

1. MALZEMENİN TANIMI VE SEÇİMİ

1.1.Malzeme:

Malzeme, ihtiyaçlarımızı karşılamak ve belli bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan her türlü maddeye malzeme denir. Dişli çark yapımında kullanılan çelik, iletken tel olarak kullanılan bakır ve inşaat sektöründe kullanılan çimento, tuğla v.b maddeler birer malzemedir. Bir teknik eleman olarak amacımıza en uygun malzemeyi seçebilecek ve bu malzemenin mekanik özelliklerini bir takım işlemler (ısı, termomekanik ve termokimyasal işlemler veya alaşımlandırma) ile değiştirebilecek ve malzeme için en uygun imalat yöntemini (talaşlı-talaşsız) seçebilecek bilgi ve donanıma sahip olmamız gereklidir.

Atom: Nötron ve protonlardan oluşan bir çekirdek ve çekirdeğin etrafında dönen elektronlardan meydana gelen maddenin en küçük birimidir.

Element: Aynı cins atomlardan meydana gelen ve her noktasında aynı özellikleri taşıyan saf maddedir.

Bileşik: İki veya daha fazla elementin kimyasal bir tepkime ile birleşerek oluşturduğu maddedir.

Karışım: İki veya daha fazla elementin homojen veya heterojen olarak karıştırılması sonucunda meydana gelen maddedir.

Saf madde: Bütün özellikleri her noktasında aynı olan maddedir. Saf madde element, karışım veya bileşik şeklinde olabilir.

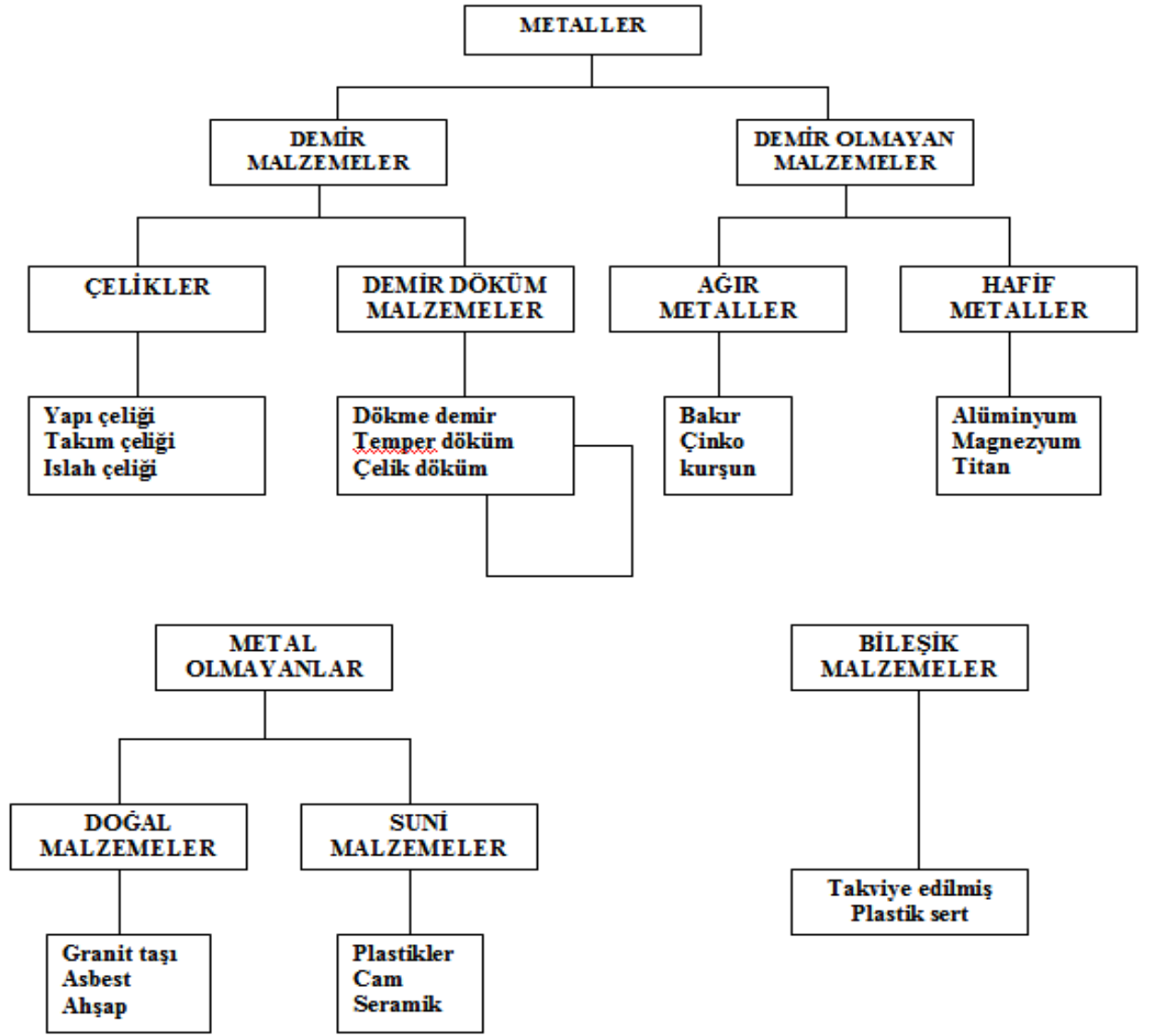
Organik madde: Genellikle karbonun diğer elementlerle yaptığı bileşiklerdir.

İnorganik madde: Genellikle karbon dışındaki elementlerin yaptığı bileşiklerdir

1.2.Malzemelerin Sınıflandırılması:

Malzemeler genel olarak iki ana gruba ayrılmakla birlikte, bu iki grubun makro düzeyde karışması ile oluşan kompozit malzemeler ile 3 grup da incelenebilir.

1. Metalik Malzemeler
2. Metal olmayan Malzemeler
3. Kompozit malzemeler



1.3. Malzeme Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

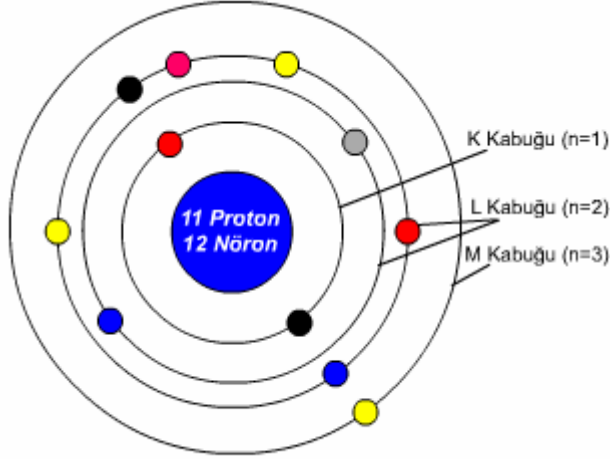
Bir teknik eleman olarak üretimini düşündüğümüz makine parçasına etkiyen kuvvetler sonrasında oluşan gerilmelere göre boyutlandırma yapmamız gereklidir. Bu boyutlara göre yapım resmi çizilip, uygun bir üretim yöntemi tespit edilir. Çalışma ortamına göre Fiziki ve mekanik özellikleri, korozyona karşı direnç, ekonomiklik, temin edilebilme ve korozyona karşı direnç gibi kriterler göz önüne alınarak en uygun malzeme seçimi yapılır.

2.MALZEMENİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Malzemelerin yapısı; ana vurgusu, çeşitli metallerin mikro ve makro yapısını anlamak ve kontrol etmek olmakla beraber, öncelikle atomik ve kristal yapıları anlayıp, tanımlamak gerekir. Atomik yapı, atomların bir arada tutulmasını sağlayan bağlanma şeklini etkilemektedir. Bu etki malzemelerin metaller, seramikler ve polimerler olarak sınıflandırılmasına yardımcı olur ve bu malzeme tipinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili bazı genel sonuçların çıkarılmasını sağlar. Malzemelerin özelliklerini öğrenmek için maddenin yapısını ve atomik yapıyı bilmemiz gereklidir. Metaller oda sıcaklığında katı durumda olup kristal yapıdadırlar. Yani maddeyi oluşturan atomlar 3 boyutlu düzlemde birleşerek yapıyı oluştururlar. Kristal yapıya sahip olmayan sıvılar ve plastiklerin atomları düzensiz bir yapı oluştururlar ki buna da Amorf yapı denir.

2.1.Atomik Yapı:

Bir atomun, elektronlar tarafından kuşatılan bir çekirdekten meydana geldiği bilinmektedir. Çekirdek, yüksüz nötronlar ve pozitif yüklü protonlardan oluştuğundan net bir pozitif yüküdedir. Negatif yüklü elektronlar ise elektrostatik çekimle çekirdeğe tutunurlar. Atomdaki proton ve elektronların sayıları eşit olduğundan, atomun tümü elektriksiz olarak nötrdür.



Bir elementin atom numarası, her atomdaki elektronların veya protonların sayısına eşittir. Örneğin 26elektron ve 26 proton bulunan bir demir atomu, 26 atom numarasına sahiptir. Atom kütlelerinin önemli bir kısmını çekirdek oluşturur. Her proton ve nötronun kütlesi yaklaşık 1.67×10^{-26} g, fakat her elektronun kütlesi sadece 9.11×10^{-28} g' dir. Atomik kütle M, atomda proton ve nötronların ortalama sayısına eşittir ve Avogadro (NA) sayısı kadar atomun kütlelerine karşılık gelir (Atomik kütle genellikle atomik ağırlık olarak adlandırılır). $NA=6.02 \times 10^{23}$ mol⁻¹, bir g mol'deki atom veya moleküllerin sayısıdır. Bu nedenle, atomik kütle birimi g/g. mol'dir. Atomik kütle için alternatif bir birim amu'dur (atomik kütle birimi). Bu, karbon kütlelerinin on iki de biridir (1/12). Çekirdekte farklı sayıda nötron içeren aynı elementin atomları "izotop" olarak adlandırılır ve bu nedenle farklı bir atomik kütleyle sahiptir. Böyle bir element için kullanılan atomik kütle, farklı izotopların ortalama değeridir ve bu nedenle atomik kütle tam sayı olmayabilir. Bir atom çekirdekte nötron ve proton ile birlikte foton (enerji taşıyan parçacıklar) nötron ve quark ile çekirdek etrafında belli yörüngede dönen elektronlardan oluşmaktadır. Bir atomun en dış kabuğundaki elektronlara valans elektronları denir. Metalik malzemelerin; kimyasal özelliklerine, bağ kuvvetlerine ve ısı-elektrik iletkenliğine bu elektronlar etki eder. Yapı katı halde iken; atomlar, buldukları konumda bir titreşim (salınım) hareketi yaparlar bu hareket sıcaklığa ve iç enerjiye bağlıdır. Bir katı cisme, ısı enerjisi verildiğinde ısının kinetik enerjiye dönüşmesi sonucu atomların yapmış olduğu titreşim (**salınım**) hareketi artar. Bu olay atomların daha fazla yer kaplamasına neden olacağından cismin boyutları büyümüş olur. Bu olaya **ısı genleşme** denir.

2.2.Atomik Difüzyon:

Isı enerjisi etkisi ile bazı atomların aradaki bağ kuvvetine aşacak bir enerji kazanarak serbest hareket etmeleri olayıdır. Endüstride; metalik malzemelerin yüzey sertleştirilmesi, sementasyon, nitrürasyon ve borlama işlemleri bu olayın bir uygulamasıdır.

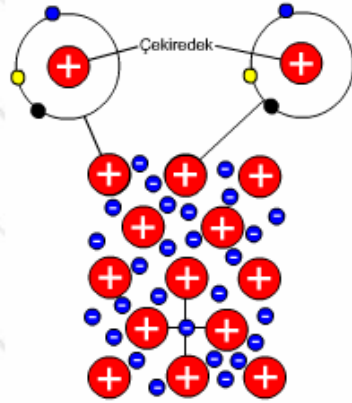
2.3.Atomlar Arası Bağlar:

Atomların birbirlerine bağlandığı dört mekanizma vardır. Dört mekanizmanın üçünde bağlanma, atomların kendi dış S ve P seviyelerini doldurduklarında sağlanır. Yapıyı oluşturan atomlar arasında belirli bir çekim gücü (bağ) vardır. Bu bağlar,

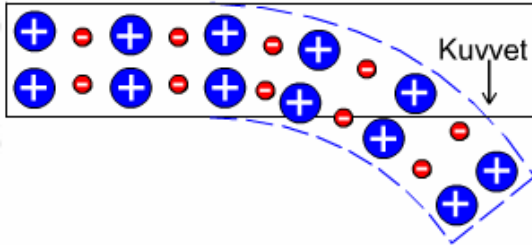
- 1-Metalik bağ
- 2-iyonik bağ
- 3-Kovalent bağ
- 4-Vanderwaals bağ

2.3.1.Metalik Bağ:

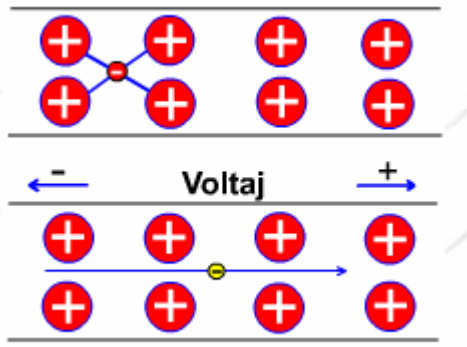
Düşük valansa sahip metalik elementler atomları kuşatan bir elektron "bulutu" oluşturmak için valans elektronlarını bırakırlar. Örneğin alüminyum, çekirdek ve içteki elektronlardan meydana gelen özü geride bırakarak üç valans elektronunu bırakır. Özden üç negatif yüklü elektron ayrıldığı için, öz üç pozitif yüklü iyon haline gelir. Özellikle, artık bir atomla ilgili olmayan valans elektronları elektron bulutu içerisinde serbestçe hareket ederler ve birçok atomun özü ile ilgili olurlar. Pozitif yüklü atom özleri karşılıklı elektron çekimleri ile bir arada tutunurlar ve bu nedenle de kuvvetli metalik bağ oluştururlar. Metalik bağlar yönsüzdür; atomları birlikte tutan elektronlar tek bir pozisyonda (konumda) sabit değildir. Bir metal eğildiğinde atomlar birbirlerine göre ilişkilerini değiştirmeye teşebbüs ederler ve bu durumda bağın doğrultusu kırılmaktan daha çok, sadece kayar. Bu, metallerin iyi süneklığe sahip olmasını ve kullanışlı bir biçime şekillendirilmesini sağlar. Metalik bağ iyi elektrik iletkenliği sağlar. Uygulanan bir gerilim (voltaj) etkisi altında valans elektronları hareket eder. Devre tamamlanırsa akıma neden olur.



Atomlar valans elektronlarını bıraktıklarında metalik bağ oluşur. Valans elektronları daha sonra elektron bulutunu oluşturur. Pozitif olarak yüklenmiş atom özleri (Çekirdek bölgesi) negatif olarak yüklenmiş elektronların karşılıklı etkileşimi ile bağlanır.



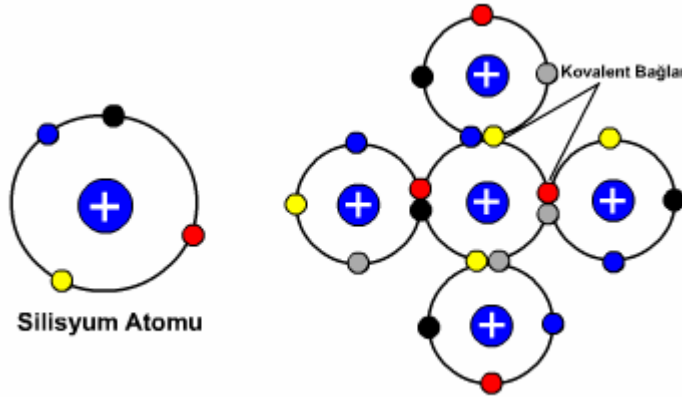
Metal deforme edildiğinde metalik bağ ile bağlanmış atomlar bağlı oldukları konumlarından kayabildiklerinden, metallerin iyi süneklığe sahip olmasını sağlar.



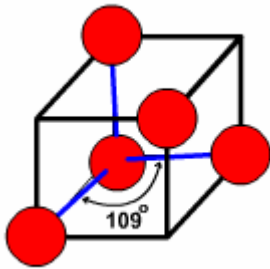
Şekil de Bir metale gerilim uygulandığında elektron bulutundaki elektronlar kolaylıkla hareket edebilir ve bir akımı taşıyabilir.

2.3.2.Kovalent Bağ:

Kovalent olarak bağlı atomlar atomlarını iki veya daha fazla atom arasında paylaşır. Örneğin dört valansa sahip bir silisyum atomu kendisini kuşatan dört valans elektronunu paylaşarak dış enerji kabuğunda sekiz elektrona sahip olur. Her bir paylaşma örneği bir kovalent bağı temsil eder. Bu nedenle her silisyum atomu dört kovalent bağla dört komşu atoma bağlanır.



Şekil de Kovalent bağlar, her atomun sp dış yörüngesini doldurmak üzere elektronların aralarında paylaşmayı gerektirir. Dört valanslı silisyumda dört kovalent bağ oluşturulmak zorundadır.



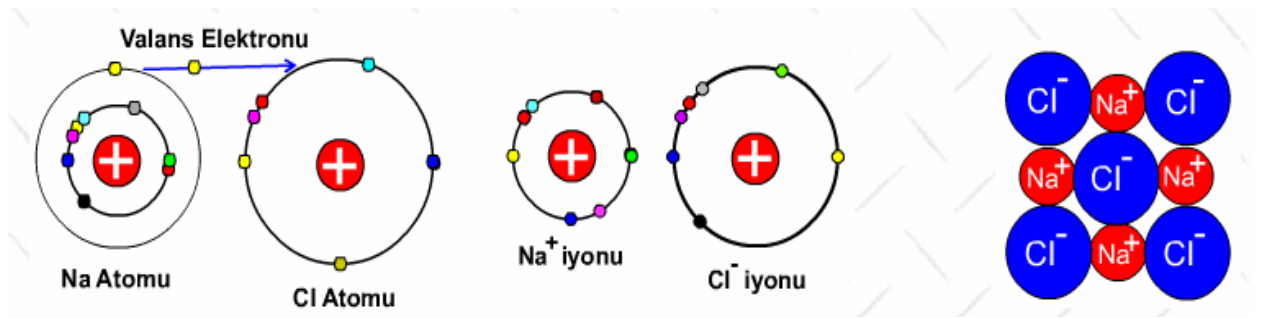
Şekil de Kovalent bağlar yönlüdür. Silisyumda, her kovalent bağ arasında yaklaşık 109°'lik açı olan, bir yapı oluşur.

Silisyum atomları kovalent bağı oluşturmak için, bağlar birbirleriyle sabit yön ilişkisine sahip olacak şekilde dizilirler. Silisyum için bu dizilme kovalent bağlar arasında yaklaşık 109° açılı dördü bir (tetrahedron) yapı meydana getirir. Bu dizilmiş elektronların kovalent bağlara yakın bulunma ihtimali atomların özü (çekirdeği) etrafında bir yerlerde bulunma ihtimalinden çok daha yüksektir. Kovalent bağlar çok sağlam olmasına rağmen, bu şekilde bağlanmış maddeler zayıf ve süneklik ve elektrik iletkenliğine sahiptir. Silisyum bir çubuk eğildiğinde, silisyum atomlarının birbirlerine göre

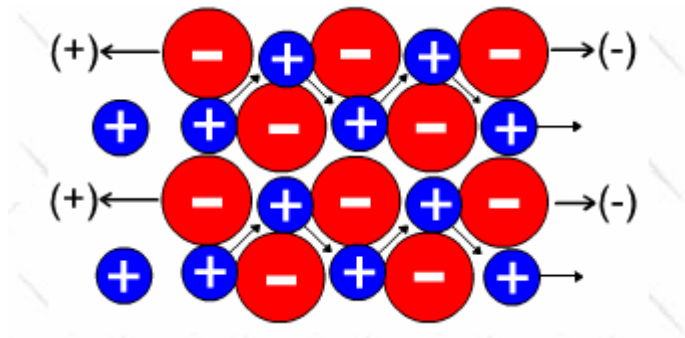
bağlantı ilişkilerindeki değişme kalıcı ise bağları kırmak zorundadır. Dahası bir elektronun hareket etmesi ve akımı taşıyabilmesi için kovalent bağın kırılması gerekmektedir. Kovalent bağın kırılması ise yüksek sıcaklık veya gerilim gerektirmektedir. Kovalent bağlar çok sağlam olmasına rağmen, bu şekilde bağlanmış maddeler zayıf ve süneklik ve elektrik iletkenliğine sahiptir. Silisyum bir çubuk eğildiğinde, silisyum atomlarının birbirlerine göre bağlantı ilişkilerindeki değişme kalıcı ise bağları kırmak zorundadır. Dahası bir elektronun hareket etmesi ve akımı taşıyabilmesi için kovalent bağın kırılması gerekmektedir. Kovalent bağın kırılması ise yüksek sıcaklık veya gerilim gerektirmektedir.

2.3.3.İyonik Bağ :

Bir malzemede birden fazla tip atom bulunduğunda, bir atom valans elektronlarını farklı atoma verebilir ve ikinci atomun dış enerji kabuğunu doldurur. Her bir atomun şimdi dış enerji seviyeleri doldurulmuştur (veya boş) fakat her ikisi de bir elektriksel yüke sahiptir ve iyonlar gibi davranır. Elektron veren atom net pozitif bir yük kazanır ve katyon hale, elektron alan atom ise net negatif yük kazanır ve anyon haline gelir.



Şekil de Elektronegatiflikleri farklı iki atom arasında iyonik bağ oluşur. Sodyum, valans elektronunu klorüre verdiğiğinde, her biri, bir iyon olur ve çekim gerçekleşerek iyonik bağ oluşur.



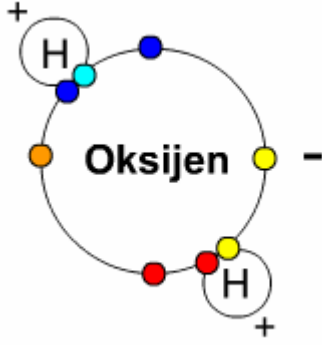
Şekil de Bir iyonik malzemeye gerilim (voltage) uygulandığında bir atomun akışını sağlamak için bütün iyonlar hareket etmek zorundadır. İyonun hareketi yavaş ve elektrik iletkenliği zayıftır.

Zıt yüklü iyonlar birbirlerini çekerler ve iyonik bağ oluştururlar. Örneğin sodyum ve klor iyonları arasındaki çekim sodyum klorür veya yemek tuzunu NaCl oluşturur. Sodyum klorür kristaline bir kuvvet uygulandığında iyonlar arasındaki elektriksel denge bozulur. Kısmen bu sebepten dolayı iyonik bağlı malzemeler, gevrek kırılabilir bir davranış gösterir. İyonik bağlı malzemelerin elektrik iletkenlikleri zayıftır; elektrik yükü elektronlar kadar kolay hareket etmeyen iyonların hareketi ile aktarılır. Çoğu seramik malzemeler ve mineraller en azından kısmen iyonik

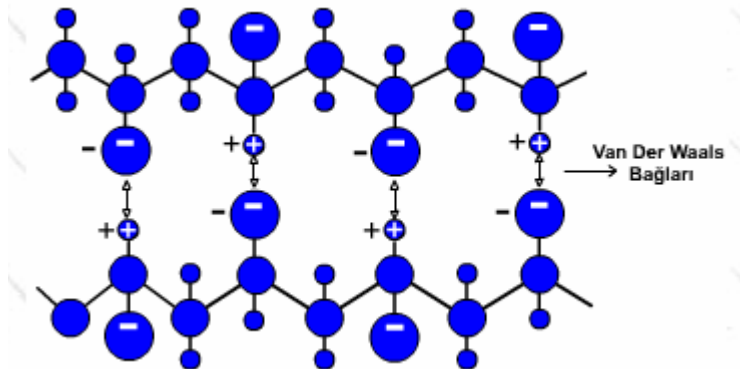
bağlarla bağlıdır. Buna karşın, pek çok malzemenin hatta metallerin üç ana bağ mekanizmasının karmaşık bir karışımı ile bağlandığına dikkat edilmelidir. Demir, esas olarak metalik bağ ile bağlanmakla beraber kovalent bağda bir katkı yapar. Daha çok kovalent bağlarla bağlı silisyum aynı zamanda metalik bağın bazı unsurları içerir.

2.3.4. Van Der Wals Bağı :

Van der Waals bağlan moleküller veya atom grupların zayıf elektrostatik çekimlerle birbirlerine bağlar. Birçok plastik, seramik, su ve diğer moleküller sürekli kutuplaşır (polarize edilir), bu moleküllerin bazı kısımları pozitif olarak yüklenme eğiliminde iken diğer kısımları negatif olarak yüklenirler. Bir molekülün pozitif olarak yüklenmiş bir kısmı ve ikinci molekülün negatif olarak yüklenmiş kısmı arasındaki elektrostatik çekim, iki molekülü zayıf olarak bağlar. Van Der Waals bağı ikincil bir bağıdır, ancak molekül içindeki atomlar veya atom grupların kuvvetli kovalent veya iyonik bağ ile bağlanırlar. Suyu kaynama noktasında ısıtmak Van der Waals bağlarını kırar ve suyu buhara dönüştürür, ancak oksijen ve hidrojen atomlarını birleştiren kovalent bağı kırmak için çok yüksek sıcaklıklar gerekir. Van der Waals bağları malzemenin özelliklerini etkin bir şekilde değiştirebilir. Polimerler normal olarak kovalent bağa sahip oldukları için, polivinil klorürün (PVC plastik) çok kırılğan olması beklenebilirdi. Buna karşın, polivinil klorür pek çok uzun zincir şeklinde moleküllere sahiptir.



Şekil de Van der Waals bağı, molekül veya atom gruplarının kutuplaşması (polarizasyonu) sonucu oluşur. Suda, oksijen içindeki elektronlar hidrojenден uzağa toplanma eğilimindedirler. Bu durumda ortaya çıkan yük farklılığı, bir su molekülünün diğer su moleküllerine zayıf bir bağla bağlanmasını sağlar.



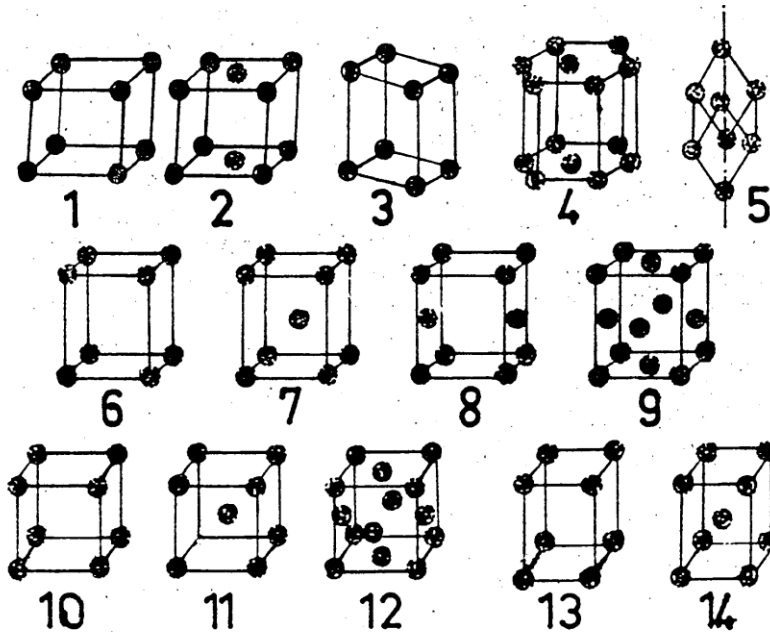
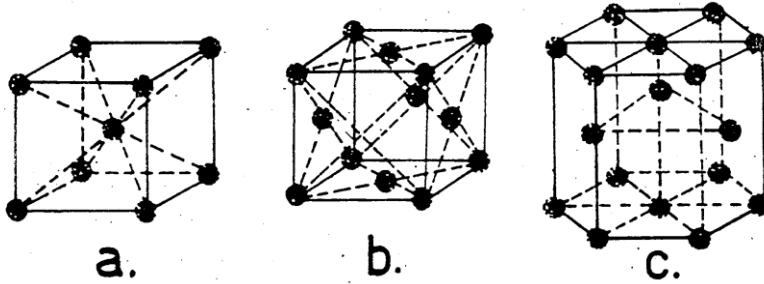
Şekil Polivinil klorür içinde polimer zincirine tutunmuş klor atomları negatif bir yüke sahiptir ve hidrojen atomları ise pozitif olarak yüklenmiştir. Zincirler Van der Waals bağlarıyla zayıf olarak bağlanmıştır.

Her zincir içindeki bağlar kovalenttir, ancak bireysel zincirler birbirlerine Van der Waals bağları ile bağlıdır. Zincirler birbirlerini kayarak geçtiğinde polivinil klorür sadece Van der Waals bağlarının kırılmasıyla etkili olarak şekil değiştirebilir.

2.4.Kristal Kafes Sistemleri:

Maddeyi oluşturan atomlar belli bir düzene göre dizilmiş ve belli bir konumda bulunmaktadır. Atomların buldukları noktalar (Merkezleri) arası birleştiğinde; oluşan düzgün geometrik şekillere kristal kafes sistemi denir. X-ışınları ve elektron mikroskopları ile yapılan araştırmalar sonucu 14 değişik kristal kafesin bulunduğu ve bunların 7 grupta toplandığı sonucuna varılmıştır.

1. Kübik kristal kafes sistemi (1 NOLU)
 - 1.1. Hacim merkezli kübik kafes sistemi (a ŞEKLİ)
 - 1.2. Yüzey merkezli kübik kafes sistemi (b ŞEKLİ)
2. Hegzagonal kafes sistemi (4 NOLU)
 - 2.1. Basit dizilmiş kafes sistemi
 - 2.2. Sıkı dizilmiş kafes sistemi (c ŞEKLİ)
- 3-) Tetragonal kafes sistemi (13 NOLU)
- 4-) Rombik (Ortorombik) kafes sistemi (6 NOLU)
- 5-) Monoklinik kafes sistemi (2 NOLU)
- 6-) Triklinik kafes sistemi (3NOLU)
- 7-) Rombohedral (Rombohedral) kafes sistemi (5 NOLU)



2.5.Alaşımlar (Sıvı ve Katı Eriyikler):

Bir metale belirli özellik sağlamak için en az bir başka elementin (metal veya ametal) kasıtlı olarak eklenmesi ile elde edilen metal karakterli bir malzemedir. Örneğin, çelik (demir ve karbon) metal olmayan bir elemanı içeren bir alaşımdır. İlave edilen element, kristal içinde ya katı çözelti veya ara bileşikler halinde bulunur. Alaşımda fazla miktarda olan metale asıl metal adı verilir.

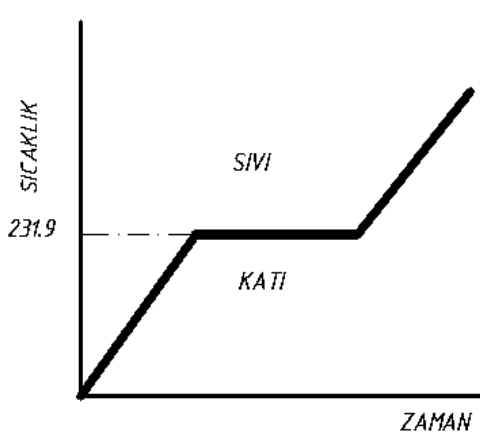
Birden fazla elementin atomlarının sıvı halde karışarak oluşturduğu homojen yapıya sıvı eriyik, aynı karışım katı halde de varlığını korur ise buna da katı eriyik denir. Saf halde iken iyi olan özelliklerinin yanında zayıf veya iyi olmayan özellikleri iyileştirmek için farklı elementler bir araya getirilerek alaşım yapılır.

Alaşım Yapmaktaki Amacımız;

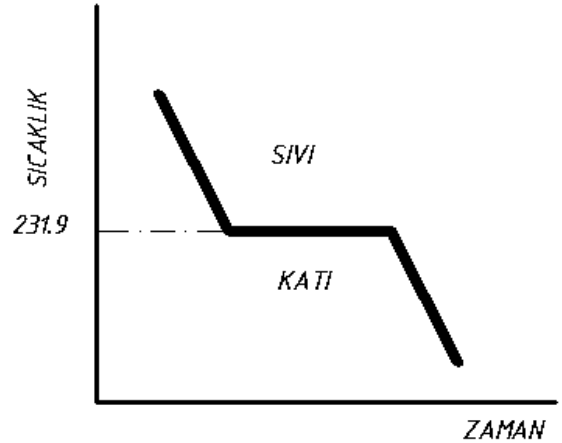
- 1- Mekanik özellikleri değiştirmek
- 2- Korozyona karşı direnci arttırmak
- 3- Isıl işlemlere daha uygun hale getirmek
- 4- Farklı özelliklere sahip çok sayıda malzeme elde etmek için alaşımlandırma yapılır.

Soğuma Eğrileri:

Saf metaller, sabit sıcaklıkta ergir-katılaşırlar ve soğuma eğrileri şekil 1'de görüldüğü gibidir. Yapı, ergime sıcaklığının üstünde sıvı altında da katı fazda bulunur. Aşağıdaki şekilde Kalayın katılaşma ve sıvılaşma eğrisi görülmektedir.



Erime Eğrisi

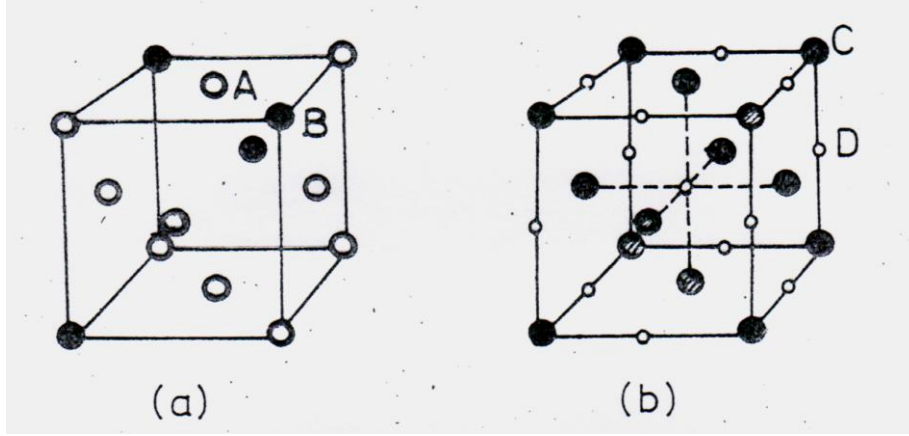


Katılaşma Eğrisi

2.6.Katı Eriyikler (Tek Fazlı Alaşımlar)

Bu tip alaşımlarda alaşım elemanlarının kafes sistemlerinde bir değişim olur ve elemanlardan birinin kristal kafesinde her iki elemanında atomları yerleşir. Bir tek faz (yapı) meydana getirirler. Sonuç olarak yeni özelliklerde bir malzeme (alaşım) oluşur. Tek Fazlı alaşımlara katı eriyik adı verilir. Bu alaşımlarda yalnız bir kafes şekli vardır. Bu kafeste alaşımı meydana getiren elemanların atomları bulunmaktadır. Kafesteki sayının az olduğu alaşım elemanının atomlarına **erimiştir**, kafeste sayısı fazla olan alaşım elemanı atomlarına da **eritmiştir** denir. Alaşım elemanlarının atomları büyüklüklerine göre kafeste iki şekilde bulunabilirler.

- A Yerine geçme yoluyla oluşan katı eriyikler
- B Araya sıkışma yoluyla olan katı eriyikler

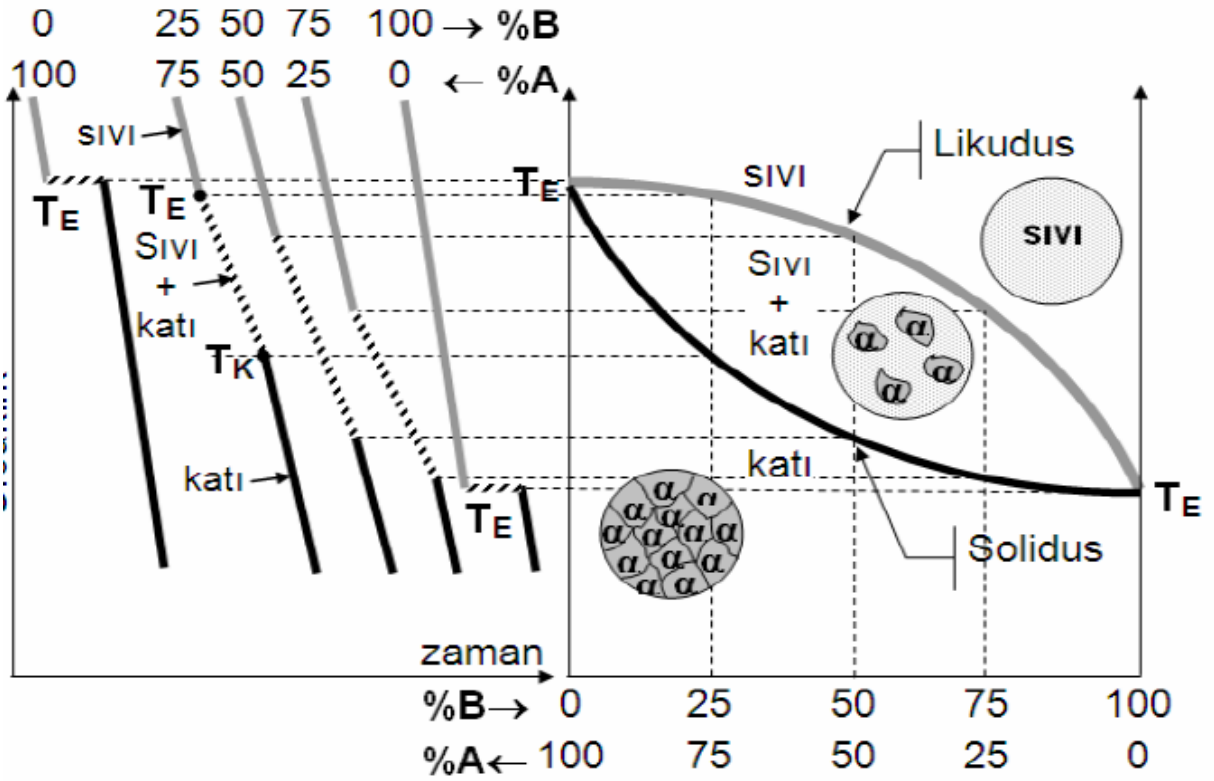


Katı Eriyikler: İki bileşen katı halde birbiri içerisinde tamamen çözünebilirler; yani iki bileşen ortak kafes meydana getirebilir. Bileşenler, kristal kafesleri iki ayrı atom çeşidinden oluşmuş karışım kristalleri (katı eriyikler) meydana getirirler. Karışım kristallerine katı eriyik denmesinin nedeni , bileşenlerin birbiri içerisinde bir eriyikte olduğu gibi çok iyi karışmış ve erimiş olmasıdır. Bu nedenle karışım kristalleri tek bir faz meydana getirir.

Alüminyum, bakır, nikel, kurşun, çinko ve magnezyum gibi metaller, katılaşma sırasında oluşturdukları kristal kafes tiplerini oda sıcaklığına inilene kadar , yapıyı bir arada tutan kuvvetler etkilenmeyecek şekilde korurlar. Bu metaller yukarıda açıklanan katı eriyik ya da tek fazlı alaşımların ortak özelliklerini ortaya koyarlar.

2.7.Denge Diyagramları:

Bir malzeme sisteminde fazların, bileşime ve sıcaklığa bağlı olarak değişimini gösteren diyagramlara denge diyagramı denir. Soğuma eğrileri yardımıyla çizilir. Alaşımların farklı sıcaklıklarda hangi fazda olduğunu tespit ederiz.



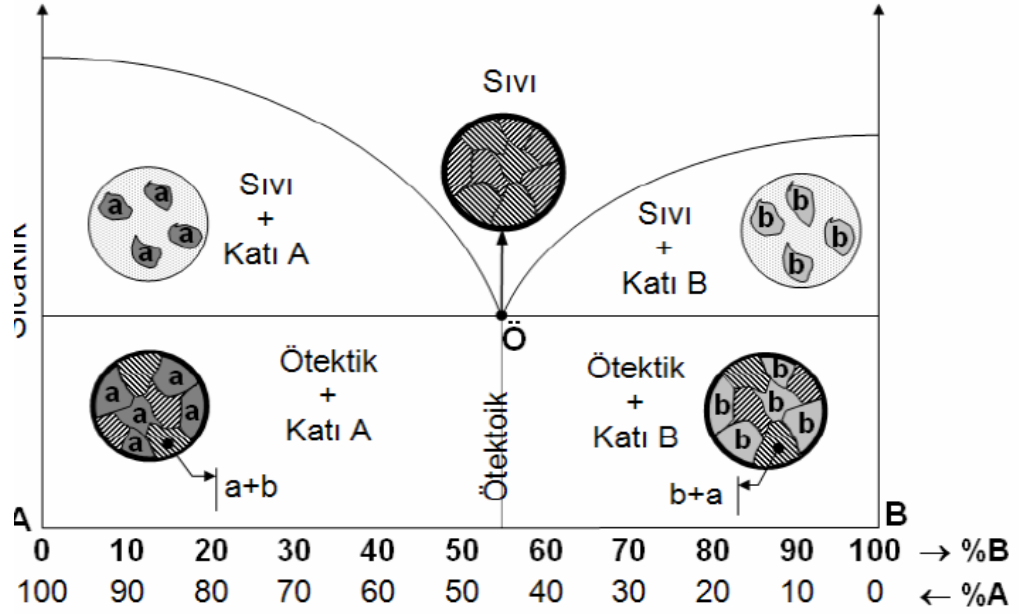
Şekil Tek Fazlı bir alaşımın denge diyagramı

2.8.Ötektikler (Çift Fazlı Alaşımlar)

Bu tip alaşımlarda alaşımı meydana getiren elemanların kafes sistemlerinde bir değişim olmaz. Elemanlar alaşımda kendi kafes sistemlerini aynen korurlar. Bu tip alaşımlarda alaşım oranına bağlı olarak homojen bir yapıda her iki fazında özelliği görülür. Bu nedenle bu tip alaşımlar üstün özellik göstermez ve sınırlı özellik değişimi gösterebilir. Alaşımdaki elemanların oranlarına bağlı olarak her iki elemanın ortak özelliklerini veya alaşımda oranı fazla olan elemanın özelliğinin etkin olduğu özellikler gösterirler. Çift fazlı alaşımlara ötektik denir. Mekanik karışım adı da verilen bu tip alaşımlarda alaşım elemanlarının ortak özelliklerine sahip bir alaşım elde edilir.

Alaşımlar genellikle bileşenlerin bir arada eritilmesi ile üretilirler. Metaller bu sırada birbirlerinden farklı davranışlar gösterirler. Eriyikler birbirleri içerisinde çözünürler. En çok karşılaşılan durumdur. Makine üretiminde kullanılan malzemelerin hemen hemen hepsi , bu tipte özellik gösteren alaşımlardır. Bu tip karışımda her bölgesi aynı olan bir malzeme elde edilebilir. İki bileşen arasında hiçbir ayırım yüzeyi bulunmadığından tek fazlıdır. Eriyikler birbirleri içerisinde çözünmezler. Hafif sıvı üstte ,ağır sıvı altta durur. Eriyikler su ve yağ gibi davranırlar.Sallanmak suretiyle karıştırılarak emülsiyon oluştururlar,yani bir sıvının ince damlacıkları , diğerinin içerisinde dağılır.Bu sıvı iki fazlıdır.İki maddenin arasında ayırım tabakaları mevcuttur. Birbirleri içinde çözülmüş olan eriyikleri soğutacak olursak , yine farklı davranışlarla karşılaşırız.

İki Fazlı Alaşımlar:İki bileşen katı durumda birbiri içerisinde çözünmezler; yani ortak bir kafes içerisinde yer alamazlar.Bu nedenden ötürü her iki bileşenin saf kristalleri birbirinden ayrılarak bir kristal karışımı oluştururlar.Yapı sonuçta iki faz (iki kristal çeşidi) meydana getirir.



Şekil Ötektik bir alaşımın denge diyagramı

Ötektik alaşımlarda mutlak homojenliğin sağlandığı oran ötektik oran, sıcaklık da ötektik sıcaklık olarak isimlendirilir. Ötektik sıcaklık her iki alaşım elemanın da ergime sıcaklıkları altındaki bir değerdir. Şekildeki denge diyagramında saf haldeki iki metalin Ö noktası ötektik oranı ve ötektik sıcaklığını göstermektedir. Sıvılaşıma ve katılaşıma eğrileri arasındaki iki bölge ise katı ve sıvı fazların birlikte olduğu bölgedir. Ötektik orandaki alaşıma ötektik alaşım denir. Ötektik alaşımların saf metaller gibi bir tek ergime ya da katılaşıma sıcaklığı vardır ve aynı metallerin diğer oranlardaki alaşımlarına göre en düşük ergime – katılaşıma sıcaklığına sahiptirler. Bunun nedeni farklı metal atomlarının birbirlerinin kristal kafes oluşturmaya engel olmasıdır. Sıcaklık katılaşıma sıcaklığına düştüğü zaman, her ikisi de aynı anda kristal kafeslerini oluşturmaya başlarlar. Şekil de görüldüğü gibi A ve B metaline ait alaşımı için ötektik oran %45 A % 55 B metalidir. Ötektik alaşımlar ergime derecesi düşük ve kendini çekme oranı az olduğundan, döküme elverişlidirler. Ayrıca iri taneli yapıları nedeniyle iyi mekanik özelliklere sahiptirler.

3. ALOTROPİ VE DEMİRİN ALOTROPİSİ (FAZ DÖNÜŞÜMLERİ)

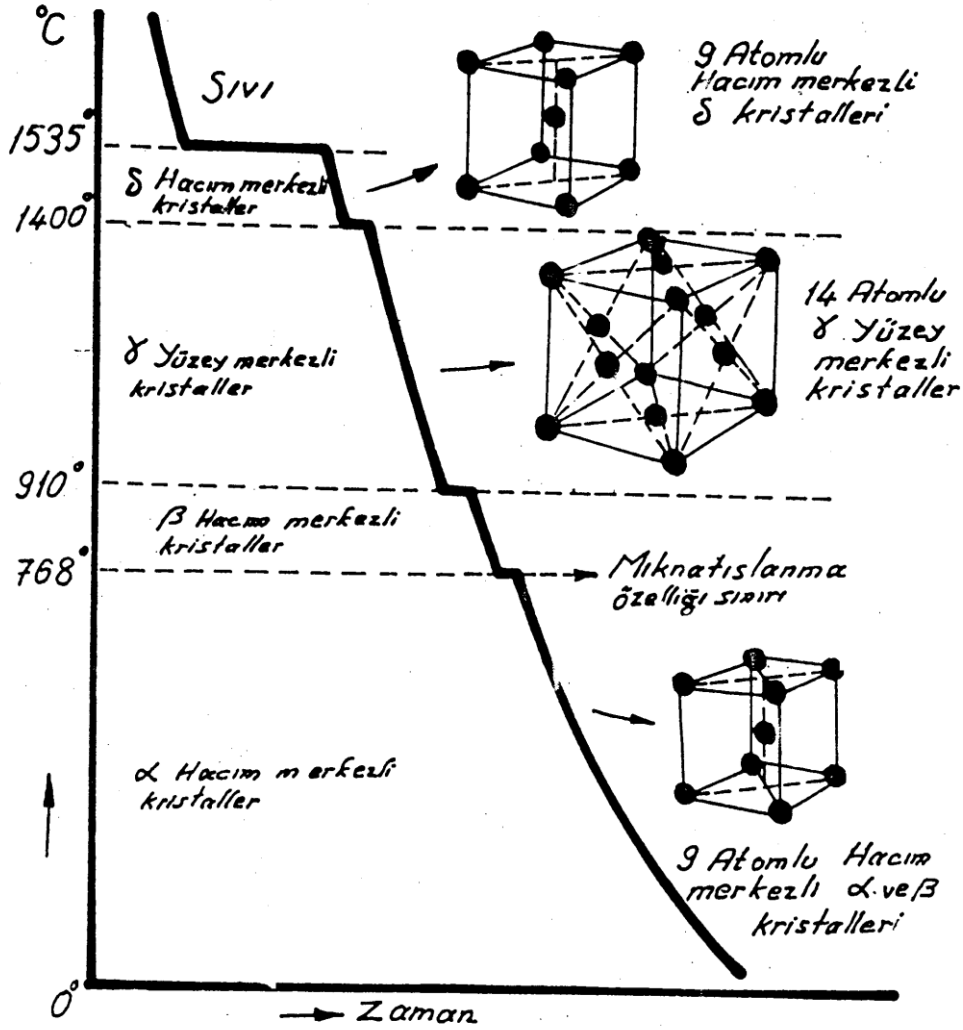
Alotropi yapının farklı sıcaklıklarda farklı faz ve kafes yapısına sahip olmasıdır. Demir, allotropik bir metal olup, allotropisi aşağıdaki şekil ile açıklanabilir.

Demir, oda sıcaklığı ile 910°C arasında ferrit fazında olup, hacim merkezi kübik kafes yapısına sahiptir. Yaklaşık 768°C sıcaklık sınırında manyetikliği biter. 910-1400°C arasında ostanit fazında olup, yüzey merkezli kübik kafes yapısına sahiptir. 1400-1535°C arasında ise δ fazında olup, 1535°C üzerinde ise sıvı fazındadır.

Demir ile birlikte kobalt, titan, mangan ve kalay metalleri diğer metallere göre farklı ve özel bir durum gösterirler. En belirgin farkları ise; bir noktada ergime ya da katılaşıma meydana getirmemeleridir. Bir metal bir noktada katılaşıma ya da ergime göstermiyor ve bu durumu denge diyagramında birden fazla noktada gösteriyorsa, söz konusu metal allotropik metaldir. Meydana gelen olay ise allotropidir. İncelendiği zaman birden duraklama göstermenin, yapı ve özellik değişimiyle ilgili olduğu görülür. Bu durum, söz konusu metallerin denge diyagramlarında bulunan eğrilerin çokluğuyla kendisini belli eder. Bir bakıma söz konusu metaller, katı eriyik ve iki fazlı alaşımların özelliklerini bir arada kendi bünyelerinde bulundurmaktadırlar.

3.1. Demirin Alotropisi

Demirin ergime derecesi 1535 C'dir. Demir ergime derecesinden, oldukça düşük sıcaklıklara kadar geçen sıcaklık süreci içerisinde, kristal kafes sistemini dönüştürme özelliğine sahiptir. Bu özelliği onun allotropik bir metal olmasına neden olur. Demirin allotropisini açıklayabilmek için eriyik halden oda sıcaklığına kadar geçen süre içerisinde, demirin yapısını incelemek gerekir. Eriyik haldeki saf demir 1535 C'nin altına soğutulursa, hacim merkezli kübik kristaller halinde delta demiri olarak katılaşır. Bu yapıda her demir atomu üç boyutlu çevresinde sekiz komşu demir atomu ile sarılmıştır. Dolayısı ile de kristal kafesi meydana getiren, dokuz atomlu bir kristal yapıdır.



Şekil demirin alotropi diyagramı

Soğumasını sürdüren saf demir, 1400°C'de atomların daha da yaklaşması ile aniden yüzey merkezli kübik kristal yapısındaki gama demirine dönüşür. Yeni yapıda 14 atom, bir kristal kafesi vardır. Bu sayede bir önceki yapıya göre daha sıkı paket bir yapı meydana gelir. Soğutma işlemi devam ettiği takdirde, 910°C'de tekrar bir duraklama noktasıyla karşılaşılır. Bu sıcaklıkta hacim merkezli kübik yeni kristaller oluşur ve bu yapıya alfa demiri denir. Alfa demiri, oda sıcaklığına kadar devam eden bir soğumada artık bir daha değişime uğramayan son kristal şeklidir. Gerçekte 768°C'de bir diğer duraklama daha vardır. Ancak bu sıcaklıkta herhangi bir kristal kafesi değişimi meydana gelmez. Demir bu noktada, ısıtma ve ergitme sırasında kaybolan manyetik özelliklerine tekrar kavuşur. Manyetik özelliklerdeki değişim alfa demiri ile aralarındaki tek farktır, bu demire beta demiri denir. Demirin kristal kafesinin yaptığı bu dönüşümler sırasında atomların

enerjiside değişir. Çünkü meydana gelen yeni kristal kafesi içerisinde daha küçük titreşimler yapması gerekebilir. Enerji kaybolmayacağına göre, bu durumda ısı enerjisi olarak malzeme bünyesinden ayrılması gerekir. Bu olay sürekli soğuma esnasında, katılma noktası altında durak noktalarının oluşmasına neden olur.

4.ÇELİK ve DEMİR SEMENTİT (KARBON) DENGE DİYAGRAMI

4.1. Demir Karbon İkilisi Terimleri

Allotropik bir metal olan demir, başka maddelerle alaşımlandırıldığında yine aynı kafes dönüşümleri meydana gelir. Fakat bu dönüşümlerin meydana gelme sıcaklıkları farklıdır. Çünkü alaşımı meydana getiren diğer elemanlar (özellikle karbon) saf demirin başta ergime derecesinin düşmesine neden olur. Alaşımlanmış demir, bu şekilde ötektik bir alaşımın gösterdiği davranışları sergiler. Demir kristal kafesinde yabancı atomlar gama alfa dönüşümünü daha yüksek ya da daha düşük sıcaklıklara kaydırabilirler yabancı atomların miktarı ne kadar fazla ise etkileride buna bağlı olarak büyük olur. Demirin en önemli alaşım elementi karbondur. Karbon ucuz bir elementtir ve düşük miktarlarda bile demirin özelliklerini yüksek oranda etkiler. Yüksek fırındaki üretim sırasında karbon demirin içerisine girer ve yaklaşık olarak %4 karbonlu ham demiri meydana getirir.

4.1.1.Ferrit

Yüksek fırın sıcaklığı yaklaşık 1600 C civarındadır. Bu sıcaklıkta, demir sıvı haldedir ve içindeki karbon eriyik içine karışmış durumdadır. Bir bakıma içerisindeki bütün karbonu çözülmüştür. Soğuma yavaş olursa, karbon atomları bir araya gelerek, kendi yapılarını meydana getirirler. Alaşımdaki tüm karbon miktarı yapı içinde grafit şeklindedir. Bu nedenle ferrit yapının görünüşü, karbonun demir kristalleri çevresinde toplanması şeklindedir. Silisyum miktarı iç yapının ferrit+grafit şeklinde olmasını kolaylaştırır. Sıcaklık düştükçe demirin karbon çözüldürme yeteneğinde düşme olduğu görül-mektedir. Katılmış demir gama kristal yapısında düşük oranda karbon çözüldürür. Alfa demirinde bu miktar hemen hemen sıfırdır. Hacim merkezli kübik kristal kafesinden oluşan alfa demiri pratik olarak hiç karbon çözüldürmediğinden saf demirdir ve ferrit adını alır.

4.1.2.Sementit

Sıvı demir ancak belirli bir miktar karbonu çözüldürebilir. Bu miktarın üst sınırı %6.67'dir. Demir ile karbonun yaptığı alaşım, metal ile bir elementin yaptığı alaşımdır. Karbon bir element olarak metallere ilgi gösterir ve karbür meydana getirebilir. Bir demir karbon alaşımı hızlı soğutulacak olursa , karbon kristalleşecek zamanı bulamaz ve demir karbür (Fe₃C) meydana gelir. Bütün kimyasal bileşiklerde olduğu gibi, saf demir karbürde, formülde (Fe₃C) gösterildiği miktardaki oranlardan meydana gelmiştir. İç yapı hızlı soğuma ile oluşur ve manganez oranı ile oluşumu kolaylaştırır. Demir karbür bileşiği daha çabuk kristalleşir ve kendine has karmaşık bir kristal kafesi meydana getirir. Demir karbürü metalürjide sementit adı verilir. Sementit, yapısında **%93.33 ferrit, %6.67 karbon** bulunduran bir bileşiktir. Özgül ağırlığı düşük, sert ve kırılmandır. 215⁰ C sıcaklıkta mıknatıslanma özelliğini kaybeder, sert ve kırılğan olduğundan biçimlendirilemez.

4.1.3.Perlit

Saf demirin 1400⁰ C'de başlayan gama kristalinden alfa kristaline dönüşümü 910⁰ C'de tamamlanır. Demir karbon alaşımlarında ise , bu sıcaklık oranlarında düşme söz konusudur. Özellikle alaşımın katı eriyik yaptığı %1.7'ye kadar karbon bulunan alaşımlarda , dönüşüm 723⁰ C'ye kadar kadar sürer. Dönüşüm katı eriyik şeklindedir ve karışım kristallerinden meydana gelmiştir. Bu karışım kristallerinin adı austenittir.

Austenit karışım kristalleri, gama kristallerinden meydana geldiği ve bunların 14 atomlu oldukları göz önüne alınırsa, 723⁰ C'de 9 atomdan meydana gelen alfa kristallerine dönüşme esnasında, bir grup karbon atomunun dışarıda kalması gereği ortaya çıkar. Karbon atomları, başlangıçtaki austenit içerisinde, ferrit arasında plaka şeklinde ayrışır. Her austenit tanesinde, bu yolla ferrit ve sementit tabakalarından oluşmuş bir perlit tanesi meydana gelir. Perlit mikroskop altında incelendiğinde, parlak ve parmak izi şeklinde bir görüntü verir. Parlaklığından ötürü doku, İngilizce'de inci(pearl) anlamına gelen perlit adını almıştır.

4.1.4.Ötektik-Ötektoit

Saf demir 1535⁰ C'de eriyik haline geçmektedir. Saf demir bu sıcaklığın altında katı, üzerinde ise sıvıdır. Bu değerler sadece saf demir için geçerli olmaktadır. Saf demir karbon ile alaşımlandırıldığında ergime derecesi, iç yapısında bulunan karbona bağlı olarak, 1147⁰ C'ye kadar düşer. Karbon demirin ergime derecesini düşürür. Diğer yandan demirde, demir karbürün (sementit) ergime noktasını düşürür. Demir karbon denge diyagramında bu düşüş likidus eğrisiyle belli olur. Likidus (sıvılaşma) eğrisi V şeklindedir. Bu eğrinin üzerindeki her bileşimdeki alaşım sıvı haldedir. Alt taraftaki çizgi katılaşıma (solidüs) eğrisidir. Bu çizginin altındaki her alaşım katı haldedir. Bu iki eğri arasında alaşımların katılaşıma (veya ergime) bölgesi yer alır. Ancak saf bileşenler ya da belirli bir bileşimdeki alaşım ortak tek bir katılaşıma noktasını gösterir. Demir karbon diyagramında bileşen oranları %4.3 karbon ve %95.7 demirdir. En düşük ergime derecesine sahip demir karbon alaşımı içerisinde %4.3 oranında karbon bulunur. Bu alaşım ötektiktir.Yani alaşımı oluşturan elemanların ergime ve katılaşıma noktaları tek bir noktada birleşmiştir. Bütün diğer demir karbon alaşımları bir katılaşıma aralığına sahipken, ötektik noktada (%4.3 karbon) bu aralık yoktur. Bu nedenle de ötektik demir karbon alaşımları dövülmeye ve kaynakla birleştirmeye uygun değildir. Ötektiğe yaklaştıkça da, alaşım ötektik özelliklerini artırır. Demir karbon alaşımlarında ötektik bölge, %1.7 ila %6.67 karbon sınırları için-de kalır. Ötektik bölge, ötektik altı ve ötektik üstü olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Austenit katı eriyiktir.14 atomlu yüzey merkezli kübik gama karışık kristallerinden meydana gelmiştir.Bu kristal yapı 1147 C sıcaklıkta, kendi ağırlığının %1.7 si kadar karbonu iç yapısına alabilme yeteneğine sahiptir. Daha düşük sıcaklıklarda, karbon çözündürme yeteneği düşüktür.

Örneğin; 723⁰C'de karbon çözündürme yeteneği, 0.85 karbon oranıyla kristal yapısını tamamlar. 723⁰ C ve 0.85 karbon oranı, austenit yapının katılaşmasını tamamladığı noktadır. Bir bakıma austenit yapı, bu noktada ideal yapısına varmış; böylece bir ötektik yapmış olur. Ancak ortaya çıkan ötektik katı eriyik içinde meydana geldiğinden austenit yapısını bu oluşumu ötektik olmaktan çıkar ve yeni adı olan ötektoitte dönüşür.

Gama kristal dönüşümlerinin, saf demir ve karbon ile alaşımlandırılmış demirde farklı olmasından ötürü, austenit yapının alt sınırı bir V harfini oluşturacak şekilde likidus eğrisine benzer bir eğri verir. Bu eğri austenit yapının sonunu teşkil eder.

Austenit yapının yapmış olduğu ötektoit, demir karbon denge diyagramının çelikler bölgesinde meydana gelir.Tüm bunlar bir araya geldiğinde çelik çeşitlerinin bir grubu ortaya çıkar. Ötektoit altı ve üstü çelikler.Çünkü ötektoit altı ve üstü çelik yapısı, birbirinden oldukça farklı özellikler gösterir. Bunlara perlit altı ve perlit üstü çeliklerde denir.

4.1.5.Austenit

İç yapısında %0 ila %1.7 arasında karbon bulunan bütün demir karbon alaşımları likidus eğrisinin altına indiklerinde, yani katılaşımaya başladıklarında, katı eriyik oluştururlar. Katı eriyiğin en önemli özelliği karışık kristallerden meydana gelmesi ve alaşımı oluşturan elemanların, birbirleri içinde çözünmesidir. Demir karbon alaşımında, ana eleman demir olduğundan, demir, karbon atomlarını kendi kristal kafesi içinde çözündürür. İç yapısında %0 ila %1.7 karbon bulunan alaşımda, likidus eğrisi altına inildiğinden sıvı içinden karışım kristalleri ayrışmaya başlar. İlk başlarda Karbonca fakir olan bu kristaller, devam eden büyüme sonucu gittikçe karbonca zenginleşir. Aynı zamanda geriye kalan sıvının miktarı da azalmaya başlar. Karışım kristalleri sıvıyı emer. Katılaşıma bir süreci gerektirir ve diyagramda görüldüğü üzere G S E çizgisinde sona erer.

Katılaşma sona erdiğinde, tamamen karışım kristallerinden meydana gelen bir iç yapı oluşur. Bu yapıya austenit ismi verilmiştir. Austenit katı eriyiktir. 14 atomlu, yü-zey merkezli kübik karışık kristallerinden meydana gelmiştir. Birim kafesi oluşturan kübün tam ortasında bir karbon atomu vardır. Aynı karbon atomu, ara yer atomu olarak karışım kristallerini meydana getirir. Gama kristal kafeslerinin ara yerlere yerleşen ilave atomları, içlerine alma yetenekleri sınırlıdır. 1147⁰ C'de gama kristallerinin içlerine alabilecekleri karbon üst sınırının, kendi ağırlıklarının, %1.7'si kadar olduğu bilinmektedir. 1147⁰ C'da %1.7 oranında karbon çözüdüren austenit yapı, daha düşük sıcaklıklarda daha az karbon çözüdürecektir. 723⁰ C'de gama kristallerinin karbon çözüdürme oranı %0.85 dir. Austenit bölgeye yakın yerler, austenitin özelliklerinden etkilenir. Karbon miktarı düştükçe, austenit ile saf demir olan ferritin; karbon oranı yükseldikçe sementitin etkisi birlikte görülür. Demir karbon diyagramında austenit sağı ferrit+austenit, sol taraf ise austenit+sementit olarak tanımlanır.

4.1.6.Ledeburit

Demir karbon ikilisinin terimlerinden biri olan ötektik hakkında bilgi verirken, ötektik sıcaklığın 1147⁰ C ve karbon miktarının da %4.3 olduğu bilinmektedir. Bu değerler, demir karbon alaşımının ötektik özelliklere sahip olduğu yerdir ve denge diyagramında yataya dik çizilen düz bir çizgiyle belirlenmiştir. Demir karbon alaşımının yapmış olduğu ötektiği, diğer bazı alaşımlar, farklı değerlerde gösterebilir. Bir bakıma ötektik oluşumu demir karbon alaşımına has bir özellik değildir. Ancak demir karbon denge diyagramındaki ötektiğin, demir karbon alaşımına has olduğu bir gerçektir. Tüm bunlar bir araya geldiğinde, ötektiğin demir karbon denge diyagramındaki adı ledeburit olmaktadır.

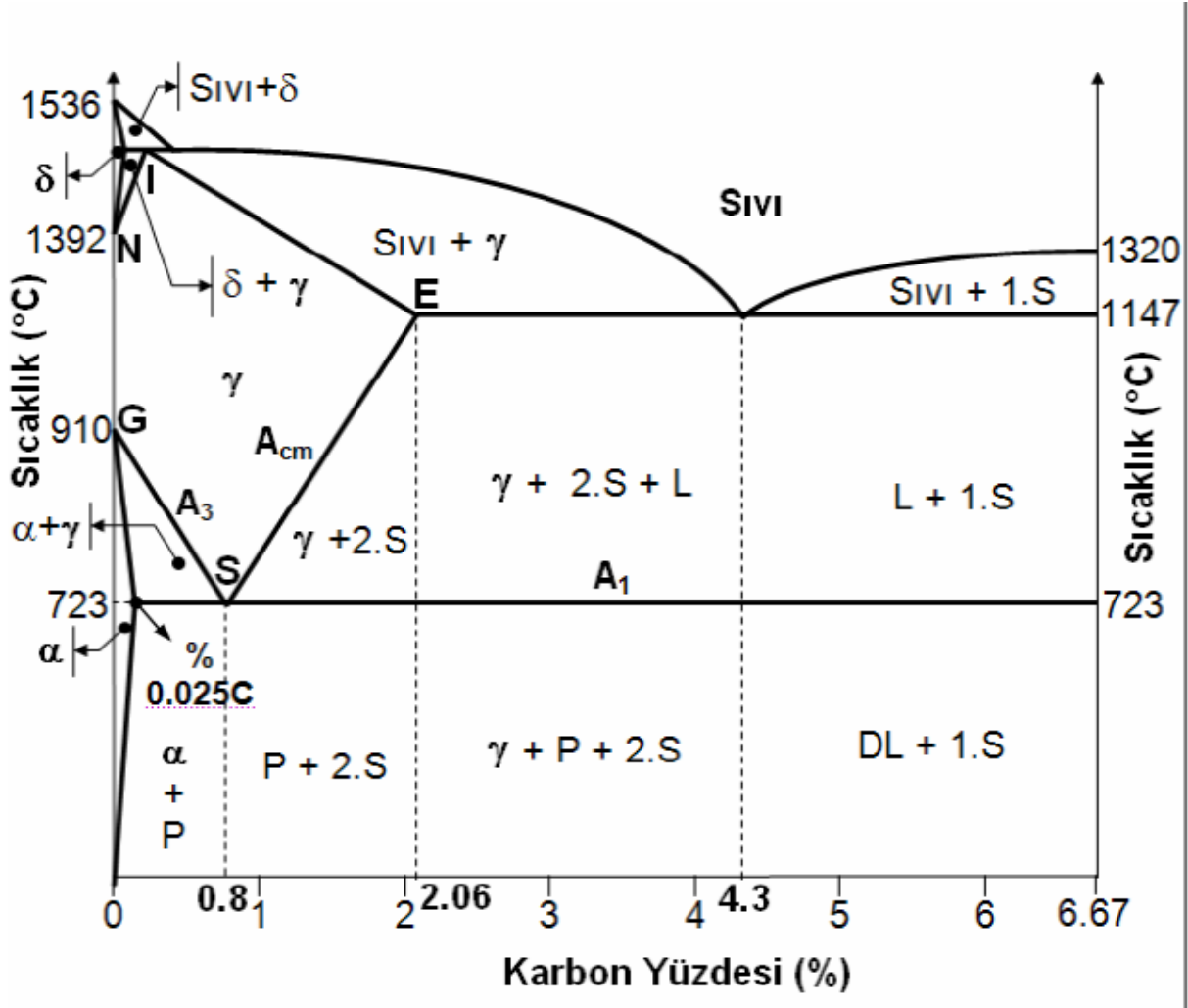
Saf demirin yapısı, ergime derecesinden, katılaşmanın tamamlandığı noktaya kadar bir dizi değişim süreçleri yaşar. Demir alaşımlarında da bu süreci görmek mümkündür. Demirin en önemli alaşımı olan karbon dönüşüm sıcaklıklarını düşürür ve ortaya, değişik karbon miktarlarında değişik özellikler gösteren alaşımlar çıkar. Demir karbon denge diyagramı, alaşımların gösterdiği yapı değişimlerini bizlere sunması bakımından önem taşımaktadır.

Demir karbon denge denge diyagramı, yatayda üç gruba ayrılmıştır: Çelikler, ötektik altı alaşımlar ve ötektik üstü alaşımlar. Sıvı halden katı hale geçiş sürecinde, bu üç grubu meydana getiren alaşımlar, kendi aralarında benzer davranışlar sergiler. Bunlar içinden çelikler, endüstride kullanım alanlarının genişliği bakımından önemlidir. Demir karbon denge diyagramında, karbon oranı %0 ila %1.7 arasındaki bütün alaşımlar **çelik bölgesini** meydana getirir.

Çelik, yalın olarak demir ve karbondan meydana gelmiş bir alaşımdır. Ana alaşım elemanı demirdir. Sıvı çelik alaşımı, saf demirde olduğu gibi 9 atomlu hacim merkezli kübik kristal kafesinden meydana gelmiştir. Demir karbon denge diyagramındaki likidus eğrisinin altına sıcaklık indiği anda, delta kafes yapısına sahip alaşım, gama kafes yapısına dönüşür. Gama kristal kafesi 14 atomdan meydana geldiği için, diğer kafes yapılarına göre daha fazla oranda karbonu içine alabilecek yapıdadır. Bu oluşuma sıvı haldeki çeliğin sıcaklığından kaynaklanan difüzyon olayı neden olur. Başlangıçta karbon yönünden fakir olan kristaller, deltadan gama kristallerine dönüşme sırasında karbonca zenginleşmeye başlar. Diğer yandan çelikte katılaşma sürecine girmiştir. Gama kristal kafesi içinde bulunan karbon atomları, demire ait kristal kafes sisteminin boşluklarını doldurur. Ortaya çıkan yapı, küçük olan karbon atomlarının, daha büyük olan demir atomlarından kalan boşluklara yerleşmesi şeklindedir. Araya yerleşme şeklinde meydana gelen kristal kafesi, karışım kristali olarak adlandırılır. Demir karbon alaşımlarında meydana gelen karışım kristalleri 14 atomlu yüzey merkezli kübik yapıdadır. Gama karışım kristallerinin ara yerlerine yerleşen karbon atomlarını bünyesine alabilme yeteneği sınırlıdır. Yapılan araştırmalar, gama kristallerinin, ağırlıklarının %1.7 si oranında karbonu çözüdürebildiklerini tespit etmiştir. İç yapısında %1.7'ye kadar karbon bulundurabilen karışım kristalleri, katılaşma tamamlandığında austenit bir yapıya sahiptir. Bu yapıya aynı zamanda karbonun demir içindeki katı eriyiği de denilmektedir. Austenitin katılaşmasını tamamladığı bölge, diyagram üzerinde bir V (GSE) eğrisi yapar. Bu eğri ötektik yapıdaki alaşımların diyagramlarındaki likidus eğrisiyle benzer özellikler taşır. Austenit

katılaşmasını 723⁰ C ve %0.85 karbon oranında tamamlayarak, bir ötektik oluşturur. Tüm bu olaylar, alaşım katı eriyik olduğu durumda meydana geldiğinden, ötektit adını alır. Ötektit sınır, austenitin ötektik yaptığı yerdir. Diyagramda yataya çizilen düz bir çizgi ötektiti iki gruba ayırır. Bunlar ötektit altı ve ötektit üstü alaşımlardır.

4.2. Demir Karbon Denge Diyagramı



Şekilde görülen denge diyagramı karbonun yapı içinde değişen oranlarına göre çizilmiş olup, karbon oranının 0,02 ile 2,06 arasındaki bölge çeliklere 2,06 – 4,3 arası ise dökme demirlere ait olan bölgedir.

α (Ferrit Fazı) = Saf demirin oda sıcaklığı ile 910 °C arasındaki sünek yapıdaki fazıdır. Sünekliliği geliştirir. Dayanımı düşürür.

(HMK) V GSE (Austenit) = Saf demir ve çeliğin yapısında bulunan 910 – 1400 °C arasındaki faz olup kafes yapısının değiştiği ve ısı işlemlerinin yapıldığı bölgedir. Sünektir ve mekanik dayanımı düşürür.

(YMK) Fe₃C (Sementit) = 3 demir 1 karbon atomunun bileşiminden oluşan ve yapıya sertlik ve dayanım veren bir ara fazdır. Sertliği, aşınma dayanımını ve korozyona direnci artırır. İşlenebilirliği azaltır.

Ö (Ötektit nokta) = Karbon oranının %0,8 olduğu yapıyı %100 Perlit olduğu ve katıdan başka bir katı fazın oluştuğu noktadır.

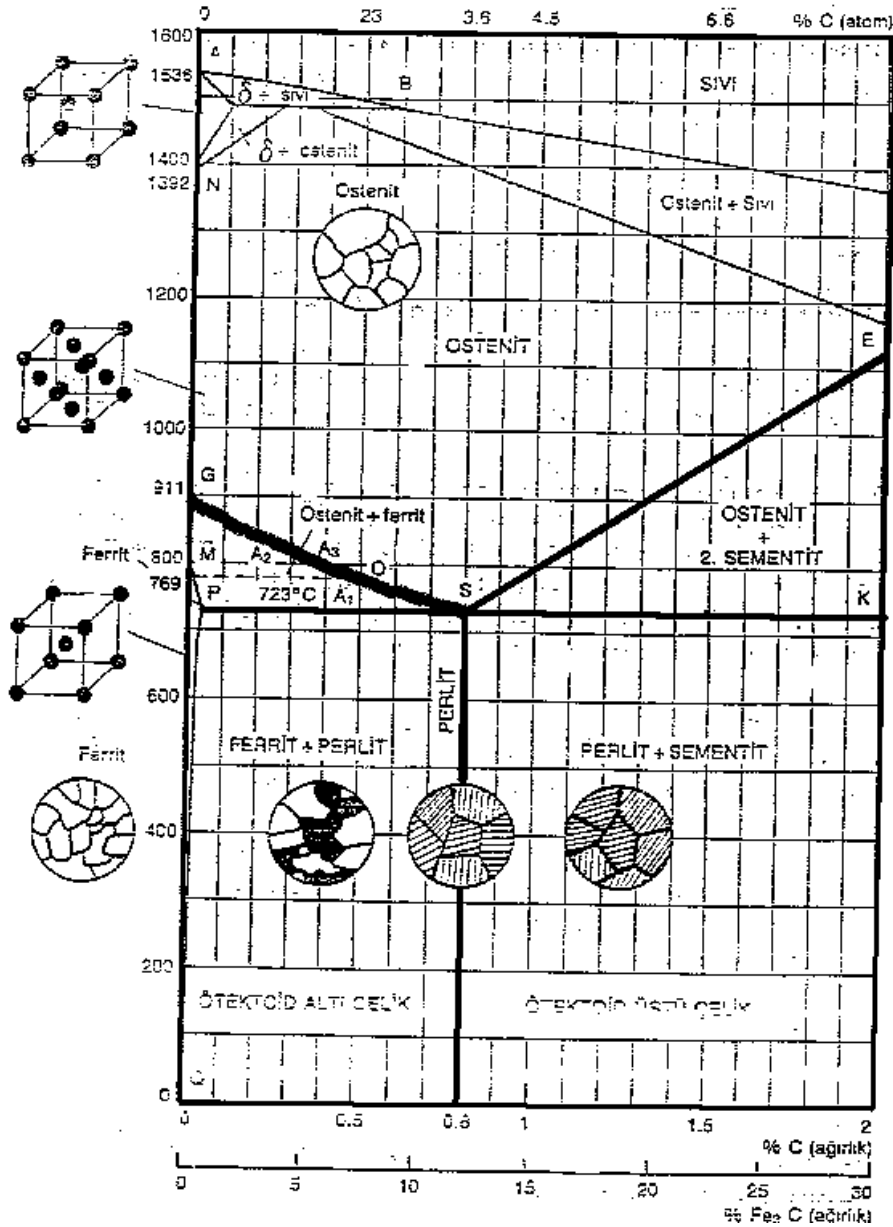
Perlit = Çeliklerin yapısında bulunan ferrit ve sementit in bileşiminden oluşan bir katmansız fazdır. Kırılganlığı artırmaksızın mekanik dayanımı artırır. İşlenebilirliği iyidir.

P (Ötektik nokta) = Karbon oranının %4,3 yapısının %100 Ledeburit olduğu ve sıvıdan katı, katıdan sıvı dönüşümünün gerçekleştiği bir noktadır.

(Ledeburit) = Dökme demirlerin yapısında bulunan Austenit ve Sementit fazlarının bileşiminden oluşan iri yapılı, akıcılığı yüksek sertliği ve gevrekliği de yüksek olan bir fazdır. Sementit ve perlite dönüşür. Sertliği ve aşınmaya direnci artırırken, işlenebilirliği düşürür.

A1, A3, ve ACM Çizgileri ısıtılarda kullanılan noktalardır.

4.3. Demir Karbon Denge Diyagramının Çelik Bölgesinin İncelenmesi



5 . ÇELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

Çelikleri beş grupta sınıflandırabiliriz;

- 1-Üretim yöntemine göre
- 2-Kullanım alanlarına göre
- 3-Kimyasal bileşimlerine göre
- 4- Kaliteye göre
- 5-Sertleştirilme ortamlarına göre

5.1.Üretim Yöntemine Göre

Çelikler Bessemer- Thomas, Siemens-Martin, Oksijen konvertör ve benzeri yöntemlerle üretilir. Çelik hangi yöntemle üretilmiş ise o ismi alır, Siemens Martin çeliği gibi.

5.2.Kullanma Alanlarına Göre

Çeliklerin taşıdıkları özellikler oldukça fazladır. Bu nedenle her çelik kendi özelliğine uygun yerde kullanılır ve kullanıldığı yere göre isim alır. Takım çeliği, yay çeliği gibi.

5.3.Kimyasal Bileşimine Göre

Bu grupta çelikler, içerisindeki elemanlara göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar;

5.3.1.Sade Karbonlu Çelikler: İçinde yalnızca karbon bulunan çeliklerdir. Şu şekilde sınıflandırılır.

• **Ötektik Altı Çelikler;** içerisinde %0,85'den az karbon bulunan çeliklerdir.

- Yumuşak çelikler (%0,1 – 0,2 karbonlu çelikler)
- Az karbonlu çelikler (%0,2 – 0,3 karbonlu çelikler)
- Orta karbonlu çelikler (%0,3 – 0,85 karbonlu çelikler)

• **Ötektik Üstü Çelikler;** içerisinde %0,85'den fazla karbon bulunan çeliklerdir.

5.3.2.Katkılı Çelikler: İstenilen özelliklere sahip olabilmeleri için içlerine katkı elemanları eklenerek elde edilen çeliklerdir. Katkılı çelikler de kendi aralarında şu şekilde sınıflandırılır.

• **Basit Alaşımli Çelikler;** Bu tip çeliklerde katkı elemanı olarak karbondan başka yalnızca bir eleman vardır. İçerisinde Nikel varsa Nikelli çelik, Krom varsa Kromlu çelik gibi adlar alırlar.

• **Çift Alaşımli Çelikler;** Bu çeliklerde karbondan başka iki çeşit katkı elemanı vardır. Buna göre adlandırılırlar. Örneğin Krom-Nikelli Çelik gibi.

• **Çok Alaşımli Çelikler;** Bu çeliklerde katkı eleman sayısı sınırlı değildir. Çelikte istenildiği kadar katkı elemanı bulunabilir.

5.4 Kaliteye Göre

Kalitesi dikkate alındığında çelikler aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.

- Biçimlendire özelliği bakımından (dökmeye ve dövmeye elverişli çelikler gibi.)
- Yapısal özellikleri bakımından (Korozyona, ısıya, aşınmaya dayanıklı çelikler gibi.)
- Mikroskobik yapı bakımından (Ferritik, Perlitik çelikler gibi.)

5.5 Sertleştirme Ortamlarına Göre

Çeliklerin sertleştirilmesinde kullanılan sıvı, yağ ve havaya göre isimlendirilir. Örneğin su çeliği, yağ çeliği, hava çeliği gibi.

5.6 Alaşımli Çelikler:

Çeliklerin ana yapısında bulunan Fe, C, S, P, Si, Mn v.b elementler dışında ilaveten Cr, Ni, W, Mo, v.b elementler ilave edilerek yapı alaşımlandırılır. Alaşım elementleri ile yapı bir takım ekstra özellikler kazanmış olur. Bunlar;

- 1- Korozyona karşı direnç artar
- 2- Dayanım değerleri artar
- 3- Sertlik değerleri yükselir
- 4- Mıknatıslanma özelliği artar
- 5- Isıl işlem ile sertleşebilirlik kolaylaşır
- 6- Yüksek sıcaklıklara karşı direnç artar
- 7- Isı etkisi altında genleşme ayarlanır
- 8- Elektrik direnci artar
- 9- Yapının çekirdeğe kadar sertleşmesi sağlanır
10. Kristal yapısı incelir.

6-DÖKMEDEMİRLER

6.1 Giriş

Dökme demir eski Çinlilerin demir madenini eritirken karbon içeriğini yükseltmeleri sonucu 3000 yıl önce ürettikleri esas maddedir. Bu onların erime sıcaklığını 1150 ° C ye kadar düşürmelerini sağladı. Böylece akışkan metal etkili ve verimli şekilde dökülebildi.

Döküm endüstrisinin en yüksek tonaja sahip ürünü dökme demirlerdir. Dökme demirlerin iyi bir mühendislik malzemesi oluşu ve üretim maliyetinin düşük olması bu malzemenin yüksek miktarda kullanılmasının en başta gelen nedenlerinden biridir. Dökme demirler çok geniş bir aralıkta değişen mukavemet, sertlik, işlenebilirlik, aşınma direnci, korozyon direnci ve diğer özelliklere sahip olabilirler. Özet olarak dökme demirler grubunun çok değişik mühendislik özellikleri sağlaması, bu malzemenin kullanış sahasının genişliğine devamlılığına neden olmaktadır.

Yüksek fırından alınan ham demir, dayanıksız ve kırılmandır. Makine imalatında ve konstrüksiyon işlerinde kullanılmaya elverişli değildir. Genel olarak ham demir yüksek fırından alındıktan sonra büyük potalara dökülür daha sonra kupal ocaklarına gönderilerek döküm işlerinde kullanılmak üzere dökme demirler elde edilir veya çelik fırınlarında çelik elde edilir.

6.2 Dökme Demirler (GE,DD)

Yüksek fırından elde edilen hamdemirin kupal ocaklarında karbonunu yakarak %1.7 ila %3,5 e kadar düşürmek suretiyle elde edilen, düşük sıcaklıklarda ergiyen akıcı türüne dökme demir adı verilir. Ergime sıcaklığı yaklaşık 1250 ° C dir. Kendini çekme $k=1\sim 2$, yoğunluk $d=7.2-7.4 \text{ g/cm}^3$, $\%C>\%2$ dir. Yalnızca döküm işlerinde kullanılır. İçerisinde Karbonun yanı sıra Silisyum(Si), Manganez(Mn), Kükürt(S), ve Fosfor (P)vardır. Dökme demirlerde C nin yanısıra Si de bulunduğu ve soğuma hızının yavaş olması nedeniyle katılma sırasında C elementel yani

grafit halinde katılır. İçerisindeki C'nin sementit halinde olması nedeniyle çok serttir, dövülerek biçimlendirilemez. Dökme demirler birçok farklı özellik içeren bir demir alaşım ailesidir ve isimlerinden de anlaşılacağı gibi, katı halde çalışılmayıp istenilen şekle dökülerek getirilirler. %2 den ve genellikle %1 den de daha az C içeren çeliklerin aksine %2~%4 arası C ve %1~%3 arası Si içerirler. Belirli özellikleri kontrol etmek ve çeşitlendirmek için başka metalik ve ametalik alaşım elemanları da ilave edilir. Kimyasal yapının yanı sıra özelliklerine etki eden diğer önemli faktörler katılma işlemi, katılma derecesi ve ısıl işlemlerdir. Dökme demirler mükemmel dökme alaşımları olurlar, geniş bir güç ve sertlik yelpazeleri vardır bununla birlikte makinede kullanılmaları da kolaydır. Aşınmaya, çizilmeye ve oksitlenmeye karşı alaşımla kullanıldıkları takdirde büyük direnç gösterirler. Yaygın kullanımları daha düşük fiyatlı oluşlarına ve işlenebilir özelliklerine bağlıdır. Yeni malzemelerin yarattığı rekabete rağmen dökme demirler ekonomik ve binlerce mühendislik uygulamasına uygun malzemeler olduklarını kanıtlamışlardır. Yani dökme demirler düşük maliyeti döküme elverişliliği ve yüksek basma dayanımları sebebiyle geniş kullanma alanına sahiptirler.

Eğer başka katkı elemanı yoksa dökme demirde en az %1.7 C bulunur. Dokuda %1.7 den az C varsa bu malzeme dökme demir değildir ve dokuda ötektiklik yoktur. Dökme demirdeki yabancı maddeler ve katkı elemanları bulunduğu zaman C miktarı daha düşük olabilir. Eğer dökme demirde %2 Si bulunuyorsa C miktarı %1.7 den %1.1 e düşmektedir.

Dökme işlerinde kullanılan bu malzeme içinde silisyum fazla ise ESMER KIRDÖKÜM adı verilir. Mn fazla ise BEYAZ DÖKMEDEMİR adını alır. Kupal ocaklarında bir kat kok , bir kat ham demir, ve bir kat kireçtaşı konulmak suretiyle fırına alttan gönderilen basınçlı soğuk hava yardımı ile üç saat içerisinde ergiyik dökme demir fırından alınır. Gerekirse fırına hurda malzemeler ve katık elemanlar da konulabilir.

Dökme demir ismi gerçekte özellikleri birbirinden oldukça farklı malzemelerin meydana getirdiği ailenin veya grubun soy adıdır. Genel olarak dökme demirler %4 e kadar C ve %3.5 e kadar Si içeren bir demir alaşımı olup dökülmüş halde sünek değildir. Dökme demir çeliğe nazaran daha fazla C(>%1.7), Silisyum(Si), Manganez(Mn), Kükürt(S), ve Fosfor (P) içerir.

6.3 Dökme Demirlerin Çeliğe göre avantajları

- Çelikten daha ucuzdur
- Sıvı halde akışkan olduğundan dökümü kolaydır.
- Daha kolay torna olur
- Daha zor aşınır.
- Titreşimi durdurur.



6.4 Dökme Demirlerin Çeliğe göre dezavantajları ise;

- Gevrekler darbe karşısında kırılır.
- Yüksek sıcaklıklarda dayanıksızdırlar.

- Genellikle dökme demirler, çelikten daha dayanıksız olmakla birlikte mekanik özelliklerini şu metotlarla geliştirmek mümkündür.

6.4.1 Zeminin mukavemetini arttırmak.

- Isıl işlem yapmak suretiyle, bu pahalı bir metottur.
- Alaşım yapmak suretiyle.

6.4.2 Grafitin şeklini değiştirmek

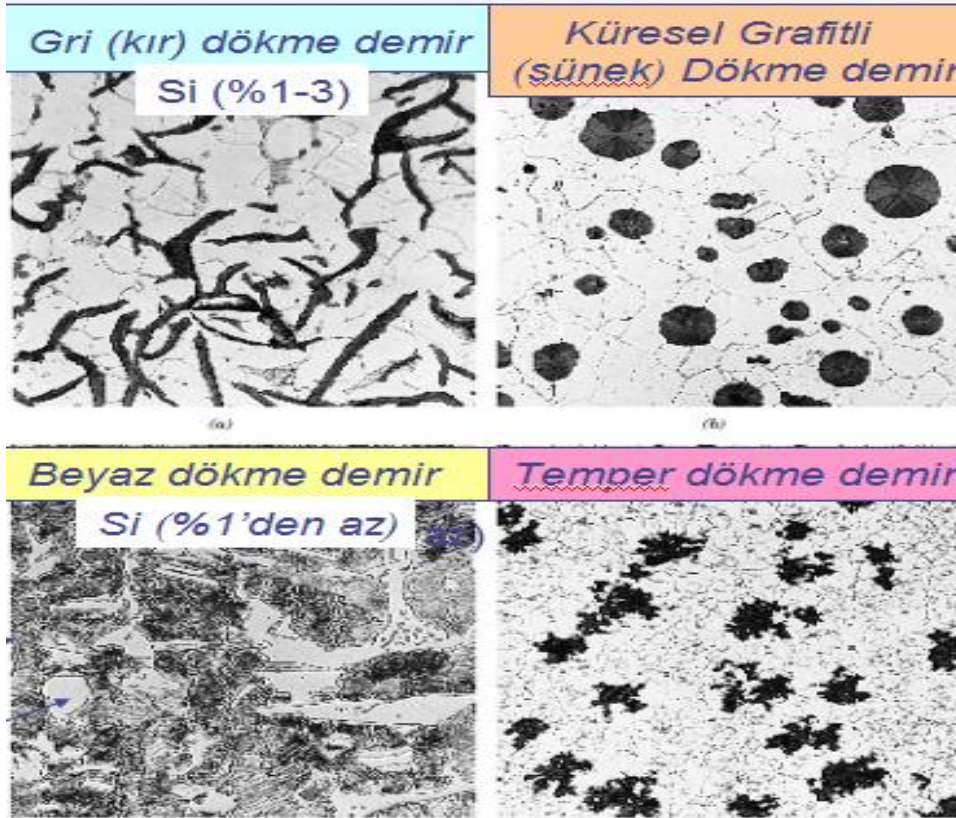
Normal olarak dökme demirler katılaştırırken Fe₃C ferrit ve grafitte ayrışır. Bu grafit büyük levha halindedir. Grafitin şeklini değiştirmek ve böylece mukavemetini arttırmak mümkündür (sfero döküm)

6.4.3 İstenmeyen S, P gibi yabancı maddeleri azaltmak

Demir içindeki Kükürt, Demir ile FeS bileşimini meydana getirir. FeS tane sınırlarında bulunur ve demirin çabuk kırılmasına sebep olur. Demirdeki S miktarını iki yöntemle azaltmak mümkündür. Demirin cürufu alındıktan sonra sıvı halde iken içine soda (Na₂CO₃) edilir. Sodyum, kükürt ile birleşerek Na₂S meydana getirir ve sıvının yüzünde toplanır. Bu yüz alınarak demirdeki kükürt azaltılmış olur. Bu şekilde kükürt miktarını %0.7 den %0.08 e düşürmek mümkündür.

Sıvı demire ferromanganez ilave edilir. Mn, S ile birleşerek FeS yerine MnS oluşturur. MnS tane sınırlarında tanenin içinde dağılmış şekilde olduğundan FeS teki gibi demirin çabuk kırılmasına sebep olmaz. Si ve C faydalı elementler olup demire istenerek ilave edilir. Eğer Fosfor %0.1 den az ise demirin darbeye karşı dayanımı iyidir. Bu miktardan fazla ise dayanımı iyi değildir. Fakat Fosfor sıvı demirin akışkanlığını arttırdığından dökümü kolaylaştırır. Eğer karışık şekilli döküm yapılmak isteniyorsa ve bu dökümün darbeye karşı mukavemeti önemli değilse Fosfor ilavesi yapılır.

6.5 Dökme Demirin Özellikleri



6.5.1 Gri Dökme Demirler

%2.5-4.0 C ile %1-3 Si içerirler. Grafitler lamel veya yaprak şeklindedir ve bunlar ferritik veya perlitik ana yapıyla sarılmış (çevrelenmiş) yapıdadır. Kırık yapıda grafitler gri renkte görüldüklerinden bunlara gri dökme demir denir.

Grafitlerin gerilme artırıcı özellikleri nedeniyle gri dökme demirlerin çekme dayanımları düşüktür ve gevrektiler. Basmada dayanımları ve süneklikleri ise iyidir. Titreşim söndürme kabiliyeti iyidir. Aşınmaya dirençlidirler, döküm kabiliyeti çok iyidir.

6.5.2 Küresel Grafitli Dökme Demirler

Dökümden önce gri dökme demire az miktarda ~% 0.5 Mg (mağnezyum) veya Ce (seryum) katılırsa, küresel veya nodül (sfero) şekilli grafitler oluşur. Bunlar, ısı işleme bağı olarak ferritik veya perlitik ana yapıda bulunur. Küresel grafitli dökme demirlerin mukavemetleri ve süneklikleri, gri dökme demirlerle kıyaslandığında oldukça yüksektir. Valfler, pompa gövdeleri, krank milleri dişliler ve diğer otomobil ve makine parçalarının üretiminde kullanılırlar.

6.5.3 Beyaz Dökme Demirler

Düşük Si (%1'den az) miktarı ve hızlı soğuma şartlarında karbonun önemli bir kısmı grafit yerine, sementit olarak bulunur. Bu dökme demirin kırık yüzeyi beyaz görüldüğünden, beyaz dökme demir denir. Beyaz dökme demir, yapısında bulunan fazla miktardaki sementit nedeniyle çok sert ve kırılğandır. Taşlama dışında işlenemezler. Temper dökme demirlerin üretiminde kullanılırlar.

6.5.4 Temper Dökme Demirler

Beyaz dökme demirden dolayı olarak elde edilirler. Yıldız şekilli grafitler nedeniyle, gri dökme demire göre daha mukavemetli ve sünektirler. Siyah Temper Dökme Demirler: Beyaz dökme demir parçalar nötr bir ortamda (ör. kuvars kumu) 900-950 °C' a ısıtılması ve bu sıcaklıkta uzun süre (~20 saat) beklettikten sonra yavaş soğumayla elde edilirler. İşlem esnasında sementit ayrışarak, rozet şekilli temper grafitler oluşur. Soğuma hızına bağı olarak ana yapı ferritik veya perlitik olabilir.

6.5.5 Beyaz Temper Dökme Demirler

Beyaz dökme demir parçalar, oksitleyici bir ortamda (ör. Tufal-Fe₂O₃) ~1000 °C sıcaklıkta yaklaşık 80 saat süreyle tavlınır. Bu durumda yüzeydeki C, O₂ ile birleşerek karbon yanması olur. Yüzeyde, karbon tamamen yanarak yapı ferrite dönüşür. İç kısma doğru gittikçe, azalan ferrite karşılık, gittikçe artan oranlarda perlit ve temper grafiti meydana gelir. Bu tür parçalar, gerektiğinde kolayca kaynak edilir.

6.6 Kimyasal Bileşim

Dökme demirlerin kimyasal bileşimlerinin kaba sınırları aşağıdaki tabloda verilmiştir

Element	Karbon	Silisyum	Manganez	Kükürt	Fosfor
Gri Dökme Demir	%2.5-4.0	%1.0-3.0	%0.4-1.0	%0.05-0.25	%0.05-1.0
Beyaz Dökme Demir	%1.8-3.6	%0.5-1.9	%0.25-0.80	%0.06-0.20	%0.06-0.18
Yüksek dayanımlı Gri dökme demir	%2.8-3.3	%1.4-2.0	%0.5-0.8	%0.12(max)	%0.15(max)
Küresel Grafitli Dökme Demir	%3.0-4.0	%1.8-2.8	%0.15-0.90	%0.03(max)	%0.10(max)

Tablodan görüldüğü gibi aynı kaba bileşim sınırları içinde birbirine yakın bileşimde fakat değişik özelliklere sahip dökme demirler bulunmaktadır. Dökme demirlerin özellikleri ve kullanılışları üzerinde kimyasal bileşimin etkisi büyük ölçüde iki alaşım elementine(C ve Si) ve bunların grafit oluşumuna olan etkilerine bağlıdır. Her iki element de artan % lerde grafit oluşumunu artırıcı rol oynarlar. Karbon dökme demirde demir karbür (sementit) halinde bulunabilir ve bu durumda birleşik karbon olarak tanımlanır, veya serbest şekilde grafit halinde de oluşabilir; dolayısıyla grafitleşme olayı ya serbest karbonun çökmesi ya da kimyasal bileşik halindeki karbonun serbest hale dönüşmesi olayıdır. Grafitleştirici elementler grafit oluşumunu teşvik ederler.

7-KOMPOZİT MALZEMELER

7.1 Giriş

İstenen amaç için tek başlarına uygun olmayan farklı iki veya daha fazla malzemeyi istenen özellikleri sağlayacak şekilde belirli şartlar ve oranlarda fiziksel olarak, makro yapıda bir araya getirilerek elde edilen malzemeye kompozit malzeme denir.

Birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacıyla bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denir. Cam elyafı poliyester levhalar, çelik donatılı beton elemanlar, otomobil lastikleri ve seramik metal karışımı olan sermentler bunlara örnektir.

İç yapıları çıplak gözle incelendiğinde (makroskobik muayene) yapı bileşenlerinin seçilip ayırt edilmesi mümkündür. Yapılarında birden fazla sayıda fazın yer aldığı klasik alaşımlar ise makro ölçüde homojen olmalarına rağmen mikro ölçüde (mikroskobik muayene ile seçilebilen) heterojen malzemelerdir. Kompozit malzemelerde yapıyı oluşturan bileşenler birbiri içinde çözünmezler, kimyasal olarak inert davranırlar. Ancak özellikle metalik sistemlerde düşük oranlarda bile olsa, bir miktar çözünme bileşenler arasında kompozit özelliklerini etkileyebilen ara yüzey reaksiyonları görülebilir. Kompozit malzemelerde çekirdek olarak kullanılan bir fiber malzeme bulunmakta, bu malzemenin çevresinde hacimsel olarak çoğunluğu oluşturan bir matris malzeme bulunmaktadır. Bu iki malzeme grubundan, fiber malzeme kompozit malzemenin mukavemet ve yük taşıma özelliğini, matris malzeme ise plastik deformasyona geçişte oluşabilecek çatlak ilerlemelerini önleyici rol oynamakta ve kompozit malzemenin kopmasını geciktirmektedir. Matris olarak kullanılan malzemenin bir amacı da fiber malzemeleri yük altında bir arada tutabilmek ve yükü lifler arasında homojen olarak dağıtmaktır.

7.2 Kompozit Teknolojisinin Gelişimi

Kompozit malzemelerin bilinen en eski ve en geniş kullanım alanı inşaat sektörüdür. Saman ile liflendirilmiş çamurdan yapılan duvarlar ilk kompozit malzeme örneklerindedir. Bugün taş, kum, kireç, demir, ve çimento ile oluşturulan kompozit malzeme evlerimizi oluşturmaktadır.

Kompozit malzemeye en güncel örneklerden biri de kağıttır. Selüloz ve reçineden oluşan kağıt, günümüzde yaşamımızın her alanında eşsiz bir kullanım aracı olarak insanlığın hizmetine sunulmuştur. Günümüzde kompozit malzemelerin kullanım alanı çok geniş boyutlara ulaşmıştır. Kompozit malzemelerin başlıca kullanım alanları ve bu alanlarda sağlanan avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

Şehircilik : Bu alanda kompozitler, toplu konut yapımında, çevre güzelleştirme çalışmalarında (heykel, banklar, elektrik direkleri v.s.) kullanılmaktadır. Üreticinin çok sayıda standart ürünü kısa zamanda imal edebilmesi, montajdan tasarruf ve ucuz maliyet imkanları, kullanıcıya da yüksek izolasyon kapasitesi, hafiflik ve yüksek mekanik dayanım imkanları sağlamaktadır.

Ev Aletleri : Masa, sandalye, televizyon kabinleri, dikiş makinesi parçaları, saç kurutma makinesi gibi çok kullanılan ev aletlerinde ve dekoratif ev eşyalarında kompozit malzemeler

kullanılmaktadır. Bu şekilde komple ve karışık parça üretimi, montaj kolaylığı, elektriksel etkilerden korunum ve hafiflik gibi avantajlar sağlamaktadır.

Elektrik ve Elektronik Sanayi : Kompozitler, başta elektriksel izolasyon olmak üzere her tür elektrik ve elektronik malzemenin yapımında kullanılmaktadır.

Havacılık Sanayi : Havacılık sanayisinde kompozitler, gün geçtikçe daha geniş bir uygulama alanına sahip olmaktadır. Planör gövdesi, uçak modelleri, uçak gövde ve iç dekorasyonu, helikopter parçaları ve uzay araçlarında başarıyla kullanılmaktadır. Daha hafif malzemeyle atmosfer şartlarına dayanım ve yüksek mukavemet sağlanmaktadır.

Otomotiv Sanayi : Bu alanda kompozitlerden oluşan başlıca ürünler; otomobil kaportası parçaları, iç donanımı, bazı motor parçaları, tamponlar ve oto lastikleridir.

İş Makinaları : İş makinalarının kapakları ve çalışma kabinleri yapımında da kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Bu şekilde üretimde kullanılan parça sayısı azaltılabilmekte, tek parça üretim mümkün olmaktadır. Ayrıca elektrik izolasyon malzemelerinden de tasarruf sağlanmaktadır.

İnşaat Sektörü : Cephe korumaları, tatil evleri, büfeler, otobüs durakları, soğuk hava depoları, inşaat kalıpları birer kompozit malzeme uygulamalarıdır. Tasarım esnek ve kolay olmakta, nakliye ve montajda büyük avantajlar sağlamaktadır. İzolasyon problemi çözülmekte ve bakım giderleri azalmaktadır.

Tarım Sektörü : Seralar, tahıl toplama siloları, su boruları ve sulama kanalları yapımında kompozitler özel bir öneme sahiptirler. Kompozit malzemelerden yapılan bu örnekler istenirse ışık geçirgenliği, tabiat şartlarına ve korozyona dayanıklılık, düşük yatırım ve kolay montaj gibi avantajlar sağlamaktadır.

7.3 Kompozit Malzemelerin Avantajları ve Dezavantajları

Kompozit malzemelerin birçok özelliklerinin metallerinkine göre çok farklılıklar göstermesinden dolayı, metal malzemelere göre önem kazanmışlardır. Kompozitlerin özgül ağırlıklarının düşük oluşu hafif konstrüksiyonlarda kullanımda büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında, fiber takviyeli kompozit malzemelerin korozyona dayanımları, ısı, ses ve elektrik izolasyonu sağlamaları da ilgili kullanım alanları için bir üstünlük sağlamaktadır.

Aşağıda bu malzemelerin avantajlı olan ve olmayan yanları kısaca ele alınmıştır. Kompozit malzemelerin dezavantajlı yanlarını ortadan kaldırmaya yönelik teorik çalışmalar yapılmakta olup, bu çalışmaların olumlu sonuçlanması halinde kompozit malzemeler metalik malzemelerin yerini alabilecektir.

Yüksek Mukavemet : Kompozitlerin çekme ve eğilme mukavemeti birçok metalik malzemeye göre çok daha yüksektir. Ayrıca kalıplama özelliklerinden dolayı kompozitlere istenen yönde ve bölgede gerekli mukavemet verilebilir. Böylece malzemenin tasarruf yapılarak, daha hafif ve ucuz ürünler elde edilir.

Kolay Şekillendirebilme : Büyük ve kompleks parçalar tek işlemle bir parça halinde kalıplanabilir. Bu da malzeme ve işçilikten kazanç sağlar.

Elektriksel Özellikler : Uygun malzemelerin seçilmesiyle çok üstün elektriksel özelliklere sahip kompozit ürünler elde edilebilir. Bugün büyük enerji nakil hatlarında kompozitler iyi bir iletken ve gerektiğinde de başka bir yapıda, iyi bir yalıtkan malzemesi olarak kullanılabilirler.

Korozyona ve Kimyasal Etkilere Karşı Mukavemet : Kompozitler, hava etkilerinden, korozyondan ve çoğu kimyasal etkilerden zarar görmezler. Bu özellikleri nedeniyle kompozit malzemeler kimyevi madde tankları, boru ve aspiratörler, tekne ve diğer deniz araçları yapımında güvenle kullanılmaktadır. Özellikle korozyona karşı mukavemetli olması, endüstride birçok alanda avantaj sağlamaktadır.

Isıya ve Ateşe Dayanıklılığı : Isı iletim katsayısı düşük malzemelerden oluşabilen kompozitlerin ısıya dayanıklılık özelliği, yüksek ısı altında kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bazı özel katkı maddeleri ile kompozitlerin ısıya dayanımını artırılabilir.

Kalıcı Renklendirme : Kompozit malzemeye, kalıplama esnasında reçineye ilave edilen pigmentler sayesinde istenen renk verilebilir. Bu işlem ek bir masraf ve işçilik gerektirmez.

Titreşim Sönümlendirme : Kompozit malzemelerde süneklik nedeniyle doğal bir titreşim sönümlenme ve şok yutabilme özelliği vardır. Çatlak yürümesi olayı da böylece minimize edilmiş olmaktadır.

Bütün bu olumlu yanların dışında kompozit malzemelerin uygun olmayan yanları da şu şekilde sıralanabilir:

- Kompozit malzemelerdeki hava zerrecikleri malzemenin yorulma özelliklerini olumsuz etkilemektedir.
- Kompozit malzemeler değişik doğrultularda değişik mekanik özellikler gösterirler.
- Aynı kompozit malzeme için çekme, basma, kesme ve eğilme mukavemet değerleri farklılıklar gösterir.
- Kompozit malzemelerin delik delme, kesme türü operasyonları liflerde açılmaya neden olduğundan, bu tür malzemelerde hassas imalattan söz edilemez.

Görüldüğü gibi kompozit malzemeler, bazı dezavantajlarına rağmen çelik ve alüminyuma göre birçok avantaja sahiptir. Bu özellikleri ile kompozitler otomobil gövde ve tamponlarından deniz teknelerine, bina cephe ve panolarından komple banyo ünitelerine, ev eşyalarından tarım araçlarına kadar bir çok sanayi kolunda problemleri çözümlenecek bir malzemedir.

7.4 Kompozit Malzeme Türleri

1. Polimer Kompozitler
2. Metal Kompozitler
3. Seramik Kompozitler

7.4.1 Polimer Kompozitler

Liflerle pekiştirilmiş polimer kompozitler endüstride çok geniş kullanma alanına sahiptir. Pekiştirici olarak cam, karbon kevlar ve boron lifleri kullanılır. Pekiştirici liflerin özellikleri tabloda verilmiştir

Malzeme	Özgül ağırlık gr / cm ³	Çekme mukavemeti N / mm ²	Elastisite modülü N / mm ²
Cam lifi	2,54	2410	70000
Karbon lifi	1,75	3100	220000
Kevlar lifi	1,46	3600	124000

Polimer kompozitlerde kullanılan en önemli bağlayıcı malzeme polyester ve epoksidir. Pekiştirici liflerin miktarı arttıkça kompozitin mukavemeti yükselir. Polimer kompozitlerin en önemli özellikleri yüksek özgül mukavemet(mukavemet/ özgül ağırlık) ve özgül elastisite modülüdür. Dolayısıyla bu özelliklerden dolayı diğer malzemelere üstün durumundadırlar. Örneğin yüksek mukavemetli çeliklerde özgül mukavemetin 110 Nm / gr olmasına karşın cam lifi – polyesterlerde 620 Nm/gr dır. Diğer taraftan karbon lifi epoksidede 700 Nm/gr ve kevlar epoksidede 886 Nm/gr dır. Diğer taraftan karbon liflerinin özgül elastisite modülü alüminyumunkinin 5 katı kadardır. Bu üstünlüklerinden dolayı polimer kompozitler uçak ve uzay endüstrisinde alüminyum alaşımlarına tercih edilir.

Tablo: Lifli Kompozitlerin Özellikleri

Malzeme	Özgül ağırlık gr/cm ³	Çekme mukavemet N/mm ²	Elastik mukavemet N/mm ²
Cam lifi – polyester	1,5 – 2,1	200 – 340	55000 – 130000
Karbon lifi – epoksi	1,5 – 1,8	1860	145000
Kevlar – epoksi	2,36	2240	76000
Boron lifi - epoksi	1,4	1240	176000

7.4.2 Metal Kompozitler (Metal Matrisli Birleşik Malzemeler MMC)

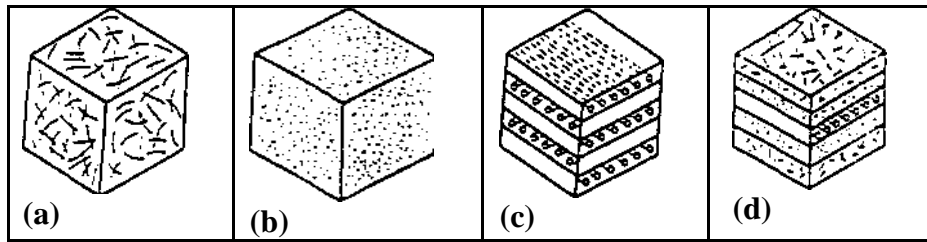
Bir metalik fazın bazı takviye malzemeleri ile eritme vakum emdirme, sıcak presleme ve difüzyon kaynağı gibi ileri teknikler uygulanarak MMC' ler elde edilirler. MMC ler daha çok uzay ve havacılık alanlarında, mesela uzay teleskobu, platform taşıyıcı parçalar, uzay haberleşme cihazlarının reflektör ve destek parçaları vs. yerlerde kullanılır.

7.4.3 Seramik Kompozitler (Seramik Matrisli Birleşik Malzemeler CMC)

Bu amaçla yapısal ve fonksiyonel nitelikli yüksek teknoloji seramikleri kullanılmaktadır. Başlıcaları Al₂O₃, SiC, Si₃N₄, B₄C, CbN, TiC, TiB, TiN, AlN' dir. Bu bileşikler değişik yapılarda olup amaca göre bir yada bir kaç beraber kullanılarak CMC ler elde edilir. Sandviç zırhlar, çeşitli askeri amaçlı parçalar imali ile uzay araçları bu ürünlerin başlıca kullanım yerleridir

7.5 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Yapılarında çok sayıda farklı malzeme kullanılabilen kompozitlerin gruplandırılmasında kesin sınırlar çizmek mümkün olmamakla birlikte, yapıdaki malzemelerin formuna göre bir sınıflama yapmak mümkündür. Bu sınıflama şekli aşağıda verilmektedir.



Kompozit malzemelerin sınıflandırılması

- Elyafli kompozitler
- Parçacıklı kompozitler
- Tabakalı kompozitler
- Karma kompozitler

7.5.1 Elyafli kompozitler:

Bu kompozit tipi ince elyafların matris yapıda yer almasıyla meydana gelmiştir. Elyafların matris içindeki yerleşimi kompozit yapının mukavemetini etkileyen önemli bir unsurdur. Uzun elyafların matris içinde birbirlerine paralel şekilde yerleştirilmeleri ile elyaflar doğrultusunda yüksek mukavemet sağlanırken, elyaflara dik doğrultuda oldukça düşük mukavemet elde edilir, iki boyutlu yerleştirilmiş elyaf takviyelerle her iki yönde de eşit mukavemet sağlanır. Elyafların

mukavemeti kompozit yapının mukavemeti açısından çok önemlidir. Ayrıca, elyafların uzunluk/çap oranı arttıkça matris tarafından elyaflara iletilen yük miktarı artmaktadır. Elyaf yapının hatasız olması da mukavemet açısından çok önemlidir.

Kompozit yapının mukavemetinde önemli olan diğer bir unsur ise elyaf matris arasındaki bağın yapısıdır. Matris yapıda boşluklar söz konusu ise elyaflarla temas azalacaktır. Nem absorpsiyonu da elyaf ile matris arasındaki bağı bozan olumsuz bir özelliktir.

7.5.2 Parçacıklı kompozitler:

Bir matris malzeme içinde başka bir malzemenin parçacıklar halinde bulunması ile elde edilirler. Yapının mukavemeti parçacıkların sertliğine bağlıdır. En yaygın tip plastik matris içinde yer alan metal parçacıklardır. Metal parçacıklar ısıl ve elektriksel iletkenlik sağlar. Metal matris içinde seramik parçacıklar içeren yapıların, sertlikleri ve yüksek sıcaklık dayanımları yüksektir. Uçak motor parçalarının üretiminde tercih edilmektedirler .

7.5.3 Tabakalı kompozitler:

Tabakalı kompozit yapı, en eski ve en yaygın kullanım alanına sahip olan tiptir. Farklı elyaf yönelmelerine sahip tabakaların bileşimi ile çok yüksek mukavemet değerleri elde edilir. Isıya ve neme dayanıklı yapılardır. Metallerle göre hafif ve aynı zamanda mukavemetli olmaları nedeniyle tercih edilen malzemelerdir. Sürekli elyaf taviyeli tabakalı kompozitler uçak yapılarında, kanat ve kuyruk grubunda yüzey kaplama malzemesi olarak çok yaygın bir kullanıma sahiptirler.

7.5.4 Karma (Hibrid) kompozitler :

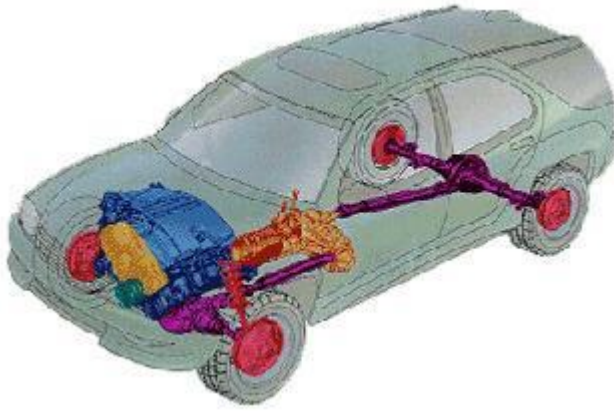
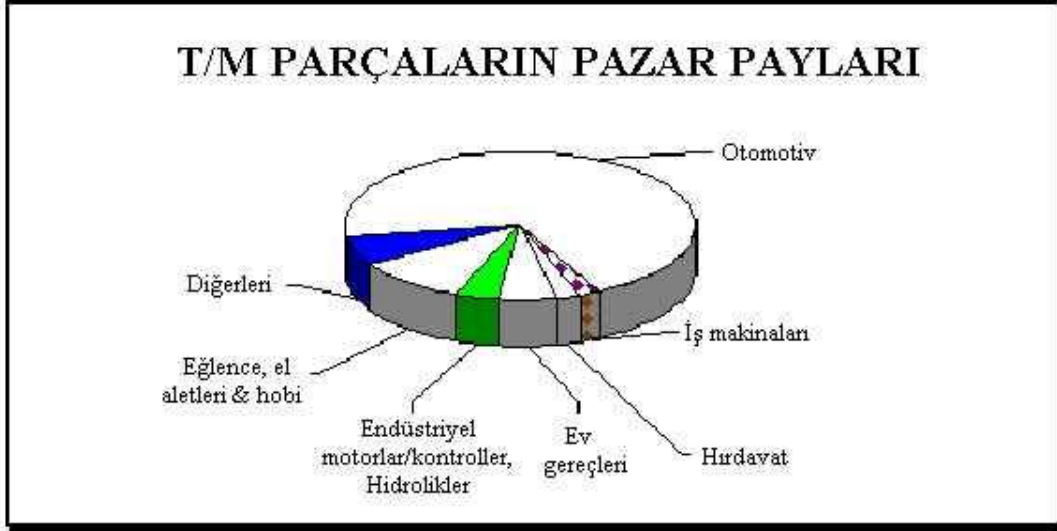
Aynı kompozit yapıda iki yada daha fazla elyaf çeşidinin bulunması olasıdır. Bu tip kompozitlere hibrid kompozitler denir. Bu alan yeni tip kompozitlerin geliştirilmesine uygun bir alandır. Örneğin, kevlar ucuz ve tok bir elyafdır ancak basma mukavemeti düşüktür. Grafit ise düşük tokluğa sahip, pahalı ancak iyi basma mukavemeti olan bir elyafdır. Bu iki elyafın kompozit yapısında hibrid kompozitin tokluğu grafit kompozitinden iyi, maliyeti düşük ve basma mukavemetide kevlar elyafı kompozitinden daha yüksektir.

8.TOZ METALÜRJİSİ ÜRETİM TEKNİKLERİ

8.1. Giriş

Toz metalurjisi (T/M), çeşitli metal işleme teknolojileri arasında en farklı üretim tekniğidir. Yüksek kaliteli ve karmaşık parçaların ekonomik olarak üretilebilmesi, toz metalurjisini cazip kılmaktadır. T/M farklı boyut, şekil ve paketlenme özelliğine sahip metal tozlarını sağlam, hassas ve yüksek performanslı parçalara dönüştürür. Bu işlem; şekillendirme veya presleme ve daha sonra parçacıkların sinterleme yolu ile ısıl bağlanması basamaklarını içerir. T/M nispeten düşük enerji tüketimine, yüksek malzeme kullanımına ve düşük maliyete sahip otomatikleşmiş işlemleri verimli kullanır. Sahip olunan bu özellikler ile T/M verimlilik, enerji ve hammadde gibi günümüz kaygılarını ortadan kaldırır. Bunların sonucu olarak, T/M konusu sürekli gelişmekte ve geleneksel metal şekillendirme operasyonlarının yerini almaktadır. T/M'nin uygulamaları oldukça geniştir. Tungsten lamba filamentleri, dişçilik, dişli çarklar, yağlamasız yataklar, elektrik kontaktları, nükleer güç yakıt elemanları, ortopedik gereçler, ofis makineleri parçaları, yüksek sıcaklık filtreleri, uçak fren balataları, akü elemanları ve jet motor parçaları metal tozlarından üretilen parçalara örnek olarak verilebilir. Ayrıca, metal tozları boyalar, gözenekli betonlar, basılmış devre levhaları, zenginleştirilmiş un, patlayıcılar, kaynak elektrodları, roket yakıtları, baskı mürekkepleri, lehimleme aletleri ve katalizörlerin üretilmesinde de kullanılmaktadır. T/M parçaların dünya genelindeki pazar payı aşağıdaki grafikte verilmiştir. Bu pazarın %75'i otomotiv endüstrisi

tarafından kullanılmaktadır. Avrupa yapımı arabalar 7 kg, Japon yapımı arabalar ise 5 kg T/M parçaya sahip olduğu halde, Amerikan arabaları 16 kg'dan daha fazla T/M parça içermektedir.



Bir araba içindeki T/M parçaların dağılımı



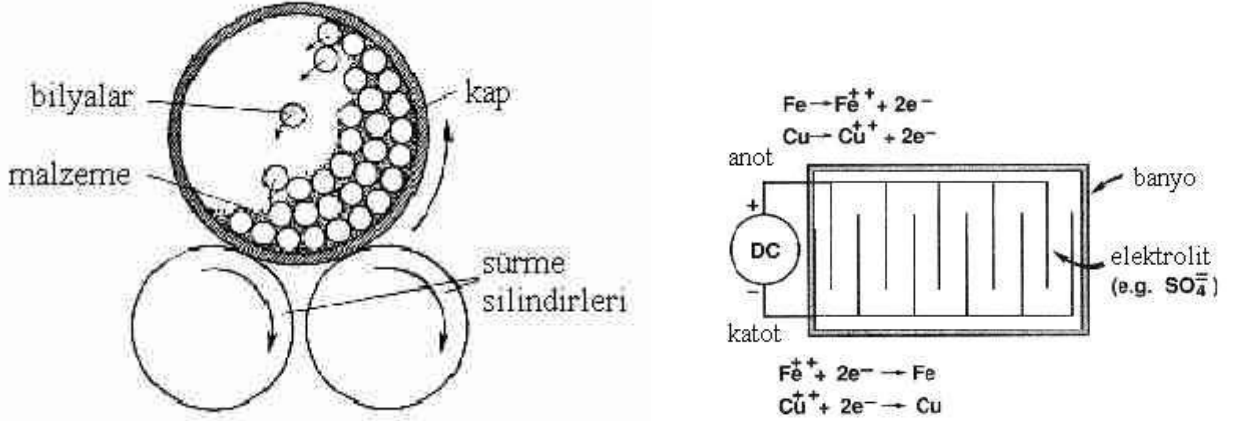
Bakır ve demir esaslı T/M parçalar

8.2. Toz Üretimi

Hemen hemen bütün malzemeler toz haline getirilebilir, fakat tozları üretmek için seçilen metodlar malzeme özelliklerine bağlıdır. Öğütme, elektroliz, kimyasal indirgeme ve atomizasyon dört ana toz üretim metodudur. Bu üretim metodlarına ilave olarak, bazı seçilmiş malzemeler için özel toz üretim teknikleri de kullanılır. Endüstride kullanılan tozların % 60'dan fazlası atomizasyon yöntemi ile üretilmektedir.

8.2.1 Öğütme

Metallerarası bileşikler, demir alaşımları, demir-krom, demir-silisyum v.b. gibi kırılğan malzemeler mekanik olarak bilyalı değirmenlerde öğütülürler. Fakat öğütme işlemi bir çok sünek metal için uygun değildir; çünkü bu metaller kolayca kırılmazlar. Sünek tanecikler kırılma yerine birbirleri ile soğuk olarak kaynaklanır ve daha büyük tanecik oluştururlar. Günümüzde öğütme işlemi alüminyum gibi sünek metallere pul toz üretiminde de kullanılır. Bu durumda, soğuk kaynaklanmayı ve yapışmayı engellemek için yağlayıcılar kullanılır.



8.2.2 Elektroliz

Elektrolitin kimyasal bileşimi ve mukavemeti, sıcaklık, akım yoğunluğu gibi şartları uygunca seçerek, bir çok metal sünger veya toz durumunda katot üzerinde biriktirilebilir. Daha sonraki işlemler olarak, yıkama, kurutma, indirgeme, tavlama ve öğütme gerekli olabilir. Bu yöntemle üretilen metallerin başında bakır gelir, aynı zamanda krom ve magnezyum da bu yöntemle üretilir. Elektrolitik tozlar çok saftırlar.

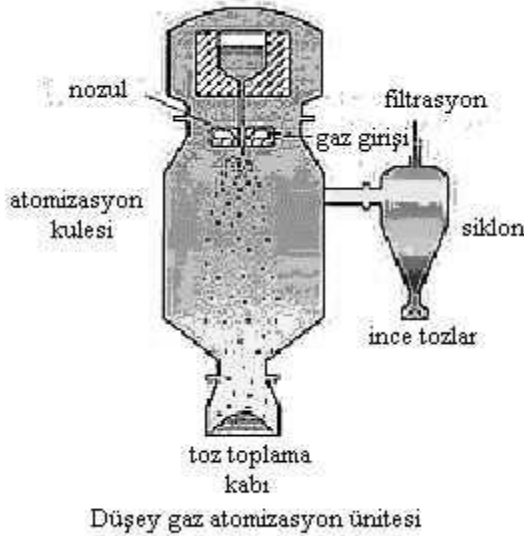
8.2.3 Kimyasal İndirgeme

Demir tozlarının üretiminde bu metod çok kullanılmaktadır. Bu yöntemde seçilen cevher öğütülür, kokla karıştırılır, karışım indirgemenin olduğu sürekli fırından geçirilir ve kek şeklinde sünger demir elde edilir. Sünger demir daha sonra öğütülür, metalik olmayan malzemelerden ayrılır ve elenir. Tozların saflığı ham malzemelere bağlıdır. Düzensiz süngerimsi tanecikler yumuşaktır ve kolayca preslenebilir ve böylece ham mukavemeti iyi olan ürünler oluşur. Benzeri şekilde refrakter metaller de oksitlerinin hidrojenle indirgenmesiyle üretilirler.

8.2.4 Atomizasyon

Bu işlemde ergimiş metal küçük damlacıklara parçalanır ve damlacıklar birbirleri ile veya katı yüzeyle temasa geçmeden hızlıca soğutulur. Ana fikir, ergimiş metali yüksek enerjili gaz veya sıvı çarpmasına maruz bırakarak sıvı metali daha küçük parçalara ayırmaktır. Hava, azot ve argon en çok kullanılan gazlardır. Su ise sıvılar içinde en çok kullanılandır. Nozulun tasarım ve geometrisi, atomize eden akışkanın basıncı ve hacmi, sıvı metalin akış çapı gibi bir çok parametreyi değiştirerek toz boyutu dağılımını kontrol etmek mümkündür. Tanecik şekli ise katılma hızı ile belirlenir, düşük soğutma kapasiteli gazlar için küresel şekilden yüksek soğutma kapasiteli su için karmaşık şekle dönüşür. Genelde bu toz üretim metodu ergitilebilen tüm malzemeler için uygulanabilir ve ticari olarak demir, takım çelikleri, alaşımlı çelikler, bakır, pirinç, bronz,

alüminyum, kalay, kurşun, çinko ve kadmiyum tozlarının üretilmesinde kullanılır. Krom içeren alaşımlar gibi kolayca oksitlenen metallerde atomizasyon argon gibi asal gazlar yardımıyla gerçekleştirilir. Atomizasyon, alaşımı oluşturan tüm metallerin ergimiş durumda tamamen alaşımlandığı için, özellikle alaşımların toz halinde üretilmesinde faydalı bir yöntemdir. Böylece her toz taneciği aynı kimyasal bileşime sahip olur.



Ayrıca, artan oranlarda uygulama alanı bulan diğer bir çok atomizasyon yöntemleri vardır. Bunlardan en önemlisi santrifuj atomizasyonudur, ergimiş metalin damlacıkları yüksek hızda dönen bir diskten fırlatılırlar. İki çeşit santrifuj atomizasyonu vardır. Bunlardan birinde, bir kap içindeki ergiyik metal, ergiyik metalin damlacıklara ayrılması için, uygun bir hızda düşey eksen etrafında döndürülür veya bir metal demeti dönen bir disk veya koni üzerine akıtılır. Diğerinde ise, bir metal çubuk yüksek hızda döndürülür ve serbest uçta elektron ışını veya plazma arkı vb. ile ertilir. Bu ikinci tip işlem, Döner Elektrot Atomizasyonu olarak bilinir ve çubuk düşey veya yatay ekseninde döndürülebilir. Bu uygulamanın önemli bir üstünlüğü, atmosfer kontrollü bir ortamda, hatta vakumda bile çalışabilmesi, böylece çok reaktif olan metallere ait temiz tozlar üretmesidir.

8.2.5 Diğer Üretim Yöntemleri

Nikel karbonilde olduğu gibi, bazı durumlarda kimyasal bileşimin ısı ayrışması kullanılır. Karbonil işlemi ilk olarak nikeli rafine etmek için geliştirilmiştir. Bu yöntemde ham metal basınç altında karbonil oluşturmak için karbon monoksit ile reaksiyona girer. Karbonil reaksiyon sıcaklığında gazdır ve sıcaklığın yükselmesi ve basıncın azalması ile ayrışır. Aynı işlem demir için kullanılır ve karbonil demir tozları yüksek saflık istenen durumlarda kullanılır. Yakın zamanda enjeksiyon kalıplama için ince tozlara olan talep, karbonil işleminin hız vermiştir. Tipik karbonil demir tozunun boyutu 1-5 mm'dir. Isıl ayrışma için diğer bir örnek, platin amonyum klorür tuzunun ısıtılması sonucu üretilen süngerimsi platin tozlarıdır. Sherritt Gordon işleminde nikel tozları basınç altındaki nikel tuzlarının çözeltisinin hidrojen ile indirgenmesi ile üretilirler.

8.3 Demir Tozu Üretimi

T/M endüstrisinde en çok kullanılan toz demir tozudur. Oksitinden indirgeyerek üretme en eski demir tozu üretme yöntemidir. İsveç sünger demir yöntemi Höganäs tarafından İsveç'te 1900'lu yıllarda geliştirilmiştir. Yöntem katı halde ve 1260° C'de gerçekleşir. Magnetitçe zengin cevher öğütülerek kok ve kireçtaşı ile karıştırılır, ve seramik tüplere doldurulur. Seramik tüpler fırın

arabalarına yüklenir ve uzun fırın içinden 68 saatte geçerler. Şema, üretimin aşamalarını açıklamaktadır. Öğütmeden sonraki tavlama işlemi hidrojen gazı altında 870° C’de gerçekleşir. Sonuç toz, sünger görünümlüdür. Atomizasyon yöntemi de demir ve özellikle çelik tozu üretmek için kullanılır. Demirin atomizasyonu için su kullanılır, ancak çelik için su veya alaşımın içeriğine göre asal gazlar kullanılır. Su ile atomize edilmiş demir ve çelik tozları yüzeylerindeki oksiti indirgemek ve basılabilirliklerini geliştirmek için 900 °C’de indirgeyici gaz altında tavlanırlar.



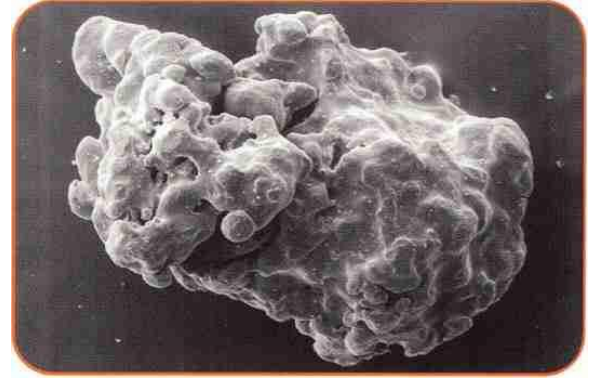
İndirgeme ile demir tozu üretimiAtomizasyon ile demir ve çelik tozu üretimi

8.4 Toz Özellikleri

Sinterlenmiş parçaların özellikleri toz boyutu, boyut dağılımı ve yüzey şartları gibi toz özellikleri tarafından etkilenir. Tozların görünür yoğunluğu, yani preslenmemiş ve yerleşmemiş tozların verilen hacminin kütlesi, önemli bir parametredir. Görünür yoğunluk tozlardaki boşluk derecesi ve toz şeklinin bir fonksiyonudur. Toz seçimi çeşitli zıt toz özellikleri arasında pazarlık yaparak gerçekleşir. Mesela toz şeklinin karmaşıklaşması ve gözenekliliğin artması görünür yoğunluğu düşürür. Görünür yoğunluğun düşmesi ise presleme aşamasında hacim azalmasını artırır ve böylece soğuk kaynak miktarını artırır. Neticede daha yüksek ham mukavemetli parça elde edilmiş olur. Parçanın sinterlenme verimi de soğuk kaynak miktarının artmasından dolayı artacaktır. Belirli bir basınçta elde edilen yoğunluk, basılabilirlik de önemli bir toz özelliğidir. Düşük basılabilirliğe sahip tozlar çok yüksek basınçta, yüksek kapasiteli preslere ve daha dayanıklı kalıplara ihtiyaç duyarlar. Kalıp içerisindeki tozların paketlenme verimliliği toz boyut dağılımına geniş ölçüde bağlıdır. Büyük tozlar arasında oluşan boşluklar küçük boyuttaki tozlar ile doldurulabilir.



İndirgenmiş “Sünger demir” tozu



Atomize demir tozu

Tozların saflığı da çok önemlidir. Müsade edilebilecek yabancı madde seviyesi büyük oranda maddelerin tamamının yapı ve durumuna bağlıdır. Mesela, demir içinde birleşmiş karbon varlığı sertleşmeye yol açar, böylece sıkıştırma esnasında daha yüksek basınca ihtiyaç duyulur. Fakat serbest karbon, presleme operasyonu esnasında yağlayıcı olarak davrandığı için bir avantajdır. Pek çok metal tozunun ince bir oksit tabakası ile kaplı olması presleme işlemine fazla etkili olmaz. Çünkü tozlar arası sürtünme ile bu tabaka kolayca yırtılır ve açığa çıkan metal yüzeyler hemen soğuk kaynak olurlar. Ancak bu oksitlerin sinterleme aşamasında indirgenmeleri yüksek mukavemet için şarttır.

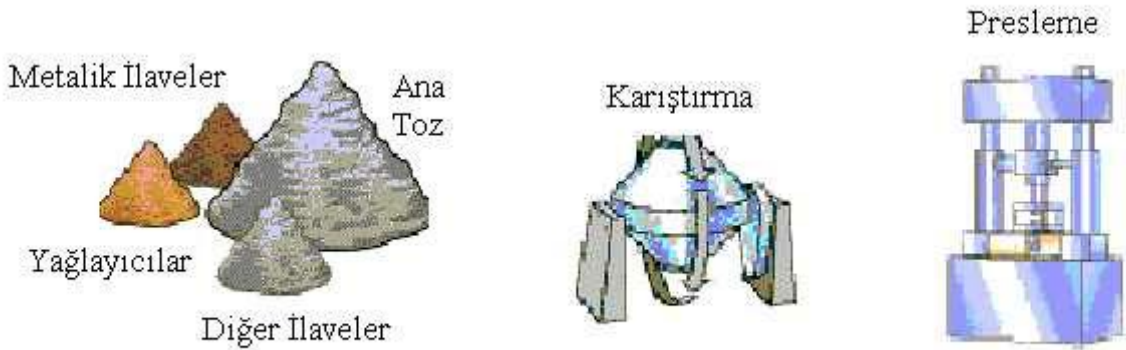
8.5. Toz Metalürjisi Parçalarının Üretimi

T/M uygulamasındaki genel işlemler şematik olarak akış şemasında gösterilmiştir. Parçayı oluşturan tozlar ve yağlayıcılar homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılırlar. Karışım daha sonra kalıbın içerisine doldurulur ve basınç altında sıkıştırılır, son olarak parçalar sinterlenir. Küresel ve iri bronz tozlarından filtre elemanlarının basınç kullanılmadan üretimi istisnai bir durumdur. Bu işlemde tozlar uygun şekilli kalıp içerisine doldurulur ve kalıpla birlikte sinterlenir. Tozları sıkıştırmanın tek eksenli presleme, haddeleme, ekstrüzyon, enjeksiyon kalıplama, izostatik presleme gibi bir çok metodları vardır. Bu metodların seçimi parça geometrisine ve üretim miktarına bağlıdır.

8.5.1 Karıştırma

Metalik tozlar, yağlayıcılar ve isteğe bağlı alaşım elementleri ile homojen bir karışım elde etmek için karıştırılır. Karışım içerisine genellikle %0.5-1.5 arası yağlayıcı eklenir. Metalik stearit ve parafin en çok kullanılan yağlayıcılardır. Yağlayıcı kullanmanın ana amacı, toz kütleleri ile takım yüzeyleri ve kalıp duvarları arasındaki sürtünmeyi azaltmak, tozların sıkıştırma esnasında kaymalarını sağlamaktır. Bunlar parçanın tabanından tavanına kadar düzgün bir yoğunluğun oluşmasına yardımcı olur.

TOZ METALURJİSİ AŞAMALARI

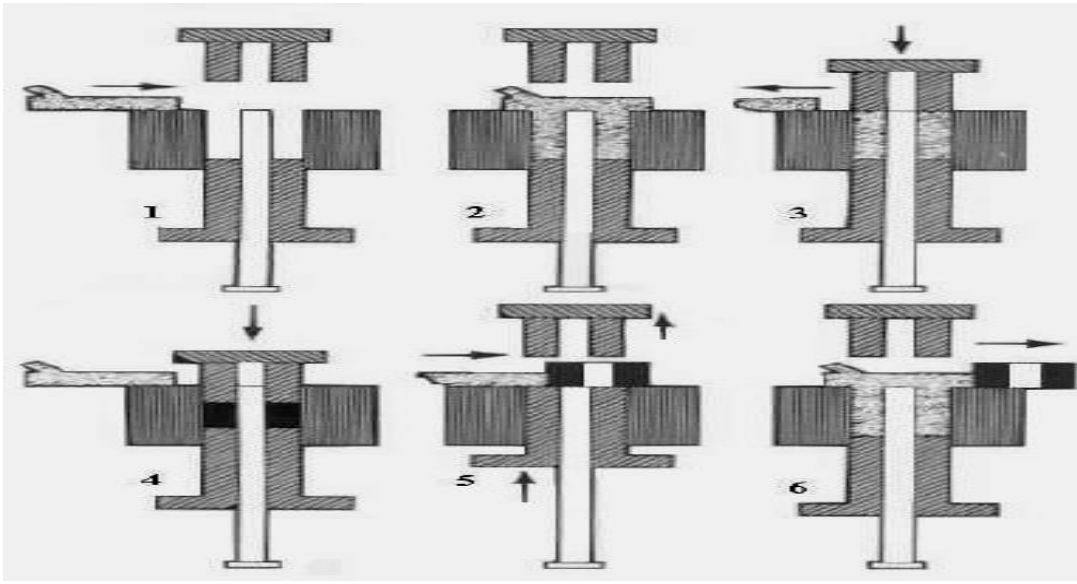


Sürtünmenin azalması parçaların kalıptan kolayca çıkmasını da sağlar. Önceden alaşımlanmış tozlara alternatif olarak alaşım elemanları karıştırma aşamasında da birbirine katılabilir. Böylece saf demirin yüksek olan basılabilirliği korunmuş ve alaşım elemanlarının demiri

sertleştirilmesi önlenmiş olur. En çok kullanılan alaşım elemanı karbondur ve grafit olarak demir tozuna katılır.

8.5.2 Presleme

En yaygın sıkıştırma yolu, bir çelik veya sert metal kalıp içerisinde 300-800 MPa basınç altında aksel preslemedir. Tek bir operasyonla karmaşık parçaları yüksek üretim hızıyla (dakikada 25 parça) üretmek mümkündür. Presleme sonrası parça kalıptan çıkarılabilecek yeterli mukavemete sahiptir ve sinterleme öncesi taşıma işlemleri yapılabilir. Yüksek basılabilme kabiliyetindeki demir tozları 800 MPa basınç altında 7.3 g/cm^3 (veya % 93 teorik yoğunluk) yoğunluğa ulaşabilir. İlk presleme kullanılarak, özel yağlayıcı katılmış toz $130 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ve kalıp $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılır, yoğunluk soğuk preslemeye göre 0.2 g/cm^3 daha artırılabilir. İlk preslenmiş parçalar sinterleme öncesi talaşlı imalat için gerekli olan mukavemete sahiptirler. Ham parçanın talaşlı imalatı kesici takım aşınmasını hemen hemen ortadan kaldırır.



Presleme basamakları

8.5.3 Sinterleme

Sinterleme, preslenmiş parçaların mukavemet kazandığı bir ısıl işlemdir. En yaygın sinterleme sıcaklığı aralığı demir esaslı alaşımlar için $1100-1150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Bazı durumlar için $1250 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar olan yüksek sinterleme sıcaklıklarına ihtiyaç duyulur. Uygulamaya bağlı olarak sıcaklıktaki bekleme zamanı 10 ile 60 dakika arasında değişir. En yaygın kullanılan fırın çelik-tel örgülü kayışlı fırındır. Çelik-tel örgülü kayışlı fırınların sıcaklıkları en fazla $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Daha yüksek sıcaklıklar için yürüyen kiriş veya itmeli fırınlar yaygındır.



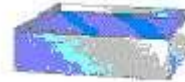
Eğer sinterleme sıcaklığı 1150 °C üzerinde ise sinterleme maliyetleri önemli ölçüde yükselir. Sinterleme fırını içinde oksitlenmeyi önleyen bir atmosfer gereklidir. Kırılmış amonyak, endo-gaz veya azot-bazlı atmosferler yaygınca kullanılır. Sinterlenmiş parçaların boyut toleranslarının ve mekanik özelliklerinin sağlanması için fırın ortamında kontrollü karbon potansiyeline sahip olmak önemlidir. Sinterleme işlemi yağlayıcıyı alma, sinterleme ve soğutma basamaklarını kapsar. Fırının yağlayıcı alma bölgesinde, yağlayıcı yanar. Sinterleme esnasında bir çok reaksiyon meydana gelir. Başlangıçta, fırın atmosferi tozların yüzeyindeki oksitleri indirger ve birbirleri ile temas halindeki tozlar arasında bağ oluşur. Sinterlemenin ana mekanizmaları yüzey ve hacim difüzyonudur. Difüzyon ile metalin yapışık gövdesi oluşur ve alaşım elementleri demir içerisine yayılırlar. Termodinamik kanunlar ile ifade edilen serbest enerjiyi en aza indiren kuvvet ile gözenek küreselleşmesi meydana gelir ve küçük gözenekler yok olurlar. Sinterlenmiş parçalar fırının soğutma bölgesinde koruyucu atmosfer içinde soğutulur. Özellikle 850-500 °C sıcaklıklar arasındaki soğutma hızı malzeme içerisindeki faz dönüşümlerinden dolayı mekanik özellikleri etkiler. Sinterleme esnasında makul boyut değişimi meydana gelir. Malzemelerin bir çoğu boyutca daralır, fakat alaşım elementleri mesela bakır büyümeye sebep olur. Pres takımlarının tasarımında boyut değişimi miktarı dikkate alınmalıdır.

8.5.4 İnfiltrasyon

Parça içerisindeki birbirleri ile bağlantılı gözenekler, ana metalin sinterleme sıcaklığından daha düşük bir ergime sıcaklığına sahip bir alaşımla doldurulur. Mesela, bakır esaslı alaşımlar sinterleme esnasında demir esaslı parçalara sızarlar. İnfiltrasyon işlemi parçaları sızdırmaz yapar ve mekanik özelliklerde artışa sebep olur. Ancak boyut hassaslığı azalır. İnfiltrasyon işlemi bazı ısıl işlemleri kolaylaştırır. Mesela, birbirine bağlı gözenek kalmadığı için yüzey sertleştirme işleminde sertlik derinliği kontrolü kolaylaşır.



Yağ Emdirme



8.5.5 Yağ Emdirme

Sinterlenmiş parçalara yağ ve diğer metalik olmayan malzemeler emdirilerek korozyona karşı koruma artırılır. Kendi kendine yağlamalı yataklar, sinterlenmiş gözenekli yataklara yağ emdirilmesi sonucu ve sadece T/M yöntemi ile üretilir.

8.5.6.Boyutlandırma

Boyutlandırma sinterleme sonrası yapılan ilave presleme işlemidir. Ana amaç, boyut hassasiyetini ve beraberinde yüzey kalitesini artırmaktır. Az miktarda plastik deformasyona ihtiyaç olduğu için orta büyüklükteki basınçlara ihtiyaç vardır.

Boyutlandırma



İkinci Presleme



8.5.7 İkinci Presleme

İstenilen mekanik ve manyetik özelliklerin sağlanmasında gerekli olan parça yoğunluğunu elde etmek için bir gözenek azaltma işlemi olan ikinci presleme kullanılır. Preslenmiş parçanın 700-800 °C arasında ön sinterlenmesi ile yağlayıcılar yanar ve yeniden kristalleşme meydana gelir. Pekleşme ve iç gerilmeler kaldırıldığından malzeme sünekliğini tekrar kazanır. İkinci preslemeden sonra parçalar ikinci defa sinterlenir.

8.5.8 Buharlama İşlemi

Bu işlem sadece demir esaslı parçalara uygulanabilir. Parçaları 550 °C kadar ısıtarak ve onları su buharına maruz bırakarak dış yüzeylerinde ve iç bağlantılı boşluklar boyunca ince bir Fe₃O₄ tabakası oluşturulur. Buharlama işlemi korozyon mukavemeti, sertlik, basmaya karşı dayanım ve aşınma dayanımında artışa sebep olur.

Buhar İşlemi



Talaşlı İmalat



8.5.9 Talaşlı İmalat

Sinterlenmiş parçaların üretilmesindeki en önemli çekicilik karmaşık şekiller ve dar toleransa sahip parçaların üretilebilmesi olmasına rağmen, bazı sınırlamalar bulunur. Bundan dolayı frezeleme, delik delme (presleme doğrultusuna dik delikler), diş açma gibi talaşlı imalat operasyonları, kalıpta presleme ile elde edilemeyen şekillerin başarılabilmesinde kullanılır. Sinterlenmiş metallerin talaşlı imalatı genellikle aynı bileşimdeki döküm-dövme alaşımlarından daha kolaydır. Bundan dolayı kesme hızı ve kesme takımları optimum sonuçları almak için ayarlanmalıdır. Takım ömrünü artırmak için, Mn S gibi işlenebilirliği artırıcı katkıları toz ile karıştırılabilir. Sinterleme sonrası bu katkıları yapı içerisinde düzgünce dağılmış olarak kalırlar ve mekanik özellikler belirgince etkilenmez.

8.5.10 Çapak Alma

Bu işlem, presleme ve talaşlı imalattan kaynaklanan çapakları almak için kullanılır. En yaygın metod tamburlamadır ve bazı durumlarda içinde aşındırıcı toz bulunan sıvı ortamlar kullanılır.

8.5.11 Birleştirme

Karmaşık ve büyük parçalar birleştirme ile üretilebilir. Difüzyonla birleştirme, sinter-birleştirme ve lazer kaynağı gibi bir çok birleştirme tekniği vardır.



8.5.12 Isıl İşlem

Alaşımarda faz dönüşümleri gözenek miktarına değil kimyasal bileşim ve alaşımın homojenliğine bağlıdır. Böylece döküm-dövme alaşımlara uygulanan tüm ısıl işlemler sinterlenmiş malzemeler içinde de uygulanabilir. Sertleştirme operasyonu önemli ölçüde mukavemeti ve aşınma direncini artırır, fakat süneklik azalır. Sinterlenmiş parçalarda karbürleme ve karbo-nitrürleme gibi yüzey sertleştirme işlemleri yaygınca kullanılır.

8.5.13 Yüzey Kaplama

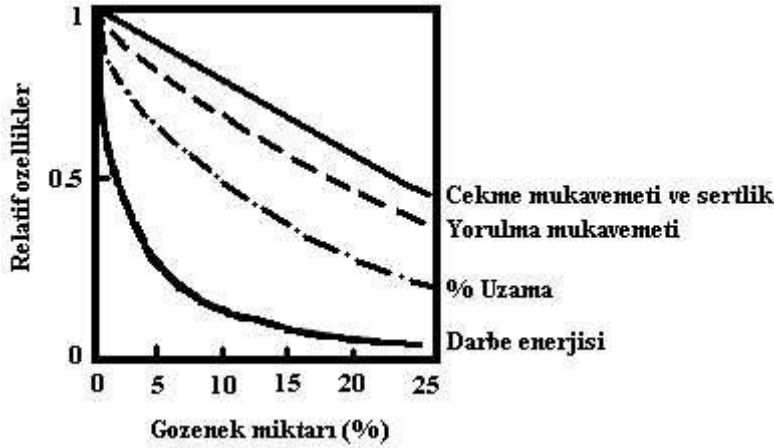
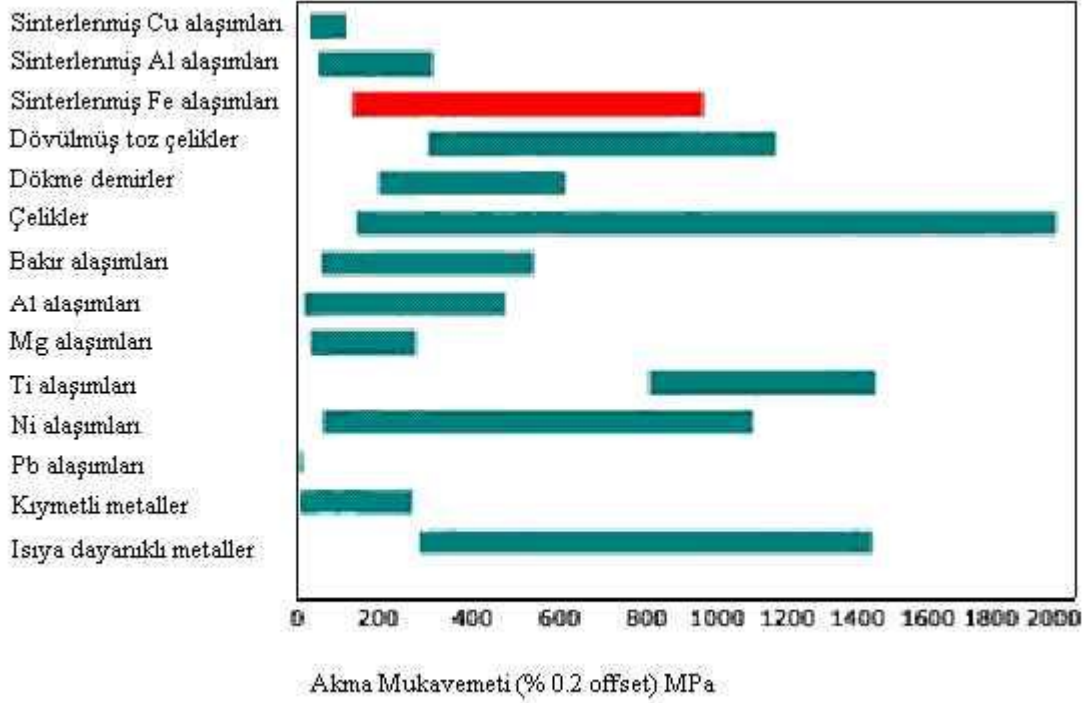
İhtiyaç duyulduğu zaman, korozyondan korunma kaplama ile gerçekleştirilebilir. Fakat düşük yoğunluktaki parçalar kaplama öncesi elektrodun boşluklara girmesini önlemek için doyurulmalıdır

8.6 Toz Metalürjisi Parçalarının Özellikleri

Sinterlenmiş malzemelerin özellikleri bir çok faktöre bağlıdır ve özel talepleri karşılamak için optimize edilebilir. Belirli bir uygulama için bir malzeme seçiminde, kimyasal bileşim ve parçaların yoğunluğu dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Kimyasal bileşim ve mekanik özellikler sinterlenmiş makina parçalarının özelliklerini belirlemede yaygınca kullanılan faktörlerdendir. Bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Kimyasal bileşim	Mekanik özellikler
Fe	Sertlik
Fe-Cu	Yoğunluk
Fe-Cu-C	Çekme ve akma mukavemeti
Fe-Ni-Cu-Mo-C	Çapraz kırılma mukavemeti
Fe-P	Young modülü
Fe-P-C	Young modülü

T/M malzemelerin mekanik özellikleri gözeneklerin varlığından dolayı düşer. Çekme mukavemeti ve sertlik gözenek miktarı ile doğrusal olarak düşerken, % uzama ve darbe enerjisi eğrisel olarak düşerler. Mekanik özellikler ya zorunlu değerler veya tipik değerler olarak verilirler. Sinterlenmiş malzemelerin döküm-dövme malzemeler ile karşılaştırılması ve değişik malzemelerin akma mukavemetleri aşağıdaki grafikte verilmiştir.



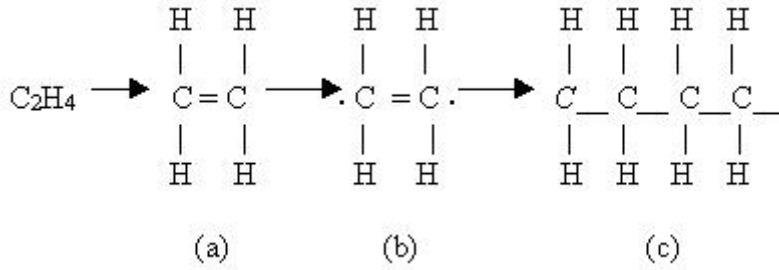
9. PLASTİKLER

Plastikler, kimyasal yönden polimerler grubuna dahildirler. Küçük molekül bireylerinin (monomerler) birbirine eklenmesi sonucu elde edilen moleküler yapıdaki bireylerin (mer) ayısına bağlı olarak gaz,sıvı ve katı halde bulunurlar. [sıvı halde bulunan boyalar, vernikler, adezifler vb malzemeler de polimer sayılır] Plastik kelimesi isim olarak bir malzeme türünü belirtir,bir sırat olarak kalıcı şekil değiştirebilen cisim anlamına gelir. Örneğin bakır bir plastik malzemedir,plastik şekil değiştirdikten sonra kırılır, fakat plastik değildir. Endüstride plastik denmesinin nedeni üretimlerinin belirli bir aşamasında akıcı veya plastik kıvam almaları ve basınçla bir kalıba enjekte

edilerek şekil verilebilmeleridir. Gerçekte plastikler hafif olup kolay şekillendirilir, az bir bilgi ile en karışık geometrik şekiller kolaylıkla verilebilir. Bu nedenle de çok geniş uygulama alanına sahiptirler.

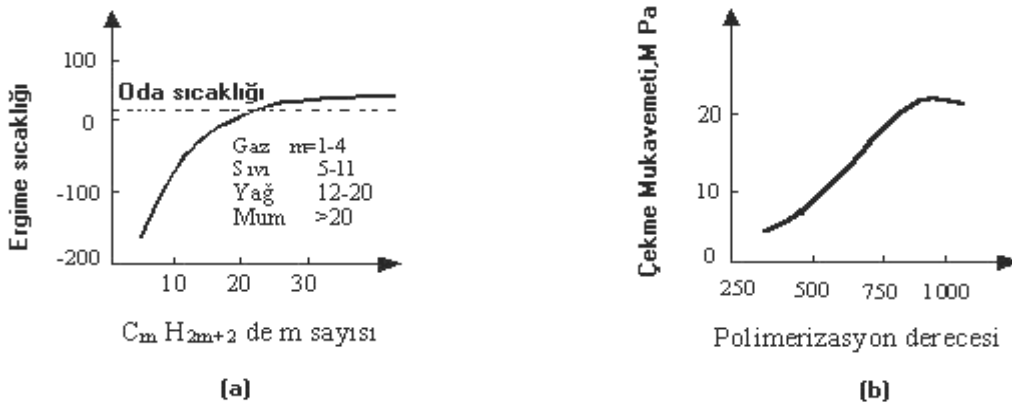
9.1 Plastiklerin Moleküler Yapıları

Plastiklerin ana ilkel maddeleri hidrokarbonlardır. Doymamış hidrokarbonlarda C atomları arasında iki veya daha fazla kovalan bağ vardır. C atomlarının yanında genellikle H, bazılarında Cl, F, O, N ve S atomları bulunur. C atomları arasındaki çift kovalan bağdan biri genellikle sıcaklık, basınç veya katalizör yardımı ile koparılarak Şekil 1 (b) de görüldüğü gibi iki yan reaksiyon bağlarında birer elektron vardır, dolayısıyla birer valanse enerji düzeyi boştur. Bu durumda olan iki komşu etilen monomeri birer elektronlarını paylaşarak aralarında kovalan bağ oluştururlar. Böylece çok sayıda etilen meri birbirine eklenerek birer polietilen polimer zinciri meydana getirir. Polimer zincirleri birbirleri ile ancak zayıf bağ kurabilirler.



Şekil 1 a) Etilen monomeri , b) İki reaksiyon bağı etilen monomeri, c) Etilen monomeri

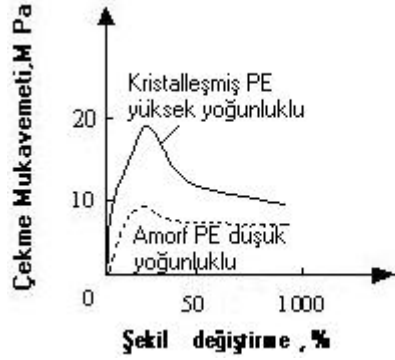
Hidrokarbon zincirlerinin genel formülü $\text{C}_m\text{H}_{2m+2}$ şeklindedir. Zincirdeki m sayısı arttıkça molekülün boyutu büyür, aralarındaki zayıf bağ sayısı artar, önce gaz halinde iken sonra sıvı daha sonra katı olur. Şekil 2 (a) da görüldüğü gibi m sayısı 1-4 arasında gaz halinde iken 5-11 arasında sıvı, 12-20 arasında yağ, 20-50 arasında mum, daha büyük ise katı hale dönüşür. Molekül zincirinin boyu arttıkça yan bağların sayısı artar, bunun sonucu mukavemet de doğal olarak yükselir. (Şekil 1 b)



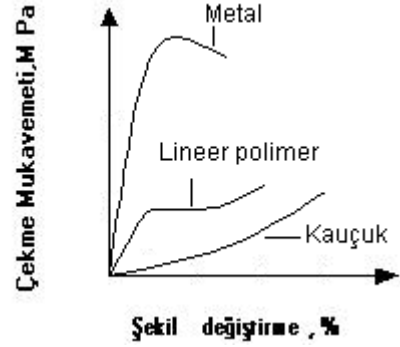
9.2 Polimerlerin Kristalleşmesi

Polimerler genellikle amorf yapıya sahiptirler, Uzun ve karmaşık yapıya sahip zincirlerin komşuları ile uyum sağlayıp düzenli yapı meydana getirmeleri çok zordur. Bir lineer polimerin genel görünüşü pişmiş makarnayı andırır, zincirler birbirleriyle dolaşmış halde bulunur. Ancak basit yapıya ve simetrik polimerlerde polietilen izotaktik propilen gibi bazı koşullarda yerel düzen oluşabilir. Amorf ana yapı içinde oluşan küçük kristal yapıya bölgelere kristalitler denir. kristalitlerin

yoğunluğu amorf yapıya göre % 5-10 kadar daha büyüktür. Örneğin endüstride kullanılan yüksek yoğunluklu polietilende % 90 oranında kristalleşme nedeni ile yoğunluk $0,96 \text{ gr/cm}^3$ düşük yoğunluklu amorf polietilende ise $0,92 \text{ gr/cm}^3$ dür. Soğuma hızı yavaş olursa kristalleşme olanağı artar. Kristalleşme dış kuvvet etkisinde de oluşabilir. Gerilen molekül zincirleri paralel hale gelecek yer yer uyum sağlayabilirler. Bu şekilde doğan kristaller kuvvet doğrultusuna paralel olurlar. Kristallerin büyüklüğü 50-100 Å civarındadır. Molekül zincirleri ise bu boyuta göre çok daha uzundur. Bazıları birkaç kristalit içinden geçerek Uzanırlar kristallik derecesi arttıkça mekanik özellikleri ve yumuşama sıcaklığı yükselir. Kristalli ve amorf yapı polietilen mekanik özellikleri arasındaki şekil 3 te açıkça görülmektedir.



Şekil-3 Kristalli ve amorf PE'nin gerilme-şekil değiştirme eğrileri



Şekil-4 Metallerin polimerlerin gerilme-şekil değiştirme eğrileri

Metallerde gerilme-şekil değiştirme eğrileri akma başladıktan sonra yatıklaşır. (şekil 4) Diğer taraftan lineer polimerlerde ise eğri başlangıçta yatıktır. Sonra dikleşir. Molekül zincirleri gerilip doğrulunca komşuları ile uyum sağlarlar. Yer yer kristalleşme oluşur ve şekil değiştirme direnci artar. Özellikle bu davranış kauçukta çok belirgindir. Çekme etkisinde kristalleşme nedeniyle kauçuğun hacmi azalır, gerilme kalkınca tekrar ilk hâline döner. Diğer malzeme türlerinde ise çekme etkisinde daima hacim artar.

9.2.1 Lineer Polimerler

Lineer polimerler “vinil” ve “bütadien” olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Vinil türü mono-merde çift bağlı iki C atomu ile bunların ikişer yan atomu vardır. Bu yan atomlardan ilk üçü H, diğer dördüncüsü H den başka türde olabilir. Bu dördüncü yan atom H ise etilen, Cl ise vinilklorür, CH₃ grubu ise propilen ve benzer halkası ise stiren monomeri elde edilir. Eğer vinil tür monomerin ilk iki yan atomu H, diğer iki yan atomu değişik türde atom ise viniliden monomeri oluşur. Bu son iki yan atom Cl ise viniliden klorür olur. Bu grupta dört yan atomda F olursa tetrafloretillen polimeri elde edilir. Reaksiyona giren ana monomerin başına “poli” kelimesi eklenerek polimerin adı elde edilir. Örneğin tetrafloretillen monomeri polimerize edilirse politetrafloretillene dönüşür, buna da endüstride “teflon” denir. Lineer polimerlerde molekül zinciri boyunca aynı tür mer varsa “homopolimer” veya kısaca polimer denir. Bunlarda zincir boyunca bağ boyları ve bağ açıları aynıdır ve atımlar simetrik dizilmiştir, dolayısıyla komşu zincirler arasında uyum sağlayarak kristalli yapı oluşturma eğilimi artar. Bazı polimerlerde ise birden fazla tür mer bulunur ve bunlara “kopolimer” denir. Kopolimerde değişik oranda ve değişik türde merler farklı biçimde dizilerek çok değişik özellikte yapı oluştururlar. Merler zincir boyunca ardaşık düzenli veya rasgele dizilebilir veya aynı tür mer içeren bir zincire başka tür zincir dal biçiminde eklenmiş olabilir. Kopolimerler düzensiz yapıdır, atomsal dolgu faktörü daha düşüktür, daha kolay şekil değiştirirler ve toklukları yüksektir.

Örneğin vinil klorürle viniliden klorür (PVC) kopolimerini oluştururlar. ABS kopolimeri akrilonitril-bütadien-stiren merlerini içerir, bu kopolimeri mukavemeti ve elastisite modülü yüksek olduğu gibi tokluğuda yüksektir, çarpmaya iyi dayanır.

Malzeme	Malzeme Özgül Ağırlık gr/cm ³	Çekme Muk. Mpa	Elastisite Modülü MPa	Kullanma Sıcaklık Sınırı °C
Polietilen (alçak ö.a) (PE)	0,92-0,93	7-17	105-280	80
Polietilen (yüksek ö.a) (PE)	0,95-0,96	20-37	420-1260	100
Polivinilklorür (PVC)	1,50-1,58	40-60	2800-4200	110
Polipropilen (PP)	0,90-0,91	50-70	1120-1500	105
Polistiren (PS)	1,08-1,10	35-68	2660-3150	85
ABS (Akronitril-Bütadien-Stiren)	1,05-1,07	42-50	----	75
Polimetilmetakürilat (PMMA)	1,11-1,20	50-90	2450-3150	125
Politetrafloroletilen (teflon)	2,1-2,3	17-28	420-560	120
Naylon 6,6	1,06-1,15	60-100	2000-3500	82
Sellülozikler	1,2-1,3	20-50	----	60

Tablo.1 Bazı termoplastiklerin bileşimi

9.2.2 Uzayağı Polimerleri

Uzayağı polimerlerinde moleküller arasında üç boyutlu uzayda sürekli kovalan bağ vardır. Bu bağlar bazılarında yüksek basınç ve sıcaklık etkisinde, bazıları ise oda sıcaklığında kimyasal reaksiyon sonucu oluşur. Bunlarda genellikle sıvı halde bulunan monomer kütlesi veya reçine ile bir sertleştirici katkı ile karıştırıldıktan sonra polimerisasyon olayı süresince molekül bireyleri arasında çapraz bağlar meydana gelir. Polimerizasyon bittikten sonra amorf ve rijit bir kütleye dönüşür. Bundan sonra sıcaklık artsa dahi yumuşama oluşmaz. Aşırı sıcaklık kovalan bağların kopmasına, dolayısıyla malzemenin tahrip olmasına neden olur. Uzayağı polimerleri olan termosetler tekrar kullanılamazlar.

Monomerlerde ikiden fazla doymamış karbon-karbon bağı varsa üç veya dört adet komşu moleküler bağ kurularak sürekli bir kovalan bağ ağı oluştururlar. Bu türe örnek en sık rastlanan ve ilk defa sentetik yolla üretilen polimer fenol-formaldehittir.

Gerçekte fenolün benzer halkasından üç adet reaksiyon bağı elde edilebilir. İki reaksiyon bağı formaldehit ile üç reaksiyon bağı fenol monomerleri üç boyutlu uzayağı türü formaldehit polimeri meydana getirirler. Bu polimere endüstride bakalit denir. Bakalit sürekli kovalan bağa sahip bir termosettir, bu nedenle sert ve gevrek bir cisimdir.

Termoset plastikler termoplastiklere göre daha yüksek mukavemetli, daha “rijit” (elastisite modülü yüksek), boyutları daha kararlı sünmesi daha düşük ve kullanılma sıcaklıkları daha yüksektir. Bununla beraber daha pahalı ve uygulamaları daha güçtür.

Dış Etkilere ve asitlere daha dayanıklı olduklarından koruyucu kaplama ve dekorasyon amacı için kullanılmaya elverişlidirler. Tablo.2 de bazı termoset plastiklerin özellikleri verilmiştir. Gerçekte arı kütle halindeki termoset plastiklerin mukavemeti diğer malzemelere göre düşük olmakla beraber lifler vb. malzemelerle (cam, boron, karbon, mika, sellüloz, lifleri gibi) pekiştirilerek komposit malzemelere dönüştürülürler ve mukavemetleri birkaç kat arttırılabilir. Örneğin poliyesterin mukavemeti 42-95 MPa arasında iken cam lifleri ile pekiştirilince 200-345 MPa kadar yükseltilebilir. Ayrıca hafif olduklarından özgül mukavemet (mukavemet/özgül ağırlık) yönünden metallere çok daha üstündürler. Bu nedenle uçak ve uzay endüstrisinde, oto, deniz tekneleri, spor malzemeleri ve yapı elemanları üretiminde çok yaygın olarak kullanılırlar.

Tablo.2 Bazı termoset plastiklerin özellikleri

Malzeme	Özgül Ağırlık gr/cm ³	Çekme Muk. MPa	Elastisite Modülü MPa	Kullanma Sıcaklık Sınırı °C
Fonolıklar	1,27	35-60	2800-9200	170-250
Poliyesteler	1,28	45-95	2100-4600	150-175
Epoksiler	1,25	28-90	2800-3500	150-260
Melaminler	1,50	35-70	7000-11200	150-200

9.2.3 Termoplastikler

Polietilen (PE) :En çok kullanılan en ucuz plastik türüdür (toplam tüketimin %35'i kadar). Arı halde saydamdır ve sudan hafiftir. Simetrik moleküler yapı nedeni ile büyük ölçüde kristalleşebilir. Kristalliği arttıkça (%90'a kadar) özgül ağırlık,mukavemet ve yumuşama sıcaklığı yükselir. Şekil 4 te düşük ve yüksek özgül ağırlıklı polietilenin gerilme-şekil değiştirme diyagramları görülmektedir. Genellikle ince film halinde paketleme,ambalaj ve örtü işlerinde,boru hortum ve çeşitli ucuz mutfak ev eşyası üretiminde kullanılır.

Polivinülorür (PVC) : Polietilenden sonra en çok kullanılan plastik türü olup oldukça ucuzdur. Mukavemeti yüksek, kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı dayanıklıdır. Alevle yanmaya karşı dirençli olmakla beraber zehirli gaz yayar. Döşeme kaplamaları, boru hortum, yapay deri üretiminde elverişlidir. Son yıllarda kapı ve pencere malzemesi olarak büyük ölçüde kullanılmaya başlanmıştır.

Polipropilen (PP) : Mukavemeti ve yumuşama sıcaklığı oldukça yüksek olup sudan hafiftir. Kimyasal yönden inerttir ve su emmesi çok azdır. Bu nedenle büyük ölçüde şişe, mutfak ve laboratuvar malzemesi üretiminde elverişlidir. Ayrıca ambalaj paketleme ve çuval üretiminde kullanılır.

ABS (Akronitril-Bütadien-Stiren) : Üçlü kopolimeri olup mukavemeti ve tokluğu yüksektir. Dış ve kimyasal etkilere dayanıklıdır. Boru oto parçaları elektronik aygıt kabinleri ve buzdolabı parçaları üretiminde kullanılır.

Polistiren (PS) : Arı halde saydamdır. kokusuz olmakla beraber çevre ve kimyasal etkilere karşı direnci düşüktür. Gevrek olmakla beraber kolay işlenir ve ucuzdur. Radyo kabinleri, oyuncak, mutfak eşyaları ve iç aydınlatma panoları üretiminde kullanılır.

Naylon : Poliyamidler grubuna giren naylonun mukavemeti, rijitliği ve tokluğu yüksek olup aşınmaya dayanıklıdır. Kristalleşme oranı arttıkça mekanik özellikleri ve yumuşama sıcaklıkları yükselir. Naylonların üretimi kolay olmakla beraber biraz pahalıdırlar. Dişli yatak ve benzeri parçaların üretiminde kullanılırlar.

Polimetil metakrilat (PMMA) : Akrilikler grubuna dahil (PMMA) saydam olup sert. rijit ve dış etkilere dayanıklıdır. Pleksiglas ticari adı ile deniz araçlarında, uçak ve otolarda pencere, lamba ve reklam panoları üretiminde kullanılırlar.

Polikarbonat (PC) : Mukavemeti ve tokluğu oldukça yüksek olup boyutları kararlıdır. Oto ve uçak endüstrisinde dişli, kam, takım sapı gibi parçaların üretiminde kullanılır, ayrıca emniyet başları üretiminde de elverişlidir.

Politetrafloretillen (teflon) : Simetrik ve homojen yapıya sahip politetrafloretillen büyük ölçüde kristalleştirilir. Bu nedenle özgül ağırlığı en yüksek polimer sayılır (2,3 gr/cm³) Mukavemeti ve aşınmaya karşı direnci yüksek,sürtünme kat sayısı çok düşüktür. -200°C ile +260°C arasında kullanılmaya elverişlidir. Kimyasal etkilere karşı çok dayanıklıdır. Sürtünmesi düşük ve kaygan olduğundan yatak, burç ve conta üretiminde elverişlidir. Ayrıca boru pompa parçaları ve izolasyon şeritleri üretiminde de kullanılır. Yüksek sıcaklığa dayanıklı olup yapışmadığından mutfak eşyalarını kaplamaya elverişlidir.

9.2.4 Termoset Plastikler

Uzayağı polimeri olan termoset plastikler mukavemetleri, rijitlikleri, kullanma sıcaklık sınırları ve dış etkilere dayanıklılıkları yönünden termoplastiklerden genellikle daha

üstündürler, ancak tekrar kullanılamazlar. Arı kütle halinde kullanıldıkları gibi ayrıca değişik tür liflerle kompozit polimere dönüştürülerek üstün mekanik özellikler kazanırlar.

Fenolikler: En önemli endüstriyel plastiklerden sayılan bakalit (fenol formaldehid) ilk geliştirilen sentetik fenolik polimerdir. Mukavemeti ve sertliği yüksek, sıcaklığa ve kimyasal etkilere dayanıklı kolay uygulanan ve oldukça ucuz plastik türüdür. Cam lifi, pamuk ve odun talaşı pekiştirilerek mukavemet ve toklukları artırılır. Elektrik ve oto endüstrisinde çeşitli parçaların üretiminde ayrıca levha halinde mobilya ve yapılarda, kaplama ve yapıştırma işlerinde kullanılırlar.

Epoksitler: Mukavemeti ve sertliği yüksek düşük kimyasal etkilere dayanıklı ve boyutları kararlıdır. Koruyucu ve dekoratif kaplama işlerinde elverişlidirler. Diğer malzemelere kolaylıkla yapışır, bu nedenle adeziv olarak geniş ölçüde kullanılır. Özellikle cam, karbon ve boron lifleri ile pekiştirilerek mukavemetleri ve rijitlikleri çok artırılabilir. Uçak ve uzay aracı gövdelerinde, spor malzemelerinde kullanılmaya elverişli olmakla beraber oldukça pahalıdır.

Poliesterler: Doymamış kovalan bağlı poliesterler düşük viskoziteli lineer polimer olmakla beraber, katkı maddeleri ile birlikte işlem uygulayarak çapraz bağlar oluşturulur, bunun sonucu termoset plastiğe dönüştürülürler. Dış etkilere iyi dayanırlar ve kolay uygulanırlar. Çoğunlukla cam elyafı ile pekiştirilerek deniz tekneleri, oto gövdeleri, deşarj boruları ve su tankları üretiminde kullanılırlar.

Aminler: Sert, rijit ve kimyasal etkilere dayanıklı olup kokusuz ve tatsızdır. Sıcaklıkla boyutları çok az değişir. Özellikle mutfak ve ev eşyaları üretiminde elverişlidirler. Melamin formaldehid ve üre-formeldahid aynı gruptan olup özellikle kontrplak, sunta vb levhaların üretiminde adeziv olarak kullanılırlar.

Silikonlar: Si atomları C atomları gibi dördüncü grup elemanıdır, dolayısıyla polimerize olma yetenekleri vardır. Ancak Si atomlarının kendi aralarında uzayağı yapısı oluşturmaları güçtür, zincirler kararsız olur. Bunun yerine oksijen atomları ile kolaylıkla bağ oluşturarak polimerize olurlar, bu nedenle de bunlara silikonlar denir. Özellikle elastomer niteliğinde olan silikon kauçuğu -100 C ile 250 C arasında elastikiyetini korur. Ayrıca oto ateşleme sistemlerinde elektriksel yalıtkan, yapılarda yalıtım ve koruma amacı ile kullanılır, ancak oldukça pahalıdır.

9.2.5 Plastiklerin Mekanik Özellikleri

Termoplastikler genellikle sünektir, kırılmadan önce plastik şekil değiştirirler. Mekanik özellikleri yüklemeye süresine ve sıcaklığa önemli ölçüde bağlıdır. Oda sıcaklığında sabit gerilme altında sünme nedeni ile sürekli şekil değiştirirler. Termoset plastikler ise gevrekler, plastik şekil değiştirme olmadan kırılır. Sıcaklık artınca mukavemetleri azalır, fakat yumuşamazlar. Aşırı sıcaklıkta ayrışır ve kavrulurlar. Plastiklerin elastisite modülleri düşüktür, genellikle metallerin 1/100'ü kadardır.

10. MALZEME MUAYENE YÖNTEMLERİ

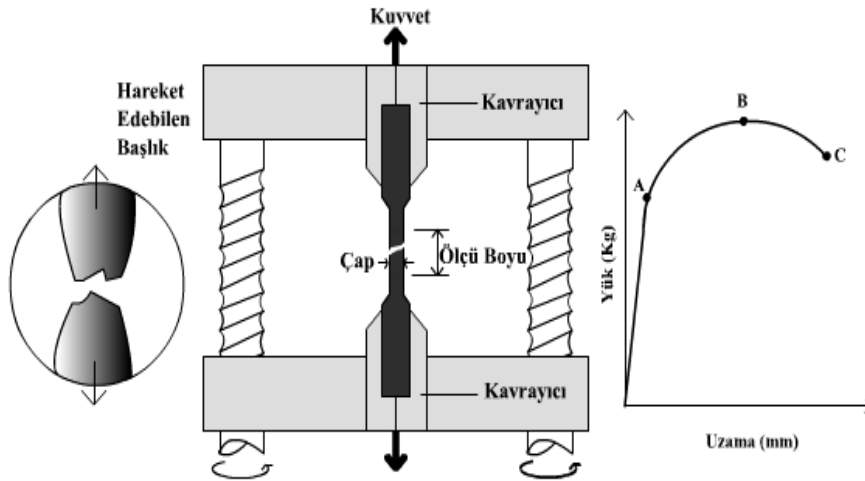
10.1 Tahribatlı Malzeme Muayene Yöntemleri.

10.1.1 Çekme Deneyi

Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında esas dizayn bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklere göre sınıflandırılmasını sağlamak amacı ile geniş çapta kullanılır. Çekme deneyi standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilmesidir. Deney sırasında, standart numuneye devamlı olarak artan bir çekme kuvveti uygulandığında, aynı esnada da numunenin uzaması kaydedilir.

Çekme deneyi sonucunda malzemeye ait aşağıdaki mekanik özellikler bulunabilir.

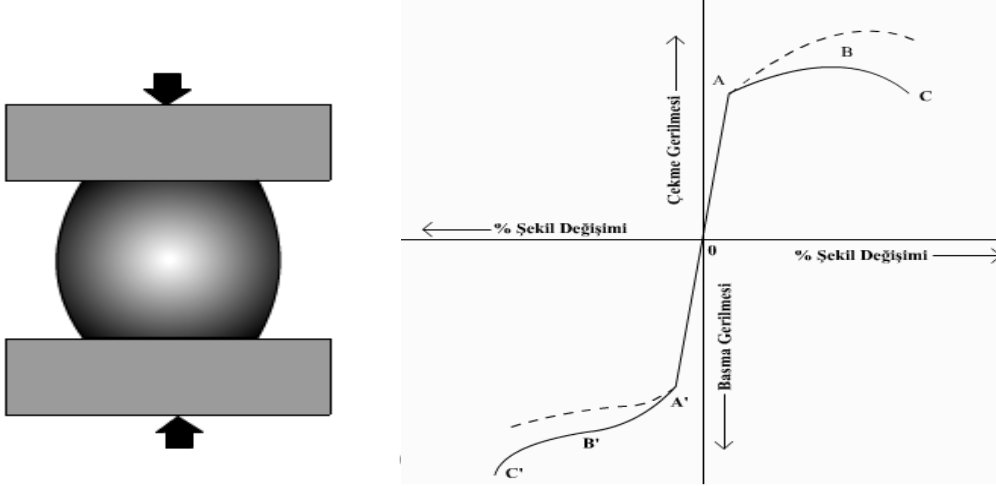
- Elastisite modülü
- Elastik sınırı
- Rezilyans
- Akma gerilmesi
- Çekme dayanımı
- Tokluk
- % uzama
- % kesit daralması



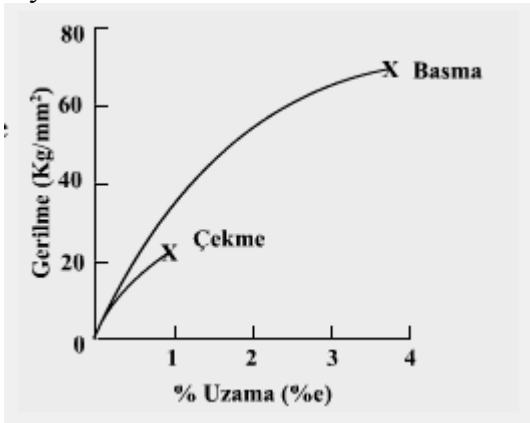
Çekme deneyine tabi tutulan numunenin yukarıda belirtilen özelliklerin sıhhatli bir şekilde ortaya çıkarılabilmesi için, alındığı malzemeyi tam olarak temsil edebilmesi şarttır. Numunenin alındığı malzemenin :

10.1.2 Basma Deneyi

Basma deneyi işlem itibarı ile çekme deneyinin tamamen tersidir. Basma deneyi de çekme deneyi makinelerinde yapılır. Basma kuvvetlerinin uygulandığı malzemeler genellikle basma deneyi ile muayene edilir. Tatbikatta basma kuvvetlerinin uygulandığı yerlerde kullanılan malzemeler genellikle gevrek malzemelerdir. Gri dökme demir, yatak alaşımları gibi metalik ve tuğla, beton gibi metal dışı malzemelerin basma mukavemetleri, çekme mukavemetlerinden çok daha yüksek olduğundan, bu gibi malzemeler basma kuvvetlerinin uygulandığı yerlerde kullanılırlar ve basma deneyi ile muayene edilirler.



Basma deneyi ile de malzemelerin mekanik özellikleri tespit edilebilir. Basma deneyi sırasında numunenin kesiti devamlı olarak arttığından, çekme deneyinde görülen «Boyun» teşekkülü problemi yoktur. Basma deneyi bilhassa gevrek ve yarı gevrek malzemelerin sünekliğini ölçmede çok faydalıdır, zira bu malzemelerin sünekliği çekme deneyi ile hassas olarak ölçülemez. Bu malzemelerin çekmede % uzama ve % kesit daralması değerleri hemen hemen sıfırdır. Basma deneyinin diğer bir avantajı da çok küçük numunelerin bile kullanılabilmesidir. Bu avantaj, bilhassa çok pahalı malzemelerle çalışıldığında veya çok az miktarda malzeme bulunduğu durumlarda çok faydalıdır.



Basma numunelerinde, üniform bir gerilme durumu elde edilmesi gayesiyle yuvarlak kesitli numuneler tercih edilir. Fakat kare veya dikdörtgen kesitli numuneler de kullanılabilir. Basma numunelerinde önemli olan bir özellik, numunenin çapı (d_0) ile yüksekliği (h_0) arasındaki orandır. Bu oranın (h_0 / d_0) çok büyük olması, numunenin deney sırasında bükülmesine ve gerilmelerin numune üzerinde homojen olarak dağılmamasına sebep olur, dolayısıyla yanlış sonuçlar elde edilir. Bu sebeple pratikte üst limit olarak (h_0 / d_0) <10 oranı tavsiye edilir. Basma numunesinin yüksekliğinin çapa göre çok kısa olması da istenmez, alt limit olarakta (h_0 / d_0) $>1,5$ oranı tavsiye edilir. Numune boyutlarının (h_0 / d_0) $<1,5$ olması durumunda, numune ile numunenin basıldığı plakalar arasındaki sürtünme, deney sonuçlarını etkileyecek değerlere yükselir. Genel olarak, basma

numunelerinde (h_0 / d_0) >2 oranı en fazla kullanılan orandır. Bununla beraber, farklı malzemeler için farklı (h_0 / d_0) oranı kullanılmaktadır. Metalik malzemeler için basma numunelerinde genellikle $h_0 / d_0 = 2$ oranı kullanılır.

Basma deneyi, basma plakaları birbirine paralel olan bir makine ile yapıldığından numunelerin itina ile hazırlanmış olması gerekir. Basma numunelerinde yükün kullanıldığı alt ve üst yüzeyler numunenin düşey eksenine dik ve birbirine paralel olmalıdır.

Basma deneyinde parçaların deformasyonu ve kırılması çeşitli şekilde olabilir. Sünek malzemeler, genellikle deney sırasında kırılmadan deforme olurlar ve şişme göstererek yığılırlar. Gri dökme demir gibi gevrek malzemelerde kırılma, genellikle kayma ile numunenin iki parçaya ayrılması şeklinde olur. Pirinç gibi yarı- gevrek malzemelerin kırılması ise koni şeklinde olur.

10.1.3 Kırılma Tokluğu deneyi

Malzemelerin gerilme altında iki veya daha fazla parçaya ayrılmasına KIRILMA denir. Kırılmanın karakteri malzemeden malzemeye değişir ve genellikle tatbik edilen gerilmeye, sıcaklığa ve deformasyon hızına bağlıdır. Kırılma başlıca iki safhadan oluşur. Birinci safha «çatlak teşekkülü», ikinci safha ise «çatlağın ilerlemesi» dir. Yani kırılma, karakteri ne olursa olsun çatlak teşekkülü + çatlağın ilerlemesi ile oluşur. Malzemelerin kırılması, çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Malzemelerin kırılma öncesi durumuna ve kırılmaya sebep olan yükleme şartlarına bağlı olarak kırılma aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

10.1.3.1 Gevrek Kırılma

Çok az veya hiçbir plastik deformasyon bırakmadan malzemenin kırılmasına gevrek kırılma denir. Genellikle camlar, seramikler ve bazı metaller gevrek olarak kırılırlar. Birçok hallerde gevrek olarak kırılan malzemelerde, yalnız kırık yüzeyi civarında az miktarda plastik deformasyon meydana gelir.

10.1.3.2 Sünek Kırılma

Kırılma öncesi malzemede plastik deformasyon meydana gelirse bu tip kırılmaya sünek kırılma denir. Sünek kırılmanın meydana gelebilmesi için cisimde belirli bir miktarda plastik deformasyonda meydana gelmesi gerekir, çünkü sünek kırılmayı oluşturmak için plastik deformasyon gereklidir. Bu sebeple de sünek kırılmayı meydana getirmek için uygulanan gerilmenin, malzemede plastik deformasyonu sağlayacak seviyede olması gerekir.

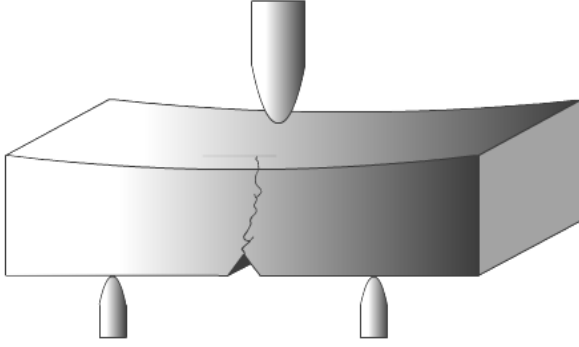
10.1.3.3 Sürünme Kırılması

Yüksek sıcaklıklarda, sabit gerilme veya sabit yük altında malzemelerin sürünme deformasyonu sonucunda kırılmasına, sürünme kırılması denir. Makroskopik açıdan bakıldığında, sürünme kırılması "malzemede plastik deformasyon sonucunda oluşur, bu sebeple sünek kırılmaya benzer. Mikroskopik açıdan ise, sürünme kırılması, düşük sıcaklıklarda meydana gelen sünek kırılmadan farklıdır.

10.1.3.4 Yorulma Kırılması

Malzemelerin elastik limit veya çekme dayanımı altındaki alternatif yükler altında kaldıklarında zamanla kırılma gösterirler, bu olaya yorulma kırılması adı verilir. Yorulma kırılmaları genel olarak plastik deformasyon meydana gelmeden de olabilir. Bazen yorulma kırılmaları sünek kırılmalara benzerse de yorulma kırılmasında çatlak ilerlemesi sünek kırılmadan farklı olup, çatlak her bir yükleme periyodunda ancak belirli bir miktar ilerler. Malzemelerin

yüklenme şekli, yani gerilme ve şekil değişimi ile ortam şartları meydana gelecek kırılmanın ne tip olacağını tayin ederler.



Deney yapılacak malzemenin şekli ve miktarı numune boyutlarını etkiler. Numune boyutları ve şekil de, kırılma tokluğu deney sonuçlarını etkiler. Numune olarak kullanılan bir eğme çubuğu veya üzerine yiv açılmış bir çekme çubuğu ile deney yapıldığında, uygulanan yükleme şeklinin verdiği mekanik avantajdan dolayı kırılma yükü genellikle daha az olur.

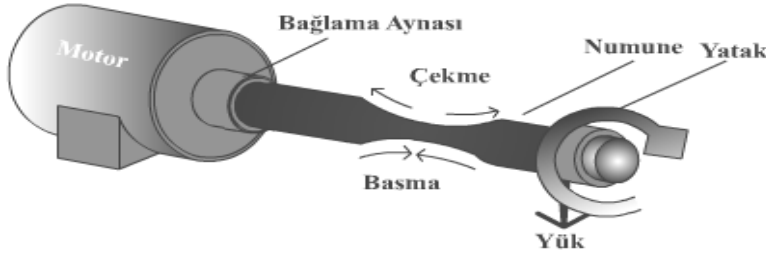
10.1.4 Yorulma Deneyi

Bir çok makine parçaları ve yapı elemanları kullanılmaya esnasında tekrarlanan gerilmeler (yükler) ve titreşimler altında çalışmaktadırlar. Tekrarlanan gerilmeler altında çalışan metalik parçalarda, gerilmeler parçanın statik dayanımından küçük olmalarına rağmen, belirli bir tekrarlanma sayısı sonunda genellikle yüzeyde bir çatlama ve bunu takip eden kopma olayına neden olurlar. «YORULMA» adı verilen bu olay ilk defa 1850 - 1860 yılları arasında Wöhler tarafından incelenmiş ve teknoloji ilerledikçe mühendislik uygulamalarında daha fazla önem kazanmıştır. Otomotiv ve uçak endüstrisindeki parçalar ile kompresör, pompa, türbin gibi makinelerin parçalarında görülen mekanik hasarların yaklaşık % 90'ı yorulma sonucunda olmaktadır. Yorulma olayına, parçaya sadece dışardan uygulanan mekanik kuvvetler değil, ısıl genleşme ve büzülmelemlerden doğan ısıl gerilmeler de neden olabilmektedir. Yorulma olayında çatlama genellikle yüzeydeki bir pürüzde, bir çentikte, bir çizikte, bir kılcal çatlakta veya ani kesit değişimlerinin olduğu yerde başlar. Çatlak teşekkülü için genellikle şu üç ana faktör gereklidir:

- Yeteri derecede yüksek bir max. çekme gerilmesi,
- Uygulanan gerilmenin oldukça geniş değişimi veya dalgalanması,
- Uygulanan gerilmenin yeteri kadar büyük tekrarlanma sayısı.

Bu ana faktörlerin yanında çok sayıda, yan faktörler de sayılabilir; örneğin yüzey kalitesi, korozyon, sıcaklık, aşırı yükleme, kalıcı iç gerilmeler, bileşik gerilmeler, gerilim konsantrasyonu, frekans, mikro yapı (tane boyutu, faz dağılımı, inklüzyonlar, v.s.) gibi.

Yukarda sayılan faktörler göz önünde bulundurulacak olursa, metalik parçanın yorulma direncini ve yorulma ömrünü arttırmak için, etkili faktörleri en zararsız halde bulunduracak çok iyi bir dizayna gerek vardır. Ancak küçük bir yorulma deneyi numunesi üzerinde yapılan deney sonuçlarını karmaşık bir parça veya konstrüksiyon dizaynında kullanmak oldukça güçtür. Laboratuarda, standart boyut ve belirli yüzey özelliğindeki numuneye, belirli türde sabit gerilmeler uygulanarak deney yapılır. Endüstride kullanılan parçada ise koşulların hepsi değişiklik gösterirler. Karmaşık olmalarından dolayı bu koşulların analizi de güçtür. Bu nedenlerle yorulma deneyi sonuçları, mühendislik uygulamalarında çekme deneyi sonuçları gibi kesin ve tam güvenilir şekilde kullanılamazlar. Yorulma deneyi sonuçları belirli koşullar için fikir verir ve benzer koşulların bulunabileceği parça dizaynında gerekli önlemlerin alınmasında yardımcı olur.

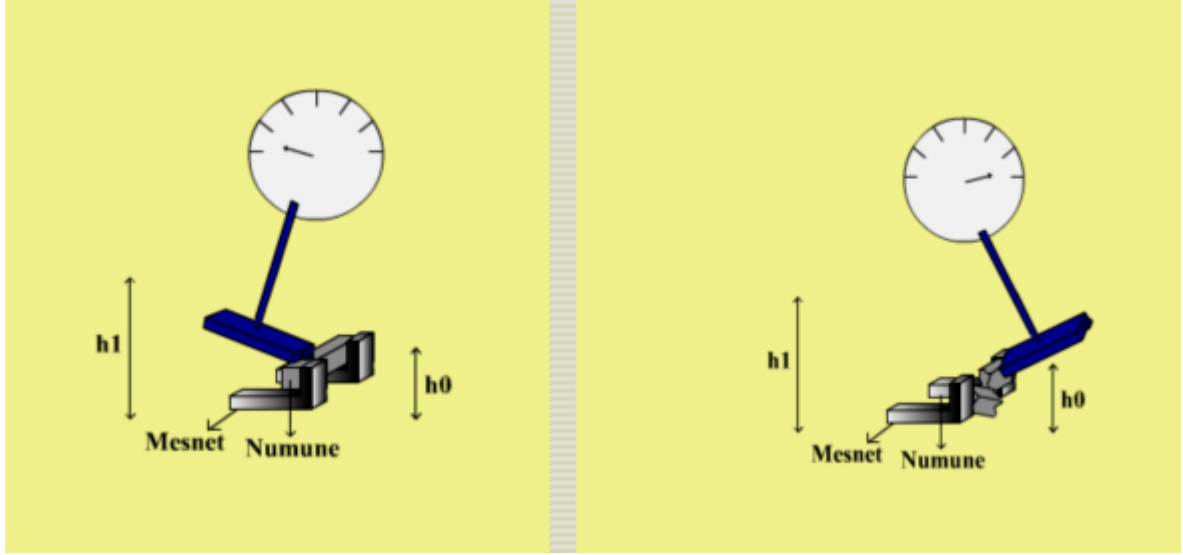


10.1.4.1 Malzemede Yorulma Olayına Etki Eden Faktörler:

- Malzeme Cinsinin, Bileşiminin Ve Yapısının Etkisi
- Yüzey Özelliklerinin Etkisi
- Çentik Etkisi
- Gerilmelerin Etkisi
- Korozyonun Etkisi
- Sıcaklığın Etkisi
- Frekansın (Deney Hızının) Etkisi

10.1.5 Çentik Darbe Deneyi

Çentik darbe deneyinde amaç, malzemenin bünyesinde muhtemelen bulunacak bir gerilim konsantrasyonunun (gerilim birikiminin) darbe esnasında çentik tabanında suni olarak teşkil ettirilip, malzemenin bu durumda dinamik zorlamalara karşı göstereceği direnci tayin etmektir. Gri dökme demir numunelerinde, malzemenin bünyesindeki grafit levhacıklar çentik gibi etki yapacaklarından, ayrıca çentik açmağa lüzum yoktur. Çentikli bir numune zorlandığı zaman, çentiğin tabanına dik bir gerilim meydana gelir. Kırılmanın başlaması, bu gerilimin etkisi ile olur. Numunenin kırılabilmesi için bu dik (normal) gerilimin, kristalleri bir arada tutan veya kristallerin kaymasına karşı koyan kohezif dayanımdan fazla olması gerekir. Numune, plastik biçim değiştirmeğe fırsat bulamadan bu hal meydana gelirse, buna gevrek kırılma denir. Burada kırılan yüzey, düz bir ayrılma yüzeyidir. Deney esnasında, numune kırılmadan önce çoğu zaman plastik biçim değiştirme meydana gelir. Uygulanan kuvvet etkisi ile normal (dik) gerilime ilaveten, bununla yaklaşık olarak 45° farklı bir kayma gerilimi etki etmeğe başlar. Kayma gerilimi, kayma dayanımını (kritik kaymagerilimi) aştığı an, elastik (esnek) özellik sona erer ve plastik biçim değiştirme başlar. Bu durumda önce plastik biçim değiştirme, daha sonra kırılma meydana gelir. Buna sünek kırılma hali denir ve kırılma yüzeyi girintili çıkıntılı bir görünüştür.



10.1.6 İzod Darbe Deneyi

Darbe deneyinde, numunenin dinamik bir zorlama altında kırılması için gereken enerji miktarı tayin edilir. Bulunan değer, malzemenin darbe direnci (darbe mukavemeti) olarak tanımlanır. Bu deneylerde, Şekil 'de şematik olarak gösterilen sarkaç tipi cihazlardan faydalanılır. Ağırlığı G olan sarkaç, h yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerjisi ($G \times h$) mertebesinde. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve aksi istikamette h_1 yüksekliğine kadar çıkar. Böylece, numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji ($G \times h_1$) mertebesinde demektir. Sarkaçın, numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji ile numune kırıldıktan sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi başka bir deyimle, darbe direncini verir. Darbe direnci (kg-m) veya (kg-m/cm^2) cinsinden ifade edilmektedir. Bu deney tamamen ampirik olduğu ve şartlar değiştiğinde malzeme farklı özellik gösterdiği için numunelerin cihaza uygun bir şekilde yerleştirilmesi, doğru sonuç alma yönünden önemlidir. Deney esnasında önce sarkaç, daha önce tespit edilen potansiyel enerjiye sahip olabileceği bir yüksekliğe çıkarılır. Daha sonra numune, uygun bir şekilde yerleştirilir. Örneğin, en çok uygulanan Charpy deneyinde numune, mesnetlere tam yaslanacak şekilde ve çekicinin salınım düzlemi ile çentiğin simetri düzlemi $0,5 \text{ mm}$ içinde birbirine çakışacak şekilde yerleştirilir. Bu durum cihaza bağlı, yardımcı bir aletle sağlanabilir. Numune uygun şekilde yerleştirildikten sonra, okumaların yapıldığı kadranın göstergesi başlangıç durumuna getirilir ve sarkaç düzgün bir şekilde serbest bırakılır. Sonuç, deneyden sonra kadrandan okunur.

10.2.Tahribatsız Malzeme Muayene Yöntemleri

Bir yapının geometrik boyutları, yapı kusurları ve bileşimi hakkında, onu bir daha kullanılamaz hale getirmeden bilgi edinmek tahribatsız muayenelerin amacı ve gayesidir. Daha kısa bir şekilde denilebilir ki tahribatsız muayene bir parçanın görevine uygunluğunu onun kullanışlığına hale getirmeden tayin etmektir. En kısa deyimle tahribatsız muayene bozmadan muayenedir.

Kullanıma Amaçları.

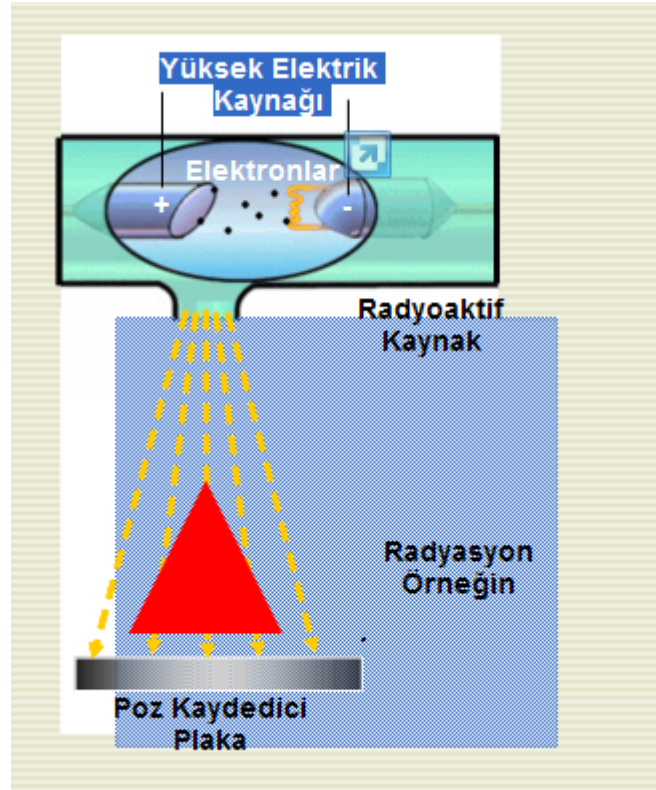
Tahribatsız muayeneler hemen hemen bütün endüstri dallarında çok değişik maksatlarla kullanılmaktadırlar. Bütün bu amaçları aşağıdaki şekilde gruplandırarak özetlemek mümkündür.

- İmalat esnasında:
- Nihai performansı etkileyebilecek bütün değişkenlerin dizayn sınırları içinde kaldığından emin olmak ve böylece üniform kaliteye ulaşmak.

- Hatalı parçayı mümkün olduğu kadar erken teşhis ederek buna saf olunacak müteakip imalat işlemlerinden tasarruf sağlamak.
- Tamamlanmış imalatın kontrolünde:
- Mamulün ilgili mühendislik standartlarına ve teknik şartnamelere uygunluğunu kontrol etmek suretiyle güvenilirliğini artırmak.
- Servis, bakım ve tamir işlerinde:
- Yeni kusurları daha başlangıç döneminde tespit etmek.
- Önceden bilinen eski kusurlardaki gelişmeyi takip etmek.
- Araştırma işlerinde:
- Bir yeni mamul geliştirmek.
- Bir yeni imalat işlemi geliştirmek.

10.2.1. Radyografi Metodu

Tahribatsız muayenelerin en eskilerinden biri olan radyografi metodunun tarihçesi 1895 senesinde X-ışınlarının Wilhelm Conrad Roentgen tarafından keşfedilmesine kadar dayanır. Başlangıçta X-ışınları genellikle tıbbi radyografide kullanılmıştır. Radyografiyi 1930 yılında ilk defa Amerikan Donanması kaynak dikişlerinin kontrolünde bir endüstriyel tahribatsız muayene metodu olarak tanımıştır. İkinci dünya harbinden sonra gamma ışınlarının ve takriben 1960 senelerinden sonra da nötronların kullanılmaya başlanması ile endüstriyel radyografinin sınırları çok genişlemiştir.



Radyografide, X-ışını tüpünden doğrusal olarak yayılan ve şiddetleri uzaklığın karesi ile azalan X-ışınları malzemeden geçirilir. Bu ışınlar, malzemenin kalınlığı, yoğunluğu ve bileşimine bağlı olarak malzemede absorbe edilip zayıflarlar. Parçada yüksek yoğunluklu yerler koyu, düşük yoğunluklu yerler açık görünür. Hatalar çevreleri ile olan ton zıtlıklarından anlaşılır. Her türden metale, seramik, plastik gibi metal olmayan malzemelere uygulanabilir. Havacılıkta; uçak bakım ve onarımında yani makro yapıların incelenmesinde, çatlak korozyon, gevrek bağlantı parçaları ve perçinler, hasarlı yapılar, karmaşık parçalarda arıza arama ve bal peteği kompozit yapılarda su tespitiyle her türlü kaynakların muayenesi için kullanılır. Metodun hassasiyeti radyasyonun dalga boyuna (yani X^- ışınları halinde kullanılan cihazın voltajına, Y^- ışınları halinde radyoizotopun

cinsine) , muayene olunan malzemenin kalınlığına, yoğunluğuna ve kullanılan filmin cinsine bağlıdır. Görüntünün definasyonu radyasyon kaynağının büyüklüğüne ve muayene geometrisine tabidir. Parçayı kat edip geçen ve görüntüyü taşıyan radyasyon demeti, hiç modüle olmadan gelen radyasyon tarafından maskelenir. Background'u azaltarak görüntüyü netleştirmek uygulamanın büyük tecrübe isteyen can alıcı tarafıdır.

10.2.1.1 Üstünlükleri

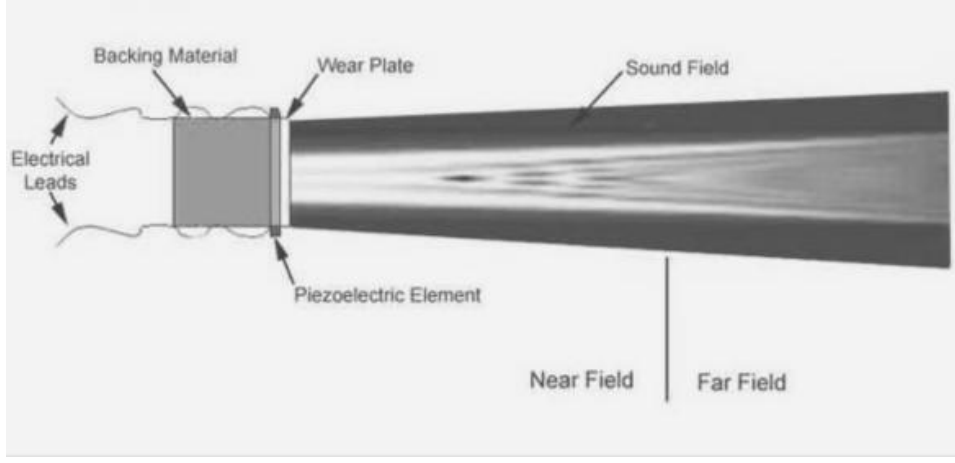
- Fiziksel özellikleri ne olursa olsun bütün katı malzemelere uygulanabilir. Yüksek atom numaralı ağır elementlerin elektromanyetik radyasyon absorpsiyon kesitleri yüksek olduğu için bunların muayenesinde X^- ve Y^- radyografileri kullanışlı değildir. Fakat bu gibi elementlerin çoğu için nöron radyografisi uygun düşmektedir.
- Daimi kalan bir kayıt verir.
- Görüntünün obje ile olan geometrik bağıntısı kusurun büyüklüğünü tayin imkanı verir.
- Görüntünün fotografik yoğunluğundaki değişme kusurun yapısı hakkında ip uçları verir.
- Yaklaşılamayan parçaları yerlerinden sökmeden muayene etmek ekseri ahvalde mümkündür.

10.2.1.2 Eksiklikleri

- İdeal şartlar altında dahi metot toplam kalınlığın %1 veya 2 mertebesinde kalınlık değişmelerine hassa değildir.
- Çok ince ve eksen radyasyon demeti doğrultusuna paralel çatlaklar detekte olunmaz.
- Deneyimli personele ihtiyaç vardır.
- Zaman alan bir muayene işlemidir.
- Radyasyondan korunma talimatlarına uyulmak mecburiyeti metodun güçlüklerinden biridir.

10.2.2 Ultrason Metodu

Ultrasonik dalgaların malzeme içi hataların tespitinde kullanılması ilk defa 1931 yılında bir Alman patenti ile başlar. İlk ticari cihazlar 1940 senelerinde endüstriye yayılmaya başlamıştır. Elektriğin gelişimi bu tekniğin pratik bir muayene metodu olarak gelişmesine büyük katkısı olmuştur. Şimdi tahribatsız muayenenin temel metotlarından biri haline gelmiştir. Ultrasonik muayene metotları içinde pratik hayatta en çok kullanılan darbe-yankı (pulse-echo) tekniğidir. Bu teknikte malzeme içine bir ses dalgası gönderilir ve bunun bir kusurdan yankılanması tespit olunur. Aşağıda bu tekniğin temel prensipleri özetlenmiştir. Ultrason ile hata görebilmek, kusur ile onu çevreleyen ana malzemenin ara yüzeyinde akustik empedansın ani değişimine dayanır. Yüksek frekanslı ses dalgaları homojen malzeme içinde önemli bir kayba maruz kalmadan yayılırlar. Fakat malzeme yüzeyinden havaya pratik olarak geçemezler. İki katı yüzeyin ara yüzeyinden ise pek az geçebilirler, dolayısıyla ultrasonik dalgalar dış yüzeylerden, malzeme içindeki boşluklardan, gayri safiyetlerden kuvvetle yansır ve saçılırlar. Malzemenin içindeki bir hatadan ve malzemenin öbür yüzünden yansiyarak toplayıcı proba ulaşan ultrasonik dalgaların meydana getirdikleri elektrik darbeleri arasındaki çok kısa zaman farkı bir katot ışını tüpü vasıtasıyla tespit olunabilir. Bu zaman farkı hatanın muayene yüzeyine uzaklığı ile orantılıdır. Darbenin yüksekliği ise hatanın büyüklüğü, şekli, oriyantasyonu, ve yapısı hakkında değerli bilgiler verir.



10.2.2.1 Üstünlükleri

- 1) Metodun başlıca kullanım alanlarını şöyle sıralayabiliriz.
 - Yüzey ve iç hataları görebilmek
 - Kalınlık ölçmeleri
 - Elastisite modülünün tayini
 - Metalürjik yapının incelenmesi
- 2) Hassasiyeti yüksektir, çok küçük hataların dahi görebilmek mümkündür.
- 3) Yüksek penetrasyonu sebebiyle fevkalade büyük malzeme kalınlıklarına dahi uygulanabilir.
- 4) Bir kusurun sade varlığını değil aynı zamanda büyüklüğünü, oriyantasyonunu ve yerini de tayin etmek mümkündür.
- 5) Muayene olunacak parçaya sadece bir yönden yaklaşmak yeterlidir.
- 6) Neticeyi anında verir. İstenirse kalıcı bir kayıta alınabilir. Numune doğrusal, dairesel, spiral yani her istenildiği şekilde taranabilir. Taramayı otomatik olarak yüksek hızda yapmak ve insan faktörünü elimine etmek ekseriya mümkün olur.
- 7) Bazı hallerde basit parçaların takılı oldukları yerlerden sökülmeden yerinde kontrolleri mümkündür. Şartlar el verdiği takdirde prob muayenesi istenilen bölgeden uzak bir noktaya tatbik olunabilir. Böylece montajlı parçaların gözle muayenesinde saklı kalınabilecek kusurları ultrasonik metotla bulup çıkarmak imkan dahilindedir.
- 8) Ultrasonik dalga demeti bir odakta toplanabilir, yansıtılabilir ve kırımın yaptırılabilir. Ultrasonik enerji su ve diğer sıvılar içinden geçebilir. Bu özellikler tatbikatta çeşitli imkanlar sağlarlar.

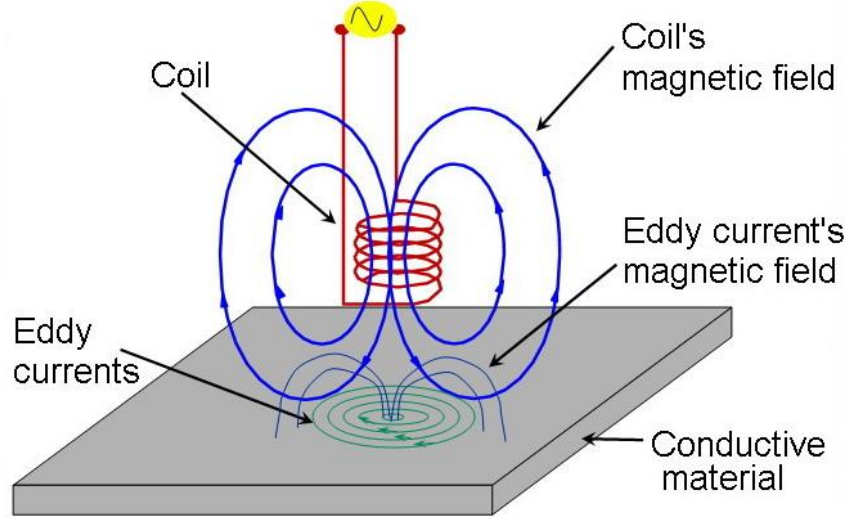
10.2.2.2 Eksiklikleri

- 1) Ultrason metodunun hassasiyeti numunenin geometrisine ve hatanın oriyantasyonuna bağlıdır. Basit şekilli parçalarda en iyi sonuç alınır. Numunede ani kesit ve profil değişimleri okumayı zorlaştıran ilave işaretler (parazitler) verirler.
- 2) Yüzeye çok yakın olan küçük hatalar probun sağır bölgesinde kaybolabilir. Sağır bölgelerin derinliği birçok faktöre, bu meyan da yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır.
- 3) Ana malzemeye iyi kaymamış ve onunla benzer akustik özellikleri haiz gayrisafiyetlerin görebilmek büyük güçlük arz eder.

10.2.3. Girdap Akımları Metodu

Girdap akımları metodunun temelleri Michael Faraday'ın 1831 öne sürdüğü elektromanyetik kuramına dayanır ama temel prensip 1879 larda Huhges'e dayanır. Bunun bir tahribatsız muayene

metodu olarak geliştirilmesi için ilk teşebbüsler ise 2. Dünya Savaşı öncesi senelerde nükleer ve uçak sanayisinin gelişmesiyle yapılır. Endüstriyel muayene metodu olarak tanınip yerleşmesi takriben 1950 senesinden sonradır. Üzerinden alternatif akım geçen bir bobin iletken bir malzemeye yaklaştırılırsa bu malzeme içinde girdap akımları endüklenir. Endüklenen girdap akımları ilave bir manyetik alan meydana getirirler. Bu alan ya bizzat onu uyaran bobin veya bir ayrı bobin tarafından detekte olunabilir. Malzeme içinde mevcut kusurlar, geometrik ve metalürjik değişmeler elektriksel iletkenlik ve permeabilitede, dolayısıyla Endüklenen girdap akımlarında lokal değişmelere sebep olurlar. Girdap akımlarındaki bu değişmeler detektör bobin tarafından uygun bir cihaza gönderilir. Okuma cihazı ibreli bir cihaz, scope, kalemli kaydedici, ışıklı veya sesli alarm, sayıcı, otomatik damgalayıcı veya ayırıcı bir cihaz olabilir. Böylece malzemenin elektriksel, manyetik ve geometrik süreksizlikleri endirekt olarak ölçülebilir.



10.2.3.1 Üstünlükleri

1. Metot esas itibariyle metalürjik yapı farkları ve malzeme hataları sebebiyle iletkenlik ve permeabilitenin değişmesini ölçer. Bu da metoda çok geniş uygulama imkanları sağlar.

Özet olarak bunlar:

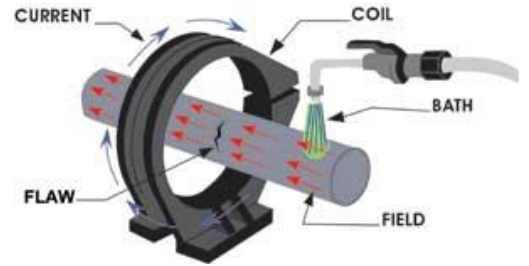
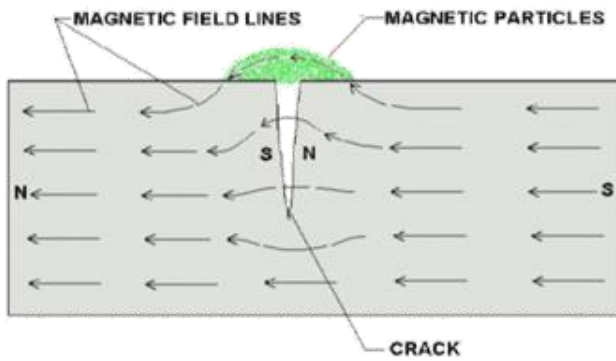
- a. Yüzeysel veya yüzeye yakın iç hataların görülebilmek. Çatlak derinliğinin tayini.
 - b. İnce levha malzemelerin veya ince cidarların kalınlıklarının ölçülmesi.
 - c. Kaplama, film veya boya kalınlıklarının ölçülmesi.
 - d. Malzeme cinsinin tayini.
 - e. Sertlik derecesinin ve derinliğinin ölçülmesi.
 - f. İletkenlik, manyetiklik, permeabilite, curie noktası gibi fiziksel özelliklerin tayini.
 - g. Hafif alaşımlarda (uçak parçalarında) yangın veya ısı hasarının tespiti.
 - h. Manyetik alan şiddeti ve doğrultusunun ölçülmesi. Malzemeler üzerindeki artık manyetikliğin tayini.
2. Metot iletkenlik ve permeabilite deki değişmelere hassas olduğundan yüzeydeki veya çatlaklardaki bulaşıklıkları (pisliklere) hassas değildir.
 3. Muayene sistemi elektromanyetik endüksiyonla çalışır. Bunun için deney parçası ile temas ve bağlantıya lüzum yoktur.
 4. Fevkalade yüksek sıcaklıklarda (1000°C' a kadar) muayene yapılabilir.
 5. sistemin uyarma frekansı yükseltilerek muayene süresi 0,001 sn'ye kadar kısaltılabilir. Dolayısıyla muayene hızı çok yüksektir.
 6. Muayene olunan parça kuru kalır. Dolayısıyla deney parçasına ait muayeneler birlikte yapılabilir.

10.2.3.2 Eksiklikleri

- 1) İletken olmayan malzemelere uygulanamaz. Ancak bunun bir istisnası vardır; iletken bir malzeme üzerinde iletken olmayan bir kaplamanın kalınlığı girdap akımları ile ölçülebilmektedir.
- 2) Metalsel kaplama kalınlıkları ancak, temel metal ile kaplamanın iletkenlikleri arasında yeterli fark olduğu takdirde ölçülebilir.
- 3) İletkenlik ve permeabilite de lokal değişimler metodun hassasiyetini azaltır. Bu zararlı etkiyi azaltmak için minyatür problemler yaparak muayene alanının mümkün olduğu kadar küçültülmesi cihetine gidilmiştir.
- 4) Kuşatan bobin sistemleri kullanmak suretiyle karışık şekillerin muayeneleri hızlandırılabilir fakat bu takdirde detekte olunan hatanın yerini tam olarak tayin etmek mümkün olamaz.
- 5) Metot üzerinde geometrinin etkisi büyüktür. Basit şekilli parçalarda uygulama basittir fakat karışık şekilli parçalarda karışık tarama işlemlerine ihtiyaç vardır.

10.2.4 Magnetik Toz metodu

Manyetizma, maddelerin bazı maddeleri kendine çekebilme özelliğidir. Bu özelliği bir mineral üstünde ilk fark eden eski Yunanlılar olmuştur. 1920'nin başlarında William Hoke metaller üzerindeki çatlakların renkli manyetik parçacıklarla tespit olunabileceğini keşfetmiştir. Bir manyetik alanda, mesela, bir mıknatısın iki kutbu arasında, manyetik akı çizgilerinin belirlenmesi için manyetik tozlar kullanıldığı malumdur. Manyetik tozlar manyetikleştirilmiş bir katı parçanın dış yüzeyindeki kuvvet çizgilerini belirlemek için de kullanılır. Ferromanyetik malzemeler içindeki süreksizlikler manyetik permeabilite de ani değişimlere sebep olurlar. Bu değişimler parça üzerine serpilmiş manyetik tozun belirli noktalarda toplanması ile görünür hale getirilir. Tabii ki bu toz kuvvetli manyetik gradienti daha iyi belirleyecektir. Bir kusur civarında en büyük manyetik gradienti elde etmek için tatbik olunan alanın kusurun eksenine dik olması gerekir. Yani bu metot yönsel bir metottur. Bu metotla muayene olunacak parçanın önce manyetikleştirilmesi ve muayene bitince de bu manyetikliğin kaldırılması gerekir. Deney parçasının manyetikleştirilmesi için üç imkan vardır.



- a) Parça bir daimi magnetin veya elektromagnetin alanı içine konur.
- b) Parça üzerinden doğru akım geçen bir bobinin çekirdeğini teşkil eder.
- c) Parça üzerinden yüksek amperli doğru akım geçirilir.

10.2.4.1 Üstünlükleri

1. Metot sadece çatlakların ve süresizliklerin değil segregasyonların ve gayrisafiyetlerini de görebilmek mümkündür.
2. Her ne kadar servisten alınan bir parçanın bu metotla muayenesinden önce yüzeyinin temizlenmesi icap ederse de, çatlaklardaki bütün pisliklerin mutlak olarak temizlenmesi gerekmez. Çatlaklarda geriye kalan pislikler muayenenin hassasiyetini fazla düşürmez.
3. Bu metot esas itibariyle yüzey çatlaklarını görebilmekte kullanılır. Fakat bazı hallerde ve bir dereceye kadar hemen yüzey altı kusurlarını da görebilmek mümkündür.
4. Manyetik olmayan ince bir tabaka (mesela cadmium) ile kaplı parçaların da muayenesi mümkündür. Yalnız hassasiyetten biraz kaybedilir.
5. Bazı şartlar altında manyetik olmayan malzemeler içinde manyetik gayrisafiyetleri de detekte etmek mümkündür.

10.2.4.2 Eksiklikleri

1. Metot genellikle yüzey hatalarının görebilmeye elverişlidir. Ancak bazı hallerde ve kalifiye personel tarafından yüzeye yakın iç hataları görebilmekte kullanılabilir.
2. Yukarıda beşinci maddede zikredilen küçük istisnaları dışında manyetik olmayan malzemelere uygulanamaz.
3. Karışık şekilli parçalarda tatbik olunacak manyetik alan şiddetini ve doğrultusunu tayin etmede güçlükler vardır. Bunun neticesi parça içinde yeterince manyetize edilmemiş bölgeler kalabilir.
4. Mümkün bütün doğrultulardaki hataların detekte olunduğundan emin olmak için muhtelif doğrultularda bir seri manyetikleştirme yapmak gerekir.
5. Parça üzerinde önceden kalmış manyetiklik muayeneyi olumsuz yönde etkiler. Bu sebepten işe başlamadan önce artık manyetikliği gidermek gerekir.
6. Kullanılan toz aşındırıcı karakterdedir. Parça üzerindeki girintilere dolar. Dolayısıyla bu metot muayeneden sonra emniyetli temizlemenin mümkün olabildiği hallerde kullanılır.
7. Eğitim görmüş ve yetişmiş personel tarafından uygulanabilir.

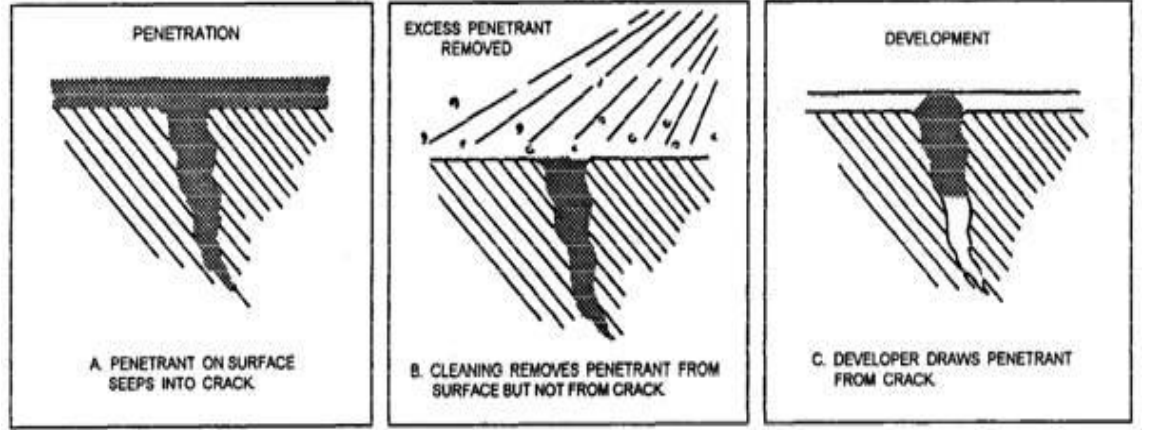
10.2.5 Penetrent Metodu

10.2.5.1 Çalışma Prensibi

Yüzeyinde çatlaklar bulunan katı cismin fazla viskoz olmayan bir sıvı (Penetrent) içine daldırılırsa yüzeyi ıslanır ve çatlakları da bu sıvı ile dolar. Bilahare yüzey kurulandıktan sonra içi sıvı ile dolu çatlaklar ıslak çizgiler halinde belirir. Çatlaktan yüzeye taşan sıvının adezyon sebebiyle hafifçe yayılması çatlak çizgisini büyütülmüş bir işaretini verir. Şayet yüzey kurutulduktan sonra üzerine ince bir tabaka halinde tebeşir tozu veya talk pudrası serpilirse, bunlar çatlakta arta kalan sıvıyı daha kuvvetli emecekleri için, büyütme daha fazla olur. Böylece gözle kolay fark edilemeyecek küçük çatlaklar görülebilir hale gelir. Kontrastlığı artırmak için özel hazırlanmış renkli sıvılar ve daha iyi emici özel developerlar geliştirilmiştir. Penetrentlerin flüoresan olan tipleri de vardır. Bunların:

1. Su ile yıkanan (pre-emulsified)
2. Emülsüfiye edildikten su ile yıkanan (post-emulsified)
3. organik solventler ile yıkanan tipleri vardır.

Penetrentlerin çatlaklara nüfus etmesi için gerekli zaman şartlarına bağlı olarak birkaç dakikadan on iki saate kadar değişir. Fazla penetrentlerin yüzeyden temizlenmesi metodun en kritik safhasıdır. Temizleme işlemi çok ileri götürülürse çatlaklarda kalması gereken penetrent kısmen veya tamamen uzaklaştırılır.



Temizleme az olursa bu defa yüzeydeki penetrent tamamen uzaklaştırılmamış olacağı için background yüksek olacak ve ince çatlakların görüntüsü maskelenecektir. Her iki hal de hassasiyeti ve güvenilirliği azaltan zararlı bir durumdur.

10.2.5.2 Üstünlükleri

1. Tatbiki kolaydır, çabuk sonuç verir. Sonuçları değerlendirmek kolaydır, gerektirdiği teçhizat basittir.
2. Fiziksel özelliklere ne olursa olsun her cins malzemeye uygulanabilir.
3. Parçanın geometrisi güçlük arz etmez.
4. Diğerleri gibi yönsel bir metod değildir, bu sebepten bir tek uygulama ile her doğrultudaki yüzey çatlakları aynı hassasiyette olunabilir.
5. Uygun şartlar altında mikron mertebesinde genişliği olan çatlaklar bile detekte olunabilir.

10.2.5.3 Eksiklikleri

1. Sadece çatlak delik ve benzeri açıklıkların görebilmeye müsaittir.
2. Sadece yüzeysel açıklıkları görebilmek elverişlidir. İç hatalar için kullanılmaz.
3. Penetrentin tatbikinden önce yapılan ön temizlemenin çatlakları kapatan etkenleri ortadan kaldıracak şekilde uygun seçilmesi ihtisas isteyen bir iştir. Bazı hallerde kimyasal temizleme (etching) gerekir.
4. Taşlama ve dövme işlemleri ile veya malzeme içindeki basınç gerilmeleri ile ağızları daralmış veya kapanmış çatlakların görebilmek ve bulunan sonuçların değerlendirilmesi güçlük arz eder.
5. Fenolik reçineler ve benzeri elastik kaplamalar altındaki ana malzeme çatladığı halde üstteki kaplama çatlamayabilir. Bu metodun tatbik olunabilmesi için kaplama tabakasının kazınması gerekebilir.
6. Gözenekli yüzeyler bu metodun tatbikine elverişli değildir. Gözenekler arasında tam yıkanmayıp kalan penetrent ince çatlakların belirlenmesini engelleyen, kontrastlığı azaltan bir background medya getirir.
7. Eğitim görmüş tecrübeli personel tarafında uygulanabilir.

10.3 Sertlik ve Sertlik Ölçme Yöntemleri

10.3.1. Sertlik Kavramı ve Tanımı

Sertlik, daha sert bir malzemeye göre mukayese edilen bir malzeme özelliğidir. Bu özellik tamamen olmasa da yeterli derecede, diğer malzeme özellikleri hakkında bizlere fikir verir, yapılacak işler için önceden yardımcı olur. Bu açıklamaya uygun olarak sertliğin tanımını aşağıdaki gibi yapmak mümkündür. Bir malzemenin, kendisinden daha sert başka bir malzemenin batmasına, çizmesine (kalıcı şekil değiştirmesine vb) karşı gösterdiği dirence **sertlik** denir.

10.3.2. Sertlik Ölçme Yöntemleri

Geçmişten günümüze, malzemelerin sertliğini ölçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

- Statik sertlik ölçme yöntemleri
 - Brinell
 - Rockwell
 - Vickers
- Dinamik sertlik ölçme yöntemleri
 - Shore sclereskobu yöntemi

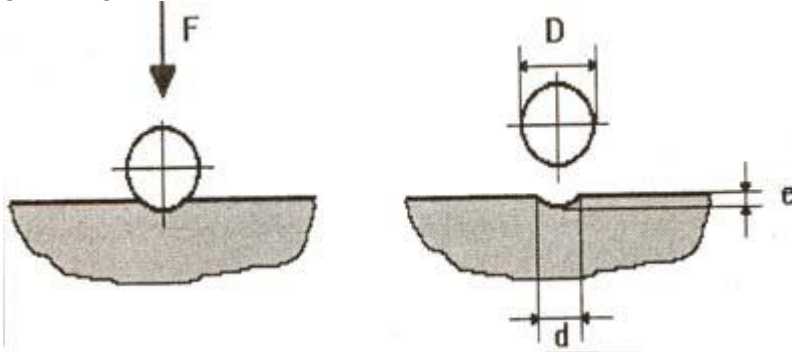
10.3.2.1. Birinell Yöntemi ile Sertlik Ölçme

Bu ölçme, sertlik ölçme cihazı yardımı ile deneyi yapılacak malzemenin yüzeyine belirli bir yükün, belirli çaptaki sert malzemeden yapılmış bir bilya yardımıyla belirli süre uygulanmasından ve sonuç olarak meydana gelen izin çapının ölçülmesinden ibarettir. Ancak gelişen teknolojiyle günümüzde bu hesaplamalara gerek kalmamaktadır. Sertlik değeri makine üzerindeki göstergeden (sıkala) okunabilmektedir.



10.3.2.1.2. Malzeme Cinsine Göre Uygulanan Yük, Bilye Çapı ve Uygulama Süresi

Yükün uygulama süresi, yumuşak metaller dışında genellikle 10 -15 saniyedir. Yumuşak metaller için bu süre 30 saniye ve daha fazla olabilir. Birinel sertlik deneyinde uygulanacak yükü malzeme cinsine göre aşağıdaki şekilde belirlemek mümkündür.



Şekil 1.1: Brinell sertlik ölçümünün şematik gösterilmesi

Malzeme Grubu	Yükleme derecesi	Ölçme aralığı HB	Uygulanan Kuvvet (P),kg			
			1mm bilya çapı	2,5mm bilya çapı	5mm bilya çapı	10mm bilya çapı
Çelik, dökme demir malzemesi ve titanyum alaşımları	30.D ²	67-450	30	187,5	750	3000
Hafif metal alaşımları, bakır, pirinç, bronz	10.D ²	22-315	10	62,5	250	1000
Saf alüminyum, magnezyum, çinko, dökme pirinç	5.D ²	11-158	5	31,25	125	500
Yatak alaşımları	2.5.D ²	6-78	2,5	15,625	62,5	250
Kurşun, kalay, yumuşak metal	1.25.D ²	3-39	1.25	7,81	31,25	125

Tablo1.1: Malzeme cinsine göre bilye çapı ve uygulanan yük

Malzeme kalınlığına göre kullanılması gereken bilye çapları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Malzeme kalınlığı(mm)	Bilye Çapı(mm)
6-Yukarısı	2,5-5-10
3-6	2,5-5
1,5-3	2,5
0,6-1,5	1

Tablo1.2: Malzeme kalınlığına göre kullanılması gereken bilye çapları



Resim : Cihaz üzerinde iz çapının görünümü

10.3.2.2 Rockwell Sertlik Ölçme

Rockwell sertliği, koni ya da küre biçiminde bir ucun belli bir yük altında bir malzeme üzerinde oluşturduğu izin derinliğinden yararlanarak ölçülen sertlik değeridir.



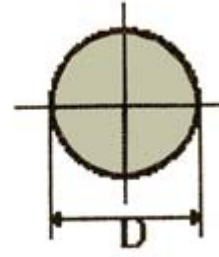
10.3.2.2.1 Malzeme Cinsine Göre Batıcı ucun Şekli ve Uygulama Basıncı

Rockwell sertlik ölçme yönteminde batıcı uç olarak tepe açısı 120° olan basık elmas, konik ya da küresel çaplı çelik bilye kullanılır. Kullanılan batıcı ucun türü, yöntemin simgesinde belirtilir. Elmas uç kullanıldığında yöntem HRC ve HRA olarak ifade edilir. Çelik bilyede ise HRB ve HRF ifadeleri kullanılır. Bunlar arasındaki fark deney esnasında uygulanan kuvvet değerleridir. En çok kullanılan Rockwell sertlik ölçekleri B ve C ölçekleridir. Ölçü saati üzerindeki iki sıra numaralardan biri kırmızı, diğeri de siyahtır. Siyah renkli numaralarla Rockwell (A), (C) ve (D) sertlikleri, kırmızı renkli numaralarla diğere Rockwell

sertlikleri ölçülür. Malzeme cinsine göre batıcı ucun şekli ve uygulama basıncı aşağıdaki tabloda detaylı olarak gösterilmiştir.



Konik uç



Küresel uç

Sembolü	Sertlik Ölçme Ucu	Ön Yükleme Kuvveti P ₀ , Kg	Toplam Yük P, Kg	Uygulama Alanları
HR _A	120° Elmas koni	10	60	Sert metal, yüzeysel sertleştirme derinliği 0,4 mm olan ince sac malzemeler
HR _B	1/16" Bilye	10	100	Metal olmayan malzemelerle yumuşak çelikler
HR _C	120° Elmas koni	10	150	Sertleştirilmiş çelikler
HR _D	120° Elmas koni	10	100	Yüzeysel sertleştirme işlemi yapılmış orta sertlikte çelikler
HR _E	1/8" Bilye	10	100	Dökme demir, alüminyum ve magnezyum alaşımları
HR _F	1/16" Bilye	10	60	Tavlanmış bakır alaşımları, kalınlığı 0,6 mm' ye kadar olan ince malzemeler
HR _G	1/16" Bilye	10	150	Fosforlu bronz, berilyumlu bakır ve yumuşak demir
HR _H	1/8" Bilye	10	60	Alüminyum, çinko ve kurşun.
HR _K	1/8" Bilye	10	150	Yatak malzemeleri ve diğer çok yumuşak malzemeler
HR _L	1/4" Bilye	10	60	Ser kauçuk ve sentetik malzemeler
HR _M	1/4" Bilye	10	100	Sentetik malzemeler ve sert ağaçlar
HR-15N			15	Yüzeysel sertleştirme işlemi yapılmış masterlar
HR-30N	120° Elmas koni	3	30	
HR-45N			45	
HR _P	1/4" Bilye	10	150	Yatak malzemeleri, sert ağaç ve sentetik malzemeler
HR _R	1/2" Bilye	10	60	
HR _S			100	
HR-15T			15	Rockwell B, F veya G deki malzemelerle, kalınlığı 0,25 mm' ye kadar olan ince sac malzemeler
HR-30T	1/16" Bilye	3	30	
HR-45T			45	
HR _V	1/2" Bilye	10	150	Rockwell "K,L,M,P,R,ve S" deki malzemeler ve benzerleri

Tablo 2.1:Rockwell sertliğinde malzeme cinsine göre kullanılan uç ve uygulama kuvveti

10.3.2.2.2 Yükü Malzemeye Doğru Olarak Uygulama

Sertlik ölçme yönteminde yükü malzemeye uygulamadan önce veya uygulama esnasında aşağıdaki işlem sırası mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

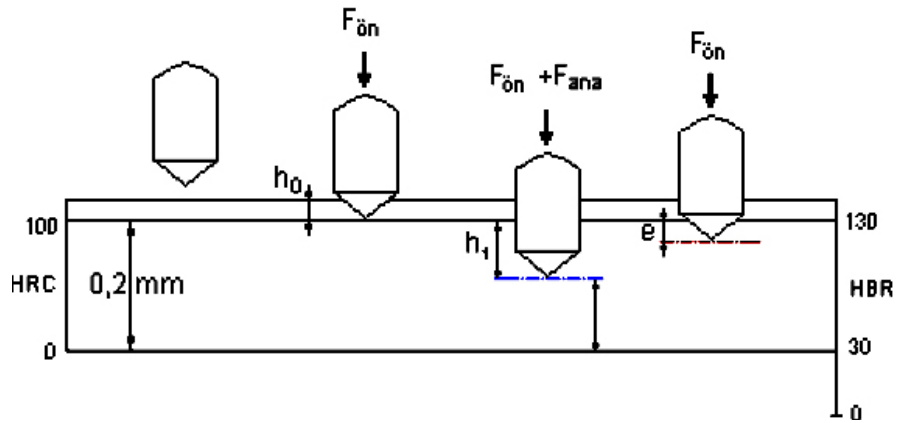
-Ölçüm yapılacak malzemenin yüzeyi kimyasal yollarla ve zımpara ile temizlenerek parlatılmalıdır.

-Deney sonuçlarının güvenilir olması için ölçümün, oda sıcaklığında ve normal atmosfer basınçlı bir ortamda gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

-Ölçümü yapılacak malzemenin cinsine ve kalınlığına göre, basıncın değeri ve batıcı ucun cinsi tablo 2-1' den tespit edilir.



Resim 2.3: Numune malzemenin cihaza yerleştirilmesi ve yükün sıra ile uygulama aşamaları



Bu işlemden sonra deney malzemesi ve batıcı uç sağlam bir şekilde ölçüm cihazındaki yerlerine takılır ve yükleme işlemine geçilir. Sertliği ölçülecek numune tabla üzerine konulduktan sonra malzemeye ön yükleme kolu vasıtasıyla 10 kg'lık ön yük uygulanır. Bu sayede baskı ucu malzeme üzerine oturur ve onu yerinde tutar. Ön yükleme kolunun çevrilmesi ile küçük kadrandaki ibrenin, kırmızı nokta hizasına gelmesi ile 10 kg'lık ön yüklemenin verildiği anlaşılır. Siyah rakamlı bölüm üzerinde kadrana sıfıra getirilir ve daha sonra sıra 90 kg'lık ana yükün uygulamasına gelmiştir. Böylece toplam yük, 10 kg'lık ön yükle beraber 100 kg olacaktır. (Batıcı uç olarak çelik bilye kullanıldığı zaman büyük yük 100 kg olarak alınır. Küresel konik elmas uç kullanıldığı zaman büyük yük, genel olarak 150 kg olur, fakat gerektiği zaman diğer yükler de kullanılır.)

10.3.2.2.3 Sertlik Değerini Cihazdan Okuma

Ana yükün uygulanmasıyla büyük kadrandaki (ölçü saatindeki) ibrenin hareketsiz hale gelmesi beklenir (yaklaşık 15-30 saniye). İbrenin durmasıyla ana yük kolu ters yönde çevrilerek ana yük kaldırılır. Ana yükün kaldırılmasıyla harekete geçen kadrandaki ibre durduğunda ölçü, bize malzemenin sertlik değerini verecektir. Son olarak ön yükün de kaldırılması ile deney sona erdirilir. Bu ölçümün sonucun güvenilir ve doğru olması için ölçümün, numunenin en az üç farklı noktasına uygulanması gerekir. Ölçüm yerinin parça kenarına uzaklığı iz çapının en az 2,5 katı ve izler arasındaki mesafeler 2-3mm olması gerektiği unutulmamalıdır. Yukarıda belirtilen hususların göz önünde bulundurulmaması ölçümün hatalı olmasına Sebebiyet



Resim 2.4: Sertlik değerini cihazdan okuma aşamaları. (Ön ve ana yükün uygulanması, ana yükün kaldırılması ve değerin okunması)

10.3.2.3 Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi

Vickers sertlik ölçme yöntemi, sertliği ölçülecek malzeme yüzeyine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında batırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesinden ibarettir. Ölçme ve değerlendirme kriterleri aynı Brinell yöntemindeki gibidir. Bu yöntemi Brinelden ayıran özellik kullanılan ölçme ucunun farklı olmasıdır. Bu yöntem, daha sert malzemelerin ölçümlerinde veya daha hassas ölçümler için tercih edilir.

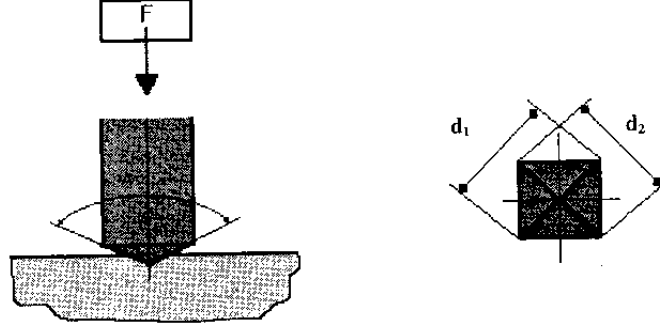


10.3.2.1 Malzeme Cinsine, Kalınlığına Göre Uygulanan Yük ve Süresi

Vickers sertlik ölçme yönteminde tepe açısı 136° olan elmas kare piramit uç kullanılır. Bu yöntemde sertliği ölçülecek parçanın cins ve boyutlarına göre 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 62.5 ve 125 kg yükleme kuvvetlerinden biri kullanılır. Pratikte genel olarak 10-30 ve 50 kg yükleme kuvvetleri uygulanır.

Deney yükünün uygulama süresi normal şartlarda 10-15 saniye kadardır. Malzeme cinsine göre bu süre artabilir.

10.3.2.2 Yüğü Malzemeye Doğru Olarak Uygulama



Yüğü malzeme uygulama esnasında aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

- Çok küçük veya düzensiz şekle sahip parçalar iyi desteklenmeli veya bir yere sabitlenmelidir.
- Ölçüm normal oda sıcaklığında (10-35 °C arasında) yapılmalıdır.
- Deneş parçası deneş cihazı üzerine sağlam bir şekilde bağlanmalı, uç sıkıca yerine tutturulmalı ve deneş cihazı ani titreşimlerden korunmalıdır.
- Deneş için uygulanacak yük ve uygulama süresi belirlendikten sonra, baskı ucu mengine bağı olan numune üzerine getirilir. Baskı ucu yavaş yavaş belirlenen süre kadar numune yüzeyine dik bir şekilde uygulanır. Bu uygulamadan sonra yük numune üzerinden kaldırılarak deneş bitirilir. Deneş sonuçlarının güvenilir olması için bu uygulamanın numunenin üç farklı noktasına uygulanması gerekir. Uygulamada numune kenarından ölçüm yapılmamalı ve izler arasında mesafe olmalıdır (Bunun için öğrenme faaliyeti-1'den geniş bilgi edinebilirsiniz).

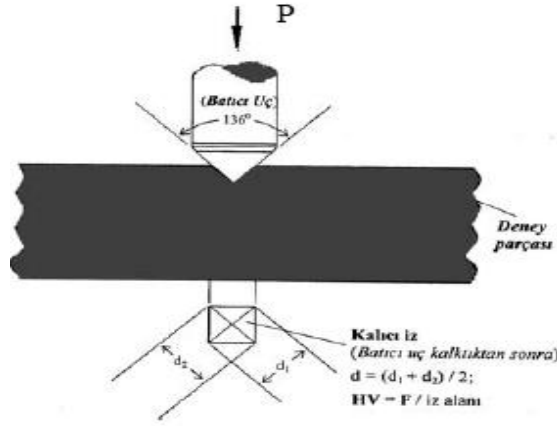
10.3.2.3 Sertlik Değerini Bulmak İçin Gerekli Formülü uygulama

Vickers sertlik değerini bulmak için;

- Numune yüzeyindeki yükün kaldırılmasından sonra numune üzerinde meydana getirilen izin görüntüsü metal mikroskobu yardımı ile ölçme ekranına aktarılır.
- Ölçme ekranındaki hareketli cetvel yardımı ile izin köşegen uzunlukları ölçülerek ortalaması alınır. $d = (d_1 + d_2) / 2$



Resim 3.3: Numune üzerinde meydana gelen izin metalurji mikroskobu yardımı ile ekrana aktarılması



Şekil 3.2: Oluşan izin şematik olarak gösterilmesi

10.3.3 Shore Sclereskobu İle Sertlik Ölme

Bu yöntemde sertlik elmas uçlu bir çekic cam boru içerisinde parça üzerine bırakılıp çekicinin zıplama boyuna göre hesaplanır. Bu yöntemin maliyeti az, uygulama işlemi kolay, sonuçları karşılaştırılabilen en basit sertlik ölçme yöntemidir.

10.3.3.1 Numune Yüzeyini Mekanik Yollarla Temizleme ve Parlatma



10.3.3.2 Malzeme Cinsine ve Çeşidine Göre Sertlik Ölme Yöntemini Tayin Etme

Bu deney yöntemi genellikle ağır parçaların muayenesinde kullanılır. Özellikle haddeler, dövme ve dökme parçalar ile büyük yüzeylerde eşit dağılmış sertliğin belirlenmesi istenilen parçalarda bu yöntem tercih edilir. Ayrıca, kalınlığı 0,125' mm ye kadar olan sertleştirilmiş çelik parçalara bu yöntem uygulanabilir. Ancak, genel uygulamalarda parça kalınlığı 0,375' mm den az olmamalıdır. Yuvarlak veya değişik şekilli parçalarda sertlik ölçümü yapılacak kısım düzeltilir. İçi boş parçalar malafa üzerine takılarak ölçüm yapılır.

10.3.3.3 Serbest Olarak Malzeme Üzerine Düşen Çekiçğin Zıplamalarını Değerlendirilmesi

Shore Sclereskop sertlik ölçme metodunda aşağıdaki işlem sırası takip edilerek ölçüm yapılır.

a- Sertliği ölçülecek parça üzerine, üzerindeki bölüntü sıfırdan (0) başlayarak yüz (100) eşit parçaya ayrılmış cam boru düşey olarak yerleştirilir.

b- Belli ağırlıktaki (36,5 , 20 veya 2,5 g) çekiç (bilyeler) belirlenen yükseklikten (19mm, 112 mm veya 256 mm) yerleştirilen cam boru içerisinden sertliği ölçülecek numune üzerine bırakılır.

c- Elmas uçlu çekicinin geri zıplama yüksekliği ölçülür. Çekiçğin zıplama yüksekliğine göre sıçramayı meydana getiren enerji, ölçü aleti (**Sclereskop**) yardımıyla ölçülerek deney bitirilir. Bu işlemi uygularken, cam boru, sertliği ölçülecek parça üzerine tam olarak oturtulmalıdır. Deneme veya en son sertlik ölçme işlemlerinden her biri için çekicinin eski izler üzerine düşmemesi gerekir. Aksi durumda ölçülen değer hatalı olur.



Resim 4.3: Analog ve dijital Shore Sclereskop cihazları

11. KOROZYON

Madensel malzemelerin dış etkenlerle aşınmasına korozyon adı verilir. Bir başka deyişle malzemenin çevresi ile girdiği kimyasal ya da elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu gördüğü zarara **KOROZYON** denir. Ancak metallerin birbirleriyle sürtünmeleriyle oluşan aşınma korozyon değildir. Korozyon yüzeyde başlar. Malzemenin özelliğine göre yüzeyde kalabilir ya da derinlere işleyebilir ve bir süre sonra malzemeyi kullanılamaz hale getirir.

Korozyon şu yollarla oluşur.

- 1- Malzeme yüzeyden korozyona uğrar (Demirin paslanması).
- 2- Alaşımarda alaşım elemanlarından birisi korozyona uğrar.
- 3- Vida, perçin ve kaynaklı birleştirmelerde temas noktalarında korozyon oluşur.
- 4- Farklı malzemelerin birbirleriyle temasları sonucunda korozyon oluşur.
- 5- Yüksek gerilim altındaki malzemelerde korozyon oluşur.

11.1. Korozyon Çeşitleri

Korozyon kimyasal ve elektrokimyasal olmak üzere meydana geliş şekli bakımından ikiye ayrılır.

11.1.1. Kimyasal Korozyon

Metalik malzemelerin, korozyona sebep olan bir malzemenin doğrudan etkisinde olmaksızın, kendi kendine bazı maddelerden etkilenip kimyasal bileşikler oluşturarak aşınmasına kimyasal korozyon denir. Kimyasal korozyon zıt elektrik yüklü iyonların birbirlerini çekmeleri sonucunda kimyasal bileşik oluşturmalarıdır. Madensel malzemelerin oksijen, kükürt, azot, yoğun asitler, bazlar ve tuzlar tarafından aşındırılması bir kimyasal korozyondur. Metallerin kimyasal bileşik yapması yüksek sıcaklıklarda olabildiği için kimyasal korozyon sık görülmeyen bir korozyon türüdür. Kimyasal korozyon normal havanın, endüstriyel havanın, deniz suyunun etkisi ile oluşur. Normal hava oksitlenmeye, endüstriyel havada bulunan gazlar (CO₂, SO₂, H₂S, NH₃, NO₂) havanın nemi ile birleşip asitleri oluşturarak aşınmaya, deniz suyu ise içindeki tuz ile deniz araçlarının zarar görmesine yani korozyona neden olur.

11.1.2. Elektrokimyasal Korozyon

Madensel malzemelerin elektrik akımı ile aşınmasıdır. Elektrokimyasal korozyonun olabilmesi için elektrik akımının oluşabileceği bir ortamın (iletken ve elektrolit) var olması gerekir. Elektrolit; su, nem ya da ter olabilir. Elektrokimyasal korozyon genellikle kimyasal olaylardan doğar.

Elektrokimyasal Korozyon Çeşitleri

Elektrokimyasal korozyon, iki metalin birbirine değmesiyle, metali kendi içerisinde, dışarıdan aldığı veya malzemenin kristalleri arasındaki meydana gelen bir elektrik akımı ile oluşabilir.

11.1.2.1. Değme Yoluyla Korozyon

Elektrolit bulunan bir ortamda iki metal temas halinde olursa değme noktasında bir elektrik akımı oluşur. Elektrokimyasal gerilimi az olan metal diğerini aşındırır. Bu tip korozyon değme yoluyla korozyondur.

11.1.2.2. Kendi Kendine Korozyon

İki metalin bir arada bulunmadığı, bir tek metalin kendi kendine korozyona uğramasıdır.

Kendi kendine korozyon dört şekilde oluşur.

- 1-Korozyondan korumak için yapılan örtünün hatalı olmasından,
- 2-Metal veya alaşım yapısının homojen olmamasından,
- 3-Metal yüzeyinde yabancı maddeler bulunmasından,
- 4-Kaynak noktalarındaki dikişin farklı özellikte oluşundan.

Dökmedemirde grafitin katot olması sonucunda da aşınma meydana gelir. Bir malzemenin üzerinde biriken is de korozyona nedendir. Bu tip korozyonlar kendi kendine korozyondur.

11.1.2.3. Dış Akımlardan Doğan Korozyon

Bir metalden doğru akım geçecek olursa akımın kaynağı anot olacağı için malzeme sürekli zarar görür. Bu şekildeki korozyona elektrik direklerinde, yeraltı kablolarında, gemilerde ve elektrik santrallerinde rastlanır.

11.1.2.4. Kristaller Arası Korozyon

Metal alaşımlarında görülen en tehlikeli korozyondur. Farklı elektrokimyasal gerilime sahip kristaller arasında piller oluşur ve malzemeyi içten korozyona uğratar. Kristaller arası korozyon tehlikelidir, çünkü malzemenin yüzeyinde korozyon görülmez ve bir süre sonra aniden parçalanma olur.

11.2. Korozyondan Korunma Yolları

İş parçalarının ve makine parçalarının kullanım süreleri ve işletme güvenliği çoğu kez korozyon olayının önlenmesine bağlı olur. Korozyondan korunmanın tüm yöntemleri, ya pil oluşumunu, ya da kimyasal çözülme etkisi gösteren malzemenin etkisini önleme amacıyla geliştirilmiştir.

Madensel malzemelerde korozyondan korunma dört şekilde sağlanır.

- 1- Alaşım yaparak
- 2- Korozyona neden olan cisimleri uzaklaştırarak
- 3- Katodik koruma yolu ile
- 4- Kaplama yolu ile

11.2.1. Alaşım Yapararak Korozyondan Koruma

Korozyondan korumak istenilen malzemenin içerisine başka malzemeler katarak koruma yapılır. Korozyondan korunmada en güvenilir yol olmasına rağmen pahalıdır. Korozyon yüzeyde olduğu halde alaşım yapılarak malzemenin tamamı korozyondan korunur. Örneğin çeliğe krom katılarak korozyon önlenir.

11.2.2. Korozyona Neden Olan Cisimleri Uzaklaştırmak

Korozyondan korunmada güvenli bir yol olmasına rağmen kullanımı her zaman mümkün değildir. Kimya endüstrisinde kimyasal maddelerle teması kesmek, kalorifer kazanlarında kazan sacı ile suyun temasını, ısı işlemleri yaparken yüksek sıcaklıklarda havanın oksijeni ile çeliğin temasını önlemek her zaman mümkün değildir. Örneğin suyun demirle temasını kesmek için oto radyatörlerinde %0,6 oranında potasyum kromat katılarak korozyon önlenir.

11.2.3. Katodik Koruma

Elektrokimyasal korozyon malzemenin iyonlaşarak üzerinde toplanan elektronları başka bir iletkene vermesi ile tekrar iyonlaşarak aşınması olayıdır. Eğer malzemeye dışarıdan elektron verecek olursak malzemenin iyonlaşması önlenmiş olacak ve korozyon oluşmayacaktır. Sonuç olarak bu şekilde korunacak malzemeye dışarıdan akım vermek katodik korumanın bir yoludur. Başka bir yol ise korozyondan korumak istediğimiz malzemeye daha aktif bir malzeme bağlamaktır. Bu şekilde daha aktif olan malzeme korozyona uğrayacak, kullandığımız malzeme zarar görmeyecektir.

11.2.4. Kaplama İle Koruma

Korozyondan korunmada en çok kullanılan yöntemdir. Korunmak istenen malzeme uygun bir kaplama maddesi ile kaplanır. Korozyondan koruma örtüleri üç çeşittir. Her üç yöntemde de korozyondan koruma örtüsü yeterli kalınlıkta ve dayanımda olmalı ve gözenek bulunmamalıdır.

11.2.4.1. Madensel Koruyucu Örtüler

Çinko, krom, kadmiyum, kalay, kurşun, nikel, bakır gibi madenlerle yapılan yüzey kaplama yöntemidir. Bu madenler korozyonu önleyecek kalınlıkta ve gözeneksiz olarak elektroliz, ergitilmiş banyolara daldırmak, ergiterek yüzeye püskürtmek suretiyle korunacak yüzeye kaplama şeklinde uygulanır.

11.2.4.2. Organik Koruyucu Örtüler

Yağlıboya, vernik, lak, katran, yağ, kauçuk, plastik gibi organik maddelerle yapılan kaplama işlemidir. Bu maddeler korozyon etkisine sahip ortamla malzemenin temasını keserek koruma sağlarlar.

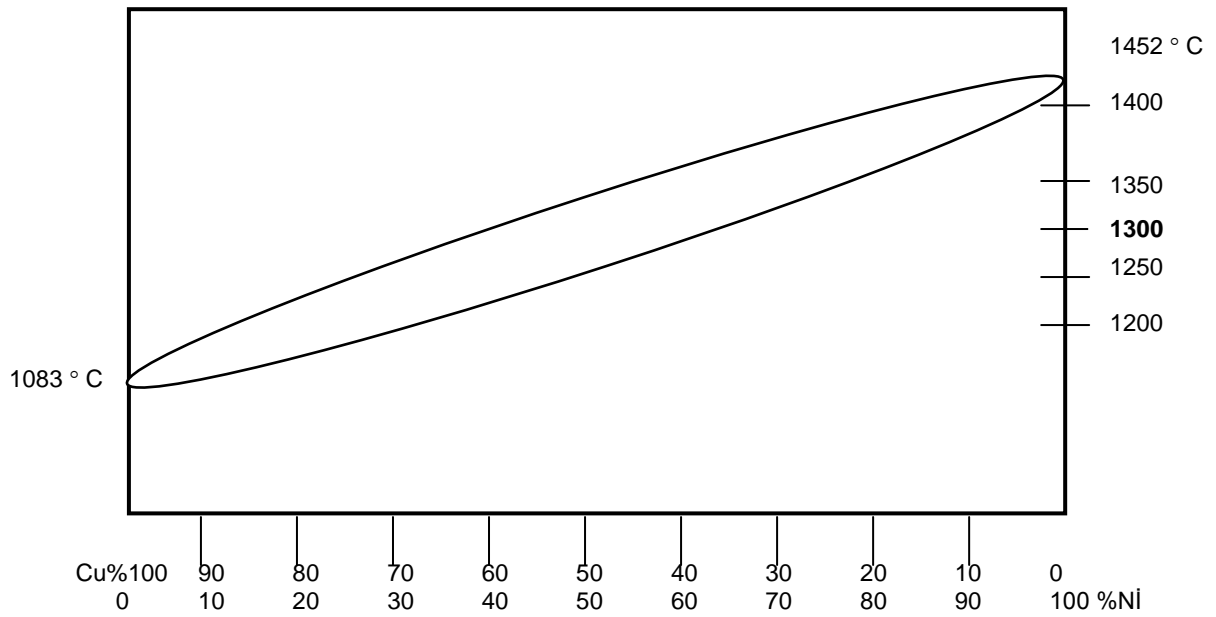
11.2.4.3. İnorganik Koruyucu Örtüler

Çimento, emaye gibi organik olmayan maddelerle yapılan kaplamadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

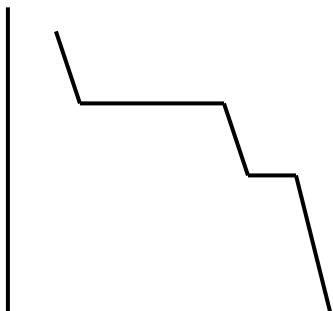
1. Malzeme, Galip Baydur, Ankara 1998
2. Malzeme Bilgisi, Yasin Güngör, İstanbul 2001
3. Metal Meslek Bilgisi, Milli Eğitim Yayınları
4. Malzeme Bilgisi Ders Notu, Serap Karagöz, Aydın 2008
5. Malzeme Bilgisi Ders Notu, Yrd. Doç .Dr. Hayri Ün, Denizli 2007
6. Malzeme Bilgisi Notları, Yrd.Doç. Dr. Ahmet Pasinli

Uygulama 1 - Aşağıda verilen denge diyagramı yardımıyla %..... Bakır (Cu), % Nikel (Ni) alaşımının incelemesini yapınız. Diyagramın altındaki soruları cevaplandırınız. (Diyagram üstünde önemli noktalar çizim yardımıyla gösterilecek)



- Alaşımın ilk katılaşma noktası ve sıcaklığı nedir?
- İlk oluşan katı eriyiğin (Kristallerin) oranı nedir?
- Alaşımın son katılaşma noktası ve sıcaklığı nedir?
- Son katılaşan kristallerin oranı nedir?

Uygulama 2 – Aşağıda verilen Demir metaline ait olan Alotropi diyagramında önemli sıcaklık değerlerini ve sahip olduğu kristal kafes yapılarını, isimlerini ve özelliklerini diyagram üzerinde belirtiniz.



Uygulama 3- Yanda verilen Demir-Sementit denge Diyagramında (Çelik Bölgesinin) önemli nokta ve sıcaklıkları belirterek faz yapılarının isimlerini diyagram üzerinde belirtiniz.

