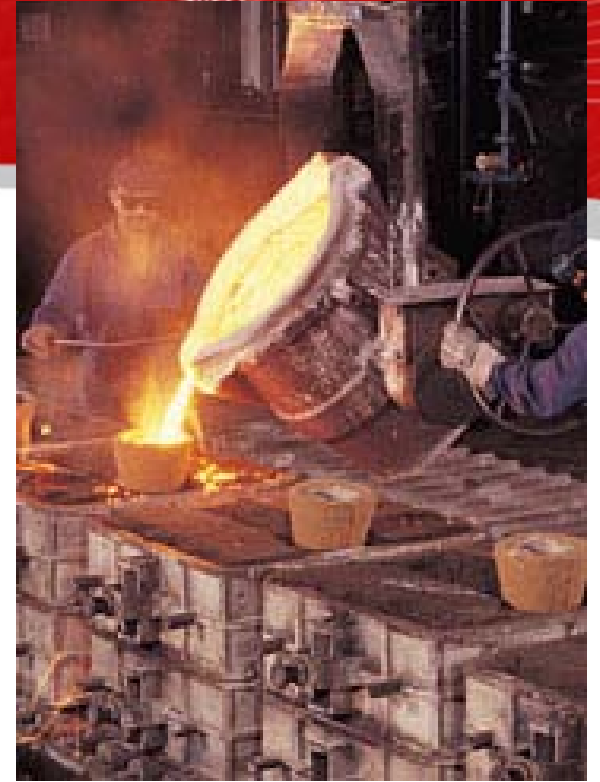
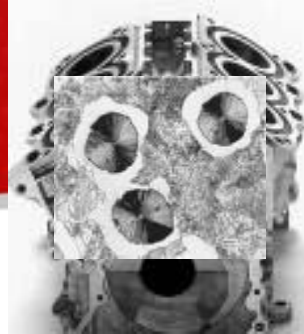
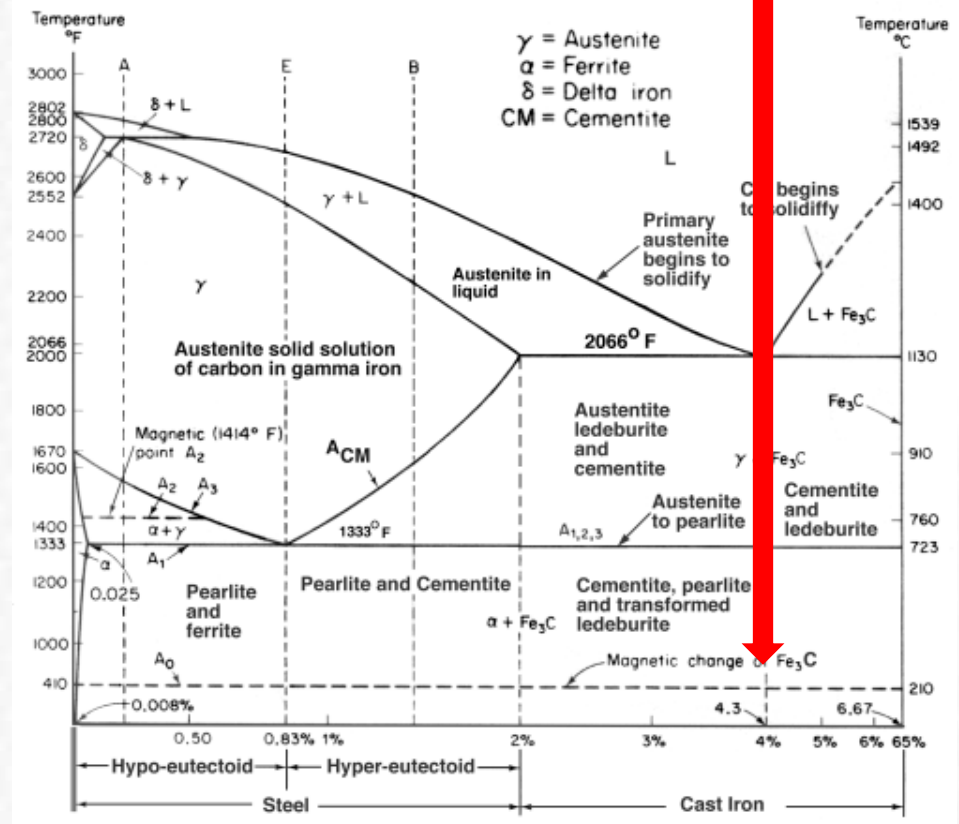


DÖKME DEMİRLER



Genel olarak dökme demirler; % 4'e kadar karbon ve %3.5'a kadar Silisyum içeren bir Fe-C-Si alaşımı olarak bilinir ve çok az süneklik gösterirler, dolayısı ile, şekillendirilemezler. Bununla beraber, kolayca ergitilebilir ve genellikle son boyutlarda imal edilen karmaşık şekillerde dökülebilirler. Bu alaşımlara uygulanan en iyi imalatın döküm olmasından dolayı dökme demirler olarak isimlendirilirler.



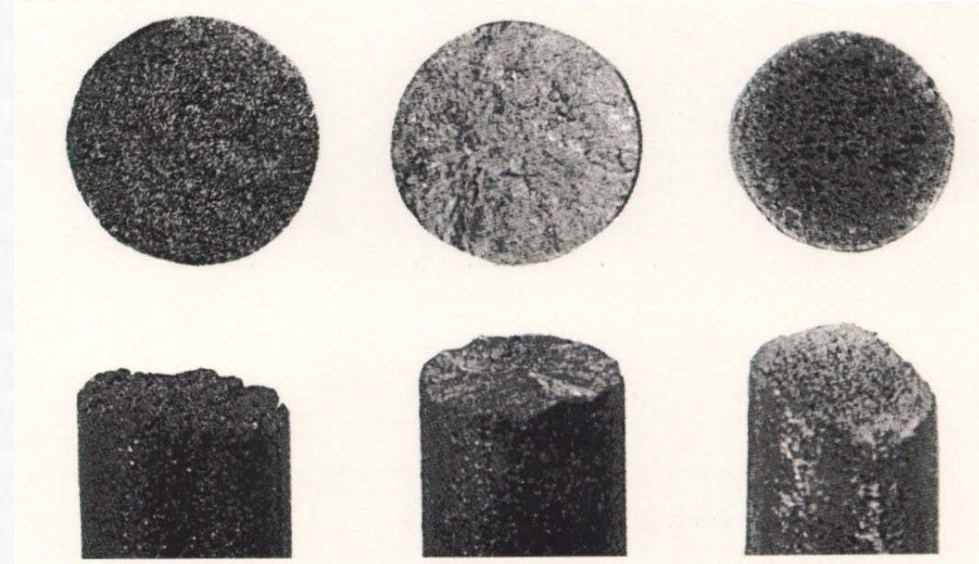
- Bilinen dökme demirler gevrek ve çeliklerden daha düşük mukavemet özellikleri göstermelerine rağmen, ucuzdurlar. Dökülebilirlikleri daha kolaydır. Bunların yanısıra, uygun alaşımlandırma, iyi döküm kontrolü ve uygun ısıl işlemlerle herhangi bir çeşit dökme demirin özelliklerini çok geniş bir aralıkta değiştirmek mümkündür. Tablo 1'de dökme demir türleri ile çelik döküm arasında çeşitli özelliklerin bir karşılaştırılması yapılmaktadır.



Döküm endüstrisinin bir çok özelliklerinden dolayı en büyük kapasitesi dökme demirlere aittir. Dökme demirler, gerek döküm ve gerekse mamul parça özellikleri bakımından birçok üstünlüklere sahiptirler. Bunların başlıcaları:

- a) Alçak ergime sıcaklığı (1150 - 1300°C),
- b) İyi akışkanlık (ötektik bileşimine yakınlık)
- c) Döküm ve kalıp şeklini alabilme kabiliyetinin üstünlüğü,
- d) Ergitme ve döküm işlemlerinin ucuzluğu,
- e) Kimyasal bileşim sınırlarının genişçe tutulabilmesi ve yakın özellikler elde edilebilmesi,
- f) Çeşitli kısımlardan ibaret bir iş parçasının tek bir işlemle elde edilebilmesi,
- g) Talaşlı imalat tekniğinde iyi işlenebilmesi,
- h) Titreşim söndürme özelliğinin çok iyi olması,
- ı) Basma mukavemetinin yüksek olması,
- i) Aşınma ve korozyona dayanıklılığı

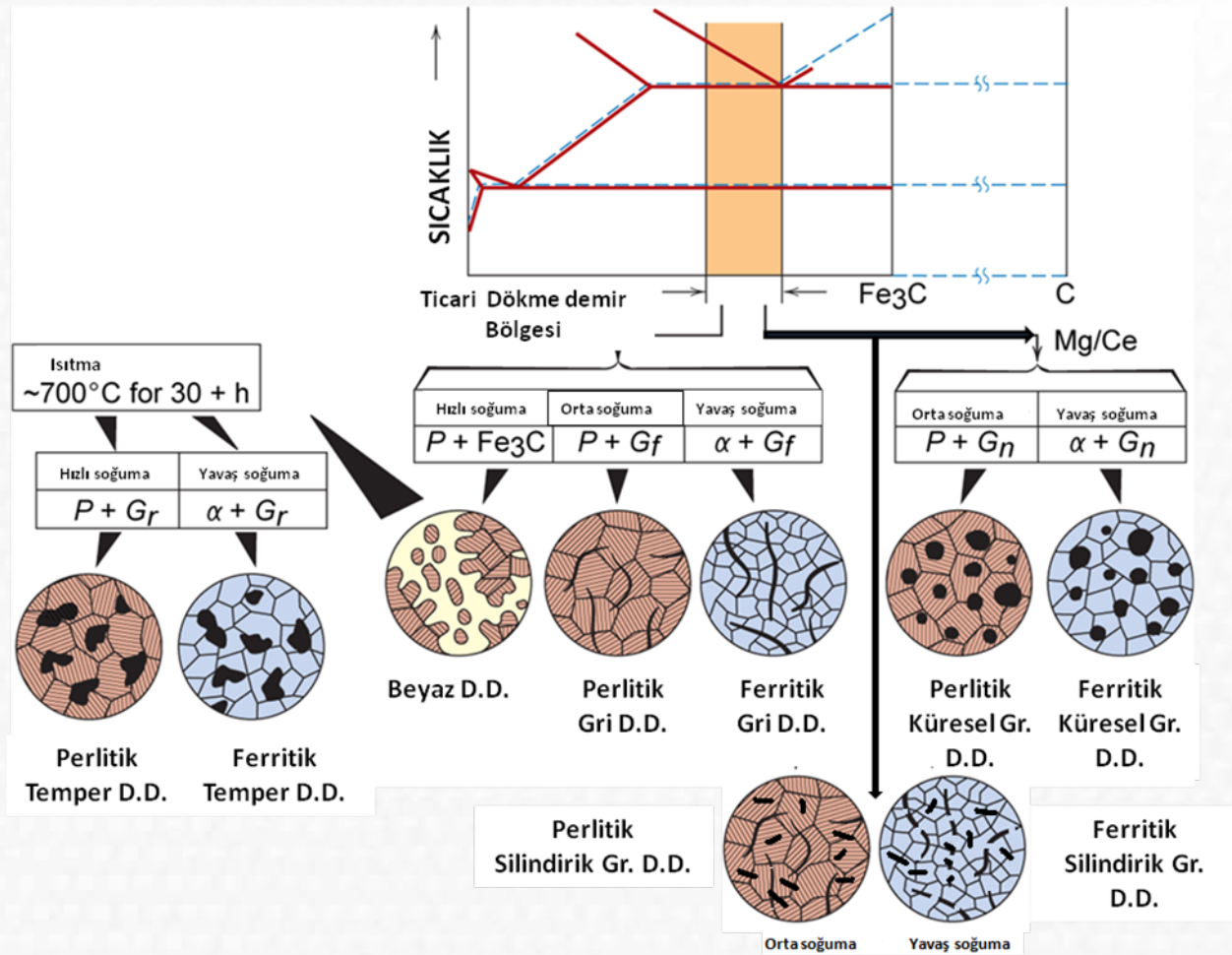
- Dökme demirlerin sınıflandırılmasında en başarılı yöntem, döküm mikroyapısına göre yapılan sınıflandırmadır. Demir dökümlerde mikroyapıyı kontrol eden başlıca dört faktör bulunmaktadır. Bunlar; karbon içeriği, alaşım elementi veya emprüte miktarı, katılma sırasında ve katılma sonrası soğuma hızı ile dökümden sonraki ısıl işlemlerdir. Bu değişkenler karbonun türünü ve morfolojisini de kontrol ederler. Karbon sementitle bileşik halde veya grafit ile serbest karbon olarak bulunabilir. Bu çerçeveden bakıldığında dökme demirler 5 sınıfta toplanabilirler.



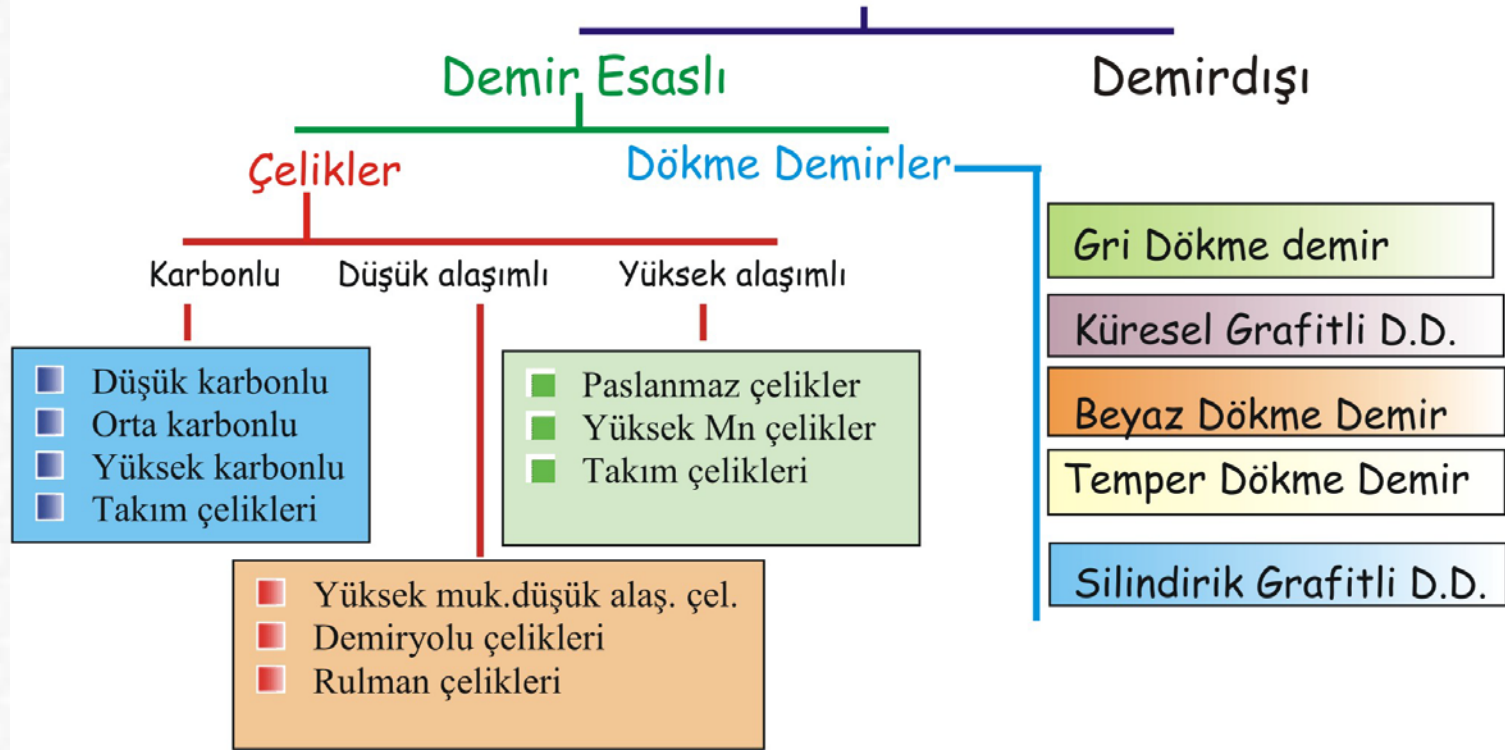
(a) Gri D.D.

(b) beyaz D.D.

(c) Temper D.D.

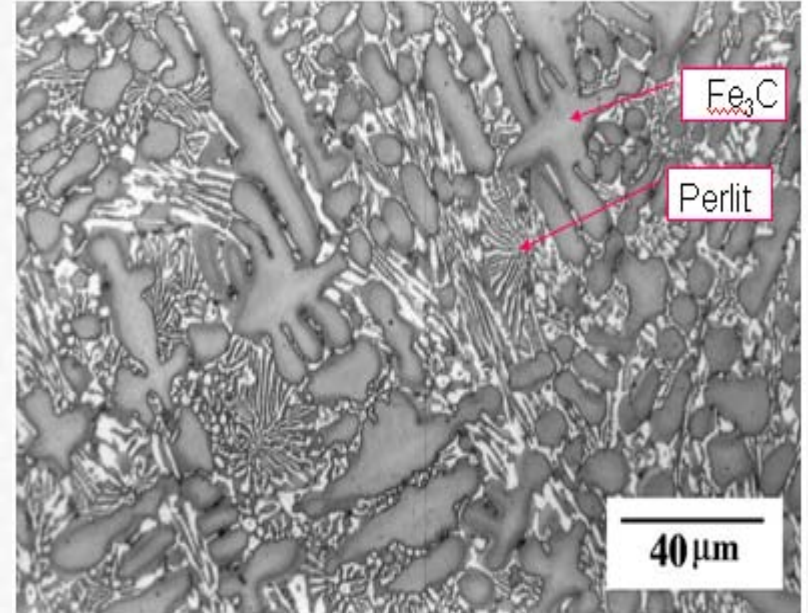


Metal Alaşımları



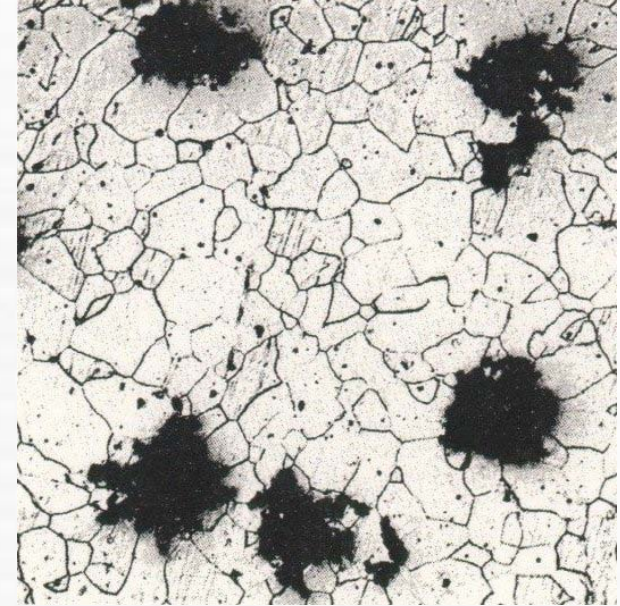
Beyaz dökme demir (BDD):

- Karbonun tamamı sementit ile bileşik haldedir. Katılaşma sıcaklığından hızlı soğuma ile elde edilirler ve bütün beyaz dökme demirler ötektikaltı alaşımlardır. Tipik mikroyapısı sementit (Fe_3C) ve perlitden meydana gelir. Sementit, sert ve gevrek bir bileşiktir. Beyaz dökme demirde önemli oranlarda bulunmasından dolayı bütün beyaz dökme demirler sert ve aşınmaya karşı dirençlidirler. Son derece gevrek ve işlenebilmesi zordur. Bu sebeple mühendislik uygulamalarında kullanımı sınırlıdır. Aşınma direncinin önemli olduğu ve süneklik istenmeyen uygulamalarda kullanılırlar.



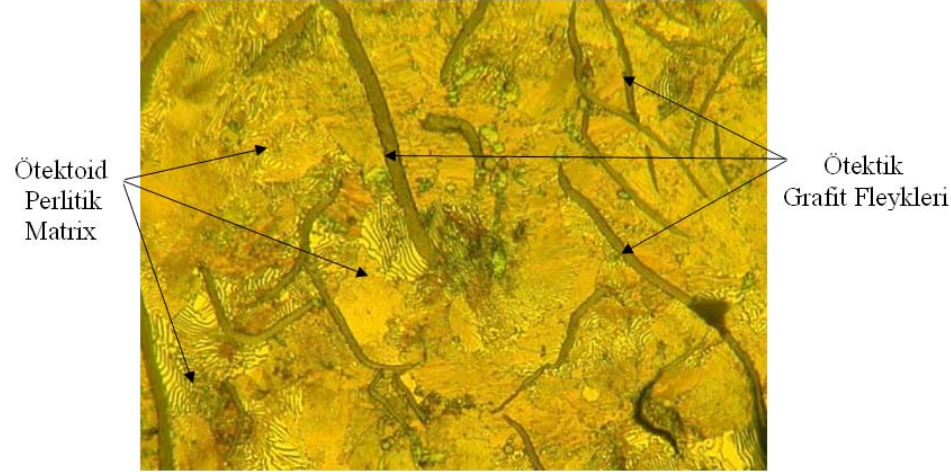
Temper Dökme Demir(TDD):

- Karbon içeriğinin önemli bir kısmı veya tamamı temper karbonu olarak bilinen düzensiz rozetler şeklindedir. Beyaz dökme demirin ısıtılması ile elde edilir. Beyaz dökme demir, uygun sıcaklıklara kadar ısıtılarak yapısında bulunan sementit ve perlit parçalanır. Böylece serbest kalan karbon çok yavaş soğuma hızı ile rozet şeklini alır ve temper karbonunu oluşturur. Temper dökme demirin iki türü vardır. (i) ferritik (ii) perlitik. Ticari uygulamada temper dökme demir denince akla ferritik temper dökme demir gelir. Ferritik temper dökme demirin de (i) beyaz temper döküm (ii) siyah temper döküm olmak üzere iki grupta toplandığı görülür. Beyaz temper döküm oksitleyici bir atmosferde Avrupa'da üretilir ve ferritik matrikste temper karbonu dağılmış haldedir. Siyah temper döküm ise, beyaz dökme demirin nötr bir ortamda tavlanması ile Amerika'da üretilir ve temper karbonunun oluşumu farklıdır.; kimyasal bileşim ve üretim yönteminden ötürü bir miktar bileşik karbon içerir. Perlitik temper dökümler de bileşik karbon içerirler, bu sebeple ferritik temper dökümlerden daha yüksek mukavemet ve süneklik gösterirler.



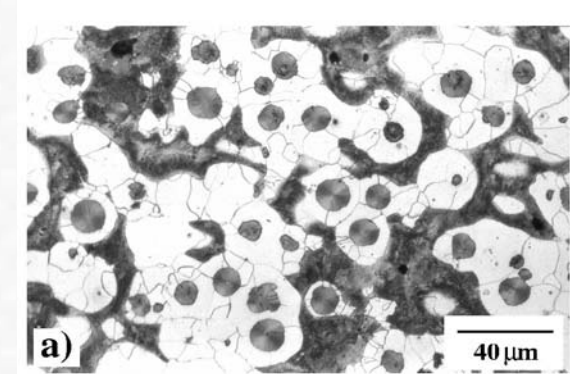
Gri Dökme Demir(GDD):

- En çok kullanılan dökme demir sınıfını oluşturur. Bileşimindeki karbonun büyük bir kısmı serbest grafit lamelleri halinde bulunur. Genellikle ötektik üstü demirlerdir ve % 2.5-4 arasında karbon içerirler. Gri dökme demirin mekanik özellikleri doğrudan doğruya döküm yapısına ve grafit morfolojisine bağlıdır. Grafit-ferrit karışımı bir mikroyapı en düşük mukavemetli gri dökme demiri verir. Karbon miktarının artmasıyla birlikte malzemenin mukavemet ve sertliğinde de artma görülür. Gri dökme demirler çok çeşitli özellikler göstermelerinden dolayı mühendislik alanında birçok uygulama sahası bulmuştur. En önemli özelliklerinden, titreşim söndürme kabiliyetinin olması, yüksek mukavemet göstermesi ve ucuz olmasıdır.



Küresel Grafitli Dökme Demir(KGDD):

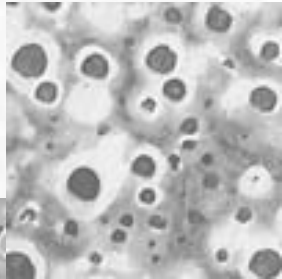
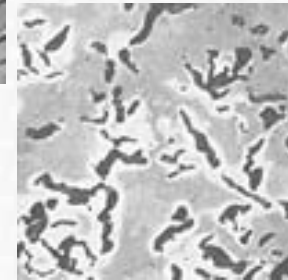
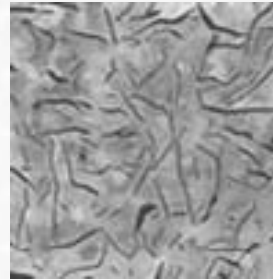
- Aynı zamanda nodüler, sfero ve düktil demir gibi isimlerle de anılan bu tür dökme demirlerde karbon, grafit küreleri halindedir. Karbonun lamelden küre haline geçişini sağlamak için ergimiş demir, döküm öncesinde aşılama işlemine tabi tutulur. Küreler katılma yoluyla sağlandığı için temper dökme demirden farklıdır. Ayrıca grafit şeklinin lamel yerine küre oluşu da, dökme demire süneklik ve mukavemet kazandırır. Çünkü gri dökme demirde grafitler lameller halinde ve keskin köşelidir. Malzeme herhangi bir gerilim yüklemesine maruz kaldığında grafit köşelerinde gerilim yüklemesi meydana gelir. Çatlak oluşumu önce bu bölgelerde başlar ve matriksde devamsızlık oluşturur. Küre şekilli grafitlerde bu tür bir olay meydana gelmediğinden, benzer yapıdaki gri dökme demirle mukayese edildiğinde küresel grafitli dökme demirler daha yüksek mukavemet ve tokluk gösterir.



Silindirik Grafitli Dökme Demir(SGDD):

- Silindirik grafitli dökme demirler gri dökme demirle küresel grafitli dökme demir arasında yer almaktadır. Çok çeşitli isimlerle anılır.
- Vermiküler GDD
- Kompakt (Compact)
- Lamelimsi DD
- Yüksek mukavemetli DD

Önceleri KGDD üretiminde başarısız bir üretim olarak kabul edilen bu dökme demirlerin özellikleri araştırıldığında Lamel grafitli dökme demirden üstün KGDD in mekanik sağlamlığına yaklaştığı görülmüştür. Bundan başka, Isı iletkenliği KGDD den üstü Lamel grafitli dökme demire yakın olduğu anlaşılmıştır.

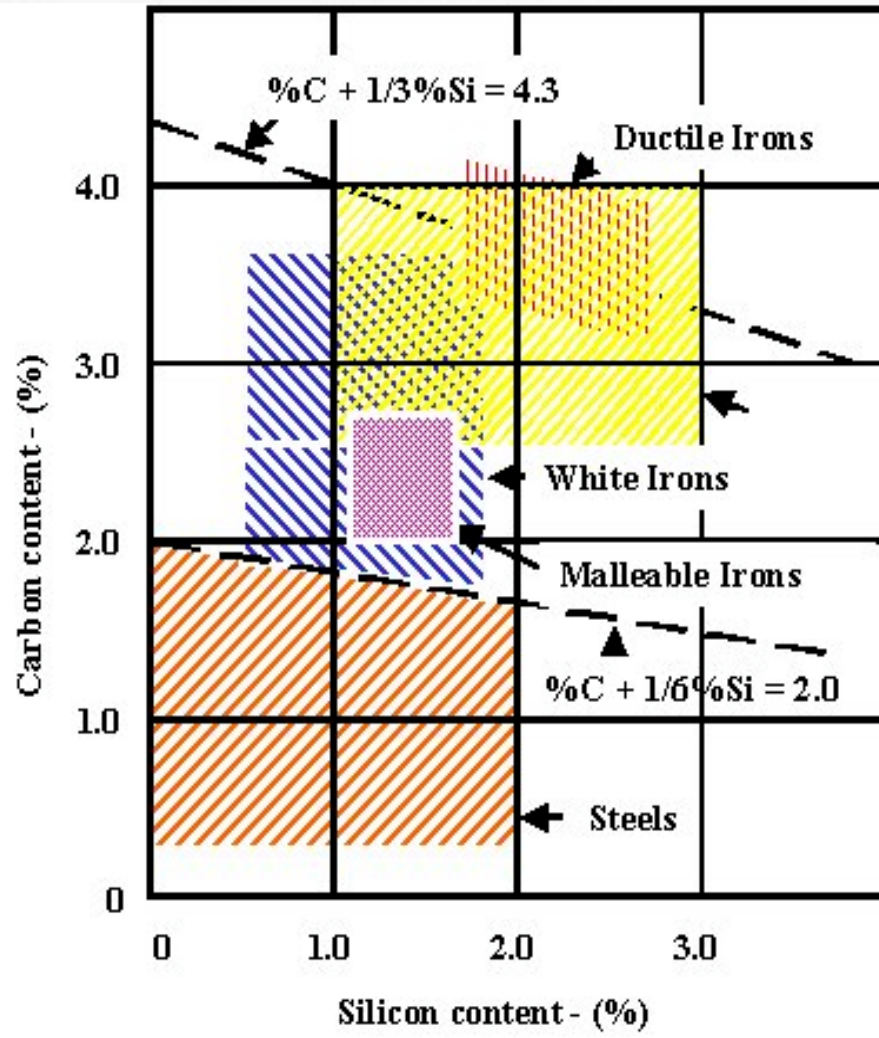


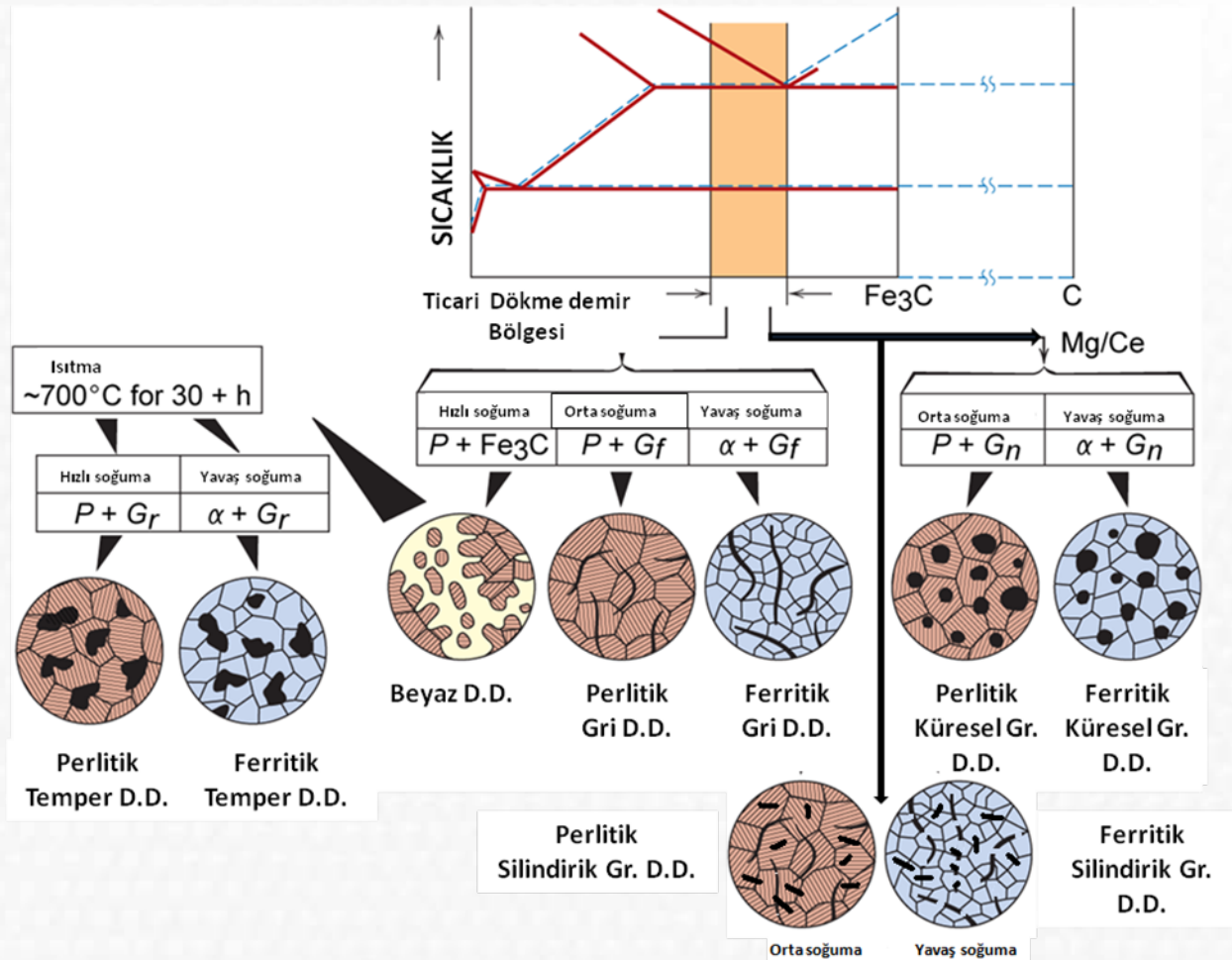
Tablo 1 : Dökme demir türleri ile çelik döküm arasındaki çeşitli özelliklerin karşılaştırılması[11].

Özellik	GDD	BDD	TDD	KGDD	Çelik Döküm
dökülebilirlik	1	3	2	1	4
İşlenebilirlik	1	-	2	2	3
güvenilirlik	5	4	3	1	2
titreşim söndürme kabiliyeti	1	4	2	2	4
yüzey sertleşebilirliği	1	-	1	1	3
elastisite modülü	3	-	2	1	1
darbe direnci	5	-	3	2	1
aşınma direnci	3	1	4	2	5
korozyon direnci	1	2	2	1	4
mukavemet/ağırlık oranı	5	-	4	1	3
üretim maliyeti	1	1	3	2	4

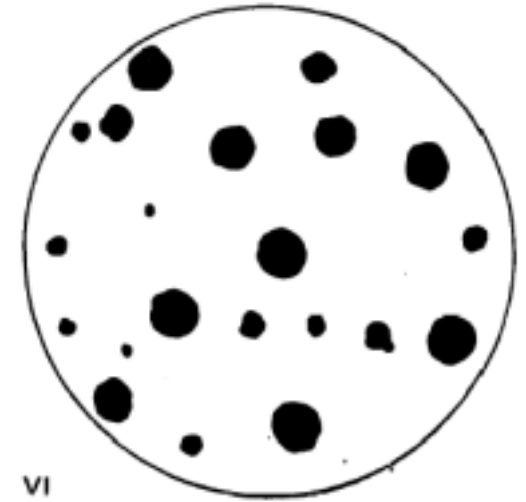
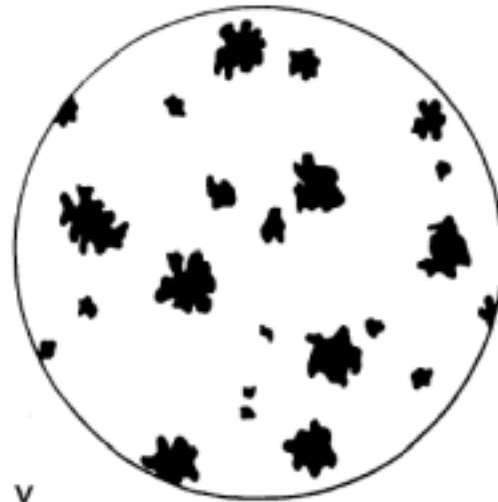
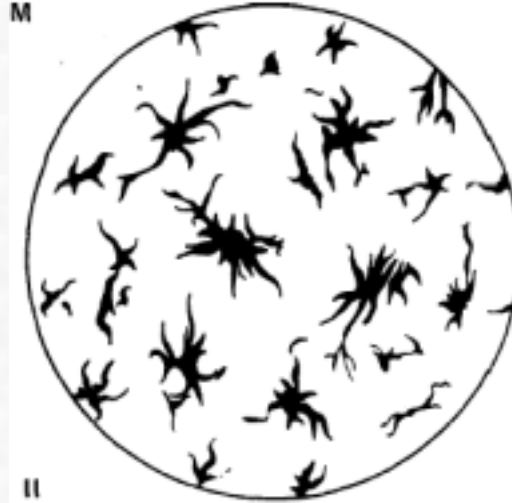
1= en iyi 5= en kötü

Tablo 2. Alaşimsız Dökme Demirlerin Bileşimi					
	Element (%)				
Dökme Demir	Karbon	Si	Mn	S	P
Beyaz	1.8-3.6	0.5-1.9	0.25-0.8	0.06-0.2	0.06-0.2
Temper	2.2-2.9	0.9-1.9	0.15-1.2	0.02-0.2	0.02-0.2
Gri	2.5-4.0	1.0-3.0	0.2-1.0	0.02-0.25	0.02-1.0
Küresel	3.0-4.0	1.8-2.8	0.1-1.0	0.01-0.03	0.01-0.1
Silindirik	2.5-4.0	1.0-3.0	0.2-1.0	0.01-0.03	0.01-0.1





DÖKME DEMİRLERDE GRAFİT OLUŞUMLARI



Soğuma hızının etkisi

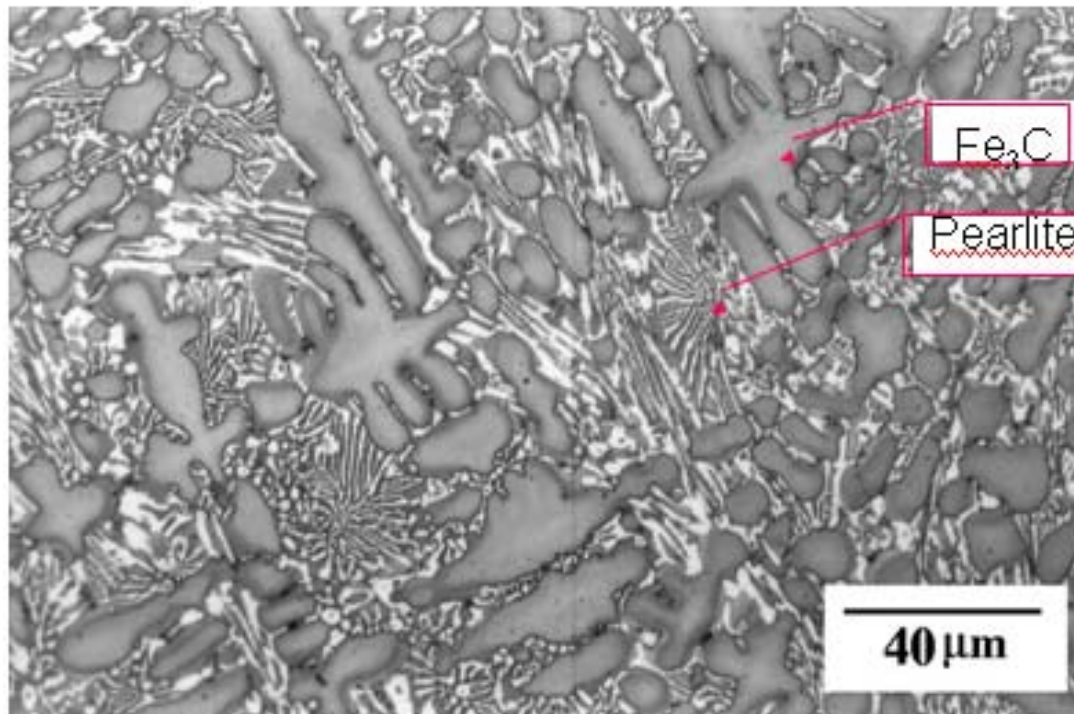
- Yavaş soğuma grafit oluşumuna ve düşük sertliğe yol açar
- Hızlı soğuma karbür oluşumuna yol açar ve yüksek sertlik oluşturur
- Kalın kesitler yavaş soğurken, ince kesitler hızlı soğur.
- Kum kalıpta soğuma daha yavaş olur, çil kullanımı ile soğuma hızı arttırılırken beyaz dökme demir oluşturulur.

Bileşimin Etkisi

Karbon Eşdeğeri $CE = C\% + \frac{Si + P}{3}$

- CE = 4.3 Ötektik bileşime yaklaştıkça ergime derecesi azalır, akışkanlık artar. Katılaştırmış dökme demirin çekme mukavemeti azalır.
- CE 4.3 üzerinde ise Hiperötektik (hypereutectic)
- CE 4.3 altında ise Hipoötektik(hypoeutectic)

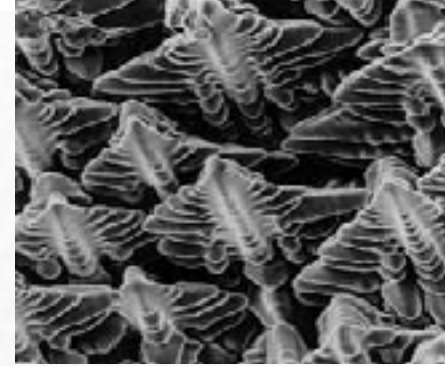
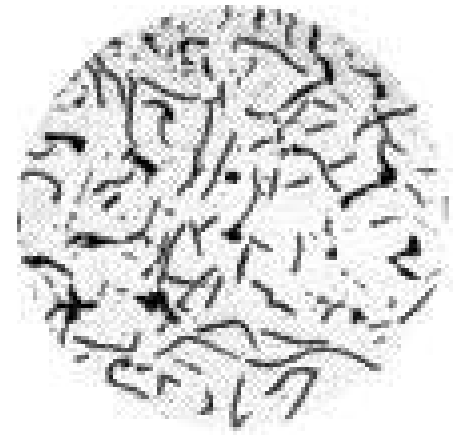
Beyaz Dökme Demir



16

Gri Dökme Demir

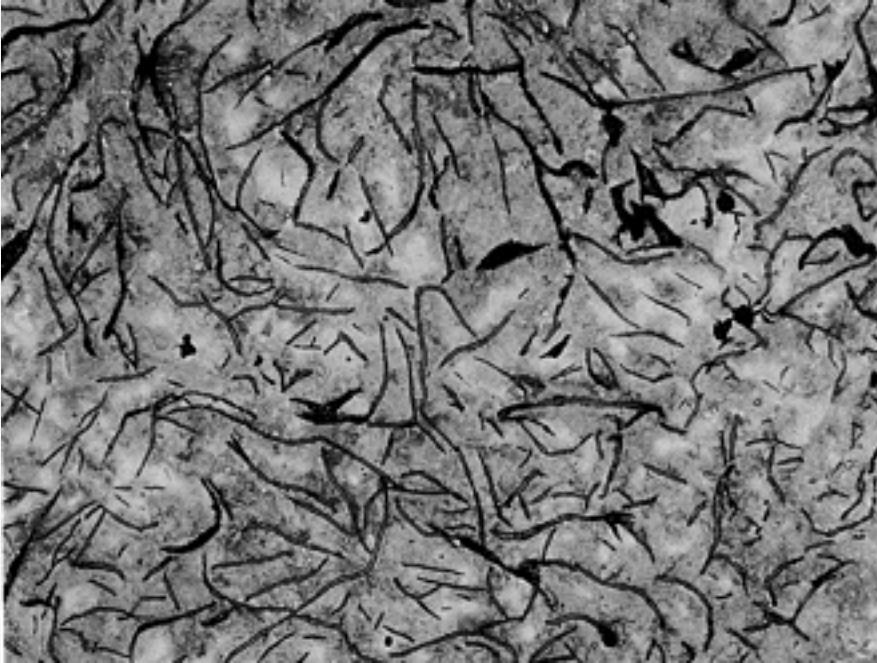
- Perlitik veya ferritik matrikste Flek grafitlerden oluşur
- Çok geniş uygulama alanı vardır.
- Düşük süneklik- %uzama 0.6
- Gri dökme demir oluşumu
 - Kalın kesitlerde Soğuma yavaşsa
 - Yüksek Si ve C varsa



Tipik Özellikleri

- Döküm şekli ve kesit kalınlığına bağlıdır
- ASTM A48 veya GG DIN normu, DDL TSE normu
- Düşük mukavemet, A48 Class 20, R_m 120 MPa
 - Yüksek karbon, 3.6 to 3.8%
 - Kış grafit (hiperötektik bileşim)
 - Düşük süneklik, Yüksek sönüm kapasitesi
- Yüksek Mukavemet, A48 Class 60, R_m 410 MPa
 - Düşük karbon, (ötektik bileşim)

Grafit Şekli



- Őniform (A TİPİ)
- Rozet
- AŞırı doymuŐ(Kish and normal)
- Interdendritic rasgele
- Interdendritic tercihli yönlenme

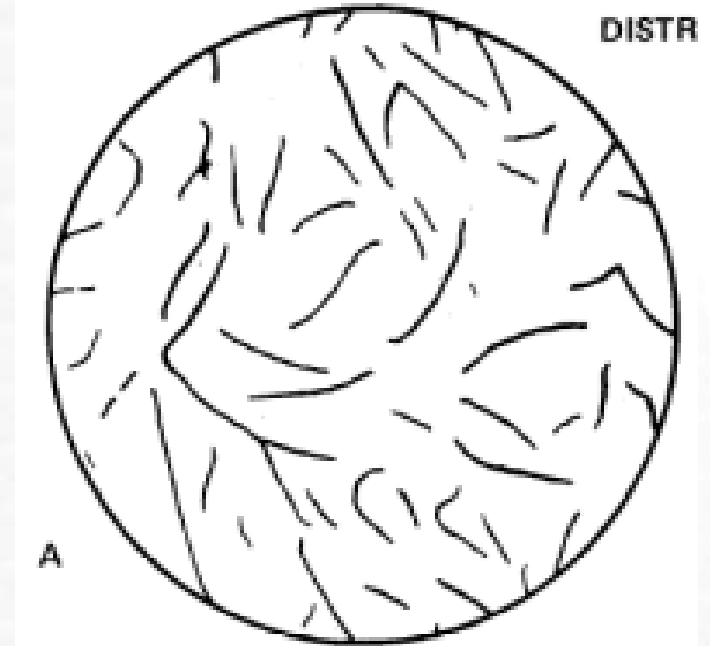
A Tipi Grafit Yapısı



- Oluşum nedenleri
- Düşük miktarlarda alt soğuma olması.
- Katılaşma süresinin uzun tutulması. Katılaşmanın çok uzun bir soğuma aralığında olması ve hatta teşvik edilmesi gerekir. Bu sayede grafit boyları ve kalınlıkları arttırılabilir.
- A-tipi grafitleşme, yalnız ötektik katılaşma aralığında gerçekleşebilir

- **Belirgin Özellikler:**

- Mikroyapıda belirgin özellikler; kalın ve uzun, levha yada yaprak şeklindeki grafitlerdir.
- A-tipi grafitler yapıya homojen olarak dağılmışlardır.
- Grafit grupları 1-4 arasında değişir. Bu boylar parça boyutlarına ve soğuma sürelerine bağlıdır.
- Elektrik ve ısı iletim özellikleri çok iyidir. (küresel ve vermiküler grafitli dökme demirlerle kıyaslandıklarında)
- Çekme ve basma özellikleri çeşitli müdahalelerle yükseltilebilir. (ilave element, ısı işleme)
- Lamel boyutları büyüdükçe malzeme yumuşaklık kazanır.
- İşlenebilme özellikleri çok iyidir. (hatta grafitin kendi kendini yağlama özelliği büyük bir avantaj sağlar.)



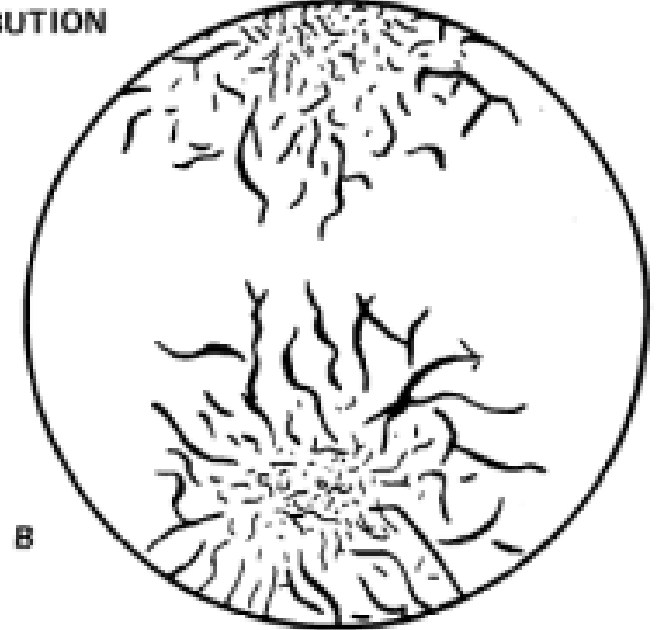
B Tipi Grafit yapısı

- Oluşum nedenleri:
- Hızlı soğuma en belirgin faktörüdür.
- Verimsiz aşılama. Bu yüzden yeterli çekirdeklenme sağlanamaz.
- Döküm parça faktörü. Özellikle kalın parçaların ince kesitlerinde B-tipi grafitlere sıkça rastlanır
- Alaşım elementlerinin bazı ilaveleri Özellikle toprak alkali metaller (Ce gibi) veya yapı bileşenlerinden fosfor (P) gibi, B-tipi oluşumu teşvik eder.

Belirgin Özellikler:

- B-tipi, grafit yumakları (rozetleri) şeklinde birikim gösteren bir grafit şeklidir.
- Yüzeyden yapı içersine doğru, normalde A-tipi hedeflenmişse, yukarıdaki etmenlere bağlı olarak ve dağınık olarak B-tipi grafitlere rastlanır.
- Bilinçli olarak üretimleri söz konusu değildir
- A-tipi grafit yapısına ve miktarına bağlı olarak mekanik özellikleri gösterirler.
- Yapıya düşük mukavemet ve aşınma direnci verirler.
- Homojen bir dağılımları olmadığı için, mekanik özellikleri yer yer bozarlar.
- Özellikle iyi aşılınmaları gerekir.

BUTTON



C Tipi Grafit yapısı

- Oluşum nedenleri :
- Ötektik üstü katılan malzemelerdir.
- Alt soğuma faktörü (undercooling) C-tipi grafit oluşumu şunlardan etkilenir.
- Oluşan çekirdek sayısı (çok olmalı)
- Kristalleşme hızı (düşük olmalı)
- Büyüme hızı (yüksek olmalı)
- Malzemenin soğuma hızı (yüksek olmalı)
- Katılma süresi : alt soğuma katılma başlarken geçen çok kısa bir zaman aralığında gerçekleşmektedir.
- Bazı alaşım elementlerinin ilavelerinde (Cr,Mn, gibi) C-tipi grafitler oluşturur.

- Belirgin özellikler:
- Tipik görünüşleri kiş adı verilen kalın grafit yaprakları şeklindedir.
- Kiş-grafitler yardımı ile ısı geçirgenliği artar. Bu olay malzemenin ısı-şoklara dayanımını kuvvetlendirir.
- elastik modülü azalır.
- Çok iri kiş grafitler çekme ve darbe dayanımını düşürür.
- İşlenmiş yüzeylerde görünüm bozukluklarına rastlanır.



Tercih edildiği dökümler:

Pik ingotlar (çelik kütük kalıpları) ile Bazı kokil kalıpları.

D Tipi Grafit yapısı

- Oluşum nedenleri :
- Yüksek alt soğumanın neden olduğu grafit hücrelerinin hızlı büyümesi .
- Yapı genellikle ferritik olur.
- Yeterli çekirdeklenmenin sağlanamaması
- Düşük S miktarları (%0.05'in altı)
- Döküm parçasının ince kesitlerinde D-tipi teşvik edilir. Bu soğuma faktöründe bir fonksiyonudur ve engellenemez.
- Bazı alaşım elementlerinin (Ti,Al gibi) ilaveleri (özellikle karbür ve perlit teşvik ediciler).
- D-tipi grafit oluşumu ötektik-altı katılaşma ile sağlanır.

- Belirgin özellikler.
- Küçük ve düzenli olarak dizilmiş yapraksı grafitlerden oluşurlar
- Malzemenin ince kesitlerinde ve kısmen de yapıda , 'çil' denen demir-karbürlere rastlanır.
- İşlenebilirlikleri parça et kalınlığına bağlıdır.
- A-tiplerine oranla elastik modülleri daha iyidir

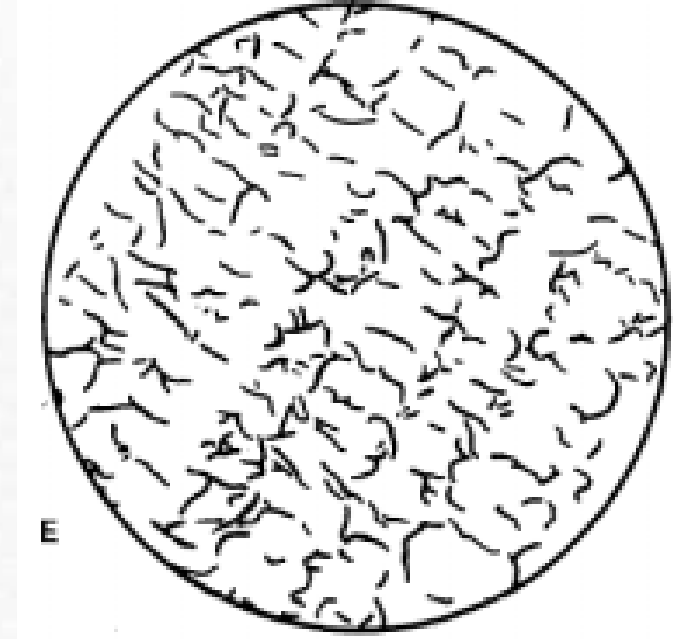


Tercih edildiği dökümler.
Cam kalıpları
Kokil dökümler

E Tipi Grafit yapısı

- Oluşum nedenleri :,
- E-tipi grafitler dendritler arası bir yapı arzederler.
- Düşük S miktarları söz konusudur.
- Döküm sıcaklıklarının çok yüksek olması (1500 derecenin üstü)
- Hızlı soğuma faktörü parçanın et kalınlığı az olan kısımlarında etkilidir.
- E-tipi grafit oluşumu ötektik-altı katılaşma ile sağlanabilir.
- Düşük CE değerleri de E tipni teşvik eder.
- Alaşım elementlerinin bazı ilaveleri (Y, Cr,Ni, gibi)
- Bazı E tipi grafit yapısı tesadüfen veya kısmen gözlenebilir.

- Belirgin özellikler :
- Matriks yapının genellikle perlitik olması söz konusudur.
- Sertlik çekme ve basma mukavemetleri nispeten yüksektir.
- İşlenebilirlikleri, parça et kalınlığına doğrudan bağlıdır.



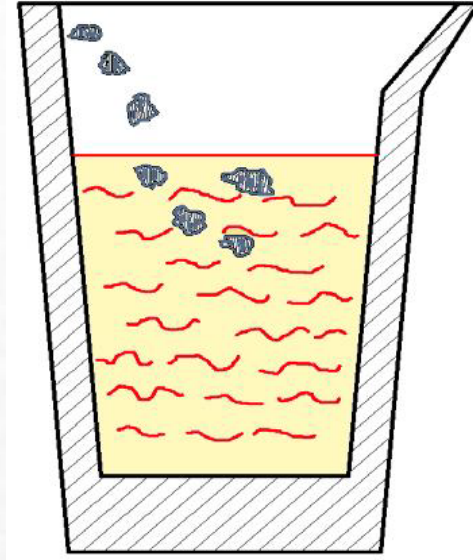
Tercih edildiği dökümler:
Uygulama alanı pek yoktur.

Aşırı Isınma

- Gri dökme demirlerde aşırı ısınma
- Sıvı metalin 1510 °C üzerindeki sıcaklıklara ısıtılmasıdır. Aşırı ısınma katılaşma sırasında Aşırı Soğuma şansını arttırır. Grafit lamel boyutları küçülür ve aşırı ısıtma sonucu **D** ve **E** Tipi grafit yapıları oluşur. Eğer uygun şekilde aşılalmazsa ince kesitlerde beyaz veya benekli dökme demir şansı artar.

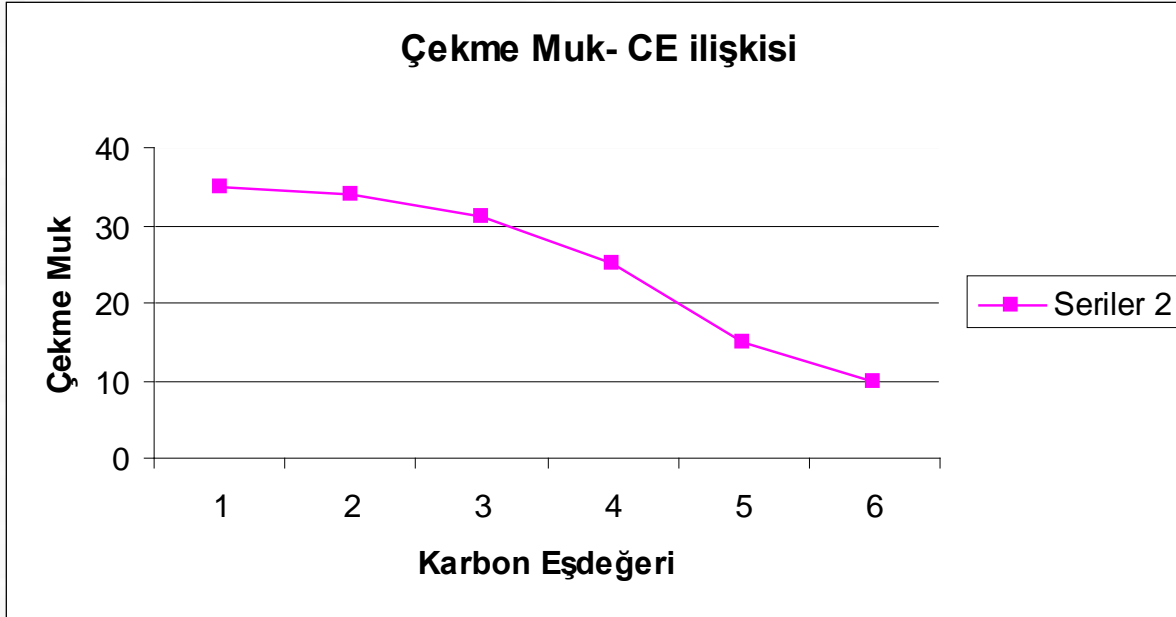
Aşılama

Aşılama; sıvı metale, bileşimde önemli değişim meydana getirmeyecek şekilde yapılan ilavedir. Sıvı dökme demirin aşılamaıyla grafit tipinde önemli değişim sağlanabilir. Mesela ferrosilisyum %0.05 oranında ilave edilirse A tipi grafit yapısı elde edilir. Aşırı soğuma da aşılama ile önlenabilir.



GRİ DÖKME DEMİRLERDE KARBON EŞDEĞERİNİN (CE) ETKİSİ

- $CE = \%C + 1/3 (Si+P)$
- Karbon miktarının artması, mikroyapıdaki grafit lamellerinin miktarını arttırır. Grafit lamellerindeki artış mukavemet ve diğer birçok özellikleri etkileyen başlıca faktördür.
- Genellikle perlitik mikroyapı tercih edilir. Tamamen perlitik bir yapı elde etmek için silis oranının düşük, mangan oranının yüksek olması gerekir. Ayrıca Arsenik, Bakır, Krom ve Nikel gibi elementler perlitik yapının kararlı kalmasına yardımcı olur.

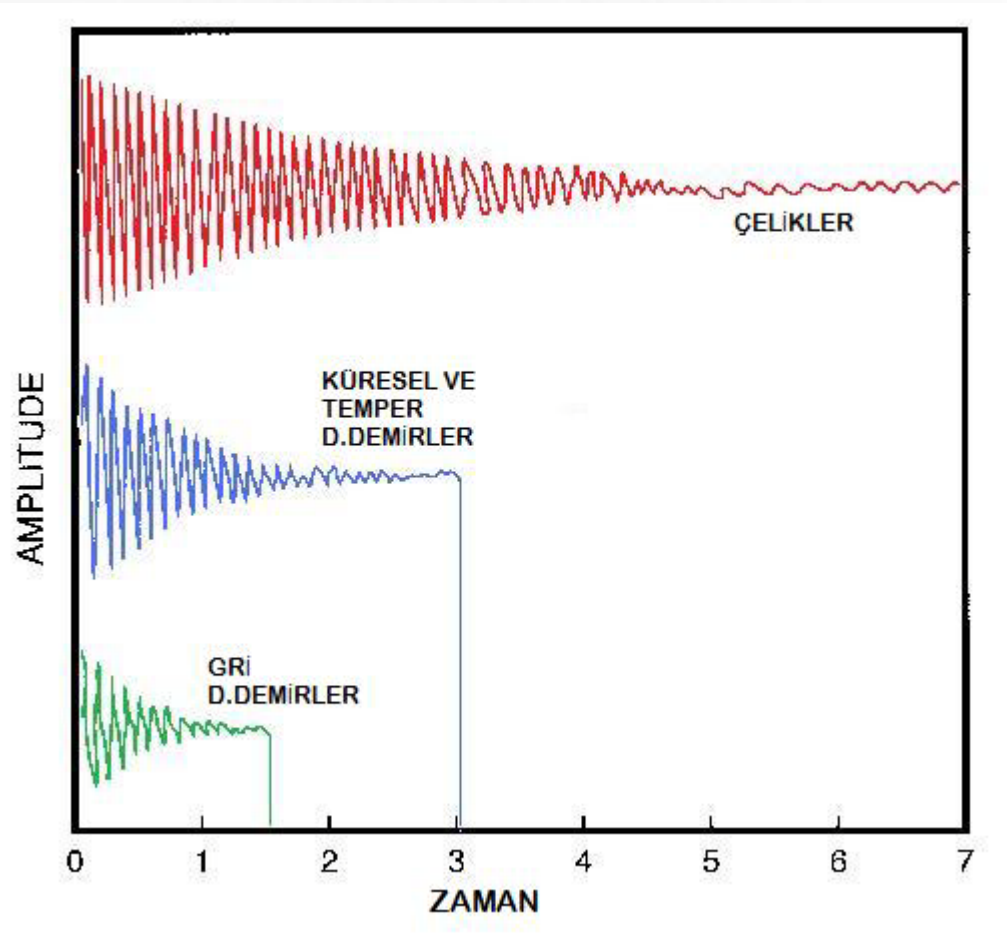


Gri dökme demirlerin özellikleri

- İşlenebilirlik çok iyi
- Düşük süneklik (0.6%), düşük darbe direnci
- Sönüm kapasitesi yüksek
- Termal iletkenlik yüksek
- Aşınma özellikleri iyi

Gri Dökme Demirlerin Mekanik Özellikleri

Casting Grade SAE J431		ASTM A48M	Carbon İçeriği (%)	Minimum Çekme Muk. (MPa)	Brinell sertliği (BHN)
Current	Previous				
G7	G1800	20	3.50 - 3.70	124	163 – 223
G9	G2500	25	3.45 - 3.65	170	170 – 229
G10	G3000	30	3.35 - 3.60	198	187 – 241
G11	G3500	35	3.30 - 3.55	217	207 – 255
G12	G4000	40	3.25 - 3.50	272	217 – 259
G13	G4000	40	3.15 - 3.40	268	217 – 259

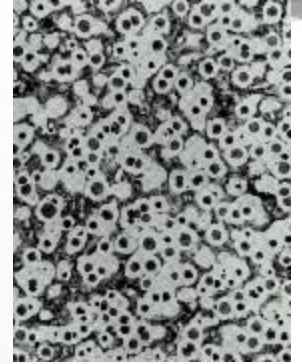


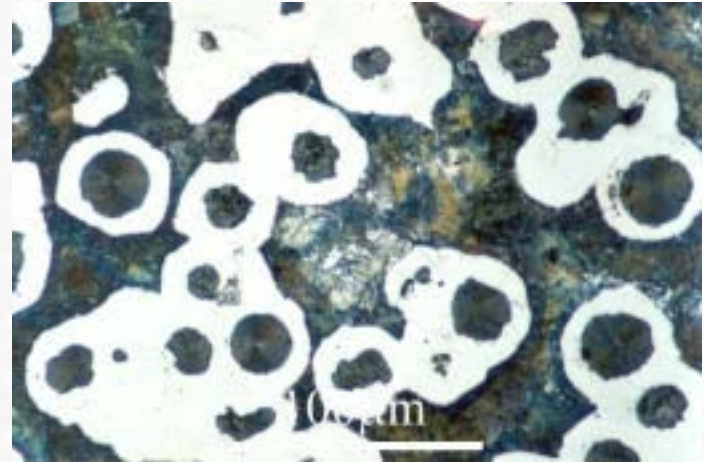
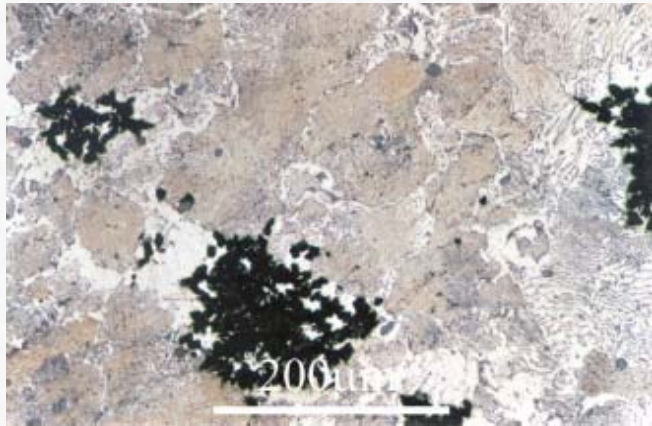
Uygulamaları

- Motor blokları
- Fren pabuçları
- fittings (AS2544)
- Makina gövdeleri
- Fırın parçaları, ingot veya cam kalıpları

Küresel Grafitli Dökme Demir

- Ce veya Mg ile gri dökme demirin aşılınması sonucunda grafit yapısı lamelden küre şeklini alır.
- Sfero, nodüler, düktil demir olarak bilinir
- Gri dökme demirden daha iyi sünekliği vardır
- DIN normunda GGG TSE standardında DDK





- Endüstride ihtiyaç duyduğumuz , iyi özelliklere sahip olan küresel grafitli dökme demirler , çelik dökümden daha ekonomik ve diğer dökme demirlere göre daha yüksek mukavemetlidir. Küresel grafitli dökme demirler , lamel grafitlerinin küreleştirilmesiyle elde edilir. Bu işlem için sıvı metale belli oranlarda ve yöntemlerle Mg ve Ce ilave edilir. Geliştirilen bazı Mg esaslı alaşımlar da ihtiyacı karşılamaktadır. Ancak küreleştirmenin başarılı olması için , ham malzemenin kükürt miktarı %0,02 civarına düşürülmesi gerekir. Küresel grafitli dökme demirler , bu önemli özellikleri nedeniyle otomotiv sanayinde en çok kullanılan dökme demir çeşididir.

- 1948 yılında dünyada kullanımı başlanan küresel grafitli dökme demirler , bundan yaklaşık 20 yıl sonra ülkemizde üretilmiştir. 1970'den itibaren üretimi artan küresel grafitli dökme demirler , mühendislik açısından çeliğin birçok avantajını ve dökme demirlerin ekonomik talaşlı işlenebilme özelliğini biraraya getirmektedir. Bu üstün özellikleri sayesinde , kır dökme demir , temper dökme demir ve çelik döküm yerine kullanılır. Yüksek mukavemet ve iyi aşınma direnci istenilen birçok yerde geniş kullanım alanına sahiptir.

**KÜRESEL GRAFİTLİ
DÖKME DEMİR
ÇEŞİTLERİ**

ÖZELLİKLER

PARÇA ADI

Amerikan TS
60-45-15 38

*Ferritik yapılı ,
*minimum tokluk ,
*iyi işlenebilme ,
*kaynak edilebilir

valfler , silindir gömleği , pompa
gövdesi ve darbe dayanıklı
parçalar

80-60-03 50

*Perlitik yapılı ,
*tokluk ve işlenebilme özelliği iyi ,
*alevle veya indüksiyonla sertleştirilebilir ,
*metalik kalıplara dökülerek aşınmaya
karşı dayanıklı parçalar elde edilir

Dişliler , kamlar , yatak gövdeleri ,
pistonlar ve krank milleri

100-70-03 70

Perlitik yapıda olan bu malzemeler
normalizasyon ve temperleme veya
alaşımlandırma ile yapılır.
Sertleştirilebilme , tokluk ve aşınma
direnci gösterirler.

Dişliler , krank milleri , akslar ,
kamalar , tekerlek göbekleri ,
bilezikler , volanlar , egzost
manifoldları , traktör ve diğer ziraat
aletleri

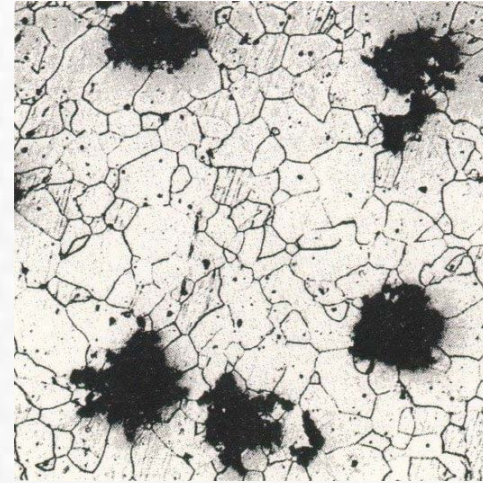
120-90-02

Su verilerek sertleştirilir ve temperlenir.
Kalın parçalarda Ni ve Mo alaşımları ilave
edilir.

Pinyon dişlileri , kamlar , dişli takım
ve kolları , pompa silindir
gömlekleri , dişli kutuları , poryalar
, ön tekerlek çatalları , pedallar ,
traktör sevk ve iade mekanizmaları

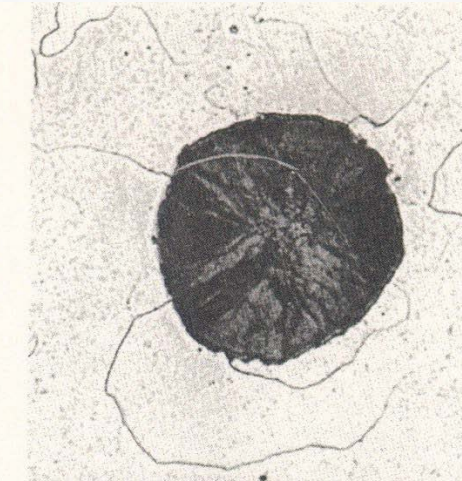
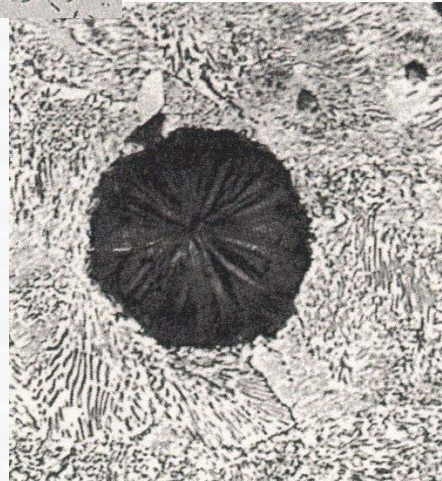


Gri Dökme
Demir
1000x



Temper
D.D.
500x

KGDD 500x



(a) ferritik (b) perlitik matrix