

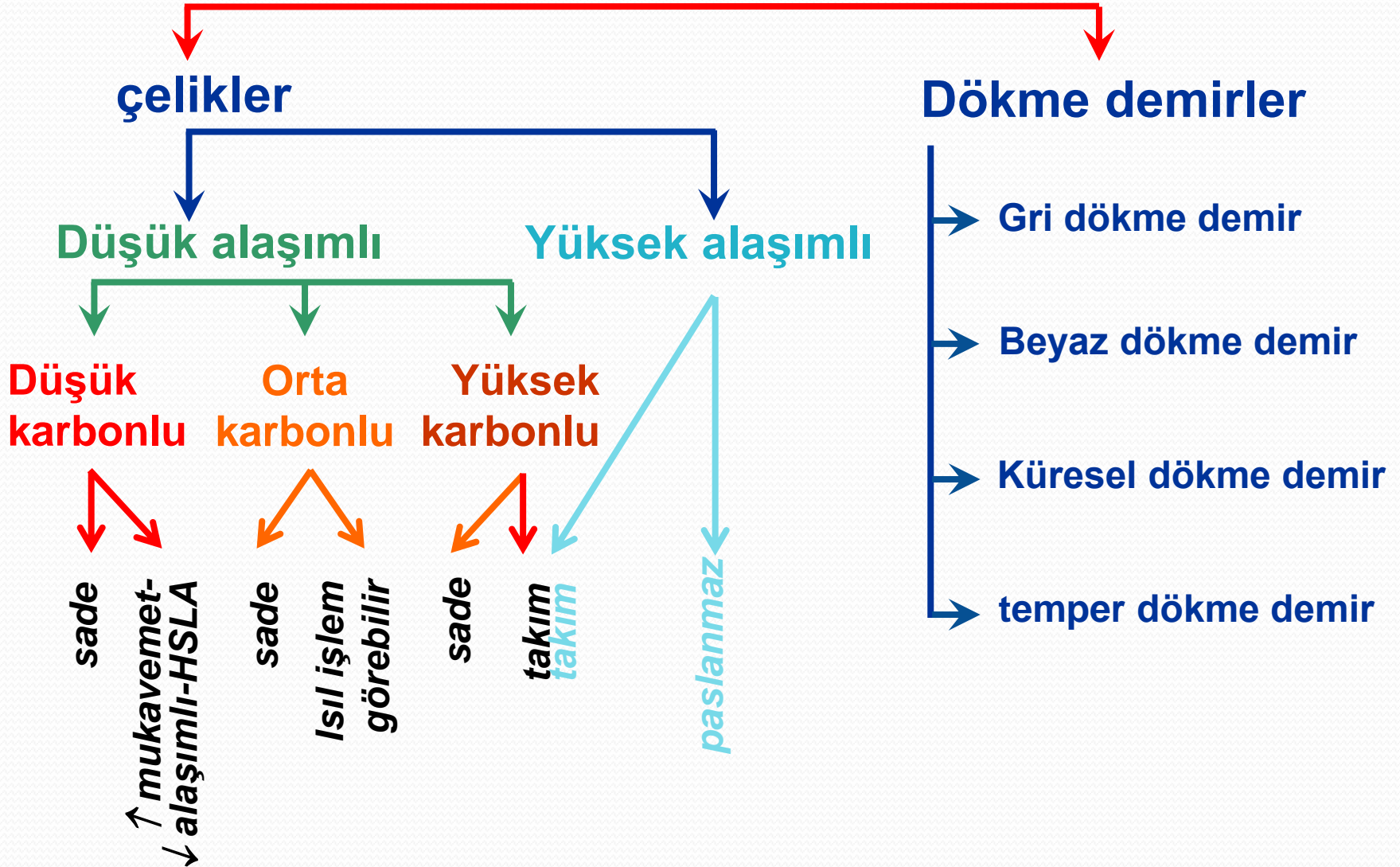
metalik malzemeler

22.10.2015

plan

- 22.10 Dökme demirler
alüminyum alaşımları
- 29.10 tatil
- 5.11 ?
- 11.11 ara sınav
- 19.11 alüminyum
- 26.11 alüminyum

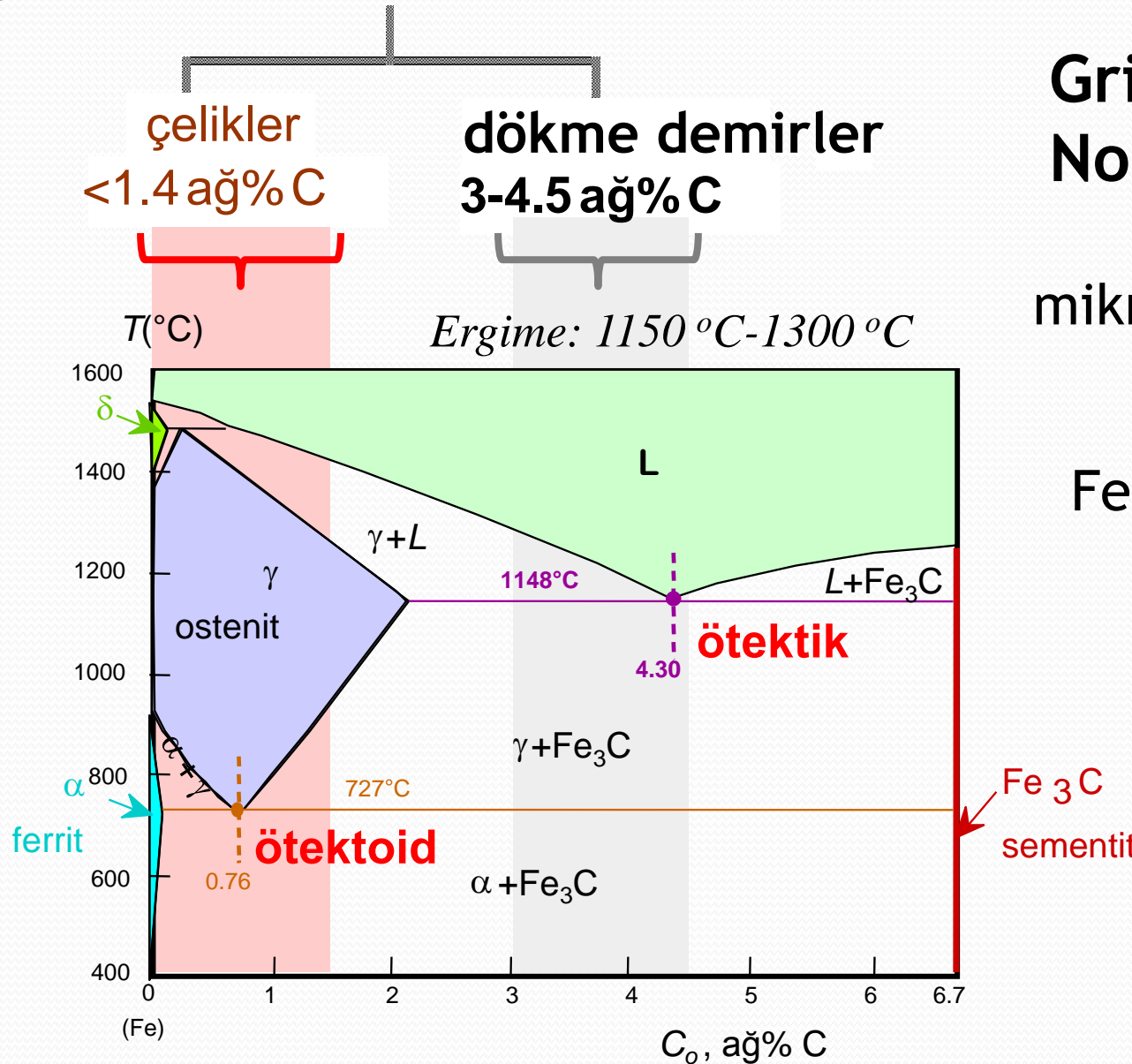
Demir esaslı malzemeler



Dökme demirler



Demir esaslı malzemeler



Gri / beyaz /
Nodüler / temper

mikroyapı: ferrit
grafit
sementit



$\text{Si} > 1\%$

Katılaşmada
yavaş soğuma



(grafit)

Dökme demirler

Dökme demirlerin çeliklerden farkı karbon (%C) miktarıdır.

En az %2 karbon ile birlikte diğer alaşım elementlerini içeren demir esaslı alaşımlardır.

Soğuk veya sıcak deformasyonla şekil verilemez, istisnasız olarak **döküm halinde** kullanılırlar.

Dökme demirler çeliklerle birlikte tüm metalik malzemeler arasında en çok üretilen, kullanılan ve en ucuz malzemelerdir.

kısa tarihçe

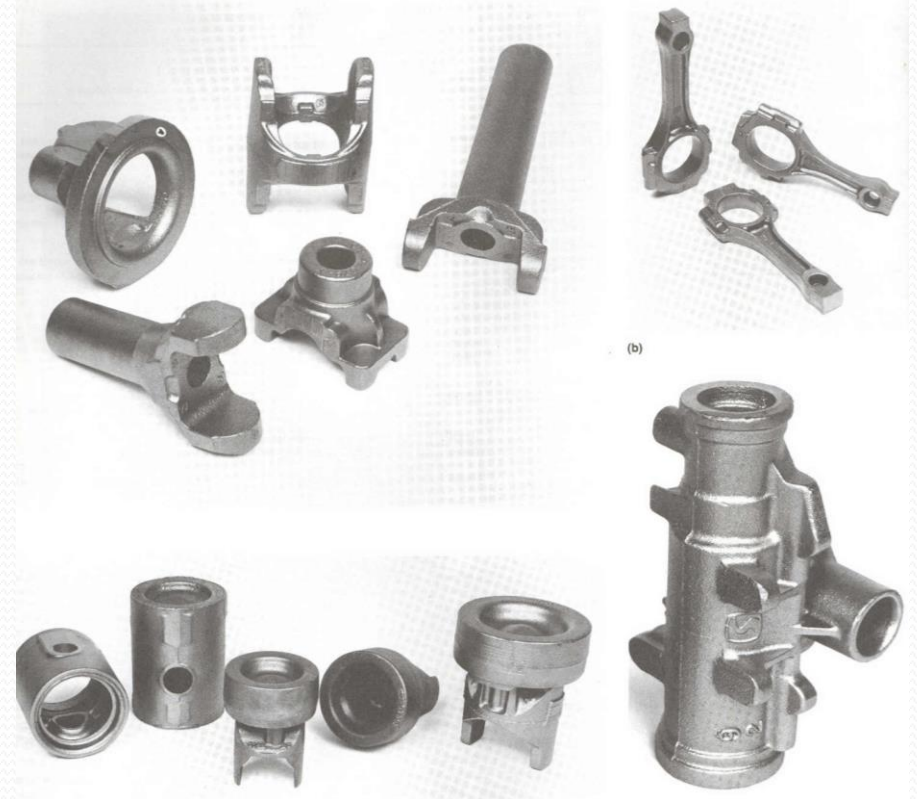
- Dökme demirler ilk kez Çin'de MÖ 700-800 yıllarında kullanılmıştır.
- Bu tarihe kadar fırınlar yeterince yüksek sıcaklıklara çıkamıyordu.
- Dökme demirler basit aletlerde olduğu kadar, kritik uygulamalarda da (örnek: MS 56 yılında inşa edilen bir asma köprünün inşaatında) kullanılmaya başlandı.
- Ancak, dökme demirler MS 14. yüzyıla kadar büyük miktarlarda üretilmedi.

Dökme demirlerin kısa tarihçesi

- MS 1325 yılında ocağın içine daha etkili hava üflemek için yeni körükler geliştirilmiş ve böylece ocak içindeki sıcaklıkların yükselmesi sağlanmıştır.
- Dökme demir üretiminde kok ilk kez Darby isimli bir İngiliz'in keşfi ile 1730'da kullanılmıştır.
kok, kömürden daha yüksek verimle kullanılabilmiş ve böylece dökme demir üretim süreleri kısalmış, maliyetleri düşmüştür.
- 1810'da, İsveçli Kimyager Bergelius ve Alman fizikçi Stromeyer fırına pik demir ve hurdanın yanısıra silis ilavesi ile daha mukavemetli dökme demir üretilebileceğini keşfetmiştir.

Dökme demirlerin kısa tarihçesi

- 1885'te Turner beyaz dökme demire **ferrosilis** ilave ederek **daha mukavemetli gri dökme demir** üretmiştir.
- 20. yüzyılda dökme demirler çeşitli boru imalatı ve sürekli titreşim altında çalışan bazı makine ve inşaat yapısal uygulamalarında tercih edilmiştir.



Dökme demirler

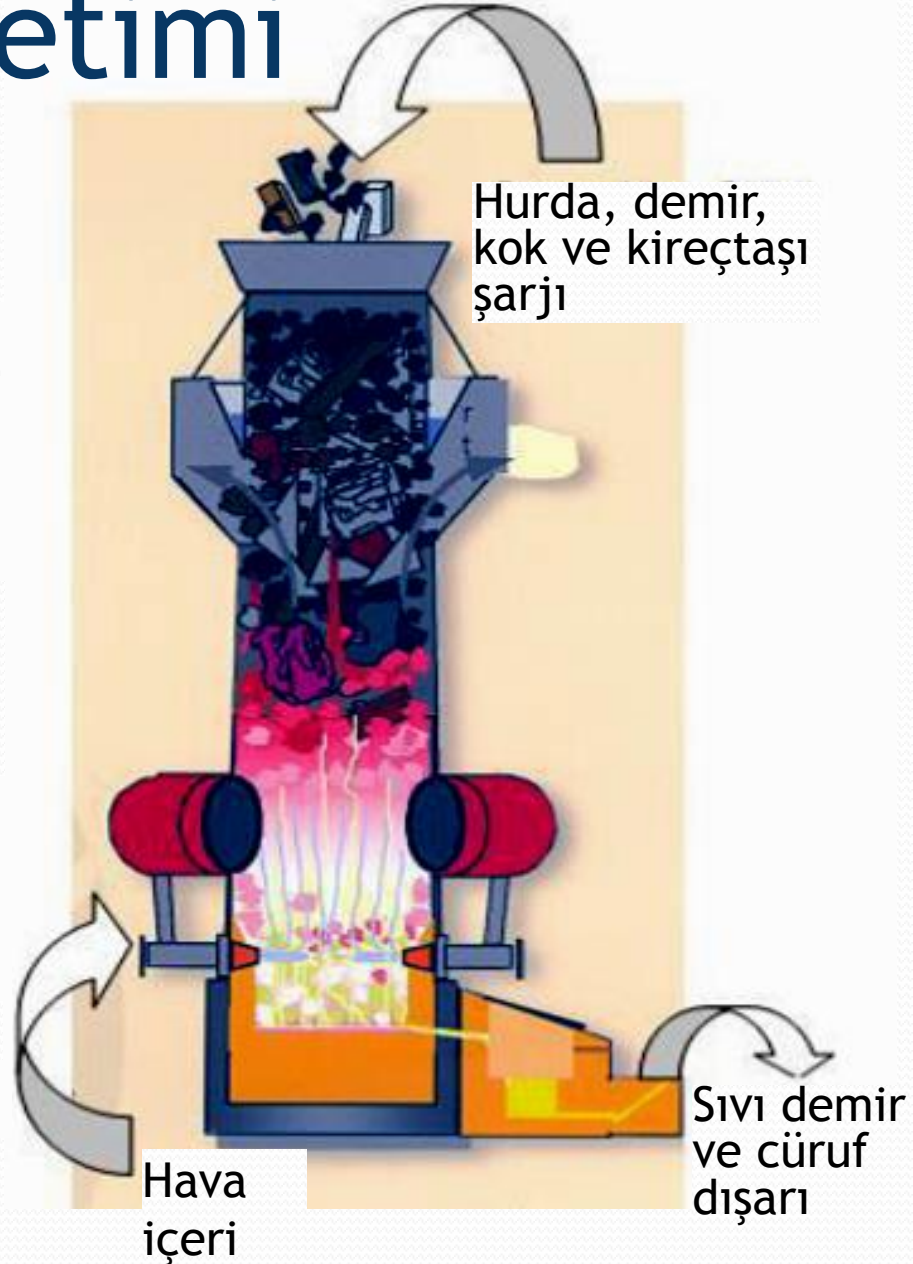
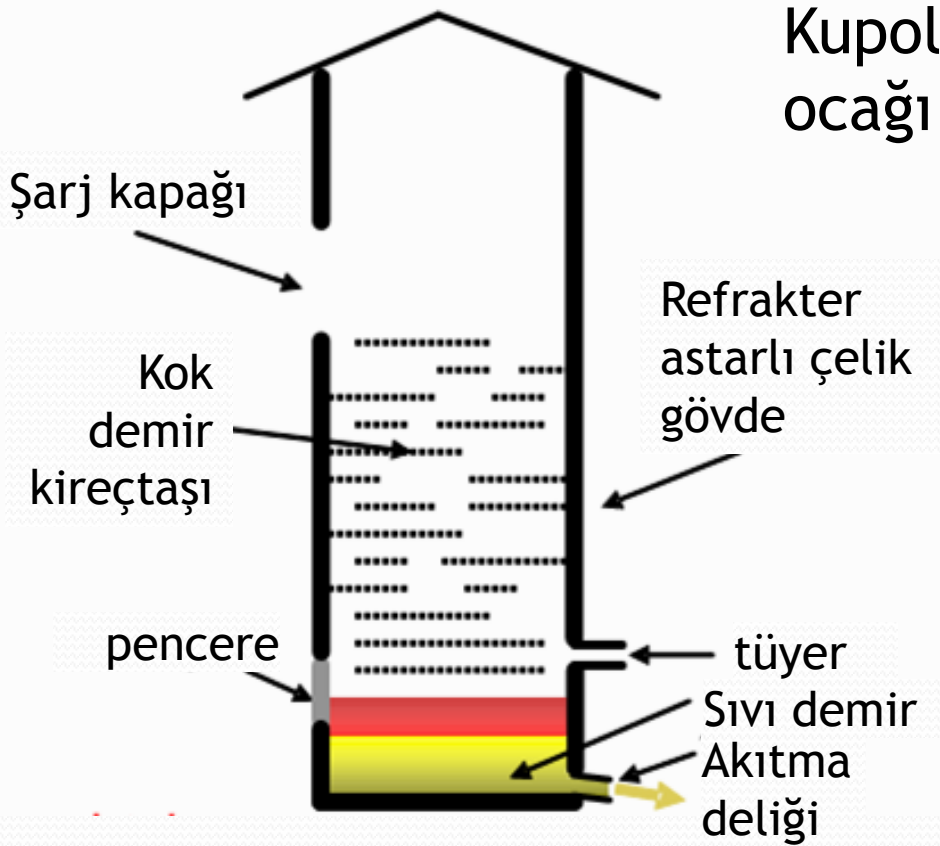
- Dökme demirlerde başlıca alaşım elementleri **karbon ve silisyumdur.**
- Teorik olarak $> \text{ağ\% } 2.14$ karbon; pratikte $\text{ağ\% } 3.0-4.5$ karbon
- Aynı zamanda $\text{ağ\% } 1-3$ kadar silis
- Bu anlamda teknik olarak dökme alaşımlar Fe-C-Si üçlü alaşımları olmakla birlikte, katılaşma süreci çoğunlukla Fe-C ikili faz diyagramı üzerinden takip edilir.

Dökme demirler

- 1150 °C-1300 °C aralığında sıvı haldedirler ve kolayca dökülebilirler (ötekiğe yakın bileşimler)
- dökme demirler oldukça kırılğan olduklarından döküm zaten en uygun şekillendirme yöntemidir.
- Çok yüksek karbon nedeniyle çok gevrek
- Fakat ucuz
- İşlenebilir
- Aşınmaya dayanıklı
- Paslanma hassasiyeti düşük; hasar sebebi değil!

Dökme demir üretimi

Dökme demirler
pik demirden üretilir.



Dökme demir üretimi

Pik Demir

(91-94 Fe, 3.5-4.5 C, 0.5-2.5 Mn, 0.02-0.1 S, 0.03-0.1 P, 0.25-3.5 Si)



Kupol ocağı

ergitme

Karbon kontrolü

empüritilerin giderilmesi



Dökme Demir

$\%2 < C < \%4$ / $\%0.1 < Si$

Dökme demirler

Kupoldan alınan sıvı demir kalıplara dökülür.
Katılaşma sırasındaki soğuma hızına bağlı olarak

Gri dökme demir (karbon rozetleri nedeniyle aşırı kırılğan)

Beyaz dökme demir elde edilir.

uygun kimyasal modifikasyonla/ısıl işlemle grafitin morfolojisi değiştirilebilir ve bu şekilde 2 dökme demir türü daha elde edilir:

Küresel dökme demir / kimyasal modifikasyon

temper dökme demir / ısıl işlem

Dökme demirler

Sementit (Fe_3C) yarı kararlı bir bileşik olup



ferrit ve grafitte ayrışmaya niyetlidir.

Bu eğilim kimyasal bileşim ve soğutma hızı ile kontrol edilebilir.

$\text{Si} > \%1$
yavaş soğuma } grafit oluşumu desteklenir.

Bir çok dökme demirde karbon grafit olarak bulunur.

Dökme demirlerde hem mikroyapı hem de mekanik özellikler alaşım bileşimine ve ısıtma işlemine bağlıdır.

Soğuma hızının etkisi

- Yavaş soğuma grafit oluşumu destekler ve düşük sertlik verir.
- Hızlı soğutma karbür oluşumunu destekler ve yüksek sertlik verir.
- Kalın kesitler yavaş, ince kesitler hızlı soğur. Yavaş kesitler grafit, ince kesitler karbüre meğillidir!
- Kum kalıplar yavaş soğur fakat metal bloklarla soğuma hızını arttırmak ve böylece beyaz dökme demir elde etmek için çilleme yapılabilir.

Bileşimin etkisi

Karbon eşdeğeri

$$CE = C + \frac{S + P}{3}$$

- $CE > 4.3$ (ötektik üstü) karbür veya grafit önce kristalleşir & gri dökme demir oluşur.
- $CE < 4.3$ (ötektik altı) sıvıdan ilk ostenit oluşur & beyaz dökme demiri destekler.

karbon

- Sertliği artırır.
- Kırılganlığı artırır.
- Katılaşma sırasında grafit yapıcıdır.

silis

- Ötektiğin karbon içeriğini düşürür.
- Katılaşmada grafit yapıcıdır.
- Çillemenin etki derinliğini azaltır.
- Sertleşebilirliği azaltır.

Martensit yerine perliti teşvik eder.

- Martensitin oluşabileceği durumlarda M_s sıcaklığını yükseltir.
- Yüksek sıcaklıklarda tufalleşmeye direnci artırır.

mangan ve kükürt

- Çilleme derinliğini arttırır.
- Birlikte MnS yaparlar.
- Fazla Mn kükürdü bağlar
- osteniti kararlı kılar.
- Ferrit ve perlitin katı eriyik sertliğini arttırır.
- Kükürt aşınma direncini düşürür.

fosfor

- Zayıf grafit yapıcıdır.
- Çil derinliğini azaltır.
- Alaşımlı dökme demirlerde zararlı kabul edilir.

vanadyum

- Karbür yapıcı etkisi vardır.
- Çil derinliğini arttırır.
- 0.1-0.5% kadar bulunur.

krom

- Karbür yapıcıdır.
- Korozyon direncini artırır.
- Yüksek sıcaklık performansını iyileştirir.
- %3'e kadar sertleşmeye katkı yapmaz!
- %10 üstünde, M_7C_3 karbürleri (M_3C 'lerden daha dayanıklı ve tok!) oluşur.

Yüksek kromlu dökme demirler

- 12-28% Cr
- Çeliklere göre sertleşebilirliğe etkisi az.
- Martensit yapıp daha fazla sertlik için + Mo, Ni, Mn ve Cu

nikel

- Grafit yapıcı
- Perlitin mukavemetini arttırır.
- Sertleşebilirliği arttırır. (2.5-4.5% Ni-sert demirler)
- Osteniti kararlı yapar (>%6.5)

Ni-sert demirler

- Öğütme bilyaları
- 1-2.2 Si, 5-7 Ni, 7-11 Cr
- Martensitte ötektik M_7C_3 karbürleri

bakır

- Martensitik demirlerde perlit oluşumunu önler. Mo ile birlikte daha etkili.
- Yüksek Ni'li gri dökme demirlerde %3-10'a kadar!

molibden

- Çil derinliğini hafifçe yükseltir.
- Perlitin sertlik ve tokluğunu artırır.
- Perliti önler.
- Sertleşebilirliği artırır.

aşılایıcılar

- Grafitleştirici olarak ferrosilis
- Küreselleştirici olarak Mg ve Ce
- Beyaz dökme demirde karbür yapıcı olarak Te, Bi ve V

gri dökme demir

- Gri dökme demirde karbon grafitik bir yapıya sahiptir.
- Sıvı demir yavaş soğutulduğunda serbest karbonun büyük bir kısmı büyük grafit kümeleri şeklinde katılaşır.
- %2-3 kadar silis katılaşma sırasında sementit yerine grafit oluşmasını sağlar.
- Gri dökme demir adını, parça kırıldığında kırılma yüzeyine hakim olan gri renkten alır.

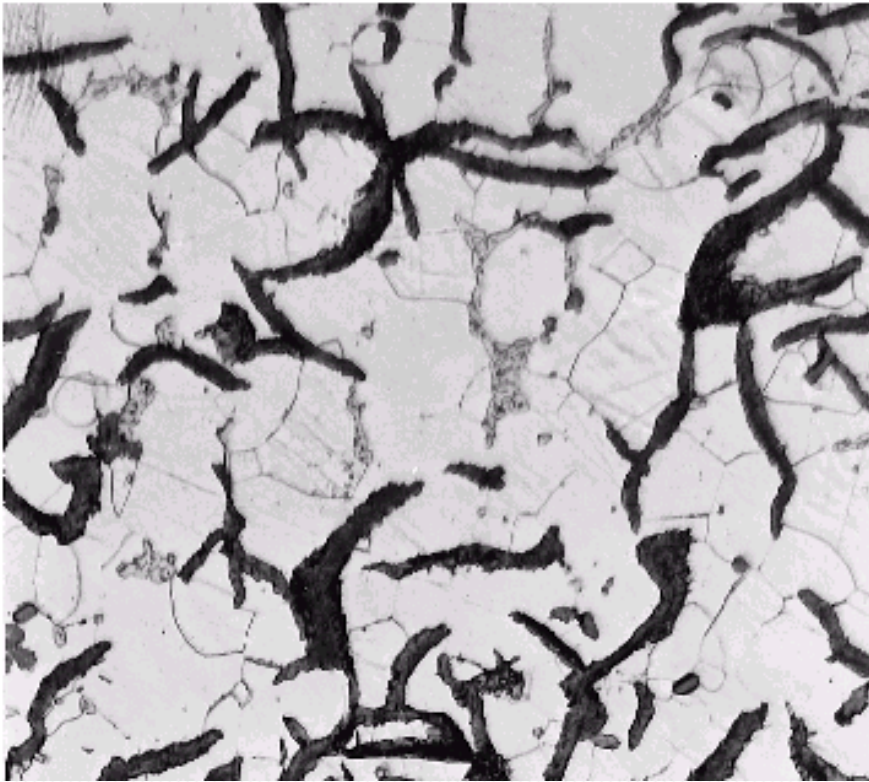
gri dökme demir

- Grafit kümelerinin uçları sivridir ve gevrekliğe yol açarlar. Çatlak, çatlamayı yayan ve hızlandıran grafit kümelerini takip eder.
- Bu nedenle çekme yükleri altında zayıf ve kırılgandır.
- En bilinen, en fazla üretilen dökme demirdir.
- Mukavemet ve süneklik basma yükleri altında çok daha yüksektir.

gri dökme demir

- Grafit kümeleri parlatılmış yüzeyde ince çizgiler şeklinde görülür.
- Grafitin kendisi kayda değer bir mukavemet sahibi değildir.
- Bu nedenle grafit kümeleri boşluk gibi değerlendirilebilir.
- Kümelerin uçları bu durumda gerilme konsantrasyonuna neden olan köşeli boşluklar gibidir.

gri dökme demir mikroyapısı



Tamamen ferritik matris
+ grafit kümeleri



%80 ferritik
matriste grafit kümeleri

Gri dökme demirin avantajları

- Grafitin enerji emme kapasitesi yüksek; **titreşimleri söndürmede** çok etkili!
- Aşınmaya son derece dayanıklı (grafit yağlayıcılığı!)
- Sıvı halde akışkanlığı çok yüksek ve bu nedenle çok karmaşık parçaların dökümü mümkün!
- Katılaşma büzülmesi düşük, çekinti az!
- Tüm metalik malzemeler arasında en ucuz!
- Grafit kümeleri kolayca kırılıp ufalandığı ve bir çeşit yağlama görevi yaptığı için işlenebilirliği iyi!
- Kaynaklanabilirliği iyi!

Gri dökme demirin olumsuzlukları

- Mikroyapısı ve sivri grafit kümeleri nedeniyle düşük çekme dayanımı ve süneklik! basma yükleri altında performansları çok daha iyi.
- Darbe ve şok direnci hemen hemen hiç yoktur.

grafit morfolojisi ve boyutunun etkisi

- Grafit morfolojisi ve matris karakteri gri dökme demirin fiziksel ve mekanik özelliklerini yakından etkiler.
- **İri grafit kümeleri** titreşim sönümleme, boyutsal kararlılık, ısıl şok direnci ve işlenebilirlik yönünden **avantajlıdır**.
- Ancak, **küçük grafit taneleri** daha yüksek çekme mukavemeti, elastik modülü, çatlamaya direnç sağlar ve işlenmiş yüzey kalitesini artırır.

Isıl işlemin etkisi

- Gri dökme demirin mekanik özellikleri ısıtıl işlem ile kontrol edilebilir.
- Döküm halinde gri dökme demir aşırı kırılgandır.
- Su vermeden sonra temperleme yapılırsa mukavemet ve süneklik arttırılabilir.
- Temperleme sonrası çekme mukavemeti döküm haline göre %35-45 kadar daha yüksek olur.
- Fakat sertlik ısıtıl işlemle düşer.
- Tokluk döküm hali değerlerine yaklaşır.

Kimyasal bileşim / üretim

- 2.5 ile 4.0% C / 1 ile 3% Si (silis kritik)
- Dökme demirlerde Si grafiti kararlı yapan bir element ve karbonu sementit yerine grafit yapar.
- Soğutma hızı da grafit oluşumunu etkiler!
- Hızlı soğutma grafit oluşumunu azaltır ve hatta tamamen durdurur ve sementiti destekler (beyaz dökme demire meyilli!)
- Silis dökümde faydalıdır; akışkanlığı artırır korozyon direncini iyileştirir.

Kimyasal bileşim

- İkinci alaşım elementleri: P, Mn and S.
- P kasıtlı olarak ilave edilmese de, bütün gri dökme demirlerde bulunur. P: 0.02-0.10%
- Akışkanlığı az da olsa arttırır.
- Çok fazla olduğunda çekinti boşluğunu arttırır.
- Kükürt grafitin çekirdeklenmesinde kritik rol oynar.
- En olumlu etkiyi 0.05-0.12% seviyelerinde yapar.
- Kükürt miktarı Mangan sülfidlerin oluşmasını sağlamak için Mn miktarına göre ayarlanmalıdır.

uygulamalar

Çekme mukavemetinin kritik olmadığı yapısal uygulamalar

silindir blokları

Pompa kutuları

Vana gövdeleri

Elektrik kutuları

Dekoratif döküm parçalar

Yüksek ısı iletkenliği ve spesifik ısı kapasitesi sayesinde

pişirme amaçlı mutfak gereçleri ve fren diski

Titreşim sönümleme kapasitesi nedeniyle
makine bağlantı parçaları

uygulamalar

silindir blokları

Pompa kutuları

Vanalar

Elektrik kutuları

Volan dişli kutusu

Makine-Tezgah taban
ve ayakları



uygulamalar

Piştirme gereçleri
Dekoratif döküm parçalar
fren diski
makine bağlantı parçaları
volan



Beyaz dökme demir

- Daha düşük silisle (<1.0 ağırlık % Si; grafitleştirici) ve daha hızlı soğutma ile karbon sıvı demirden grafit olarak değil yarı kararlı sementit (Fe_3C) olarak çöker.
- Sementit iri partiküller şeklindedir. Bu sementit ostenit ile birlikte ötektik yapı oluşturur. Soğuma sırasında ostenit martensite dönüşebilir.
- Kırılma sementit fazını takip ettiğinden beyaz renkte ve kristalli bir kırılma yüzeyi vardır. Beyaz dökme demirler adını buradan alır.

Beyaz dökme demir

- Sementit yüksek sertliği ve bolca bulunması ile beyaz dökme demirin sertliğini arttırır.
- Tipik özellikler: yüksek mukavemet-sertlik fakat yetersiz süneklik!
- Esas itibarı ile işlenemez!
- Hızlı soğutma yüzünden iç gerilmeler yüksektir.
- Katılaşma sırasında grafitleşmeyi önlemek ve sementitin kararlılığını arttırmak için Cr içerir.
- Martensitik matris istendiğinde, perlit oluşumunu önlemek için genellikle Ni, Mo, ve/veya Cu ile alaşımlama yapılır.

Beyaz dökme demir türleri

- Nikel-Krom beyaz dökme demirleri:

3-5%Ni, 1-4%Cr

ticari adı: Ni-Hard 1-4

- Krom-Molibden dökme demirleri (yüksek krom demirleri):

11-23%Cr, 3%Mo,

bazen Ni ve Cu ile de alaşımlanırlar.

- 25-28%Cr beyaz dökme demiri:

ilave olarak 1.5%'a kadar Mo ve/veya Ni içerirler.

Nikel-krom beyaz dökme demirler

- Ostenitin perlite dönüşmesini engellemek için %3-5 kadar Ni ile alaşımlanmıştır ve martensitik bir matrise sahiptir.
- Ni'in grafitleştirme kapasitesini bertaraf etmek ve karbür oluşumunu teşvik etmek için ayrıca %1.4-4 kadar krom ile alaşımlanmıştır.
- Karbon ile aşınma direnci artmakta fakat tokluk düşmektedir.
- Düşük maliyeti sayesinde madencilik öğütme donanımları için çanak ve bilya imalatında kullanılır.

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler

- Yüksek kromlu beyaz demirler çok büyük parçaların (10 tonluk pervane) kum kalıba dökülmesine imkan sağlar.
- Yüksek krom olduğunda beyaz demir elde etmek için yüksek soğutma hızları gerekmez!
- Aşınma direnci mükemmeldir. Beyaz dökme demirler arasında aşınma direnci ve tokluk yönünden optimum değerlere sahiptir.
- Yüksek sertlikleri (1500-1800HV) Cr-karbürlerden (Cr_7C_3) gelir.

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler

- Genellikle ötektik altı bileşimlerde üretilirler.
- Yüksek aşınma direnci için: 11-23%Cr, 3.5%Mo.
- Döküm halinde ostenitik veya ostenitik-martensitik matris, ısıtıl işlem uygulandığında martensitik matrisle temin edilir.
- Tüm beyaz dökme demirler arasında en sert olanıdır.
- Korozyon direnci için: 26-28%Cr 1.6-2.0%C.
Korozyona en yüksek dayanıklılık için tamamen ostenitik matris tercih edilir. Fakat bu durumda aşınma direnci azalır.

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler

- Dökülebilirlik zayıf!
- Maliyet yüksek!
- Sadece yüksek sıcaklık uygulamalarına aday!
- 1040 °C'ye kadar yüksek oksitlenme direnci için 12-39% Cr ile alaşımlanır.

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler

Matris yapısına bağlı olarak 3 gruba ayrılırlar:

- Martensitik demirler 12-28%Cr içerirler!
- Ferritik demirler 30-34%Cr içerirler!
- ostenit fazını kararlı kılmak için 15 - 30% Cr ve 10-15%Ni ile alaşımlanmış ostenitik demirler.

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler

Uygulama alanları

- Bir çok yapısal uygulama için aşırı kırılgandır.
- Fakat yüksek sertlik, aşınma direnci ve oldukça düşük maliyeti ile aşınma direnci gerektiren, çamur pompaları, öğütücü çanak ve bilyaları, pervane vb uygulamalarda özellikle tercih edilir.
- Yüksek bir tokluk gerektirmeyen çok sert ve aşınmaya çok dayanıklı yüzeyler için de (örneğin hadde merdaneleri) ideal bir malzeme seçeneğidir.
- Tipik uygulamalar reküperatör tüpleri, fırın parçaları, cam şekillendirme kalıpları ve yanmalı motor parçaları

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler “chilled” döküm parça

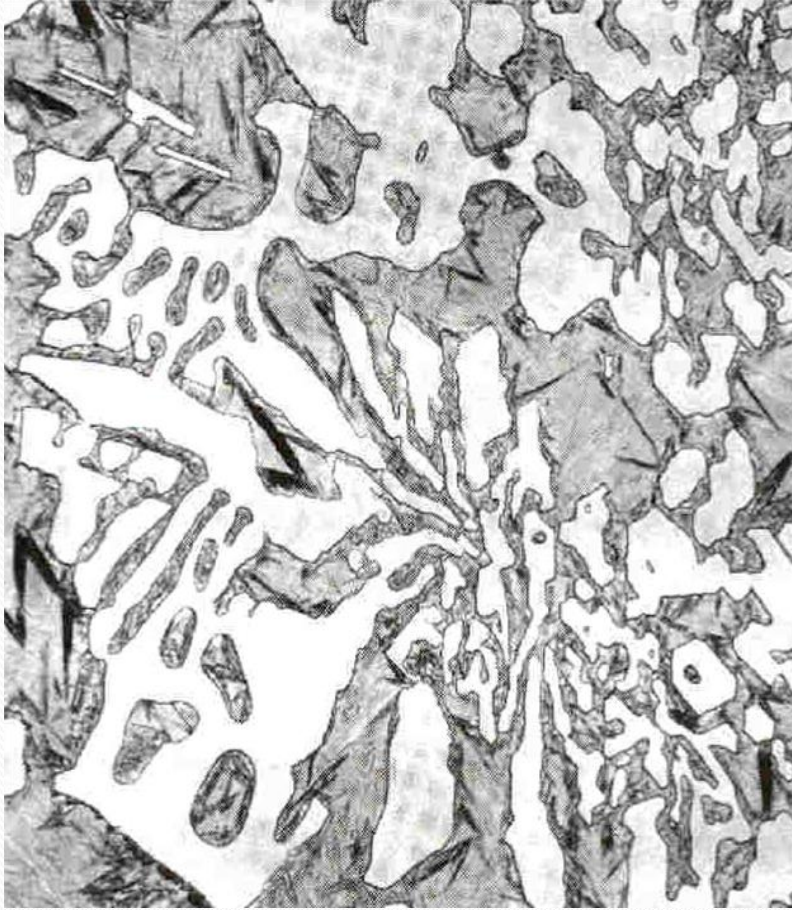
- Kalın kesitli parçaları beyaz dökme demir yapısında katılaşacak şekilde hızlı soğutmak güçtür.
- Fakat hızlı soğutma ile iri bir döküm parçasının yüzeyinde beyaz dökme demir yapısı oluşturulabilir. Kesit merkezi ise daha yavaş katılaşacağı için parça içinde gri dökme demir yapısı oluşacaktır.
- Bu şartlarda üretilen parça sert bir yüzey ve daha tok bir iç yapıya sahip olur.

beyaz dökme demir

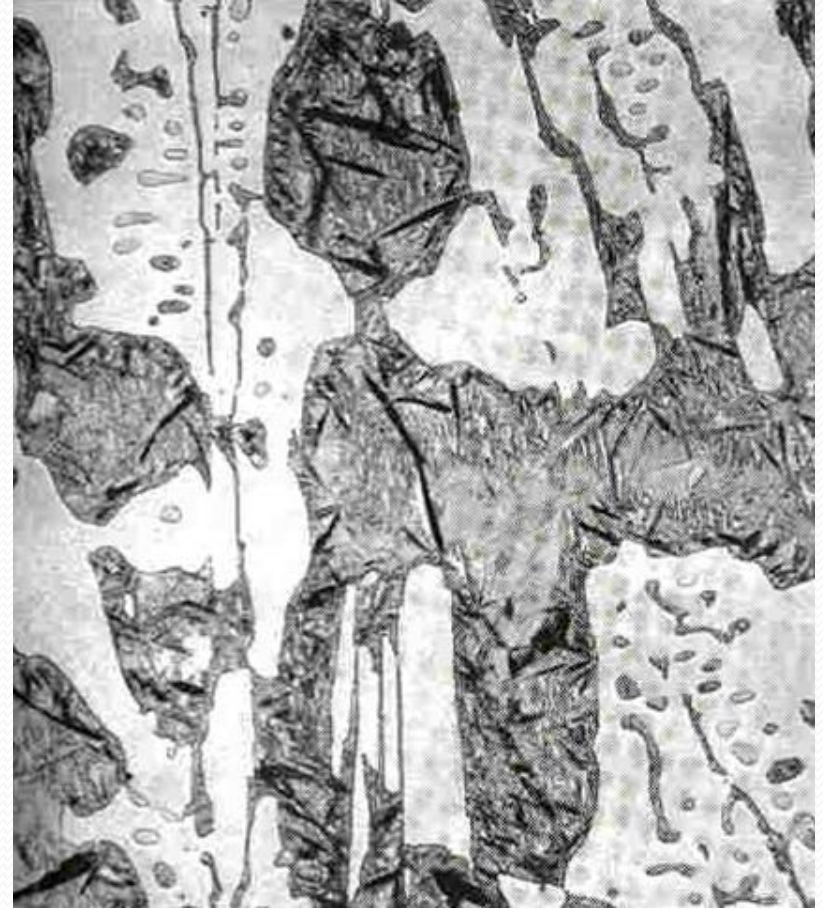


Perlitik matriste (koyu renkli) ötektik karbür-
sementit (beyaz renkli)

Ni-Cr beyaz dökme demir mikroyapıları

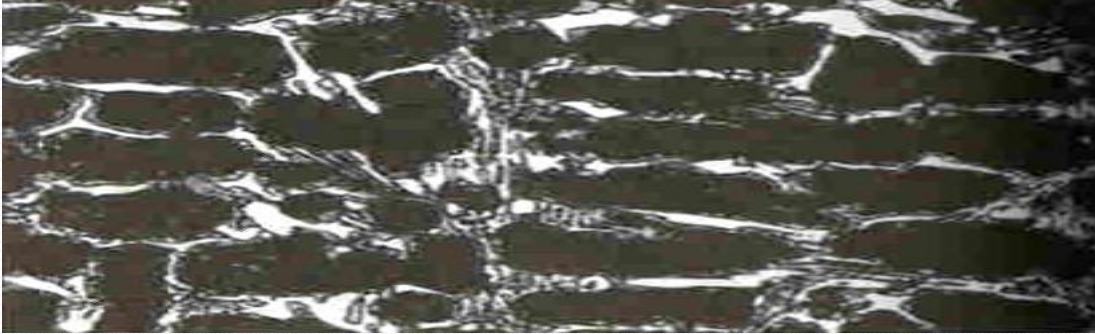


D tipi Ni-Cr beyaz dökme demir, 340X

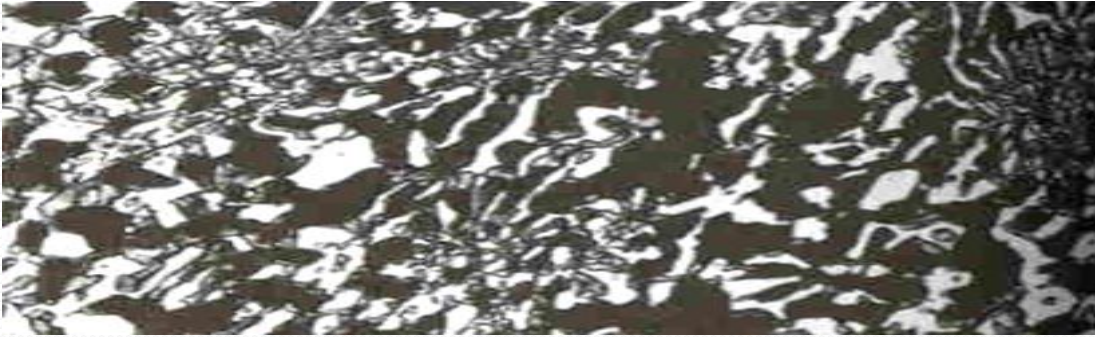


A tipi Ni-Cr beyaz dökme demir 340 X

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler



Düşük
karbonlu
Ötektik altı

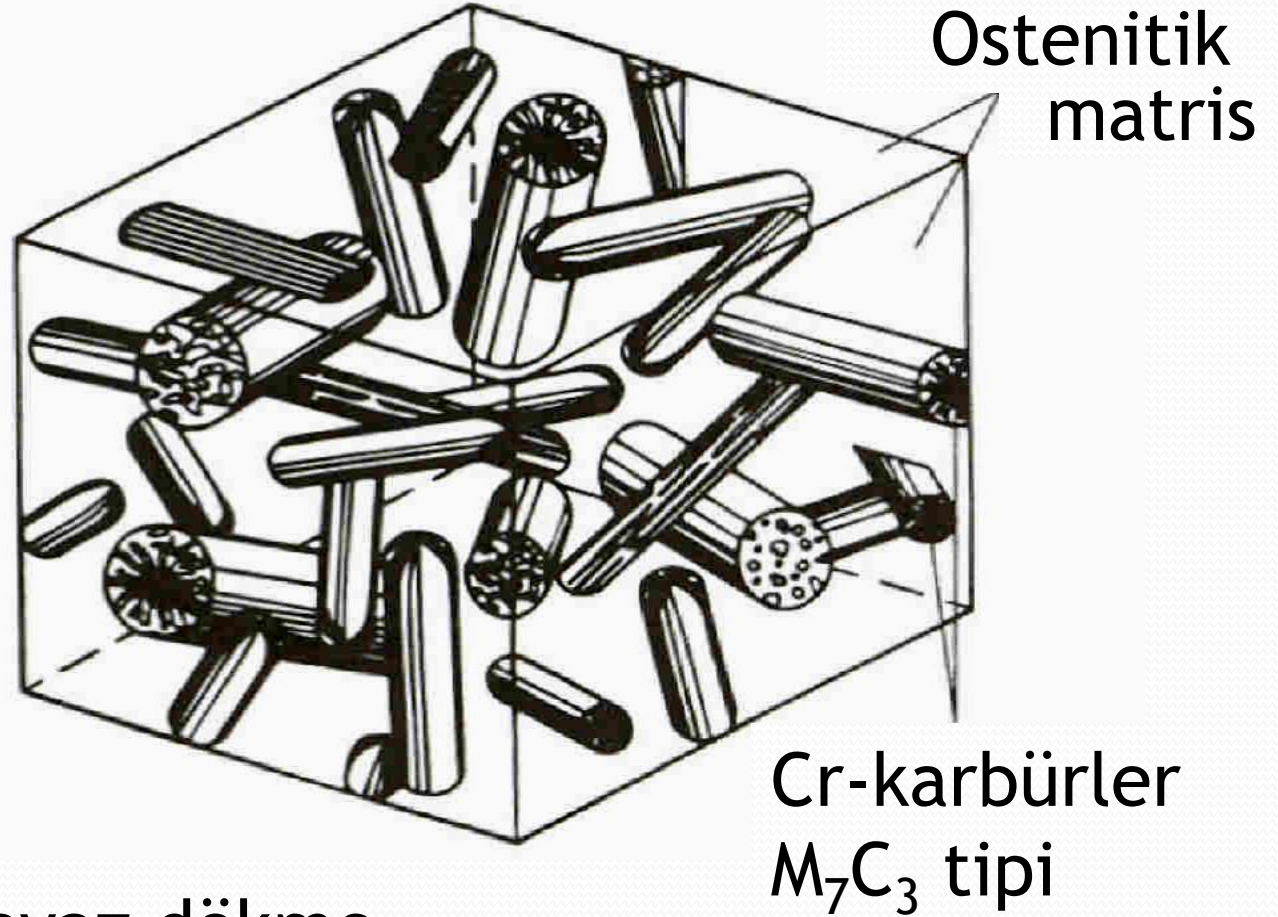


Orta karbonlu-
ötektik



Yüksek karbonlu
Ötektik üstü

Yüksek kromlu beyaz dökme demirler



Yüksek Cr'lu beyaz dökme
demirlerin heterojen yapısı

Beyaz dökme demir uygulamalar

Pervaneler

“slurry” pompaları

Değirmen parçaları

Öğütme bilyaları

“shell”

kovanları



Küresel dökme demir

- Gri dökme demire **ağ %0.05 kadar** Mg ve/veya Ce ilave edildiğinde grafit «flake» form yerine kürecikler şeklinde oluşur.
- Grafitin küresel morfolojisi çatlak oluşumunu önler ve malzemeye süneklik kazandırır.
- Bu şekilde mukavemet 2 kat artarken, süneklik 20 kat iyileşir.
- Küresel dökme demirden imal edilen parçalar gri dökme demirden daha dayanıklı, daha sünek olup mekanik özellikler yönünden çelikleri andırırlar.
- Darbe ve yorulma direnci çok daha yüksektir.

Küresel dökme demir

- Yüksek akışkanlık, mükemmel dökülebilirlik, fakat yüksek yüzey gerilimine sahiptirler. O nedenle, kalıp malzemesi yüksek yoğunluklu ve ısı iletkenlikte olmalıdır.
- Grafit nodüllerinin genişmesi demir matrisin büzülmesini telafi ettiğinden katılaşma çekintisi yok denecek kadar azdır.
- Besleyiciye nadiren ihtiyaç olur.
- Çoğunlukla döküm halinde kullanılırlar.
- Ostemperleme dışındaki ısı ışılemler yorulma direncini zayıflatır.

Küresel dökme demir

- matris ısıtılma işlemine bağlı olarak ya perlit ya da ferrittir. Döküm halinde matris perlitiktir. Dökümü takiben 700 °C’de birkaç saatlik bir ısıtılma işlemi ferrite dönüşür.
- Özellikler büyük ölçüde temper dökme demirinkine benzer.
- Fakat daha kalın kesitli parçaların bu yapıda ve bu özelliklerde elde edilmesi bir üstünlüktür (temper dökme demir beyaz dökme demirden elde edildiği için parça boyut ve kesit kalınlığı sınırlamaları vardır!)

Küresel dökme demir uygulamaları

- **Mukavemet** ile birlikte **sünekliğin** de gerekli olduğu, **talaşlı imalata uygun ve ucuz malzeme** isteyen uygulamalar için ideal malzeme seçeneğidir.
- Değişik çapta borular satışların yaklaşık %44'üne denk gelir. Küresel dökme demirden en çok su ve kanalizasyon boruları imal edilir. Bu uygulamada çok daha hafif olan PVC, HDPE, LDPE ve polypropylene ile rekabet halindedir. Ancak plastik esaslılar eğilip büküldüğünden kolay hasar görür ve montaj sırasında aşırı dikkat gerektirirler.

Küresel dökme demir uygulamaları

- Üretimin 29%'u hafif ticari araç ve otomobil uygulamalarında kullanılır.
- Küresel dökme demir, mukavemetin çeliğinkinden düşük fakat alüminyumdan daha yüksek olması gereken yerlerde tercih edilir.
- Diğer endüstriyel uygulamalar arasında kamyon ve arazi araçlarını, traktör parçalarını petrol kuyu pompalarını sayabiliriz.
- Kağıt üretim endüstrisi, tarım ve inşaat makineleri, dişli gibi güç aktarma organları, petrol sanayi parçaları diğer uygulama alanlarıdır.

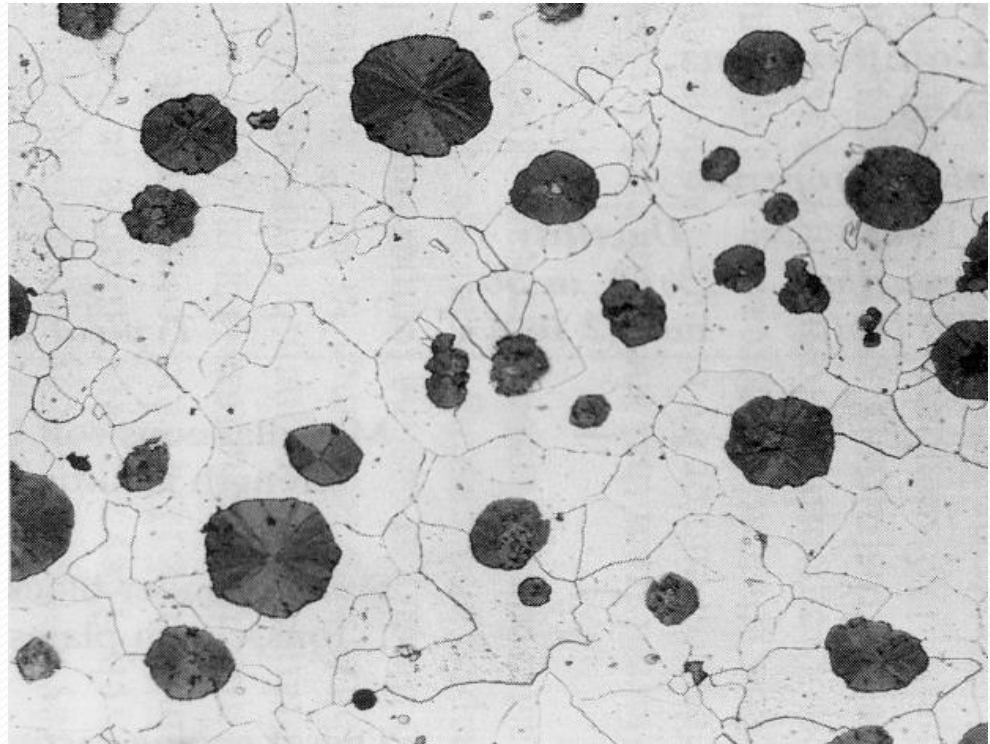
Ostemperlenmiş küresel dökme demir

ostemperleme:

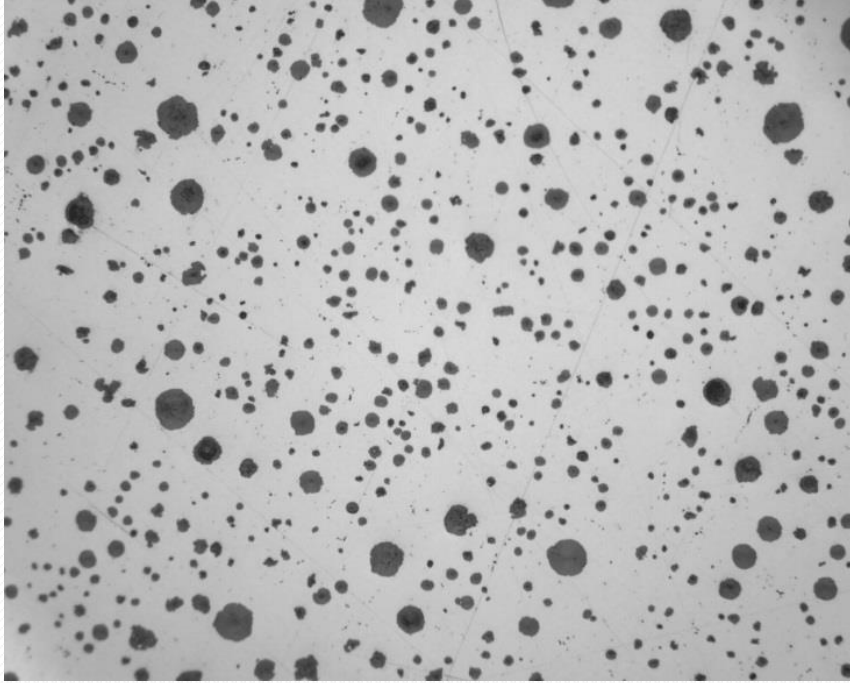
- 2 aşamalı bir ısıtma işlemidir.
- 1. aşama: 900 °C'ye ısıtma ve bekletme.
- 2. aşama: su verme / genellikle tuz banyosunda ostemperleme sıcaklığında bekletme
- bey nitrik ve kararlı ostenitten oluşan matriste dağılmış grafit nodülleri.
- Yüksek çekme mukavemeti, yorulma direnci, tokluk, aşınma direnci.

Küresel dökme demir mikroyapıları

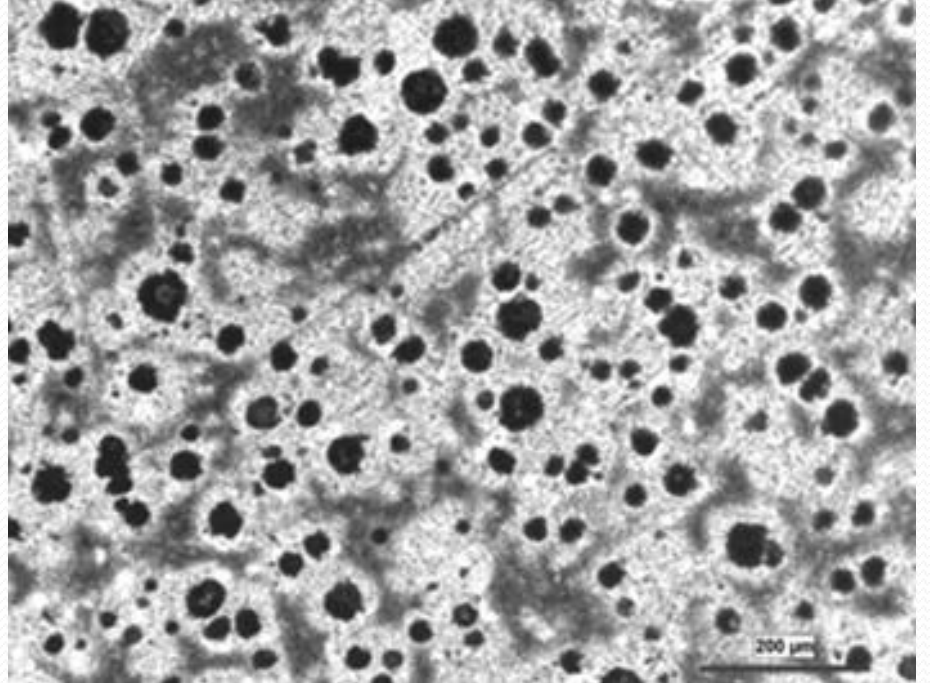
- Küresel dökme demir: ferritik matriste dağılmış grafit nodülleri



küresel dökme demir mikroyapısı

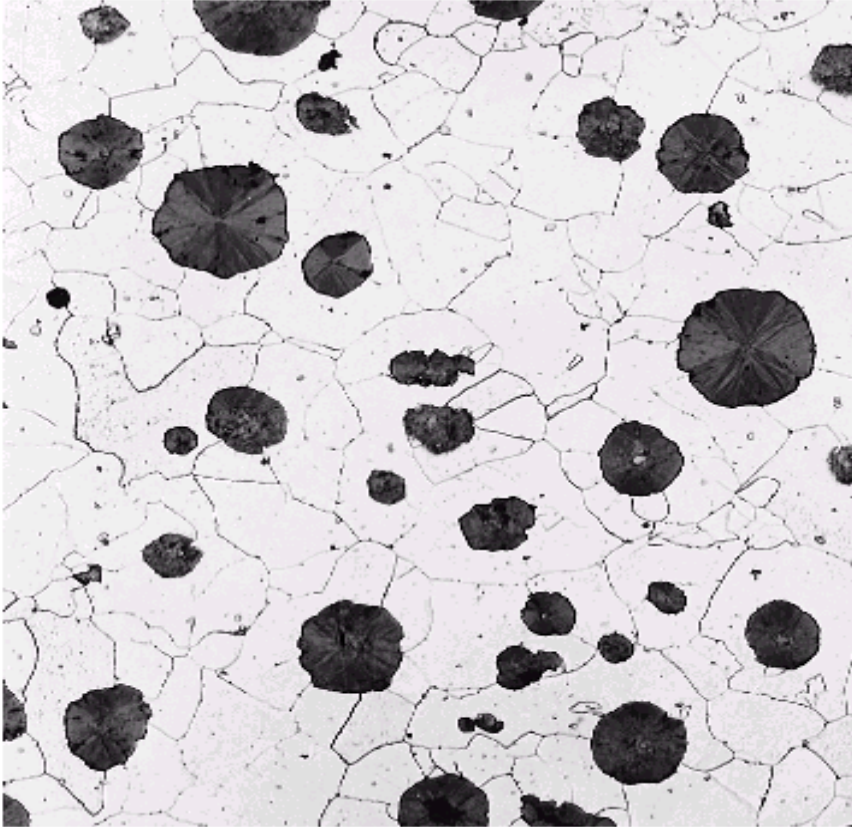


Ferritik matriste
dağılmış grafit
nodülleri, 100X

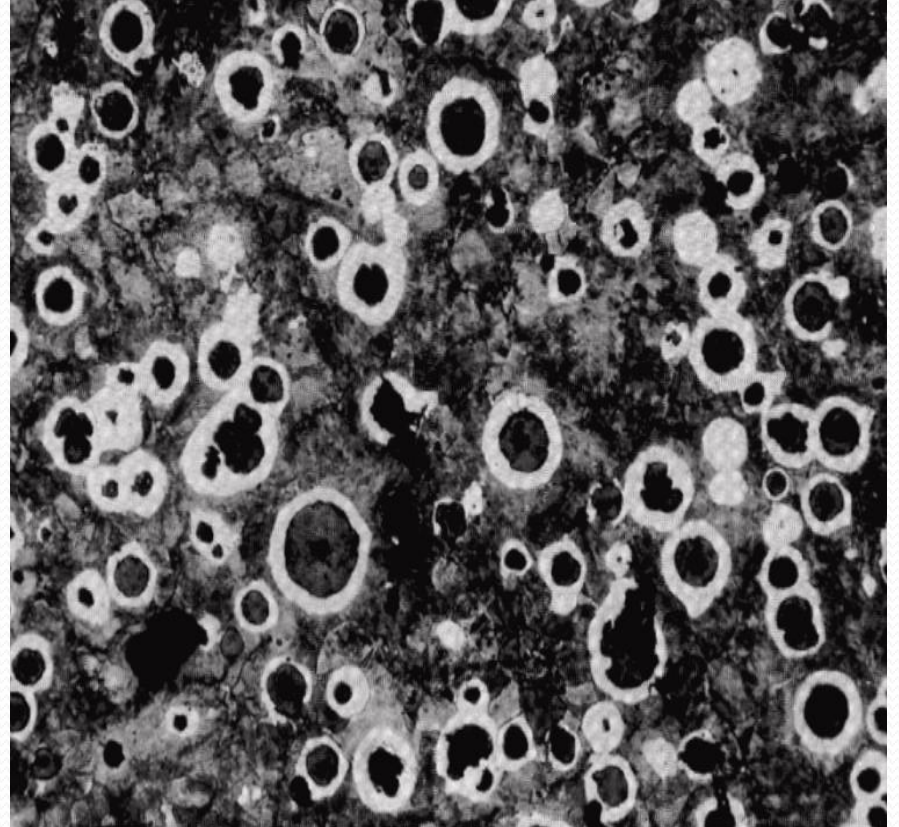


Ferritik-perlitik matris
nodüller etrafındaki
karbon tükenmişliğine
dikkat!

Küresel dökme demir

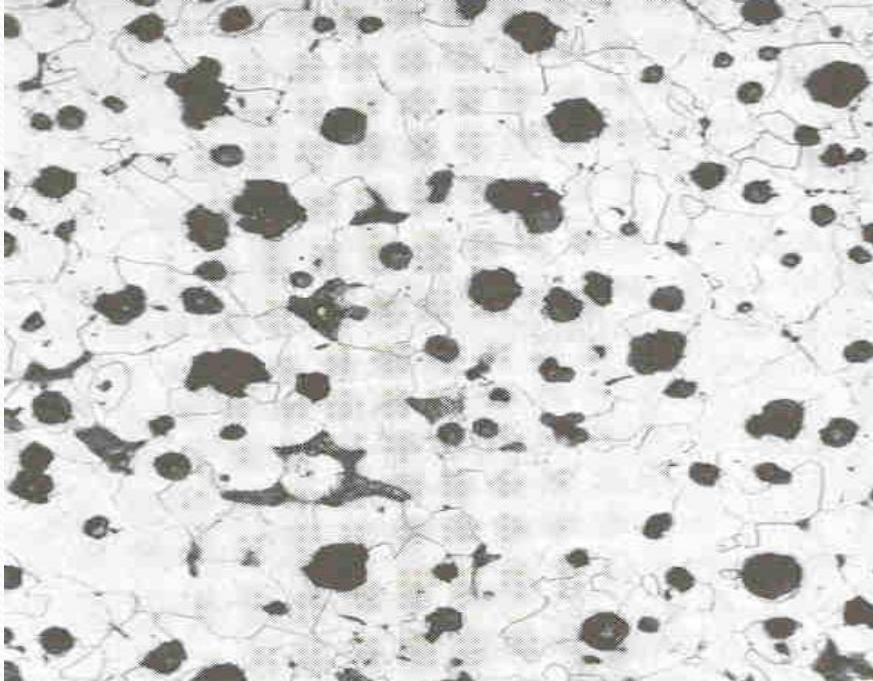


Ferritik matriste
nodüler grafit taneleri

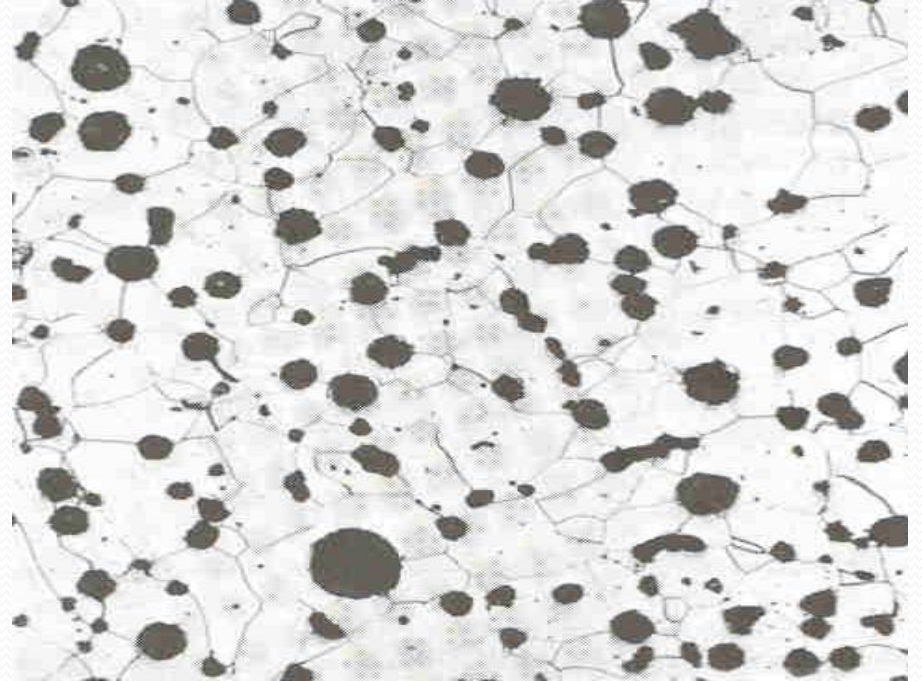


perlitik matriste
nodüler grafit
Sertlik: 255 HB

Küresel dökme demir



Ferritik matris
Döküm halinde



Ferritik matris
700 °C'de 3 saat tavlanmış!

Küresel dökme demir

östemperlenmiş
küresel dökme
demir:
870°C'de 3 saat
ostenitleme +
385°C'de 2 saat
östemperleme



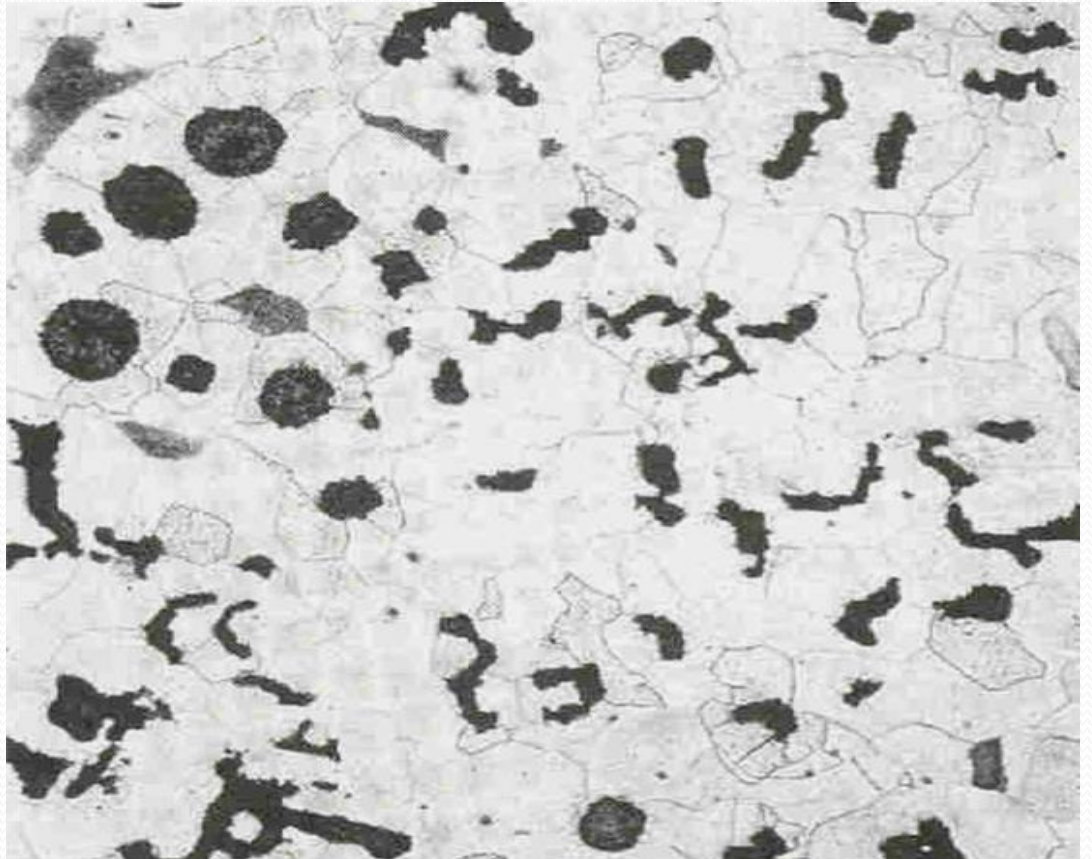
beynitik/ferritik plakalar ve bu plakalar arasında
ostenit ve küresel grafit kümeleri

vermiküler (kompakt grafitli) dökme demir

- Yapısal özellikleri yönünden gri ve küresel dökme demir arasındadır.
- Grafitler kısa ve kalın «flake» şeklindedir.
- Üretimi küresel dökme demirinki gibidir:
- Küreselleşme için nadir toprak elementleri ve ayrıca küreselleşmeyi kontrol etmek için Ti ilavesi gerekir.
- Vermiküler dökme demir, gri dökme demirin dökülebilirliğine sahiptir.
- Fakat, daha mukavemetli ve daha sünektir.

vermiküler (kompakt grafitli) dökme demir

Ferritik-perlitik
matris ve
vermiküler
grafit



küresel dökme demir parçalar

Her türlü ve ebatda
boru!



Boru bağlantı parçaları-
kuma döküm

küresel dökme demir parçalar

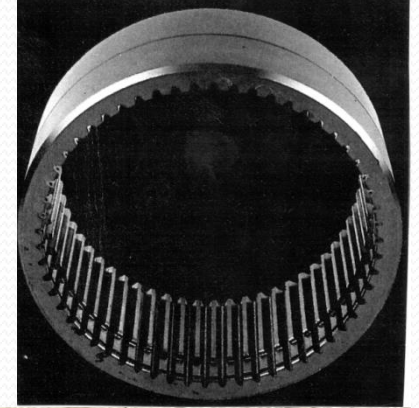
Makine parçaları
Krank milleri
El aletleri

Dişililer
Borular
boru bağlantı parçaları



küresel dökme demir parçalar

Rotil
Dişli
Yağmur suyu ızgaraları



küresel dökme demir parçalar

Dişliler
Kam mili
Krank mili



temper dökme demir

- önce beyaz dökme demir olarak elde edilir;
- daha sonra grafit kümeleri ısıl işlemle küresel hale getirilir.
- Beyaz dökme demir olarak başlangıç yapı perlitik matriste yarı kararlı karbürden oluşur.
- 900 °C'deki tav işlemi ile kırılgan beyaz dökme demir yapısı işlenebilir bir yapıya dönüşür.
- Karbon küçük küresel kümelerde toplanırken matris kullanılan ısıl işlem pratiğine göre ferrit veya perlitten oluşmaktadır.

temper dökme demir

- Döküm ve ısıt işlemler tamamlandıktan sonra temper dökme demire soğuk işleme şekil verilebilir; Sünekliği iyidir.
- temper dökme demirin deformasyon hızı duyarlılığı düşük olduğu için soğuk deformasyon mümkündür.
- temper dökme demirden imal edilecek bir parça için, beyaz dökme demirden hazırlandığı için bir boyut sınırı vardır.
- temper dökme demir küçük parçalar ve 6.35mm'den daha ince kesitler için iyi bir seçenektir.

temper dökme demir

- Grafitin küreselleştirildiği diğer dökme demirlerden temper dökme demir imal etmek, hızlı soğutma sırasında karbürler oluşacağı için güçtür.
- temper dökme demir, düşük silis miktarı sayesinde, düşük sıcaklık ortamlarında diğer küresel dökme demirlerden daha yüksek kırılma tokluğuna sahiptir.
- Sünek-gevrek geçiş sıcaklığı bir çok sünek dökme demirden daha düşüktür.

temper dökme demir mikroyapısı

- Rozet şeklinde grafit kümelerinden oluşmaktadır.
- Tav işlemi sırasında karbon ister karbür şeklinde olsun ister perlitin içinde bulunsun, temper karbonu denilen bir forma dönüşmektedir.
- 3 gruba ayrılmaktadır:
 - ferritik
 - perlitik
 - martensitik

temper dökme demir türleri

Ferritik:

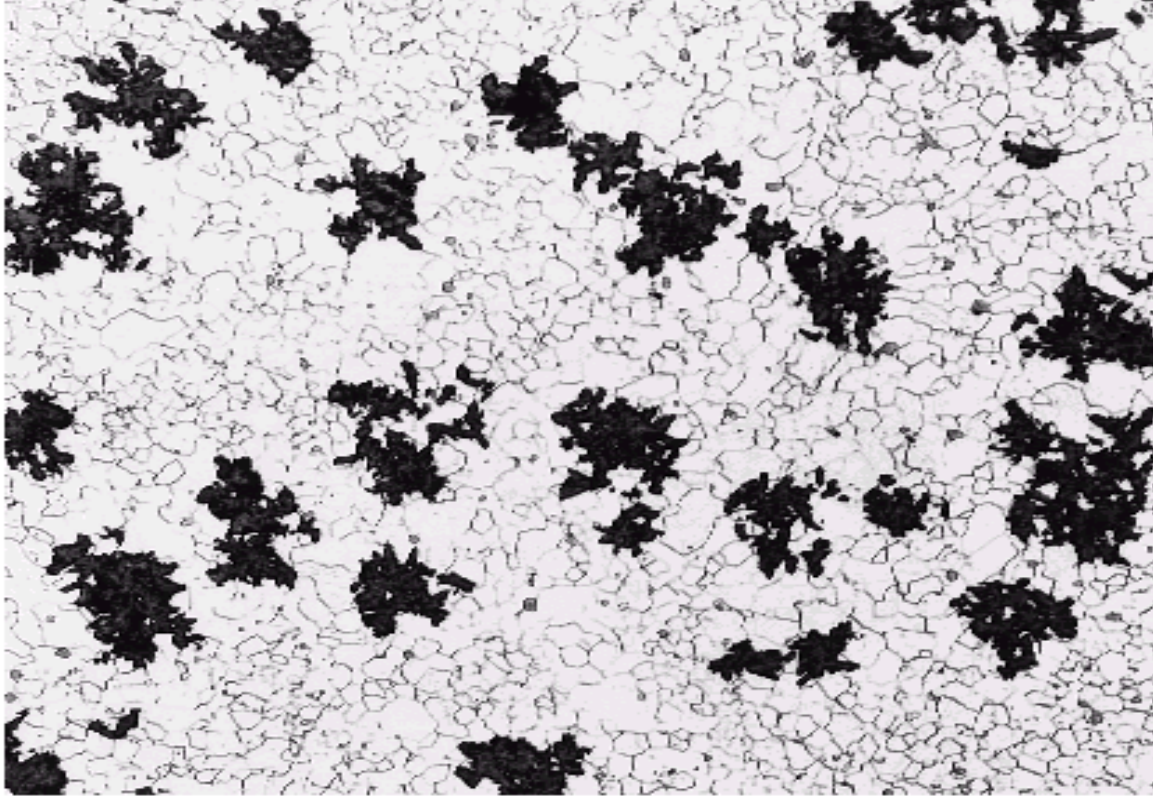
- Ferritik temper dökme demirler 2 aşamalı bir tav işlemi görürler:
 - 1.aşama: primer karbürleri temper karbonuna dönüştürür.
 2. aşama: ilk aşamada ostenitte çözünen karbonu temper karbonuna ve ferrite dönüştürür.
- Nihai yapı ferritik bir matriste temper karbonundan oluşur.

temper dökme demir türleri

Perlitik:

- 1. aşama:
parça yaklaşık 870 °C'e yavaşça soğutulur.
Ostenitin bileşik karbon miktarı %75'e düştüğünde
döküm parça hava üflenerek soğutulur ve böylece
temper karbon partikülleri etrafında ferrit oluşur.
- 2. aşama:
Parçalar daha sonra spektlere temperlenir.

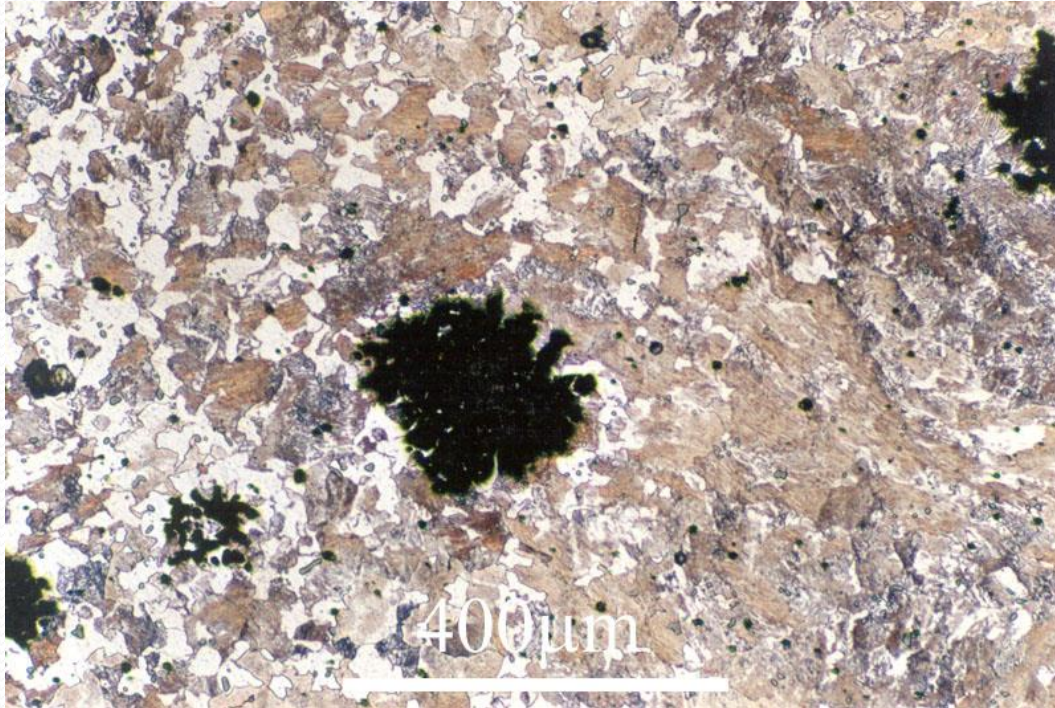
temper dökme demir



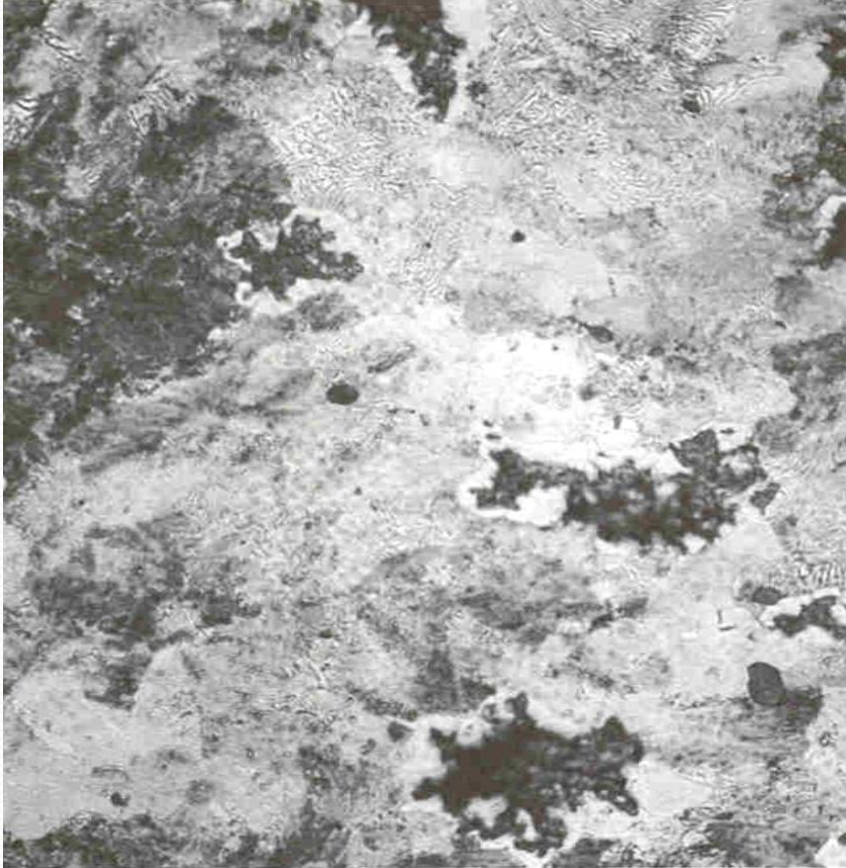
Ferritik matriste koyu renkli grafit rozetleri

temper dökme demir mikroyapısı

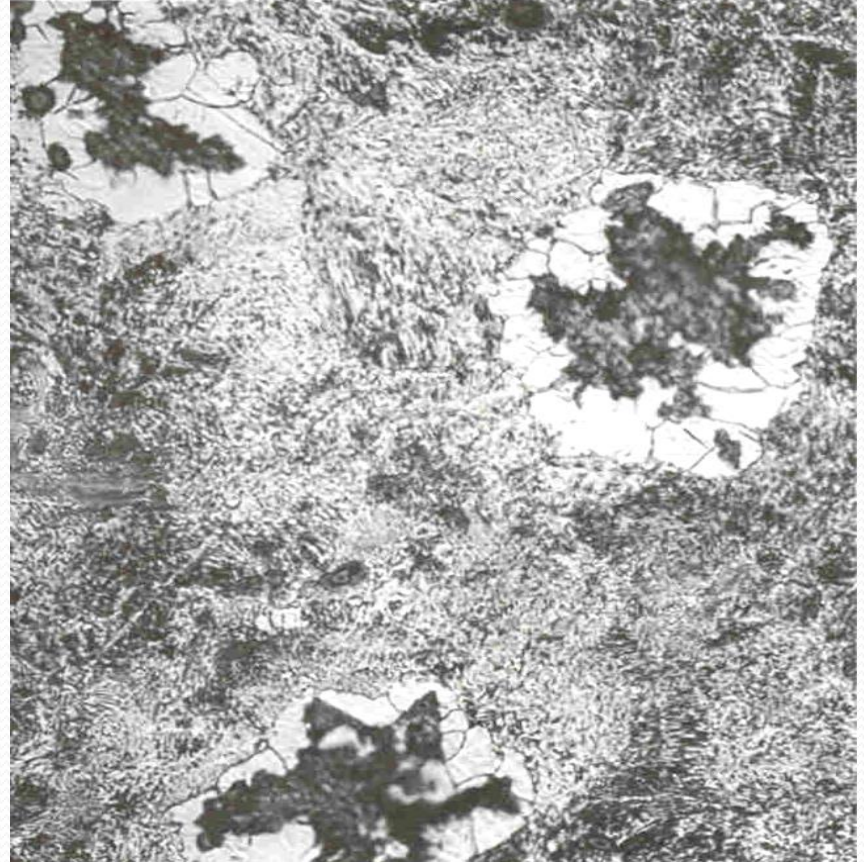
perlitik matris taneleri içinde dağılmış
temperlenmiş grafit kümelerinden oluşur.



temper dökme demir mikroyapısı



Havada yavaş soğutulmuş
perlitik matris



Havada hızlı soğutulmuş
perlitik matris

uygulamalar

temper dökme demir yüksek mukavemet gerektiren fakat kırılmadan bir miktar esneyebilen küçük parçaların dökümünde kullanılır.

Tipik uygulamalar:

Elektrik bağlantı parçaları, el aletleri, boru bağlantıları, çit bağlantıları, tarım aletleri, madencilik ekipmanları, makine parçaları



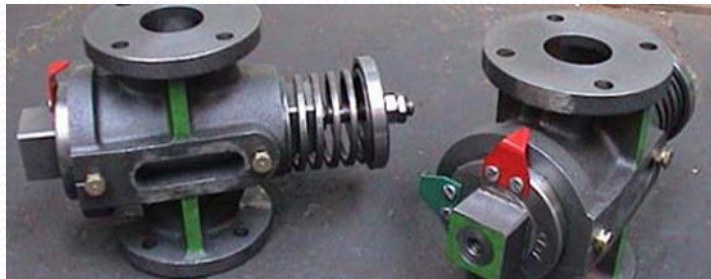
temper dökme demir parçalar



Makine parçaları
tezgah ayakları



Valfler, dişli bağlantı
elemanları



temper dökme demir parçalar

Kapı kolu bağlantıları
(küresel dökme demirden
imal edilen parçalar
kırılmaya meğilli!
O nedenle temper tür
tercih ediliyor!



Tencere - tava sapı:
montaj sırasında sap
tencere çapına uygun
şekilde eğilebiliyor!

temper dökme demir parçalar

Tekstil sanayinde
giysi askılıkları



Demir yollarında elektrik
hatlarının taşıyıcıları

temper dökme demir parçalar



Demir yolu rayları
Mengene vb aletler
Silindir kapağı

temper dökme demir parçalar



temper dökme demir parçalar

Dingil yatağı

Ray tekeri

Tank peleti

Otomobil krank mili



Mekanik özelliklere karbonun etkisi

katılaşma sırasında karbon grafit olarak çökelir ve grafit çekintiyi telafi eder.

Bunun gerçekleşmesi için gerekli karbon miktarı:
 $\%C + 1/7\%Si \geq 3.9\%$

Bundan daha yüksek karbon miktarları yorulma direncini düşürür.

Mekanik özelliklere silisin etkisi

grafitleştirici element

Si aynı zamanda ferrit miktarını da artırır.

ferritin mukavemetini ve sertliğini artırır fakat darbe direncini düşürür.

yüksek sıcaklıklarda oksidasyon direncini artırır.

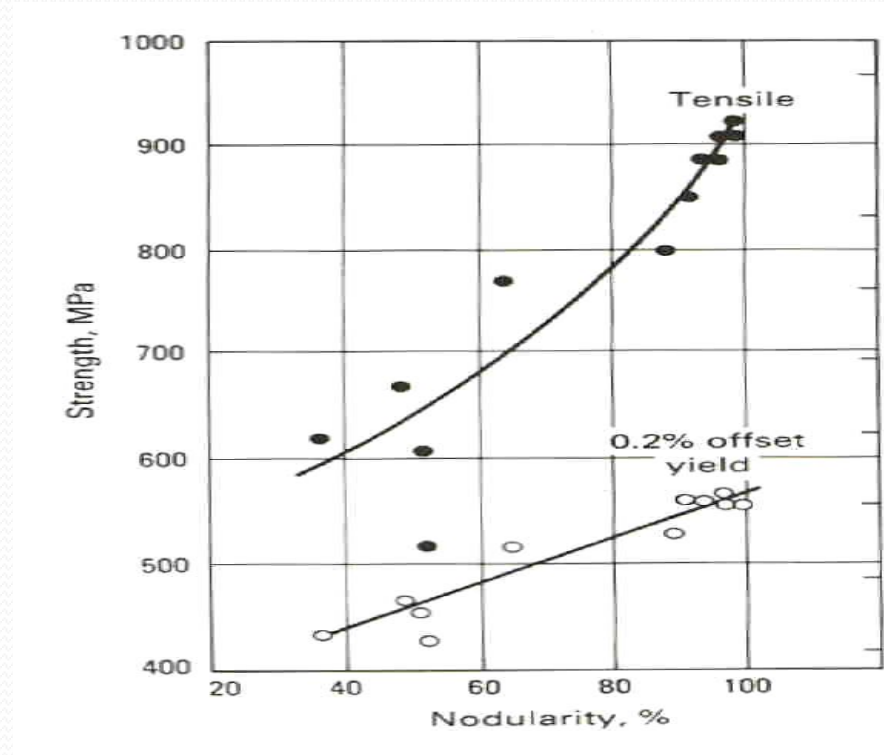
Yüksek sıcaklık uygulamaları için 3.75% ile 4.25% seviyelerinde Si gerekir.

Mekanik özelliklere bileşimin etkisi

- Mangan: perliti kararlı kılar. Mukavemeti artırır fakat sünekliği ve işlenebilirliği düşürür.
- Nikel: perlitin incelmesini sağlayarak mukavemeti artırır. Sertleşebilirliği de artırır.
- bakır: yüksek mukavemette, toklukta ve işlenebilirlikte perlitik yapı oluşmasını sağlar.
- Molibden: yüksek sıcaklık dayanıklılığı sağlar.

Mikroyapının mekanik özelliklere etkisi

- Grafit nodülleri demiri hem dayanıklı hem de sünek yapar. 400 ve 480 Mpa arasında çekme mukavemeti, 15 ve 20% arasında uzama değerleri.)
- Grafit nodülleri daha küçük ve sık olduğunda dökme demirin çekme değerleri daha yüksek olur.



Isıl işlem

- Gerilim giderme:

540 - 595 °C arasındaki bir ısıtma işlemi dökme parçada sonraki talaşlı imalat aşamalarında meydana gelebilecek çarpılma ve bozuklukları önler.

- Normalizasyon, su verme ve temperleme:

900 °C'ye ısıtma, 3 st bekletme hava akımında veya yağda su verme. Daha sonra 540 - 675 °C'de temperleme: 255 HB seviyelerinde sertlik, daha yüksek akma ve çekme mukavemet değerleri fakat daha düşük süneklik.

Gri dökme demir örnekleri

SAE kodu	UNS #	bileşim	Matris yapısı	çekme (MPa)	Akma (MPa)	Uzama (%)	Uygulama alanları
SAE G1800	F10004	3.4-3.7C 2.55Si 0.7Mn	Ferrit+perlit	124			Mukavemetin kritik olmadığı dökme demir uygulamaları
SAE G2500	F10005	3.2-3.5C 2.20Si 0.8Mn	Ferrit + perlit	173			Küçük silindir blokları, silindir kapakları, pistonlar, debriyaj plakaları, vites kutuları
SAE G4000	F10008	3.0-3.3C 2.0Si 0.8Mn	perlit	276			Dizel motor dökümleri, gömlekleri, silindirleri ve pistonları

küresel dökme demir örnekleri

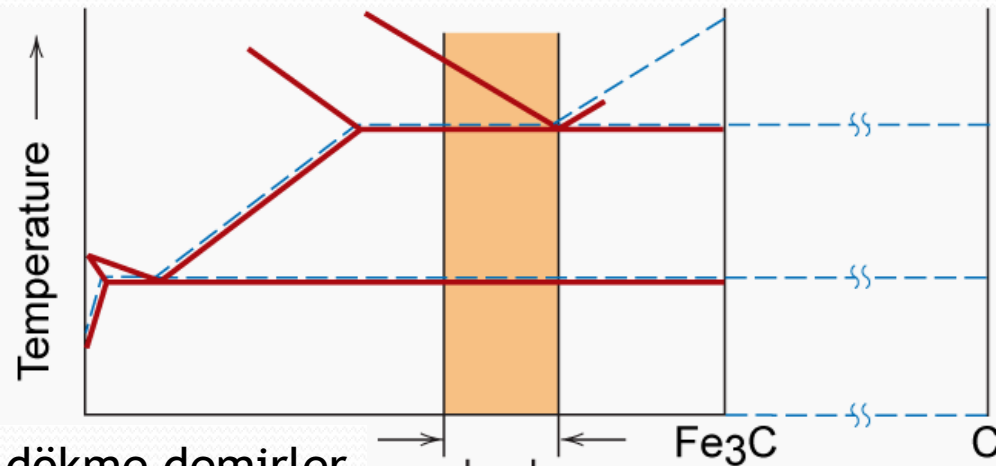
kod	UNS #	bileşim	Matris yapısı	çekme (MPa)	Akma (MPa)	Uzama (%)	Uygulama alanları
60-40-18	F32800	3.5-3.8 C, 2-2.8 Si, 0.05 Mg <0.20 Ni, <0.1 Mo	ferrit	414	276	18	Valf ve pompa gövdesi gibi basınca maruz kalan döküm parçalar
100-70-03	F34800		perlit	689	483	3	Yüksek mukavemetli dişli ve makine parçaları
120-90-02	F36200		martensit	827	621	2	Dişli, makara, plaka

temper dökme demir örnekleri

kod	UNS #	bileşim	Matris yapısı	çekme (MPa)	Akma (MPa)	Uzama (%)	Uygulama alanları
32510	F22200	2.3-2.7 C, 1-1.75 Si, <0.55 Mn	ferrit	345	224	10	Oda ve yüksek sıcaklıklarda genel mühendislik uygulamaları
45006		2.4-2.7 C, 1.25-1.55 Si, <0.55 Mn	Ferrit + perlit	448	310	6	

Dökme demirler - özet

Gf: flake grafit
 Gn: küresel grafit
 Gr: rozet grafit
 α : ferrit
 P: perlit



Ticari dökme demirler

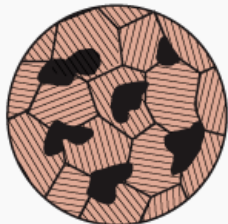
Fe₃C

C

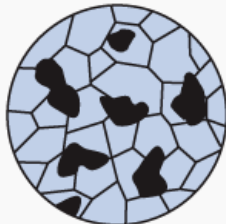
Mg/Ce

Reheat: hold at
 ~700°C for 30 + h

Fast cool	Slow cool
$P + G_r$	$\alpha + G_r$



Pearlitic
malleable

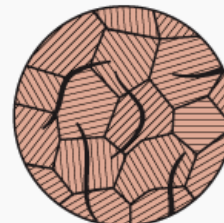


Ferritic
malleable

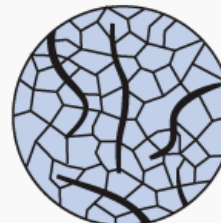
Fast cool	Moderate	Slow cool
$P + Fe_3C$	$P + G_f$	$\alpha + G_f$



White
cast iron

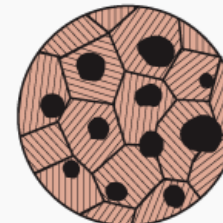


Pearlitic gray
cast iron

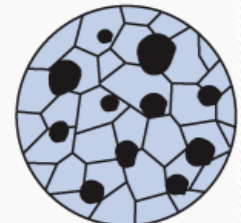


Ferritic gray
cast iron

Moderate	Slow cool
$P + G_n$	$\alpha + G_n$



Pearlitic
ductile
cast iron



Ferritic
ductile
cast iron

Dökme demirlerde paslanma

- Nem > %65 olduğunda dökme demirler paslanırlar. Rutubette demir oksijen ile birleşerek oksitlenir (Fe_2O_3).
- Paslanma atmosferde sülfür dioksit, amonyum sülfat gibi kirlilikler ve parmak izli yüzeylerde %58 seviyelerindeki nem seviyelerinde bile gerçekleşir.
- Havadaki nemim %30 altına azaltılmasının paslanmayı önlemede etkili olduğu anlaşılmıştır.

grafitleşme

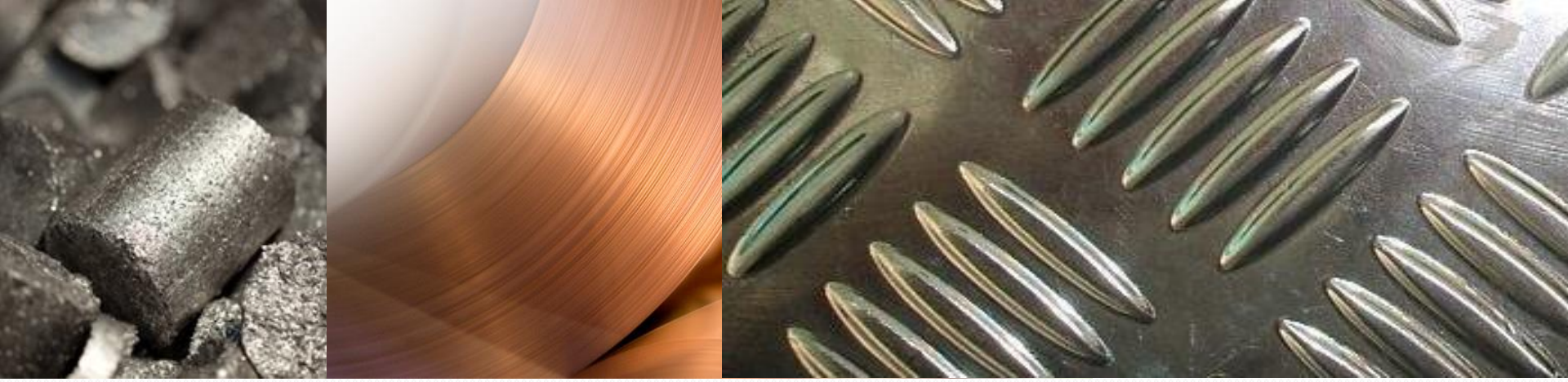
- Grafit kristalleri yerlerinde dururken, demir matris paslanır. Dökme demir parça şeklini korumaktadır ve fakat mekanik olarak demir kaybı nedeniyle artık daha zayıftır.
- Grafitleşme parça çok uzun sürelerle dışarıda bırakıldığında, asidik yağmur suları bir şekilde parçaya nüfuz ettiğinde gerçekleşir.
- Bu korozyon hadisesi galvaniktir. Bu kombinasyonda Karbon en asil demir ise en korozif bileşen olarak davranmaktadır.
- Dökme demirin mikroyapısı ve bileşimi korozyon hızı grafit yapısı ve miktarına bağlı olduğundan kritiktir.

Dökme demir uygulamaları




Dökme demir uygulamaları





demir-dışı metaller

alüminyum

	Discovery date	1825
	Discovered by	Hans Oersted
	Origin of the name	The name is derived from the Latin name for alum, 'alumen' meaning bitter salt.
	Allotropes	-
Fact Box		
■ Group	13	
■ Period	3	
■ Block	p	
■ Atomic number	13	
■ State at room temperature	Solid	
■ Electron configuration	[Ne] 3s ² 3p ¹	

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
Period																			
1	1 H 1.008																		
2	3 Li 6.94	4 Be 9.0122																	
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.305																	
4	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.63	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798	
5	37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.96	43 Tc [97.91]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29	
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	*	71 Lu 174.97	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [209.99]	86 Rn [222.02]
7	87 Fr [223.02]	88 Ra [226.03]	**	103 Lr [262.11]	104 Rf [265.12]	105 Db [268.13]	106 Sg [271.13]	107 Bh [270]	108 Hs [277.15]	109 Mt [276.15]	110 Ds [281.16]	111 Rg [280.16]	112 Cn [285.17]	113 Uut [284.18]	114 Fl [289.19]	115 Uup [288.19]	116 Lv [293]	117 Uus [294]	118 Uuo [294]

?

13

AI

26.982

Atom numarası: 13 Elektron konfigürasyonu : 1s²2s²2p⁶**3s²3p¹**

Atom ağırlığı: 26.98 g

yoğunluk 2.7 g/cc .. ergime noktasında 2.375 g/cc

Ergime noktası: 660 °C

Buharlaştırma noktası: 2519 °C

Yüzey merkezli kübik (YMK) kristal yapısı

Alüminyumun özellikleri

Oksidasyon halleri : +3, +2, +1 ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$)

Elektronegativite: 1.610

Elektron afinitesi: 41.747 kJ/mol

Atom çapı: 1.43 Å

Atom hacmi: 10.0 cc/mol

kafes sabiti: 4.049 Å

“bu değerli metal gümüşün beyazlığına, altının dayanıklılığına, demirin azmine, bakırın kaynaşmasına, camın hafifliğine sahip. Kolayca işlenebiliyor ve demirden 3 kat daha hafif olması gösteriyor ki, bizim füzemizin malzemesi olarak yaratılmış.

Jules Vernes, *“From the Earth to the Moon”*, 1865.

rezervler

- Oksijen ve silisyumdan sonra yer kabuğunda ağırlıkça %8.3'lük pay ile **3. sırada**
- Oksijene karşı aşırı ilgisi nedeniyle element halinde bulunmaz; **oksitlerde ve silikatlarda** yer alır.
- En önemli minerali **boksit**
- Bilinen boksit rezervleri bugünkü hızda tüketildiği takdirde 100 yıl yetecek kadar!



Kısa tarihçe

- Alüminyum 1808'de İngiliz bir elektrokimyacı, Sir Humphrey Davy, tarafından keşfedilmiştir. Bu keşiften 17 yıl sonra Danimarkalı bir bilim adamı, Oersted tarafından ilk kez küçük bir alüminyum peleti metalik olarak elde edilmiştir.
- Alüminyum metali ilk kez 1855'de Paris Fuarı'nda sergilenmiştir.
- O tarihlerde alüminyum altın, gümüş ve platinden daha kıymetli!
- 3. Napoleon silah yapımında gelecek vaat ettiği için alüminyum ile yakından ilgilenmiştir.

Kısa tarihçe

- Deville adında bir Fransız alüminyum 37 \$/kg maliyetle üretmeyi başarmıştır. Ancak ticarileşebilmesi için bu fiyat da yüksek kabul edilmiştir.
- 30 yıl kadar sonra Hamilton Castner adında Amerikalı bir kimyager üretim yöntemlerindeki iyileştirmelerle fiyatı 18 \$/kg'a kadar düşürmüştür..
- Ancak bu rakam da alüminyumun ticarileşmesine yetmemiştir. Bu tarihte yıllık alüminyum üretimi 15 tondur.

Kısa tarihçe

- Fransa'dan Paul Louis Toussaint Hérault ve ABD'den Charles Martin Hall adlarında 2 genç araştırmacı birbirlerinden habersiz olarak alüminyum ucuza üretmek için çalışmalar yapmaktaydı.
- 1886'da bu 2 genç adam yeni bir üretim prosesi geliştirmiştir.
- Birbirlerinden habersiz çalışmalarına karşın aynı adımları içeren bu yöntem onların isimleri ile anılır:
- Hall-Heroult yöntemi!

Kısa tarihçe

- 1. dünya savaşı alüminyum üretimi ve tüketiminde dramatik bir etki yapmıştır. 1914 ve 1919 arasındaki 6 yıl içinde yıllık alüminyum üretimi 70800 tondan 132500 tona artmıştır.
- Savaş yıllarında büyüyen üretim kapasitesi savaş sona erdikten sonra sivil sanayide değerlendirilmiştir.
- Bu trend çok daha etkili bir biçimde 2. Dünya savaşında da tekrarlanmıştır.

Kısa tarihçe

- Dünya alüminyum üretimi 1939'da 704 bin ton iken 1943'te 1,950,000 tona yükselmiş ve bu tarihte pik yapmıştır.
- 2. Dünya savaşında batı dünyası 4-5 yıl içinde üretim kapasitesini 3 kat arttırmıştır.
- Bu kapasite için yeni pazarların yaratılması gerekmiştir.
- Ancak alüminyuma talep hiç sıkıntı yaratmamış bu yeni kapasite birkaç yıl içinde eksiksiz olarak değerlendirilmiştir.

Alüminyum hakkında...

- Alüminyum demirden sonra en çok kullanılan metaldir.
- Alüminyumun elde edildiği başlıca mineral boksittir.
- Alüminyum paramanyetiktir.
- Boksit üretiminde ilk 3 ülke, Avustralya, Gine ve Vietnam'dır.
- Alüminyum üretiminde Avustralya, Çin ve Brezilya önde gelmektedir.
- Hall-Heroult prosesinin keşfinden önce alüminyum altından bile daha pahalı olduğu için «metallerin kralı» denirdi.

Alüminyum hakkında..

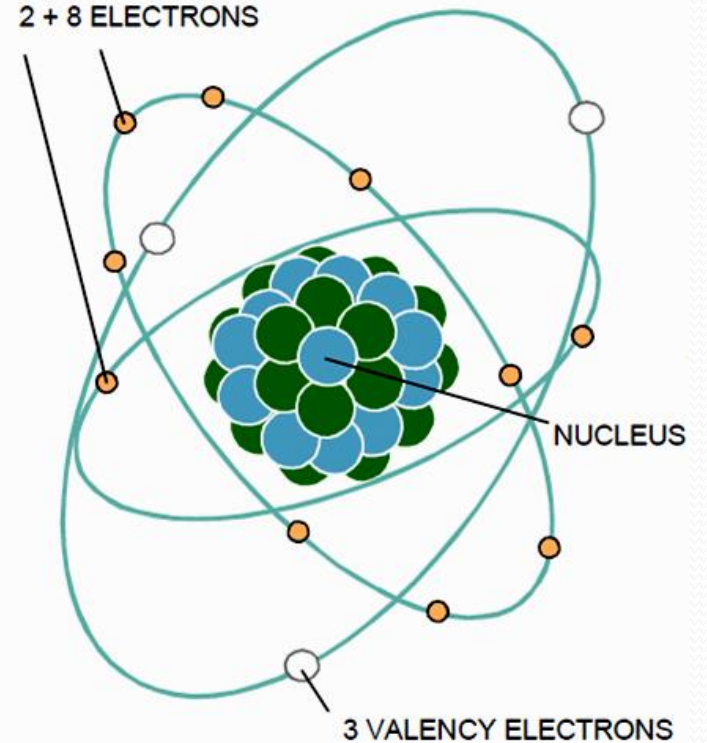
- 3. Asırdan Çin generali Chou-Chu'nun mezarında bulunan kıymetli bir mücevherin %85 alüminyum içerdiği belirlenmiştir.
- Alüminyum havai fişeklerde ve kıvılcım yapıcılarda yaygın olarak kullanılır.
- Uçak gövdesinin %80'i alüminyumdur.



Atom yapısı

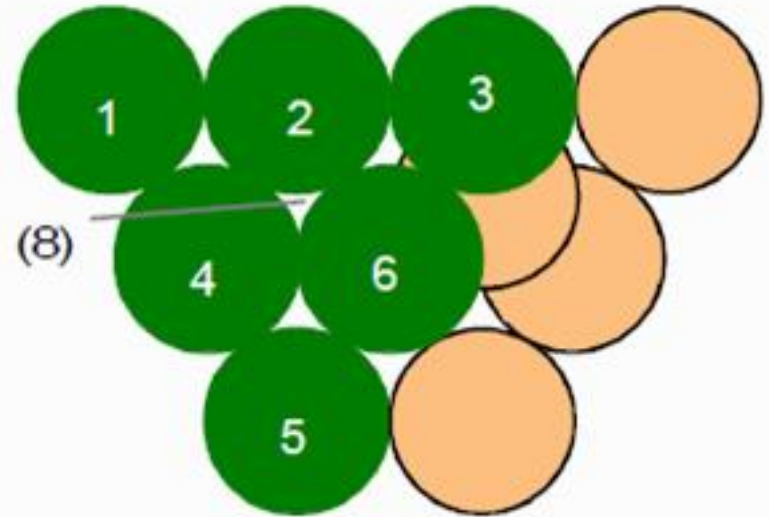
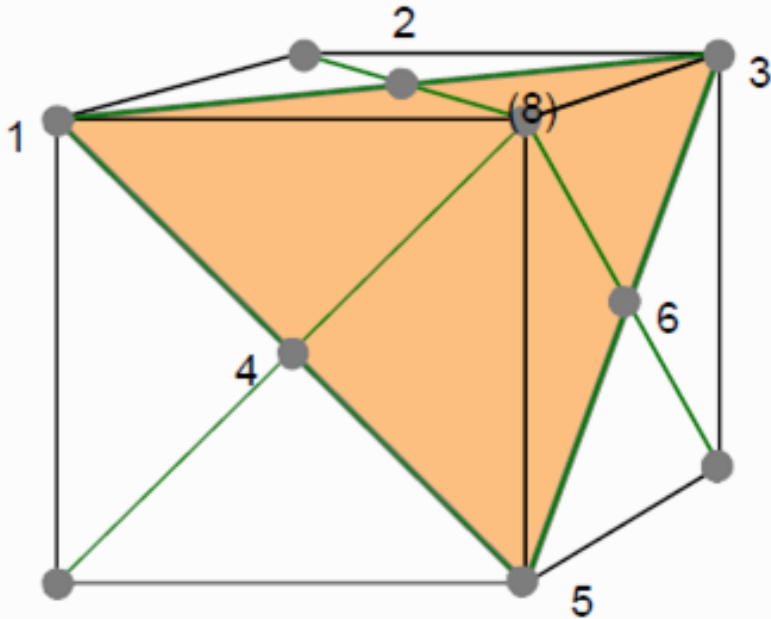
Alüminyumun atom numarası 13'dür.

Alüminyum atomunun 13 elektronu vardır. Tamamen dolu olan ilk 2 orbitalden sonra en dış orbitaldeki 3 valens elektronu alüminyumun diğer elementlerle nasıl etkileşim içinde olacağını belirler.



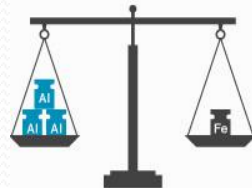
Kafes yapısı

Alüminyumda atomlar, bakır, gümüş ve altında olduğu gibi yüzey merkezli kübik düzeninde yerleşmiştir. Kübün köşelerinde ve her yüzeyin merkezinde atomlardan oluşan bu düzen sayesinde alüminyum deformasyonu kolay sünek bir metaldir.



Alüminyumun özellikleri

- Hafif olması alüminyumun anahtar özelliklerinden biridir.
- Yoğunluğu (2.7g/cm^3) çeliğinkinin üçte biri kadardır.
- Alüminyumun yoğunluğu diğer elementlerle pek değişmez.
- Ancak Al-Li alaşımları %15 kadar daha hafiftir.
- Hafiflik sadece serviste değil, sevk ve montaj aşamasında da büyük bir avantaj sağlar.



1/3 the weight of **steel**

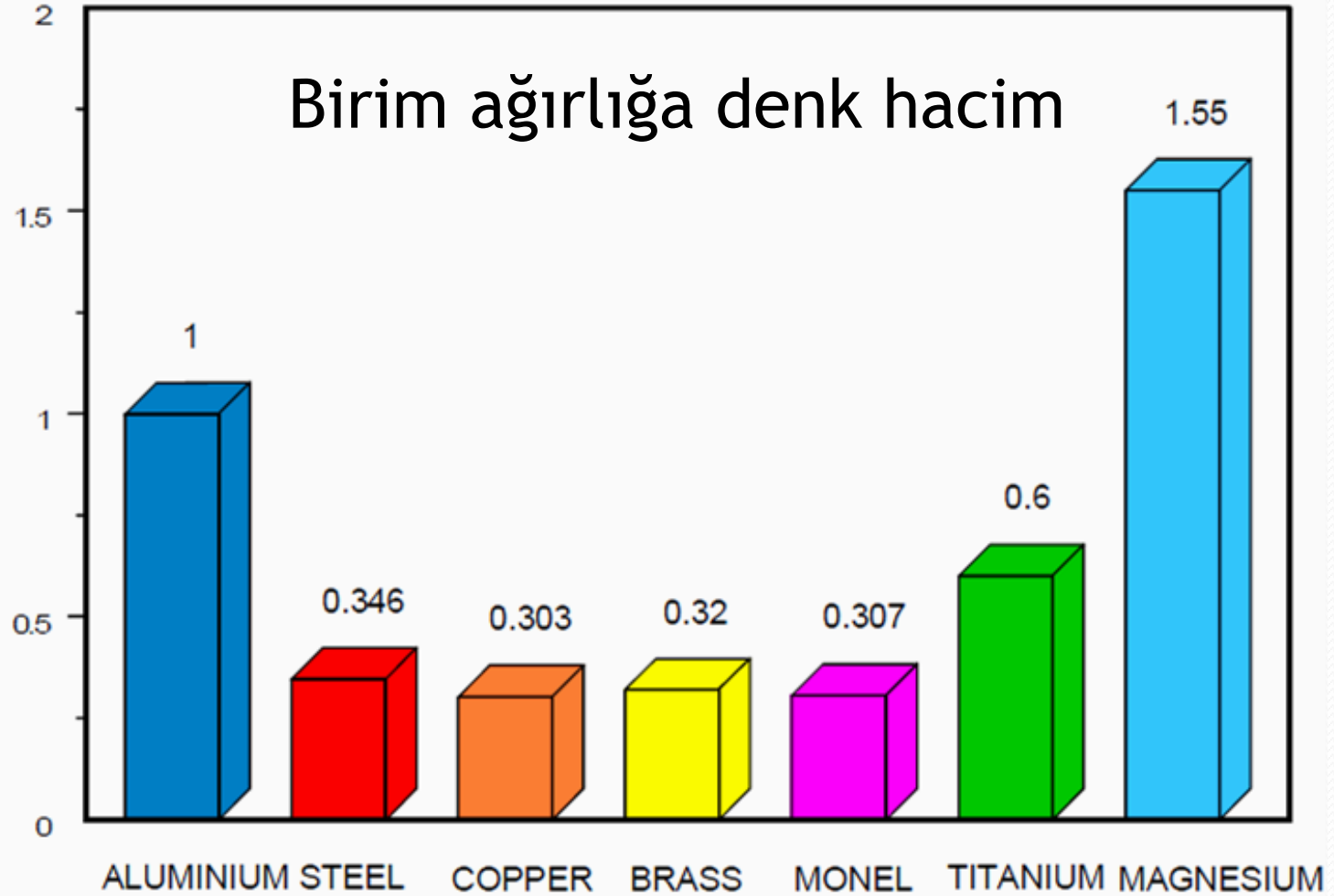


**STRONG
AND LIGHT**

Alüminyumun özellikleri

- Hafiflik bütün taşıtlarda kritik bir özelliktir.
- Taşıtlarda alüminyum kullanılması ölü ağırlıkları azaltarak, yakıt tüketimini ve emisyonları düşürür, taşıma kapasitesini arttırır.
- Alüminyumun dayanıklılığı da gözeten bir dizi alaşımı son 60 yıl içinde uçak sanayinin gözdesi olmuştur.

yoğunluk



düşük yoğunluk

Mercedes' M-133-55



Alüminyumun özellikleri

dayanıklı

- 70 ile 700 MPa arasında çekme mukavemetleri
- Bir çok çelikten farklı olarak, alüminyum düşük sıcaklıklarda kırılgan hale gelmez. Aksine, mukavemeti artar.
- Alüminyumun mukavemeti alaşımlama ile süneklikleri zarar görmeden arttırılabilir.
- Çok az miktarda alaşım ilavesi ile üçte bir ağırlıkta çeliğin mukavemet seviyeleri yakalanabilir.



STRONG
AND LIGHT

Alüminyumun özellikleri

Sünek

- Alüminyum sünek bir metaldir.
- Gerek soğuk gerek sıcak şekil verme yöntemleri ile kolayca şekillendirilebilir.
- Alüminyum düşük ergime noktasına sahiptir ve döküm yoluyla parça üretimi caziptir.
- Şekil alma kapasitesi yüksek olduğu için nihai ürüne ulaşmak kolay ve ucuzdur.
- Bu özelliği tasarımda ve entegrasyonda esnekliğe müsaade eder.

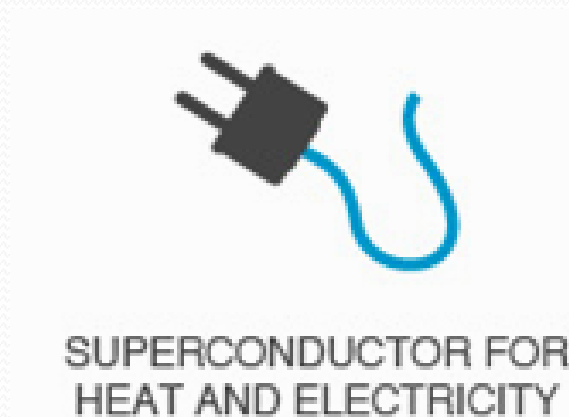


EASY TO
FORM

Alüminyumun özellikleri

Mükemmel iletken!

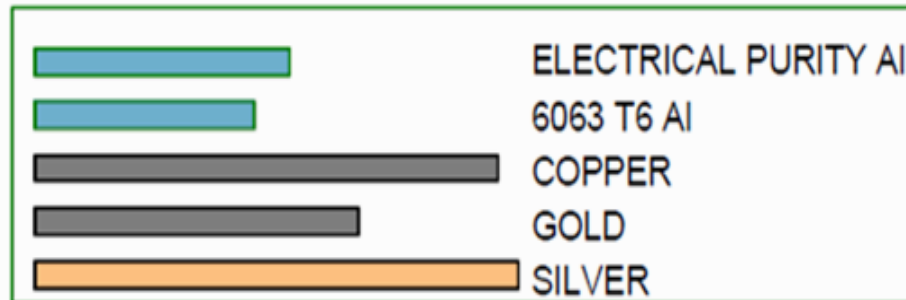
- 99.99% saflıktaki alüminyumun iletkenliği bakırın %64'ü kadardır. (20 °C'de 63.8% International Annealed Copper Standard (IACS)).
- Ağırlığa göre normalize edildiğinde bakırdan 2 kat daha iyi bir iletkenidir.



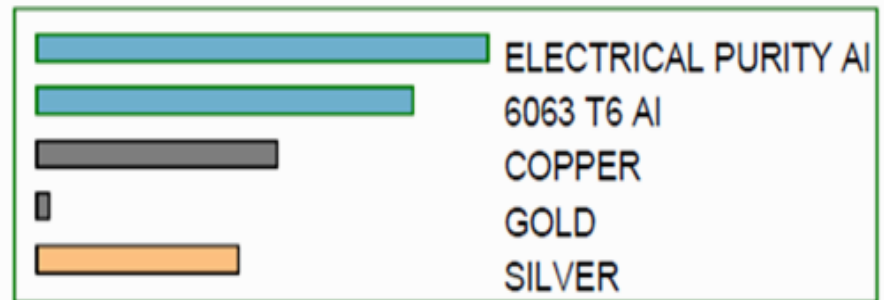
Alüminyumun özellikleri

- Diğer alaşım elementlerinin ilave edilmesi alüminyumun elektrik iletkenliğini düşürür.
- Katı çözeltideki elementler iletkenliği daha fazla etkilediğinden ısıtıl işlem de iletkenliği yakından etkiler.

CONDUCTIVITY OF METALS COMPARED



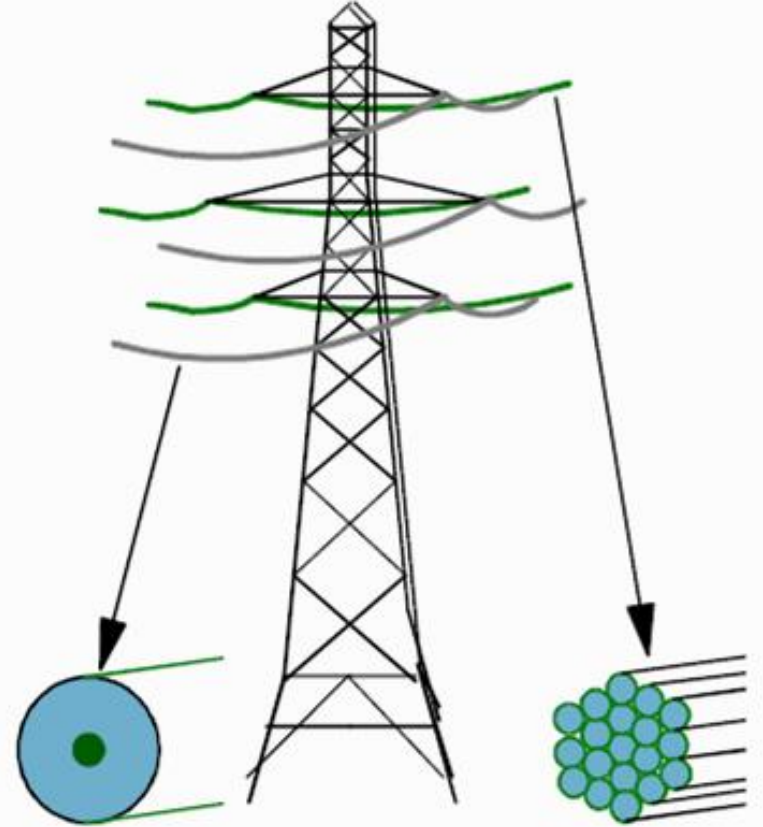
CONDUCTIVITY / UNIT WEIGHT



Alüminyumun özellikleri

Elektrik iletkenliği ve düşük yoğunluğu alüminyumu elektrik endüstrisinde ve havai hatlarda en tercih edilen malzeme seçeneği yapmıştır.

Alüminyumdan elektrik nakil hatları ilk kez 1898 yılında ABD’de kullanılmıştır.



1350 ALUMINIUM
WITH GALVANISED
STEEL CORE

6061 ALLOY

Alüminyumun özellikleri

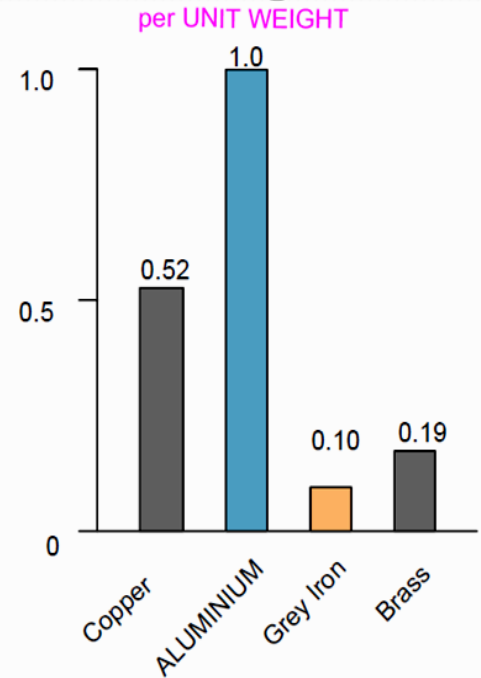
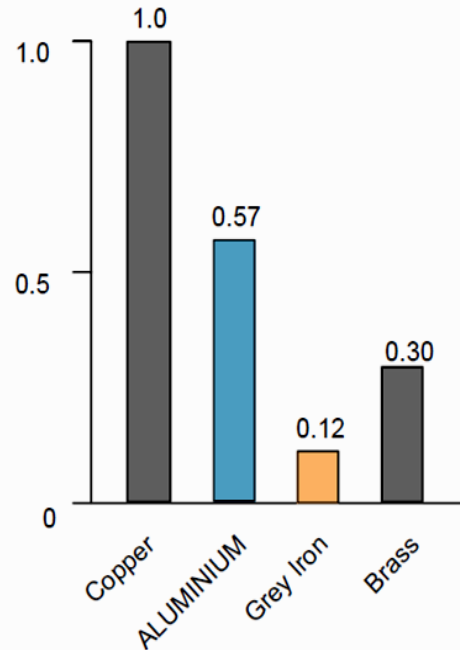
Isı iletkenliği

%99.99 saflığındaki Alüminyumun ısı iletkenliği,

κ : 61.9% IACS

Düşük yoğunluğu sayesinde kütleli ısı iletkenliği bakırınkinin 2 katıdır.

Alaşımlar elementleri ile bir miktar düşer.



Alüminyumun özellikleri

- paslanmaz! / uzun ömürlüdür!/ bakım gerektirmez!
- Alüminyum yüzeyinde hasar gördüğünde hemen yenilenen koruyucu bir oksit filmi vardır. Bu sayede korozyona karşı çok dayanıklıdır.
- Anodik oksidasyon gibi yüzey işlemlerine çok uygundur.
- Bu nedenle otomotiv gövde ve bina cephe uygulamalarında çok uzun ömürlüdür.
Bakım ve onarımı gereksiz kılar.



LONG LIFE –
LITTLE MAINTENANCE

Alüminyumun özellikleri

- Alüminyum ve alaşımları hafif paramanyetiktir.
- Alüminyumun manyetik karakterinin zayıf olması savaş gemi gövdeleri için değerlidir. Alüminyum hem hafiftir hem de diğer manyetik olmayan alternatiflere göre daha ucuzdur.
- Bu özelliği ile “screening” fonksiyonları için elektronik donanımlarda tercih edilir.

Alüminyumun özellikleri

Yanmaz ve yangına dayanıklıdır

Bu özelliği sayesinde inşaat işlerinde ve bina cephe giydirme uygulamalarında tercih edilir.

660 °C'de gaz çıkışı göstermeden ergimeye başlar.



Alüminyumun özellikleri

Mükemmel bir yansıtıcı!

- Hem ısıyı hem de ışığı yansıtır.
- Alüminyum üzerine düşen ışığın %75, ısının %90'ını yansıtır.
- Yansıtmadaki yüksek verimliliği enerji tüketimini azaltır.
- Hafifliği ile birlikte ampül şapkaları, kurtarma battaniyesi gibi uygulamalar için ideal bir malzemedir.



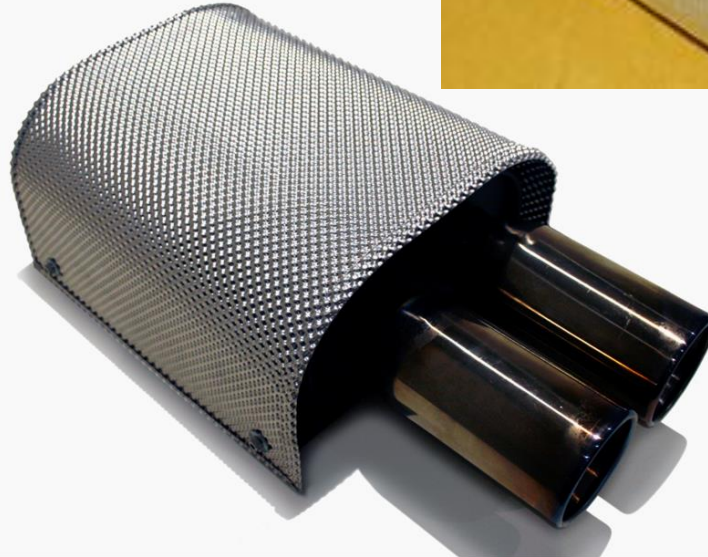
GREAT
REFLECTOR

Alüminyumun özellikleri

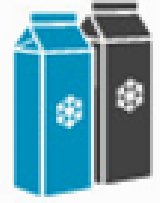
Yansıtma ve yayıcılık

- Alüminyum yüzeylerin yayıcılık değeri anodik oksidasyon işlemi ile artırılabilir.
- Isı değıştiricilerin imalatında bu yöntem sıklıkla başvurulur.
- Anodik kaplamalar emissivite değerlerini %35-65 seviyelerine yükseltir.
- Siyah anodik kaplamalar bu değeri %95'e kadar çıkarır.

mükemmel yansıtıcı



Alüminyumun özellikleri



PERFECT FOR
FOOD PACKAGING

- Gıda ve içecek için mükemmel ambalaj malzemesi
- Alüminyum folyo tamamen geçirmez bir malzeme
- Toksik değil ve kokusuz.
- Tat, koku, ışık giriş ve geçişine izin vermez.
- Gıda ambalajı olarak israfı önler.
- Hafif olduğu için paketlemede ve nakliye aşamasında ciddi enerji tasarrufları sağlar

utma gereksinimini azaltır
mikrona inceltildiğinde k



alüminyum ambalaj



Alüminyumun özellikleri

Geri kazanılabilir!

- Alüminyum özelliklerinden hiçbir şey kaybetmeden %100 verimle geri dönüştürülebilir.
- Alüminyumun hurdasından ergitme ile eldesi mineralinden üretimine göre 20'de 1 daha az enerji tüketir.
- Bugüne değin üretilen alüminyum %75'i hala kullanımdadır.



EASY TO
RECYCLE



Alüminyumun özellikleri

Lineer genleşme

Diğer metallere göre alüminyum yüksek lineer genleşme gösterir. Tasarımlarda bu özelliği dikkate alınmalıdır.

Talaşlı imalat

Alüminyum bir çok talaşlı imalat tekniğine (torna, delme, kesme, eğme vb) İşlemede enerji sarfı düşüktür.

Birleştirme

Kaynak ve yapıştırma vb birleştirme işlemlerine uygundur.

Alüminyumun özellikleri

Eletromanyetik perdeleme

Alüminyum elektromanyetik radyasyona karşı iyi bir kalkanıdır. İletkenlik arttıkça bu kapasite de artar.

Manyetik değil!

Alüminyum manyetik değildir (esasen paramanyetiktir). Manyetik alanlarla etkileşimi önlemek için manyetik X-ışınları cihazlarında kullanılmaktadır.

nonmanyetik

Alüminyum alaşımları hafif paramanyetiktir.

Manyetik geçirgenlikleri “1” den biraz büyüktür.

Alüminyumun manyetik olmayışı donanma gemi gövde yapılarında hafiflik, ucuzlukla birlikte avantaj sağlar.

Elektronik donanımlarında perdeleyici olarak kullanılır.

krojenik

Çelikler ve titanyum çok düşük sıcaklıklarda kırılğan hale gelirken alüminyum süneklüğünü korur ve sıcaklık düştükçe daha da mukavemetli hale gelir.

Bu özelliği alüminyumu düşük sıcaklık uygulamaları ve sıvılaştırılmış gazların depolanması (örneğin sıvı doğal gaz (-162 °C)).



birleřtirilebilir

Alüminyum alaşımları kaynak, perçin, mekanik bağlantı, yapıştırma gibi çok değişik birleştirme yöntemlerinin tamamı ile birleştirilebilir.

Birleřtirilebilir olması profil tasarımlarında büyük kolaylık sağlar.

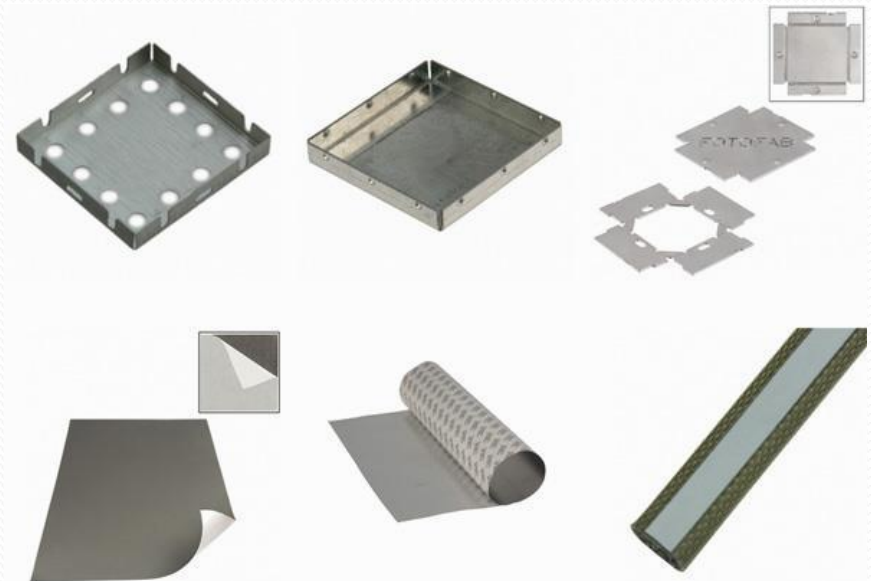


Screening EM radiation (EMC)

Tight aluminium boxes can effectively exclude or screen off, reflect electromagnetic radiation.

The better the conductivity of a material, the better the shielding qualities.

Aluminium is the material of choice for enclosures radio-operated equipment but also all electrical and electronic devices, equipment and systems in respect of electromagnetic compatibility.





Birincil üretim

rezervler

the most abundant (8.3% by weight) metallic element and the third most abundant of all elements (after oxygen and silicon).

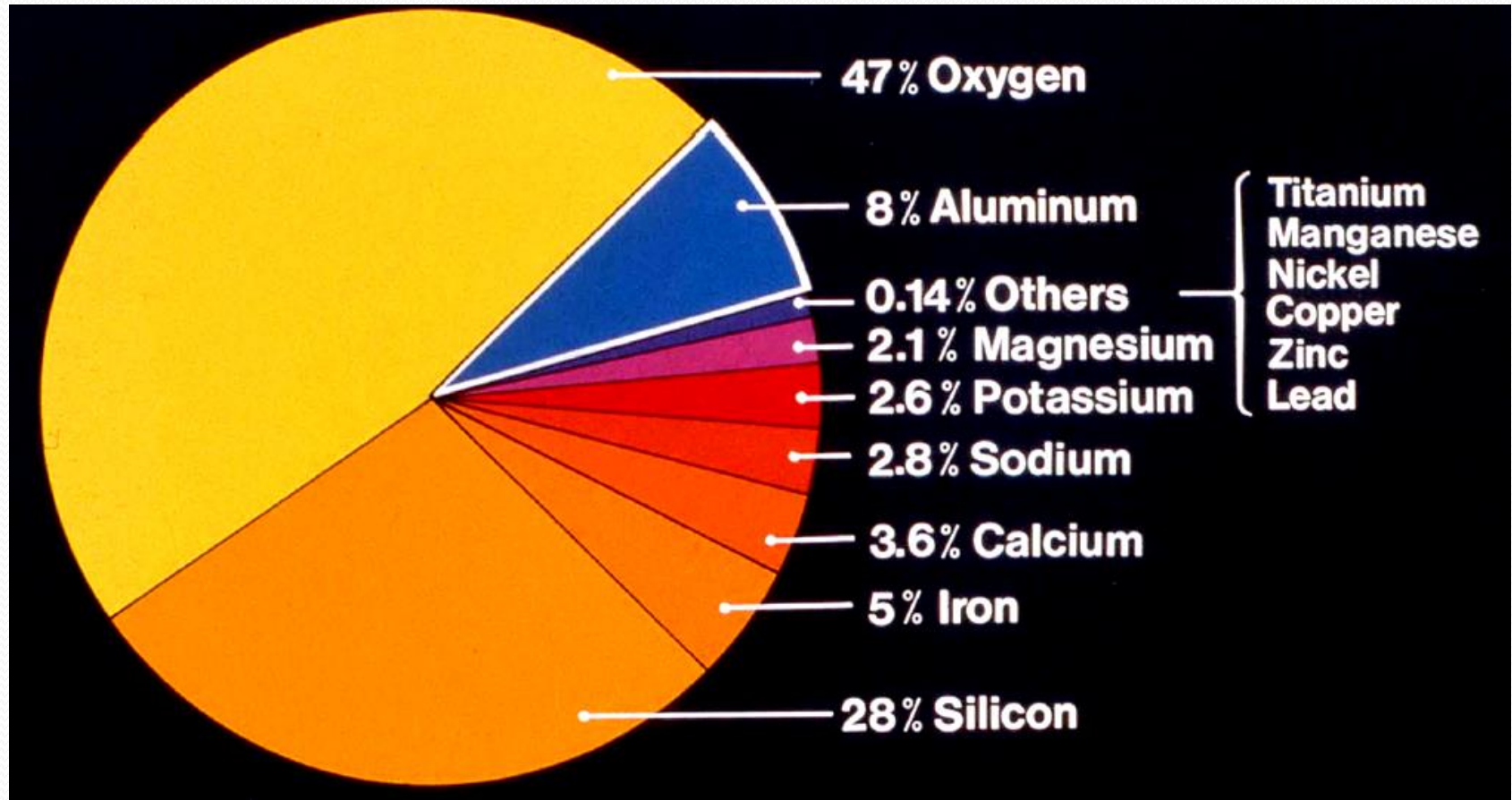
Because of its strong affinity to oxygen, it is almost never found in the elemental state.

instead it is found in **oxides or silicates**.

It constitutes about 7.8 wt% of the earth's crust.



Yer kabuğundaki elementler



boksit

Alüminyum boksitten üretilir. Boksit %40-60 kadar alüminyum hidroksit içerir; su molekülleri bağlanmış alüminyum oksit!

Boksitin diğer tipik bileşenleri:

demir oksit
silisyum oksit
titanyum oksit
su



Little Rock, Arkansas'tan boksit

Diğer mineraller

Feldspar, mika ve kil %15-40 arasında Al_2O_3 içerir.



Feldspar
Ontario, KANADA



mika
Ontario, KANADA



kil
ESTONYA

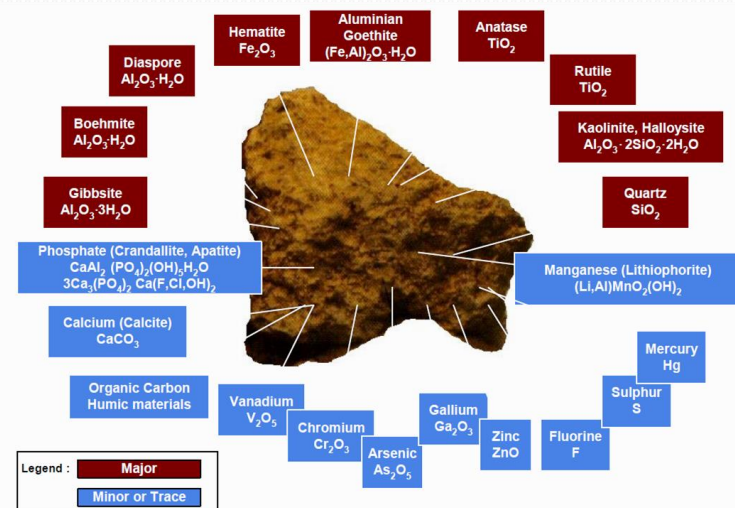
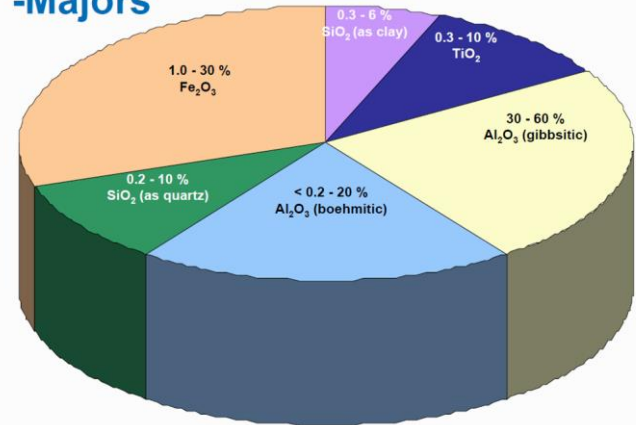
Tipik boksit bileşimi

bileşen

ağ%

Al_2O_3	30-60
Fe_2O_3	1-30
SiO_2	<0.5-10
TiO_2	<0.5-10
P_2O_5	0.02-1.0
CaO	0.1-2
V_2O_5	0.01-0.10
ZnO	0.002-0.10
Ga_2O_3	0.004-0.013
Cr_2O_3	0.003-0.30
S	0.02-0.10
F	0.01-0.10
Hg (ppb)	50-1000

Bauxite: Typical Composition -Majors



Boksit madenciliği

- En zengin ve en ekonomik boksit yatakları tropik ve tropik-altı bölgelerde yeryüzüne yakın yerlerde bulunur.
- Kil ve diğer mineraller de hesaba katıldığında alümina kaynakları neredeyse sonsuzdur.
- Boksit klasik madencilik pratikleri ile açık yataklardan elde edilmektedir. Sonra kırılır, öğütölür, yıkanır ve kurutularak alüminanın diğer safsızlıklardan ayrılması için hazırlanır.

Boksit madenciliği



Alcan AVUSTRALYA

Alcan quebec, KANADA



Boksit madenciliği

Boksit madenciliğinin büyük bir bölümü yeryüzü yataklarında iken, güney Avrupa ve Macaristan'da yer altı madenciliği yapılmaktadır.



Boksit madenciliği

- Global üretim:130 milyon ton/yıl
- Üretimin %70'i Avustralya, Gine, Brezilya ve Jamaika



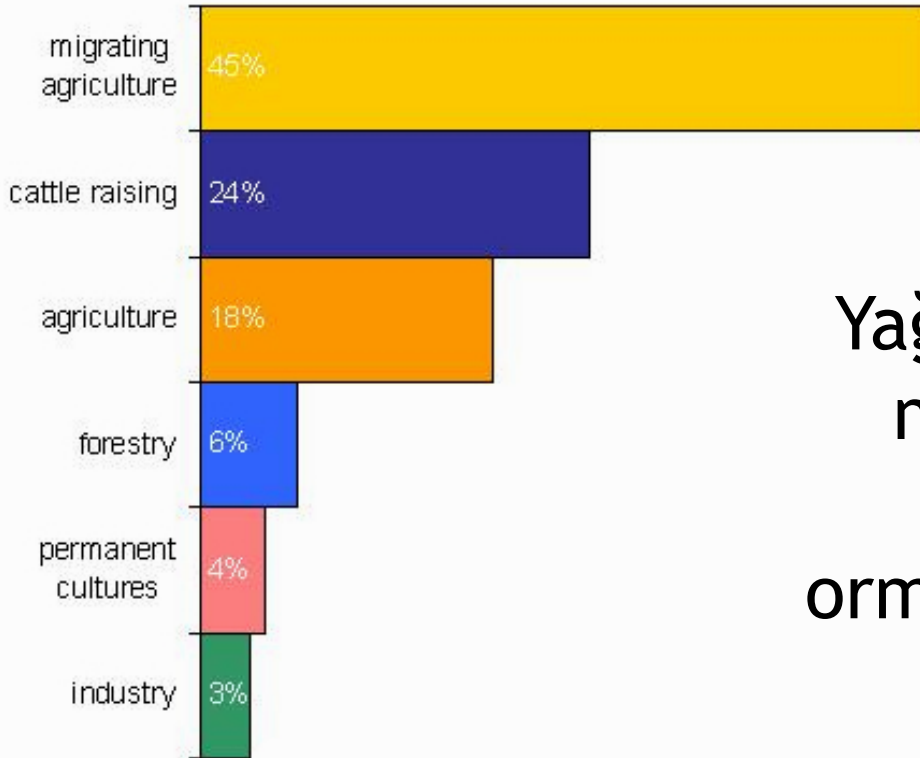
Bauxite mining

The area affected by bauxite mining is about $160\text{m}^2/\text{kt}$.



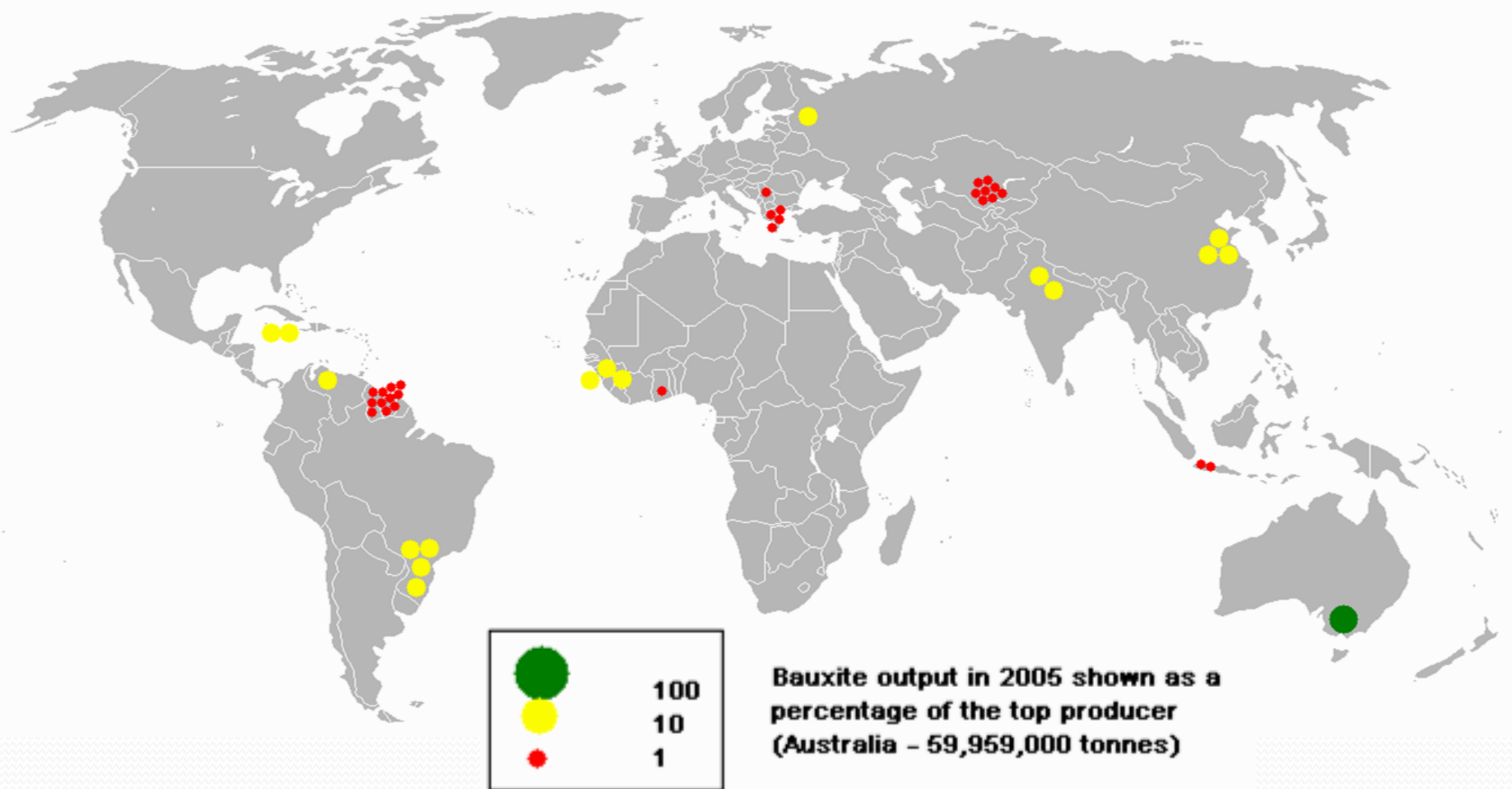
Boksit madenciliği

Boksit madenciliğine açılan alanlar daha sonra orijinal fauna ve florasına kavuşturulabilmektedir. Bu alanların %80'i ağaçlandırılabilmiş, kalan alanlar tarıma açılmıştır.



Yağmur ormanlarında boksit madenciliği için kullanılan alanlar tamamen yağmur ormanlarına kazandırılmıştır.

Boksit madenciliği



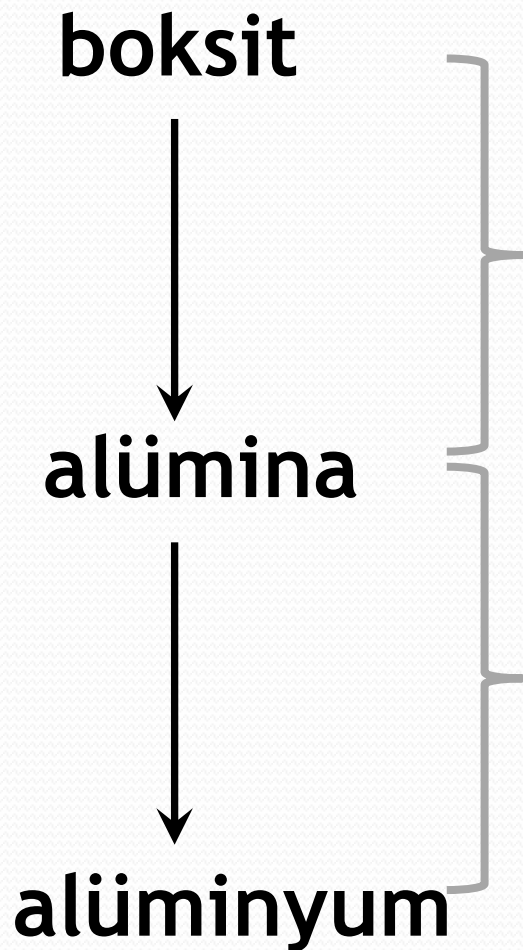
Boksit üretimi

Ülke	Boksit Rezervi	Dünya Rezervlerinden Aldığı Pay
Gine	8,6 Milyar ton	%23
Avustralya	7,9 Milyar ton	%21
Vietnam	5,4 Milyar ton	%14
Brezilya	2,5 Milyar ton	%7
Jamaika	2,5 Milyar ton	%7
Çin	2,3 Milyar ton	%6
Hindistan	1,4 Milyar ton	%4
Guyana	900 Milyon ton	%2
Yunanistan	600 Milyon ton	%2
Surinam	600 Milyon ton	%2
Kazakistan	400 Milyon ton	%1

İŞLETİLMEKTE OLAN BOKSİT YATAKLARI

Türkiye’de ise bilinen boksit rezervleri 68.910.000 tondur.
Milas, Muğla / Seydişehir, Konya / Akseki, Antalya /
Saimbeyli, Adana / İslahiye, Gaziantep / Hassa, Hatay

Boksitten alüminyum üretimi



Alümina boksitten **Bayer prosesi** ile elde edilir (Josef Bayer tarafından Almanya'da 1888'de patentlenmiş!).

Alümininyum alüminadan **Hall-Heroult prosesi** ile elde edilir.
1886

Ticarileşme: Pittsburgh Red. Co.
(Alcoa)

Boksitten alüminyum üretimi

boksit



alümina

Cevher zenginleştirme

Cevherin durumu ve kalitesine bağlı olarak yıkama yolu ile zenginleştirme yapılabilir.

Cevher kırılıp öğütülerek tane boyutu küçültülerek kostik soda işlemine hazırlanır.

Kostik işlem “digestion”

Filtreleme

Çökeltme

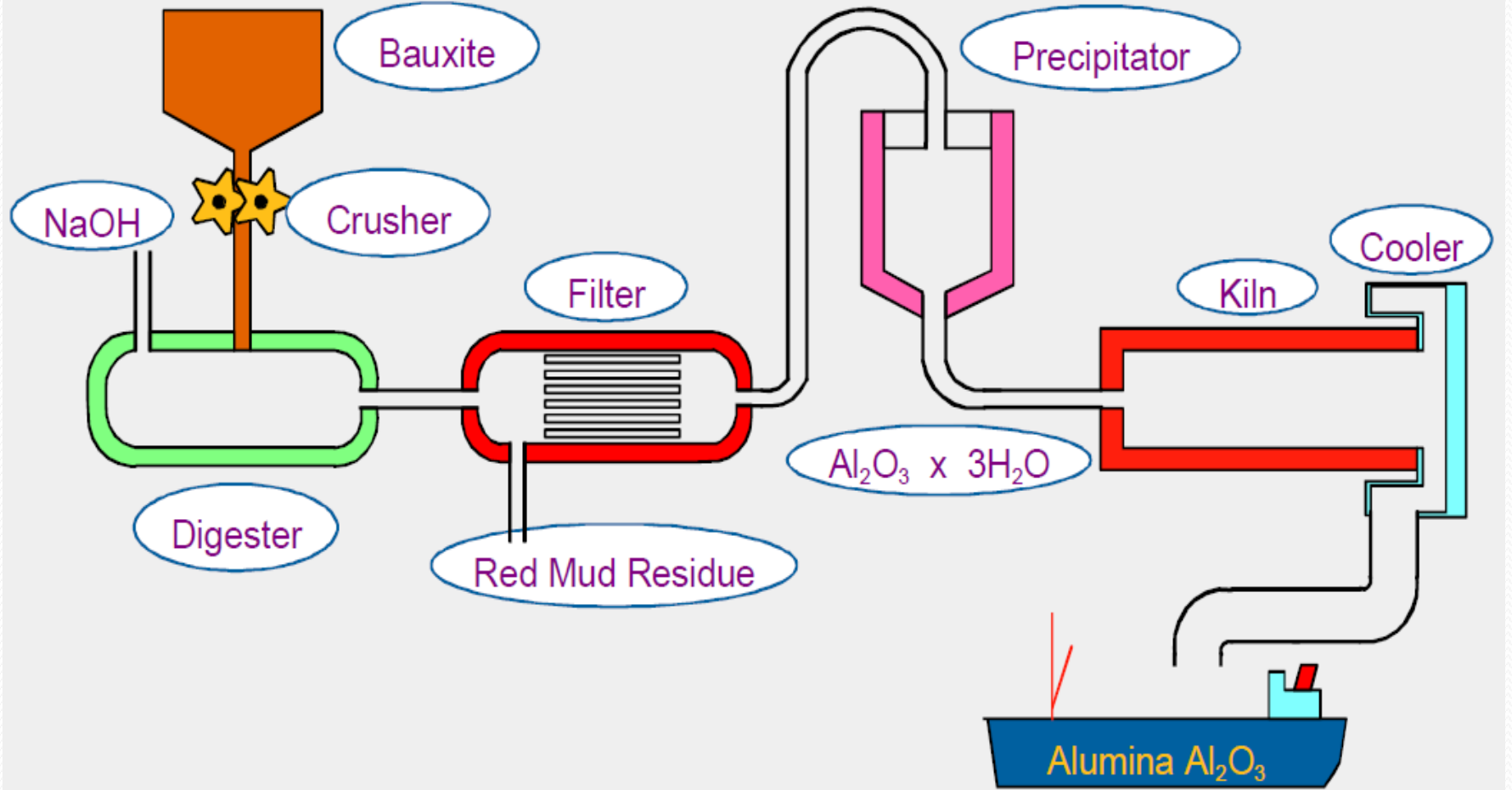
kalsinasyon



**BAYER
prosesi**

Alümina üretimi

zenginleştirme



sindirme → filtrasyon → çökeltme → kalsinasyon

Kostik işlem “digestion”

- Öğütülmüş, yıkanmış ve kurutulmuş boksit kostik soda (NaOH) ile yüksek sıcaklıklarda ve buhar basıncı altında yıkanır.



- Boksit içindeki alüminyum oksit çözünebilir Na alüminata dönüşür ve diğer oksitli çözünmez bileşenlerden kostik soda içinde çözünerek ayrılır.
- Pişirme kazanındaki koşullar (konsantrasyon, sıcaklık ve basınç) boksit cevherinin özelliklerine göre ayarlanır.

Kostik işlem “digestion”

- Gibsit içeriği zengin cevherler için $T=140^{\circ}\text{C}$
Böhmit: $200-240^{\circ}\text{C}$ aralığında
- Basınç: 240°C 'de yaklaşık 35 atm kadardır.
- Yüksek sıcaklıklar avantajlı görünmekle birlikte,
Korozyon olasılığı artar!
diğer oksitler de kostik içinde çözünebilir!

filtreleme

- Böylece alümina çözündürülürken, çözünmeyen empüriteler **KIRMIZI ÇAMUR** adını verdiğimiz karışımda toplanır.
- Bu karışım kırmızı çamuru alüminyumlu çözeltiden ayırmak için filtrelendir.
- Alümina çözeltisi «**çökeltici**» adı verilen tanklar sevk edilir.

çökeltme

- Çökeltme tankında sıcak alümina çözeltisi soğumaya bırakılır.
- Kostik likör çözeltisindeki alüminyum hidrat çökeltir:



- Bu aşamada alüminyum hidroksit ve sodyum hidroksit kristallerinin oluşmasını teşvik etmek için çözeltiye az miktarda alüminyum hidroksit ilave edilir.

Çökeltme

- Çökelen alüminyum hidroksit tank dibinde toplanır ve tanktan alınır.
- Hidrat kristalleri boyut sınıflaması yapılır. Küçük tanecikler tekrar çökeltme aşamasına döner.
- Çökelme aşamasından çıkan çözünmez çamur yıkanarak kostik soda geri kazanılır ve bu soda prosese geri döner.

kalsinasyon

- Ayrılan alüminyum hidroksit kostik soda kalıntılarını gidermek için yıkanır ve döner kalsinasyon ünitelerinde fazla suyu uçurmak için ısıtılır.

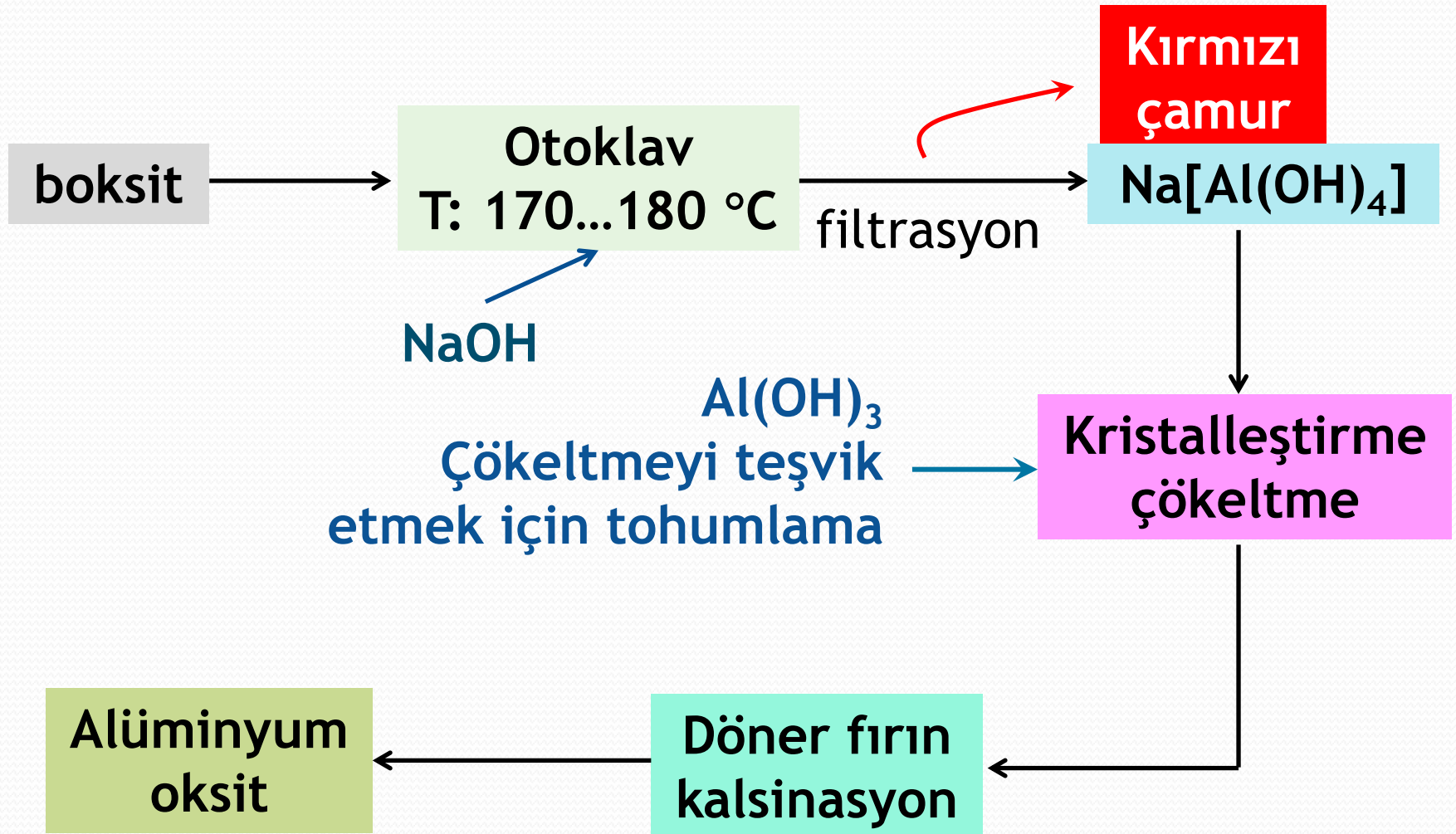


- Böylece beyaz kristalin toz görünümünde fakat camı çizecek kadar sert olan Alümina (alüminyum oksit) elde edilir. Yaygın olarak kullanılan abrasif korundum ve emery bir çeşit alüminadır.

kalsinasyon

- Rafine edilmiş alümina ağırlıkça yaklaşık eşit miktarlarda alüminyum ve oksijen içerir. Alüminyum metal elde etmek için bu ikisi birbirinden ayrılmalıdır.
- 4 ton boksitten 2 ton alümina, ondan da 1 ton alüminyum metal elde edilir.

Alümina üretimi-özet

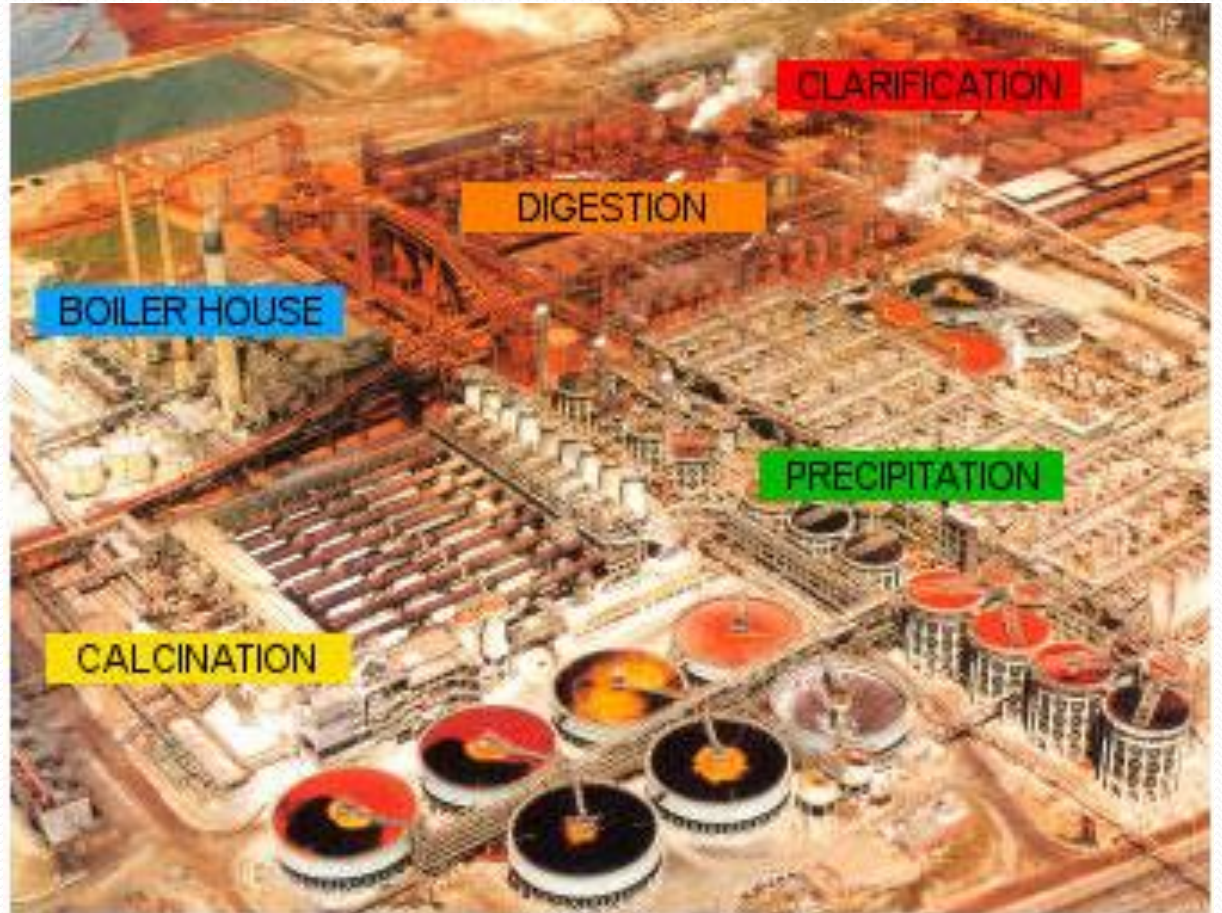


Production of Alumina-summary

- immersing crushed bauxite into a caustic soda solution which dissolves the alumina to form sodium aluminate liquor.
- After filtering, the impurities are left behind as a "red mud" and the liquid is treated to precipitate the aluminium content out of the solution which is now in the form of aluminium hydroxide.
- This material is then separated from the liquor and changed to alumina, which resembles coarse granulated sugar, by heating in kilns at 1000°C .
- Approximately 4 kilogrammes of bauxite is required to produce 2 kilogrammes of alumina.

Alümina üretimi

QAL Alümina
işletmeleri
Queensland
Avustralya



Alümina üretimi

Rusal Alüminyum (İrlanda) tesisleri: 1.800.000 ton/yıl alümina üretim kapasitesi. Avrupa'nın en modern tesislerinden biri



Alümina üretimi

ETİ ALÜMİNYUM Seydişehir: 400 bin ton boksit işliyor!



Alümina üretimi-kırmızı çamur

Kırmızı
çamur
sahası
Stade,
Almanya



Yılda 77 milyon ton ile alüminyum üretiminin en önemli sıkıntılarından biri kırmızı çamur'dur.

alümina

Alüminyum metal üretmek için hammadde!
Ayrıca, kıymetli özel bir bileşik ve ticari bir üründür.

Spark plug
Yangın geciktirici
Sentetik mermer
Katalizör
Diş macunu
Alüminyum florür
Seramik
Refrakter
imalatında kullanılır.



Alümina bileşimi

Bileşenler	ağ% (oksit olarak)
Al ₂ O ₃ (by diff.)	99.3-99.7
Na ₂ O	0.30-0.50
SiO ₂	0.005-0.025
CaO	<0.005-0.040
Fe ₂ O ₃	0.005-0.020
TiO ₂	0.001-0.008
ZnO	<0.001-0.010
P ₂ O ₅	<0.0001-0.0015
Ga ₂ O ₃	<0.005-0.015
V ₂ O ₅	<0.001-0.003
SO ₃	< 0.05-0.20

Alüminadan (Al_2O_3) alüminyum üretimi

Al-O bağı çok kuvvetli; ısıtma ile ayırmak güç, enerji sarfiyatı yüksek!

Alüminyum metal yaklaşık 660°C 'de,
 Al_2O_3 2015°C 'lerde eriyor!

19. Yüzyılın ortalarında alüminayı kimyasal yöntemlerle parçalamak için geliştirilen yöntemler o kadar maliyetliydi ki, metalik alüminyum en az gümüş kadar pahalıydı. Az miktarlarda üretilen alüminyum sadece mücevher imalatında kullanılıyordu.



Alüminadan alüminyum üretimi

Önceleri alüminadan alüminyum elde etmek için elektrik enerjisinden yararlanılması düşünülse de, yüksek enerji gereksinimi caydırıcı olmuş!

Alüminanın suda çözünmüyor olması ve yegane elektrik enerjisi kaynağı olan bataryalar bu yöntemi geçersiz kılmış!

1866'da Döner elektrik jeneratörü, dinamounun icadı bu sorunu kısmen çözüme kavuşturmuş!

Alüminadan alüminyum üretimi

1886'da birbirlerinden tamamen bağımsız olarak çalışmakta olan ABD'den Charles Martin Hall ve Fransa'dan Paul L.T. Heroult **alüminanın Na-Al florür tuzu olan kriyolit içinde yaklaşık 950 °C'de çözündüğünü** keşfetmiştir.

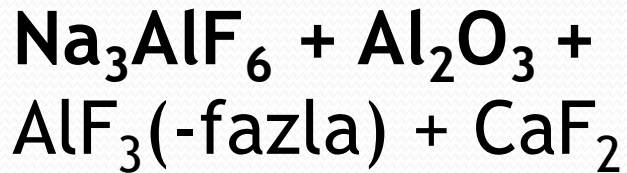
Kriyolit içinde çözünen alümina çözeltiden elektrik akımı geçirildiğinde kolayca alüminyum ve oksijene ayrılmaktadır.

Kriyolit bu proses koşullarında kararlıdır. Üstelik alüminyumdan daha düşük yoğunluğa sahip olduğu için ayrışma sonrasında alüminyumun banyonun dibine çökmesine ve kolayca ayrılmasına izin vermektedir.

Hall-Heroult Prosesi

Alüminayı alüminyuma redüklemek için elektrokimyasal proses

Alümina ergimiş kriyolit içinde çözündürülür:



$T = 960^\circ\text{C}$

$I = 200\text{-}240\text{kA}$

$E \sim 4\text{V}$

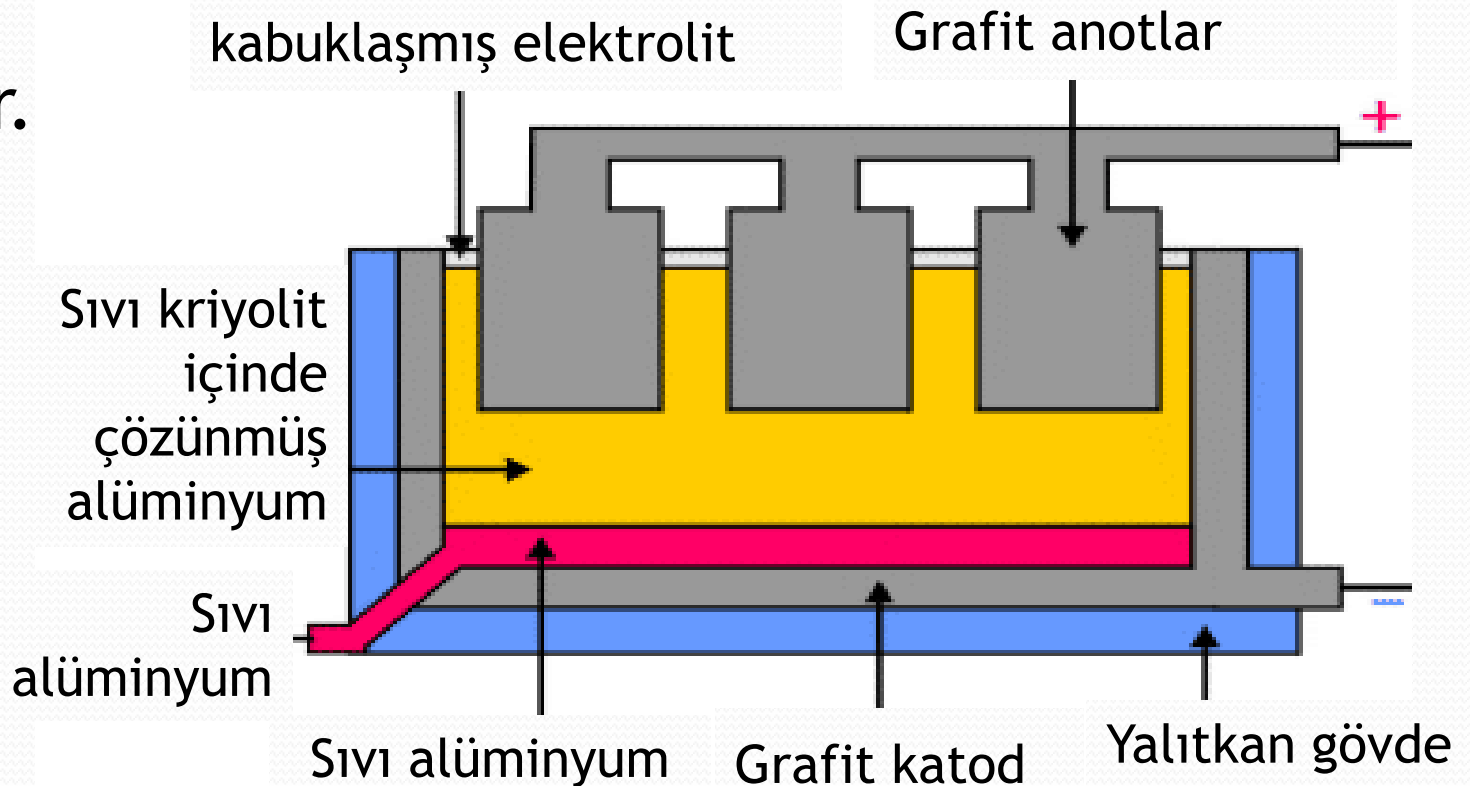


Hall-Heroult Prosesi

Her hücrenin iç astarı katodu oluşturur.

Anot da karbondan imal edilir.

Katot eriyik ile reaksiyona girmediğinden ömrü daha uzundur.



Hall-Heroult Prosesi

Reaksiyonlar:

katod: $4 (\text{Al}^{3+} + 3\text{e} \rightarrow \text{Al}(l))$

anot: $3 (\text{C}(s) + 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2(g) + 4\text{e})$

$4\text{Al}^{3+} + 3\text{C}(s) + 6\text{O}^{2-} \rightarrow 4\text{Al}(l) + 3\text{CO}_2(g)$

$(2\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (kriyolit)} + 3\text{C (anot)} \rightarrow 4\text{Al(sıvı)} + 3\text{CO}_2 (g))$

Alüminyum oksitten ayrılan oksijen iyonları negatif elektrik yüklü olup anotlara taşınır.

burada karbonla birleşerek CO_2 ve CO oluşturur.

CO_2 ve CO kabarcıklar şeklinde yüzeye çıkar + alüminyum hücre dibinde toplanır.

Hall-Heroult Prosesi

Hücre tabanında yeterli alüminyum eriyiği biriktiğinde bir sifon mekanizması ile alaşımlama yapılan işletmeye veya döküm ünitesine gönderilmek üzere hücreden aktarma potalarına alınır.

Hall-Heroult prosesi ile üretilen alüminyum %99'dan daha yüksek saflıktadır.

elektrik enerji gereksinimi çok yüksek!

Bu nedenle birincil alüminyum üretim tesisleri ucuz enerji kaynaklarına yakın konumlanmıştır.

Hall-Heroult Prosesi

- Hall-Heroult prosesi yüksek miktarda elektrik tüketir fakat **voltaj sarfı düşüktür**. Bu sayede bir çok redüksiyon hücrelerini tek bir elektrik devresi üzerinde seri bağlayarak hücre hattı (potline) oluşturmak pratiklik ve ekonomi sağlar.
- Modern redüksiyon hücreleri 250 KA'de her biri 4-5 V seviyesinde çalıştırılır. Bu gibi hücreler $\frac{1}{2}$ kg alüminyum için 6-7 KW elektrik tüketir.
- Çözeltiden geçen akıma karşı direnç çözeltiyi ısıtıp sıvı halde tutmaya yarar.

Hall-Heroult Prosesi

Hall-Heroult prosesi sürekli olarak anot tüketir.

Bu nedenle anotları ya düzenli aralıklarla yenilemek ya da Soderberg anotlarında olduğu gibi kendi kendine pişen bir macun şeklinde anot tedariki yapmak gerekir.

Yaklaşık $\frac{1}{2}$ kg alüminyum için $\frac{1}{4}$ kg karbon tüketilir.

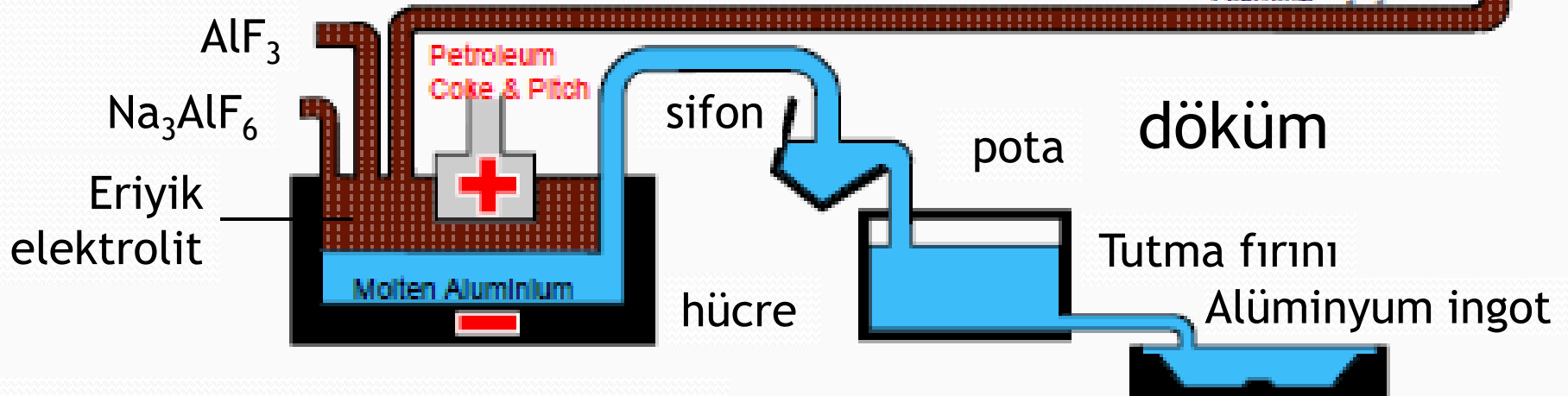
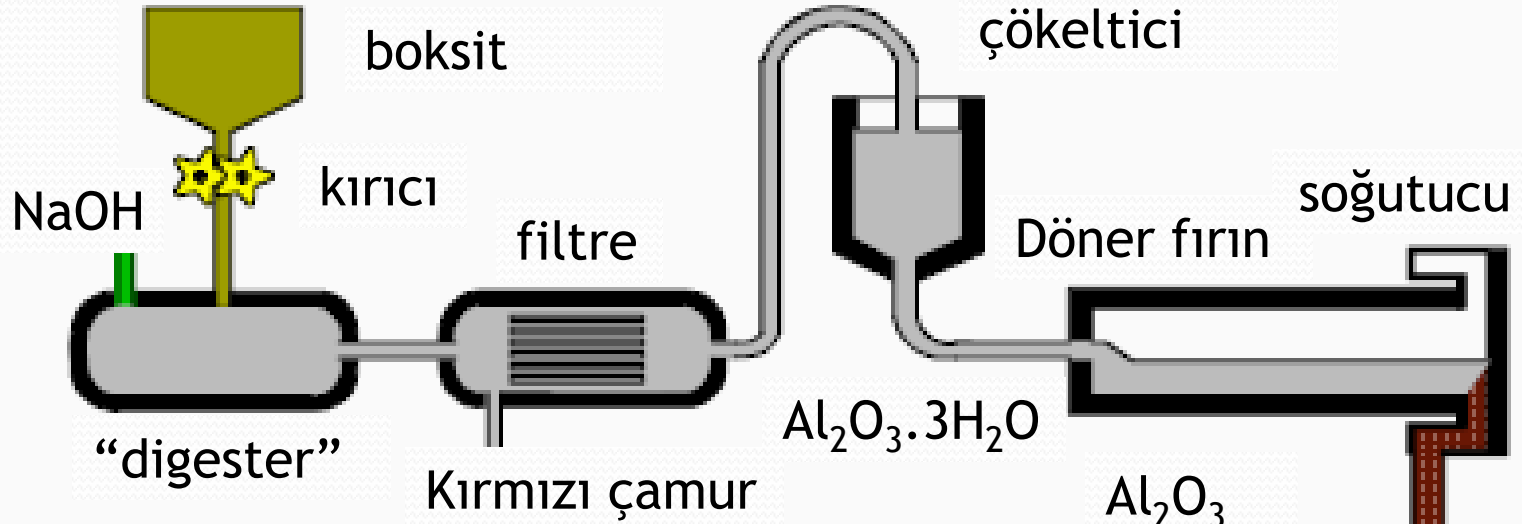
Alüminyum redüksiyon işletmeleri her biri 270-320 kg gelen ve 14 gün aralıklarla yenilenmesi gereken karbon anotları kendi bünyelerinde üretirler.

Alüminyum üretimin ana hatları

- Alümina boksitten BAYER prosesi ile üretilir.
- Parçalanmış, öğütülmüş boksit kostik soda çözeltisi içinde çözündürülür.
- Alümina kostik sodada çözünerek sodyum alüminat likörü oluşturur.
- Bu çözelti filtreden geçirilerek safsızlıkları içeren kırmızı çamurdan ayrılır.
- Çözelti, alüminyum hidroksit şeklinde bulunan alüminyum içeriğini çöktürmek için muamele edilir.
- Çöktürülen kısım çözeltiden ayrılır ve alümina elde etmek için $\sim 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kalsine edilir.
- 2 kg alümina elde etmek için yaklaşık 4 kg boksit gerekir.

Alüminyum üretimin ana hatları

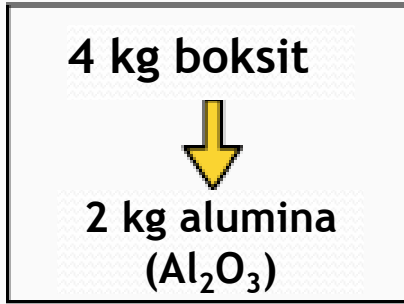
Kimyasal proses



elektrokimyasal proses

Alüminyum üretimin ana hatları

Alümina üretimi

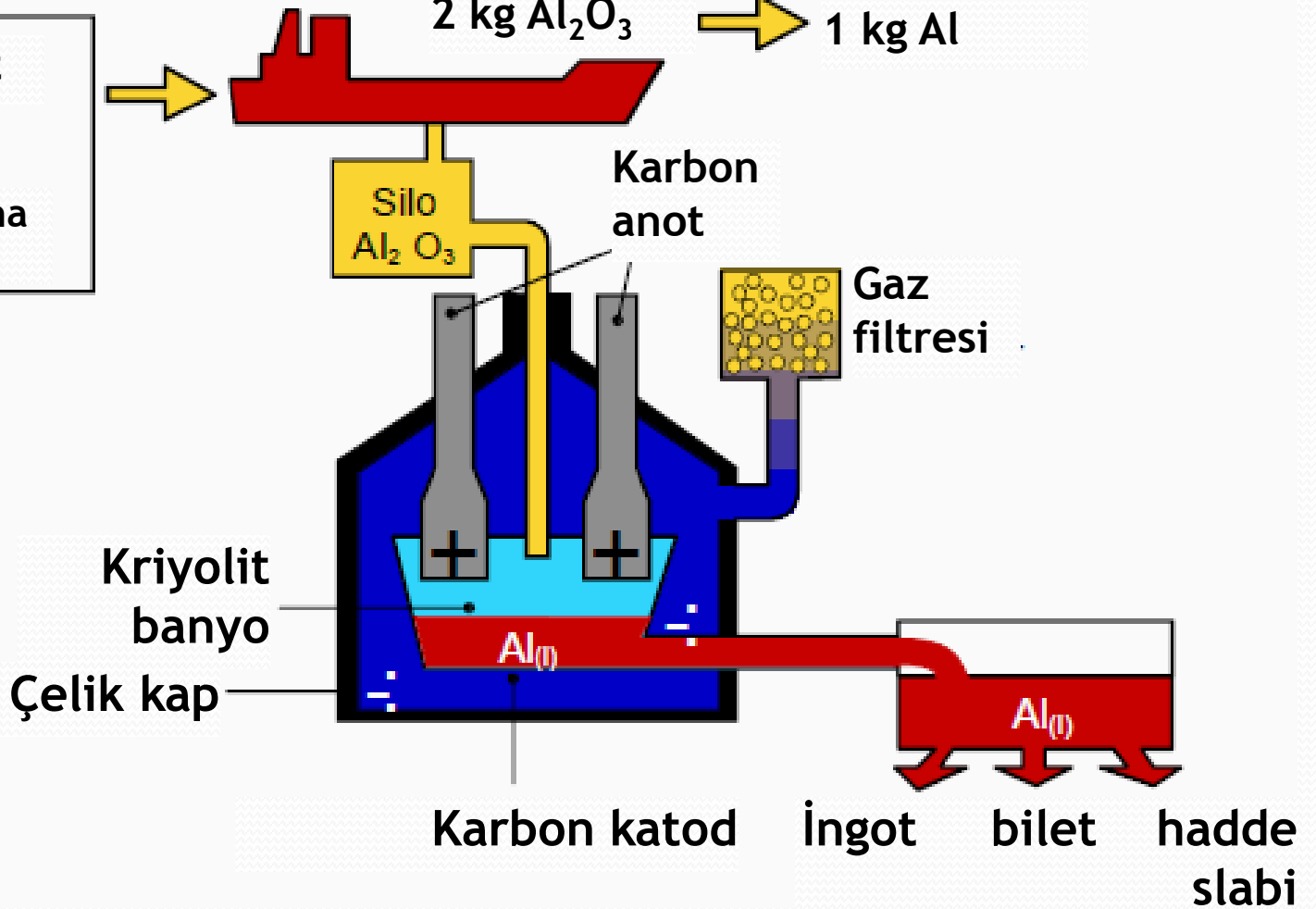


ergitme

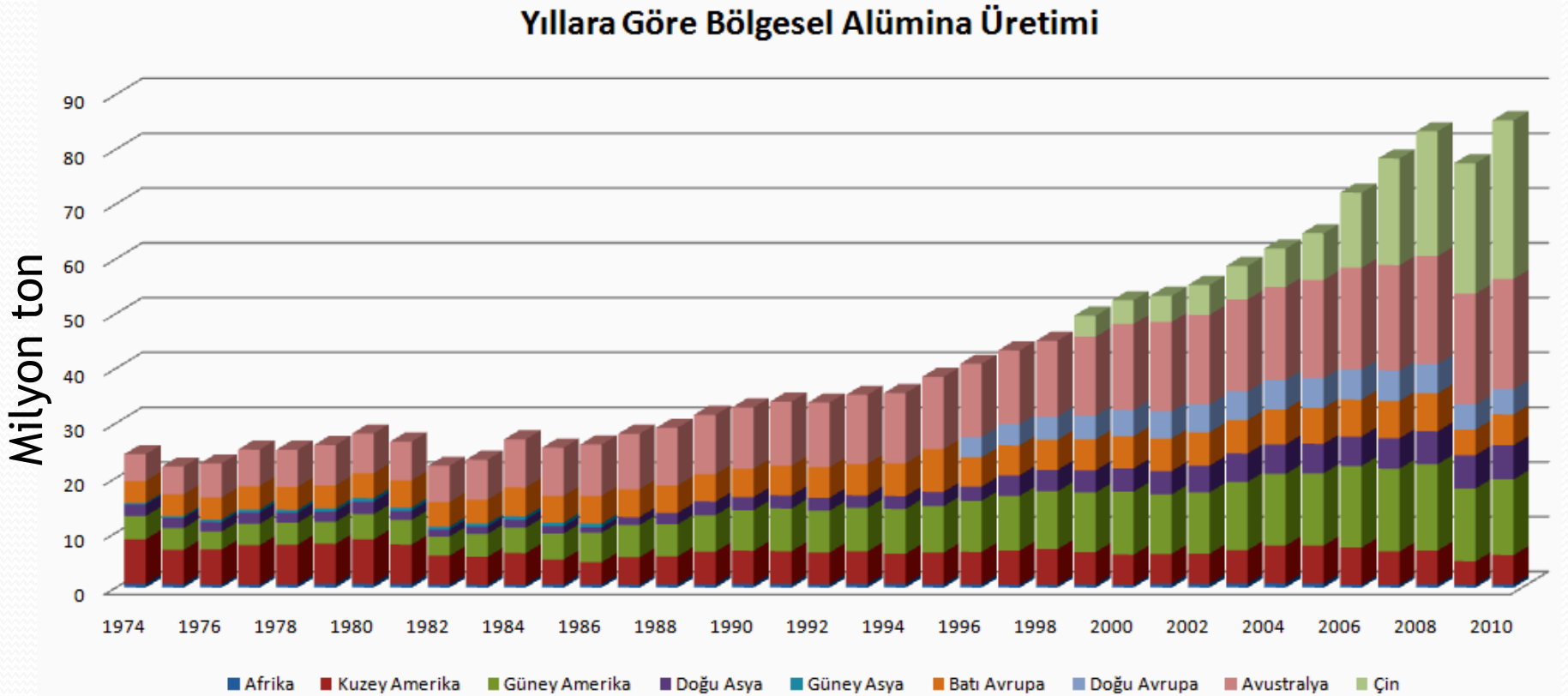
2 kg Al_2O_3

alaşımlama ve döküm

1 kg Al



Alümina üretimi

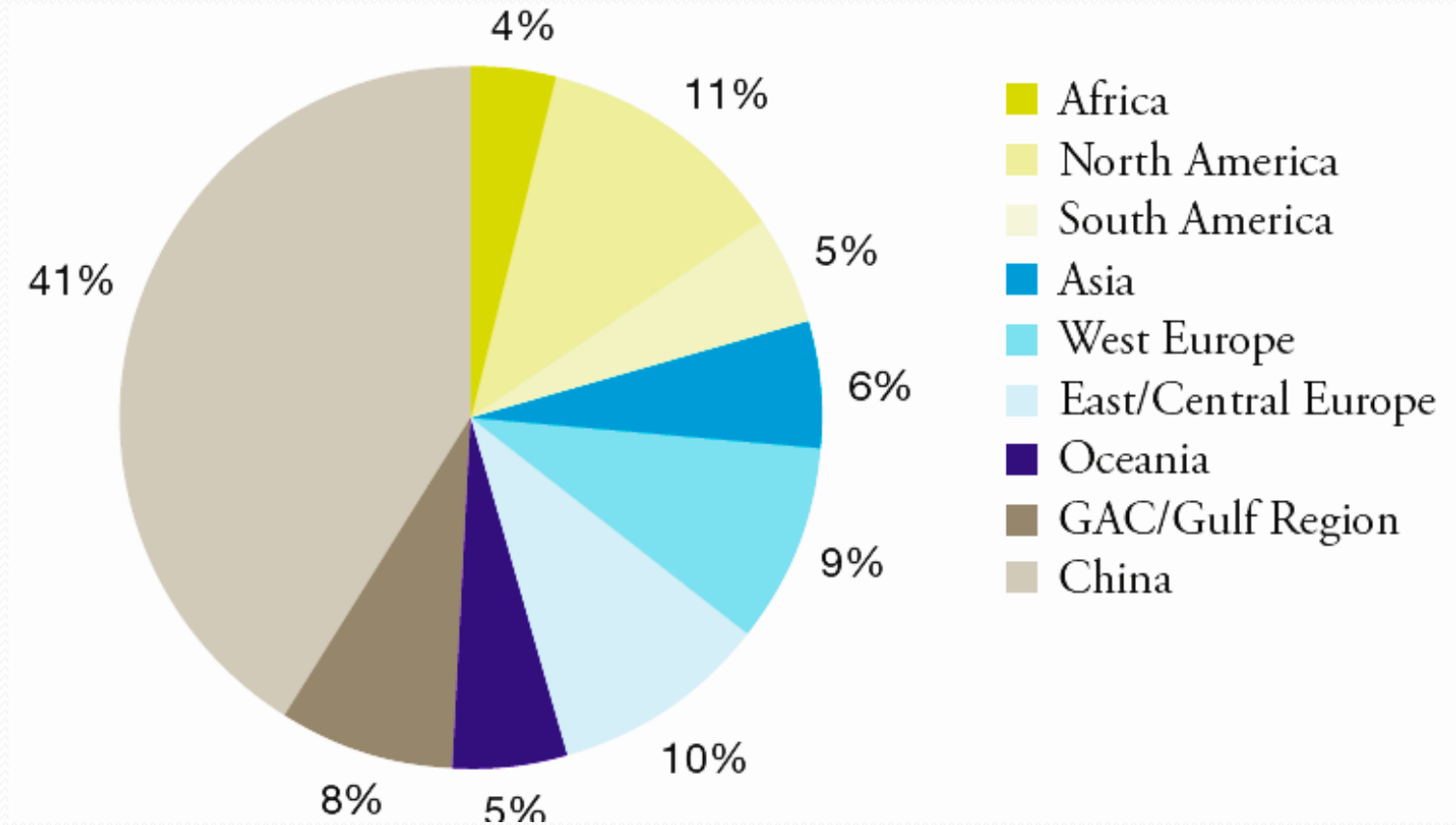


Dünya alüminyum üretimi

Alüminyum üretimi 2011'de 44 milyon ton!

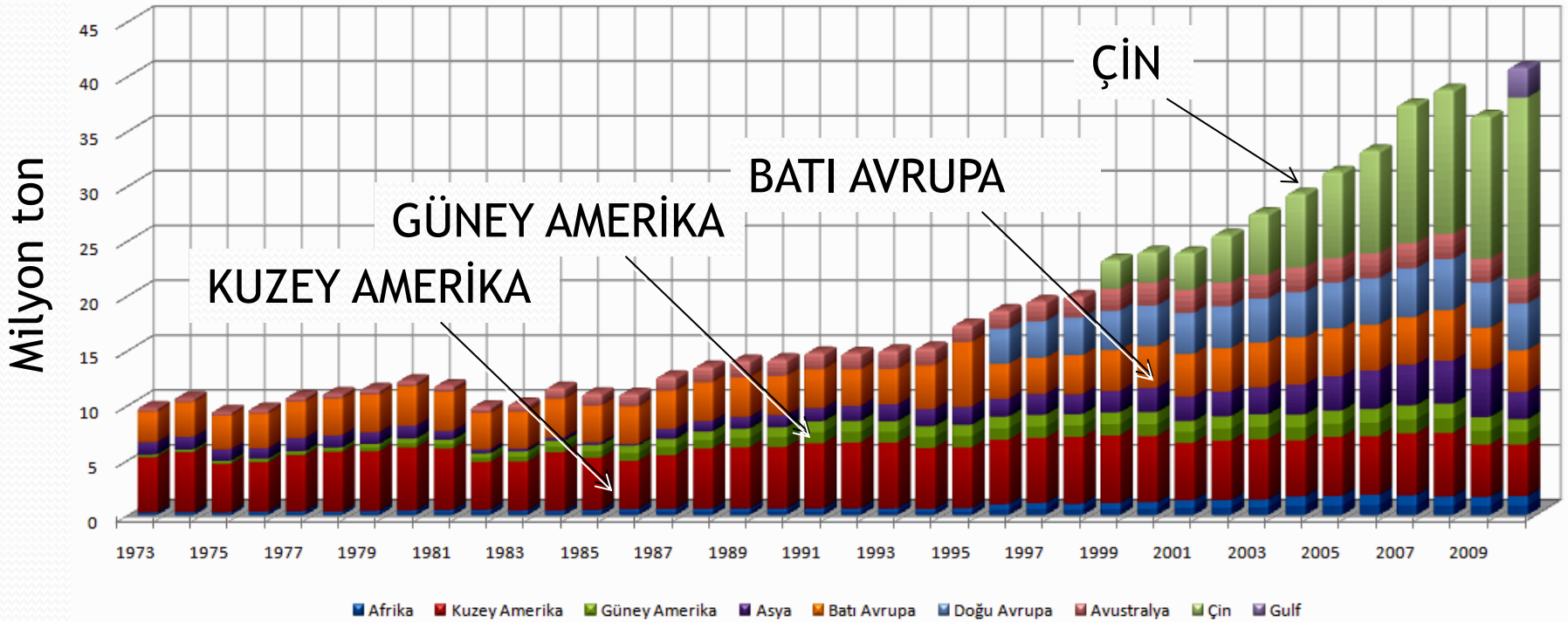
Son 20 yılda yıllık üretim artışı: %3-4

Çin en büyük üretici! + Körfez ülkeleri

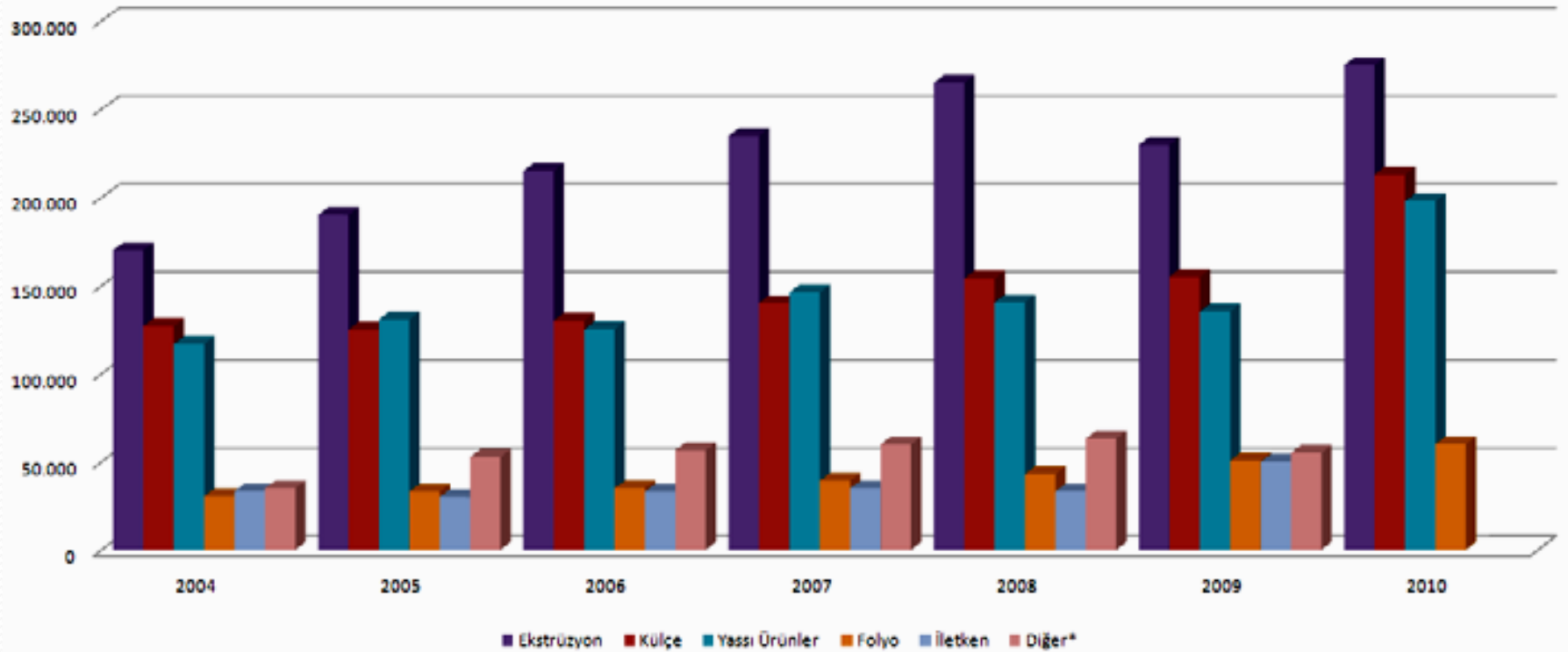


Alüminyum üretimi

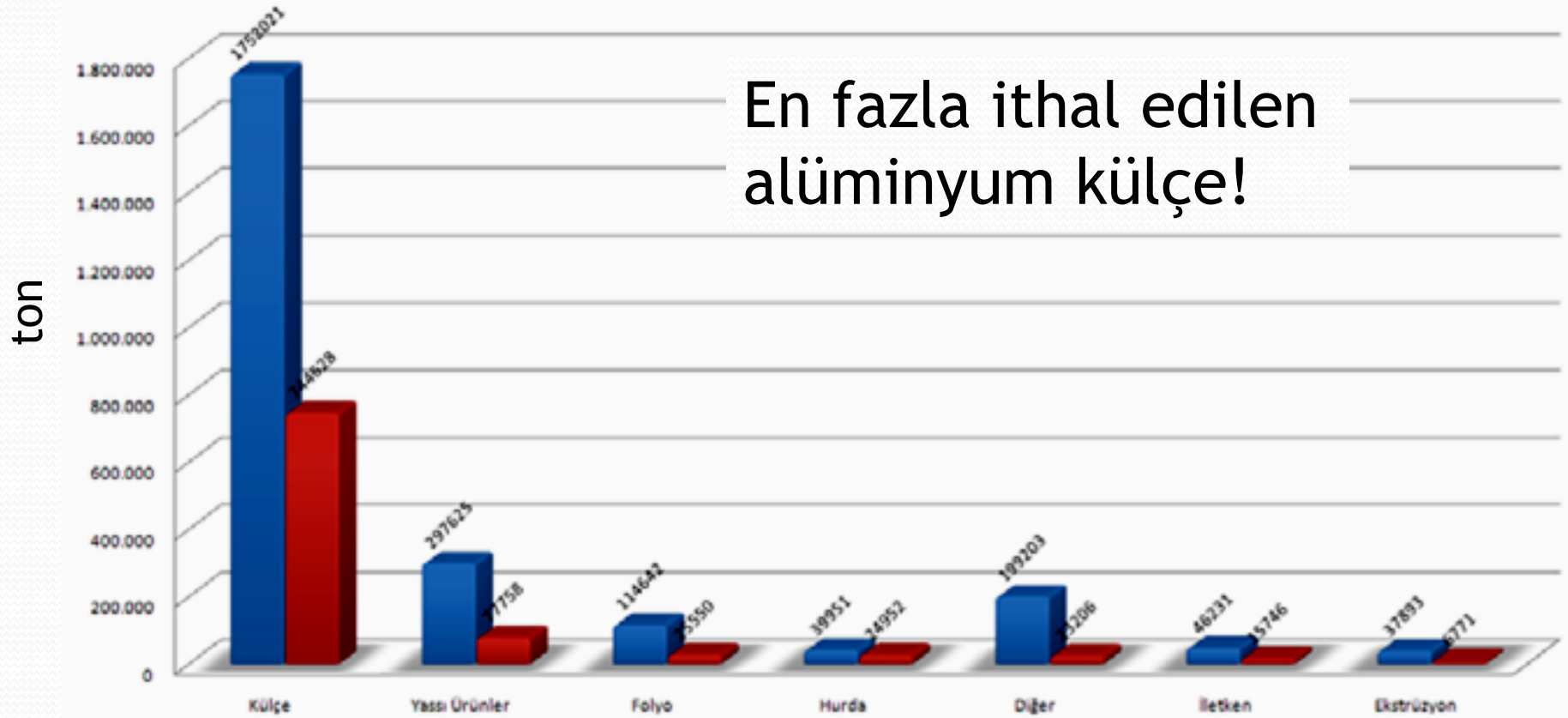
Yıllara Göre Bölgesel Primer Alüminyum



Yıllara ve ürünlere göre alüminyum üretimimiz (Ton)



ürünlere göre Türkiye alüminyum ithalatı (Ton)





Haftaya g r   mek üzere.....