

metalik malzemeler

1.10.2014

Çeliklerin ısııl işleme

Çeliklerin özelliklerini değiştirmek için uygulanan ısııl işlemler 2 grupta toplanır:

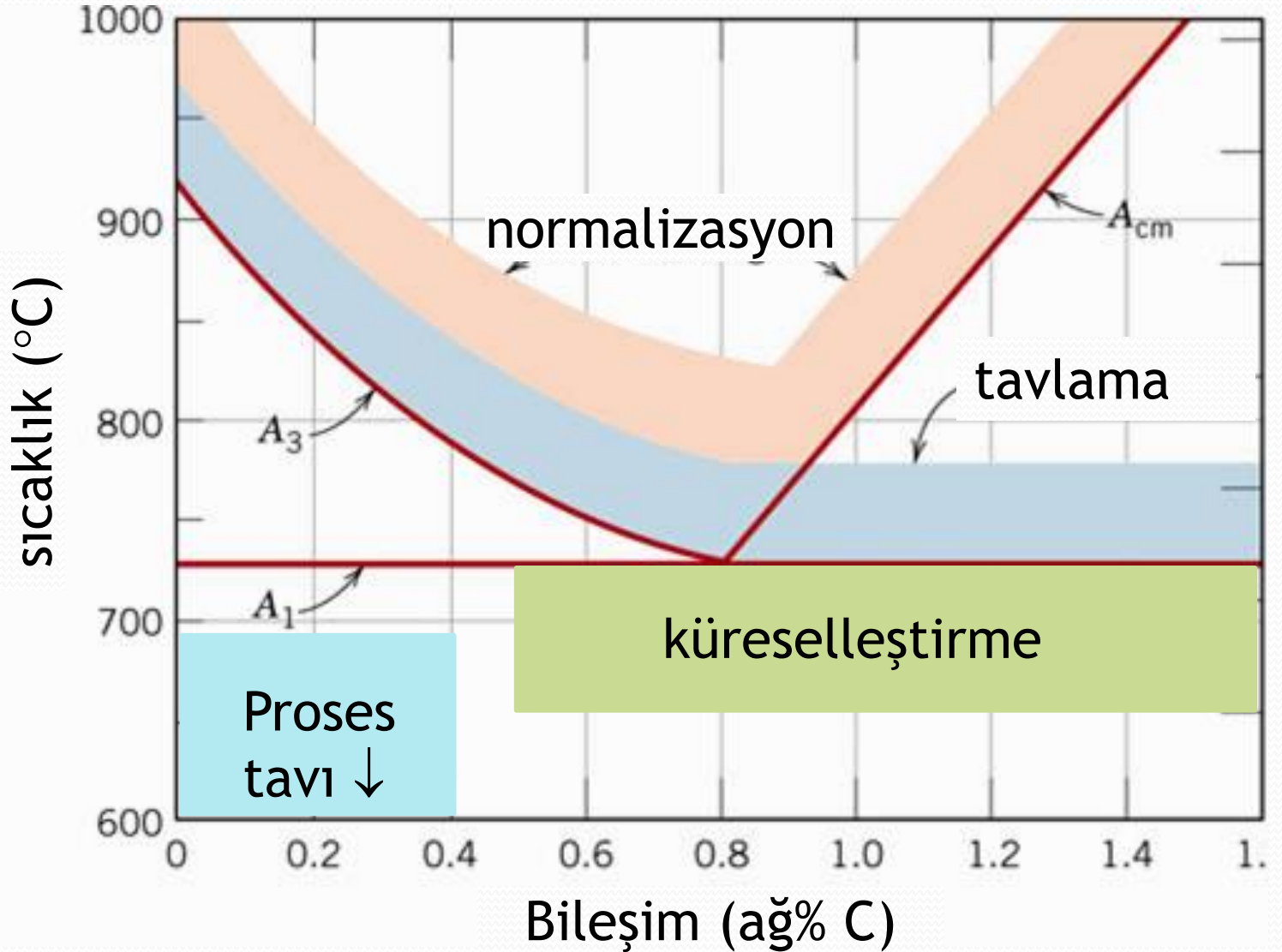
sertleştirme için:

Isıtma + hızlı soğutma-su verme

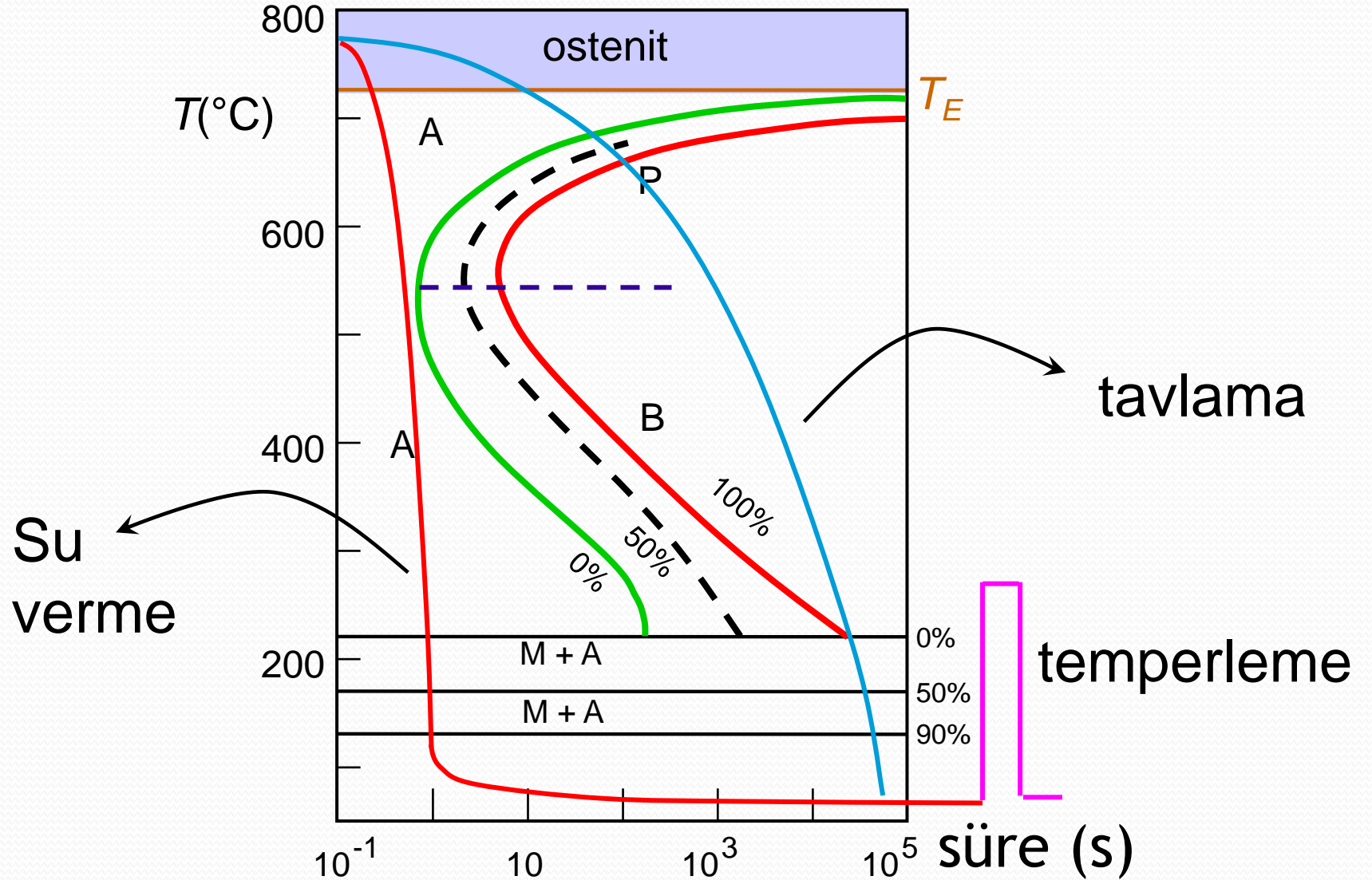
kırılganlığın telafisi için:

Isıtma + yavaş soğutma

Isıl işlemler

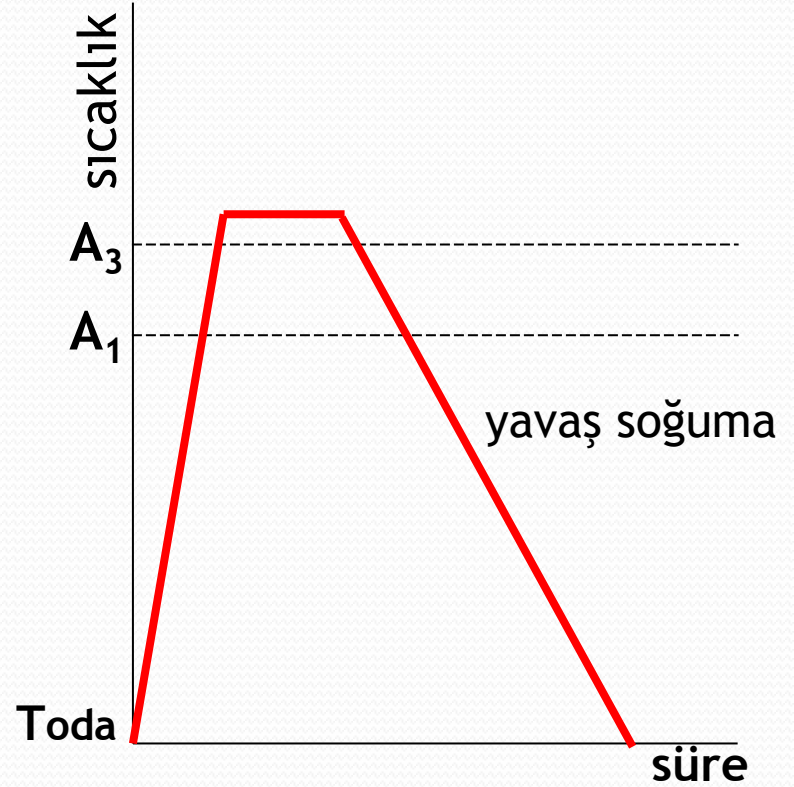


Isıl işlemler



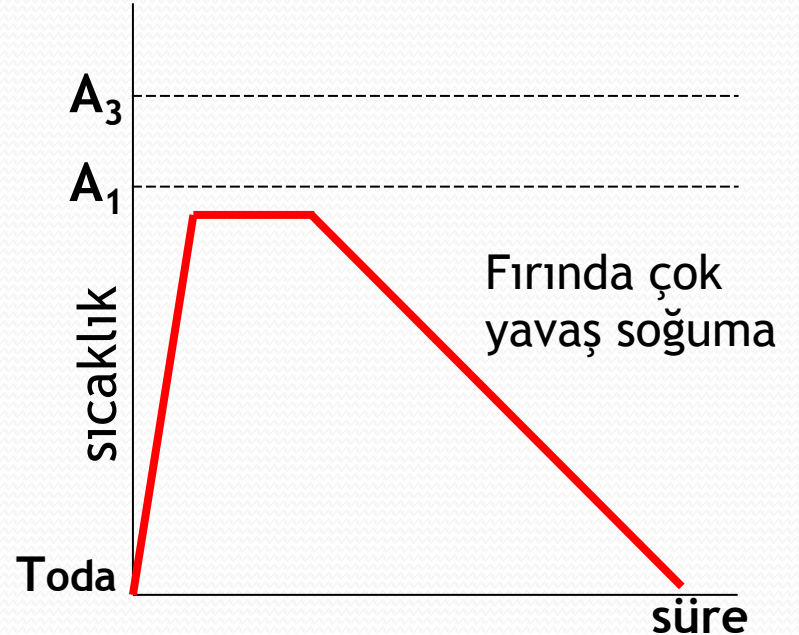
normalizasyon

- Parça üst kritik sıcaklığın (A_3) üstüne ısıtılarak tamamen ostenite dönüştürülür.
- Havada yavaş soğutulur.
- Yapı ince eş eksenli perlite dönüşür.
- Soğuk veya sıcak şekil verilmiş çeliklere süneklik ve işlenebilirlik kazandırmak için uygulanır.
- Normalized heat treatment establishes a more uniform carbide size and distribution



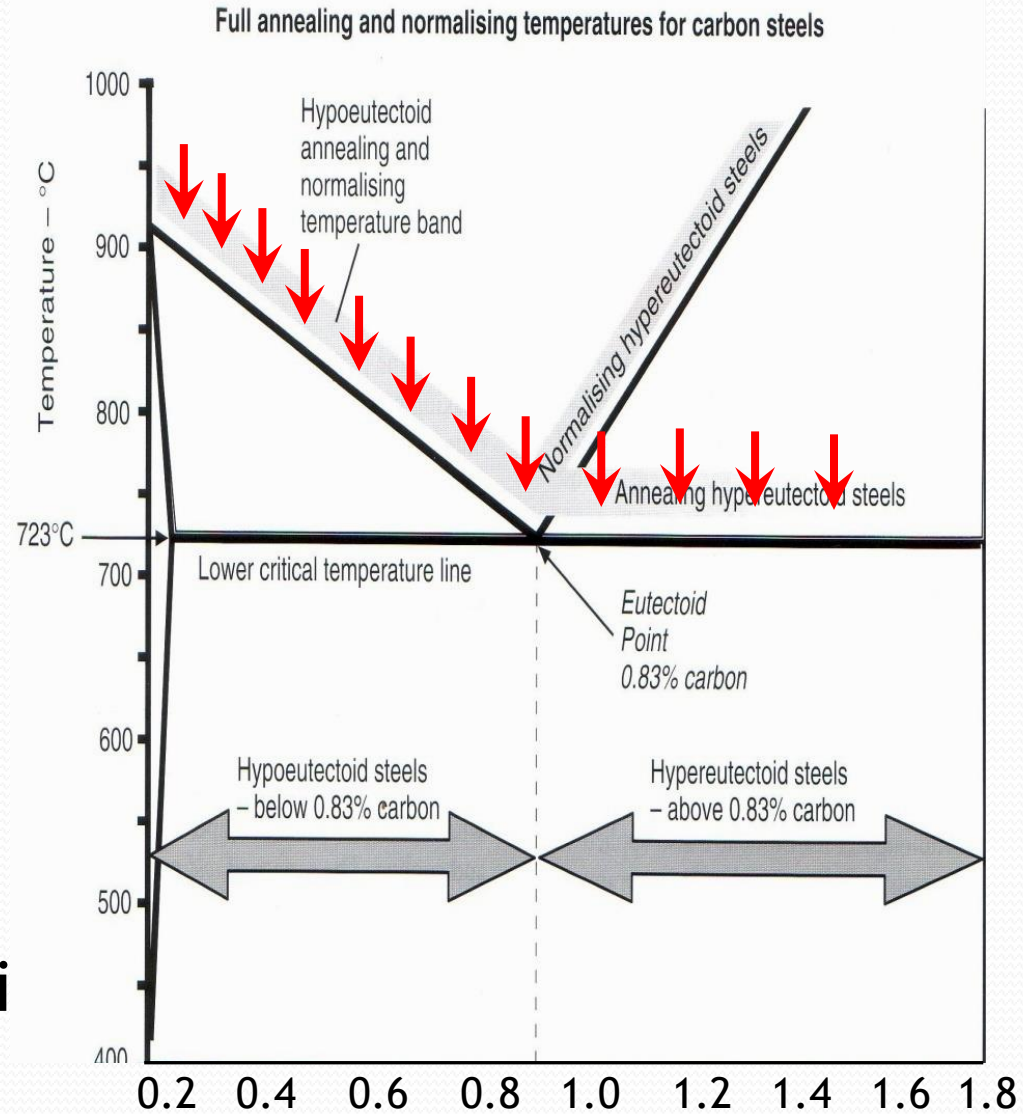
küreselleştirme

- Orta ve yüksek karbonlu ($C > \%0.6$) çeliklere, sünekliği ve işlenebilirliği arttırmak için uygulanır.
- Parça alt kritik sıcaklığın (A_1) altına ($650-700^\circ\text{C}$) ısıtılır.
- Fırında çok yavaş soğutulur.
- Yapıdaki sementit tamamen küreselleşir.

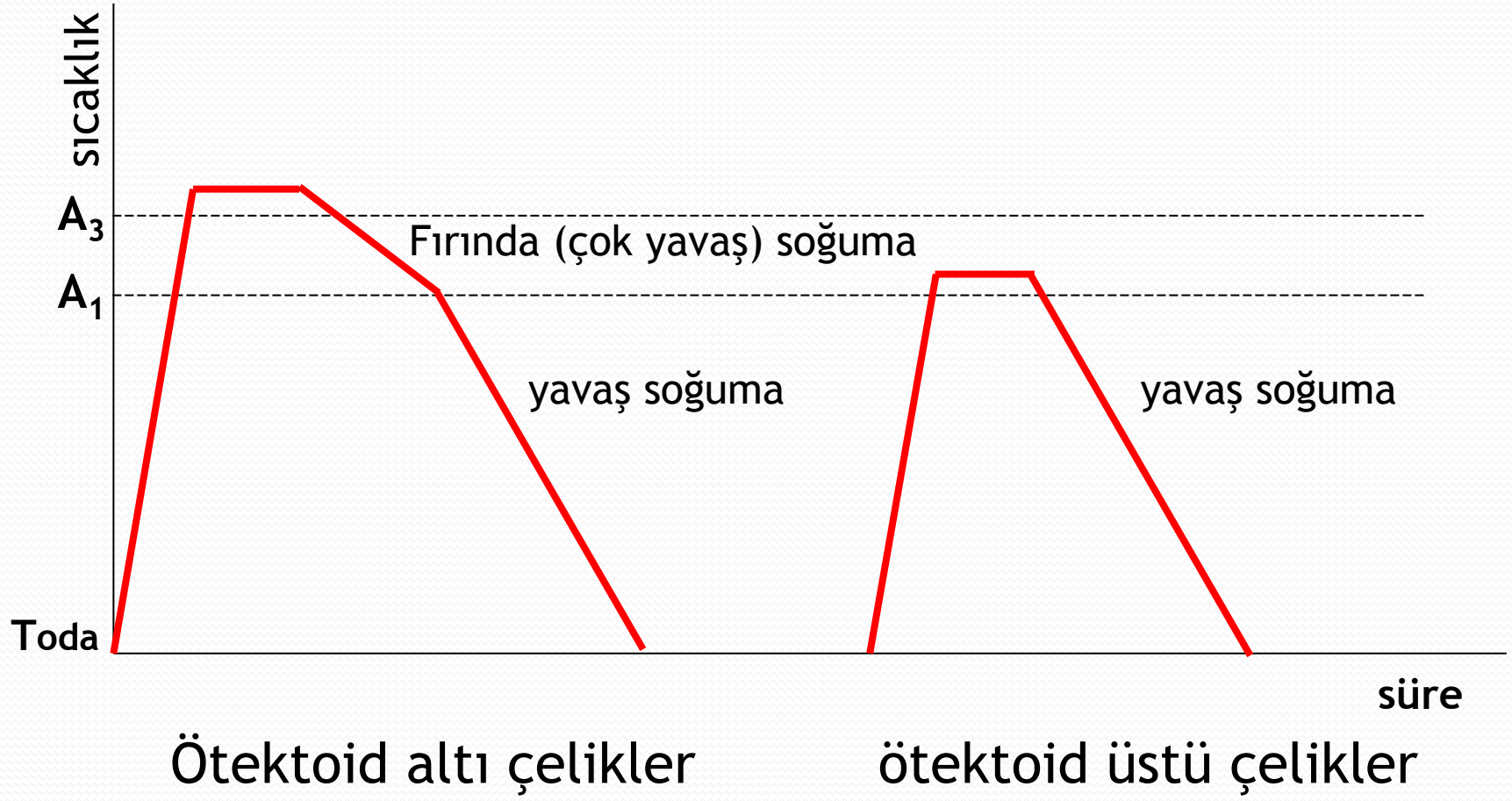


tavlama

- Ötektoid altı çelikler üst kritik sıcaklığın, ötektoid üstü çelikler alt kritik sıcaklığın üstüne ısıtılarak bu sıcaklıkta bekletilir.
- Fırında çok yavaş soğutulur.
- Yapı iri taneli perlite dönüşür.
- Döküm ve dövme parçaların işlenebilirliğini arttırmak için uygulanır.

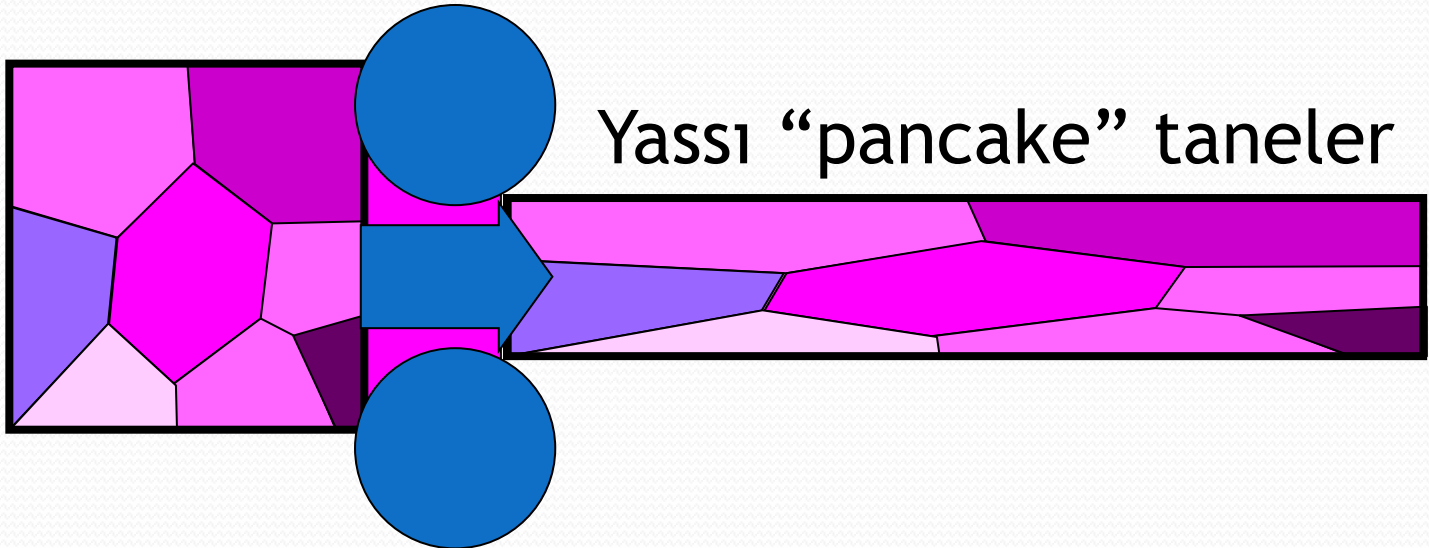


tavlama



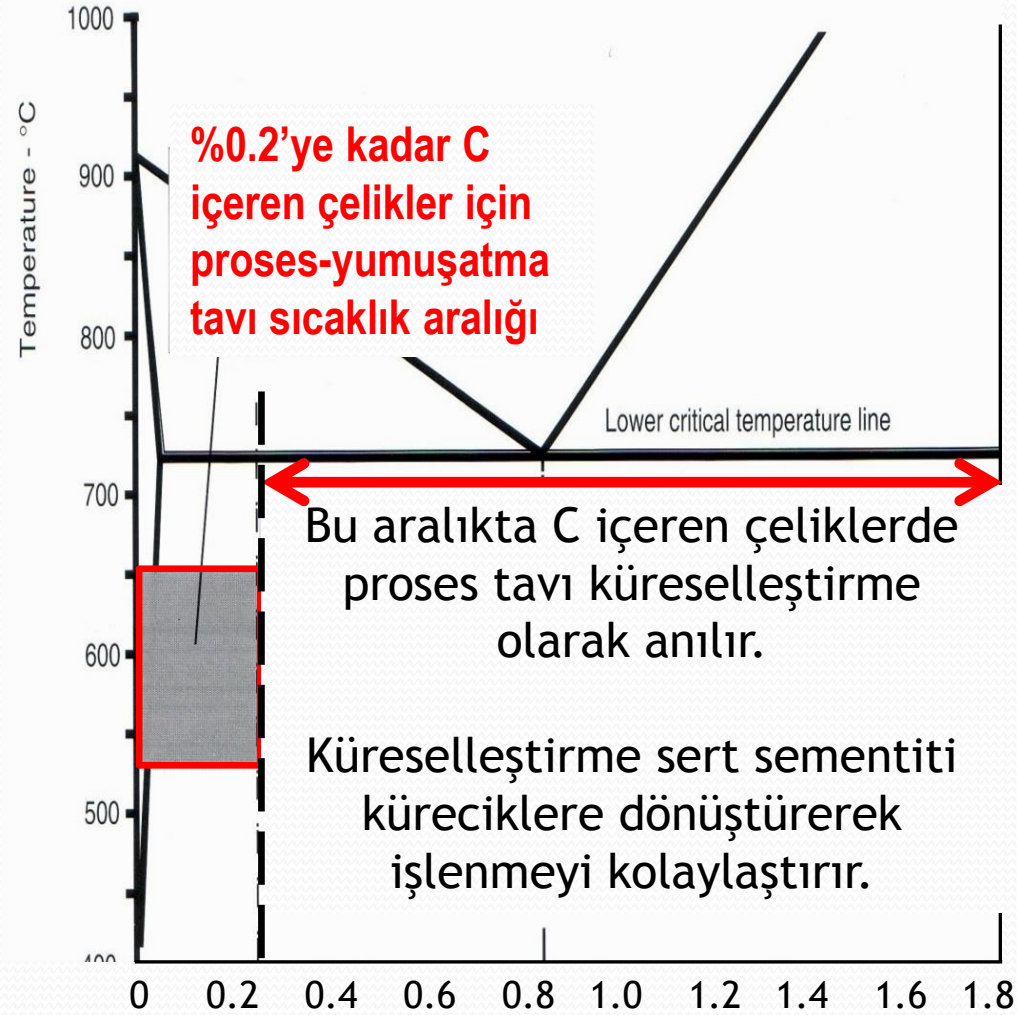
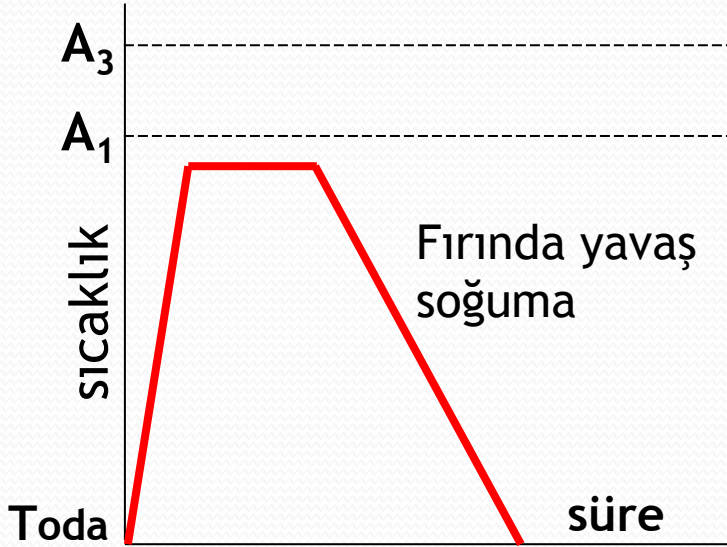
Yumuşatma tavlı

- Düşük karbonlu çelikler soğuk deformasyonla sertleşirler. Bu süreçte süneklik düşer.
- Parçanın yeniden kristalleştirilerek yumuşatılması gerekir.
- Soğuk işlemlerden sonra düşük karbonlu çeliklerde yumuşatma için uygulanır.



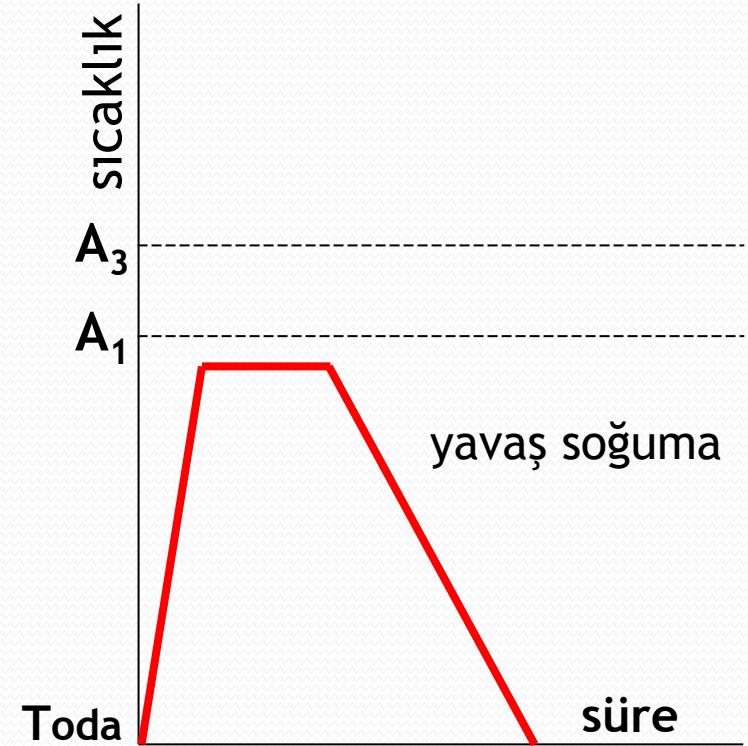
yumuşatma tava

- Parça, üst kritik sıcaklığın altına ısıtılır.
- Fırında çok yavaş soğutulur.
- Yapı tamamen eş eksenli perlite dönüşür.

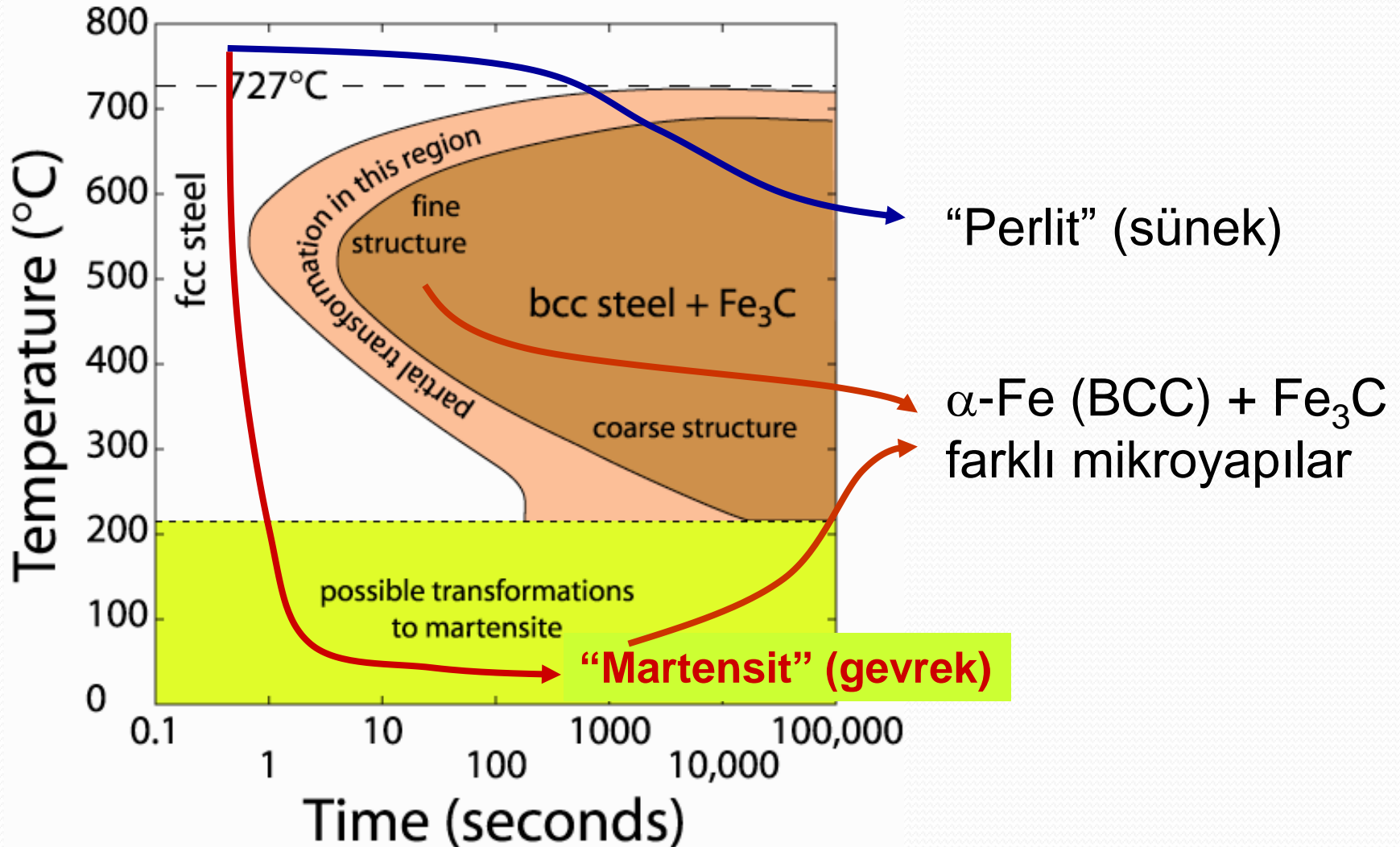


Gerilim giderme tavrı

- kaynak işlemi ve talaşlı imalat sonrasında kalıntı gerilmeleri gidermek için uygulanır.
- Parça alt kritik sıcaklığın altındaki bir sıcaklığa ısıtılır.
- Yavaş soğutulur.



Su verme ile sertleştirme

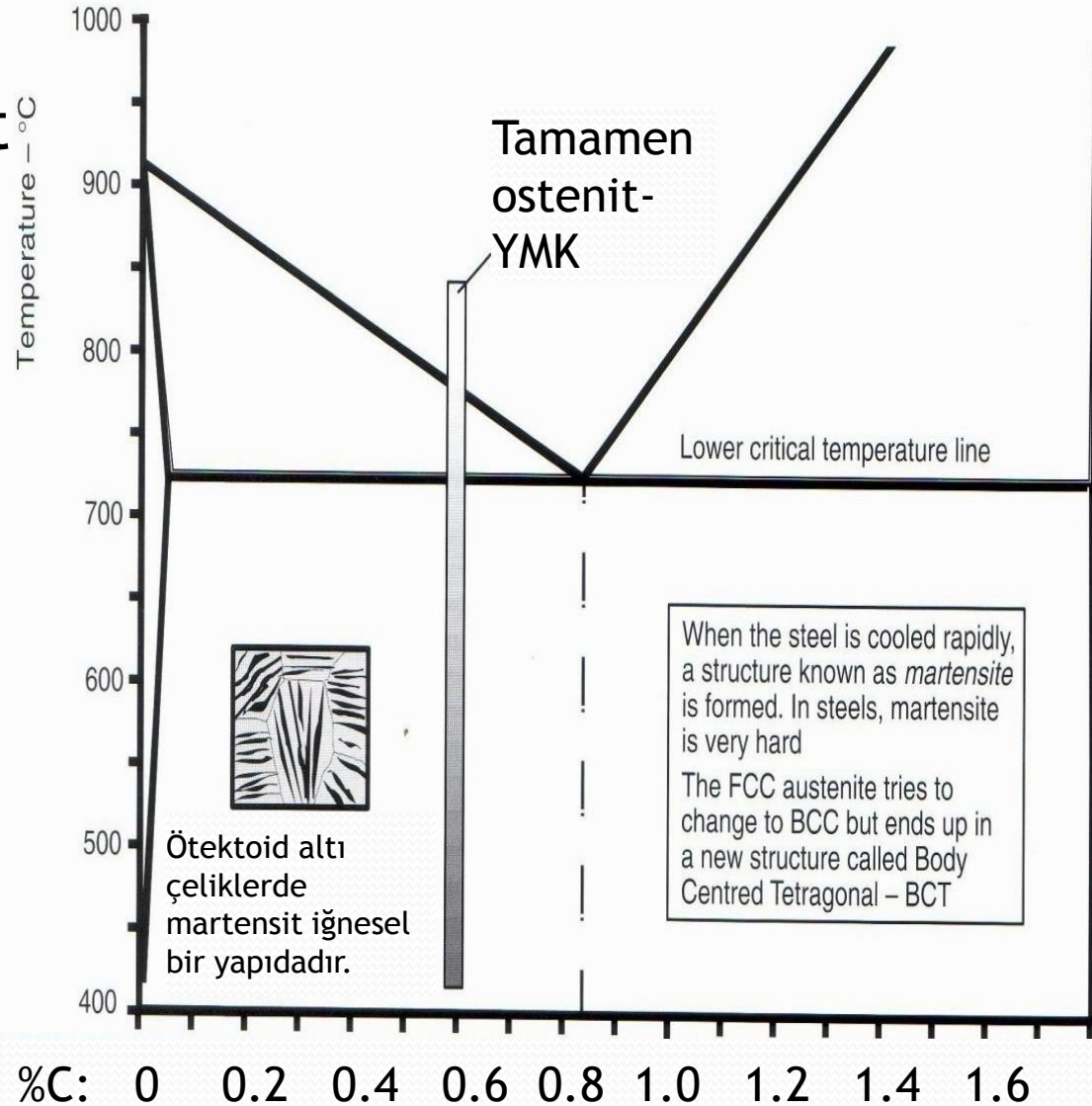


Su verme ile sertleştirme

- Orta ve yüksek karbonlu çelikler (0.4 - 1.2%) kızıllaşıncaya kadar ısıtılıp suda soğutulularak sertleştirilir.
- Su verme ile sertleşme için önce tamamen ostenite dönüşüm sağlanmalıdır.
- Su verme sırasında ostenit, ya kısmen ya da tamamen martensite dönüşür.
- Tamamen martensitik bir yapı ancak hızlı soğutma koşullarında gerçekleşir.
- Bu **kritik soğuma hızı** olarak anılır.

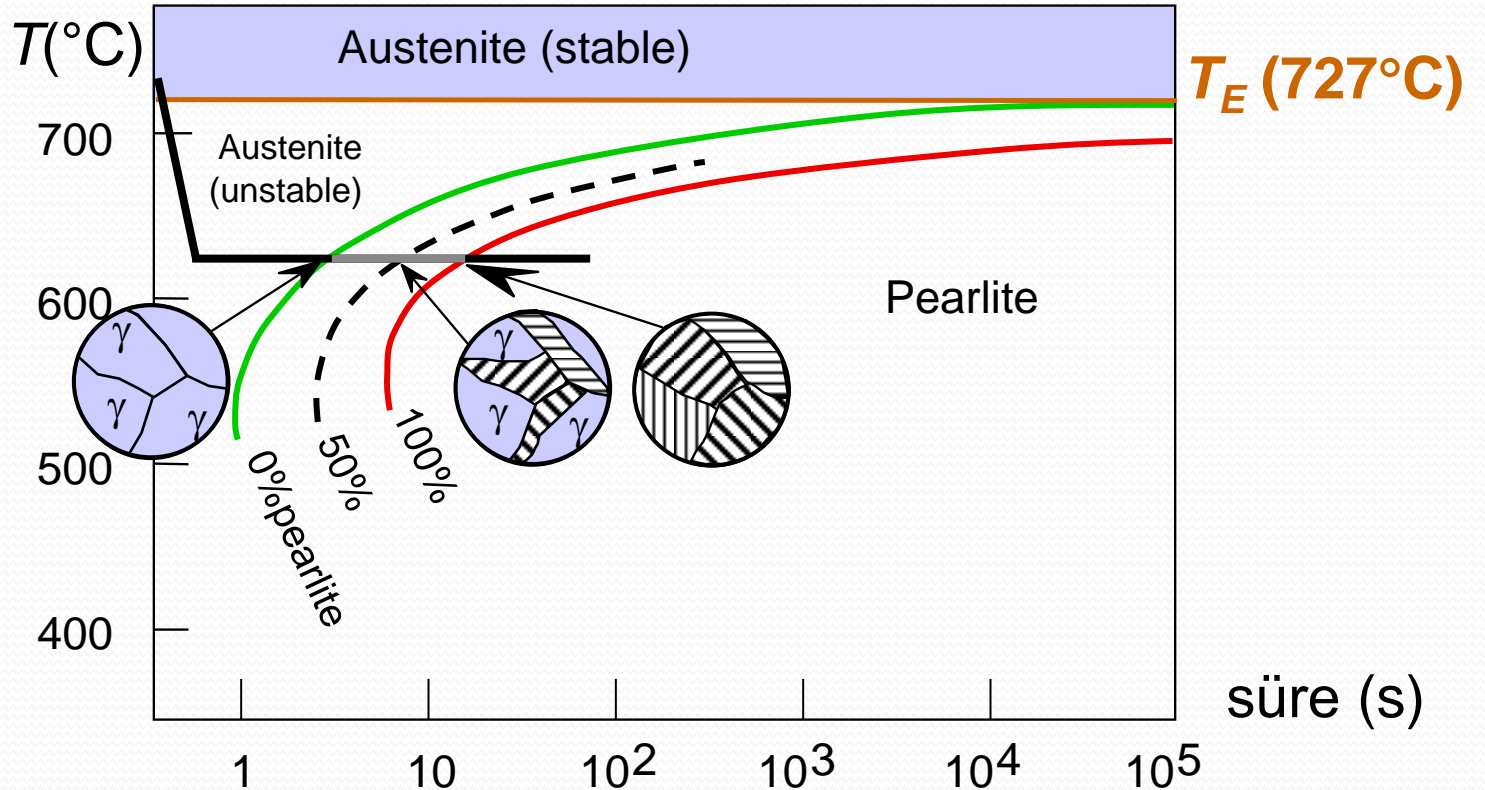
0.6% karbon çeliğinin sertleştirilmesi

- Çelik 780 °C üstüne ısıtılır. Karbon ostenit fazı içinde çözünür.
- oda sıcaklığına hızla soğutulduğunda $\gamma \rightarrow \alpha$ dönüşümü önlenir.
- HMT kafesli farklı bir yapı elde edilir. İğnesel morfolojileri bu yapıya martensit denir.
- Martensit çok sert ve kırılgandır.



Ostenit → Perlit

- ötektoid çelik, $C_0 = 0.76$ ağırlık % C
- hızla **625°C**'ye soğutulup bekletilirse..

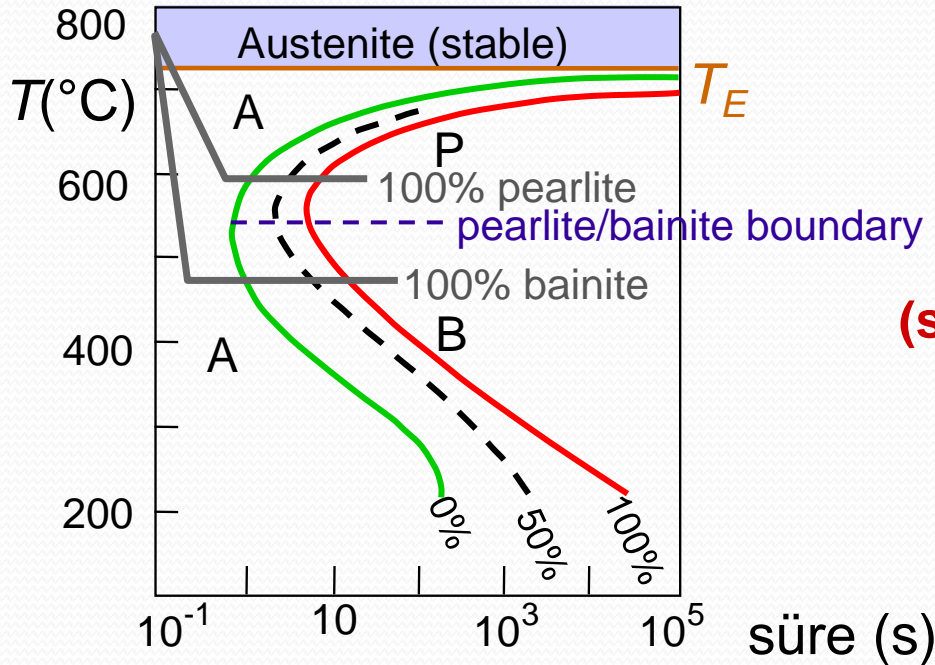


Ostenit → Beynit

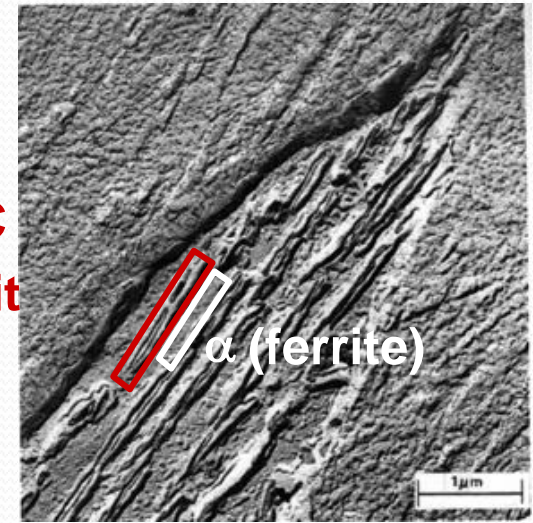
ötektoid çelik, $C_0 = 0.76$ ağırlık % C

hızla **475°C**'ye soğutulup bekletilirse..

α levhaları + Fe_3C çubukları / difüzyon kontrollü



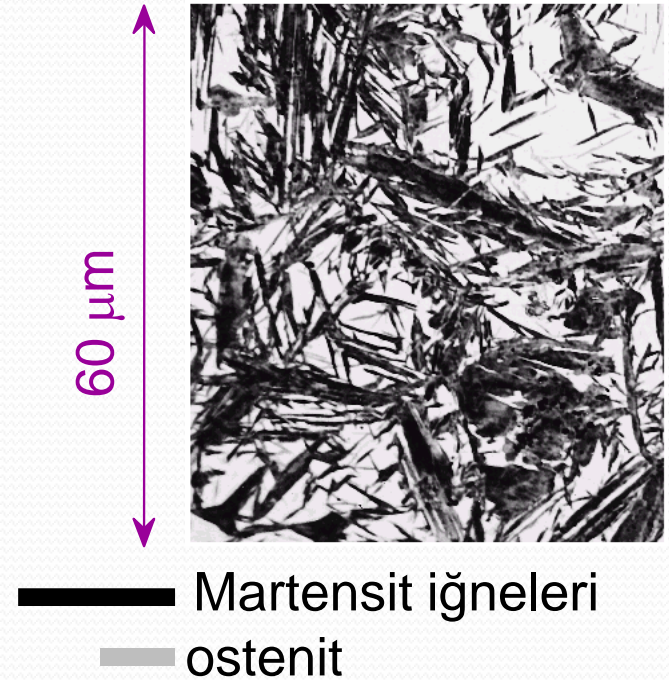
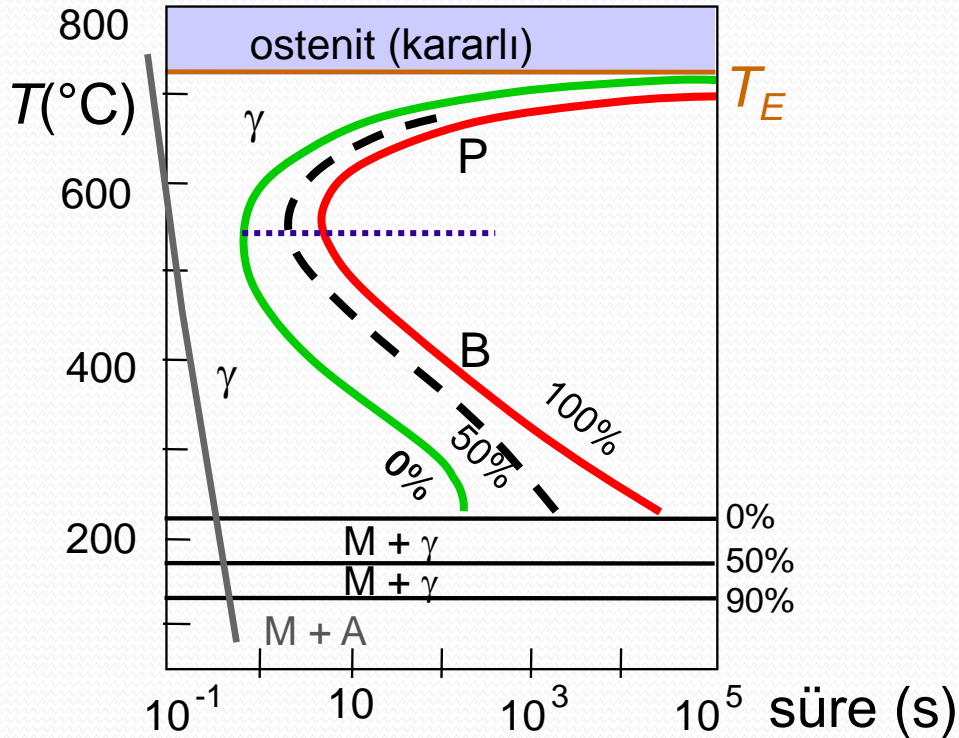
Fe_3C
(sementit)



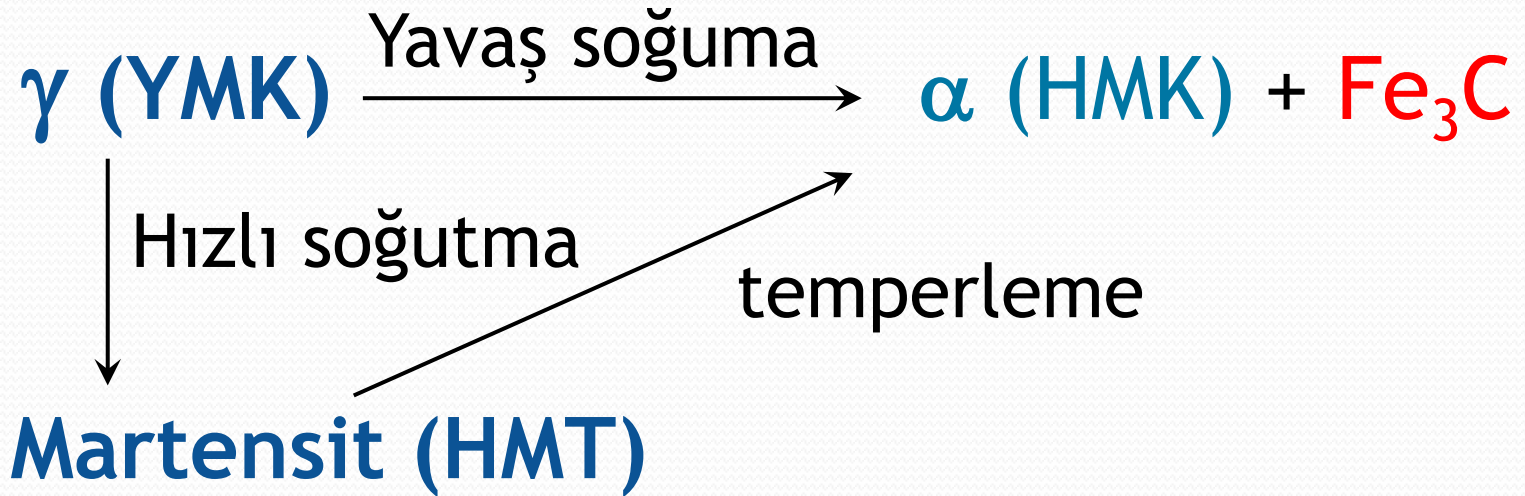
5 μm

Ostenit → martensit

ötektoid çelik, $C_0 = 0.76$ ağırlık % C
hızla oda sıcaklığına soğutulursa...
% dönüşüm sadece T'a bağlı!



Martensit oluşumu

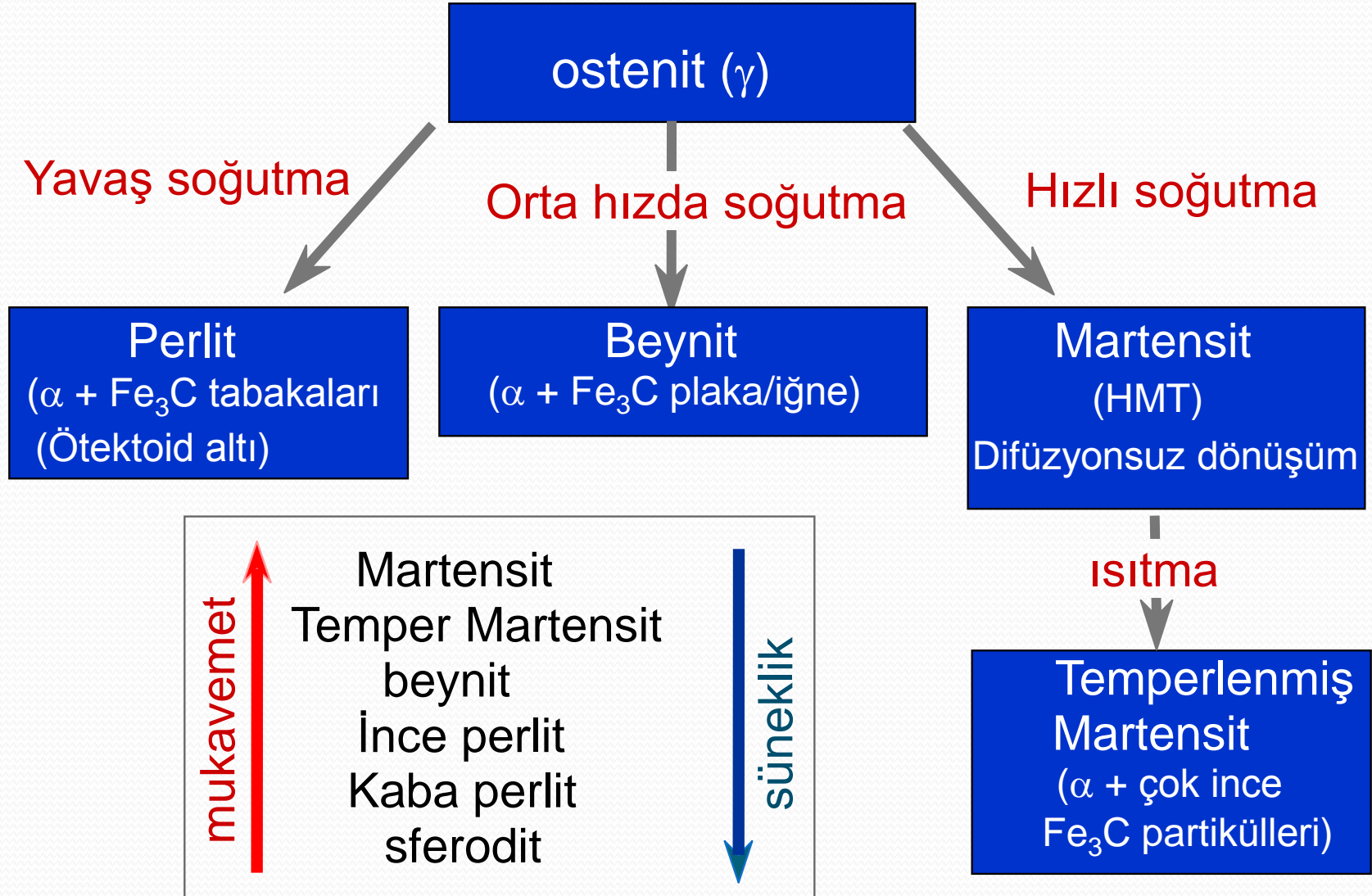


HMT eğer $C > 0.15$ ağı%

Difüzyonsuz dönüşüm

HMT \rightarrow az sayıda kayma düzlemi \rightarrow sert, gevrek

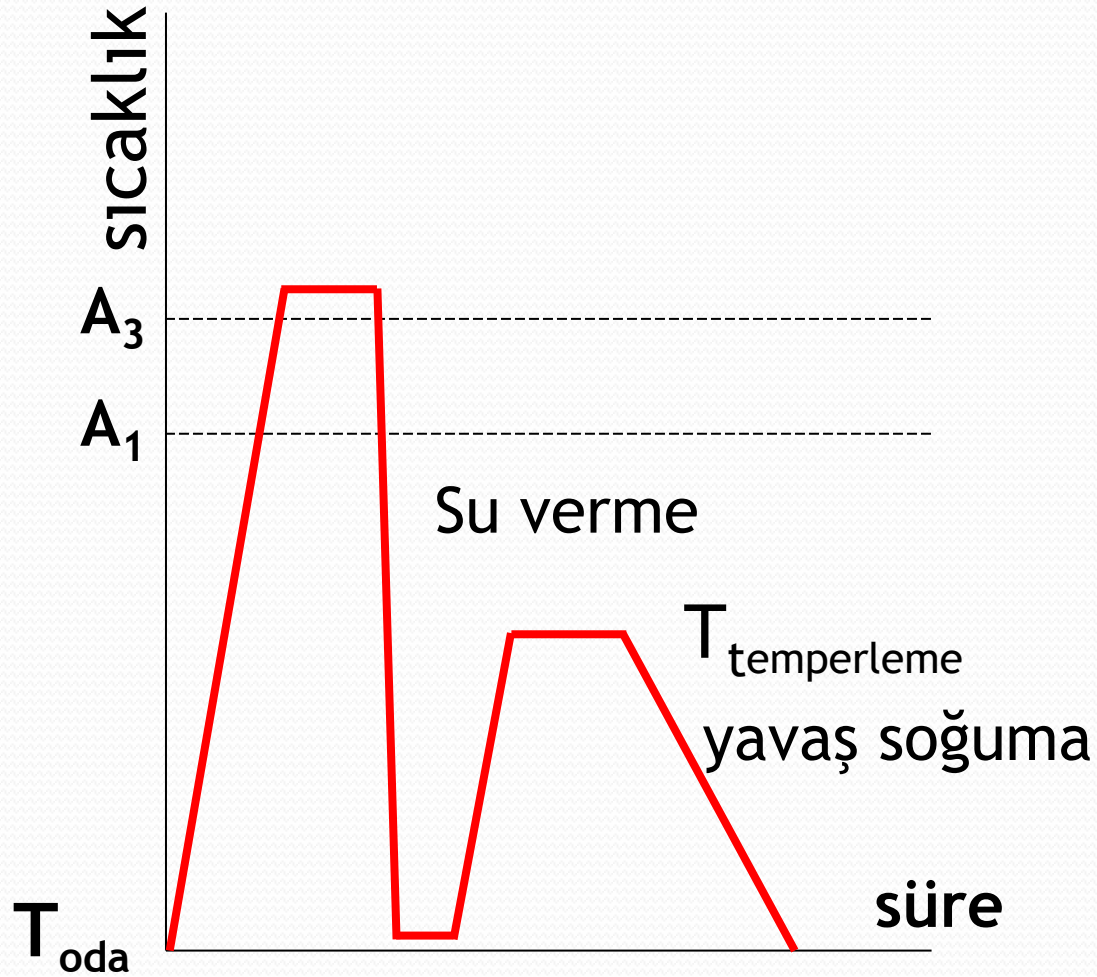
Ostenitten dönüşüm



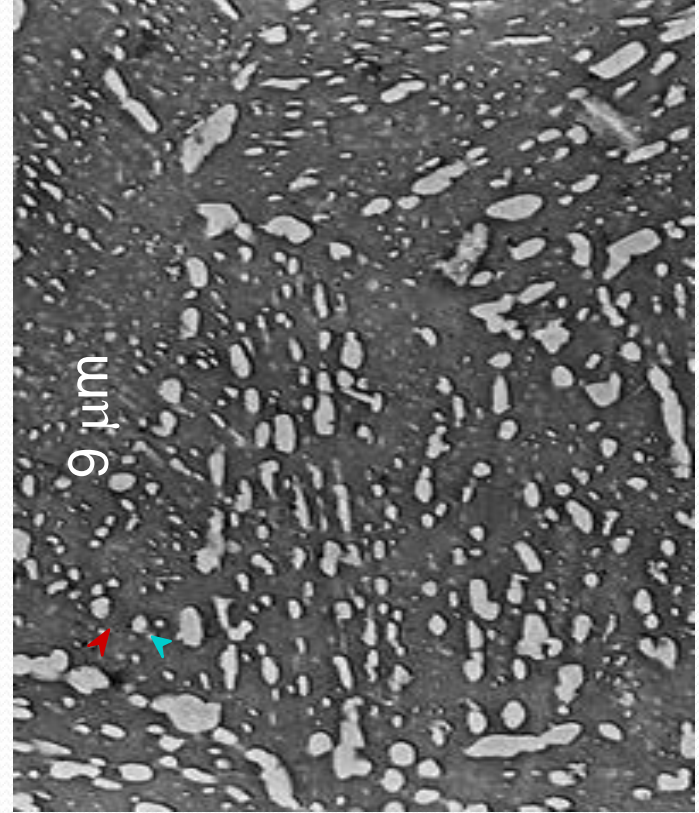
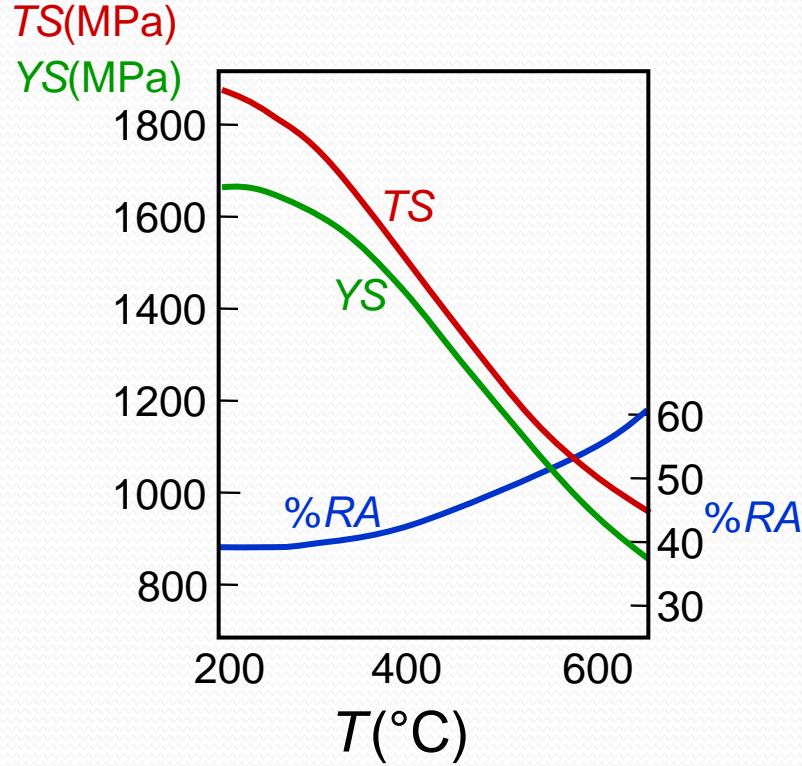
Temperleme

- martensitin gevrekliği su verilmiş çelikleri bir çok uygulama için riskli yapar.
- bu nedenle su verilmiř çelikler daha dūřuk bir sıcaklıđa ısıtılarak sertlik bir miktar dūřrölerek çeliđe tokluk kazandırılır.
- metal 220-300 °C civarına ısıtılır ve soğutulur.
- Temperleme dediđimiz bu iřlem martensitin bir kısmının beynite dōnūřmesine neden olur.
- Su verme sırasında oluşan iç gerilmeleri azaltır.

Su verme + temperleme



Temperleme



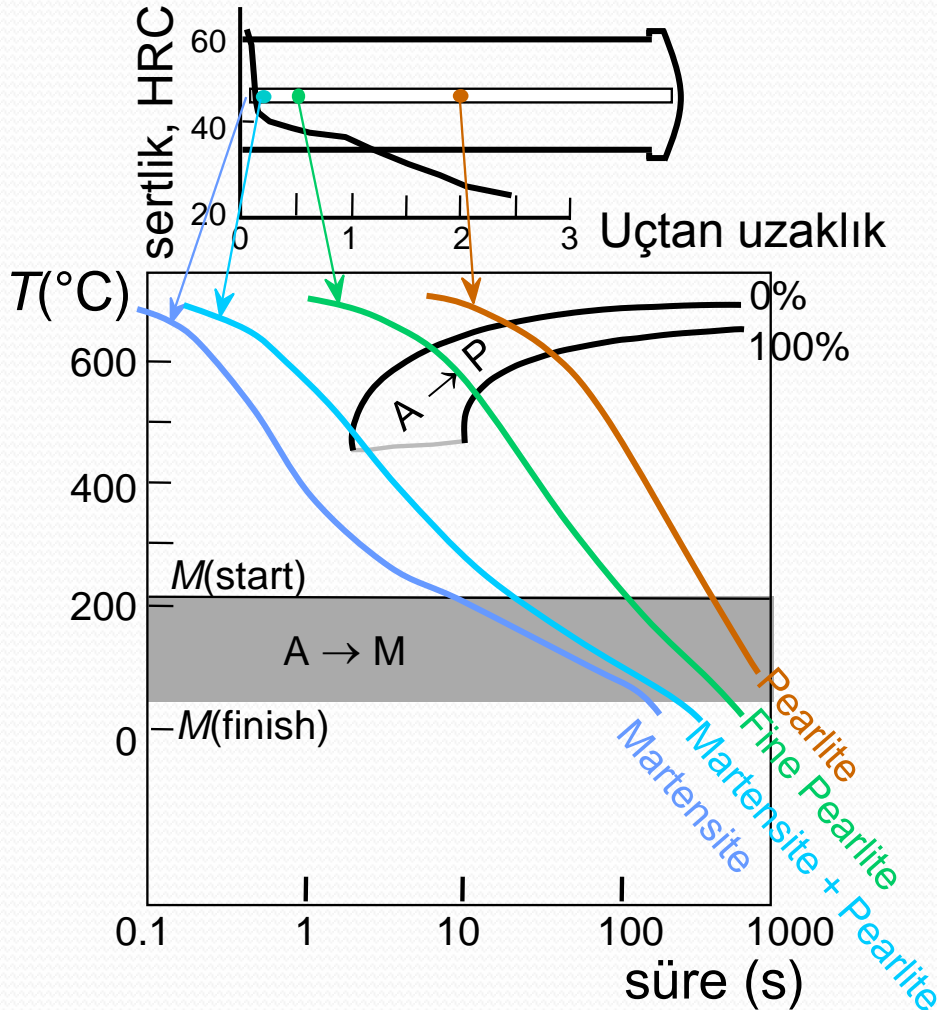
Ferrit ile çevrelenmiş çok küçük sementit partikülleri oluşur. Akma ve çekme değerleri düşer; uzama değerleri artar.

sertleşebilirlik

- Çeliğin bileşimine bağlı!
- Ni, Cr ve Mo ilavesi ostenitin diğer fazlara dönüşümünü geciktirerek daha fazla martensit oluşmasına imkan tanır.
- Isıl işlem uygulanan çeliklerin çoğu sade karbon çeliklerinden ziyade alaşımlı çeliklerdir.

Sertlik mesafe ile neden değişir?

- uçtan mesafe ile su verme hızı değişir.

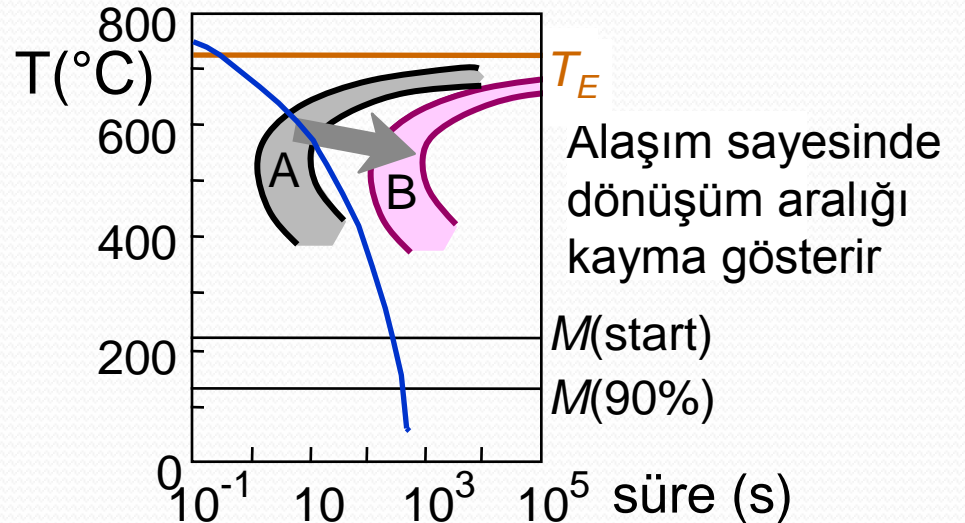
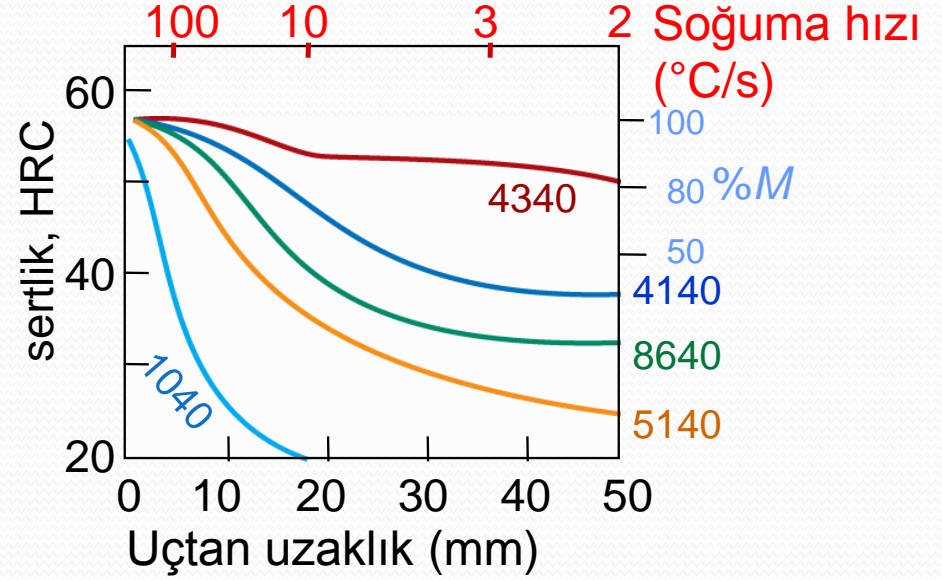


- Kütle etkisi nedeniyle büyük parçalara su verildiğinde arzu edilen soğuma hızlarına kesitin sadece bir kısmında ulaşılabilir.
- Bu nedenle yüzeyde hedeflenen sertleşme sağlanırken merkez yumuşak kalır.

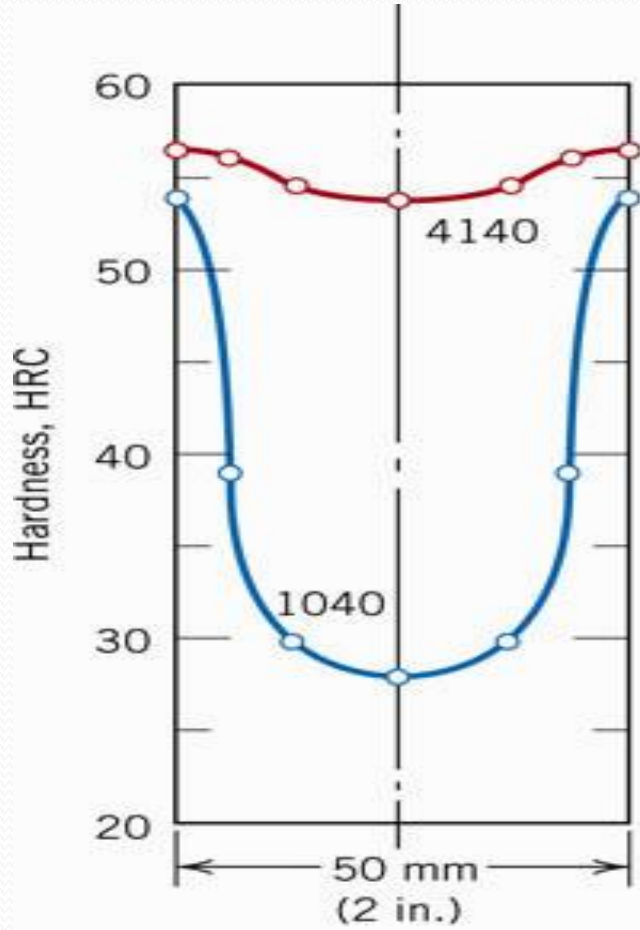
Alaşıma göre sertleşebilirlik

$$C = 0.4 \text{ wt\% C}$$

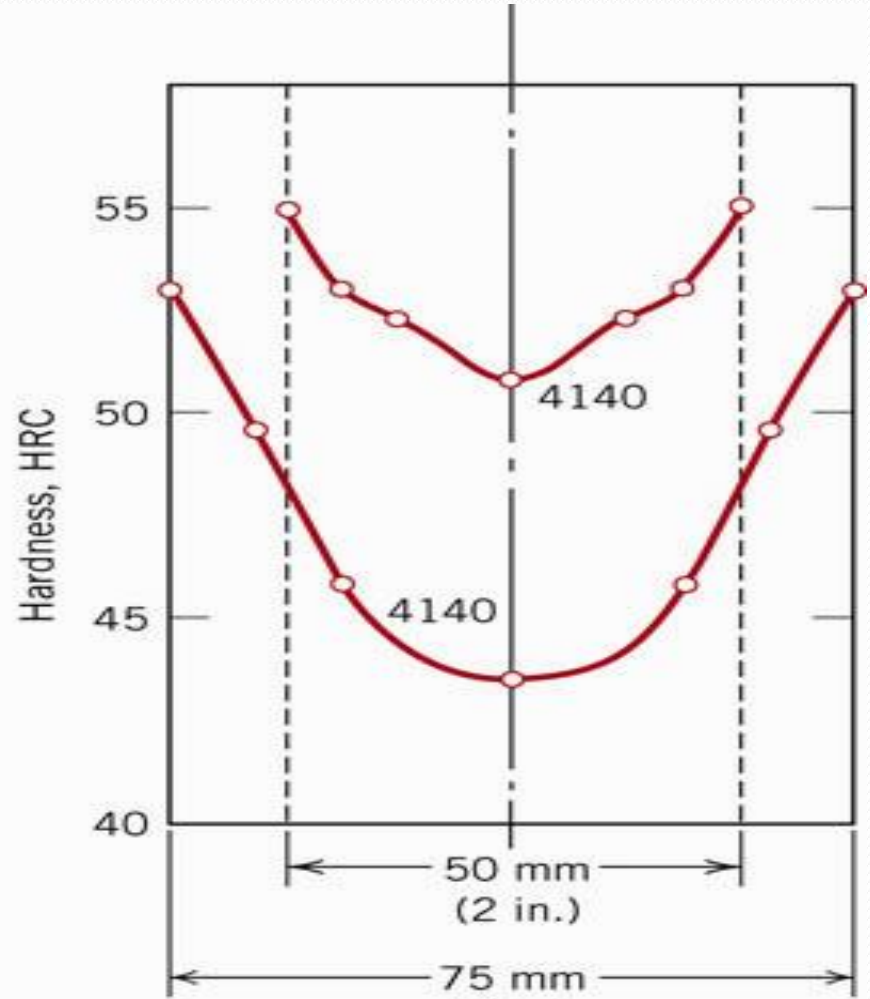
"Alaşımlı çelikler"
(4140, 4340,
5140, 8640)
Ni, Cr, Mo (0.2-2 ağ%)
Burunu kaydırırlar.
Böylece martensitin
oluşması kolaylaşır.



Kesitte sertlik dağılımı



(suda su verilmiş)



(yağda su verilmiş)

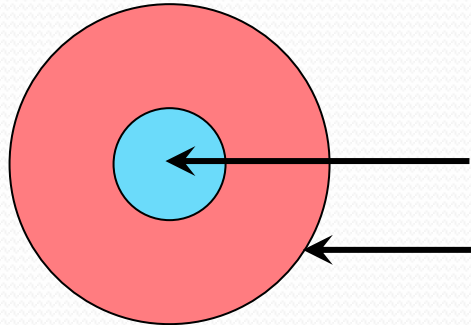
Su verme ortamı & parça şekli

su verme ortamının etkisi

ortam	Soğuma	sertlik
hava	yavaş	düşük
yağ	orta	orta
su	hızlı	yüksek

parça şekli etkisi:

yüzey/hacim \uparrow : soğuma hızı artar / sertlik artar



bölge	Soğuma	sertlik
merkez	yavaş	düşük
yüzey	hızlı	yüksek

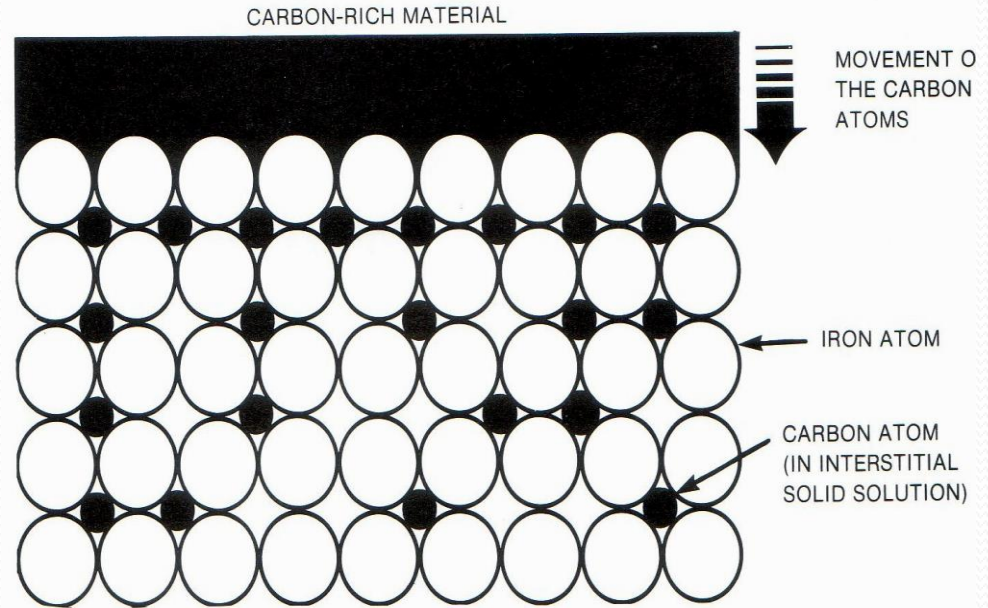
sementasyon

- Düşük karbonlu çelikler az miktarda karbon nedeniyle ısıl işlemle sertleştirilemezler.
- Sementasyon ile yumuşak merkezi çevreleyen sert bir yüzey elde edilmesi mümkündür.
- Dıştan karbon yüklenmesi uygulamasına karbürleme denir.

Nüfuz derinliği (mm)	0,5	1	1,5	2	2,5
Sementasyon süresi (Saat)	$(0,5^2 \cdot 4)=1$	$(1^2 \cdot 4)=4$	$(1,5^2 \cdot 4)=9$	$(2^2 \cdot 4)=16$	$(2,5^2 \cdot 4)=25$

sementasyon

- Parça 900 °C'deki fırında karbonca zengin bir bileşik içine gömülür.
- Zamanla karbon çeliğin yüzeyine nüfuz eder.
- Parça fırında ne kadar süreyle tutulursa o kadar derine nüfuz eder.
- Çatlamları önlemek için tane küçültme uygulanmalı.

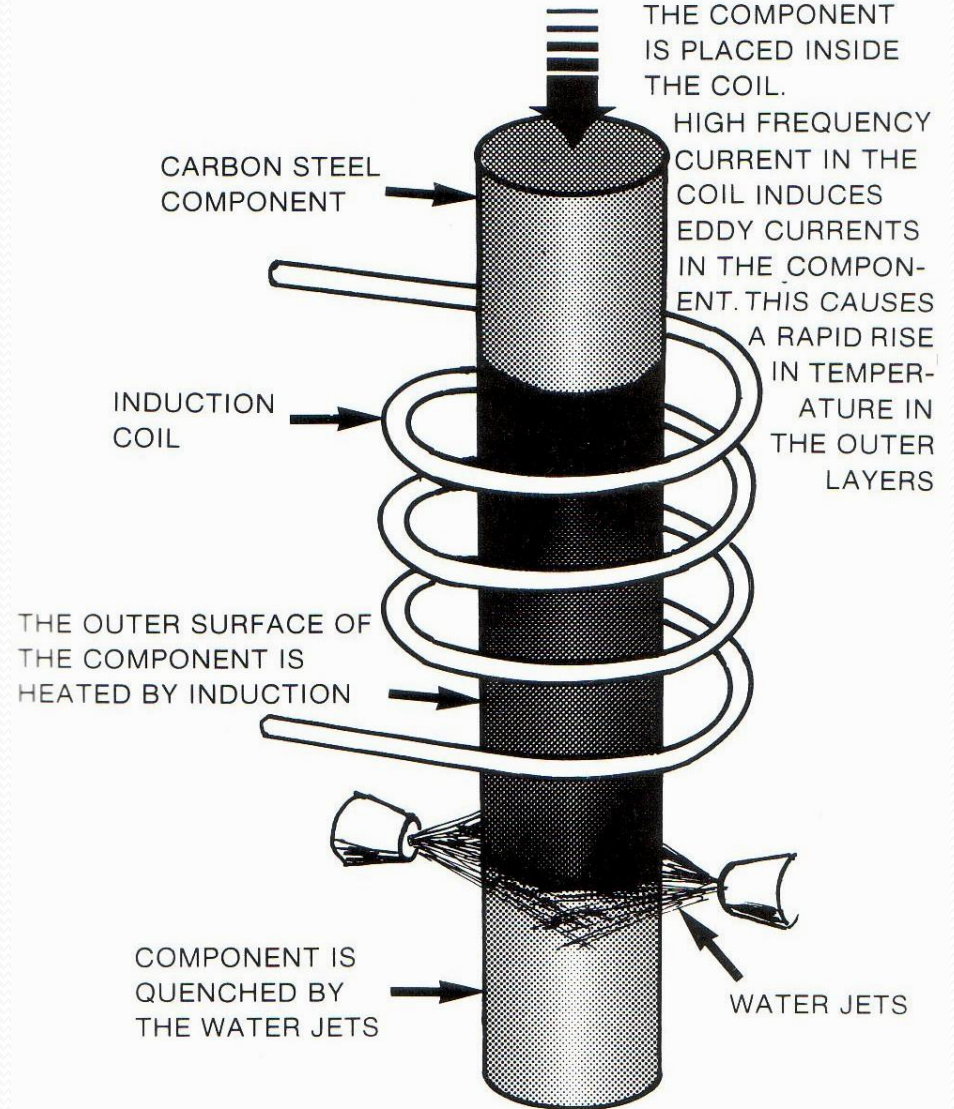


sementasyon / nitrasyon

- **Tuz banyosu karbürizasyonu.**
Çelik parça 900 °C'de eriyik tuz banyosuna (sodyum siyanad, sodyum karbonat ve sodyum klorür) daldırılır. Bir saat içinde yüzeyde ince bir karbon-zengin tabaka oluşur.
- **Gaz karbürizasyonu:**
çelik parça sızdırmaz bir fırın içinde karbon monoksit ile muamele edilir.
- **Nitrasyon:**
500 °C'ye setlenmiş fırın içinde amonyak gazı sirkülasyonu içinde 500 saat bekletildiğinde yüzeyde nitrürler oluşur.

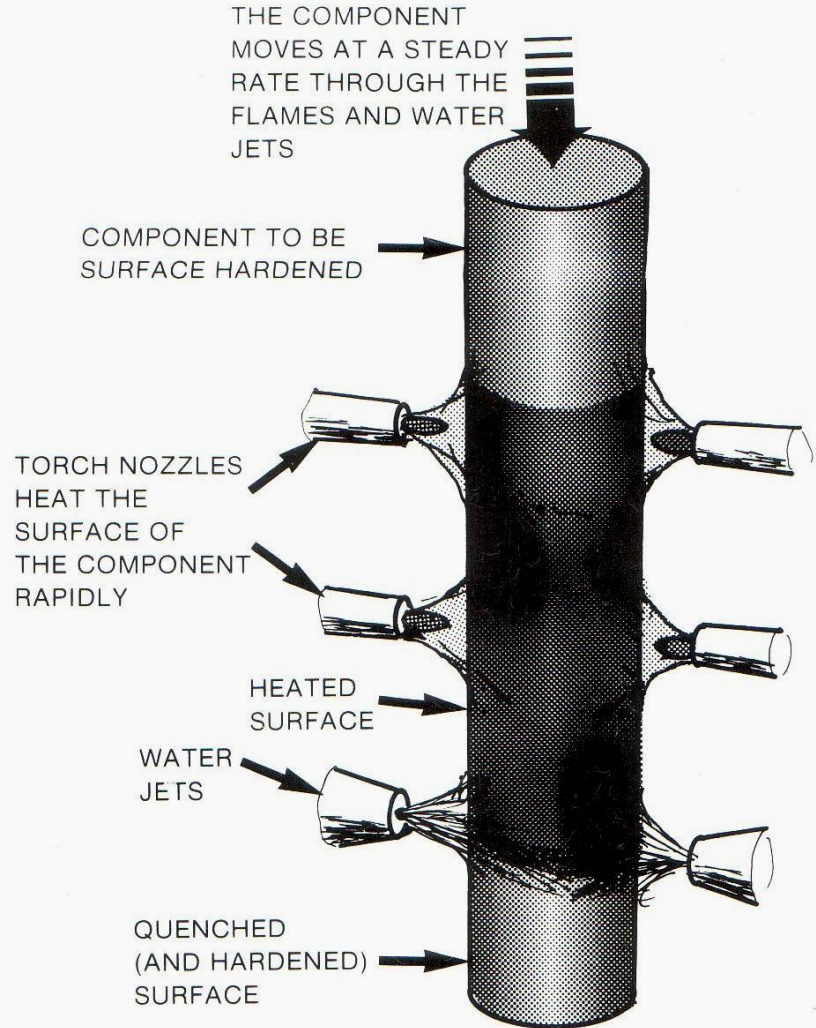
İndüksiyon sertleştirme

- Eddy akımları çeliğin yüzeyini şürtle ısıtır. Isınan parça su jeti ile hızla soğutulur.
- Yumuşak bir merkez üstünde sert bir dış yüzey elde edilir.



Alev sertleştirmesi

- Alev parçanın dış yüzeyini st kritik sıcaklığın üstüne ısıtır. Parça merkezi kondüksiyon ile ısınır.
- Su jeti parçayı süratle soğutur.

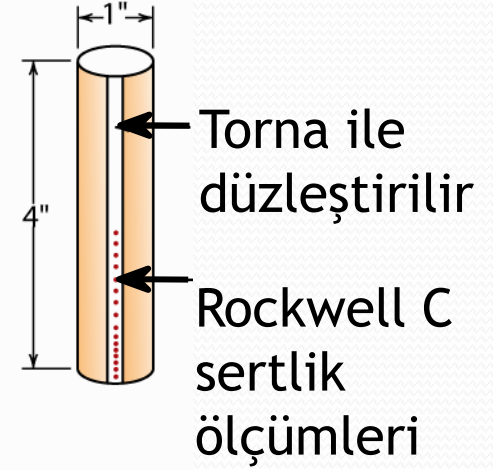
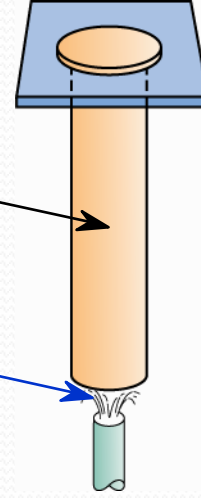


sertleşebilirlik

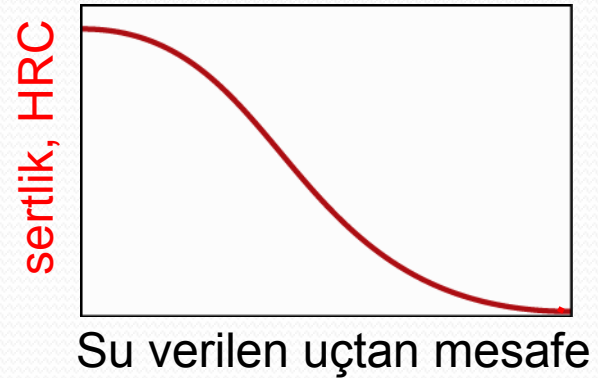
- martensit oluşturma kapasitesi
- Jominy testi ile ölçülür.

Numune γ Faz bölgesine ısıtılır

24° C su



- sertlik vs su verilmiş uçtan mesafe



Çeliklerde alaşım elementleri

Karbon

- Düşük miktarlarda α -Fe ve γ -Fe ara yer katı eriyiklerini oluşturur.
- Yüksek miktarlarda sementit- Fe_3C bileşimini oluşturur.
- α -Fe ve γ -Fe fazlarının sertliğini ve sertleşme kabiliyetini artırır.
- Aşınma direncini artırır.
- Sünekliği ve tokluğu düşürür.
- Kaynaklanabilirliği düşürür.

Çeliklerde alaşım elementleri

mangan

- başlıca alaşım elementi.
- sertliği ve sertleşme kabiliyetini artırır.
- Zayıf bir karbür yapıcıdır (demirden daha fazla!).
- MnS oluşturarak kükürdün neden olduğu gevrekliği azaltır.
- Yüksek miktarlarda ilave edildiğinde aşınma direnci yüksek ostenitik çelik yapar.
- Çeliğin talaşlı imalat kabiliyetini arttırır.
- Ergimiş çeliği deoksidize eder.
- Kaynaklanabilirliği azaltır.

Çeliklerde alaşım elementleri

silis

- başlıca alaşım elementidir.
- Katı eriyik mukavemetini arttırır.
- Sertliği ve sertleşme kabiliyetini arttırır.
- Ergimiş çelikte oksijeni giderir (deoksidan) ve SiO_2 kalıntıları oluşturur.
- Karbür yapmaz.
- Oksidasyon direncini arttırır.
- Elektrik ve manyetik özellikleri iyileştirir; histerisis kayıplarını azaltır/ elektrik çelikleri
- Talaşlı imalat kabiliyetini olumsuz etkiler.
- **Dökme demirlerde grafitleşmeyi arttırır.**

Çeliklerde alaşım elementleri

fosfor

- Bir çok çelikte empürite olarak kabul edilir.
- Düşük karbonlu çeliklere mukavemeti ve sertliği arttırmak için ilave edilebilir.
- Sünekliği ve tokluğu ciddi seviyelerde düşürür.
- Talaşlı imalat kabiliyetini artırır.
- Korozyon direncini artırır.
- Temper gevrekliğini tetikler.
- Yüksek miktarda ise, özellikle dökme demirlerde arzu edilmeyen Fe_3P bileşimini oluşturur.

Çeliklerde alaşım elementleri

kükürt

- Bir çok çelikte impürite olarak kabul edilir.
- Gevrekliğe neden olur. Sünekliği ve darbe direncini düşürür.
- Mn ile birlikte bulunduğu işlenebilirliği artırır.
- Bazı işlenebilir çelikler % 0.08 ile 0.15 kadar S içerir.
- Yüzey kalitesini olumsuz etkiler.
- Kaynaklanabilirliği azaltır.

Çeliklerde alaşım elementleri

nikel

- Birçok çelikte başlıca ve gerekli alaşım elementidir.
- Katı eriyik mukavemeti ve sertliğini artırır.
- Sertleşebilirliği artırır.
- Özellikle düşük sıcaklıklarda tokluğu artırır.
- karbür yapmaz.
- Yüksek kromlu paslanmaz çelikleri ostenitik yapar.
- Korozyon direncini artırır.

Çeliklerde alaşım elementleri

krom

- Bazı düşük alaşımlı çeliklerde ve tüm paslanmaz çeliklerde önemli bir alaşım elementidir.
- Katı eriyik mukavemetini ve sertliğini bir miktar artırır.
- Sertleşme kabiliyetini (Su alma derinliğini) artırır.
- Korozyon ve yüksek sıcaklık oksidasyon direncini artırır.
- Karbür yapıcıdır (Mn'dan daha fazla!)
- Krom karbürler aşınma direncini artırır ve yüksek sıcaklık dayanıklılığı kazandırır.
- Tokluğu artırır.
- Karbürizasyonu hızlandırır.

Çeliklerde alaşım elementleri

molibden

- Bazı düşük alaşımlı çeliklerde ve takım çeliklerinde önemli bir alaşım elementidir.
- Katı eriyik mukavemeti ve sertliğini artırır.
- Sertleşebilirliği artırır.
- Kuvvetli bir karbür yapıcıdır (Cr'dan daha fazla!)
- Yüksek sıcaklık özelliklerini ve sürünme direncini artırır.
- Temper gevrekliğini azaltır.
- Paslanmaz çeliklerde korozyon direncini artırır.
- Aşınma direncini artırır.
- Tokluğu artırır.

Çeliklerde alaşım elementleri

bakır

- Bir çok çelikte sıcak yırtılmaya yol açtığı için empürite elementi olarak kabul edilir.
- atmosferik korozyon direncini arttırır.
- Özel çeliklerde ısıl işlem sonrası yaşlanma ile yüksek mukavemet ve sertlik için kullanılır.
- Sünekliği düşürmeden mukavemeti arttırır.
- Karbür yapmaz.
- Sıcak işlenebilirliği düşürür.
- Yüzey kalitesini azaltır.

Çeliklerde alaşım elementleri

kobalt

- Isıya dayanıklı çeliklerde ve bazı takım çeliklerinde önemli bir alaşım katkısıdır.
- Yüksek sıcaklıklarda mukavemet ve sertliği artırır.
- Zayıf bir karbür yapıcıdır.
- Sertleşebilirliği düşürür.

Çeliklerde alaşım elementleri

tungsten

- Bazı çeliklerde gerekli bir alaşım elementidir.
- Katı eriyik mukavemeti ve sertliği arttırır.
- Sertleşebilirliği arttırır.
- Kuvvetli bir karbür yapıcıdır.
- Karbürleri takım çeliklerinde aşınma direnci verir.

Çeliklerde alaşım elementleri

vanadyum

- Mikro alaşımlı çeliklerde önemli bir alaşım elementidir.
- Taneleri küçülterek mukavemeti ve sertliği artırır.
- Yüksek sıcaklıklarda tane büyümesini önleyerek sertliği, tokluğu, aşınma direncini artırır.
- Setleşebilirliği artırır.
- Kuvvetli bir nitrür yapıcıdır.
- Karbür de yapar.
- Temperleme direncini artırır/yüksek sıcaklıkta mukavemet kaybını azaltır.

Çeliklerde alaşım elementleri

niyobyum

- Mikro alaşımlı çeliklerde önemli bir alaşım elementidir.
- Tane yapısını kontrol ederek mukavemeti ve sertliği artırır.
- Sertleşebilirliği artırır.
- Kuvvetli bir karbür yapıcıdır; nitrür de yapar.
- Darbe tokluğunu artırır.
- Geçiş sıcaklığını düşürür.

Çeliklerde alaşım elementleri

alüminyum

- Nitrasyon uygulanan çeliklerde ve derin çekilebilir çeliklerde önemli bir alaşım elementidir.
- Taneleri küçülterek mukavemeti ve sertliği artırır.
- Etkili bir deoksidandır.
- İstenmeyen Alüminyum oksit kalıntıları oluşturur.
- Kuvvetli bir nitrür yapıcıdır.
- Karbür yapmaz.

Çeliklerde alaşım elementleri

titanyum

- Mikro alaşımlı çeliklerde önemlidir.
- Taneleri küçülterek mukavemeti ve sertliği artırır.
- Sertleşebilirliği artırır.
- Kuvvetli karbür ve nitrür yapıcıdır.
- Çeliklerde nirojeni bağlama görevini üstlenir. (bor ilave edilmiş çeliklerde boru nitrojenden korur.
- Aynı zamanda kuvvetli bir deoksidandır.
- Kükürtle birleşerek titanyum sülfitleri oluşturur.

Çeliklerde alaşım elementleri

kalsiyum

- Çeliklere sülfid kalıntılarının şekil kontrolü için ilave edilir. (kükürt ile birleşerek yuvarlak deforme edilemez sülfidler oluşturur.)
- Kuvvetli bir deoksidandır.
- Kalsiyum oksit yapar ve kalsiyum alüminat kalıntıları oluşturur.
- Tokluğu geliştirir; şekil alabilirliği ve işlenebilirliği artırır.

Çeliklerde alaşım elementleri

zirkonyum

- Çeliğe sülfid kalıntılarının şekil kontrolü için ilave edilir. (yuvarlak, deforme edilemez zirkonyum sülfitler oluşturur!)
- Kuvvetli bir deoksidandır.
- Zirkonyum oksit oluşturur.
- Kuvvetli bir nitrür yapıcıdır.

Çeliklerde alaşım elementleri

bor

- İşlenebilirliği ve şekillenebilirliği azaltmadan sertleşebilirliği artırır.
- Diğer elementlerin sertleşme kabiliyetini arttırmasına yardımcı olur.
- Nötronlara geçirimsizliği sayesinde nükleer reaktör yapısal uygulamalarına aday çeliklere ilave edilir.

bizmut

- Çeliklerde işlenebilirliği arttırır.
- Kurşuna benzer etkisi vardır.

Çeliklerde alaşım elementleri

azot

- Bazı mikro alaşımlı çeliklerde mukavemet arttırmak ve tane boyutu kontrolünde faydalı olan nitrürleri oluşturmak için kullanılır.

magnezyum

- Dökme demirlerde grafit nodülleri oluşturmak için kullanılır.

selenyum

- Çeliklerde işlenebilirliği artırır.

Çeliklerde alaşım elementleri

seryum

- Çeliklere sülfid kalıntı kontrolü için ilave edilir. Yuvarlak, deforme edilemez seryum sülfid kalıntıları yapar.
- Kuvvetli bir deoksidandır.
- Yüksek mukavemetli, düşük alaşımlı çeliklerde tokluğu arttırır.
- Dökme demirlerde grafit morfolojisini değiştirir.

Çeliklerde alaşım elementleri

kurşun (Pb)

- Çeliklerde çözünmez.
- İşlenebilirliği arttırır.
- Sıvı metal gevrekliğine neden olur.

telüryum

- Çeliklerde işlenebilirliği arttırır.
- Şekil verilebilirlik iyileşir.
- Tokluk artar.

Kalıntı elementler



- Çelik üretiminde bazı elementler metalik yapıda kalır.
- Bunlar olumsuz etkileri nedeniyle istenmeyen fakat tamamen giderilemeyen safsızlıklardır.
- Bu elementlerin başlıcaları: oksijen, hidrojen, antimon, arsenik ve kalaydır.

Kalıntı elementler

Kükürt, Fosfor, Kalay, Arsenik ve antimon tane sınırlarına segrege olarak taneler arasındaki bağı zayıflatıyorlar. Çelik bu yüzden gevrek hale geliyor.

Bu sorun hemen değilse bile bir temperleme işleminden sonra ortaya çıkabilir.

Bu şekilde ortaya çıkan gevrekliğe temper gevrekliği deniyor.

Çeliklerde empüriteler

oksijen

- Mn, Si, Al, Ti vb elementlerle birleşerek oksit kalıntıları oluşturur.
- Bu şekilde tokluk ve yorulma direncini düşürür.
- Çeliklerde sıvı aşamada alüminyum ve silis ilavesi ile deoksidasyon yapılarak kontrol edilir.
- Veya vakum uygulaması ile de kontrol edilebilir.

Çeliklerde empüriteler

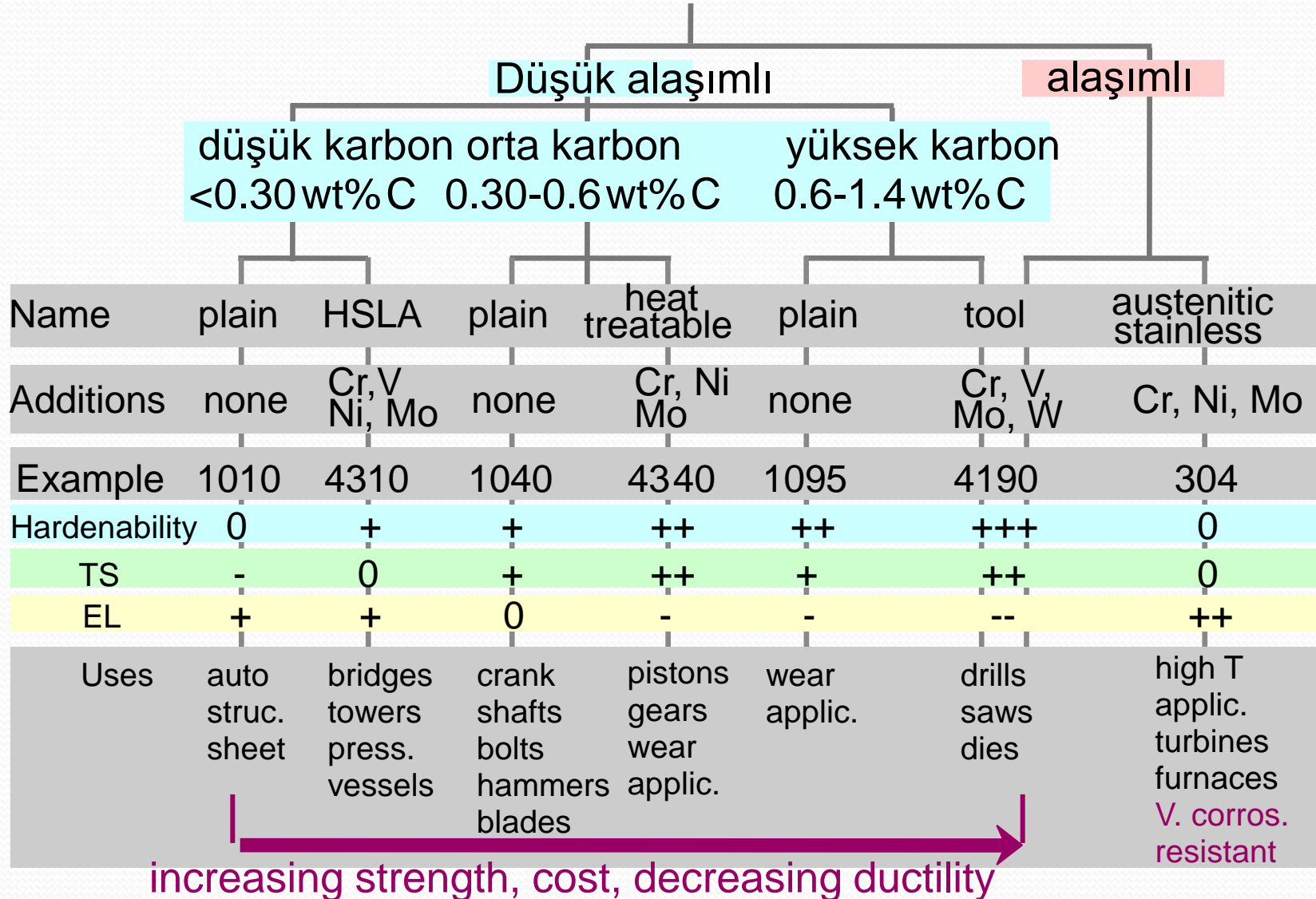
hidrojen

- Çelik yapısına geçtiğinde çatlak oluşmasına neden olur.
- Çeliklerde vakum gaz giderme pratiği ile kontrol edilir.
- Ostenit-ferrit dönüşümünden sonra yavaş soğutma uygulaması da hidrojen sorunlarının kontrolü için faydalıdır.

Kalay, Antimon, Arsenik

- Temper gevrekliğine neden olur.

Çeliklerin sınıflandırılması





karbon elikleri

Karbon çelikleri

- En ucuz, en çok kullanılan çelik grubu.
- Karbon oranı arttıkça ısıtılma işleminden sonra sertlik, mukavemet ve aşınma direnci de artıyor!
- Karbon miktarına göre;
 - düşük karbonlu çelikler: $0.05 \leq C \leq 0.30$ ağırlık %**
 - orta karbonlu çelikler : $0.30 \leq C \leq 0.60$ ağırlık %**
 - yüksek karbonlu çelikler: $0.60 \leq C$**

Karbon çelikleri

Karbon çeliklerinde bulunan diğer alaşım elementleri:

Mn < 2.0 ağı%

S < 0.35 ağı%

P < 0.60 ağı%

Si < 0.35 ağı%

diğer elementler üzerinde kontrol uygulanmamakla birlikte genellikle ağı% 2'den daha az miktarlarda bulunurlar.

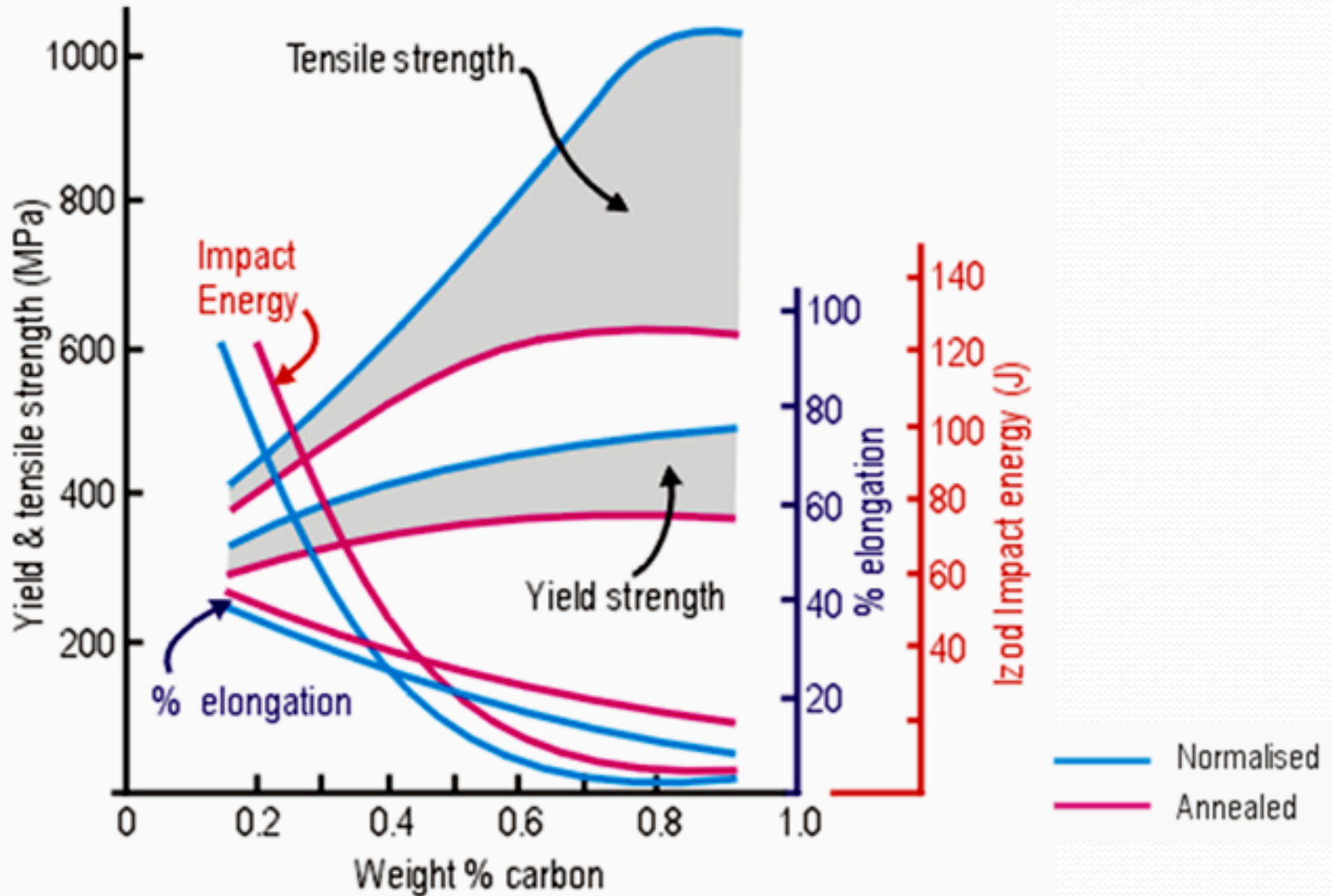
Karbonun etkisi

Normalize edilmiş (havada soğutulmuş) çelik:

Karbon miktarını arttırmak demir karbür (sementit/ Fe_3C) oranını arttırır. Demir karbür sertleştirici bir faz olduğu için bu şekilde mukavemet de artar.

Ancak ferrit-sementit arayüzeyleri çatlak çekirdeklenmesi için ideal ara yüzeylerdir. Bu nedenle demir karbür oranının artması ile mukavemet artarken kırılma tokluğu düşer.

Karbonun etkisi



Düşük karbonlu çelikler

- yumuşak «mild» çelikler!
- ucuz ve popüler, en çok üretilen çelik
- mikroyapı tipik olarak ferrit + perlit
- $Mn < a\grave{g} \%0.4$
- düşük mukavemet ve sertlik değerlerine sahip fakat sünek-tok ve şekil vermek kolay!
- Sertlik ve mukavemet soğuk deformasyonla!
- Tipik değerler: akma: 275 MPa; çekme: 415-550 MPa, uzama: %25

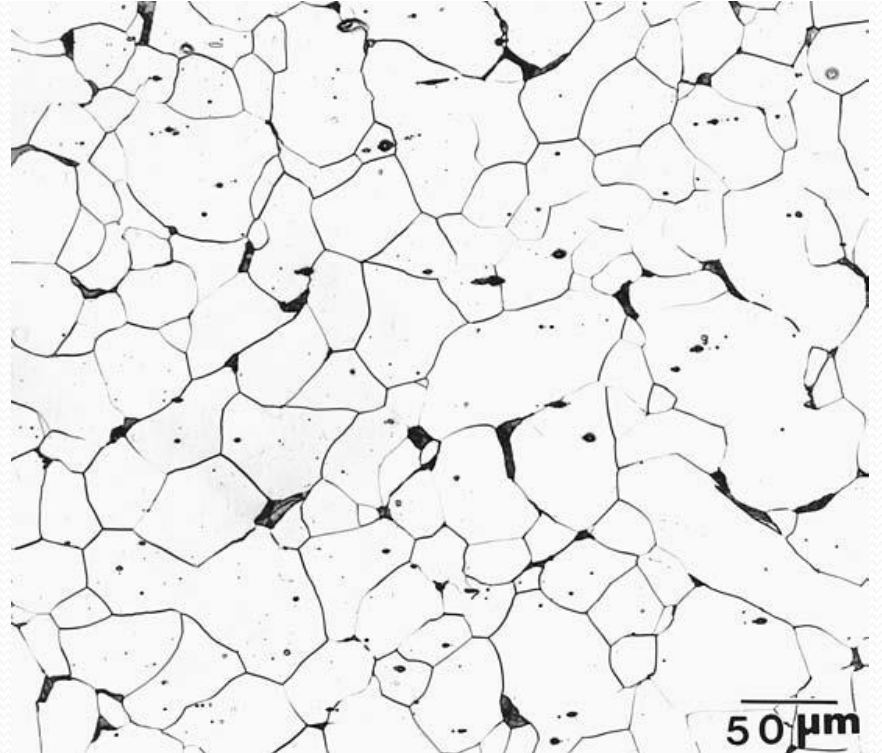
Düşük karbonlu çelikler

- Kaynak kabiliyeti iyi!
- Isıl işlem uygulanmaz: ısıl işleme martensit oluşturmak ve bu şekilde sertlik arttırmak imkansız!
- gerektiğinde yüzey sertliği karbürleme ile ayarlanır! (böylece sünek-tok bir parçada sert bir yüzey elde edilir: ekonomik!)

Düşük karbonlu çelik mikroyapısı

Düşük karbonlu AISI/SAE 1010 çeliğinde açık renkli ferrit taneleri ve aralarda koyu renkli perlit kümeleri

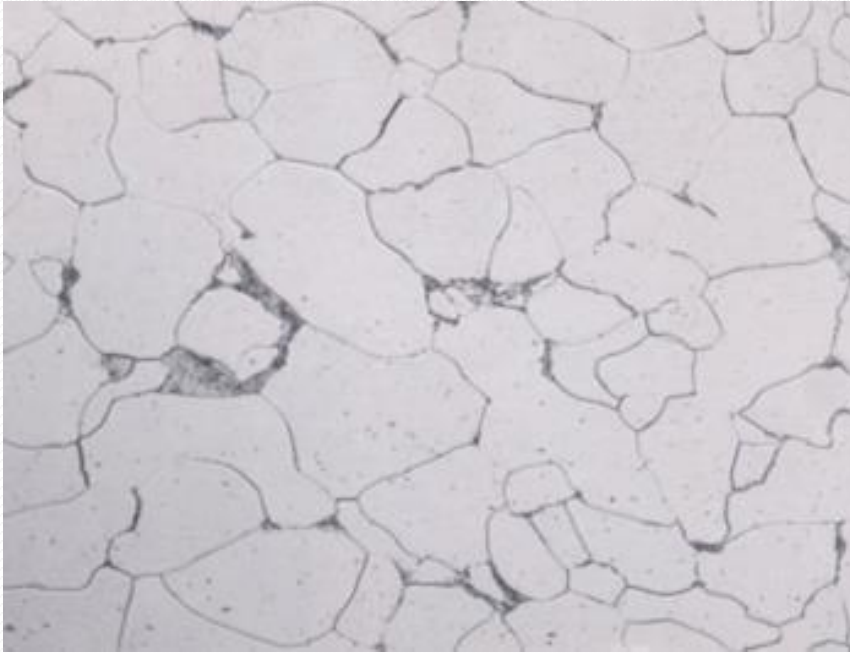
Mikroyapı
bileşenleri:
Ötektoid altı
ferrit
+ perlit



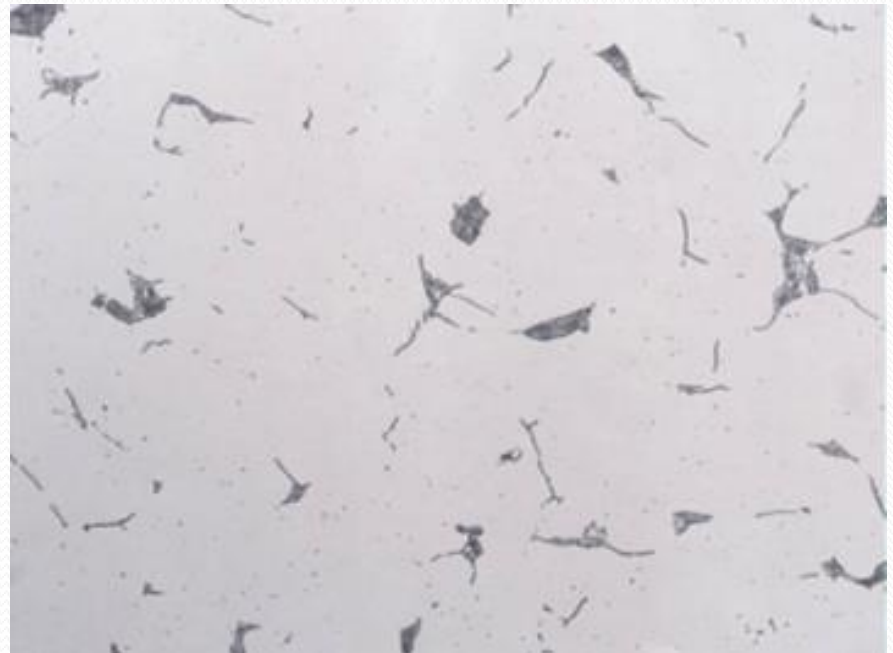
Düşük karbonlu çelik mikroyapısı

1008 karbon çeliği

2% Nital



% 4 Pikral



Pikral ince sementit partiküllerini ve perlit kümelerini gösteriyor. Nital ferrit tane sınırlarını ve perlit kümelerini gösteriyor fakat özellikle tane sınırlarındaki sementit partikülleri ayırt edilemiyor. 500X.

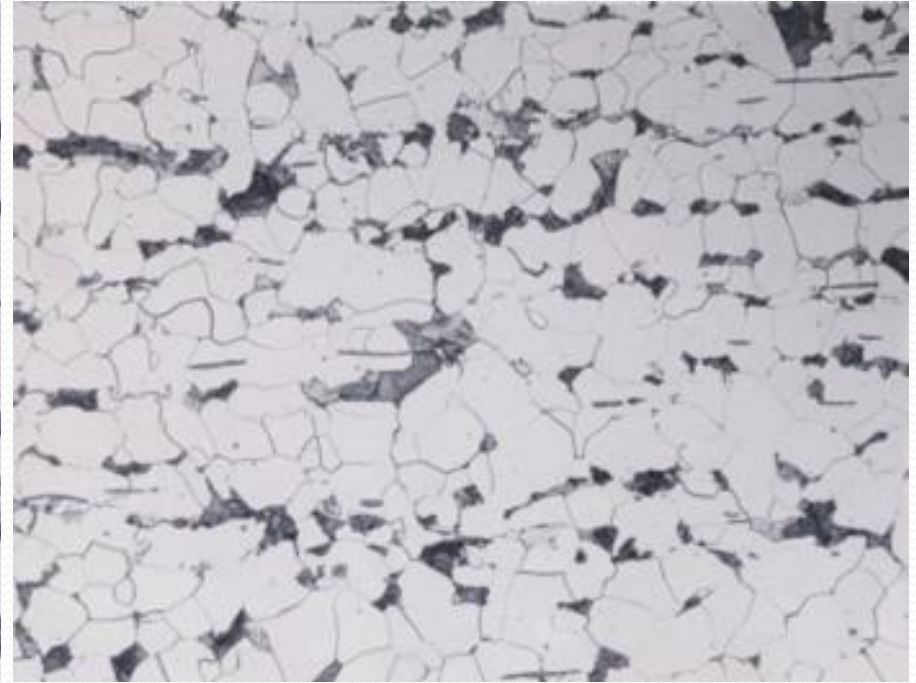
Düşük karbonlu çelik mikroyapısı

Sıcak haddelenmiş 1010 karbon çeliğinin mikroyapısı

% 4 Pikral



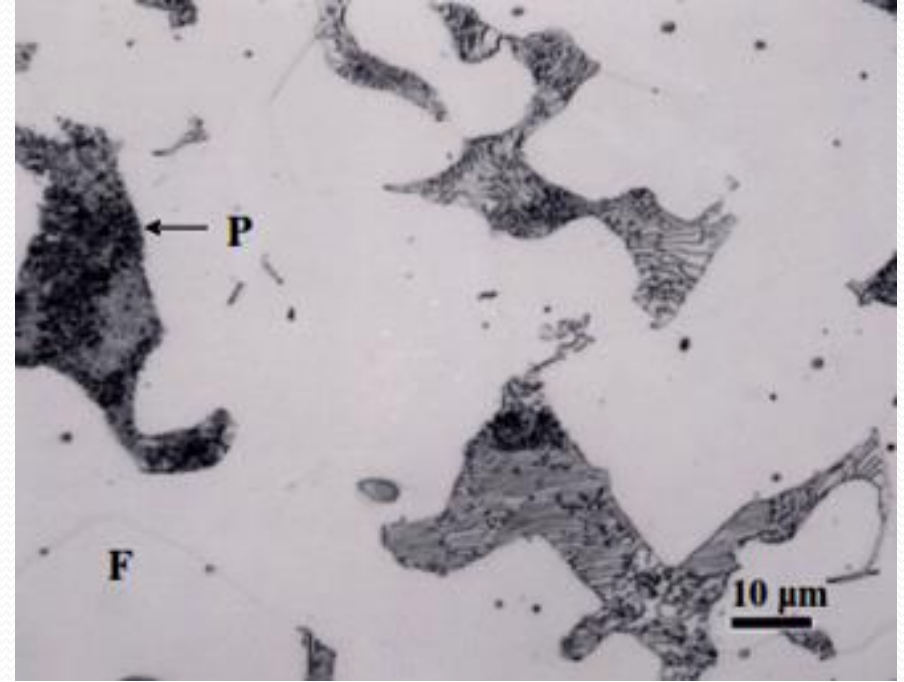
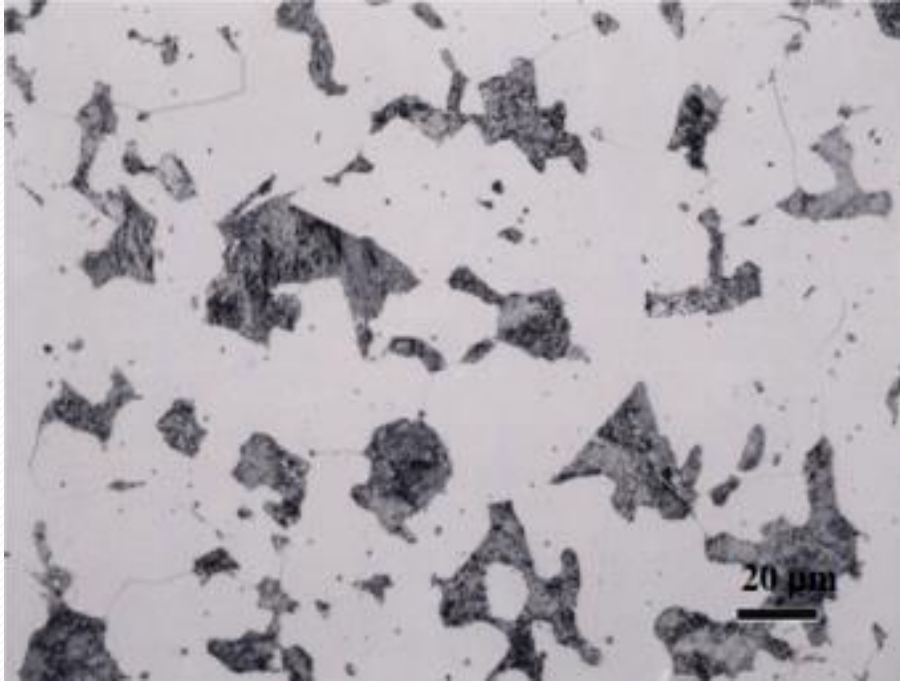
2% Nital



Pikral çözeltisi sementit ve perliti gösteriyor fakat ferrit tane sınırlarını açığa çıkarmıyor. Nital ile ferrit tane sınırları ve perlit görülüyor fakat ince sementit partikülleri zor görünüyor. 500X.

Düşük karbonlu çelik mikroyapısı

1018 karbon çeliği; 900 °C'den fırında soğutulmuş!



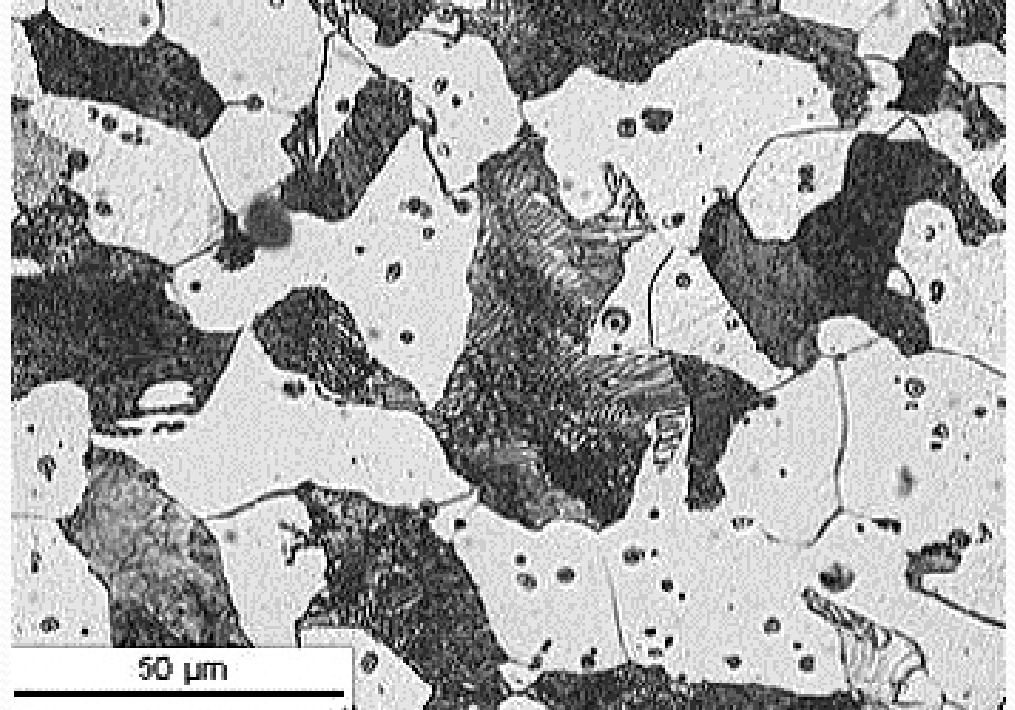
4% pikral ile dağlanmış. Sertlik 117 HV.

düşük karbonlu çelik mikroyapısı

C>0.20 ağı%: Ferrit + perlit

Karbon miktarı bir miktar daha yüksek olduğu için perlit miktarı fazla.

Beyaz ferrit taneleri içindeki noktalar oksit ve sülfid gibi metalik olmayan kalıntılar



0.23 C / 0.25 Si / 0.40Mn

Düşük karbonlu çelikler ($C < 0.20$)

1010/1018/1020 otomotiv ve beyaz eşya sektöründe kullanılır. Levhalara basit eğme ve şekillendirme uygulandığı için bu çelikler tercih edilir.



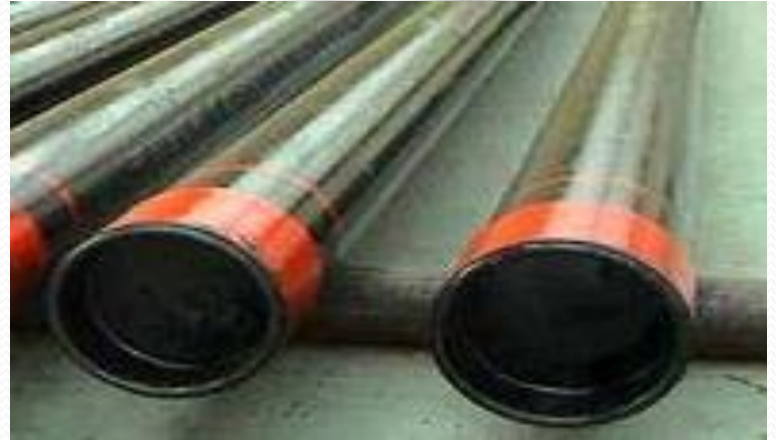
düşük karbonlu çelikler ($C < 0.2$)



Boru ve boru hatları
Yapısal profiller



düşük karbonlu çelikler ($C < 0.2$)



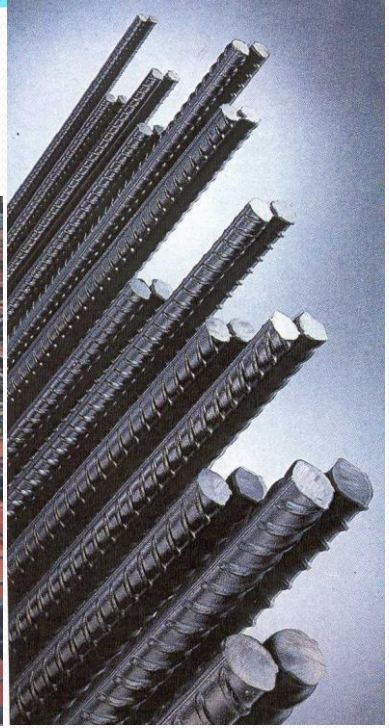
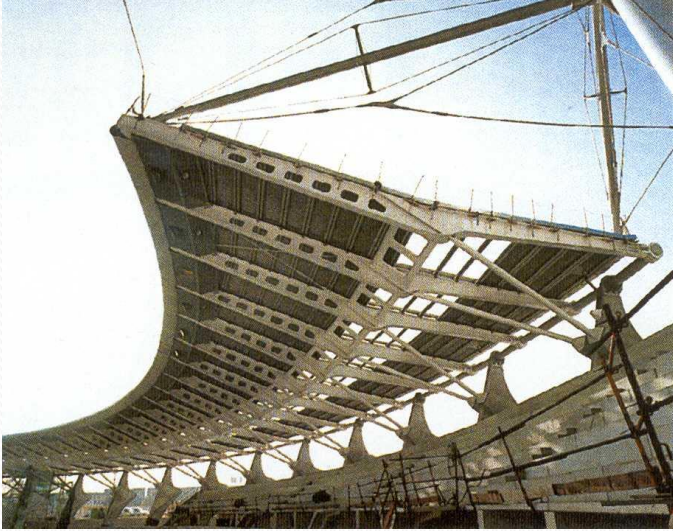
İnşaat, gemi ve otomotiv sektöründe yapısal levha ve profil

düşük karbonlu çelikler ($C < 0.2$)

İnşaat sektörü
Köprü ve bina
profilleri



düşük karbonlu çelikler



Düşük karbonlu çelikler (C<0.2)

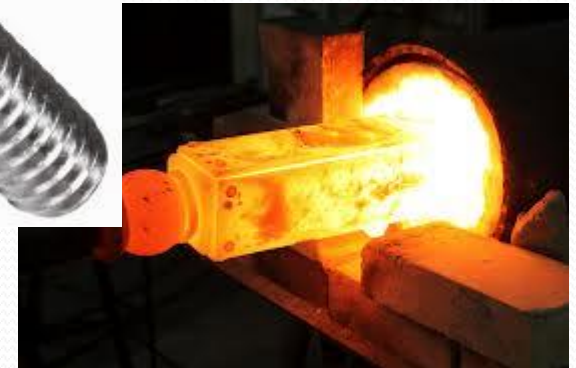
Perçin
Vida
Çivi
somun



Düşük karbonlu çelikler (C>0.2)



Dişli,
şaft-mil
Cıvata
Dövme parça



Düşük karbonlu çelikler ($C > 0.2$)



Köprü
İnşaat sektörü
Kaynaklı
konstrüksiyonlar



düşük karbonlu çelikler

Düşük karbonlu “karbürsüz” beynitik ray çelikleri



Orta karbonlu elikler

- C: % 0.30-0.60
- Mn: % 0.6-1.65
- dayanıklı ve sünek
- aşınma direnci yüksek
- akma: 300-600 MPa; çekme: 400-800 MPa, uzama: %25
- Mn, Cr, Ni ve Mo ilavesi ısıl işleme sertleşmeyi artırır ve mukavemet-süneklik değerleri ayarlanabilir.
- Titizlikle uygulandığında kaynaklanabilirlikleri iyidir.

Orta karbonlu elikler

- Sertleşmeleri sınırlıdır fakat ısıt işlemler uygulanır.
- Isıt işlemler uygulandıında düşük karbonlu çeliklerden daha mukavemetlidirler.
- Sadece ince kesitler ısıt işlemler görebilir ve hızlı soğutma için su verme titizlikle uygulanmalıdır.
- su verme ve temperleme ile mekanik özellikler geliştirilir; temperlenmiş halde kullanılırlar.
- yüksek mukavemet ile birlikte sünekliğin de önemli olduğu uygulamalar için seçilirler.

Orta karbonlu elik mikroyapısı

Orta karbonlu AISI/SAE 1040 eliğinde beyaz renkli ferrit taneleri ve koyu renkli perlit kumeleri

Mikroyapı
bileşenleri:
Ötektoid altı
ferrit
+
daha fazla perlit



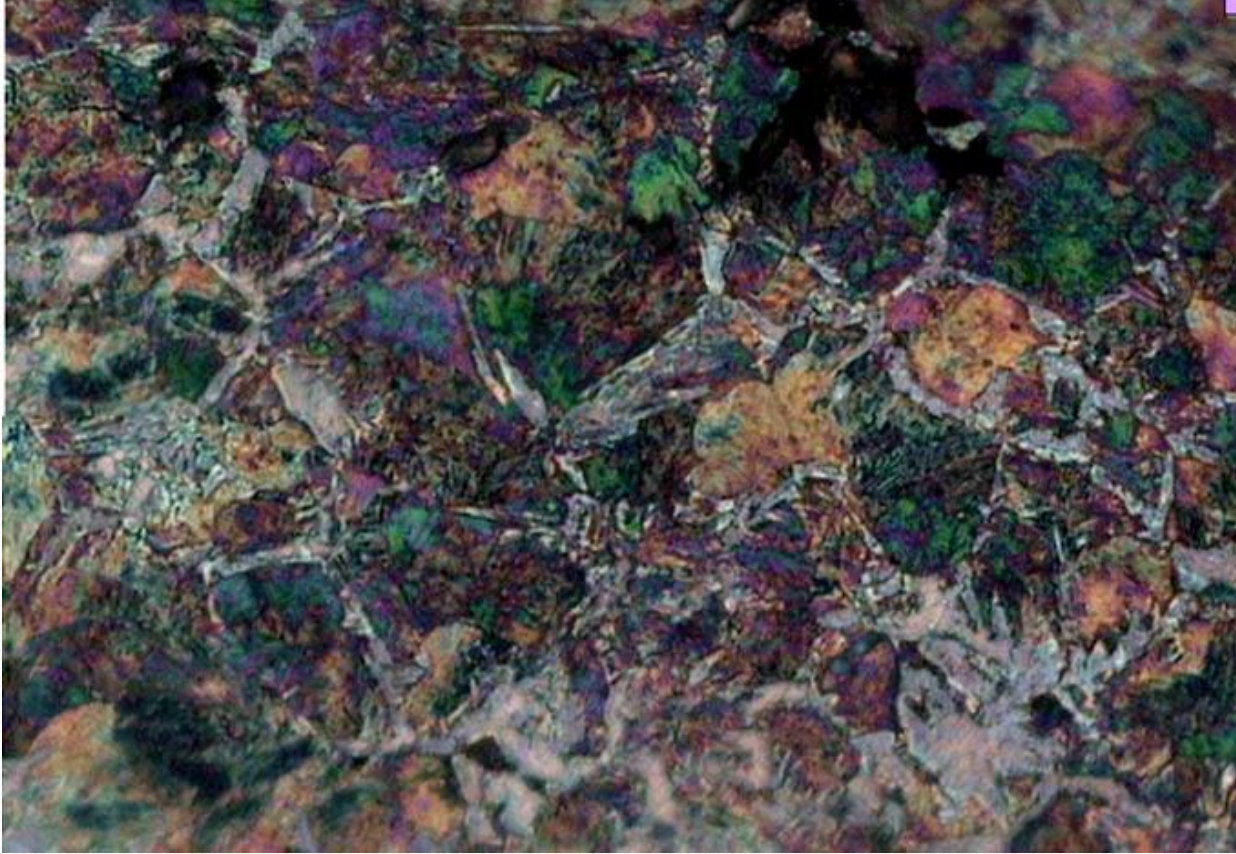
orta karbonlu elik mikroyapısı



0-5-0.6 C/0.15-0.35 Si/0.60-0.90Mn

Mikroyapı: perlit ve ferrit (kahverengi renkli alanlar)

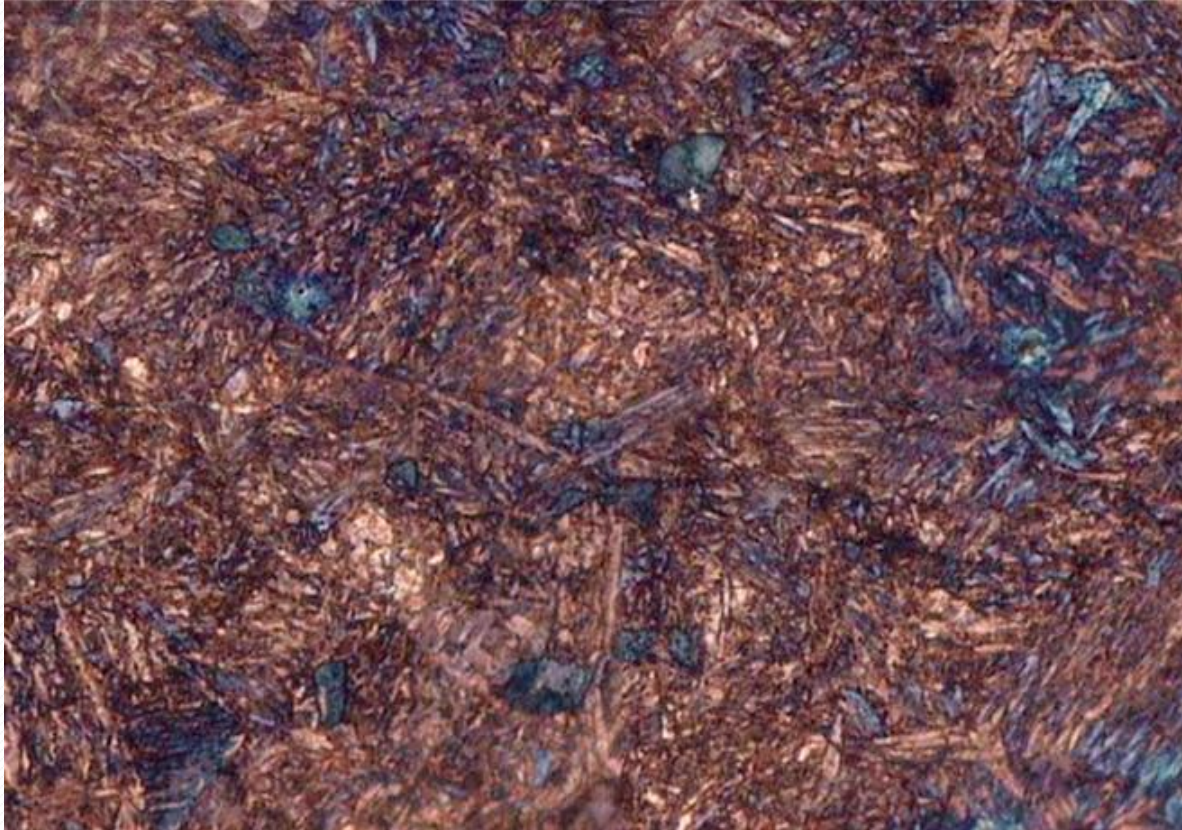
orta karbonlu elik mikroyapısı



0-5-0.6 C/0.15-0.35 Si/0.60-0.90Mn

Mikroyapı martensit ve ferritden oluşuyor.

orta karbonlu elik mikroyapısı



0-5-0.6 C/0.15-0.35 Si/0.60-0.90 Mn
Mikroyapı: temperlenmiş martensit.

orta karbonlu elikler (C:0.3-0.4)



Biyel kolu
krank kolu ve
muylusu
perno
Aks-mil
Dövme parça-alet



orta karbonlu elikler (C:0.4-0.5)



Dişliler
Oto aksı
Krank mili
Ray



Buhar kazanı
Matkap ucu
tornavida



orta karbonlu elikler (C:0.5-0.6)



Çekiç
balta vb
Darbeli takım
alet



Orta karbonlu elikler



Tren vagonlarında aks ve tekerler orta karbonlu elikten

Orta karbonlu çelikten imal edilmiş borular



Orta karbonlu elikler

Ağır iç makineleri
Madencilik donanımları
Vinç



Orta karbonlu çelikler



Orta karbonlu elikler

- Snekligi sayesinde tabaka haline haddelenmesi ve diş açılması gibi operasyonlar mukavemet kaybı yaşanmadan mümkündür.
- Orta karbonlu çeliklerin snekligi bu çeliklerin basınçlı kaplarda gövde malzemesi olarak kullanılacak tabaka levha haline getirilmesine (hadde) imkan tanır.
- Ancak Orta karbonlu çelikler martensitik yapıları ve buna bağlı gevreklikleri ve çatlama riskleri nedeniyle soğuk sıvı ve gaz taşıyan tankların imalatında kullanılamazlar. burada paslanmaz çelikler tercih edilir.

Yüksek karbonlu çelikler

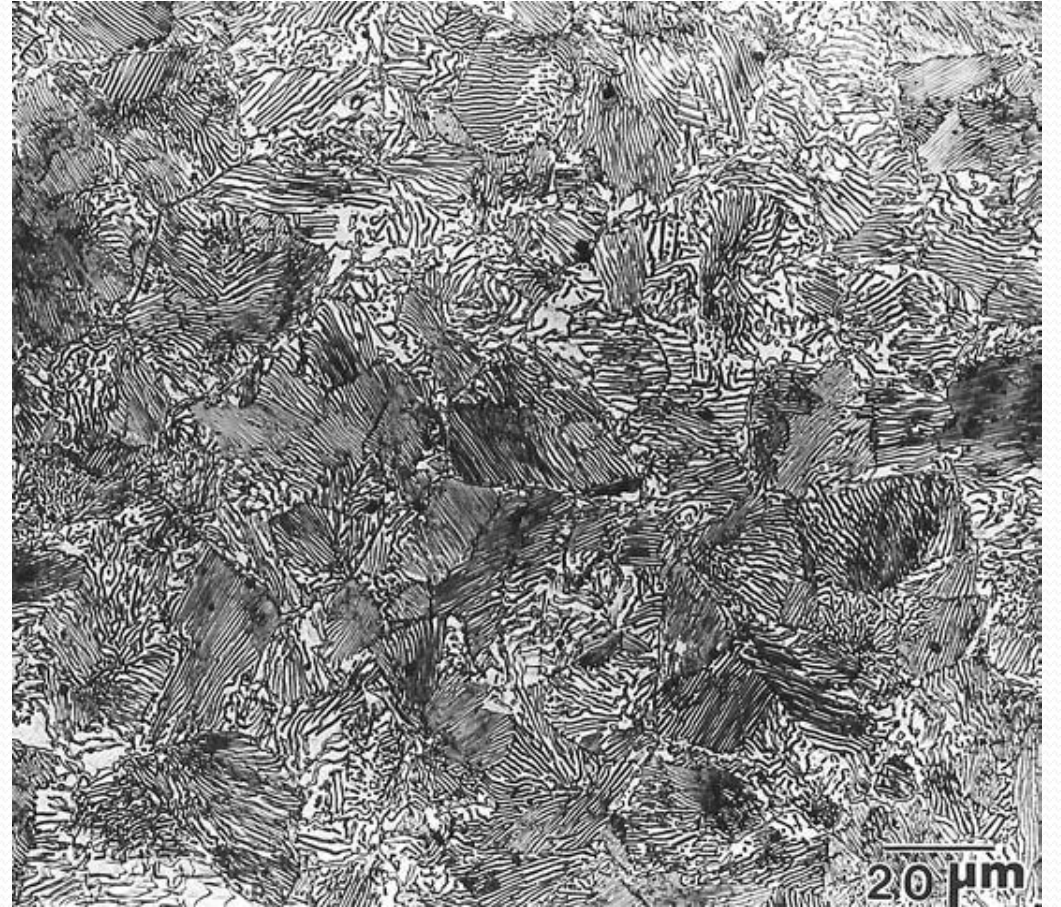
- Karbon miktarı: $0.6 \leq C \leq 1.0$ wt%
- Karbon çelikleri arasında en sert, en mukavemetli, fakat sünekliği en düşük çeliklerdir.
- Yüksek karbon sayesinde ısıtılma işlemi çok yüksek sertlik değerlerine ulaşılabilir.
- Soğuk deformasyon ile daha da yüksek mukavemet.
- yüksek aşınma direnci

yüksek karbonlu çelikler

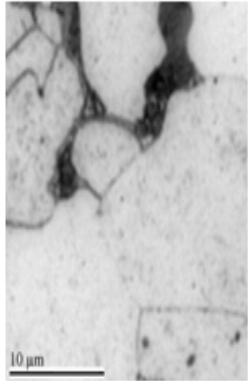
- yay ve yüksek mukavemetli çelik kord ve kabloların üretiminde kullanılır.
- Hemen her zaman ve özellikle aşınma direnci ve keskin kesme kenarlarının korunması gerektiği durumlarda sertleştirilmiş ve temperlenmiş halde kullanılırlar.
- Çok yüksek C içeriği yüzünden kaynak uygulanamaz.

Yüksek karbonlu çelik mikroyapısı

Yüksek karbonlu AISI/SAE 1095 çeliğinde çok ince perlit yapılı matris (ferrit ve sementit kombinasyonu) ile tane sınırlarında yerleşmiş sementit bileşimi



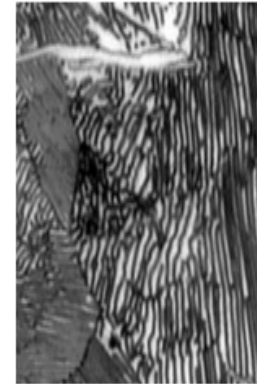
Sementit metalografisi



Ferrite and blackish Pearlite grains
at 0.1 % C



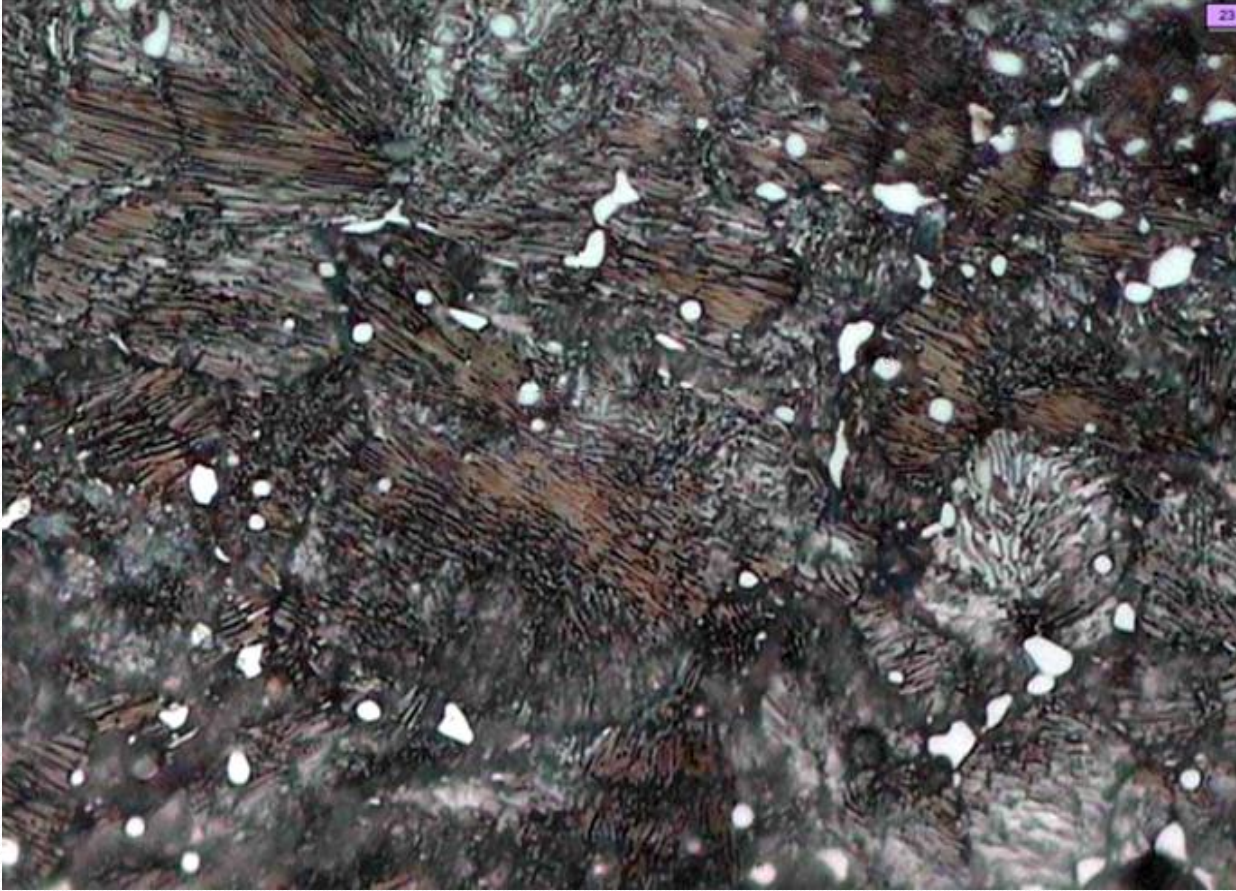
Ferrite and more blackish Pearlite grains
at 0.4% C



Pearlite and (white) cementite
at 1.3% C.

Interestingly, cementite seems to be black for hypoeutectic steel and white for hypereutectic steel. Six sources ignore the obvious problem with pictures like these. The resolution of the apparent paradox (probably) is as follows: Both, ferrite and cementite are "white". The black part comes from the *boundaries* between ferrite and cementite (a simple optical effect at high magnifications).

yüksek karbonlu çelik mikroyapısı



0-9-1.3 C/0.15-0.35 Si/0.30-0.50Mn

Perlitik matris ve beyaz alanlar sementit.

yüksek karbonlu çelikler

Tipik uygulama alanları:

Kesme takımları

Kalıp çelikleri

sert ve aşınmaya dirençli karbürler (Cr_{23}C_6 , V_4C_3 ,
and WC) için Cr, V, W ve Mo gibi karbür yapıcılar

Gergili beton çelikleri

Dövme çelikleri

Yay çelikleri

Ray çelikleri

Taş işçiliği çivileri

Lastik kord çelikleri (yüksek mukavemetli tel)

bıçak, jilet, testere

yüksek karbonlu çelikler

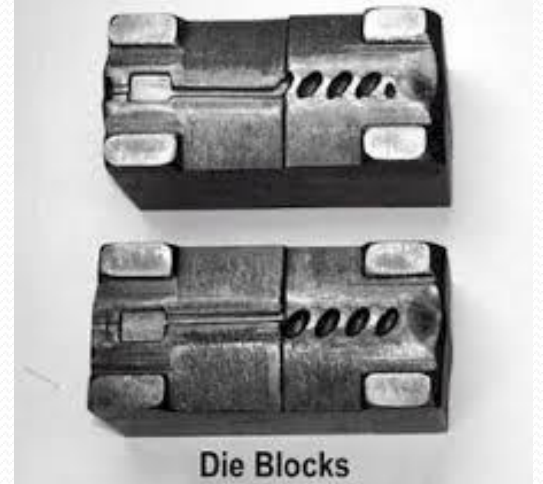


yüksek karbonlu çelikler



yüksek karbonlu çelikler 0.6-0.7

Pres kalıbı
Dövme kalıbı
Tornavida
Sofra bıçağı



yüksek karbonlu çelikler 0.7-0.8

Zımba

Keski

Çekiç

Kesme aletleri

Giyotin bıçağı

Makas

İngiliz anahtarı



yüksek karbonlu çelikler 0.7-0.8

Mengene
Testere
Levye
Torna ucu
Perçin setleri
anvil



yüksek karbonlu çelikler 0.8-0.9

Kaya kırıcılar

Balta

Yay

Tahta işleme takımları

Tel kalıpları

Dövme kalıpları

Giyotin bıçakları



yüksek karbonlu çelikler 1.2-1.3

Torna kalemleri
Matkap uçları



yüksek karbonlu çelikler 1.3-1.4

Matkap uçları

Jilet/traş bıçağı

Engravers tool

Ameliyat aletleri

Muhtelif bıçak

Delme aleti

Tel çekme kalıbı

metal işleme torna

kalemleri



yüksek karbonlu çelikler 1.4-1.5

Jilet

Ustura

Çelik kesme bıçakları

Tel çekme kalıbı

Kıyma makine bıçakları



Karbon çeliği gösterilişleri

SAE-AISI: 4 haneli kodlama: **AISI XXXX**

İlk hane ana alaşım grubunu gösteriyor.

İkinci hane alt alaşım grubunu gösterir.

10 -- düz karbon çelikleri

11 -- tekrar sülfürlenmiş karbon çeliği

12-- tekrar sülfürlenmiş ve fosforlanmış çelik

13-- Mn karbon çeliği

15-- yüksek Mn'lı karbonlu çelikler

Son 2 hane karbon miktarını gösterir.

SAE 1005-1095: düz karbon çelikleri

C miktarı ağ% 0.05-0.95 arasında!

Karbon çeliği gösterilişleri

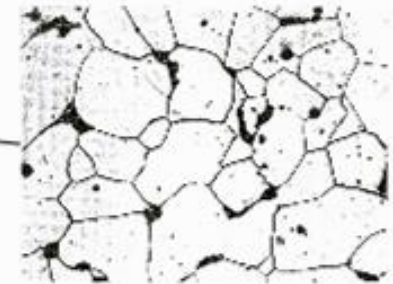
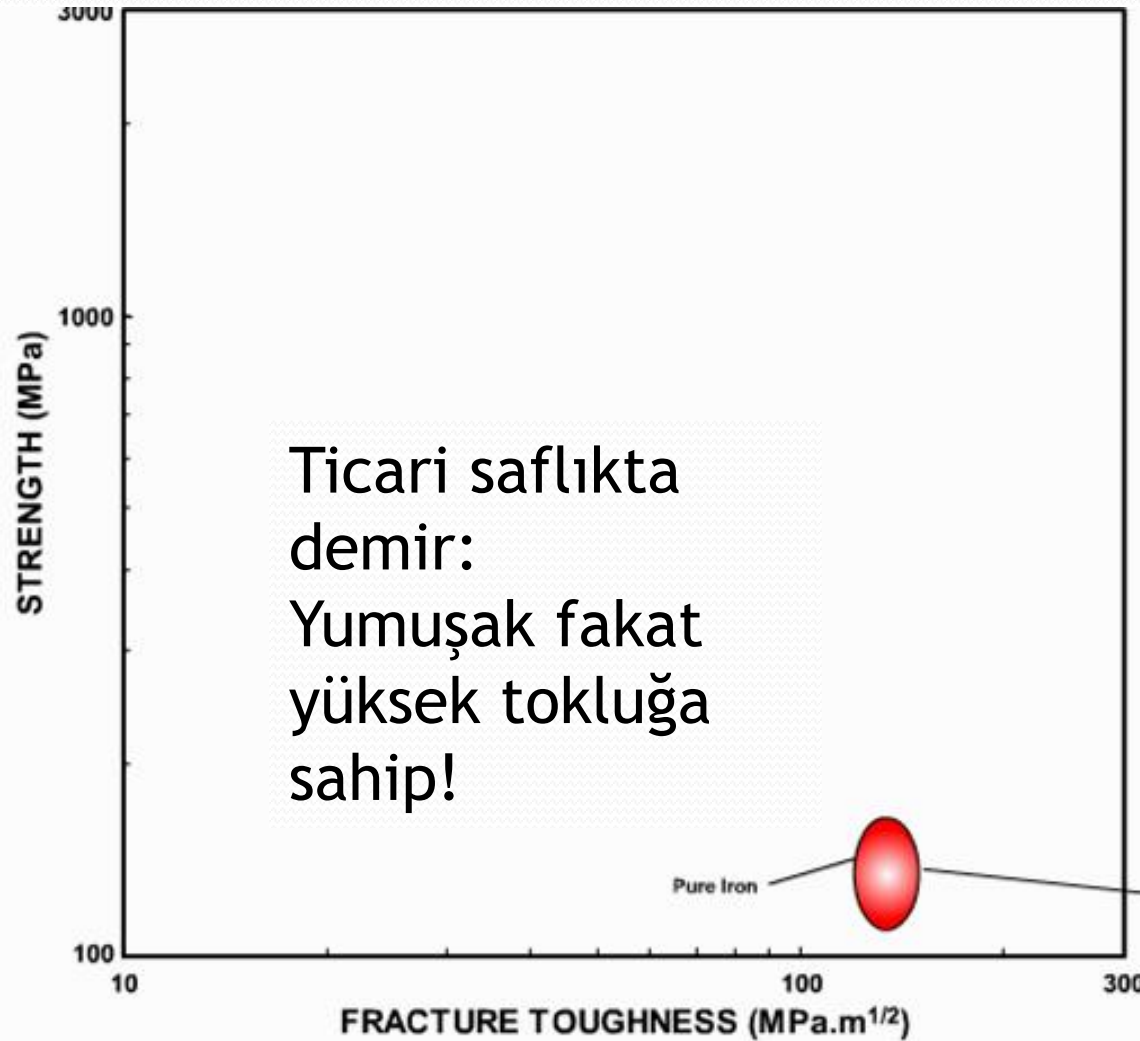
AISI: (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü) kodları önemini giderek kaybediyor.

SAE : (Otomotiv Mühendisleri Birliği) daha yaygın!

UNS: Unified numbering system yaygınlaşıyor.

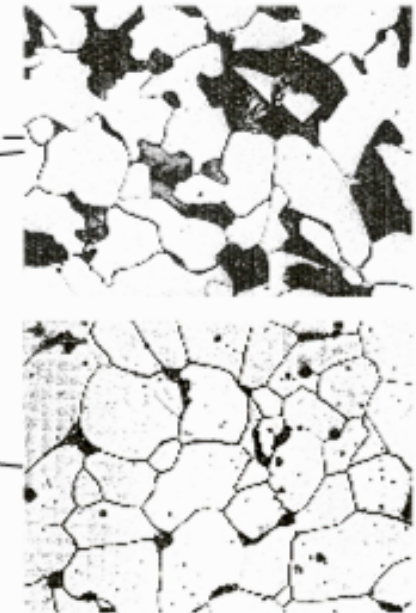
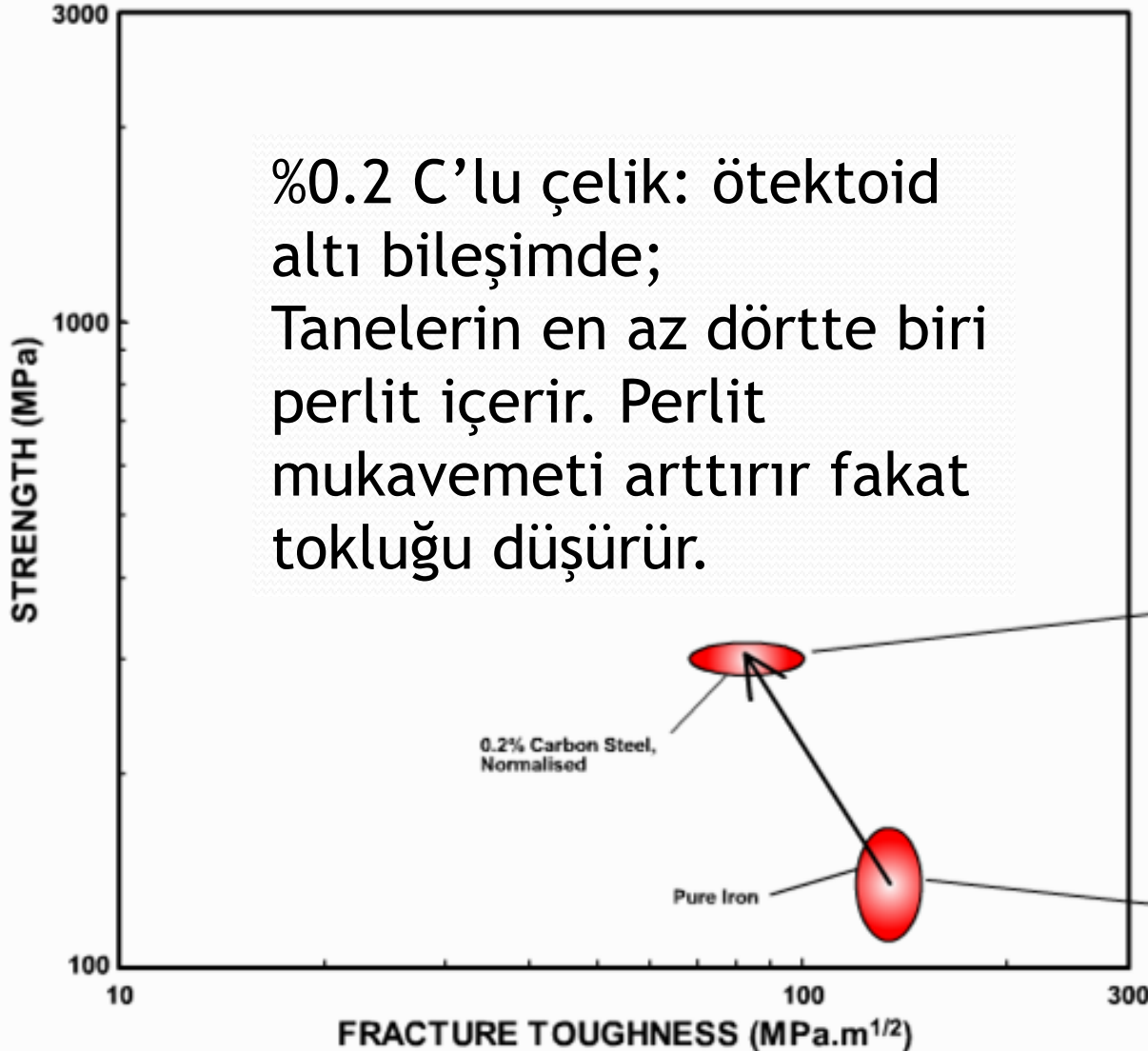
UNS G 10200 : SAE 1020

Karbonun etkisi



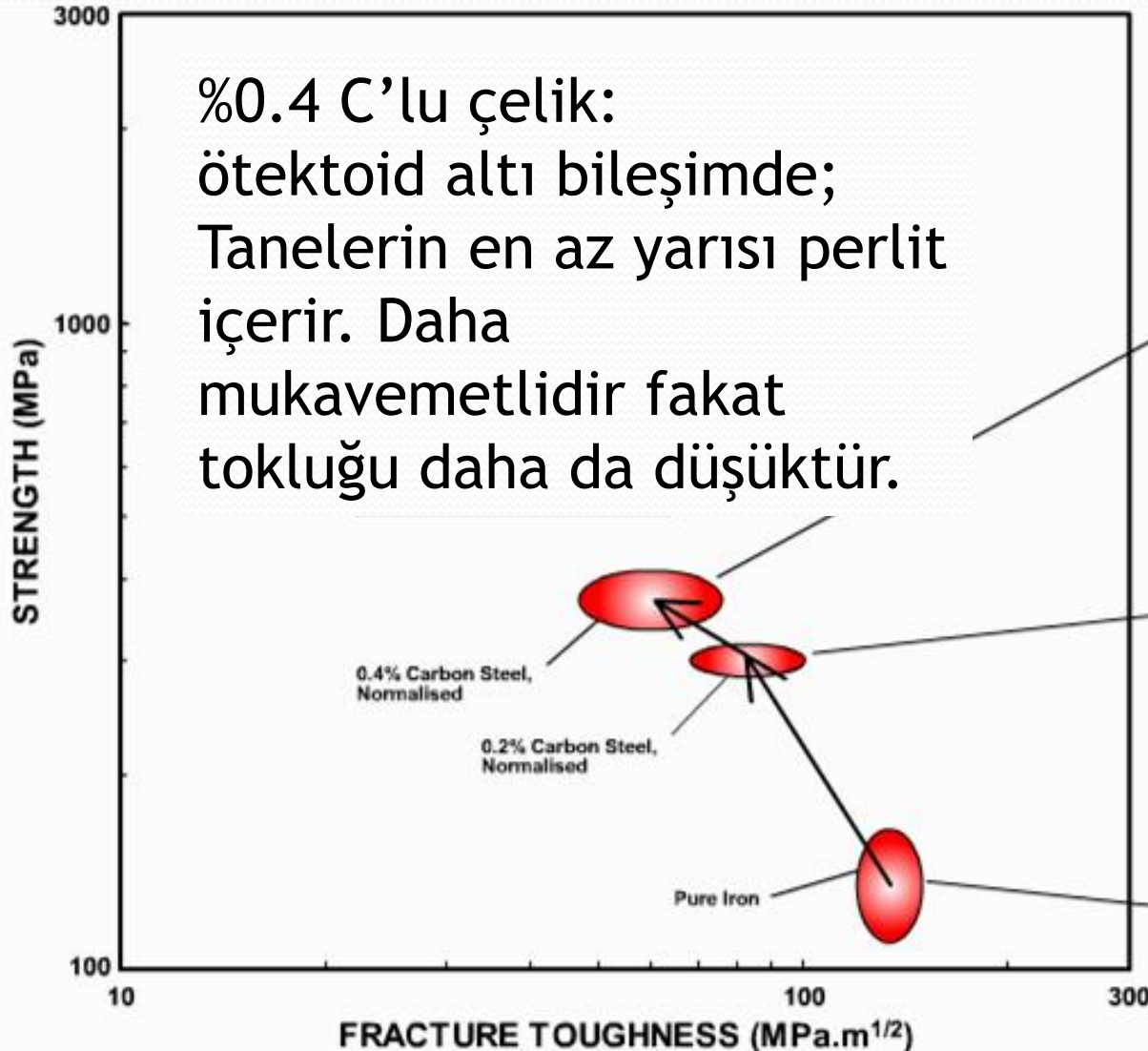
Karbonun etkisi

%0.2 C'lu çelik: ötektoid altı bileşimde;
Tanelerin en az dörtte biri perlit içerir. Perlit mukavemeti artırır fakat tokluğu düşürür.



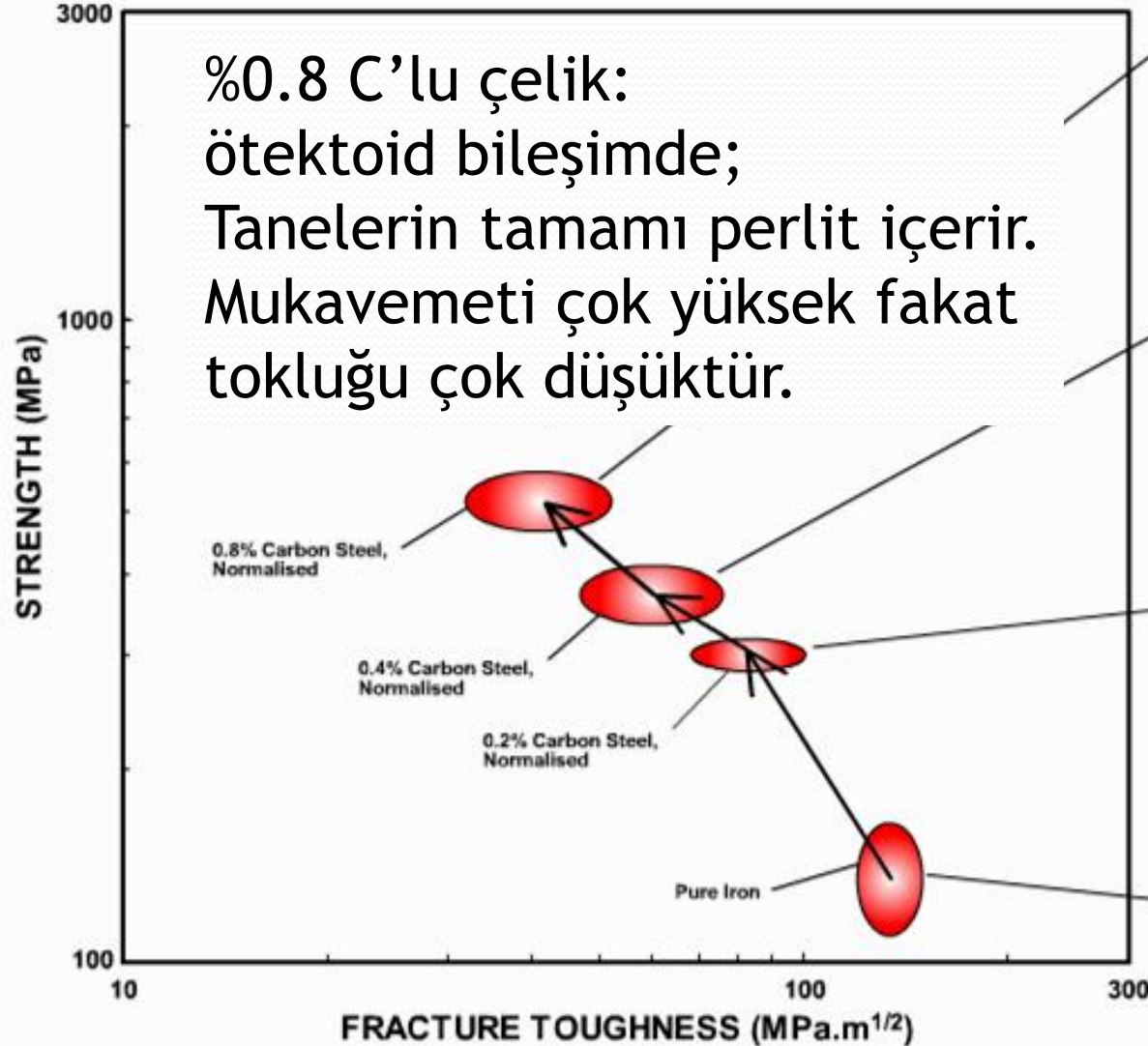
Karbonun etkisi

%0.4 C'lu çelik:
ötektoid altı bileşimde;
Tanelerin en az yarısı perlit
içerir. Daha
mukavemetlidir fakat
tokluğu daha da düşüktür.



Karbonun etkisi

STRENGTH - FRACTURE TOUGHNESS



Karbonlu elikler-zet

Düşük karbon

- Şekillendirme ve kaynak işi kolay
- Sertleştirme soğuk deformasyonla
- Yapı: ferrit + perlit

Orta karbon

- Su verme ile Beynit ve martensit oluşur!
- Mukavemet ve süneklik arasında denge gözetilmeli

Yüksek karbon

- Şekil vermek zor; tokluk düşük!
- Sertlik ve aşınma direnci yüksek!
- Su verme ile kolayca martensit oluşur fakat gevrek!

Diğer mühendislik malzemelerine göre

- Yüksek mukavemet, yeterli tokluk, geri kazanılabilir ve ucuz
- Kolayca paslanır, yüzeyin korunması gerekir!

Karbonlu çelikler-maliyet

Cost comparison

Metal	Price (US\$/tonne)	Price relative to carbon steel
Carbon steel	225	1
Aluminum	1000	4
Stainless steel	650	3
Copper	2300	10
Zinc	998	4
Nickel	6200	28
Magnesium	2600	12
Tin	5400	25
Titanium	6612	30

Arayersiz (IF) elikler

- Eser miktarda arayer elementleri (karbon ve azot) ile üretilen elikler. C: ~%0.005
- Kalan arayer atomlarını bağlamak için az miktarda Ti ve Nb (veya C'a çok istekli bir element) ilave ediliyor.
- Arayer atomları olmadığı için bu çelikler çok yumuşak ve sünek.
- Yaşlanma sertleşmesi göstermezler; fırınlama yapılamaz.
- Arayer atomları olmadığı için şekillendirme sırasında akma noktası uzaması-Lüders bantları da oluşturmazlar.

Arayersiz (IF) elikler

- Karbon atomları ferrit matriste arayerlere kolayca yerleşirler.
- Malzeme çok düşük miktarda karbon içeriyorsa (<50 ppm) arayerlerin büyük çoğunluğu boş kalacaktır.
- Bu ferritik çelikler yüksek şekil alma kabiliyeti ve derin çekilebilirliği ile otomotiv panel uygulamaları için çok caziptir.
- Bu kadar düşük karbon sıra dışı bir itina gerektirir.
- Sıvı elik vakuma konarak CO gaz giderme üzerinden karbonsuz ve azotsuz bırakılır.

Arayersiz (IF) elikler

Otomobil gövde panel uygulamaları



yumuşak çelikler

Düşük karbon çeliği olarak anılan bu çelikler %0.05-0.15 arasında karbon içermektedir.

AISI 1005-1025 arası çelikler bu gruba aittir.

Sadece yapısal uygulamalar için kullanılırlar.

Karbon miktarı tam-kesit sertleşmesi için yetersizdir.

Fakat kaynak kabiliyeti birçok uygulama için bu çelikleri cazip yapar.



yumuşak çelikler

Tasarımda kullanılacak malzemedede çekme dayanımı, aşınmaya karşı direnç, sıcaklığa duyarlılık, çekme veya uzamadan kaynaklanacak sorunlar söz konusu değilse yumuşak çelikler kullanılabilir.

Çöp tenekesi, bahçe parmaklığı gibi kullanım yerlerinde sadece korozyona karşı dayanıklılıktır.

Bu gibi yerlerde yumuşak (düşük karbonlu) çelik kullanılması ile malzemenin kolay kaynak yapılabilmesi, yumuşak olduğundan kolay şekil verilebilmesi ve böylece hem işçilikten hem malzeme maliyetinden tasarruf edilmesi sağlanmış olur.

kolay kaynak çelikleri

- Çelikte karbon oranı ve kalınlık arttııa kaynak edilebilirlik zorlaşır ve ancak bir takım önlemler alınması ile gerekleēebilir.
- 20 mm den ince malzemelerde C% 0.25 den az ise herhangi bir nleme gerek kalmadan malzemeyi kaynak etmek mümkün olur.
- Bu tip çeliklere kolay kaynak çelikleri denir. Silolar, basınçsız kaplar, şaseler, genel amaçlı konstrüksiyonlar için kolay kaynak çelikleri seçilir. Kolay kaynak edilebilir çelikler için W.S.Nr: 1.0301 (C10), W.S.Nr: 1.0401 (C15), W.S.Nr: 1.1121 (Ck10) rnek olarak gösterilebilir.

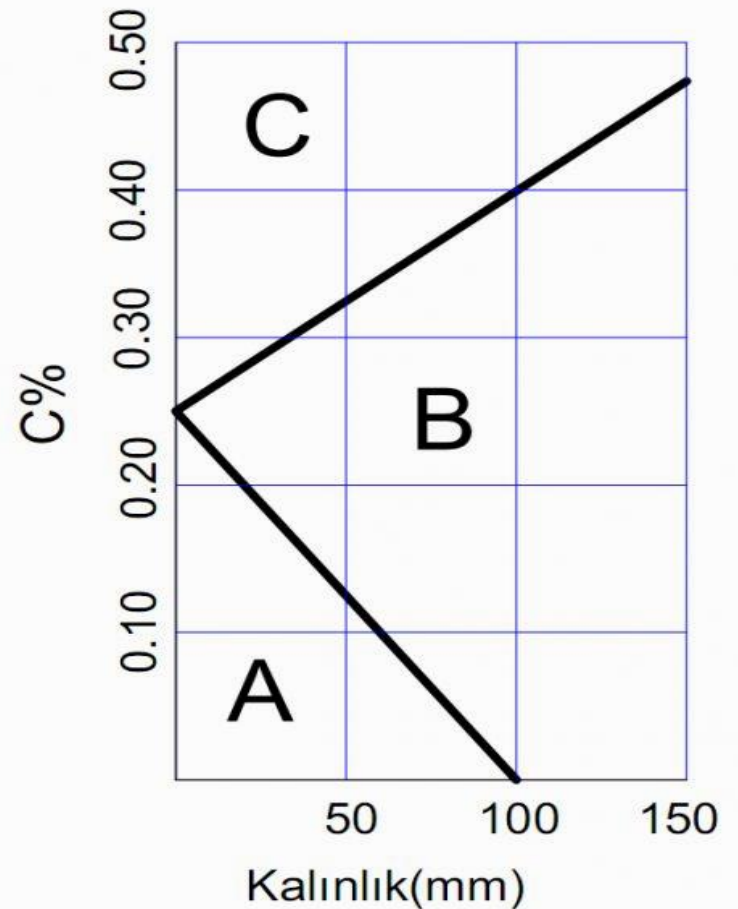
kolay kaynak elikleri

Bir malzemenin kalınlık- C% si değerleri

A: nlem alınmadan kaynak edilebilir demektir.

B: kaynaktan önce ön ısıtma yapılmalıdır.

C: kaynaktan önce ön ısıtma, kaynaktan sonra gerilim giderme tavlı yapılmalıdır.



kolay kaynak çelikleri

kaynak yapılacak malzeme alaşımlı bir elik ise bu diyagramı kullanmak için önce eş değer karbon oranı (EC) hesaplanır.

Düz karbonlu eliklerde $EC = \%(C + Mn/4 + Si/4)$

Düşük alaşımlı eliklerde $EC = \%(C + Mn/6 + Cr/S + Mo/4)$

Düşük alaşımlı çeliğin kimyasal bileşenlerine göre hesaplanan EC değeri hangi düz karbonlu eliğin EC değerine yaklaşık olarak denk geliyorsa ilgili düşük alaşımlı elik için aynı EC değerindeki karbonlu elik için uygulanan kaynak yöntemi uygulanır.

Karbon eşdeğeri

Karbon eşdeğeri (KE) =

$$\%C + 1/6 \%Mn + (1/5(\%Cr + \%Mo + \%V)) + (1/15(\%Ni + \%Cu))$$

KE < 0.14

mükemmel kaynaklanabilirlik

0.14 < KE < 0.45

martensit oluşma olasılığı daha fazla; ön ısıtma ve düşük hidrojenli elektrod gerekir.

KE > 0.45

kaynak çatlakları muhtemel; 100-400 °C aralığında ön ısıtma ve hidrojeniz elektrodlar gerekli!

Yapı elikleri

275 MPa'dan daha yüksek akma dayanımına sahip karbon ve düşük alaşımlı çelikler aşığıdaki gibi de sınıflandırılırlar:

- Haddelenmiş karbon-mangan elikleri (13XX ve 15XX)
- Isıl işlemlı karbon elikleri
- Isıl işlemlı düşük alaşımlı elikler
- Haddelenmiş yüksek mukavemetli, düşük alaşımlı (HSLA) elikler (mikroalaşımlı çelikler olarak da bilinirler!)

yapı çelikleri

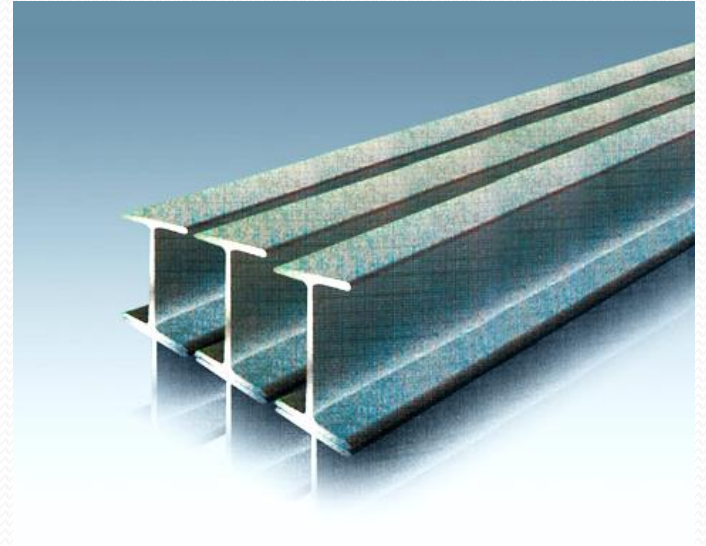
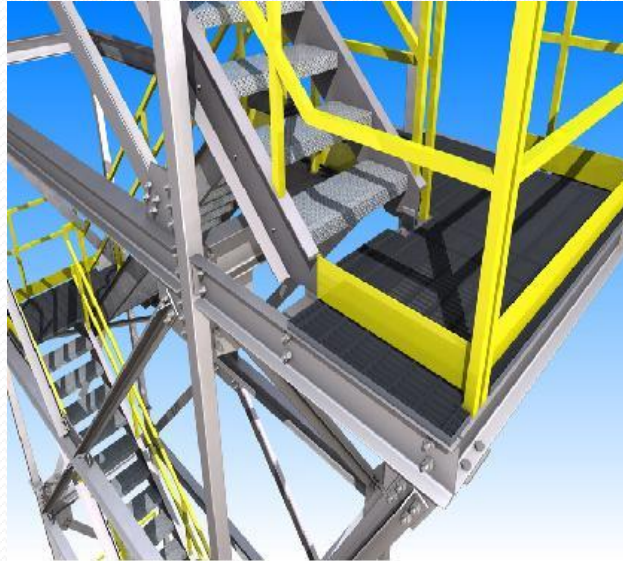
Bir yapı çeliğinin belirtilen mukavemet değerleri sıcak veya soğuk haddeden geçerek almış olduğu form için geçerlidir. Eğer Yapı çeliği tornada veya frezede talaş kaldırılarak inceltilecek olursa ortaya çıkacak olan mukavemet değerleri katalogda belirtilen değerlerden çok daha düşük olur. Çünkü yapı çeliklerinde iç kısımlardaki mukavemet değerleri kabuktaki mukavemet değerlerinden çok daha düşüktür.



yapı elikleri

Bu nedenden yapı çeliklerine kesme ve delik delme işlemleri hariç talaş kaldırmalı işlemler ve ısıl işlemler uygulanmaz.

Yapı elikleri temin edilmiş olduğu formda kesilir, bükülür, delinir ve kaynak edilebilir.



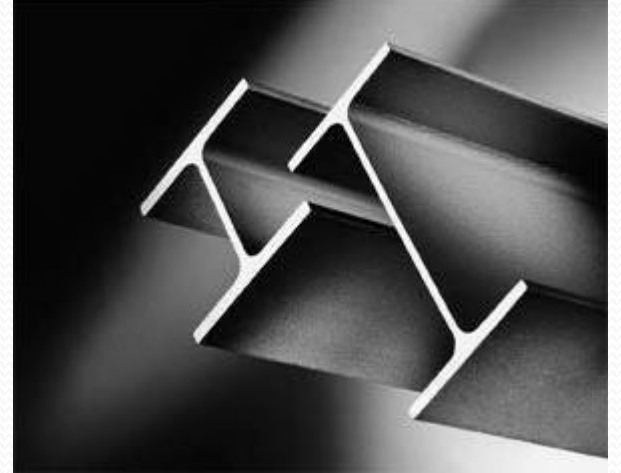
yapı çelikleri

elik üretilirken içinde bir miktar oksijen kalır. Üretim esnasında deoksidasyon yöntemi ile oksijenin giderilmesi gerekir.

U harfi: Deoksidasyon yapılmamış: Kaynar elik,
R harfi: Deoksidasyon yapılmış: Durgun elik

Genellikle %0.25 den daha düşük karbonlu çelikler kaynar elik olarak üretilirler.

yapı çelikleri



imalat elikleri

Sementasyon elikleri

Karbonlama yöntemi ile kabuk sertleştirilebilir
imalat elikleri

Nitrürleme yolu ile kabuk sertleştirilebilir
imalat elikleri

Otomat elikleri

sementasyon çelikleri

içeriğinde $< \% 0.29$ C olmasına rağmen karbonlama yöntemi ile yüzeydeki C oranı $\%1$ e kadar arttırılabilen, daha sonra su verilerek yüzeyi 65 HRC değerine kadar sertleştirilebilen çeliklerdir.

yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise daha yumuşak ve tok özelliklerin istendiği, değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı parçaların imalinde kullanılan, düşük karbonlu, alaşımsız veya alaşımlı çeliklerdir.

sementasyon çelikleri

yüzeyde aynı sertlik değerini verecek yüksek karbonlu çeliklerin kullanımına nazaran, řu avantajları sağlar:

Sementasyon işlemleri parça kısmen veya tamamen son şeklini aldıktan sonra uygulandığı için, parçanın işlenmesi oldukça kolaydır.

Sementasyon işlemleri sonrasında, çekirdek bölgesi yumuşaklığını koruyacağından, sertleştirme sırasında ortaya çıkabilecek çarpılmalar azdır. Semente edilmiş çeliklerin iç kısımları kolayca işlenebilir.

sementasyon elikleri

- Sementasyon elikleri, yüzeyde aynı sertliğe sahip takım çeliği gibi yüksek karbonlu çeliklerden daha ucuzdur.
- Bu grup çeliklerin en önemli özelliği: Düşük karbon nedeni ile ‘tokluk’ özelliğidir.
- Bu elik türleri yüzeyinde aşınmaya maruz kalacağı için yüzeyin sert, ağır yükler taşıyacağı veya şoklara maruz kalacağı için iç yapı tokluğunun fazla olması istenen parçalar için kullanılır

sementasyon elikleri

Bu elikler sade Karbon eliği olabildiği gibi Alaşımlı elik de olabilir. Türkiyede en çok kullanılan seimentasyon elikleri:

- C10 (1.0301)
- C15 (1.0401) SAE 1020
- 21 Ni Cr Mo2 (1.6523) veya muadili: SAE 8620
- 16 Mn CrS 5 (1.7139) veya muadili SAE 5115
- 15 Cr3 (1.7015) veya muadili SAE 5015
- SAE 4320
- SAE 3315 (DIN 14 NiCr14)
- SAE 3415 (DIN 14 NiCr 18)
- SAE 4120 (DIN 20 CrMo5)



sementasyon çelikleri



imalat çelikleri-nitrasyon

Yüzey sertliğinin arttırılması için uygulanan bir diğer yöntem Nitrüleme yöntemidir.

Bu yöntemde azota zengin ortamda malzeme 600°C de uzun bir zaman bekletilerek malzeme yüzeyinde azot miktarı arttırılarak yüzeyin su

verilmeden sertleştirilmesi

sağlanır. Aşınma ve yorulma

direncinin çok yüksek ve

yüzey sertliğinin 72 HRC

sertliklerine kadar çıkması

gereken makina parçaları

için bu tip çelikler kullanılır.



otomat elikleri

Karbonlu eliklerin tezgahlarda kolay işlenebilirliğini sağlamak için içeriğine kurşun, kükürt, fosfor katılarak talaşın uzamadan kırılması sağlanır. Bu tip çeliklere otomat çelikleri denir. Bu elikler genellikle soğuk haddelenmiş olarak piyasaya sürülür.

Türkiyede yaygın kullanımı olan otomat çelikleri şunlardır.

- SAE 1113 (DIN 9 S 20)
- SAE 1117 (DIN 15 S 20)
- SAE 1137 (DIN 35S 20)

otomat elikleri

Otomat eliği, içeriğinde (S) kükürt ihtiva eden, kısa ve kırılđan talaş vermesi nedeniyle kolay talaş kaldırılmasına müsait, işlenmiş yüzeyleri düzgün olan bir elik türüdür.

Bahsedilen özelliklerinden dolayı, otomatik tezgahlarda seri üretilmeye uygun çeliklerdir. Talaşını kırılarak kaldırıldığından, hızlı işlenebilmekte, bu da birim işleme maliyetini düşürmektedir.

ıslah elikleri

- Makine retiminde kullanılmak üzere su verilerek sertlikleri derinlemesine arttırılabilen çeliklere ıslah çelikleri denir.
- Bu elikler yalın karbonlu elik (rnek 1.0501 C35) olabildiği gibi alaşım çeliği (rnek: 1.6582 34 CrNiMo6) de olabilirler.
- Alaşım elikleri içeriğinde Ni, Cr, Mo, V, W gibi elementlerin yer almış olduğu çeliklerdir.
- Bu eliklerin imalat çelikleri grubunda verdiğimiz çeliklerden en önemli farkı derinlemesine (tam) sertleēebilir elik olmalarıdır.

ıslah elikleri

- Alaşımlı eliklerin derinliğine sertleşebilme yeteneği döz karbonlu çeliklere göre daha fazladır çünkü Cr, Ni, Mo gibi elementler su verme esnasında çeliklerin çatlama, çarpılma risklerinin döz karbonlu çeliklere göre daha az olmasını sağlar.
- Gerek döz karbonlu çeliklerde, gerekse dözük alaşımlı çeliklerde su verilerek kabuk sertliği ancak belli bir derinliğe kadar sağlanabilir.
- Tam sertleşebilir alaşım çeliklerinde ise bu derinlik daha fazladır.
- ASI/SAE normunda bu derinliği garantili sağlayan malzemeler SAE gösteriminde sonlarına H harfini alırlar. Örnek: SAE 1040H, SAE 4140H, SAE 5160H.

Soğuk çekme-transmisyon çelikleri

- İmalat ve ıslah çelikleri normal oda sıcaklığında bir veya birkaç kalıptan geçirilerek belli bir şekil almaları sağlanıyorsa bu çeliklere Soğuk çekme çelik veya Transmisyon çeliği denir.
- Soğuk çekmeden maksat ısıtılma işlemi gerek kalmadan malzemenin akma ve kopma mukavemetlerini arttırmaktır.
- Sıcak haddelenmiş sacın sadece inceltilerek mekanik özelliklerinin geliştirilmesi gerekiyorsa çekme yerine oda sıcaklığında haddeleme yeterlidir.
- Bunlara ise soğuk haddelenmiş çelik denilir.

Soğuk çekme-transmisyon çelikleri

- Hassas bir yüzey gerekmiyorsa malzeme yüzeyinin işlenmeden de kullanılması mümkün olur.
- Soğuk çekmenin bir diğer avantajı da tezgahlarda işlenebilirliği arttırmasıdır (çıkan talaş daha kolay kırılır.).
- Soğuk haddelme veya çekmede ezme oranı genellikle 8% mertebesindedir. Çünkü mukavemet değerlerinde en hızlı artma bu orana kadardır.
- Eğer gerekmiyorsa bu oran 15 % yi geçmemelidir. Yüksek oranda bir ezme yapılmışsa mutlaka yumuşatma tavlaması da yapılmalıdır.

Alaşımlı elikler

Neden alaşımlı çelikler?

- Daha yüksek maliyet fakat daha üstün özellikler!
- Yüksek korozyon direnci! Cr ile paslanmaz çelikler elde edildiği gibi..
- Yüksek sertleştirilebilirlik; Takım çeliklerinde olduğu gibi..
- Yüksek ferrit fazı (katı eriyik) sertliği.
- Düşük kırılma direnci; gevrek Fe_3C bileşiği yerine alaşım karbürleri (WC, TiC vb) oluştuğu için..

Neden alaşımlı elikler?

- Süneklilik + mukavemet + işlenebilirlik bir arada!
- Mukavemet + Kaynaklanabilirlik bir arada (Martensit yerine katı eriyik ve çökeltme sertleşmesi)!
- Kesitte homojenlik (Daha düşük soğuma hızlarında martensit oluşturma kapasitesi; böylece iri, büyük kesitli parçaların yüzeyinde olduğu gibi merkezinde de sertleşme)
- Düşük sıcaklıklarda ostenitik yapı kararlı; oda sıcaklığında manyetik olmayan elik gerektiğinde..

Alaşım elementlerinin etkileri

- Al İnce tane; deoksidan!
- Cr 0.5-2% - sertleşebilirlik
4-18% - korozyon direnci
- Cu 0.1-0.4% korozyon direnci
- Mn 0.25-0.4% - S ile birleşerek gevrekliği önler.
mukavemet ve şok darbe direnci
- Mo 0.2-5% - kararlı karbürler, sertleşebilme
- Ni 2-5% - mukavemet, yorulma direnci, tokluk;
12-20% - korozyon direnci
- Si 0.2-0.7% - mukavemet, 2% - yay,
>2% - manyetik özellikler,
İnce taneli yapı, sertleşme kabiliyeti

Alaşım elementlerinin etkileri

- S 0.08-0.15% - işlenebilirlik
- Ti karbonu asal karbürlerde bağlar, Cr'lu çeliklerde martensit sertliğini azaltır.
- Bi işlenebilirlik
- Pb işlenebilirlik
- B 0.001-0.003% - etkili sertleştirici
- W yüksek sıcaklık sertliği, aşınma direnci
- V kararlı karbür; süneklik ile birlikte mukavemet, yorulma direnci, ince tane yapısı; darbe direnci

Önemli not!

- Martensit ve beynit yapılarının sertliği karbon miktarı tarafından belirlenir, alaşım elementlerinin değil!
- Alaşım elementlerinin rolü, su verme sırasında martensit ve beynitin oluşmasına hizmet etmektedir.
- Miktarını arttırmak, oluşma şartlarını kolaylaştırmak vb.

az alaşımlı elikler

Tasarım:

Karbonu dūřuk tut;
kaynaklanabilirliğe ve Şekil alma kabiliyetine zarar
veren martensit oluşumunu önle;
mukavemeti alaşımlama ile arttır.

Martensit oluşumu yerine, alaşımlama ile

Katı eriyik sertleşmesi

Çökeltme sertleşmesi:

Tane boyutu sertleşmesi

az alaşımlı çelikler

Katı eriyik sertleşmesi

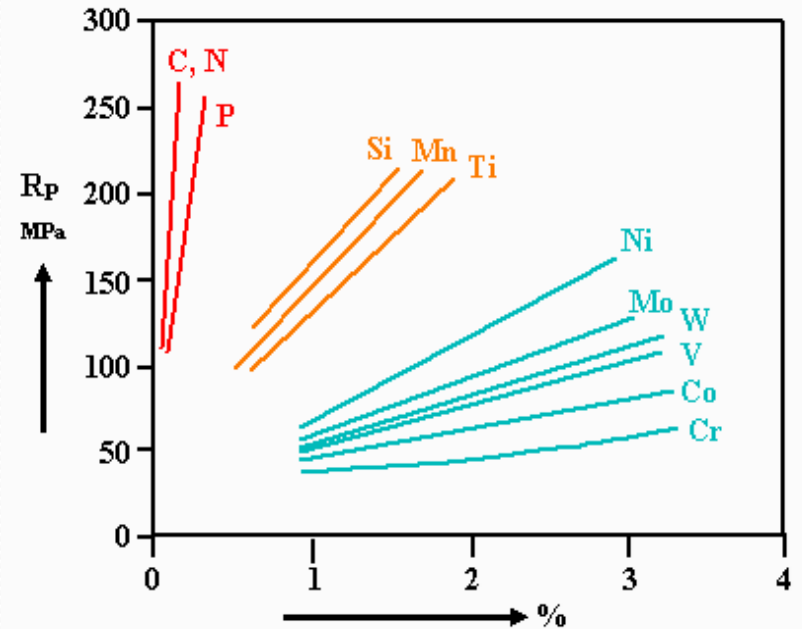
arayerlere yerleşen karbon ve azot dışındaki bütün elementler yer alan katı eriyiği oluşturur.

C ve N akma dayanımı üzerinde en etkilidir!

P da etkili fakat tane sınırlarında toplanırsa tehlikeli!

Katı eriyik sertliği:

Mn, Ti, kısmen Ni ve V



az alaşımlı çelikler

ökelleme sertleşmesi için yöntem:

Yapıda alaşım elementlerinin sert ve küçük karpürlerini oluşturmak,

sementitin yassı iri plakalar yerine küçük partiküller şeklinde oluşmasını sağlamak,

az alaşımlı çelikler

alaşım elementlerinin metallerarası bileşiklerini, boritlerini oluşturmak katı eriyik sertleşmesinden daha etkili!

Katı eriyik < çökeltme sertleşmesi

%0.005 kadar **B**, veya %0.1 kadar **Nb** veya **V** mukavemeti belirgin şekilde arttırıyor.

%0.1 kadar Nb ilavesi ile oluşan 1 nm boyutta NbC partikülleri: akma dayanımını **20 MPa→200 MPa**,

az alaşımlı çelikler

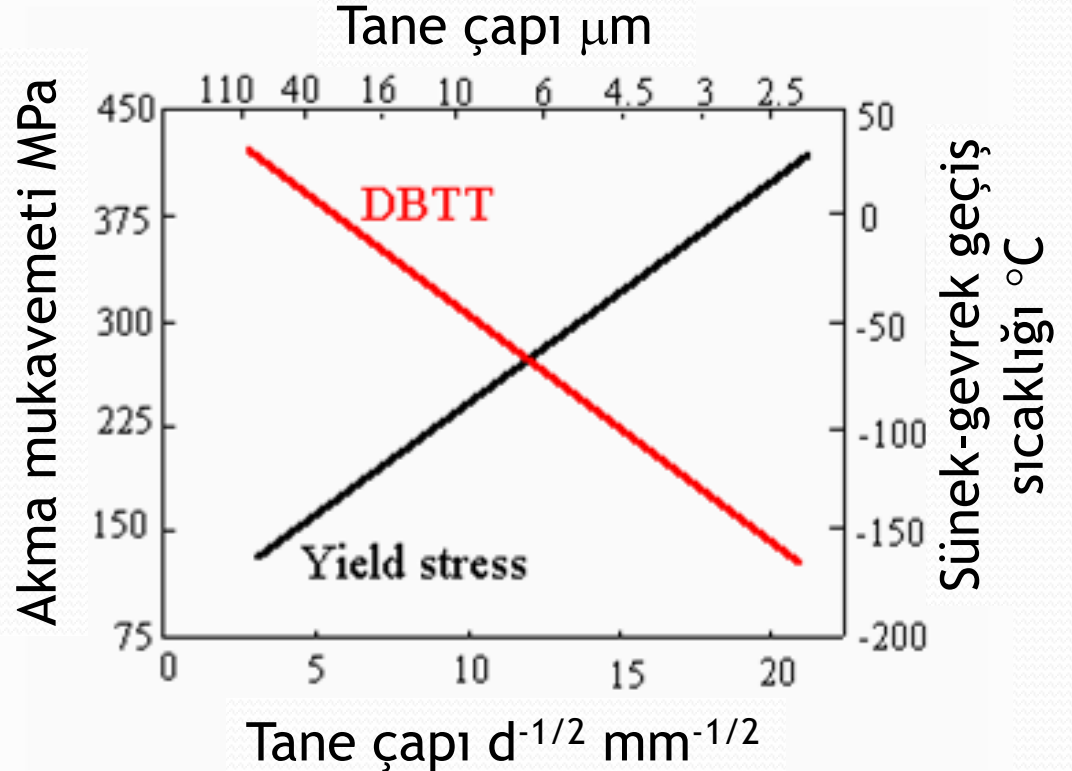
- Mikro alařımlı çelikler titizlikle tasarlandığında dūřuk karbonlu çeliklerden çok daha yūksek mukavemetlere sahip olabilirler.
- Ancak maliyet artar!
- Mikroalařımlı elikler otomobil gōvdelerinde alūminyum rekabetine karřı geliřtirilmiř!
- İmalat kolaylığı sağlarken yūksek mukavemet sayesinde kesitte incelme ve dolayısı ile hafifleme sağlarlar.

az alaşımlı çelikler

Tane boyutu sertleşmesi

Tane yapısını küçültmek çeliklerde mukavemet ile birlikte sünekliği de arttırmanın yegane yoludur.

Ancak, çeliklerde kimyasal tane küçültme (Nb, Al, Ti etkisi) çok belirgin değil! Termomekanik yöntemler daha ön planda!



az alaşımlı çelikler

eliklerde mukavemet arttırmanın 4 yolu vardır:

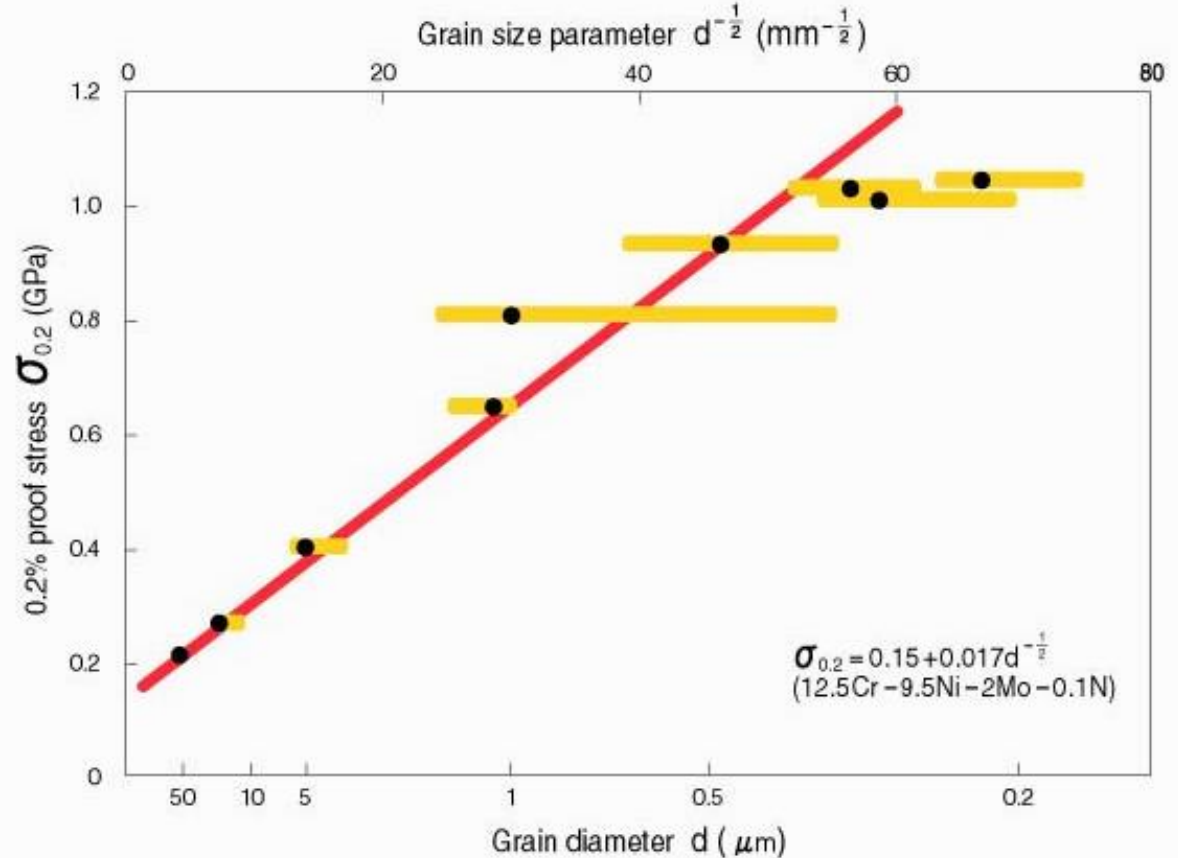
- (i) Katı eriyik sertleşmesi
- (ii) ökeltme sertleşmesi
- (iii) Deformasyon sertleşmesi
- (iv) Tane küçültme (Hall-Petch)

İlk üç seçenekte sertlik/mukavemet artarken süneklik, tokluk düşer.

Tane küçültme ile hem mukavemet hem de süneklik, şekil verilebilirlik ve tokluk artar.

az alaşımlı çelikler

tane çapının $20\mu\text{m}$ 'dan $1\mu\text{m}$ 'a küçültülmesi ile akma mukavemetinde 350 MPa kadar bir artış sağlanmıştır. Bu mukavemet artışı az alaşımlı çeliklerde mukavemetin 2 kat arttırılabileceğini göstermektedir.





Haftaya görünmek üzere