu itibarla sıcaklık arttıkça, atomlar arasındaki bağlantıları temsil eden küçük yaylar, gevşek teller haline gelene kadar kuvvetlerini kaybedeceklerdir. Küp çöker ama atomlar serbest değildirler zira mıknatısların kuvveti, zayıflamış olmakla birlikte, hala mevcuttur.

Sıvı hal

Bu takdirde, sıvı hale gelmiş olur. Atomlar kitle içinde serbestçe hareket edebilirler ama mıknatıslar hâlâ kuvvetlerini muhafaza ettiklerinden, atomlar mütemadiyen "oyun arkadaşları"ni değiştirirler, kap içindeki leblebiler gibi.

Gaz hali

Isıtmaya devam edecek olursak mıknatıslar manyetik alanlarını tamamen kaybederler. Artık hiçbir şey atomları birbirlerine bağlamaz; gaz haline gelmiştir.

Ancak bu hal değişimi biz kaynakçılar için önemli değildir.

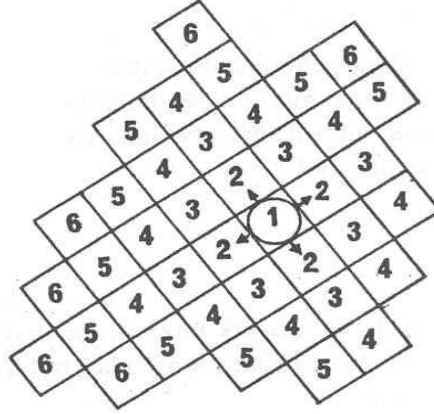
Soğuma ve katlaşma

Demin elde ettiğimiz sıvıyı tekrar ele aldığımızda, onu soğutacak olursak, nelerle karşılaşırız?

Belli bir sıcaklıkta yaylar yeniden gerilecek ve bu andan itibaren kristaller yeniden şekillenecektir.

Kristalleşmenin kesin süreci çok çapraşıktır. Bununla birlikte, birbirlerine bağlanan ve böylece bir ilksel kristal meydana getiren 8 atomun bir araya gelmesiyle, sıvı kitle içinde rastgele dağılmış belli sayıda ilksel küpün belli bir sıcaklıkta kendiliğinden oluşacağını farzedeceğiz.

Böylece oluşmuş kristallerden birini de alalım: Kristalin her atomunun serbest kalmış bağlantıları (Şek.5) sıvı içinde yeni serbest atomlar yakalayabilirler, ilksel küpün bütün yüzleri üzerinde, sonra da oluşmuş yeni küplerin yüzlerinde aynı anda veya birbiri ardından kristaller meydana gelecektir. Bu itibarla yatay düzlem üzerinde, ilksel küpün yüzlerinin birinden geçen bir kesit olacak aşağıdaki şekil (Şek.7) elde edilir.



Şekil 7. İlksel 1 kristalinin gelişmesiyle bir tanenin oluşumu.

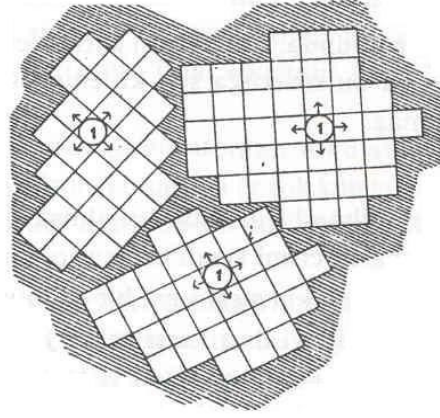
1 ile numaralanmış kare, ilksel küpün yüzlerinden biri olup bunun etrafında önce 2, sonra 3, sonra 4 ... kristalleri teşekkül etmiştir.

Taneler

Bir ilksel kristalden hareketle meydana gelmiş bu kristaller birikmesine tane denir.

Sıvı kitle içinde ilksel küplerin rastgele dağılmış bulduklarını, birbirlerine göre gelişigüzel pozisyonlarda olduklarını gördük. Bunun sonucu olarak, taneler birbirlerine değinceye kadar şiştiklerinde birbirlerine binişmeyecekler, basitçe yan yana geleceklerdir (Şek.8). Bu itibarla arada bir ilksel kristalinkinden aşağı boyutta küçük serbest alanlar kalacaktır. Bu alan, tane sınırı denen şey olup gerçekte pratik olarak, saflığı bozan maddeler veya baş elementin kristal şebekesinde yer bulamamış olan ilave elementler tarafından işgal edilecektir.

Bir metalden bir kesit, yeterli bir büyültmeyle mikroskopta tetkik edildiğinde, taneler ve hatta bazı hallerde, kristallerin çevresi, seçilebilir. Çevreler, kristalin örneğin kübik ya da altı köşeli olmasına rağmen, muntazam değildir.



Şekil 8.3 tanenin, gelişmelerin sonunda, şematik görünüşleri. Taranmış kısım, tanelerin sınırını temsil eder.

İlksel küpler ve bunun sonucu tanelerin, oluşmaları sırasında mekanda aynı yönlenmede olmadıkları kolayca görülür.

Soğuma hızı

Bir saf metal durumunda, sıvı halden katı hale dönüşüm belli bir sıcaklıkta olur, ama bu sıcaklığa sıvı kitlenin bütün noktalarında aynı anda varılamaz.

Bir cismin soğuyabilmesi için ondan ısı almak gerekir; buna çeşitli yollarla varılır: en basiti cismi kendi başına soğumaya terk etmektir. Bu soğuma, bir hava püskürmesi veya bir soğutucu gibi araçlarla hızlandırılabilir veya kitleyi dışa karşı yalıtarak yavaşlatılabilir. Böylece, soğutma hızı denen şey ayarlanır ve bu yolla tanelerin boyutu üzerine etki yapılabilir. Soğuma hızlı olursa, fazlaca genişleme vaktini bulamayacak olan daha çok sayıda ilksel kristal teşekkül edecektir. Dolayısıyla taneler daha küçük olacaktır. Aksi durumda, çok yavaş soğutulacak olursa, az sayıda ilksel kristal meydana gelecek, taneler büyümek için yeterli süre bulacaklardır. Dolayısıyla az çok iri taneler ortaya çıkacaktır.

Devam etmeden önce, bu söylediklerimizin, ilerde üzerinde duracağımız ısı işlem, su verme gibi işlemlerin sonuçlarını izah edeceğini şimdiden belirtelim.

Bazı elementlerin ilâvesiyle de ince tane ya da kaba tane oluşması teşvik edilebilir ve hatta tanenin içyapısı değiştirilebilir.

Katma elementler

Biz yine şekil 4'deki ilksel kristalimizi ele aldığımızda mekanik ve sair yollarla bunun niteliklerini değiştirmenin mümkün olmadığını biliyoruz. Zira her saf metal kendine özgü olup da atomununki olduğundan değiştirilemeyen karakteristiklere sahiptir. Bu itibarla saf metaller her zaman, aynı koşullar altında, tamamen aynı karakteristikleri haiz olacaklardır.

Bu karakteristikleri değiştirebilmek için, ya mevcut kristalin (billursu) sistemi güçlendirmek, ya da onu zayıflatmak amacıyla yabancı elementlerin ithali gerekir. Bu elementi uygun şekilde seçerek, örneğin küpün içine bir atom ithal edilebilir (Şek.2)

Bu küpün içine herhangi bir atomun sokulamayacağı kolaylıkla anlaşılır. Mamafih, yaylarının uzunluğu az çok küpün diyagonal uzunluğuna uygun bazı elementler arasında bir seçim bahis konusu olabilir.

Merkezdeki atomun yayları, atomun küpün içinde yer bulabilmesi için biraz sıkılacaksa, bir gerilme durumu meydana gelir; küp, basınca daha iyi, ama çekmeye daha az dayanacaktır. Aksine yaylar gerilmişse, yine gerilme doğmuş olacak ama küp basmaya daha az ve çekmeye daha çok dayanacaktır. Yayların uzunluğu ve miktatısların bu kuvveti yabancı atomun küpün ortasında bulunmasına gerekli olduğu kadar olmaları halinde, yani bu yaylar gerilmiş ya da gevşetilmiş olmadan bu atom merkeze yerleşebilmişse, küp hiçbir gerilmeye tabi olmaz.

Bu yeni kristal saf ilksel kristalin ergiyeceği bir sıcaklığın altında, ya da üstünde bir sıcaklıkta ergiyecektir. Hiçbir durumda, saf kristalle tamamen aynı ergime noktası bahis konusu olamaz.

Kaynakçı, bunlarla, alaşımlar olgusuna değinmiş olduğumuzu, görmüştür.

II - METALLERİN GENEL NİTELİKLERİ

Metaller sağlam malzemelerdir ve yüksek gerilme ve zorlamaların bahis konusu olduğu yerlerde kullanılırlar. Hizmet sırasında çeşitli türlerden gerilmeye maruz kalırlar. Örneğin bir asansörü çeken çelik örgülü telden halat çekme gerilmesinin; bir köprüyü taşıyan dikey kolonlar başlıca basma gerilmesinin etkisi altında olurlar. Makinelerin az çok bütün hareketli parçalarında hızlı gerilme türü değişmesi ya da gerilme birleşmeleri vaki olur; Örneğin, bir buhar lokomotifinin tekeri çeviren kolu almaşık olarak çekme ve basma gerilmelerini karşılamak zorundayken bir demiryolu vagonunun aksına eğilme ve burulma kuvvetleri yüklenir.

Metallerin bu çeşitli zorlamalara dayanımının saptanması için uygulanan deneyler daha sonra özetlenecektir.

Elastik sınır

Köprü gibi bir yapı tasarlanırken malzemenin elastik sınırının (akma sınırının) bilinmesi esastır zira bir kirişin elastik sınırını aşan bir gerilmeye maruz olması halinde kiriş, sürekli (yani geri dönüşsüz) bir şekil değişimine (boyut değişimine) uğrar; bu durum ona bağlı öbür kirişlerde gerilmeyi tehlikeli şekilde artırır ve belki de tüm yapının çökmesine neden olur.

Çekme dayanımı

Bir gemi palamarı, örneğin arızalı bir gemiyi fırtınalı bir havada çekerken, anormal derecede ağır gerilme altında kalır ve çekme dayanımı metal kırılmadan ona uygulanabilecek en yüksek zorlamayı ifade eder.

Uzama miktarı

Bir metal örneğin, bir derin çekme işlemiyle şekillendirilecekse bunun yumuşak, yoğrulabilir (sünek) olması gerekir; başka deyimle bunun uzama miktarı (katsayısı) yüksek olmalıdır. Alçak uzamalı bir metala derin çekme uygulanacak olursa çatlaklar ve örneğin bir yangın söndürme bombasının gövdesi veya mermi kovani gibi şekillendirme sırasında büyük şekil bozulmasına uğrayan parçaların imaline elverişli olmaz.

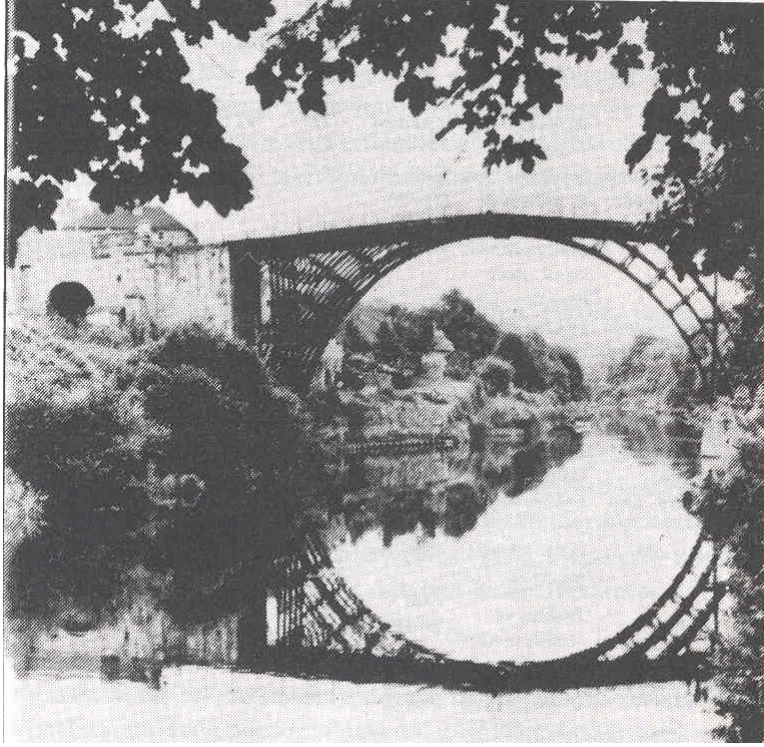
Sair mekanik değerler

Özellikle çeliklerin muayenesinde, metalin çekme deneyi sırasında bir başka değer de saptanması adet olmuştur. "Deney gerilmesi", bir sürekli (geri dönüşü olmayan) uzama meydana getirmek için gerekli gerilme miktarıdır. Örneğin; 70 mm uzunluğunda bir deney çubuğunda 0,07 mm, %0,1 deney gerilmesi olarak bilinir. Bazı metallerde bu, elastik sınırla eşdeğerde olur ve ölçülmesi daha kolaydır. 1970'lerden beri demirli ve demirdışı metallere için bir %0,2 deney gerilmesi koşulu kabul edilmiştir. Bu "deney gerilmesi"nin bir başka adı *akmasının* veya *akma dayanımı*'dir.

Metal ürünlerin muayenesi sırasında mutata olarak saptanan bir değer de *sertliktir*. Her ne kadar bu sözcüğe kulaklarımız alışık olsa da, sertliğin anlamını kesinlikle tanımlamak güçtür, ama teknik olarak şekil bozulmasına mukavemeti ifade ettiği kabul edilebilir; böylece de bu düşünce mutata sertlik deneylerinin esası olmuştur. Sertleştirilmiş bir çelik bilye ve elmas uç, hazırlanmış metal yüzeyine belli bir süre boyunca ve belli bir yük altında bastırılır. Metal yumuşaksa geniş bir çukur meydana gelir, sertse, iz de küçük olur; çukurun alanı saptanır ve sertlik değeri, çukur yüzeyi birimi başına taşınan yük esası üzerine hesaplanır. İsveçli Dr. Johan August Brinell, yaygın sertlik deney yöntemini tasarlamış olup Brinell sertliği sayısı, değişik metal ve alaşımların sertliklerinin kıyaslanmalarında sık sık kullanılır. Daha yeni sertlik deney tezgâhları, benzer prensiplere dayanan, Amerika'da tasarlanmış Rockwell makinesiyle İngiltere'de tasarlanmış Vickers elmas-piramit tezgahıdır. Her iki makinede de çukur yapmak için elmas kullanılır. Sert elmas, yük altında şeklini bozmuyor, oysaki çok sert metalleri denemekte kullanılan çelik bilyenin kendisi de şekil değiştiriyor ve bu gibi durumlarda, bulunan sertlik değeri doğru olmuyor. Ayrıca, elmas uçla yapılan çukur nispeten kolay ölçülüyor ve ince metal saclar üzerinde sertlik, bilye yöntemine göre, daha büyük hassasiyetle ölçülebiliyor. (Şek.30)

Aşağıdaki tabloda bazı çok kullanılan metal ve alaşımların Brinell sertlikleri, çekme dayanımı, akma dayanımı (deney gerilmesi) ve uzamalarıyla birlikte, verilmiştir. Burada geçen ve bundan böyle kullanılacak "şekillendirilmiş" deyimini, "dökme"ye karşılık, haddeleme, tel çekme, profil çekme, dövme vb. yöntemlerle sac, tel, boru, kütük, çeşitli profiller haline getirilmiş malzemeyi ifade ediyor.

Metallerin mekanik niteliklerini saptamak için zaman zaman başka yöntemler de tasarlanmıştır. Bunların birçoğu basit atölye deneyleridir; örneğin bir metal bant, kırılana kadar kaç kez belli bir çapın üzerine ileri geri eğilebildiği sayılarak denenebilir. Saclar üzerinde bir başka daha özenli deney de, iyice tespit edilmiş (her yanından kenetlenmiş) bir sac parçası üzerine, kırılma vaki olana kadar, bir yarı küresel pistonu zorlamaktan ibarettir; böylece oluşmuş oyukun derinliği ölçülür. Bu yöntem Erichsen deneyi olarak bilinir.



Şekil 9- Severn deresi üzerinde demir köprü. Avrupa'nın ilk metal köprüsü olup 400 ton civarında dökme demirden oluşmuştur. Kurdelası 1781 yılbaşı günü kesilmiştir.

Şek. 9'da görülen Severn asma köprüsünün karmaşık çelik yapısının muayenesi sırasında, kablolarda kullanılmış galvanizli telin uygunluğunu tahkik etmek için bir basit "sarma deneyi" uygulanmış. Telden bir numune, tel çapının üç katı çapında bir çubuk üzerine iki kez sarılmış; kırılma, çinko kaplamada kalkma veya çatlama olmayacaktır.

Çok ani yükleme veya darbe koşulları altında bazı metaller, sadece çekme deneyi esasında beklenenden farklı davranırlar; örneğin, çelikler yüksek çekme dayanımına haiz olmakla birlikte darbe altında zayıf kalırlar. Öbür yandan, daha düşük çekme dayanımlı başka bir çelik türü kırılmadan ağır darbeye karşı koyabilir. Metallerin darbe altında davranışlarını denemek için Edwin G. Izod tarafından bir özel deney makinesi geliştirilmiştir. Çentikli metal deney parçası, salınan bir ağır sarkaç tarafından kırılır ve kırmak için gerekli enerji miktarı ölçülür. (Şek.31)

Çok kullanılan metal ve alaşımların nitelikleri (bu değerler yaklaşıktır)
(1 Newton N = 0,102 kg)

<i>Metal veya alaşım</i>	<i>Koşulu</i>	<i>Kullanıldığı yer</i>	<i>Brinell sertlik sayısı</i>	<i>Çekme dayanımı N/mm²</i>	<i>% 0,1 akma dayanımı N/mm²</i>	<i>% Uzama (56 mm'de)</i>
Alüminyum	şekillendirilmiş ve tavllanmış	Kızartma tavası	27	92	31	18
% 7 magnezyumla alaşımlanmış alüminyum	Şekillendirilmiş ve tavllanmış	Uçak için borular ve saç	8	309	124	17
Duralumin	Şekillendirilmiş ve ısı işlem görmüş	Uçak	115	434	264	15
% 8 Alüminyumlu magnezyumalaşımı	Dökme ve ısı işlem görmüş	Uçak iniş tekerleri	60	264	77	10
Bakır	Şekillendirilmiş ve tavllanmış	Borular	50	216	62	55
Bakır	Tel haline soğuk çekme	Bakır tel	110	434	403	4
70/30 pirinç	Derin çekme	Fişek kovanı	160	540	463	10
70/30 bakır nikel alaşımı	Çekme boru	Kondenser boruları	170	587	463	8
Yumuşak çelik	Sıcak çekme saç levha	Gemi saçı	130	463	232	25
% 3,7 nikel % 0,8 krom % 0,2 karbonlu alaşımlı çelik	Döğme, su verilmiş ve 400°C menevişlenmiş	Kam şaftları	400	1340	1188	14
		Dişliler	300	1004	880	22
Dökme demir	D ö k m e	Torna bankoları	200	216	—	—

Tahribatsız muayene

Mekanik muayene yöntemlerinin çoğunluğunda, numune parçası kırılmış ya da zarar görmüştür; burada, dikkat edilecek çok önemli bir husus da, alınan numunenin, ilişkili olduğu malzeme kümesini her yönüyle temsil edip etmediğidir. Mamafih, milyonlarca deney, deney parçasının çoğunlukla kümenin ortalama niteliğini yansıtır dolayısıyla hizmet sırasında vaki olacak davranışını gösterdiğini belgelemiştir.

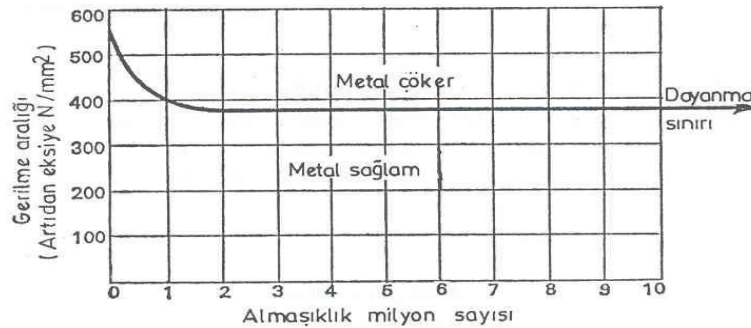
Uçak ya da nükleer santralde olduğu gibi ağır çalışma koşulları altındaki yerlerde hizmet veren *bütün* metallerin tam ve kusursuz bir denetimden geçmeleri esas olduğuna göre tahribatsız muayene esas olmaktadır (bunun tekniğine burada girmiyoruz.)

Yorulma kırılmaları

Yukarıda anlattığımız deneyler (çekme, akma, sertlik, uzama..) hep *sadece bir kez* vaki olmuş gerilmelere aittir. Oysaki, hizmet sırasında metaller, çoğunlukla binlerce, bazen milyonlarca kez, gerilme yönü değişimine uğrarlar. Örneğin bir gaz türbini uçak motorunun şaftı, dakikada 14.000 ile 16.000 devir yapabilir ve beş saatlik süreli bir günün anlamı, metal içinde gerilmelerin dört milyon kezden çok almasıdır ya da artıp azaldığıdır. Türbin kanatlarının kendileri de hayli çapraşık şekilde titreşirler; dahil olan gerilmelerin küçük olmalarına rağmen dakikada bir milyona kadar frekanslar kaydedilmiştir.

Bu itibarla adi çekme dayanımı deneyi, bir metalin bu tür alması gerilmelerin bu denli tekrarına dayanıp dayanamayacağı hakkında fikir veremez. Çelik köprülerin kargir köprülerin yerini almaya başladığı yüz yıldan fazla bir süreden beri bu gerçeğin farkına varılmıştır. 1860'larda bir uzun dövme demir köprü kirişine artan ve azalan yük uygulanmış. Tek bir 12 tonluk yükün kirişi kıracağı hesaplanmış, ama 3 tondan biraz çok bir yükün 3 milyon kez uygulanması halinde kirişin kırılacağı bulunmuştur.

Özetleyecek olursak, gerilmenin yüksek olduğu hallerde metali kırmak için a sayıda gerilme alması yeterli olur. Gerilmenin büyüklüğü azaldıkça metal kırmadan daha çok sayıda gerilme alışkanlığına dayanır. Ve nihayet öyle bir gerilme miktarı vardır ki, bu gerilmede metal sonsuz sayıda gerilme alması dayanır. Buna "dayanma sınırı" denir.



Şek. 10 - Wöhler eğrisi

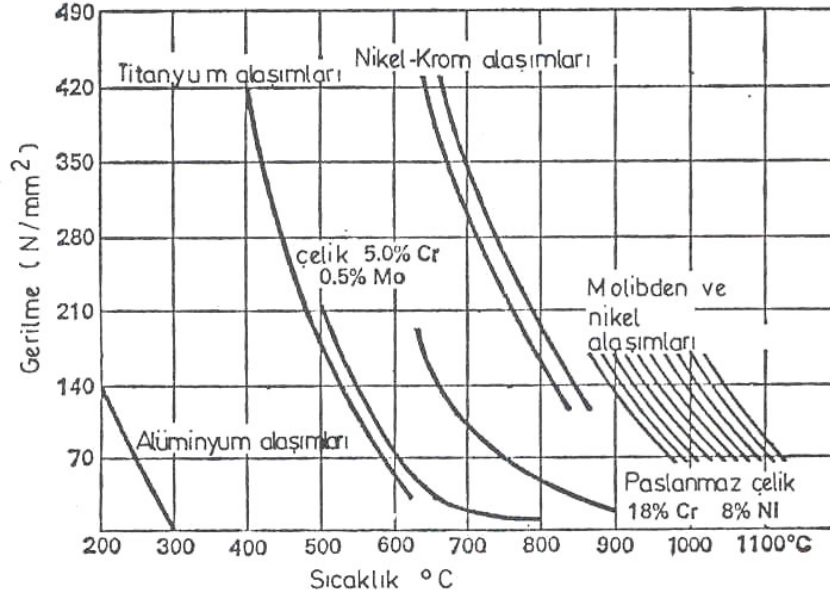
Şek.10'daki eğriye "Wöhler eğrisi" denir. Ordonatta almaşan gerilme miktarı (artıdan eksiye, yani çekmeden basmaya, kg/mm^2), apiste de her almaşan gerilme miktarına göre metalin kırılmadan dayanabildiği almaşıklık sayısı (milyon) bulunur.

Sürünme

Metaller, örneğin çelik, bir ocak ya da buhar kazanında olduğu gibi yüksek sıcaklıkta ve sürekli kalan gerilmeler altında olduklarında çok yavaş gevşerler, kendilerini koyuverirler ve aylar ya da yıllar gibi sürelerde uzarlar ve olasılıkla da, kırılırlar; bu olay "sürünme olayı" olarak bilinir.

Bu olay genellikle mühendisi yüksek sıcaklıklarda rahatsız ettiğinden bunun sadece bir yüksek sıcaklık olgusu olduğu sanılır. Oysaki hiç de öyle değildir. Gerçekten sürünme alçak sıcaklıkta da vaki olabilir, olay özellikle göreceli alçak ergime noktalı yumuşak metallerde çok belirgindir: Cami kubbelerinin kurşun sac kaplamaları, dam saçaklarına yakın yerlerde kalınlaşırlar...

Yüksek sıcaklıkta bir metalin çalışmaya uygunluğu özel sürünme deneyleriyle saptanır. Şek.11, çeşitli metallerin sürünmeye dayanım tablosunu sergilemiştir.



Şek.11- 1000 saatte kopma için gerilme-sıcaklık eğrileri

Bu söylediklerimiz örneğin buhar kazanlarında "sürünmeye dayanıklı" özel sacların (H1, H2) kullanımını izah eder.

Metallerde aranan genel nitelikler

Belli bir iş için her metal, o işe uygunluğu oranında aranır. Bir elektrikli fırın imal edileceği zaman, fırın gövdesinin sıcaklığa dayanıklı, yani fırının çalıştığı sıcaklıkta havanın oksijeninden etkilenmeyen, mekanik mukavemetini kaybetmeyen bir metal ya da alaşımdan olması gerekir. Bunun elektrik enerjisi ile ilgili kısımları da, akım geçtiğinde ergimeyen (ampul filamenti gibi) cinsten olacaktır.

Cıvata sıkın İngiliz anahtarı, dövme çelikten yapılır. Onun metali, hem dövme işlerine yatkın, hem de altı köşenin birinden kırılmaması gerekir. Küçük sıcaklık artışlarıyla fazlaca genleşen malzemeden uzunluk ölçen alet yapılmaz.

Kimi malzeme döküme gelmez, kimi iyi kaynak edilemez. Kimi de korozyona, yani kimyasal etkiler altında tahribe (pas, yani oksijenle tahrip bunun bir özel durumudur) dayanmaz. Kimi de talaşlı imalâta iyi gelmez. Çalışma sırasında sürtünme nedeniyle aşınma varsa, buna dayanıklı malzeme aranacaktır...

Aşağıdaki tablo, malzemeler ve bunların kullanılma kriterleri hakkında çok genel bilgi vermektedir. Nokta sayısı, her alanda malzemenin değer ölçüsüdür.

KULLANMA ÖNEM DERESESİ VE MALZEMELER *

NİTELİKLER	Dökme demir		Çelik		Al		Cu		Zn		Mg		Pb		Ni	
	Adi	Özel	Adi	Özel	Saf	Alaş.	Saf	Alaş.	Saf	Alaş.	Saf	Alaş.	Saf	Alaş.	Saf	
Özgül ağırlık					••	••					•••					
Mekanik mukavemet. Yüksek (çökme ve elastik sınır) mekanik değerler		•	••	•••		••		••		•	•				••	
Yüksek elastikiyet modülü		••	•••	•••		•		••						•••	•••	
Yüksek uzama		•	••	••	•••	••	•••	••	••			•••	•	•••	•	
Darbelerle yüksek dayanım		•	•••	•••		•		••		•					••	
Yüksek yorulma sınırı		•	••	•••		••		••							•••	
Aşınmaya dayanma (Yüksek Brinell sertliği)	••	•••	••	•••		•		••						••	••	
Yüksek sıcaklıklara dayanma		•••		•••				••							•••	
Alçak sıcaklıklara dayanma			•	••		••										

* Nokta sayısına göre değer artmaktadır.