

MALZEME BİLGİSİ VE MUAYENESİ

Çubuk boyunca farklı soğuma hızları elde edilir. Tamamen soğuyan çelik boylamasına her mm'de sertliği ölçülerek, değerler bir grafiğe dökülür.

Aynı tarzda enlemesine sertlik ölçümleri yapılır ve bir grafiğe dökülür. Değişik malzemelerden sertleşebilme kabiliyeti iyi olanın seçilebilmesi için bu malzemelerin jominy deneyleri yapılır. Sonuçlar grafiğe geçirilir ve oradan karşılaştırma yapılır. Ancak burada unutulmaması gereken nokta elde edilen sertlik büyüklüğü karşılaştırmasından ziyade sertleşme derinliklerinin karşılaştırılması olmasıdır.

Eğer numunede 5/16 inç mesafede Rc 50 sertliği elde edilmişse bu malzeme için $J_{50} = 5$ yazılır. Bir uygulama için kullanılan çeliğin sertleşebilirliğini belirtmede minimum ve maximum sertlik değerleri ve bunun elde edildiği mesafe verilir.

$J_{45/55} = 7$ örneğini ele alırsak uçta elde edilen sertlik Rc55 ve 7/16 inç mesafede elde edilen sertlik Rc45 değerindedir. SAE standartları özellikle alaşımli çelikler için sertleşebilme limitleri sertleşebilme bantları adı altında incelenmiştir.

Çelik Normları :

Üretilen malzemelerin normlaştırılması, belli kalitede bir malzemeyi aynı isim ve kodlama sistemi altına almak ve böylece ortak bir dil kullanmak ihtiyacından doğmuştur. Bugün bu konuda çok sayıda standartlar mevcuttur. SAE (Society of Automotive Engineers), AISI (American Iron and Steel Industries), ASTM (American Society of Testing Materials), NE (National Emergency), DIN (Deutsche Industrie Norms), TS (Türk Standartları) yurdumuzda kullanılan ve bilinenleridir. Bunun yanında yurdumuzda başta MKE olmak üzere çelik üreticileri kendileri de bir norm oluşturmuş veya oluşturmaktadır. MKE normları esas olarak SAE'yi alır.

TS normları kendisine örnek olarak DIN normlarını seçmiş ve onun düzenlemesine paralel bir düzenleme getirmiştir. Çeliklerle ilgili ilk TS, 1972 de kabul edilmiş "Çelikler ve Demir Karbon Döküm Malzemeleri Sınıflar ve İşaretler" isimli TS 1111 'dir. Daha sonra değişik tarihlerde çeliklerle ilgili standartlar geliştirilmiştir.

Çeliklerin Türk Standartlarına Göre Kısa Gösterilme Şekilleri:

Çeliklerin TS'ye göre kısa gösteriminde çelikler Kitle Çelikleri, Kalite Çelikleri, Alaşimsız ve Alaşımli Asal Çelikler olarak ayrılırlar.

DIN normuna göre, Alaşımli ve Alaşimsız olarak yapılan temel ayırım TS'de Asal ile Kalite ve Kitle Çelikleri olarak yapılmıştır.

Kalite ve Kitle Çeliklerinin Kısa Gösterilişi :

Burada şu sıralamaya dikkat edilir;

1. Üretim yöntemi.
2. Üretim yönteminde durum.
3. Çelik sembolü (Fe, esasın demir olduğu kabulüyle).
4. Minimum çekme dayanımı.
5. Garanti edilen özellik.
6. Uygulanan ısı işlemler.

1. Üretim Yöntemleri :

- M - Siemens Martin.
- I - Endüksiyon.
- E - Elektrik ark.
- O - Oksijen konvertür.

2. Üretim Yönteminde Durum :

- S - Sakin dökülmüş.
- Sy - Yarı sakın dökülmüş.
- K - Kaynar dökülmüş.
- Y - Yaşlanmayan çelik.

5. Garanti Edilen Özellik :

1. Akma sınırı garanti edilir.
2. Katlama ve şişirme.
3. Vurma dayanımı.
4. Akma sınırı ve katlama-şişirme.
5. Vurma, katlama ve şişirme.
6. Akma, katlama ve şişirme, vurma.
7. Aşınma ısı dayanımı.

6. Uygulanan Isıl İşlemler :

- Sr - Sertleştirilmiş.
- Me - Menevişlenmiş.
- Yt - Yumuşatma tava görmüş.
- Nr - Normalleştirilmiş.
- Gt - Gerilim giderilmiş.
- Is - Islah edilmiş.

Yukarıda verilenlere bağlı olarak kitle çeliklerin kısa gösterilişine örnekler:

Fe 37 minimum çekme dayanımı 37 kgf/mm^2 olan yapı çeliği.

MB5 Fe 37 3 Nr. Bu çelik Siemens Martin ocağında üretilmiş, bazik karakterli, sakın dökülmüş, çekme dayanımı minimum 37 kgf/mm^2 , vurma dayanımı garanti edilmiş ve normalleştirme tavlamaına tâbi tutulmuştur.

Kalite Çeliklerinin Kısa Gösterilişleri :

C 15. İçinde %0,12 - %0,15 karbon bulunan kalite çelik.

0 5 C 35-3 Nr. Oksijen konvertörde üretilmiş, sakın dökülmüş, içinde maksimum %0,35 C bulunan, vurma dayanımı garanti edilmiş, normalize edilmiş çeliktir.

45 S 20. İçinde karbondan başka element bulunan bir çelikte C işareti kullanılmaz. Bu çelik %0,45 C ve %0,15-0,25 S içerir.

V. 1. 3. Alaşimsız Asal Çeliklerin Kısa Gösterilişi :

İndislerin anlamı :

- k - Çok az P.S içerir.
- f - Ekdüksiyon, alevle sertleştirilebilir.
- a - Soğuk şekil vermeye uygun.
- m - Belli bir % kükürt aralığı olan çelik.
- T₁, T₂, T₃, T_ö Takım çeliklerini gösterir.

C 100, %1,0 C içeren çeliği gösterir.

Ck 100, %1,0 C içeren çok az miktarda P ve S ihtiva eden çelik.

Cf 45, Endüksiyonla sertleştirilebilen %0,45 C ihtiva eden çelik.

C 100 T₁, Takım çeliğini gösterir. %1 C ihtiva eder.

Alaşımlı Asal eliklerin Kısa Gösterilişi :

Alçak alaşımlı çeliklerde ilk gelen iki rakam çelikteki Karbon miktarının 100 ile çarpılmış değerini gösterir. Bundan sonra çelikteki başlıca alaşım elemanlarının simgeleri bulunur ve bu simgeleri takiben gelen rakamlar, belli katsayılarla çarpılmış değerleri gösterir.

arpım Katsayısı	Elemanlar
4	Cr, Co, Mn, Si, Ni, W
10	Al, Be, Cu, Mo, Nb, Ta, Zr, Ti, V
100	P, S, N, Ce, C
1.000	B

Örnekler :

21 Cr Mo V 5 11 eliği Nasıl Yorumlanır?

$\%0,21$ C, $5/4 = 1,25$ $\%1,25$ Cr, $11/10 = 1,1$ Mo ve bir miktar V içeren alçak alaşımlı çeliktir.

25 Cr Mo 4 eliği $\%0,25$ C, $4/4 = 1$ $\%1$ Cr ve bir miktar Mo içeren çeliktir.

Yüksek Alaşımlı eliklerin Kısa Gösterilişi :

Bu eliklerde, bileşimlerine göre belirlenirler. Burada sadece P, S, N, Ce, C miktarı 100 ile çarpılır, diğer alaşım elementlerinin değerleri aynen sırasıyla yazılır. Ayrıca baş tarafa X işareti konulur.

X 5 Cr Ni 18 9 eliği yüksek alaşımlı çeliktir. $\%0,05$ C ve ayrıca $\%18$ Cr ve $\%9$ Ni ihtiva eder.

X 210 Cr W 12 eliği $\%2,1$ C, $\%12$ Cr ve az miktarda W içeren yüksek alaşımlı çeliktir.

Alaşımlı Elementleri $\%$ miktarı toplamı $\%5$ ise Alçak alaşımlı,

Alaşımlı Elementleri $\%$ miktarı toplamı $\%5$ ise Yüksek alaşımlı,

Dökme Çeliklerin Gösterilmesi :

Eğer gösterimde baş tarafta Dç var ise dökme çelik demektir.

Dç 42, Çekme mukavemeti 42 kg/mm² olan dökme çelik.

Dç C 35, %0,35 C içeren dökme çeliktir.

DDL - 22, Lamel grafitli Dökme demir, Çekme dayanımı 22 kg/mm² dir.

Dç - X 15 Cr 20 Ni 14, %0,15 C, %20 Cr, %14 Ni ihtiva eden yüksek alaşımlı çelik dökümdür.

Dç -S C 10 Mn Si, Sakin dökülmüş, %0,1 C ihtiva eden az oranda Mn ve Si bulunduran çelik dökümdür.

DEMİR OLMAYAN ALAŞIMLAR

Genel :

Demir olmayan alaşım tabirinden maksat herhangi bir metalde esas elemanın demir olmadığı alaşımlar anlaşılır. Uygulamada oldukça yaygın olarak çoğu metalsel malzemeler bu grupta incelenir.

Çok özel durumların dışında demir olmayan metallerde alaşım elemanları ihtiva eder, saf halde kullanılmazlar. Alaşımların mekanik özellikleri saf metallerin özelliklerine nazaran daha iyidir. Yoğunlukta çok önemli bir değişiklik meydana gelmemesi bu alaşım üretimini destekler mahiyettedir.

Ana hatları ile demir olmayan metallerin demir esaslı olanlara nazaran bazı üstünlükleri vardır. Bunlar özetle şunlardır:

- a. Düşük yoğunluk (bakır hariç).
- b. Yüksek elektrik iletkenliği.
- c. Yüksek ısı iletkenliği.
- d. Manyetik değillerdir.
- e. Atmosferik şartlarda daha iyi korozyon direnci.
- f. Özel kimyasal etkili şartlarda iyi korozyon direnci.
- g. Kolay işlenebilme özelliği.
- h. Daha iyi görünüm.

Demir esaslı malzemelerin demir dışı metallere karşı üstünlükleri şöyledir:

- a. Yüksek maliyet.
- b. Daha küçük dayanım.
- c. Yüksek genleşme katsayısı.
- d. Düşük ergime noktası.
- e. Daha küçük Young modülü (Elastisite modülü)
- f. Daha pahalı kaynak, lehim tekniklerine ihtiyaç vardır.

Alüminyum ve Alaşımları :

Alüminyum tabiiatta bi çok bileşik halinde bulunmakla beraber alüminyum üretiminde kullanılan cevher Boksit'tir. Boksit $65\text{ Al}_2\text{O}_3$, $28\text{ Fe}_2\text{O}_3$, 7 SiO_2 ve $12-13\text{ H}_2\text{O}$ 'dan oluşur. Daha küçük miktarda Al_2O_3 içeren boksit, refrakter malzeme yapımında kullanılır. Alüminyum üretiminde iki safha vardır. Alümina eldesi (Al_2O_3) ve alüminadan Alüminyum metali elde etme, Yurdumuzda Alüminyum Seydişehir'deki Etibank alüminyum Tesislerinde üretilmektedir.

Alüminyumun Özellikleri :

Alüminyum çok düşük yoğunluklu ($2,7\text{ g/cm}^3$) hafif bir metaldir, yoğunluğu çeliğin yoğunluğunun yaklaşık üçte biridir. Ergime sıcaklığı $680\text{ }^\circ\text{C}$ ve parlak gümüş renklidir. Yüzeyinde oluşan oksit filmi sayesinde korozyona karşı dirençlidir. Ancak bakır ile teması halinde Elektro kimyasal korozyona uğrayabilir. Bakırdan sonra elektriği en iyi ileten metaldir. Elektrik iletkenliği bakırın üçte ikisi mertebesindedir. Aynı zamanda ısıyı da iyi iletir. Çelikten beş kere daha iyi ısı iletir. Çok yumuşak ve sünek olduğu için soğuk şekil alma kabiliyeti iyidir. Ancak talaş kaldırılarak işlenmesi zordur. Talaşı kırılğan yapmak için içine kuruşun alaşım elemanı olarak katılabilir. Saf halde iken dayanımı oldukça düşüktür. Ancak alaşımları konstrüksiyonlarda kullanılabilir. Young modülü çeliğin değerlerinden üç kere düşüktür. Alüminyumun kendini çekmesi oldukça yüksektir($6,6\%$). Bundan dolayı dökümü yapılmak istenirse alaşımlarından istifade etmek gerekir. Sertliği 25-40 BSD değerindedir. Isıl genleşme katsayısı çelikten iki kere büyüktür.

Yukarıda bahsedilen özelliklerin izafi olması alaşımların bu özelliklerin karşılaştırmasını yapmakta geliştirilen bir kavram vardır. Mekanik ve fiziksel özelliklerin yoğunluğa oranı şeklinde tariflenir. Bu sebepten mesela özgül elektrik iletkenliği, özgül çekme dayanımı gibi tabirler getirilmiştir.

$$\text{Özgül Elektrik İletkenliği} = \frac{\text{Elektrik İletkenliği}}{\text{Yoğunluk}}$$

$$\text{Özgül Çekme Dayanımı} = \frac{\text{Çekme Dayanımı}}{\text{Yoğunluk}}$$

$$\text{Özgül Young Modülü} = \frac{\text{Young Modülü}}{\text{Yoğunluk}}$$

Alüminyumun özgül elektrik iletkenliği bakırın özgül elektrik iletkenliğinden daha iyidir. Bakırın yoğunluğu alüminyumun yoğunluğunun yaklaşık üç katıdır. Benzer tarzda diğer özellikleri de karşılaştırmak mümkündür.

Kullanılma Yerleri : Mutfak eşyaları, ev eşyaları, bina kaplamaları, elektrik iletkenleri, kimya ve gıda sanayiindeki kaplar, havacılıkta, motor parça ve gövde dökümünde, kapı pencere yapımında vb. yerlerde kullanılır.

Alüminyum Alaşımları :

Bundan beklenen, yapılan alaşım ilavesi bu metalin sünekliğini ve korozyon direncini bozmadan düşük olan akma ve çekme mukavemetlerinin yükseltilmesine sebep olmaktadır. Başlıca ilave elemanları mangan, Silisyum, Magnezyum, Çinko, Bakırdır. Yüksek oranda bulunan söz konusu alaşım elemanlarıyla alüminyum, metaller arası bileşikler oluşturur. Bunlar sert ve kırılımandır. Böylece sertlik ve mukavemetle artış olurken, şekillendirilebilme kabiliyeti düşer.

Sıvı alüminyum başta hidrojen olmak üzere gazları çözme eğilimi fazla olduğundan 800 °C 'ın üstünde uzun süre ergitme yapılmamalıdır.

Alüminyum alaşımlarını yapılan işleme bağlı olarak iki gruba ayırmak mümkündür.

a. **Mukavemeti ve Sertliği Deformasyonla Artırılan Alaşım lar:** İstenilen mukavemet ve sertlik deformasyon oranıyla kontrol edilebilir. Gerektiğinde tavlama ile yumuşatılabilir. En önemli ısı l işlemle sertleştirilemeyen alüminyum alaşım larında %10-13 Si bulunur. Bu dökümü kolaylaştırmakta ve basınca dayanıklı dökümün elde edilebilmesini sağlar. Bu alaşım lar dişli kutuları, uçaklar, otomobil dökümleri gibi yerlerde kullanılırlar. Korozyon dirençleri iyidir. Ancak deniz şartlarında alüminyum-magnezyum alaşımı kadar korozyona direnç gösteremezler.

b. **Isıl İşleme Tabi Tutulabilen Alaşım lar :** Bunlarda geçici olarak sağlanan yumuşaklık süresinde yüksek oranda deformasyona tabi tutulabilir ve sonra istenilen mukavemete ve sertlik değeri ne ısı l işlemle ulaşılabilir.

Bunlarda geçici olarak sağlanan yumuşaklık süresinde yüksek oranda deformasyona tabi tutulabilir ve sonra istenilen mukavemete ve sertlik değeri ne ısı l işlemle ulaşılabilir.

Burada yaşlanma olayı ile malzemenin sertlik ve mukavemeti artırılır. Suni ve tabii yaşlanma işlemi uygulanabilir. Tabii yaşlanma 100 gün kadar sürerken, suni yaşlanma 0,24 saatte tamamlanır.

Çökeltme sertleşmesi olarak ta isimlendirilen yaşlanmanı oluşabilmesi için denge diyagramlarında katı fazda çözünürlük oranının sıcaklıkla artması gereklidir (Şekil. 22). Böyle bir sistemde x kompozisyona sahip alaşım α bölgesine ısıtılır. Bu arada bir müddet tutulursa - solisyona alma işlemi- ve hızlı soğutularak oda sıcaklığının üstünde bir sıcaklıkta bir süre bekletilirse alaşımın sertliği ve mukavemetinin arttığı tespit edilmiştir. Eğer hızlı soğutmadan sonra oda sıcaklığında bekletme yapılırsa bu tabii yaşlandırma işlemi olarak adlandırılır.

Yaşlandırma ve sertleştirilebilen alüminyum alaşım larına en iyi örnek Al - %4 Cu alaşımıdır. Şekil 22. de gösterilen alüminyum bakır ikili denge diyagramının alüminyumca zengin bölgesi incelenirse alüminyum içinde bakırın erime oranının sıcaklıkla arttığı görülür. Eğer X kompozisyonlu alaşım T_0 sıcaklığına ısıtılırsa çok miktarda bakır alüminyum içinde erir. Bu sıcaklıktan eğer alaşım hızlı olarak soğutulursa -su ile soğutulabilir- daha sonra $CuAl_2$ bileşiği çökelecektir. Zira çökeltme zaman ve sıcaklığa bağlı bir difüzyon işlemidir. T_0 sıcaklığından hızlı soğutulan

alaşımın yapısı oda sıcaklığında aşırı doymuş katı eriyiktir ve dengesizdir. Belirli bir süre sonra $Cu Al_2$ çökmesi görülmeye başlanacaktır. Bu ise dayanımda önemli bir artış meydana getirirken sünekliğinde düşüş görülür. Söz konusu çökme işlemi düşük sıcaklıkta bekletmekle hızlandırılabilir. Bu sıcaklıkta $-120-200\text{ }^{\circ}C$ - belli bir süre bekletmekle işlem daha kısa sürede tamamlanmaktadır. Ancak burada bekletme süresi önem kazanır. Şekil. 23 suni yaşlandırma işlemi olarak adlandırılan bu işlemi şematize etmektedir. Eğer yaşlandırma sıcaklığında uzun süre bekletilirse çökelen iki fazın bir araya toplanması söz konusu olur. bu ise mukavemet ve sertlikte düşüş demektir. Bu tür alaşımlara istenilen şekil verilir ve sonra yaşlandırılarak sertleştirilir.

Çinko ve Çinko Alaşımları :

Yurdumuzda Kayseri'de üretilen çinko, $419\text{ }^{\circ}C$ ergime noktasına sahip, $7,10\text{ g/cm}^3$ yoğunluklu korozyon dirence yüksek ancak kimyasal etkilere dayanımı yüksek olmayan bir metaldir. Daha çok metallerin yüzeylerinin, korozyona karşı koymak için, kaplanmasında kullanılır. Burada Zn aşınarak diğer metali korur. Gerçekte çinko-demir koroziv ortamda pil teşkil eder. Ancak çinkonun aşınma ürünü pelte şeklindedir ve yalıtkan görevi yapar, reaksiyonu keser. Elektrik iletkenliği bakırın değerinin üçte biri kadardır. Isıl ve iletkenliği çelikten iki kere iyidir. Young modülü çeliğin değerinin yarısından azdır. Isıl genleşme katsayısı çeliğin üç katıdır.

Değişik yöntemlerle çinko korunması istenen parçaların yüzeyine kaplanır. Daldırma yöntemi, elektrolizme, shererdizing, püskürtme yöntemi bunlardan başlıcalarıdır.

Çinko döküme uygundur. Ancak hassas boyut gerektiren yerlerde döküm $100\text{ }^{\circ}C$ de altı saat bekletilerek dengeli hale getirilmelidir. Haddelenmiş halde mukavemeti 20 kg/mm^2 olup, kopya uzaması %20 civarındadır. Konstrüksiyon malzemesi olarak, oda sıcaklığında bile büyük uzama gösterdiğinden pek kullanılmaz. Ancak Al ve Cu ilavesi ile elde edilen alaşımlar basınçlı döküme çok uygundur. Korozyon direnci saf çinkoya göre düşüktür.

Alaşım halindeki çinkonun çekme dayanımı değeri yükselir, sertliği artar. Kum döküm, kokil döküm ve basınçlı dökümü mümkündür. Maksimum mukavemet basınçlı döküm yöntemiyle üretilmesi durumunda sağlanır.

Kapı kolu, karbüratör gövdeleri gibi otomobil parçaları, akülerde kuru hücrelerin kaplanması, elektrikli süpürge parçaları vb. aletlerin imali gibi tipik kullanım alanları vardır.

Magnezyum ve Magnezyum alaşımları :

Magnezyumun en büyük özelliği çok düşük yoğunluğa sahip olmasıdır. Yoğunluğu çeliğin değerinin dörtte birinden daha azdır(1.74 g/cm). Elektrik iletkenliği yaklaşık bakırın yarısı kadardır.

Young modülü yaklaşık çeliğin değerinin dörtte biridir Ergime sıcaklığı 650 °C olan metalin, korozyon direnci iyi olmakla beraber asitlere, deniz suyuna ve tuz çözeltilerine karşı dayanıksızdır. Ağır metallerle temas ederse kuvvetli elektro kimyasal korozyon oluşur. Önlemek için yüzey yağlanır veya greslenir. Ayrıca uygun yüzey işlemleriyle korozyon direnci artırılabilir.

Toz halindeki magnezyum tutuşmaya hazırdır ve parlak bir alevle yanar. Talaşlı işleme esnasında benzer tarzda talaşlar tutuşabilir. Bununla birlikte bu metal döküm yoluyla ve dövme şeklinde şekillendirilebilir.

Magnezyum saf halde kullanılması -çoğu diğer metallerde olduğu gibi, dayanımının düşük olmasından dolayı mümkün değildir. Bu değişik alaşımlarının üretilmesini gerektirmiştir.Magnezyum alaşımlarının da en önemli özelliği hafifliktir. Bu açıdan bazı magnezyum alaşımlarının özgül çekme dayanımı alüminyum ve çeliğin özgül çekme dayanımından daha büyüktür. Bundan dolayı bugün uçak sanayiinde yaygın olarak magnezyum alaşımları kullanılır. Magnezyum alaşımlarının oda sıcaklığında şekillendirilebilmeleri zor olmakla beraber kaynak edilebilirler. Magnezyum alaşımlarında en önemli iki alaşım elemanı alüminyum ve çinkodur. Alüminyum dayanımı, çinko tokluğu artırır. Ayrıca mangan ilavesi korozyon direncini artırır.

Bakır ve Bakır Alaşımları :

En büyük özelliği ısıyı ve elektriği çok iyi iletmesi ve korozyon direnci yüksek olan bakırın yoğunluğu 8,9 g/cm³, ergime sıcaklığı 1083 °C dir. Young modülü çeliğin değerinin yarısından biraz fazladır. Isıl genleşme kat sayısı çelikten bir buçuk kere büyüktür. Soğuk şekillendirmeye çok uygun olması yanında, 650 °C ın üzerinde çok

iyi sıcak şekil verilebilir. Geçiş sıcaklığı oldukça düşüktür yani süneklik ve tokluğunu kaybetmez. Buna karşılık içerisinde gazları hapsediği için döküme uygun değildir. 500-600 °C ın üzerindeki sıcaklıklarda, hidrojen bakırda difüze olarak oksijen ile birleşir, yüksek basınçlı su buharı oluşur ve çatlamalara sebep olur. buna hidrojen hastalığı denir. Bunu önlemek için oksijeni giderilmiş bakır kullanılabilir. Ayrıca talaşlı işlemeye uygun değildir. Isıl işlemle sertleştirilemez, aksine yumuşar. Alaşımlandırma ile sertleştirilebilirse de elektrik iletkenliği düştüğü için soğuk şekillendirmeye sertleştirilmesi tercih edilir.

Bakır Alaşımları :

Endüstride kullanılan en önemli alaşımlar pirinçler ve bronzlardır. Genel olarak bakır alaşımları aşağıdaki ortak özelliklere sahiptir.

- a. Daha dayanıklı ve serttirler. Isıl işlemle ve soğuk şekillendirme ile sertleştirilebilirler.
- b. Döküme elverişlidirler.
- c. Korozyon dirençleri daha fazladır.
- d. Zn ile yaptığı alaşımları daha ucuzdur.
- e. Bakıra nazaran daha elastikidir.

Pirinçler :

Bileşimlerinde en az %53 bakır ve ikinci eleman olarak çinko ihtiva eden alaşımlardır. Çinko bakırda hem sıvı hem de katı fazda erir. Mikro yapılarına göre tek fazlı pirinç (Cu %63) yada iki fazlı ($\alpha + \beta$) pirinç (%63 Cu %53) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Pirinçler soğuk şekil değiştirmeye çok elverişli ve korozyona daha dayanıklıdır. Talaşlı işlemeyi kolaylaştırmak için pirinçlere gerekirse kurşun ilave edilir. Bakır miktarı %80 den az olan pirinçler gerilmeli korozyona uğrayabilirler. Çinko miktarı yükseldikçe gevreklik artar.

Özel pirinçler : Ni, Mn, Al, Sn, Si ilavesiyle pirinçlerin dayanım değerleri ile aşınma ve korozyon direnci artırılır. Alüminyum lehimlemeyi güçleştirir. Silisyum sünekliği azaltır. Demir taneleri küçültmekle mukavemeti artırmakla beraber, korozyon dayanımını düşürür. Bu nedenle kondansör borularında kullanılan Cu Zn 28 Sn ve Cu Zn 20 Al Alaşımlarında demir miktarı %0,07 den az olmalıdır.

Bronzlar :

Bileşiminde en az %60 bakır ve en önemlisi çinko olmamak üzere diğer elemanlar bulunduran alaşımlardır. Bakır dışındaki önemli elemana göre isim alan bronzlar korozyon ve aşınmaya karşı pirinçlere karşı daha az dayanırlar.

Kalay bronzları :

Fosfor ilavesiyle oksit giderildiği için az miktarda fosfor ihtiva eder. Eskiden fosfor bronzu denilmesine rağmen bu uygun değildir. Ancak fosfor alaşım elemanı olarak ilave edilebilir ve aşınma dayanımı artırılabilir. En çok %9 kalay ihtiva eden dövme kalay bronzları soğuk çekilebilir ve haddelenebilirler. %10-12 kalay ihtiva eden dökme kalay bronzları daha çok kullanılırlar. Bunların döküm kabiliyeti iyidir, aşınmaya dayanıklıdır. Örneğin aşırı yüklenen ve yüksek hızla çalışan sonsuz vida çarkı ve özellikle kaymalı yatak malzemesi olarak kullanılırlar. Deniz suyuna dayanıklıdır.

Kızıl Döküm :

Bir kısım kalayın yerine daha ucuz olan çinko ilavesiyle elde edilir ve benzer şartlarda -ağır olmayan durumlarda- kullanılırlar.

Kurşun ve Kalay-Kurşun Bronzları : Kurşun en çok %35 olmak üzere döküm alaşımı olarak üretilir. Yatak malzemesi olarak kullanılırlar. Kurşun, katı çözelti oluşturmaz. Ancak Cu içinde düzgün dağılışı yatakların kayma özelliğini iyileştirir. Bu nedenle çok kere savurma döküm yapılır. Mukavemet değeri düşüktür, çelik yatak zarfları içine ince bir tabaka halinde dökülür. Bu tabakanın ince olması, dayanıklılık (darbeye) o derece fazladır.

Alüminyum Bronzları :

Bu tür bronzlar maksimum %14 Al ve bazen Nikel, Demir ve Mangan gibi elementler ihtiva eden dökme veya dövme alaşımlardır. Soğuk şekil değiştirme ile sertleştirilebildiği gibi çöktürme yoluyla da sertleştirilebilirler. Korozyon direnci yüksek (oksit filmi) ve mukavemeti yükseltir. Nikel ilaveli alaşımları kızgın buhar boru donatımlarında kullanılır.

Bakır - Nikel Alaşımları :

Cu-Ni ile %100 oranında eriyebilen alaşımlar yapabilir. Kondanser boruları, bozuk para yapımı, elektrik direnç telleri yapımında kullanılır.

%5-10 Ni Kondanser boruları yapımında,

%15-25 Ni Bozuk para yapımında,

Cu Ni 30 Mn (Nikelin) ve Cu Ni 44 (Konstantan) Elektrik direnç teli yapımında kullanılır.

Demir Olmayan Alaşımların Seçilmesi :

Demir olmayan alaşımların kullanılmak üzere seçilmesinde etkili olan faktörler mevcuttur. Söz konusu faktörlerden hareketle seçimin yapılması en uygun dizaynın yapılması demektir. Faktörler şunlardır:

- a. Dizayn Gereklilikleri:
 1. Çalışma şartları.
 2. Tahmini çalışma ömrü.
 3. Gerekli statik dayanım.
 4. Beklenen kritik hasar tipleri.
 5. Diğerleri (Sertlik, aşınma dayanımı gibi)
- b. Üretilcek parça sayısı.
- c. Kullanılan üretim yöntemi (Döküm, dövme, kaynak).
- d. İstenilen formda malzemenin hazır bulunabilmesi.

Sayılan bu faktörler bitirilmiş her bir parçanın maliyeti üzerinde önemli derecede etkilidir. Malzeme seçim temeli olarak parça maliyetinin önemi parçanın tabiatı ve uygulama yerine bağlı olacaktır. Örneğin uçak sanayiinde parçanın kritik hasar türü parça maliyetine göre birinci dereceden önemi haizdir. Diğer yandan otomobil sanayiinde parça maliyetini düşürmek üzere kritik hasar türü ihmal edilebilir. Bunda esas neden diğer üreticilerle rekabet edebilmektir.

Çalışma ortamı şartlarından en önemlisi korozyon etkisidir. Özellikle atmosferik şartlara dayanım söz konusu olduğunda çoğu demir olmayan metallere korunmasız alüminyum ve magnezyum en çok dirence sahiptir. Ancak bunların korozyon dirence değişik yüzey işlemleriyle artırılabilir.

Bu açıdan çoğu uygulamalarda atmosfer şartlarında korozyon önemli bir sınırlayıcı faktör olmaz. Buna karşılık bakır, alüminyum ve magnezyum alaşımları gerilmeli korozyona maruz kalabilir. Bu aynı anda hem gerilme hem de koroziv etkinin bulunması durumunda ortaya çıkar.

Kolay işlenebilirlik düşünülmesi gerekli bir başka faktördür. Bu açıdan bakıldığında aşağıda belirtilen faktörler malzeme seçiminde etkili olur.

- a. Bazı bakır ve çinko alaşımları ısıtılmış halde işlem görmek zorundadır. Bu durum maliyeti artırır.
- b. Talaş şekli önemlidir. Mesela alüminyumda talaşlı imalat zordur. Eleman ilavesiyle veya ısıl işlemle bu iyileştirilebilir. Maliyeti artırıcı unsurdur.
- c. Eğme veya uzatmayla şekillendirmek gerektiğinde malzeme tavlanmış şartlarda kolay şekil verilebilir.
- d. Bazı yüksek dayanımlı alüminyum ve magnezyum alaşımlarını alışılmış yöntemlerle kaynak etmek zordur.
- e. Kaynak işleminden sonra genellikle gerilim giderme işlemi gerekir.k
- f. Çinko alaşımlarını lehimlemek zordur.

Malzeme seçiminde son olarak ham malzeme maliyeti dikkate alınır. Ancak ham malzeme maliyeti bitirilmiş parça maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahip olmayabilir.

METALLERİN İÇ YAPISI

Genel :

Bütün maddeler atomlardan meydana gelir. Atomlar kısaca bir çekirdek ve çevresinde belli yörüngelerde bulunan elektronlardan oluşur. Çekirdek pozitif yüklü protonlar ve nötr yüklü nötronlardan oluşur.Nötr bir haldeki atomda eşit sayıda elektron ve proton bulunur. Atomlar bir araya gelerek molekülleri oluşturabilirler.

Bazı maddeler klasik bir yapıya sahiptir. Metaller bunlara en güzel örnektir. Metalsel malzemeler katılaştırdıklarında kristallik bir yapı gösterirler. Ancak onların kristal yapıları, bir katı kütlede kristallerin birbiriyle bir arada kenetlenmiş halde bulunduğundan, parlatılıp mikroskop altında bırakılmalarıyla görülebilir. Eğer biz bir

malzemenin gerçek atomlarının görebilseydik Şekil. 23 'deki gibi görürdük. Herhangi bir kristalde atomların belli kalıplar şeklinde düzenlendiklerini görürüz. Ancak kristallerin hep aynı doğrultuda olmadıkları görülür. Buna yönelme denir. Bu kristaller birleştikleri yerlerde büyümeyi durdururlar. Bunlara tane sınırları denir. Zira kristaller arasında boşluk yoktur. Sadece buralarda iki üç atom büyüklüğünde düzensiz yönelme vardır.

Bir kristalde atomların kendisini bağımsız olarak tekrarlayan tarzda üç boyutlu düzenlenmesine birim hücre denir. Kristali oluşturan birim hücre yapısına uzay kafesi denilir. Şekil.23 birbiri ile temas halindeki kürelerle gösterilen atomlardan oluşan bir kristalin tipik birim hücrelerini gösteriyor. Bu halde bulunması belki şekilsizmiş gibi görünmesine rağmen eğer kürelerin merkezleri birer doğru ile birleştirilirse, ortaya küp şeklinin çıktığı görülür(Şekil. 24). Eğer atomların küreler halinde olmadığı hatırlanırsa olay daha iyi anlaşılır. Normalde atomların hacminin büyük bir kısmının elektronların yörüngesi olarak tariflenen boşluk olduğu dikkat edilirse, her atomun merkezine birer nokta koymak -çekirdeği temsil etmek üzere- ve bunları doğrularla birleştirmek birim hücrede atomların düzenlenişini gösterir(Şekil. 25)

Kristal kafesleri 7 grupta toplanan 14 çeşitten ibarettir. Metaller ise ancak kübik sistemler ve hegzagonal sistemde bulunurlar.

Basit Kübik Sistem (BKS) : (Şekil. 27) Çok seyrek olarak bulunur ve sadece Polonium elementinde belli bir sıcaklıkta görülür. Bir küpün sekiz köşesinde sekiz atom mevcuttur. Birim hücrede atomların kapladığı hacim azdır. Her bir atomun komşu atom sayısı 8 'dir.

Hacim Merkezli Kübik Sistem (HMK) : (Şekil. 28)Küpün her köşesinde birer ve ayrıca bir de hacmin ortasında bir atom mevcuttur. Küpün her köşesindeki atomun sekiz komşu atomu vardır ve merkezleri arasındaki mesafe ise sadece atom çapı kadardır.

Yüzey Merkezli Kübik Sistem (YMK) : (Şekil. 25) Küpün her köşesinde ve her yüzeyin merkezinde birer atom yer alır. Yüzey merkezli kübik sistemdeki bir atom on iki komşu atoma sahiptir. Her biri birbirinden atom çapı kadar uzaklıktadır.

Hegzagonal Sıkı Paket (HSP) : Bu her köşede birer ve içinde üç atomun bulunduğu altıgen prizma şeklindeki bir kafes sistemidir. Her bir atomun 12 komşu atomu vardır(Şekil. 29)

Tablo : Değişik Kristal Kafes Sistemlerinde Kristalleşen Metaller

Yüzey Merkezli Kübik	Hacim Merkezli Kübik	Hegzagonal Sıkı	Basit Kübik Po
γ Demiri	α Demiri	Ti, Mg, Co, Os	
Ay, Cu, Ni, Pb, Ag, Au	Mo, W, Ta, V	Zn, Cd, Be, Zr	
Ca, Sr, Rh, Pd, Ir, Pt, Th		Te	

Tane, Tane Sınırları :

Kristal yapıya sahip olan metalsel malzemelerde yapı bir çok kristalin yanyana dizilmesiyle oluşmuştur. Burada her bir kristal farklı yönlendirmeye sahiptir. Bu kristallere tane denir. Taneleri birbirinden ayıran sınırlara tane sınırı denir. Tane sınırları iki, üç atom kalınlığında atomların düzensiz olarak dizildiği bölgelerdir.

Saf Bir Metalin Kristalleşmesi :

Saf bir metal soğutulduğunda sabit bir sıcaklıkta katılaşır. Bu sıcaklığa ergime noktası veya donma noktası denir. Bir kere katılaşma başladığında, metalin sıcaklığı metal çevresine ısıyı vermeye devam etse bile bu işlem tamamlanıncaya kadar düşmez. Bunun sebebi sıvı halde iken atomların sahip olduğu kinetik enerjinin, katı haldekine nazaran daha büyük olmasıdır. Katı halde atomlar daha düzenli haldedir. Bu da sistemin enerji seviyesinin daha düşük olması demektir. İşte sabit sıcaklıkta sistemden verilen bu enerjiye gizli enerji denir. Aynı enerji ısıtmakla ergitilmeye başlanılan metalde de aynı tarzda sabit sıcaklıkta verilir.

Eğer saf bir metal çok yavaş olarak soğutulursa, zaman ve sıcaklık diyagramı çizilecek olursa Şekil. 31 elde edilir.

Şekil. 30 saf metalin katılaşmasındaki evreleri göstermektedir.

- a. Ergimiş sıvı metal içindeki yabancı partüküllerce yapay olarak oluşturulan nükleasyonun (çekirdeklenme) merkezindeki ilk birim hücrenin oluşmasını göstermektedir.
- b. Birim hücrelerden oluşan küçük uzay kafeslerinin büyümesi bir diğerinin üzerine tesis oluşunu gösteriyor. Ancak yapı orijinal birim hücrenin çevresinde üniform olarak görülüyor. Değişik doğrultularda büyümeler devam ediyor. Esas orijinal doğrultuda da büyüme devam ediyor. Bu tür katılara dendirit denir ve sıvı metalin içinde oluşmaya başlıyor(Şekil b). Katılama devam ederken dendiritler büyür ve dallar arasındaki boşluklar doldurulmaya başlanır(Şekil. c). En sonunda (Şekil. d) kristal sınırları ortaya çıkar. Böylece düzensiz şekilli kristallerin bir arada bulunmasıyla metal taneli bir yapı gösterir(Şekil. e).

DENGE DİYAGRAMLARI

Karışımlar, Bileşikler ve Katı Eriyikler :

Şu ana kadar saf metal malzemelerin yapıları üzerinde durduk. Halbuki endüstride saf metal malzemeler çok az uygulama alanı bulur. Bir metal içerisinde ya üretimden gelip tamamen giderilmesi mümkün olmayan impüriteler yada değişik özellikler vermek üzere bilerek ilave edilmiş farklı elementler bulunur. Saf olmayan her türlü metal malzeme bir alaşım olarak adlandırılır. Metal veya metal dışı element ikinci eleman olabilir.

Saf bir metal içine herhangi başka bir element ilave edilmiş ise veya ihtiva ediyorsa karışım, kimyasal bileşik veya katı eriyik halleri ortaya çıkabilir. Bir alaşımdaki elemanlar genellikle, sıvı halde iken birbiri içinde erirler.

Karışım, iki veya daha fazla elementin bir arada bulunması halidir. Her bir eleman kendi özelliğini korur. Kendi aralarında kimyasal reaksiyon oluşmaz. Bağımsız kristaller halinde bulunurlar. Bu taktirde bunlar birbiri içerisinde eriyemez denilir.

Fe - Co, Al - Pb Sistemleri örnek olarak verilebilir.

Metalsel Bileşikler : Metallerin bir araya gelerek bileşikler oluşması sonucu ortaya çıkar. Bir araya gelen metallerin ikisinin de özelliklerinden farklı bir özellik elde edilir. Buna örnek olarak Al ve Cu ile Mg ve Si 'un oluşturduğu bileşikler, Fe³ C ve FeS (Çelikte) verilebilir.

Çoğu metaller sıvı durumda iken birbiri içinde eriyebilir haldedir. Sıvı eriyik iki ayrı metalin özelliğinden oldukça farklı özelliklere sahiptir. Bazı durumlarda katı halde de iki metal birbiri içinde tamamen bütün oranlarda eriyebilir. Metal mikroskobu altında katı eriyik incelenecek olursa, saf bir metalde olduğu gibi tek bir faz şeklinde görüntü elde edilir. Zira atomsal mertebede karışım halindedir.

Eğer bir katı eriyik atom mertebesinde incelenirse bir elemanın atomları diğer elemanın kafes sisteminin bir parçası haline gelir.

Katı eriyikler üç gruba ayrılırlar. Bunlar yer alan katı eriyik, arayer katı eriyiği ve çift katı eriyik olarak adlandırılır (Şekil. 32). Katı eriyikte miktar olarak daha çok olan eleman eriten diğeri/diğerleri de eriyen olarak adlandırılır. Eğer eriyen elemanın atomları eriten elemanın kafes sisteminde bu elemanın atomlarının kafesteki yerlerine yerleşirse bu tür katı eriyiğe yer alan katı eriyik denir. Yer alan katı eriyiğinin meydana gelmesi için A ve B metallerinin atom çapları arasında fark en fazla %15 olmalıdır. Boyut faktöründen başka eriten ve eriyen elemanların elektro negatifleri yakın olmalıdır. Aksi halde bileşik oluşabilir. Bundan başka valans elektron sayılarıdır. Valans elektron sayısı büyük olan daha düşük olanın içinde erir. Bunlardan başka katı eriyik oluşturacak iki metalin aynı kristal sisteminde bulunması gerekir. Bu tip katı eriyiğe örnek Bakır-Nikel katı eriyiğidir.

Eğer bir elementin atom çapı diğerinden çok küçük ise bu atomlar esas elementin kafes boşluklarına yerleşir ve bu durumda arayer katı eriyik oluşur. Hidrojen, Karbon, Azot, Bor, Oksijen atomları metallerin çoğunda bu türlü katı eriyik meydana getirir.

Çift katı eriyik yer alan ve arayer katı eriyiklerinin bir arada bulunması haline verilen addır.

Katı eriyik alaşımlarından bazı örnekler şunlardır:

- a. Paslanmaz çelikler (demir ve krom alaşımları - nikelli ve nikelsiz).
- b. Monel metali (Korozyona karşı direnci yüksek bakır ve nikel alaşımları).

Farklı Tip Denge Diyagramları :

Bir metal veya alaşımın homogen olan kısmı bir faz olarak tariflenebilir. Yani faz aynı kristal yapı ve kompozisyona sahiptir. Bundan dolayı saf bir metal sadece bir faz içerdiği halde, iki metalden oluşan bir alaşım birden fazla faza sahip olabilir.

Çoğu durumlarda, sıvı haldeki metaller birbiri içinde tamamen eriyebilirler yani tek bir sıvı faz meydana getirirler. Sıvı metal karışımı katılaştırıldığında, dört farklı durum meydana gelebilir.

1. Metaller katı durumda tamamen birbiri içinde eriyebilir ve böylece tek bir faz görülür.
2. Metaller katı durumda birbiri içinde hiç erimez.
3. Metaller katı durumda birbiri içinde kısmen eriyebilir.
4. Metaller, metallerarası bileşikler olarak bilinen bileşikler oluşturabilirler.

Sıvı ve Katı Halde Tam Eriyebilen İki Metalin Denge Diyagramı :

Bazı durumlarda iki metal hem sıvı hem de katı fazda birbiri içinde her oranda eriyebilir. Bu halde ısı analizi sonucu saf A ve B metalleri ve onların değişik oranlardaki alaşımlarının soğuma eğrileri Şekil. 33 'de gösterildiği gibi ortaya çıkacaktır. Denge diyagramında, şekildeki her bir katılma başlangıç noktasının birleştirilmesiyle bir eğri oluşur ki -faz sınırı- bu likidüs olarak adlandırılır. Her iki ikinci duraklamanın birleştirilmesiyle, elde edilen eğri solüdüs olarak adlandırılır. Bu sıcaklıklarda katılma tamamlanır. Sonuçta elde edilen eğri Şekil. 33 'de olduğu gibidir. Bu diyagram incelendiğinde görülecektir ki, liküdüsün üzerinde sadece sıvı faz ve solüdüsün altında katı faz olmasına rağmen bu iki faz sınırı arasında daima belli oranda katı faz ile dengede belli oranda sıvı faz bulunur. Bu tip diyagram birbiri içinde tamamen eriyen katı eriyik tipi denge diyagramı olarak adlandırılır.

Şekil. 34 birbiri içerisinde tamamen eriyebilen iki metalin %0 'dan %100 arasında değişen oranlardaki alaşımın fiziksel özelliklerinin nasıl değiştiğini göstermektedir. Maximum sertlik ve çekme dayanımı ile minimum elektrik iletkenliği %50 A ve %50 B alaşımında elde edildiği görülüyor. Bu bilgi, özel ticari uygulamalar için bir alaşımın seçilmesinde önemlidir.

Bu tür katı eriyik sadece yer alan katı eriyik tipindedir. Şimdi bir alaşımın katılaşması esnasındaki herhangi bir aşamadaki mevcut faz oranları ve kompozisyon ile ilgili denge diyagramından elde edilebilecek bilgilerle ilgilenilecektir.

(Şekil. 35) %60 A - %40 B kompozisyona sahip alaşım örnek olarak alınır, tahmin edilir ki soğuma eğrisi şekilde gösterilen tarzda olacaktır. Yani katılaşma T_1 sıcaklığında başlar ve T_4 de tamamlanır. Yukarıdaki şekil, T_1 sıcaklığının üzerinde alaşımın sıvı eriyik olduğunu gösterir. T sıcaklığında, solüüs üzerindeki C ile gösterilen kompozisyonlu katı eriyik kristalleri sıvı eriyikten katılaşmaya başlar. Böylece bu sıcaklıkta C katı eriyiği ile dengede bir sıvı eriyiği mevcuttur. Bundan dolayı, başlangıç kristalleri (dendritler) A bakımından zengindir ve kalan sıvı daha az A ihtiva edecektir.

T_2 sıcaklığında sıvı eriyik d ile gösterilen kompozisyona sahip olacaktır ve f kompozisyondaki dendritler eriyikten katılaşacaktır. Bu bize sıcaklık değiştiğinde dengedeki katı sıvının kompozisyonunun değiştiğini gösterir.

Eriyiğin yapısı aşağıdaki gösterildiği tarzda olacaktır. Bu denge diyagramından herhangi bir sıcaklıkta likidüs ve solüüs arasında yatay bir doğru çizilmekle mevcut katı ve sıvı fazın kompozisyonu belirlenebilir. Yatay doğrunun liküdüsle çakışma noktası mevcut sıvı fazın kompozisyonunu ve solüüsle çakışma noktası mevcut katı fazın kompozisyonunu verir.

Aynı zamanda, yatay doğruyunun de ve ef parçalarına ayrıldığı varsayımıyla, T_2 sıcaklığındaki mevcut katı fazın sıvı faza oranını bulmak mümkündür. Bir diğer ifade ile;

$$\frac{\text{Katı faz } f}{\text{Sıvı faz } d} = \frac{de \text{ uzunluğu}}{ef \text{ uzunluğu}} = \% \text{ katı faz} = \frac{de}{df} \times 100 \text{ olur.}$$

Bu terazi kuralı olarak bilinir.

T_4 sıcaklığında katılaşma tamamlanır. Sonuç katı yapı %60 A - %40 B kompozisyonlu tek fazlı katı eriyiktir. Şuna dikkat edilmeli, A ve B metali hiçbir yerde kendi özelliğini devam ettirmez. Suyun içinde erimiş kuru bir tuz benzeri bir durum meydana gelir.

Mikroskop altında incelendiğinde yapı saf metal yapısına çok benzer bir şekilde görülecektir. Her ikisi de tek fazlı yapıdır. Şekil 37 'de gösterilen taneler oldukça üniform boyut ve şekilde olacaktır.

Birbiri içinde her oranda eriyebilen bir katı eriyik oluşturan iki metale en iyi bilinen örnek Bakır-Nikeldir. Cu-Ni alaşımları ticari önemi haizdirler. Çok iyi korozyon direncine sahip olmalarından, bahsedilen alaşımlar kondanser tüpleri, para, jeton ve elektrik dirençleri yapımında kullanılırlar.

Monel gibi ticari alaşımlar özel kullanım alanları için alaşımların özelliklerini geliştirmek üzere diğer ilave elementleri de ihtiva ederler. Kullanılan tipik ilave alaşım elemanları Demir, Silisyum, Mangan ve Alüminyumdur. İlave oranları %0-3 arasında değişir.

Ötektik Türü Denge Diyagramları :

Bu durum iki metalin sıvı halde bütün oranlarda birbiri içinde erimesi fakat katı halde hiç erimemesi halinde ortaya çıkar. Daha önce anlatıldığı gibi denge diyagramları ısı analiz deneyleri neticelerinden çıkarılır. Tipik soğutma eğrileri ve neticede elde edilen denge diyagramı Şekil. 38 ve Şekil 39 'da gösterildiği tarzdadır. Şekil 39 'un önemli özellikleri şunlardır.

1. Sıvı faz sınırlarının ikisi ötektik noktası olarak bilinen E noktasında birleşirler ve bu noktadaki kompozisyon ötektik alaşımı olarak bilinir.

2. İki saf metalin dışında, bütün alaşımlar ötektik sıcaklığı olarak bilinen (TE) ikinci bir sıcaklığa sahiptir. CE ve ED eğrileri sıvı faz sınırları ve CFEGD katı faz sınırıdır.

Şekil. 41 'e göre, %90 B alaşımının katılaşmasını ele alalım. Katılaşmasını ele alalım. Katılaşmanın T_1 sıcaklığında başladığı görülür. Saf B metalinin dendritleri meydana geldiğinde, sıvı faz B metalince fakir hale gelir. Genel olarak sıvıdan katılaşan ilk faz olarak adlandırılır. T_2 sıcaklığına inildiğinde saf B metali dendritleri katılaşmaya devam eder. Terazi kuralını uygularsak hjk yatay çizgisi, kompozisyon ve fazların oranlarını belirlemek üzere kullanılabilir. h, katı faz kompozisyonunu (saf B) ve k sıvı faz kompozisyonunu gösterir.

Terazi kuralı uygulanarak

$$\text{Oran } \left(\frac{\text{Katı saf B metali}}{\text{Sıvı eriyik (k)}} \right) = \frac{jk}{hj} = \% \text{ sıvı} = \frac{jh}{hk} \times 100$$
$$\% \text{ katı} = \frac{jk}{hk} \times 100 \text{ olur.}$$

TE sıcaklığı, sıvı fazın görülebileceği en düşük noktayı gösterir. Bu ıcaklıkta, E kompozisyonu için, kalan sıvı eriyikten saf B 'nin ve A 'nın kriistalleşmesi şeklinde dönüşümlü olarak katılaşma sona erinceye kadar devam eder. En son yapı saf B taneleri saf A ve saf B karışımınca çevrelenmiş olarak görülür. Bir başka ifadeyle saf ve ötektik bir arada denge halinde bulunur. Bunların oranları bulunmak istenirse terazi kuralı uygulanır.

$$\text{Oran } \left(\frac{\text{Primer saf B}}{\text{Ötektik karışımı (A + B)}} \right) = \frac{E_p}{F_p} ; \% \text{ primer saf B} = \frac{E_p}{F_E} \times 100$$

Şeklinde bulunur.

Ötektik karışımın içindeki saf A ve saf B 'nin oranı, F E G çizgisinde Terazi kuralının uygulanmasıyla bulunabilir. Yani ötektik karışımında

$$\text{Oran } \left(\frac{\text{Saf B}}{\text{Saf A}} \right) = \frac{EG}{EF} ; \% \text{ B} = \frac{EG}{FG} \times 100 \text{ olur.}$$

Katılaşma işlemi esnasında, oda sıcaklığındaki en son yapı Şekil 42. 'de görülen tarzdadır.

Farz edelim ki, alaşım ötektik alaşımı olsun. Bu alaşım sabit bir sıcaklıkta sanki bir saf metalmiş gibi katılaşacaktır. Bundan dolayı macuni durum göstermez. Bu özel durumda en son yapı sadece ötektik karışım ihtiva edecektir (Şekil. e).

Alaşımın sertliği, çekme dayanımı ve elektrik iletkenliğinin kompozisyonla değişimi Şekil. 43 'te gösterilmiştir.

Birbiri İçinde Katı Halde Belli Oranda Eriyen İkili Alaşımlar İçin Denge Diyagramı:

Çoğu alaşım sistemlerinde iki metal katı halde birbiri içinde kısmen erirler ve ötektik reaksiyonda gösterebilirler. Bu tür alaşımların denge diyagramları Şekil 44 'te görülen Kalay-Kurşun denge diyagramı tipindedirler. Burada α fazı kurşun içinde kalayın eridiği, β fazı kalay içinde kurşunun eridiği katı eriyiği belirtmektedir. Bu alaşım sistemi için ötektik kompozisyonu %62 kalay ve %38 kurşundur. Ötektik sıcaklığı (TE) 183 °C dır.

Ötektik sıcaklığında erime oranları en büyüktür. Sırasıyla %20 ve %3 kurşun içinde kalay ve kalay içinde kurşunun maximum erime oranlarıdır. Ayrıca burada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus erirlik oranının sıcaklıkla değişmesidir.

%30 Kalay ve %70 Kurşundan oluşan bir alaşımın sıvı halden yavaş soğutulması incelenirse denge diyagramından istifa edilmelidir. Şekile göre 1 noktasında sadece sıvı faz mevcuttur. Soğutmaya devam edilirse sıvıdan α fazı katılaşmaya liküdü sınıırına gelindiğinde başlar. α fazı kurşun içinde kalayın az oranda eridiği katı eriyiktir. 2 noktasında α ve sıvı fazları denge halindedir. Sıcaklık düştükçe sıvı faz içindeki kurşun miktarı izafi olarak azalır. Ötektik sıcaklığına gelindiğinde ötektik kompozisyonuna erişilir. Bu sıcaklıktan daha aşağı inilirse yapıdaki mevcut α fazı kendisini α olarak devam ettirirken ötektik reaksiyon sonucu ötektik oluşur. 3 noktasında yapı α ve ötektik karışımından meydana gelir. Gerçekte ötektik zaten Kalay ve Kurşunun homogen karışımıdır. Diyagramın kalayca zengin bölgesi için benzer tarzda soğuma yapılarak faz oluşumları incelenebilir.

Şekil. 45 fiziksel ve mekanik özelliklerin kompozisyonla değişimini gösteriyor.

Kalay - Kurşun alaşımları çoğu ticari yumuşak lehimlerin temelini meydana getirir. Ötektik alaşımı lehim elektrik ve elektronikte yaygın olarak kullanılır. Zira bu alaşım macun fazı göstermez.

Çekirdeklenmiş Katı Eriyik Yapılar :

Şimdiye kadar iki metalin sıvı eriyiğinin yavaş soğutulduğu halde denge şartlarında, dendiritlerin difüzyon yoluyla kompozisyonunu değiştirecek zaman verildiğinde ne olduğu incelendi. Ancak ticari döküm şartlarında soğuma hızı daha büyüktür. Böylece difüzyon yoluyla kompozisyon düzenlenmesinin ortaya çıkması zaman yetersizliğinden mümkün olamaz. Bunun sonucudur ki Şekil. 35 'te T_2 sıcaklığındaki sıvı içinde dendiritler çekirdeklenmiş bir yapıya sahip olacaklardır. Dendiritin iç kısmı A metalince zengin bir kompozisyona sahip olacaktır. Daha sonraki tabakalar c ve f arasındaki kompozisyona sahip olacaktır. Halen katı haldeki dendiritlerin ortalama kompozisyonu diyagramda f ile gösterilen A metalince daha zengindir. Toplam miktarın değişmesi söz konusu olmamasından dolayı T_2 de sıvı eriyik A metalince fakir olacaktır (B metalince zengin). Aynı yolla; T_3 sıcaklığında katı dendiritler A metalince zengin bir kompozisyona sahip olacaktır. Diyagramda sıvı eriyik ve g ile gösterilenden A metalince daha fakir olacaktır. Katılaşma tamamlandığında en son yapı bundan dolayı, Şekil 37.d 'de gösterilen tarzda ve Cu-Ni alaşımı Şekil. 37.e 'deki tarzda olacaktır.

Çekirdeklenmiş dendiritlerin kompozisyonundaki değişiklik mikroskop altında dendiritler boyunca görülen renk farklılığı şeklinde gözlenir. Bu tür çekirdeklenmiş yapı istenmez. Çünkü bu homogen olmayan bir yapıya ve bu yapıda fiziksel özelliklerde tahmin edilemeyen değişikliklere sebebiyet verir. Yapı Şekil 37.c 'de gösterilen tarzda dengeli bir şekle dönüştürülebilir. Bunun için solüdis sıcaklığının hemen altında bir sıcaklığa alaşımın ısıtılması ile sağlanır. Kompozisyonda homogenliğin meydana gelmesi için difüzyona izin verilmesi şeklinde tavlama yapılır. Difüzyon zaman ve sıcaklığın her ikisine de bağlıdır. Bundan dolayı zaman ve sıcaklık kombinasyonunun doğru seçilmesi sonucun iyi olmasını sağlar.