



**MAKİNE PROGRAMI  
MALZEME  
TEKNOLOJİSİ-I-  
(DERS NOTLARI)  
Prof.Dr.İrfan AY**

**Öğr. Gör. Fahrettin Kapusuz**



**2008-2009**

**BALIKESİR**

**Prof. Dr. İRFAN AY / Öğr. Gör. FAHRETTİN KAPUSUZ**



# DEMİR-KARBON

(Fe-C)

# DENGE DİYAGRAMI



Prof. Dr. İRFAN AY / Öğr. Gör. FAHRETTİN KAPUSUZ



## DEMİR – KARBON DENGİ DİYAGRAMI



**Saf demire** teknolojik özellik kazandıran **karbon**'dur.

Saf demir'in

yoğunluğu ; 7,8 g/cm<sup>3</sup>

sertliği ; 60 HB

Akma mukavemeti ; 10 daN/mm<sup>2</sup>

Çekme mukavemeti ; 20 daN/mm<sup>2</sup>

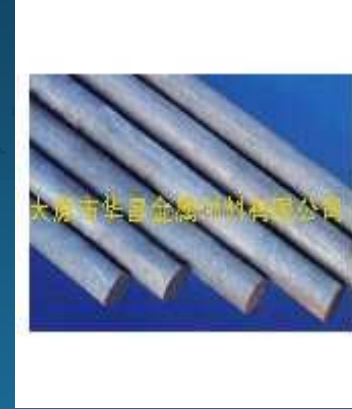
Kopma uzaması ; % 50

Kesit daralması ; % 80





**Saf demir** mukavemetinin düşük olması nedeniyle teknolojik öneme sahip değildir.

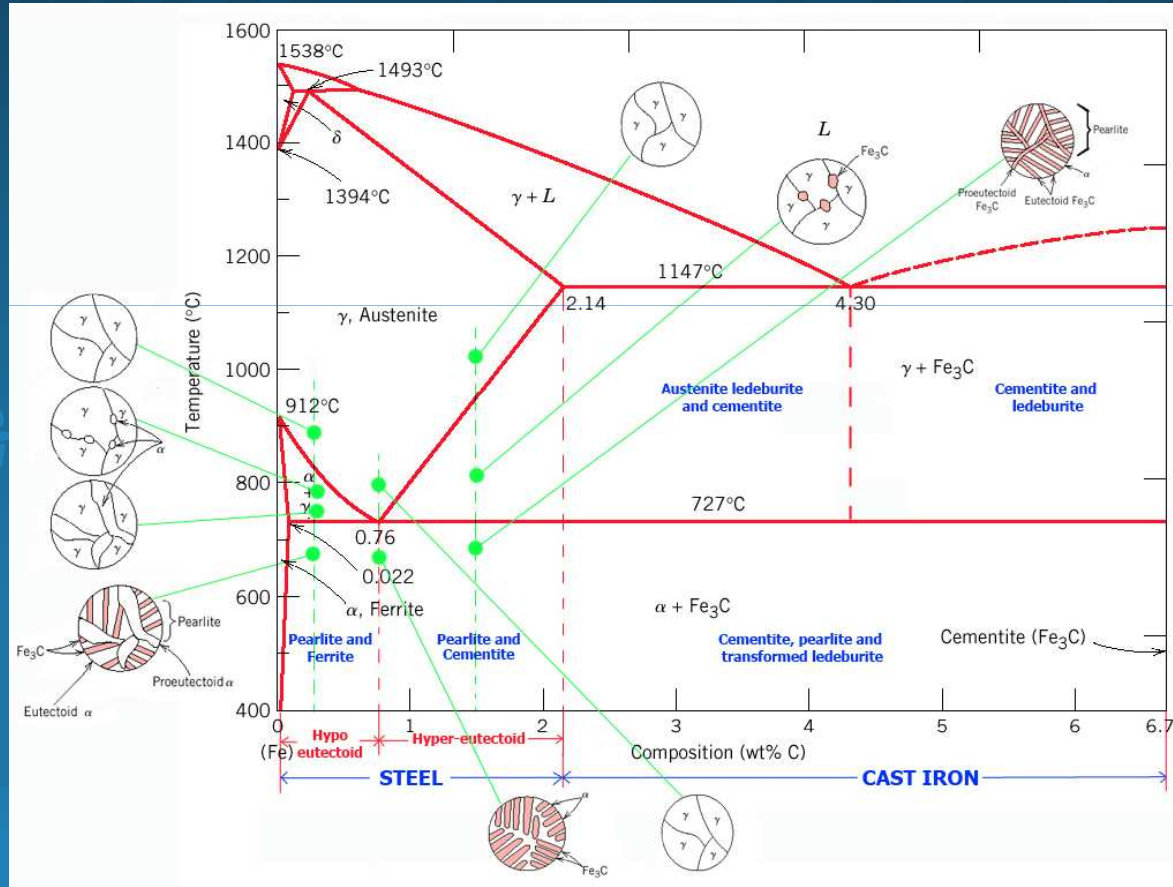


**Saf karbon**'un da mukavemeti düşüktür. Tek başına önemli bir malzeme değildir.



Prof. Dr. İRFAN AY / Öğr. Gör. FAHRETTİN KAPUSUZ

Demirle karbon bir araya getirilirse bu ikiliden **ÇELİK** ve **DÖKME DEMİR** adında iki yeni mekanik özellikleri farklı **alaşım**'lar meydana getirilir.





## ÇELİK NEDİR?

Demir- karbon alaşımının içinde ;

max. % 2 ye'kadar **KARBON**

% 1 **MANGAN**

% 0,5 **SİLİSYUM**

% 0,05 den az **KÜKÜRT ve FOSFOR**

Varsa bu malzemeye **çelik** adını veriyoruz.



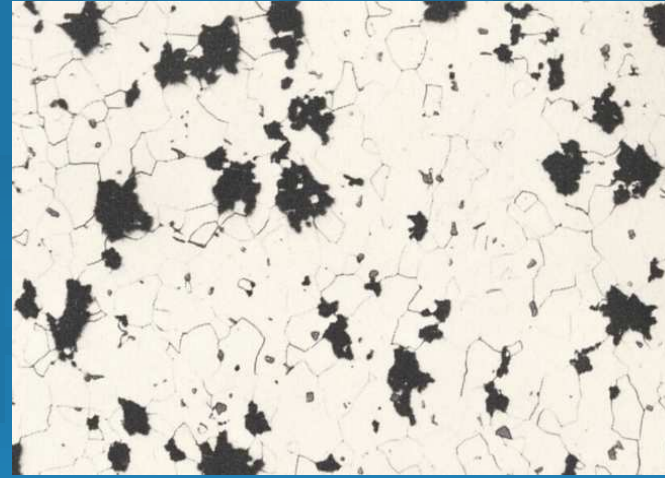
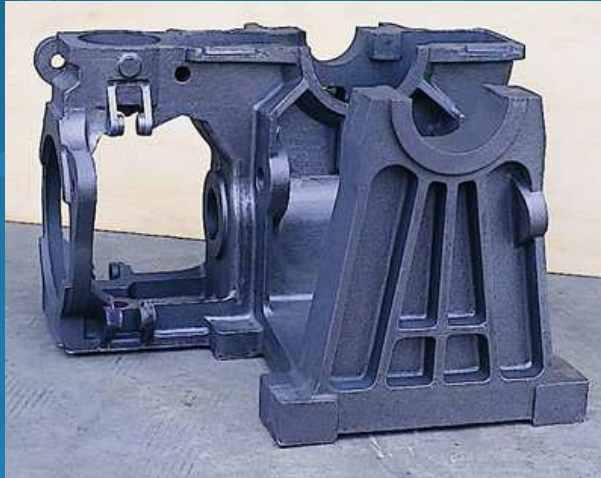
## DÖKME DEMİR NEDİR?

( C ) Karbon oranı % 2 den fazla olan demir-karbon alaşımına **DÖKME DEMİR** diyoruz.



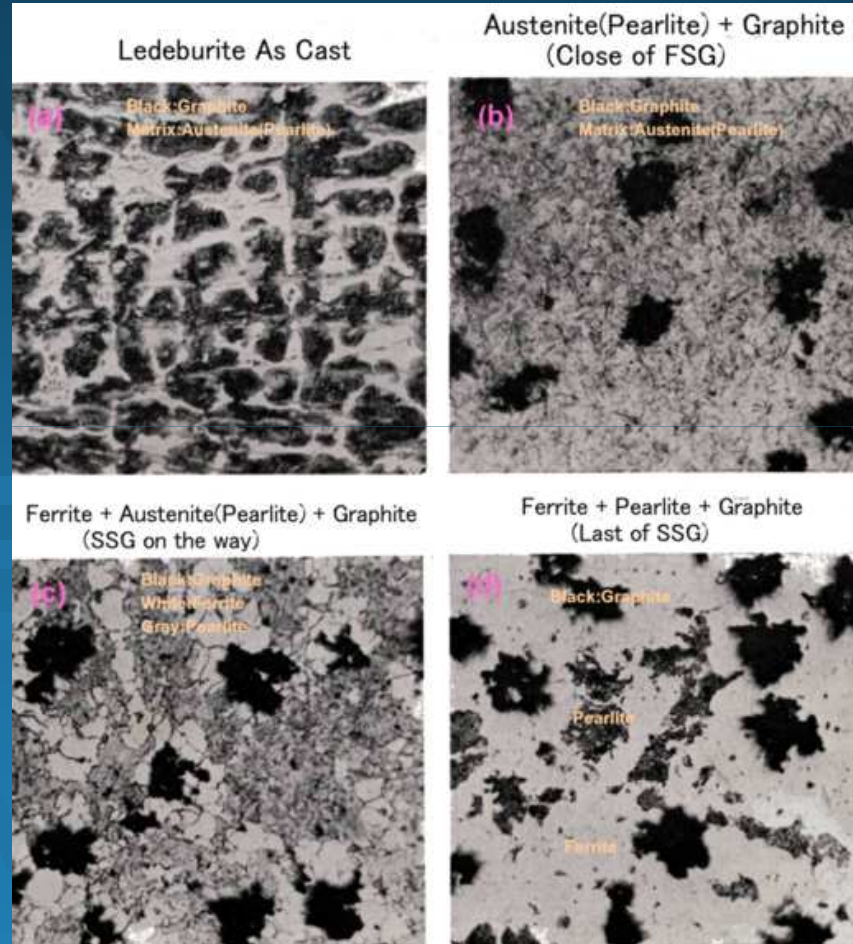
Yapı içerisindeki **KARBON** ; soğuma şartlarına ve yapıdaki **MANGAN** ve **SİLİSYUM** oranlarına bağlı olarak farklı oluşumlar şeklinde bulunur.

1)- Şayet ; % Si miktarı fazla ve soğuma yavaş yapılırsa karbon, demirin içerisindeki yapıda **GRAFİT** şeklindedir. Karbon yapıda bağımsız bulunur.





Demir içinde karbon **grafit** şeklinde dağılırsa, dövülebilir yumuşak dökme demir elde edilir.

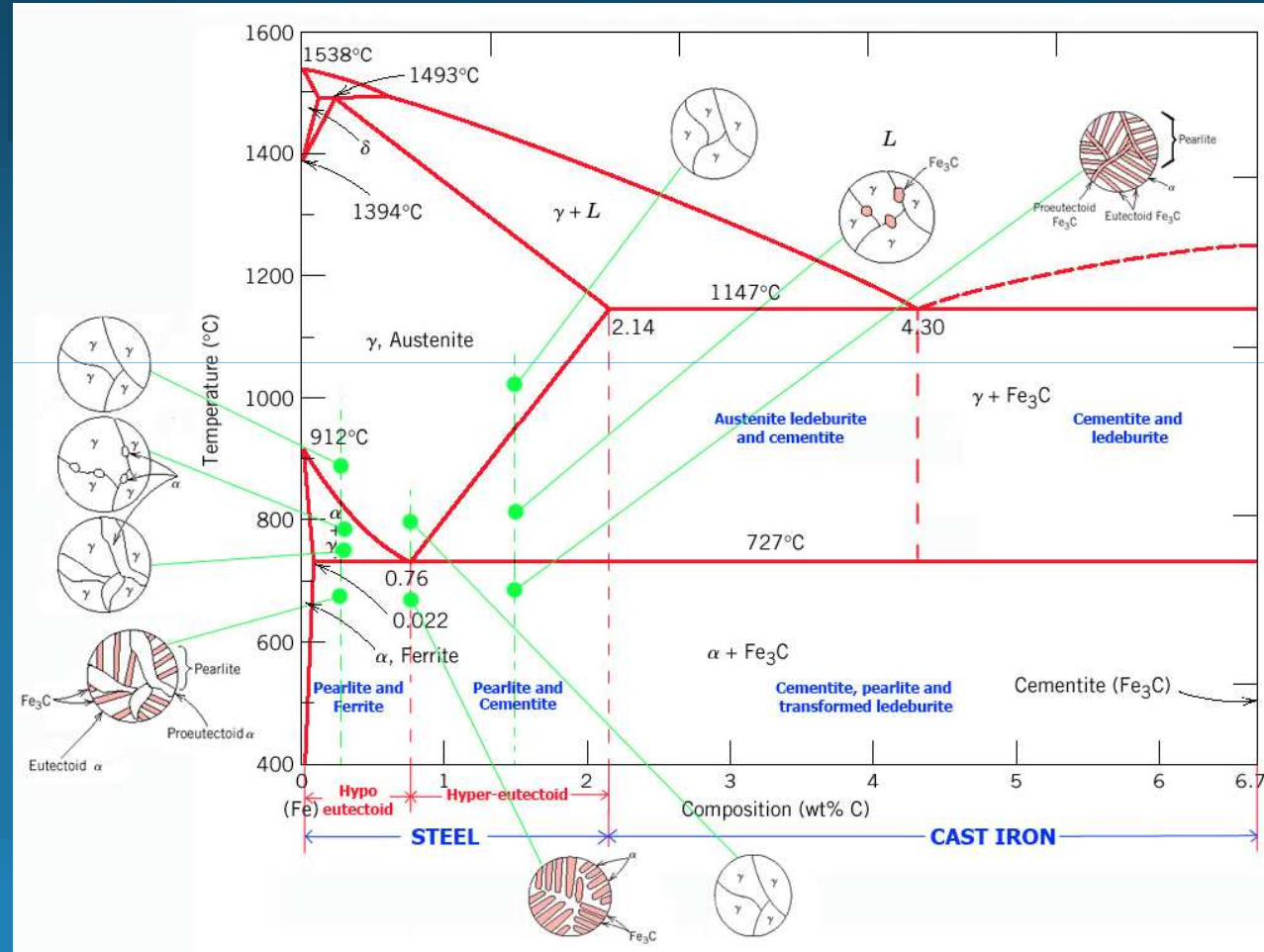


2)- Şayet ; **% Mangan fazla ve soğuma hızlı** yapılırsa ; karbon demire bağlı olarak ( $Fe_3C$ ) **DEMİR SEMENTİT** şeklinde oluşacaktır. Bu yapı Yarı dengeli halde olacaktır.





# Hem Sementit hem de Grafit yapı “**DEMİR-KARBON**” DENGİ DİYAGRAMI olarak ele alınır.



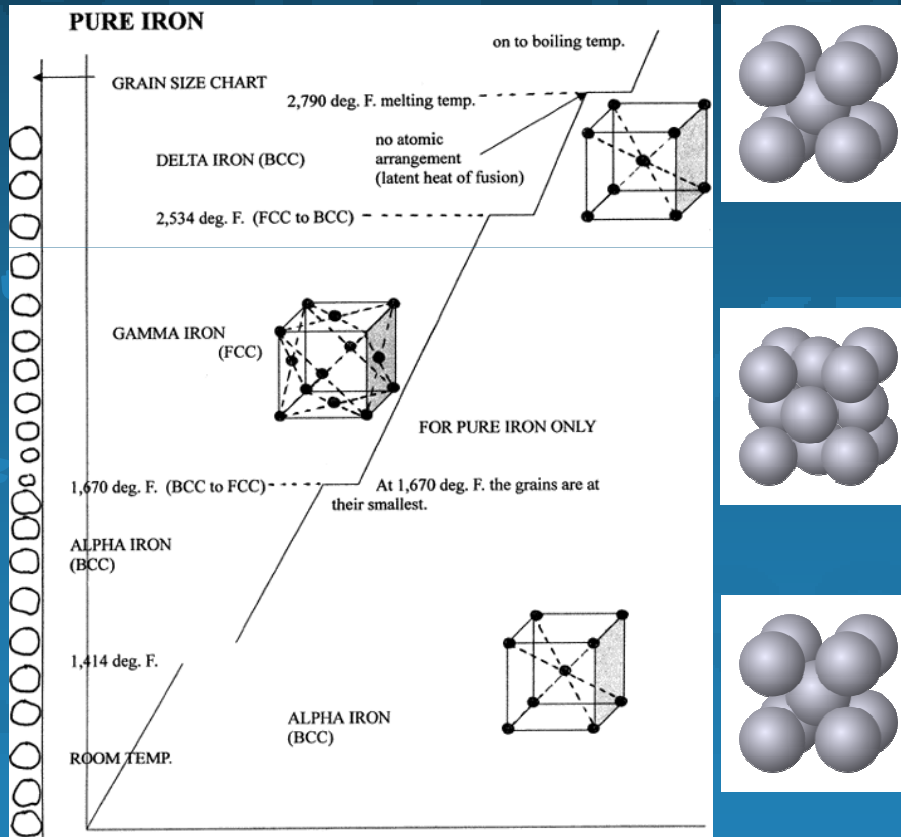


Fe-C Denge diyagramı dikkatle incelenirse ;

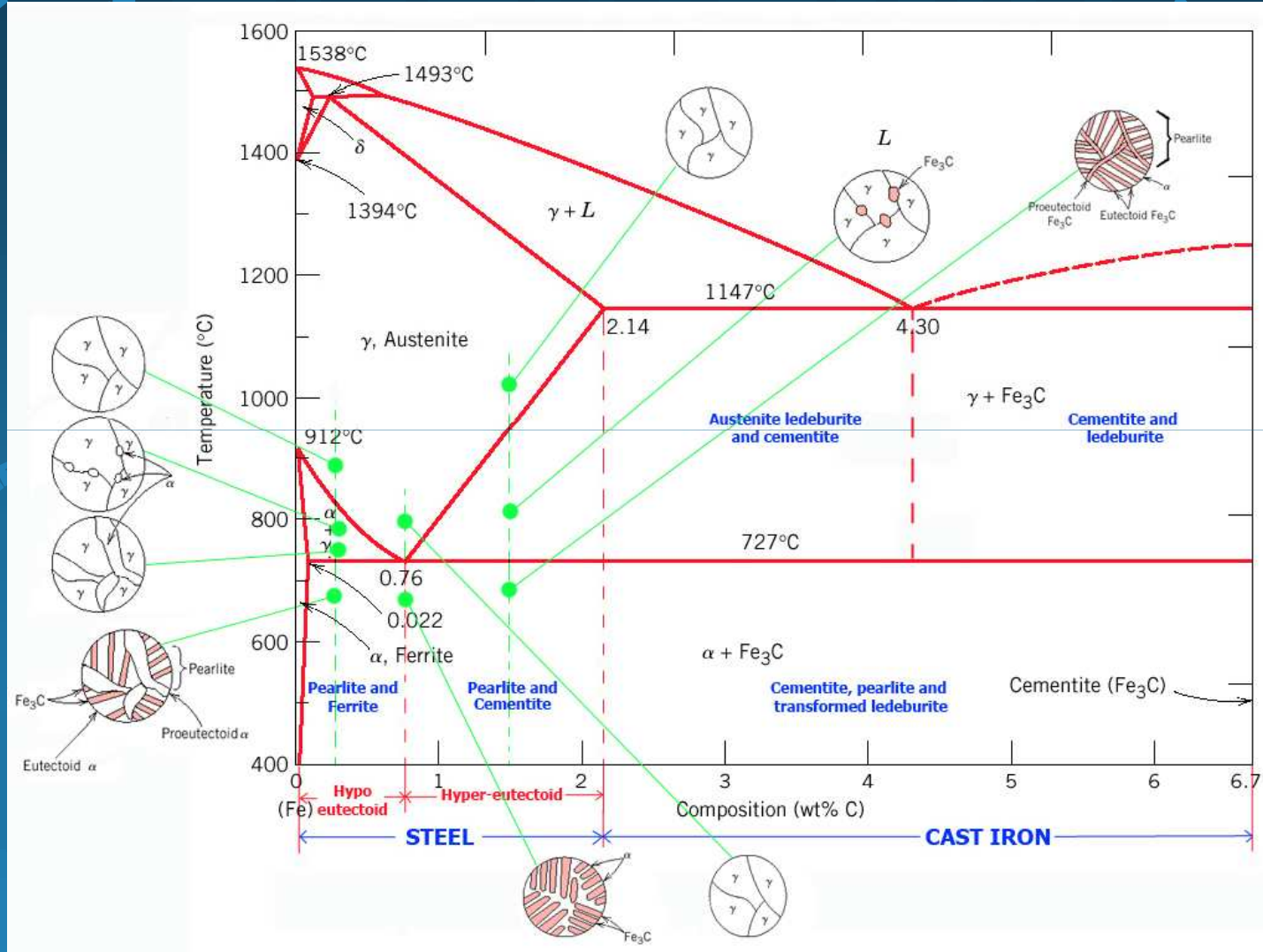
- \* **Yatay eksen**, erimiş demir içinde % C oranını  
**Düşey eksen**, Gittikçe artan sıcaklığı göstermektedir.
- \* **Yatay eksen'de** karbon en fazla % 6,67 ye kadar karbon konabiliyor..Tam bu noktada iç yapı % 100 sementit  $Fe_3C$  'dir. % 4,5 C dan sonraki yapının teknolojik önemi yoktur.
- \* **Düşey eksen**de de sıcaklık artıkça, yatay eksen de karbon oranı değıştikçe her bölgede **İÇYAPI**' lar değışmektedir.



Çelik ve Dökme demirler mikroskop altında incelenirse;  
Önce **saf demir'in** ısıtılması ve katılaşması sonucu sıcaklığa bağlı olarak saf demirin hangi kristal yapıya dönüştüğü aşağıdaki gibi olur.



# Çok detaylı FeC Denge Diyagramı

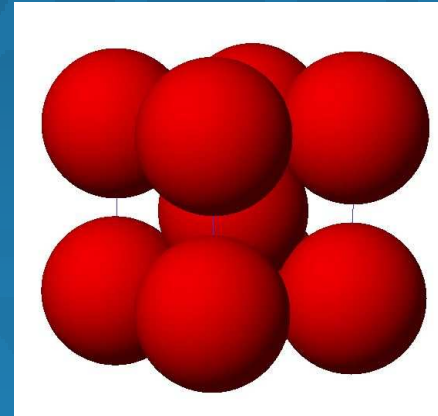




Üç önemli temel yapı mevcuttur. **Ferrit, östenit, sementit**

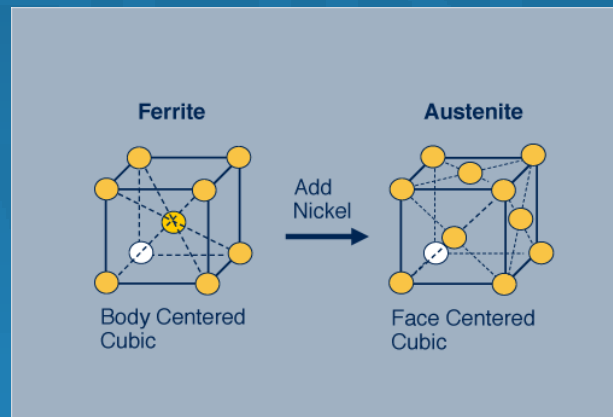
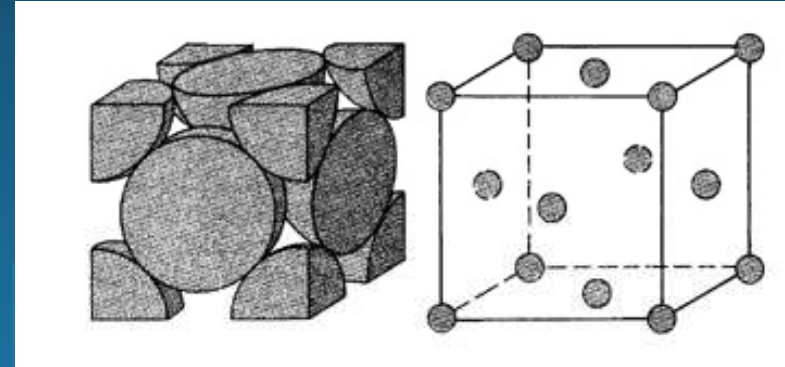
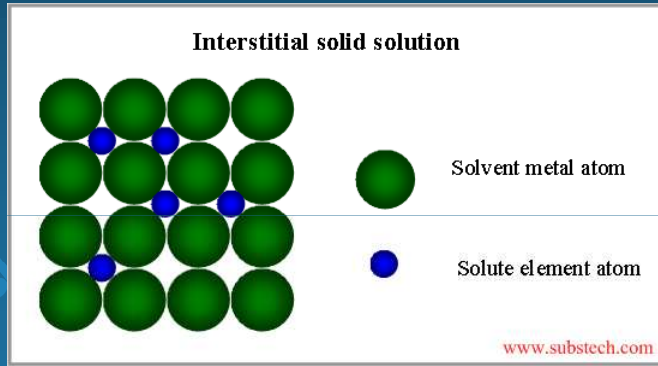
### **Ferrit yapı nedir?**

**$\alpha$ -demiri** olarak bilinir. Kristal kafes yapısı HMK şeklindedir. C atomları Fe atomları arasında az miktarda yer alan atomlar olarak bulunur. Demir-karbon denge diyagramının en yumuşak yapısıdır. Tokluğu düşüktür, uzaması %40 'a kadar varır. İç yapısı aşağıdaki gibi görünür.



## Östenit yapı nedir?

Demirin yüzey merkezli kübik halidir.  $\gamma$ -Demiri olarak bilinir. İç yapısı aşağıdaki gibidir. Tokluğu yüksektir. Sertliği 40 RC civarındadır. C 'nun yapı içerisinde katı arayer atomu olarak çok miktarda bulunduğu yapıdır.

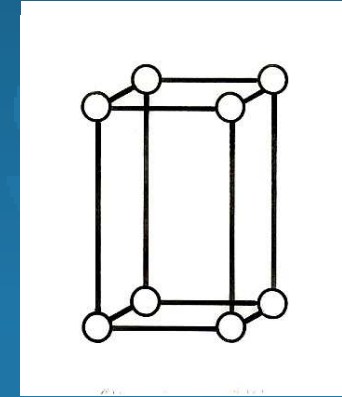
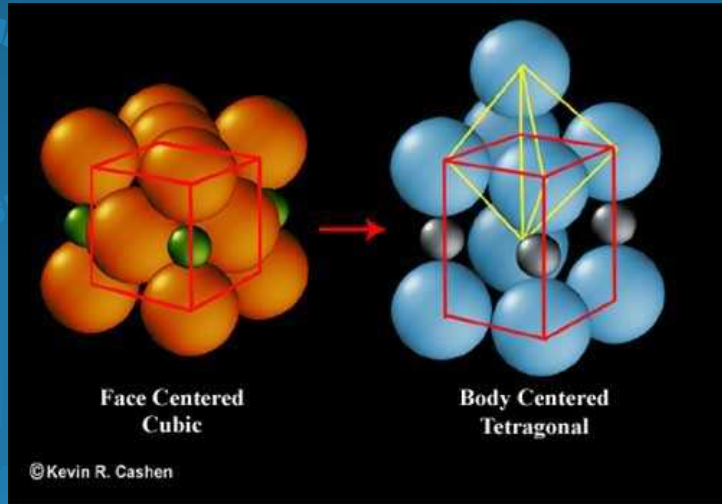






## Sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) yapı ne demektir?

**Demir karbid** olarak bilinir. Max % 6,67 C ihtiva eder. Oldukça sert ve gevrek bir yapısı vardır. Çekme mukavemeti düşük ama basma mukavemeti fazladır. Çeliğin sert olmasını sağlar.



**Kristal kafesi ortorombik yapıdır.**



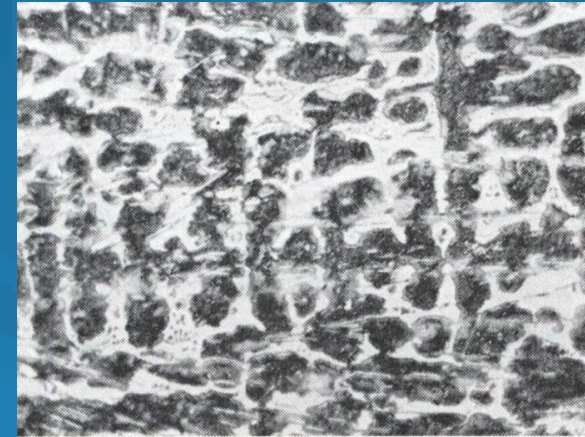
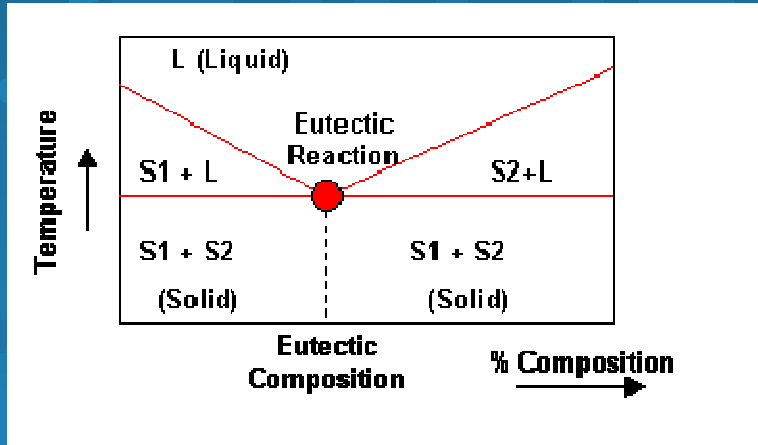


Demir-Karbon Denge Diyagramında çok önemli 2 nokta vardır.

1. Ötektik nokta
2. Ötektoid nokta

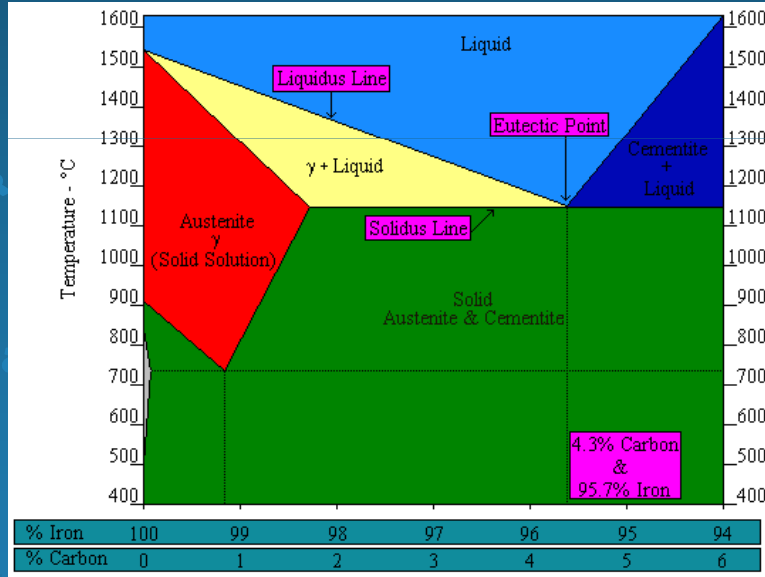
## ÖTEKTİK NOKTA NEDİR?

Bu noktada tek olan **sıvı** fazı  $\rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}$  iki ayrı katı faza dönüşmüştür. Bu nokta C nu **% 4.3** olan sıcaklığı da **1147 °C** olan noktadır. (Lederburit yapı-sert ve gevrek)



## LEDERBÜRİT YAPI NE DEMEKTİR?

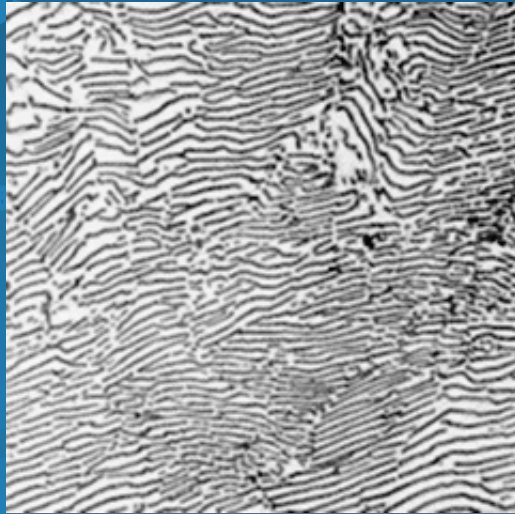
**Lederburite** , ötektik noktadaki iç yapının adıdır. **Östenit( $\gamma$ ) + Sementit ( $Fe_3C$ )**‘ten oluşmuştur. Bir nevi çelik ile dökme demir arasında çizgi çekilmiş yerdedir. Oda sıcaklığında pek görülmez.



**Lederbürüt yapı**  
(sert ve gevrek)

## ÖTEKTOİD NOKTA - Perlit yapı ne demektir ?

$\gamma$  **Ostenit** katı yapının  $\rightarrow$  **Sementit ve ferrit**' olarak ayrıldığı yapıya **PERLİT** yapı denir. Yani Ferrit +Sementit ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ) dir. Bu yapı aynı zamanda **Ötektoid yapı** olarak da bilinir. Bu noktada % C oranı 0,83 dür. Sıcaklık ise  $723^0$  C dir.

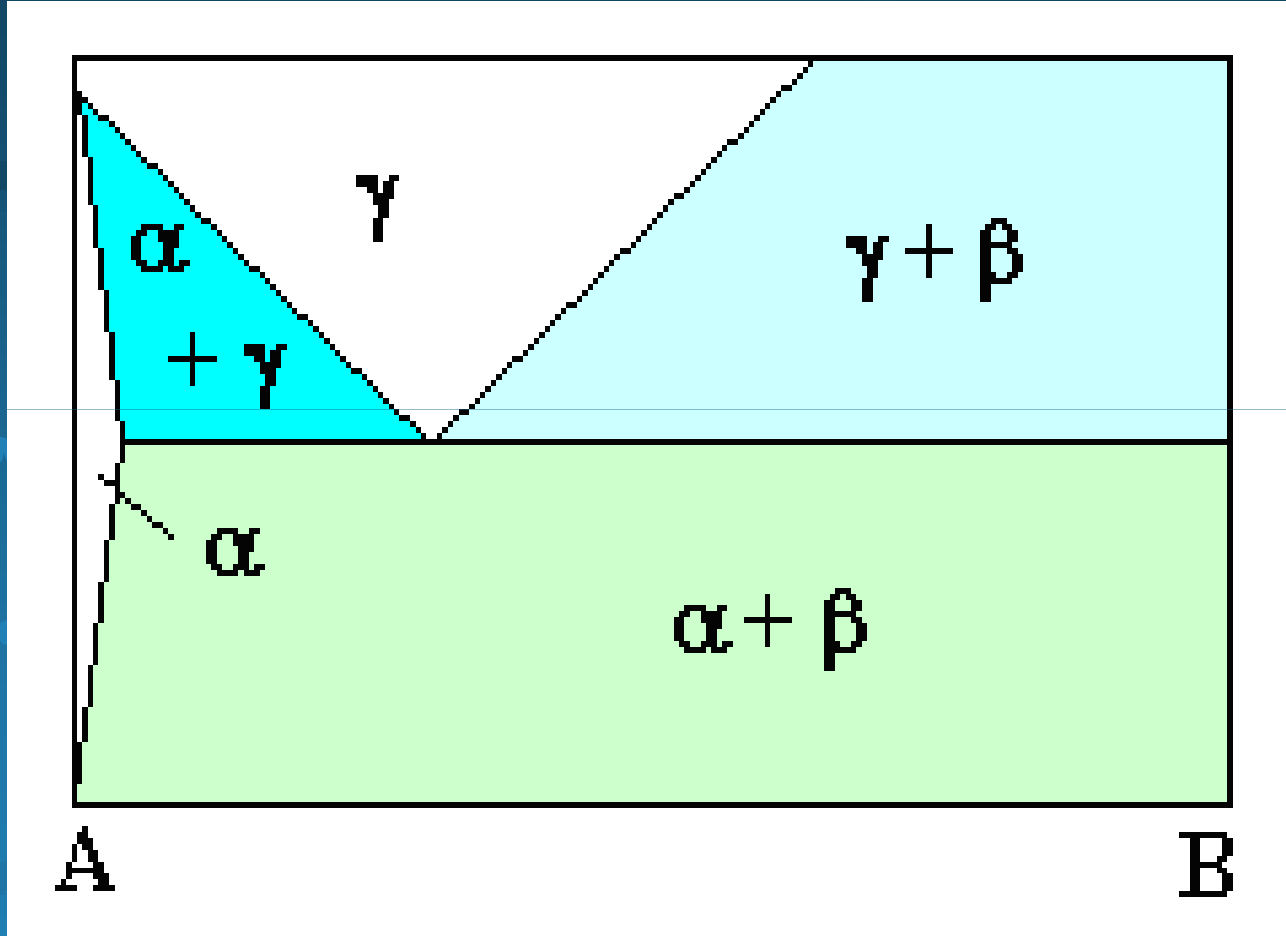


Siyahlar **sementit** ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), beyazlar **ferritik** ( $\alpha\text{-Fe}$ ) yapılarıdır.





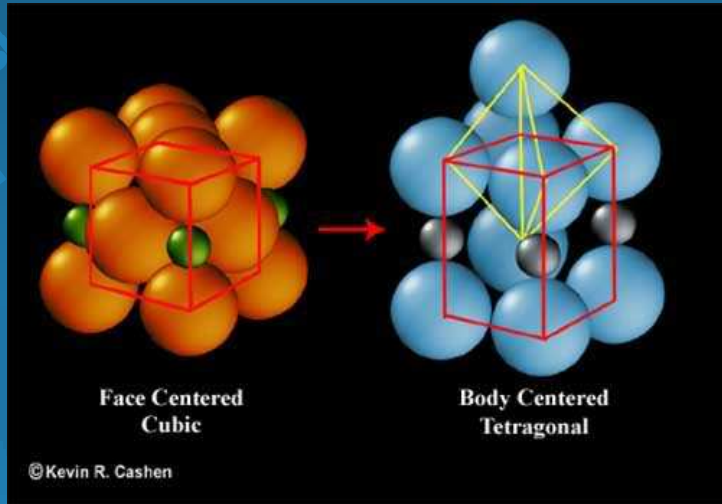
Aşağıda ötektik noktanın katı haldeki ( $\gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ) ye nasıl dönüştüğü görülüyor.





## Martenzit yapı ne demektir?

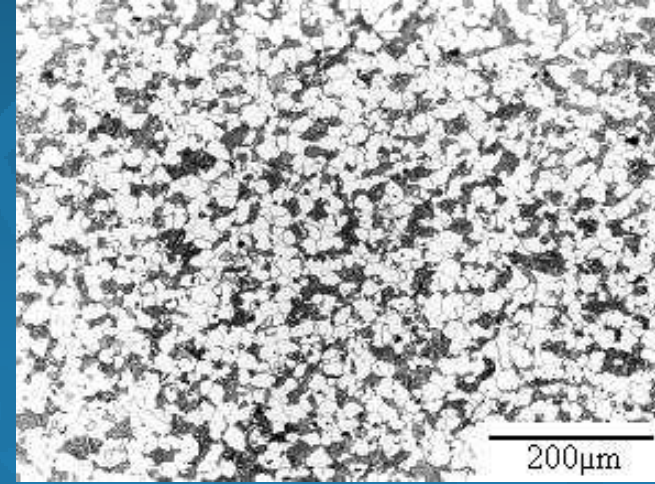
Östenit ve karbonun yarı- kararlı versiyonudur. Kristal kafes yapısı,  $\gamma$  bölgesindeki YMK yapıdan çarpık tetragonal yapıya dönüşmüştür. Çok sert ve kırılğan bir yapısı vardır.





## Beynit yapı ne demektir?

**Karbon** ve **sementit**'e “**doymuş  $\alpha$  ferrit**” karışımıdır. Perlit yapıdan pek farklı bir yapıdır. Daha serttir. İğne şeklinde tane yapısına sahiptir. İlk soğutma hızlı, sonra yavaş olması halinde bu yapı oluşur.



Beynit yapı örnekleri

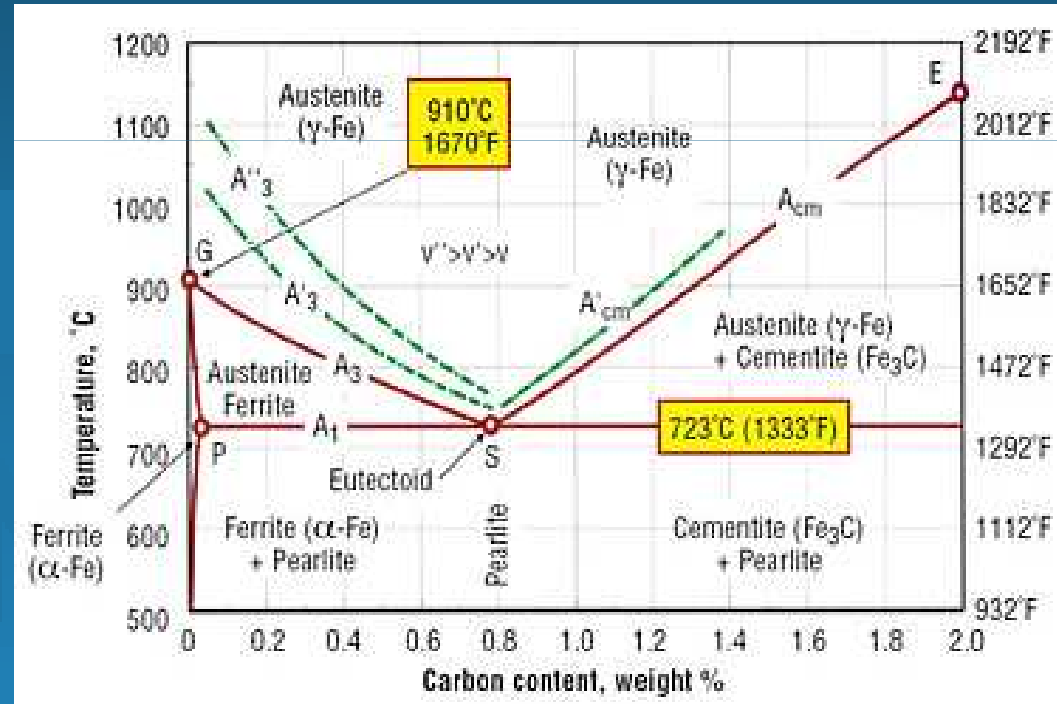


## Dönüşüm sıcaklıkları ( $A_1$ , $A_3$ , $A_{cm}$ )

$A_1$  : Isıtırken östenitin oluşmaya başladığı sıcaklık

$A_3$  : Ötektoid altı çeliklerde ısıtırken ferrit'in östenit'e dönüşümünü tamamladığı sıcaklık

$A_{cm}$  : Ötektoid üstü çeliklerde, ısıtırken sementit'in östenite dönüşümün tamamlandığı sıcaklıktır.





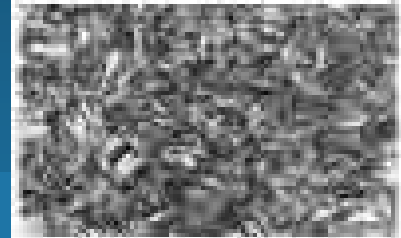
## Fe-C denge diyagramındaki tüm iç yapıların birarada gösterimi



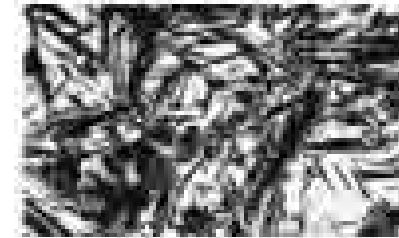
Austenite



Pearlite



Martensite



Bainite



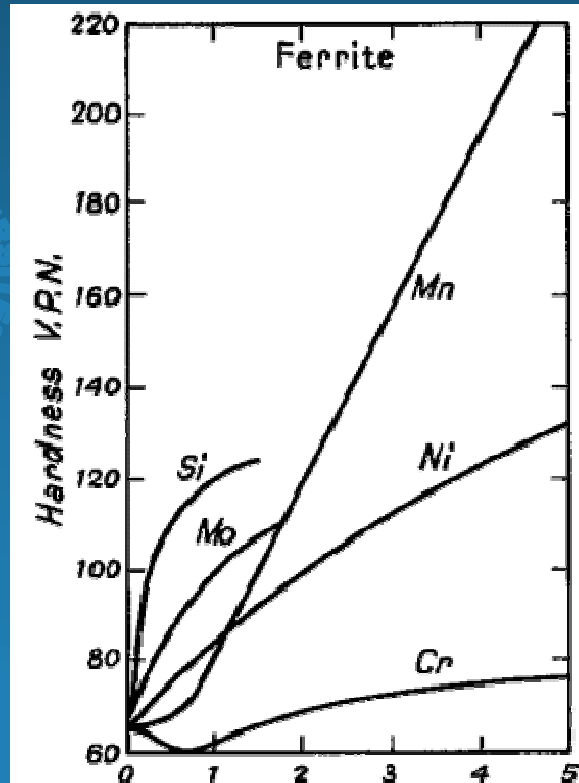
Ferrite



Cementite

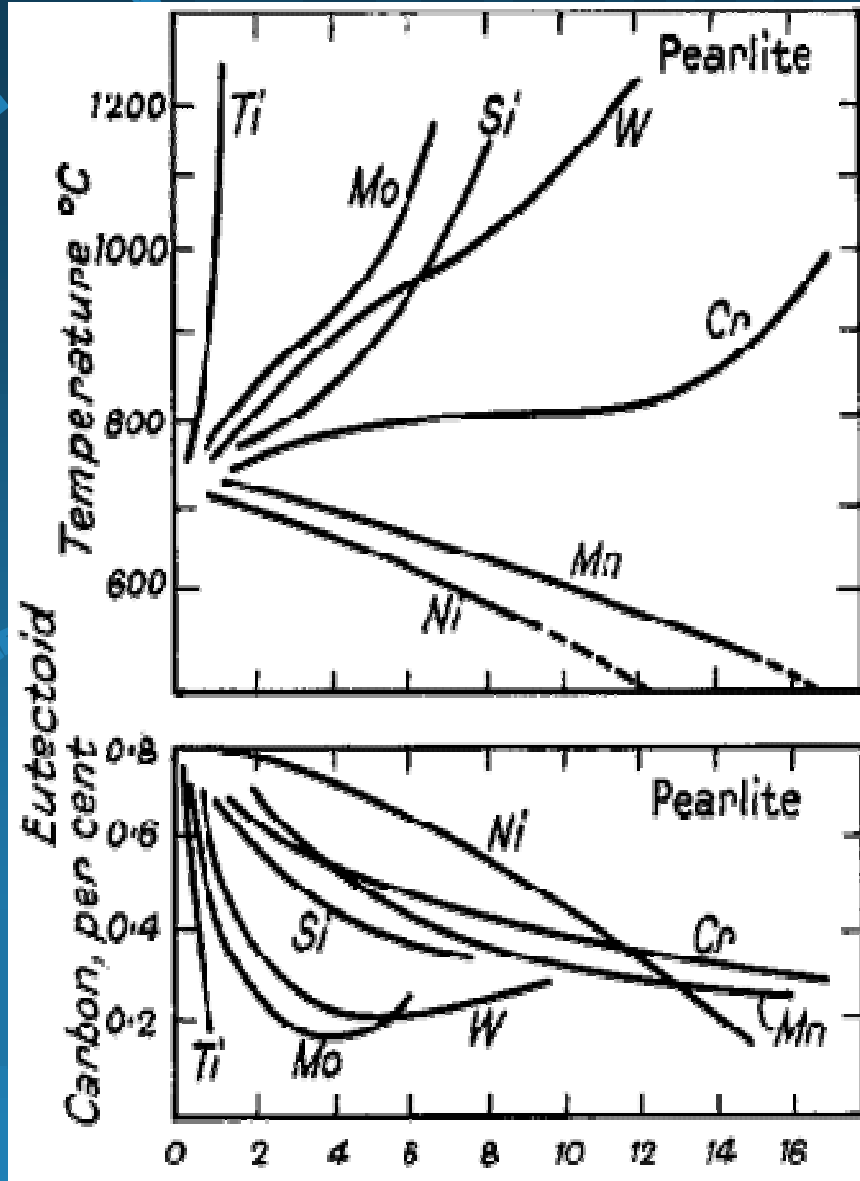
## Katkı elementlerinin çeliğe olan etkileri

Çelik içindeki alaşım elementleri hem  $A_1$ ,  $A_3$ ,  $A_{cm}$  dönüşüm sıcaklıklarını hem de ötektik ve ötektoid noktaların karbon oranlarını değiştirir.



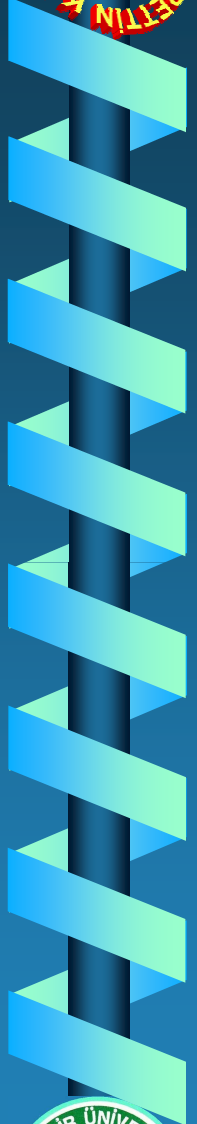
Alaşım elemanlarının sertliğe etkileri.

Mn 'ın sertliği nasıl etkilediği net bir şekilde görülmektedir.



**Mn, Si, Cr, Ni, Mo, W ve Ti** 'un ötektoid sıcaklığa etkisi üst diyagramda görülmektedir.

Ötektoid noktanın karbon oranına etkisi alt diyagramdadır. **% 6 Mn** ilavesi ötektoid noktanın %C oranını **0,8** den **% 0,45** 'e getirmiştir.



**Ni**, çeliklerde çekirdeğe kadar sertleşmelerine yardımcı olur.**Cr** ile birlikte Paslanmaya ve korozyona dirençli yapar.

**Mn** çelikte istenen elemandır.Zira döküm malzemelerde “**sementit oluşumu**”na katkı yapar.çeliğin mukavemetini ve sertliğini artırır.

**Si**, dökme demirdeki “**grafit oluşumu**”na yardımcı olur.Kır dökme demir alaşımlarının tümünde istenen elemandır.

**Mo** çeliğin sertleşme kabiliyetini artırır.

**Al**, Çelik içersinde **Si**'e benzer görev yapar.

**Cu**, çekme ve akma sınırını artırır.

**P ve S**, Çeliğin içersinde pek istenmez.Azaldıkça çeliğin kalitesi artar.Çelik içersinde % 0,05 ten fazlası istenmez.



## Konu ile ilgili sorular

### 1. Demir ile karbon bir araya getirilirse oluşan en önemli iki malzeme hangileridir?

- a)- çelik-aluminyum b)-dökme demir-çelik c)dökme demir-bakır d)-çelik-çinko

### 2. Çelik ne demektir?

- a)- İçersinde % 0-1 C bulunan demir karbon alaşımı  
b)- İçersinde % 0-0,8 C bulunan demir karbon alaşımı  
c)- İçersinde % 0-2 C bulunan demir karbon alaşımı  
d)- İçersinde % 2-4,3 C bulunan demir karbon alaşımı

### 3. Dökme demir ne demektir?

- a)- İçersinde % 0-1 C bulunan demir karbon alaşımı  
b)- İçersinde % 2- 6,67 C bulunan demir karbon alaşımı





- c)- İçersinde % 1-2 C bulunan demir karbon alaşımı  
d)- İçersinde % 0-0,8 C bulunan demir karbon alaşımı

#### **4.Mn ve Si Demir-Karbon için niçin çok önemlidir?**

- a)- Çünkü , her ikiside içyapıda farklı etki yapar.  
b)-Çünkü, her ikisinin de iç yapıya etkisi olmaz.  
c)-Çünkü, her ikiside demir-karbonu soğutur  
d)-Çünkü her ikisi de demir karbonu ısıtır.

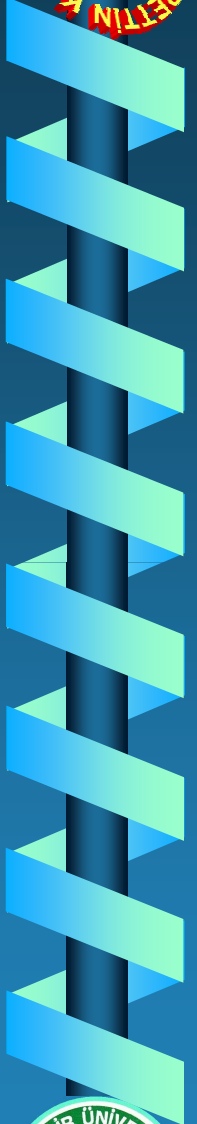
#### **5.Si fazla, soğuma yavaş olursa içyapı içinde karbon nasıl bulunur?**

- a)- ostenit halde b)-ferrit halde c)-grafit halde d)-sementit halde

#### **6.Mn fazla, soğuma hızlı olursa içyapı içinde karbon nasıl bulunur?**

- a)- ostenit halde b)-ferrit halde c)-grafit halde d)-sementit halde





## 9. Demir-Karbon denge diyagramında çok önemli iki nokta hangisidir?

- a)- ostenit-ferrit   b)-sementit-lederbürit   c)-ötektik-ötektoid   d)-ferrit-perlit

## 10. Hangisi ötektik noktadır?

- a)-  $910^{\circ}\text{C}$  - %1 karbon olan nokta  
b)- $1400^{\circ}\text{C}$  - % 0,8 karbon olan nokta  
c)- $1147^{\circ}\text{C}$  - % 4,3 karbon olan nokta  
d)- $723^{\circ}\text{C}$  - % 0,8 karbon olan nokta

## 11. Hangisi ötektoid noktadır?

- a)-  $910^{\circ}\text{C}$  - %1 karbon olan nokta  
b)- $1400^{\circ}\text{C}$  - % 0,8 karbon olan nokta  
c)- $1147^{\circ}\text{C}$  - % 4,3 karbon olan nokta  
d)- $723^{\circ}\text{C}$  - % 0,8 karbon olan nokta



## 12. Martenzit yapı ne demektir?

- a)-içyapı, çam ağacı iğne yaprağı şeklinde hızlı soğutulmuş
- b)-içyapı, grafit halde
- c)-içyapı, küresel sementit şeklinde
- d)-içyapı, saf demir yapısında

## 13. Beynit yapı ne demektir?

- a)-içyapı, çam ağacı iğne yaprak şeklinde
- b)-içyapı, grafit halde
- c)-içyapı, küresel sementit şeklinde
- d)-içyapı, martenzitin içinde daha fazla ferrit bulunur şeklinde, martenzite göre daha yavaş soğutulmuş







## 14. Fe-C denge diyagramında (A1) çizgisi neyi ifade eder?

- a)- sıcaklık  $723^{\circ}\text{C}$  - % 0,8 karbon noktasından östenite geçişi,
- b)- sıcaklık  $912^{\circ}\text{C}$  noktası ile - % 0,8 karbon noktası arasındaki çizgiden östenite geçişi,
- c)-%0,8 karbon ile % 2 karbon –  $1147^{\circ}\text{C}$  arasındaki çizgiden östenite geçişi,
- d)-%2 karbon ile %4,3 karbon arasındaki çizgiden östenite geçişi ifade eder.





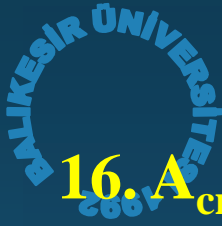
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
1992

## 15. Fe-C denge diyagramında (A3) çizgisi neyi ifade eder?

- a)- sıcaklık  $723^{\circ}\text{C}$  - % 0,8 karbon noktasından östenite geçişi,
- b)- sıcaklık  $912^{\circ}\text{C}$  noktası ile - % 0,8 karbon noktası arasındaki çizgiden östenite geçişi,
- c)-%0,8 karbon ile % 2 karbon –  $1147^{\circ}\text{C}$  arasındaki çizgiden östenite geçişi,
- d)-%2 karbon ile %4,3 karbon arasındaki çizgiden östenite geçişi ifade eder.





## 16. $A_{cm}$ çizgisi neyi ifade eder?

- a)- sıcaklık  $723^{\circ}C$  - % 0,8 karbon noktasından östenite geçişi,
- b)- sıcaklık  $912^{\circ}C$  noktası ile - % 0,8 karbon noktası arasındaki çizgiden östenite geçişi,
- c)-%0,8 karbon ile % 2 karbon –  $1147^{\circ}C$  arasındaki çizgiden östenite geçişi,
- d)-% 2 karbon ile % 4,3 karbon arasındaki çizgiden östenite geçişi ifade eder.





## 16. P ve S çelikte niçin istenmez? Ne oranda bulunmalıdır?

- a)- Her ikisi de gevreklik yaratır. Oran % 0,05 den fazla olamaz.
- b)- Her ikisinde faydalıdır. istenildiği kadar bulunabilir.
- c)- Her ikisi de sünek yapar. Oran % 0.05 den fazla olur.
- d)- Her ikisi de uzama meydana getirir, Oran % istenildiği kadar konabilir.

