

ISIL İŞLEMLER

6. HAFTA

Ostenitle tirme sıcaklığı ve Ostenitin Homojenliği

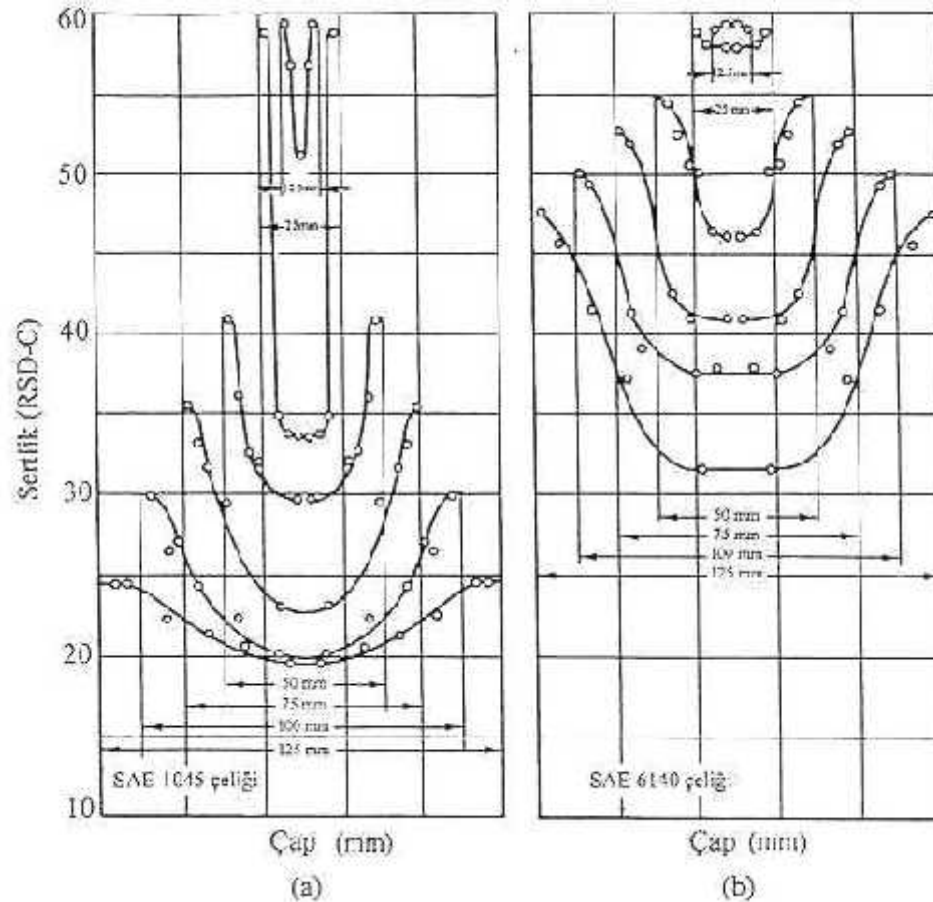
Ötektoid altı çeliklerde; $Ac_3 + 10^\circ C$

Ötektoid üstü çeliklerde; $Ac_m - - - - Ac_{3,1}$

- Ostenitin homojenliği, karbonun ostenit içerisinde düzgün dağılımı veya her bir ostenit tanesinin aynı karbon oranına sahip olması demektir.
- Ötektoid altı çelikler ısıtıldığında, Ac_1 çizgisinin üzerindeki sıcaklıklarda oluşan ilk ostenit taneleri %0,8 oranında karbon içerirler.
- Isıtma devam ettikçe, oluşan ostenit tanelerinin karbon oranı azalır ve Ac_3 çizgisinin üzerindeki sıcaklıklara çıkıldığında zamanda karbon oranı homojen olmayan ostenit taneleri oluşur.
- Çeliğe, Ac_3 çizgisi üzerindeki bir sıcaklıktan su verilirse karbon oranı düşük olan ostenit taneleri kritik soğuma hızlarının daha yüksek olması nedeniyle martenzit olmayan yapılara dönüşebilirler.
- Ac_3 sıcaklığının üzerinde karbon oranı homojen olmayan ostenit taneleri oluşur. Bu sıcaklıkta çeliğe su verilirse karbon oranı düşük olan ostenit taneleri, kritik soğuma hızlarının yüksek olması nedeniyle martenzit olmayan yapılara dönüşür.
- Karbon oranı yüksek olan ostenit taneleri ise KSH (kritik soğuma hızı)'nın yüksek olması nedeniyle martenzite dönüşür. Bu işlem sonucunda homojen olmayan ve sertliği de içinde bir yapı elde edilir.
- Bu durumu önlemek için difüzyona imkan verecek şekilde çeliği çok yavaş ısıtarak karbonun homojen dağılmasını sağlamak gerekir.
- Ancak yavaş ısıtma işlemi çok uzun süredir ekonomik değildir. Bu nedenle çeliği ostenitle tirme sıcaklığında belirli bir süre tutmak gerekir.

25 mm kalınlık veya çap için 1 saat

Su verilen de i ik çaplardaki çubukların eksenine dik kesitleri üzerinde meydana gelen sertlik de i imleri ölçülerek sertlik-nüfuziyet veya sertlik profilleri elde edilir. Çünkü bu e riler, su verilen çeli in hangi derinli e kadar sertle ebilece ini gösterir. Bir malzemenin sertle me kabiliyeti o malzemenin hangi derinli e kadar sertle ebilece ini gösteren bir ölçüdür. Sertlik profilleri, su verilen parçaların yüzeylerinin merkezlerinden daha sert oldu unu göstermektedir.



Suda su verilen de i ik çaplardaki çelik örneklerine ait sertlik profilleri. (a) SAE 1045 çeli i (ala ımsız çelik), (b) SAE 6140 çeli i (ala ımlı çelik)

- **Sertle ebilirlik**, su verme i lemi sonucu yapısı martensite dönü en bir çeli in **sertle me kabiliyeti** olarak tanımlanır. Sertle ebilirlik deneyleri su verme ile elde edilen sertlik derinli inin ölçülmesi esasına dayanır.
- Bu derinlik, *martensit miktarının yüzeyden itibaren yarıya indi i ya da % 50 martensit ve beynitin var oldu u mesafe* olarak ifade edilmektedir.

- *Sertle eabilirlik ile sertlik* farklı kavramlardır. *Maksimum sertlik* çeli in karbon miktarına ba lıdır.
- *Sertle eabilirlik* ise çeli in kimyasal bile imine (karbon ve ala ım elementleri), yapısına ve su verme sırasında ostenit tane boyutuna ba lıdır.

- Sertle ebilirlik deneyi 2 çe ittir:
- *Grossman sertle ebilirlik deneyi*
- *Di eri ise Jominy uçtan su verme deneyidir.*
- Çeliklerin sertle ebilirliklerinin ölçülmesinde Jominy uçtan su verme deneyi Grossman deneyine göre daha pratik ve daha az maliyetlidir.

GROSSMAN SERTLE EB L RL K DENEY

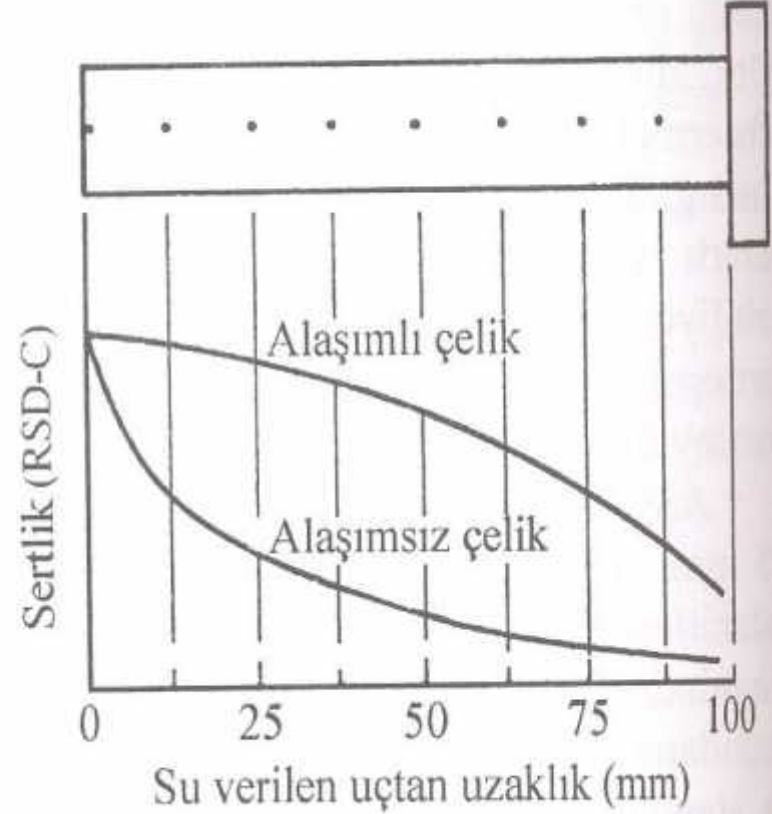
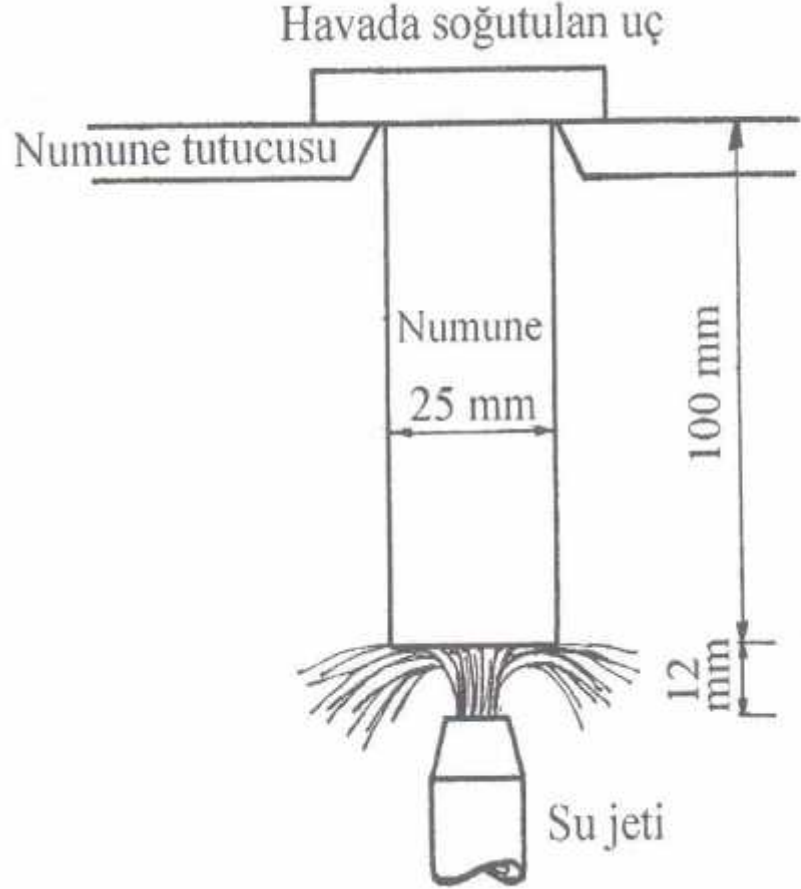
- Jominy deneyine göre daha zahmetli bir deneydir.
- Kritik yarıçap hesaplanması için farklı çaplarda silindirik numuneler belli ortamlarda soğutulularak sertleştirilir.
- Merkezinde %50 martenzit oluşan çubuk referans kabul edilir ve çapı kritik çap (Dc) olarak kabul edilir.
- Bu yöntemle az ve orta alaşımlı çeliklerin kimyasal bileşimlerine bağlı olarak ideal çap hesaplanır.
- Burda östenit tane boyutu önemlidir. Tane ne kadar küçükse sertleşebilirlik o kadar düşük olur. Çünkü tane sınırları perlit oluşumu için çekirdek vazifesi görürler.

İdeal kritik çap

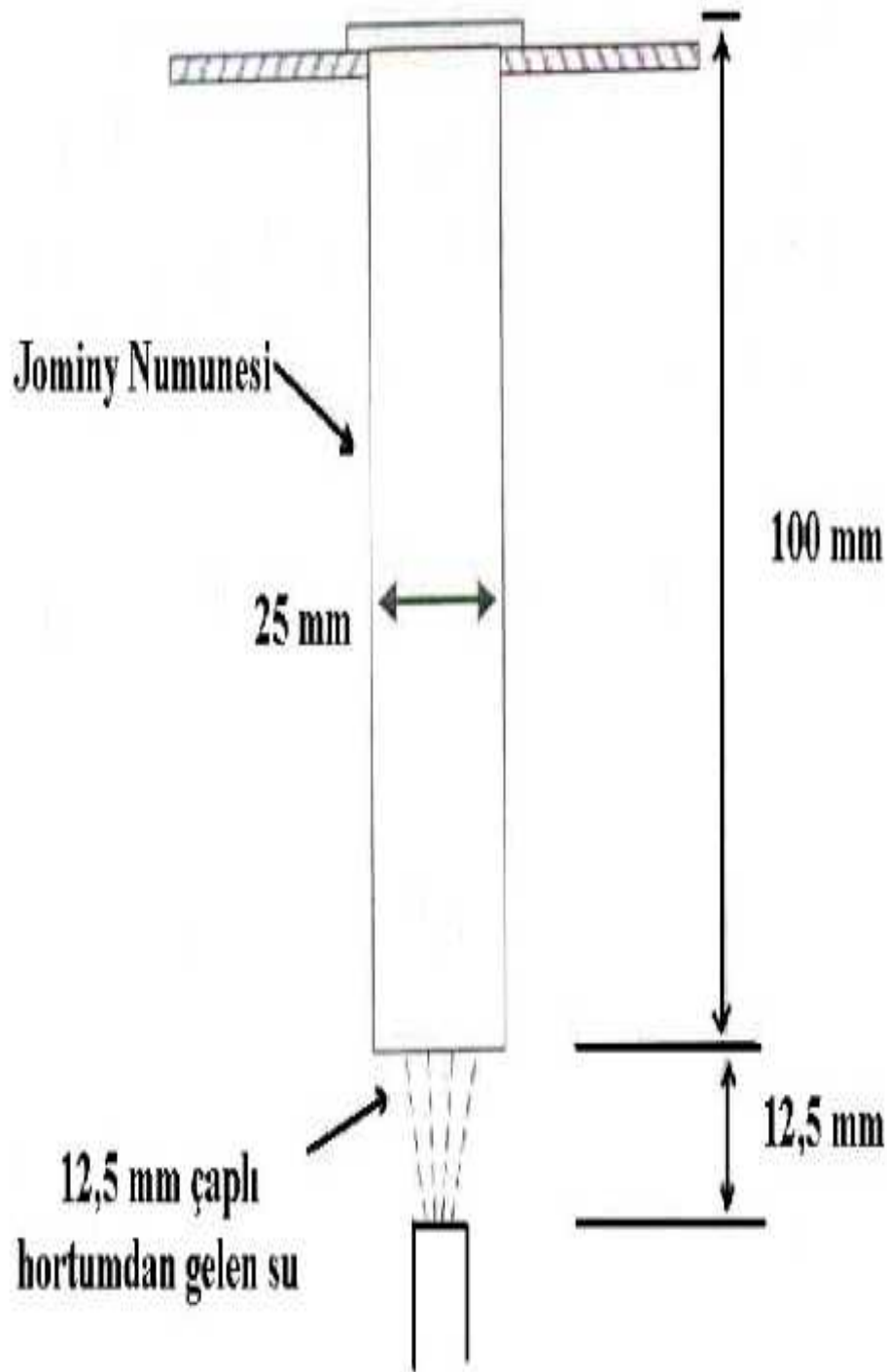
$$D_c = D_{ic} \times \text{Mn \%}'\text{sinin çarpım faktörü} \times \text{Si \%}'\text{sinin çarpım faktörü} \times \text{Ni \%}'\text{sinin çarpım faktörü} \times \text{Cr \%}'\text{sinin çarpım faktörü} \times \text{Mo \%}'\text{sinin çarpım faktörü}$$

JOMINY DENEYİ

Malzemelerin sertleşme kabiliyetini belirlemek için en yaygın olarak uygulanan yöntem Jominy deneyidir. Bu deneye uçtan su verme deneyi de denir.



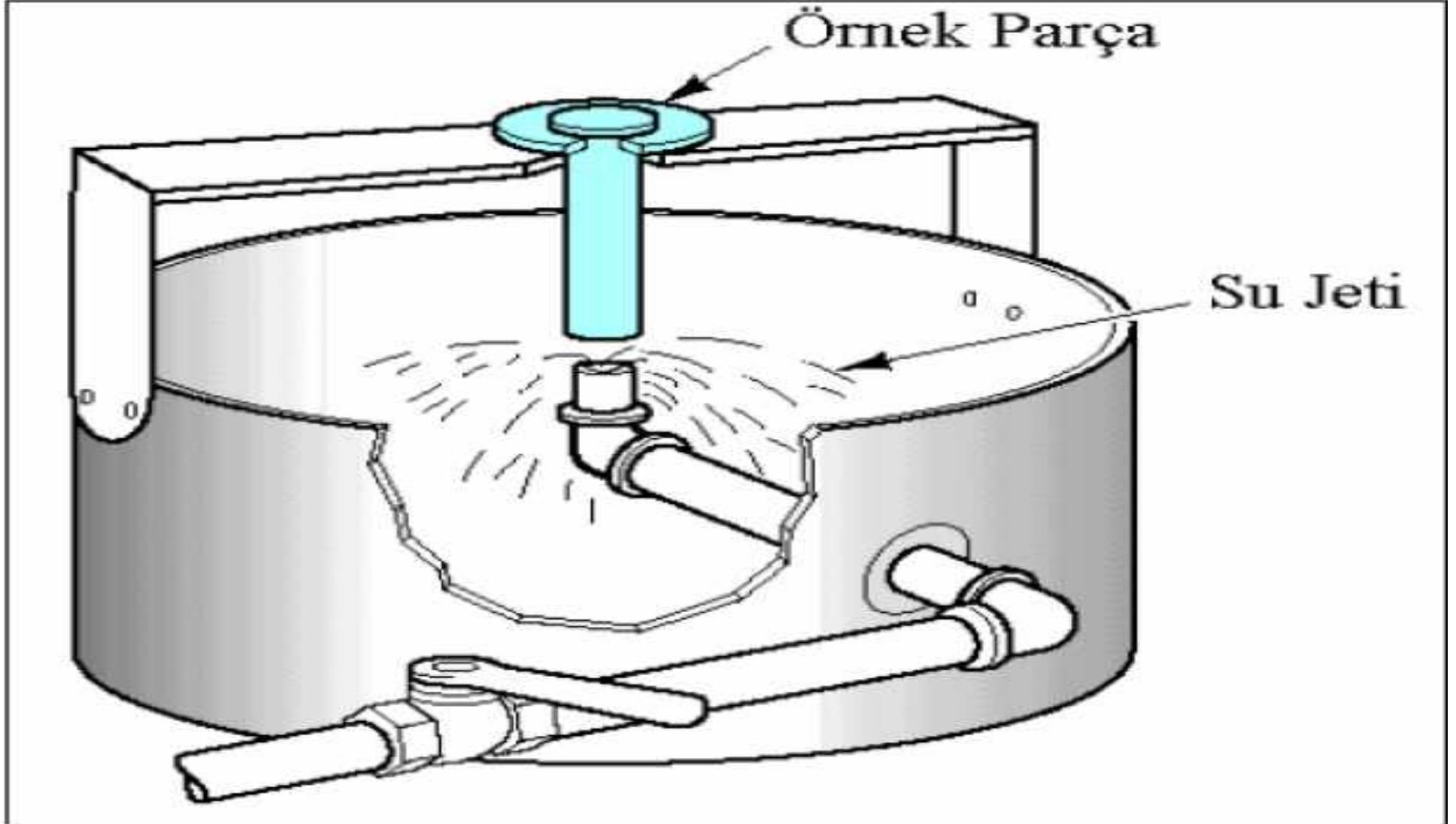
Jominy deneyi: a) Deneyin yapıları b) alaşımlı ve alaşımsız çeliklerin su verilen uçtan uzaklığına göre derinliklerini gösteren eğriler



DENEYİN YAPILIŞI:

- Jominy deneyi, günümüzde en yaygın olarak kullanılan sertleştirme deneyidir. Bu yöntemde numune olarak 1 inç (25,4 mm) çapında ve 4 inç (101,6 mm) uzunluğunda silindirik bir çelik çubuk kullanılır.
- Numune 1/2 inç uzunluğundaki su hortumundan 2 inç mesafede olacak şekilde yatay bir yüzey üzerine oturtulur. Suyun tazyik yüksekliği 2,5 inç ve su sıcaklığı 24-28 ° C'dir. Deney numunesi önce normalize edilir, verilen boyutlara ulaştırıldıktan sonra bile imine göre uygun su verme sıcaklığına (östenitleme sıcaklığı) kadar ısıtılır ve bu sıcaklıkta en az 20 dakika tutulur. Bu sürenin sonunda fırından çıkarılan numune hızlı bir şekilde deney düzeneğine yerleştirilir ve bir uçundan su püskürtmek suretiyle en az 10 dakika soğutulur.

- Numune, gerekli su verme sıcaklığına çıkarılırken ısıtma hızı düşük olmalı, ostenitleme sıcaklığına yaklaşık 30-40 dk.'da ulaşmalıdır.

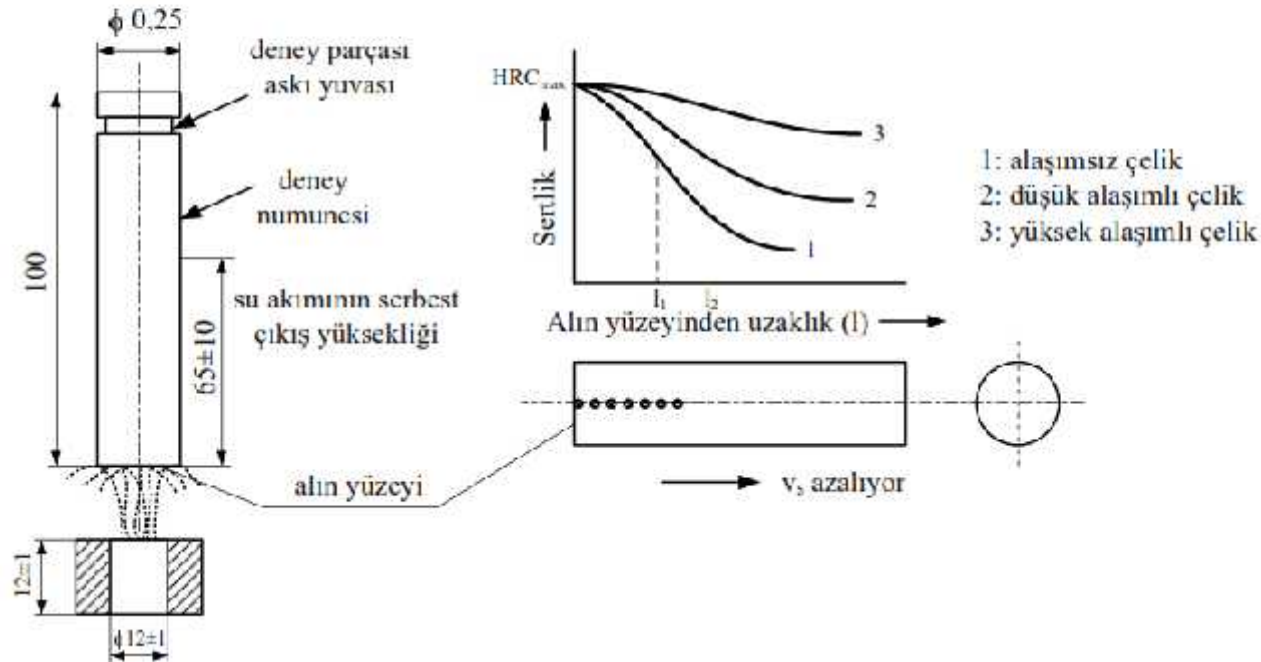


- So uma hızı, elik çubuk boyunca su verilmi uçtan itibaren kademeli olarak azalır. ubuk so utulduktan sonra eksenine paralel ve yüzeyden itibaren 0,015 inç (0,381 mm) derinli inde tala kaldırma i lemi yapılarak düzgün bir yüzey elde edilir.
- Daha sonra bu yüzey kullanılarak, su verilmi uçtan itibaren 1/16 inç (1,58 mm) aralıklarla ubu un sertli i Rockwell C skalasında ölçülür. Su verilmi uçtan itibaren mesafe ve elde edilen sertlik de erleri bir grafik üzerinde belirtilerek, Jominy e rileri elde edilir .

Çeliğin Sertleşme Davranışı

- Sertlik: Çelik içindeki C yüzdesine bağlı olarak sertlik değeri
- Sertleşme Derinliği (sertleşme kabiliyeti): Sertleşme derinliği, sertliğin öngörülen bir değeri aştığı sınır tabakası kalınlığı olarak tanımlanır. Alaşım elementi cinsi ve miktarıyla belirlenir.
- Çeliğin sertleşme davranışı DIN 50191'de verilen Jominy (Alından Su Verme) Deneyi ile saptanır.

Jominy (Alından Su Verme) Deneyi (DIN 50191) (Alın Sertleştirme Deneyi) (Çelik Ucunu Sertleştirme Deneyi)

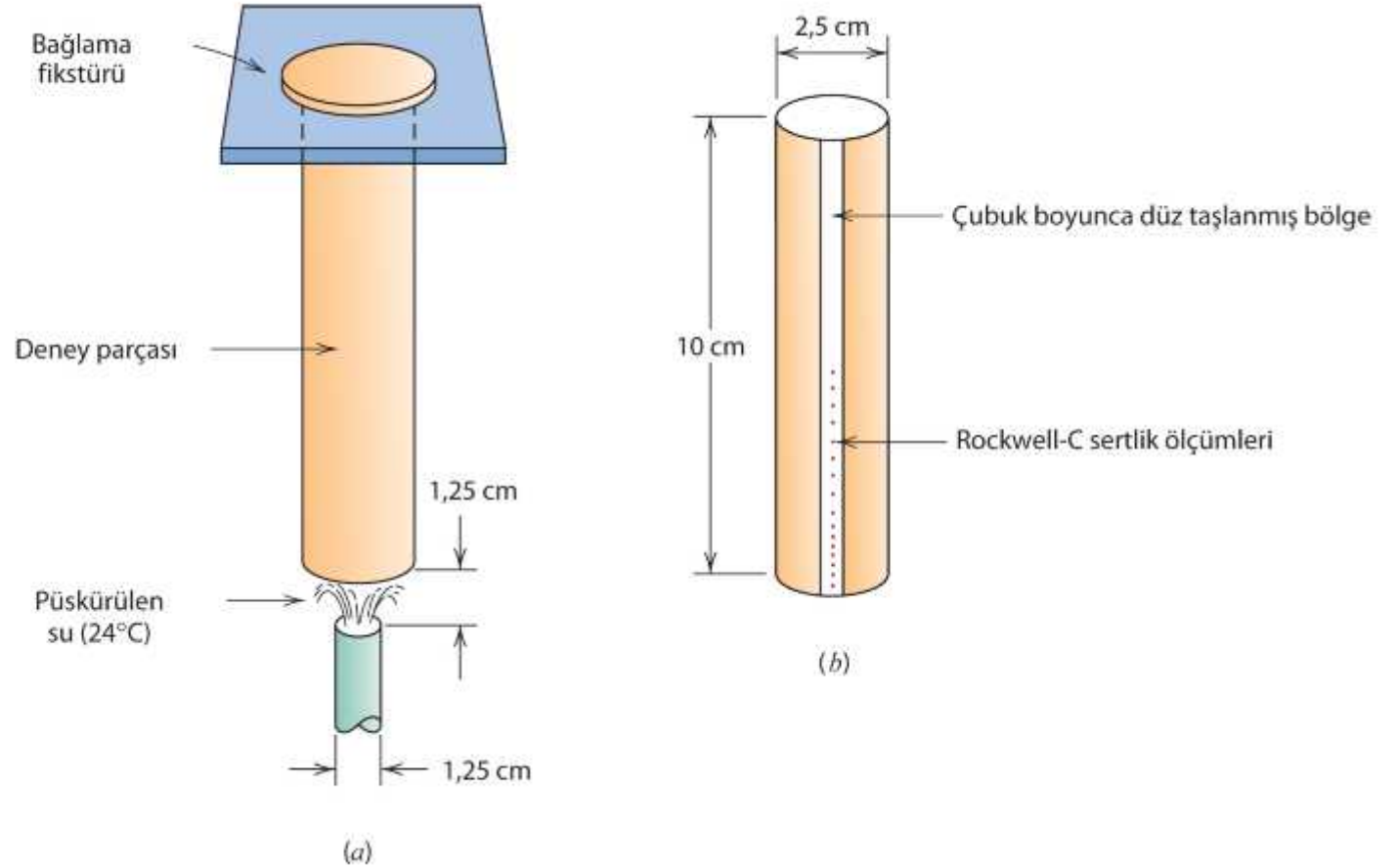


Jominy (Uçtan Su Verme) Deneyi

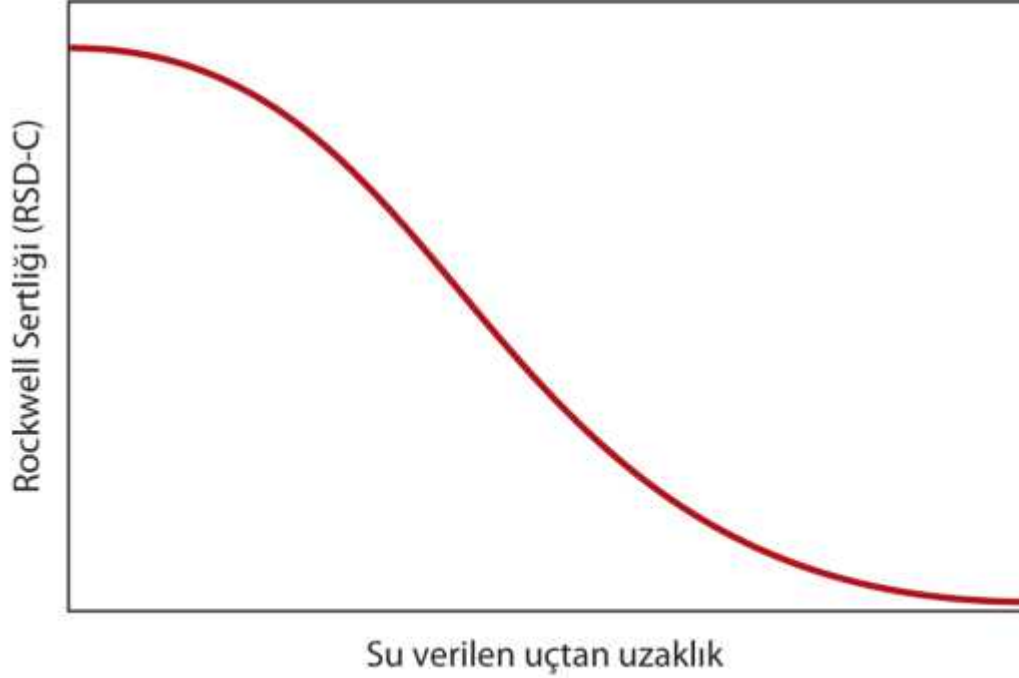
- Çeliklerin sertleşebilme kabiliyetini belirlemede kullanılan standart yöntemlerden birisi **Jominy (uçtan su verme) deneyi**dir. Çeliğin bileşimi dışında, parçanın kazandığı sertliğin içeri doğru değişimini etkileyebilecek boyut, şekil ve su verme işlemi gibi, tüm diğer faktörler bu deneyde sabittir.

Şekil 11.11

Jominy deney parçasının (a) su verme sırasındaki durumu, (b) silindirik yüzeyde taşlanarak düzleştirilmiş bölgenin yapılan sertlik deneyleri sonrasındaki durumu. [*Essentials of Materials Science*, A. G. Guy, McGraw Hill, New York, 1978.]

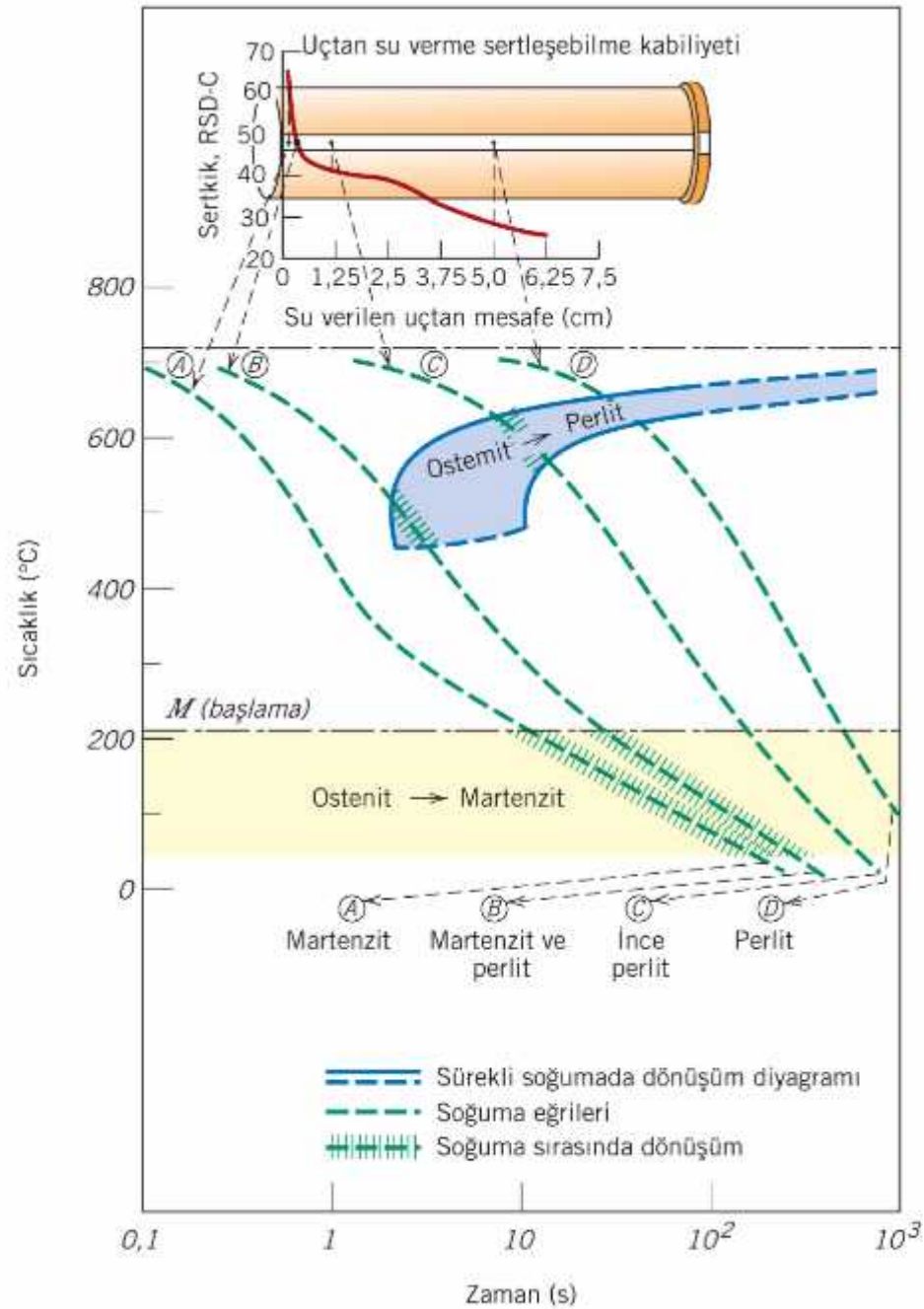


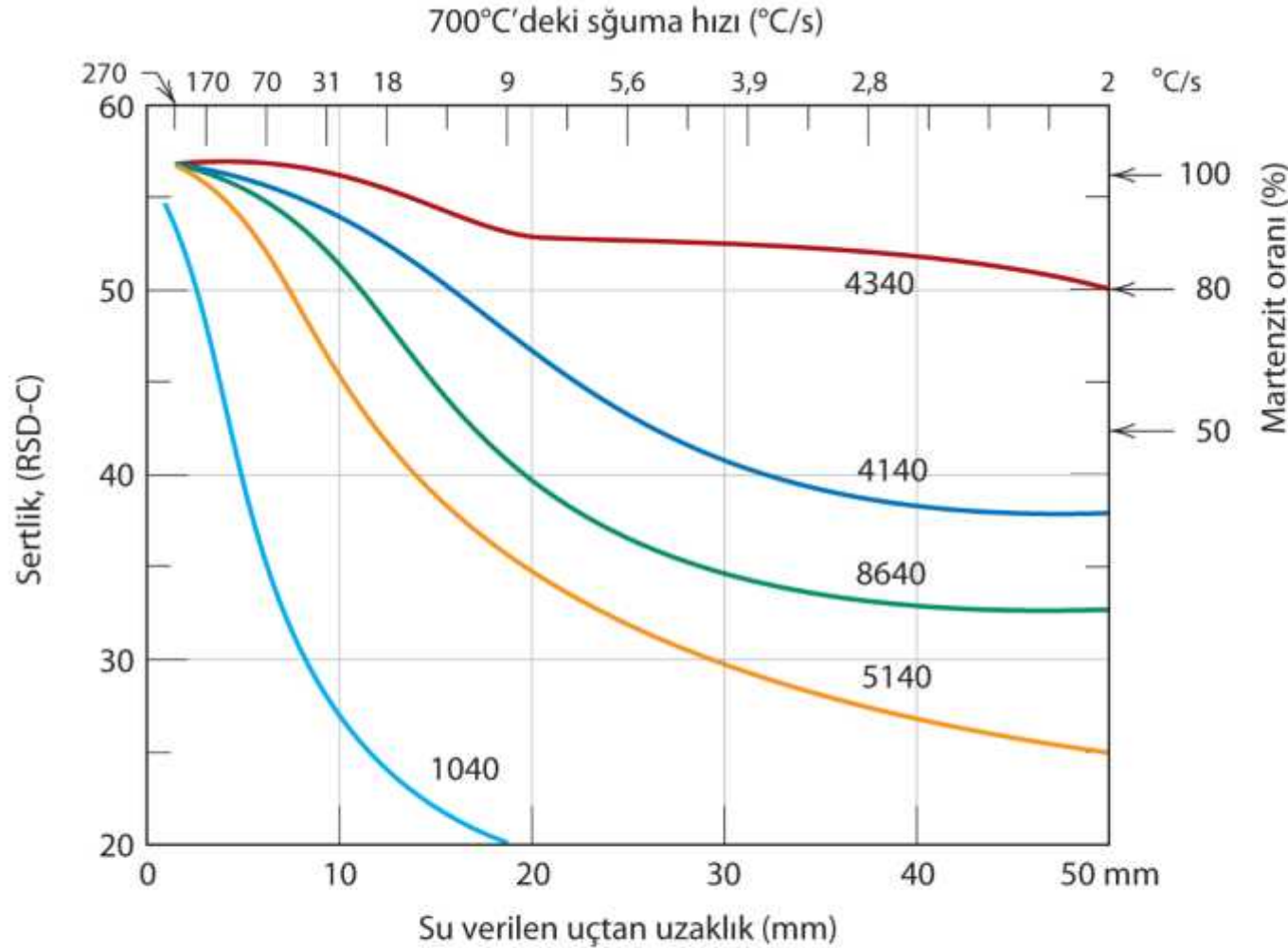
Çeliklerin Sertleşebilme Eğrileri



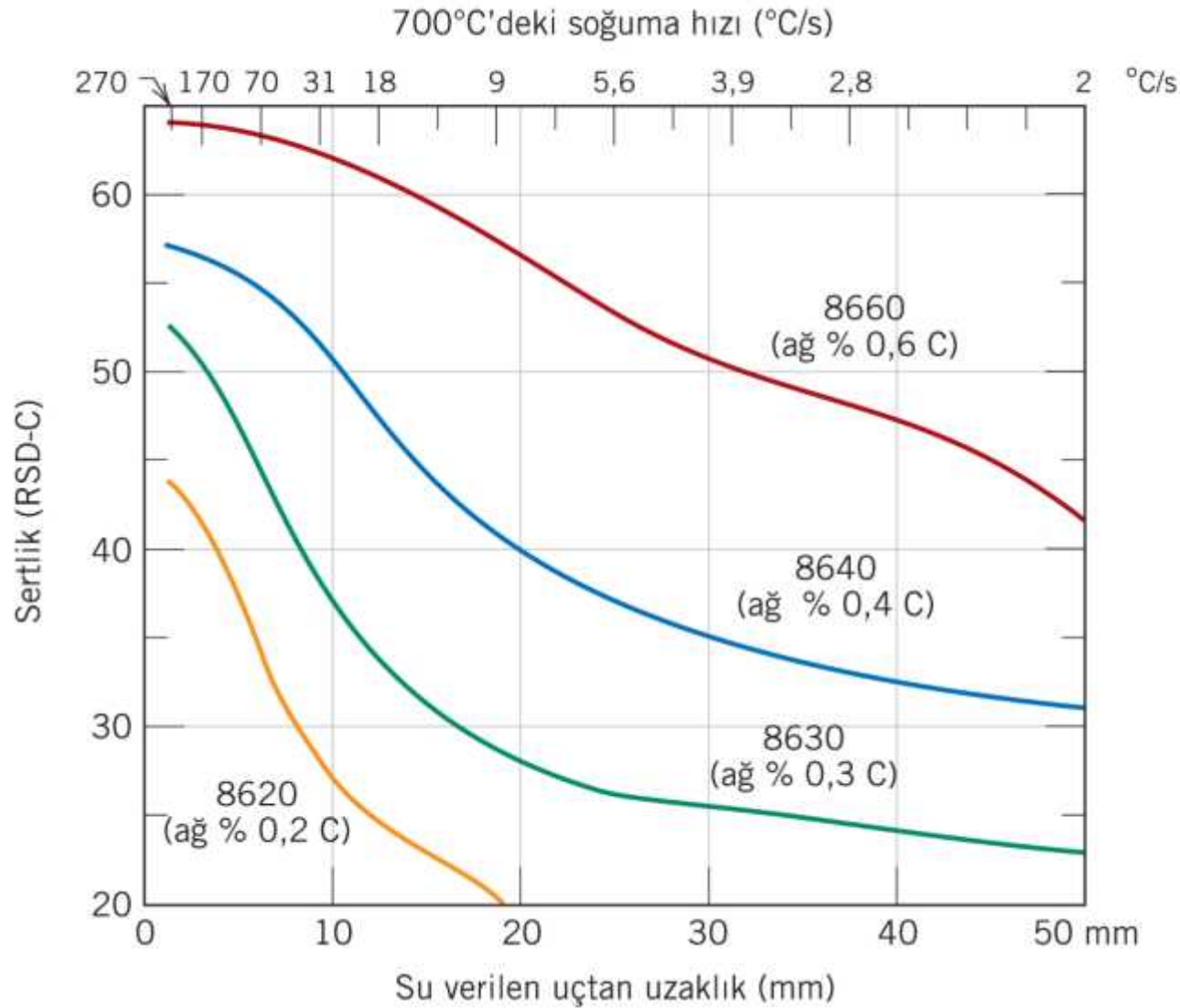
Şekil 11.12 Bir çeliğe ait, RSD-C sertlik değerlerinin su verilen yüzeyden uzaklaştıkça değişimini veren tipik bir sertleşebilme eğrisi

Şekil 11.13
 Ötektoid çeliğin sertleşebilme ve sürekli soğumadaki dönüşüm diyagram verileri arasındaki ilişki.
 [Atlas of Isothermal Transformation and Cooling Transformation Diagrams, H.Boyer (Editor), ASM, 1977, p. 376]

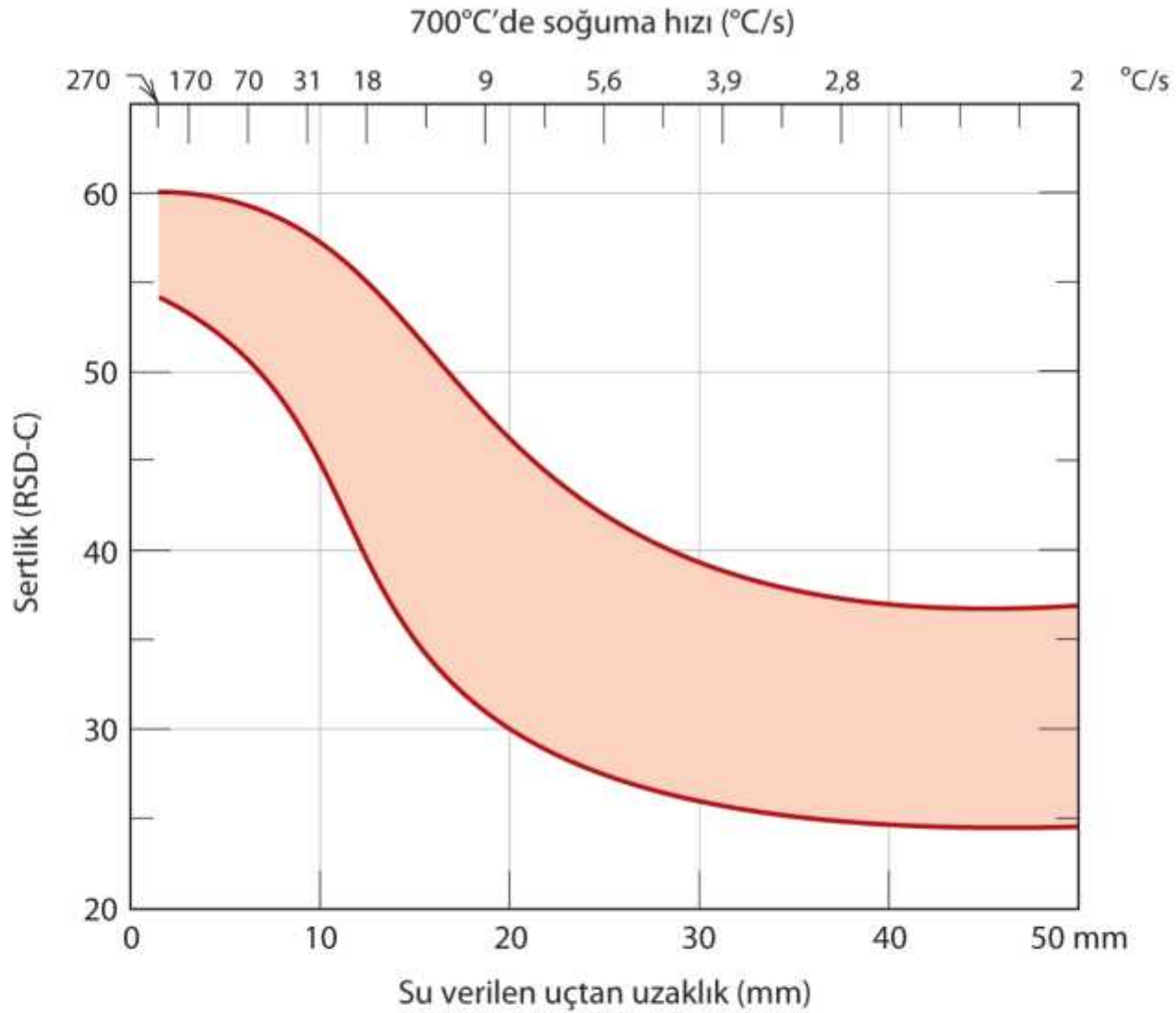




Şekil 11.14 Ortak olarak ağırlıkça % 0,4 C içeren beş farklı çeliğe ait sertleşebilme eğrileri. Bu çeliklerin ağırlık yüzdesi olarak yaklaşık kimyasal bileşimleri: 4340–1,85 Ni, 0,80 Cr ve 0,25 Mo; 4140–1,0 Cr ve 0,20 Mo; 8640–0,55 Ni, 0,50 Cr ve 0,20 Mo; 5140–0,85 Cr; 1040-basit karbonlu çelik. [Republic Steel Corporation izni ile kullanılmıştır.]

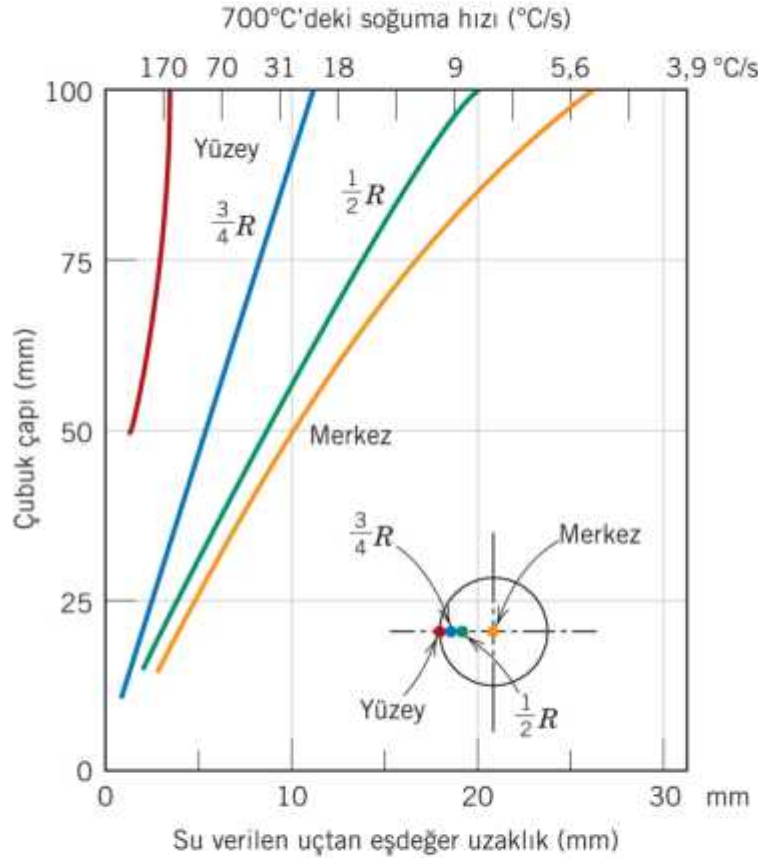


Şekil 11.15 Farklı seviyede karbon içeren 8600 serisi dört çeliğe ait sertleşebilme eğrileri [Republic Steel Corporation firmasının izni ile basılmıştır.]

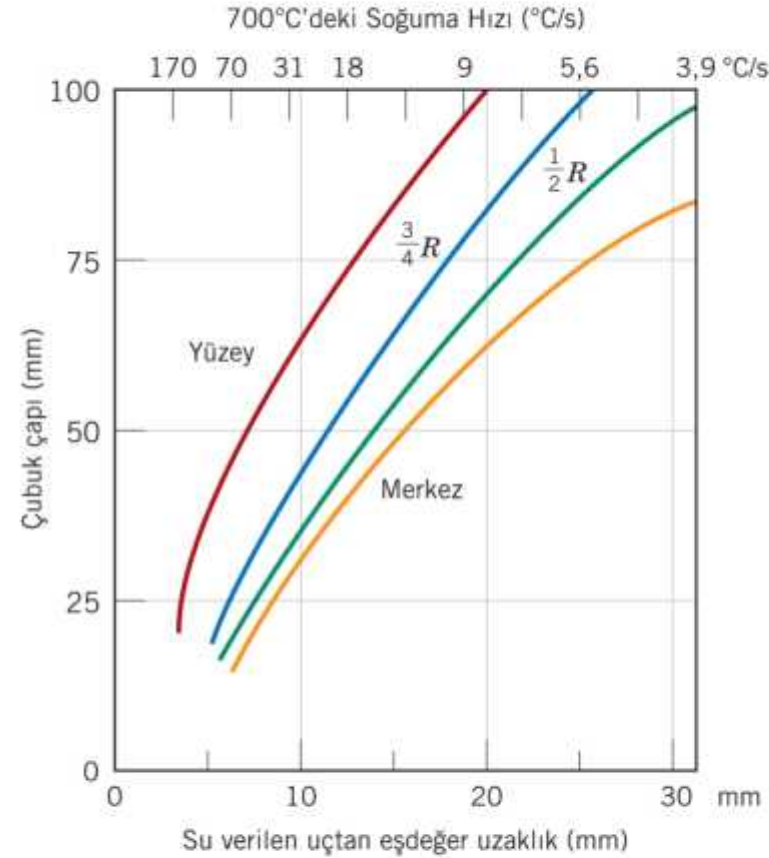


Şekil 11.16 8640 çeliği için en yüksek ve en düşük sertlik sınırlarını gösteren sertleşebilme bandı [Republic Steel Corporation Firmasının izni ile basılmıştır.]

Soğutma Ortamınının, Parça Şekil ve Boyutununun Etkileri

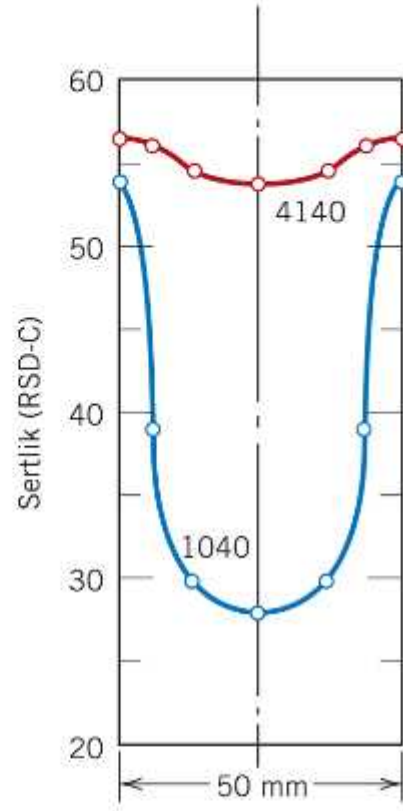


(a)

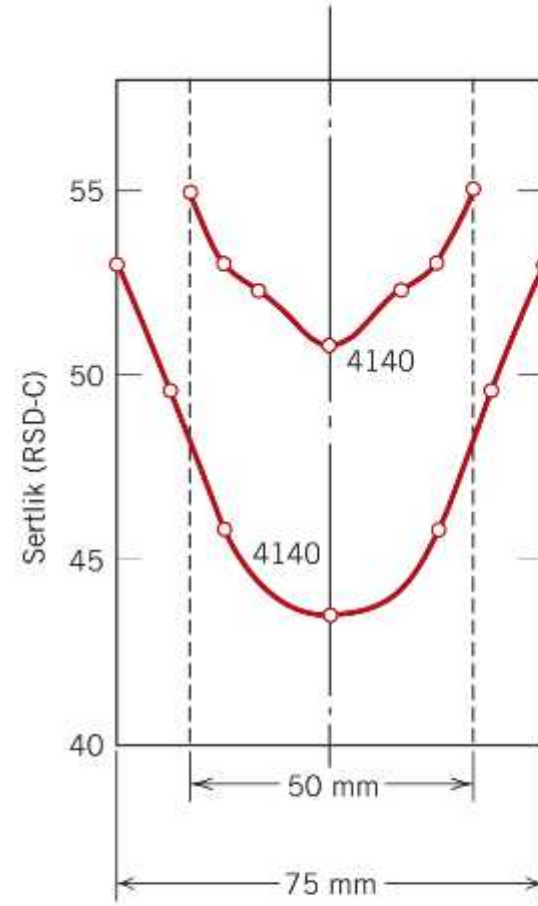


(b)

Şekil 11.17 Yuvarlak çubuk için; (a) suda, (b) yağda gerçekleştirilen hafif çalkantılı su verme uygulamalarında, çapın bir fonksiyonu olarak yüzeydeki, dörtte üç yarıçaptaki, yarım yarıçaptaki ve merkezdeki soğuma hızları. Su verilen yüzeyden eşdeğer Jominy mesafesi değerleri yatay eksende gösterilmektedir. [*Metals Handbook: Properties and Selection: Iron and Steels*, Vol. 1, 9th Edition, 1978, p. 492.]

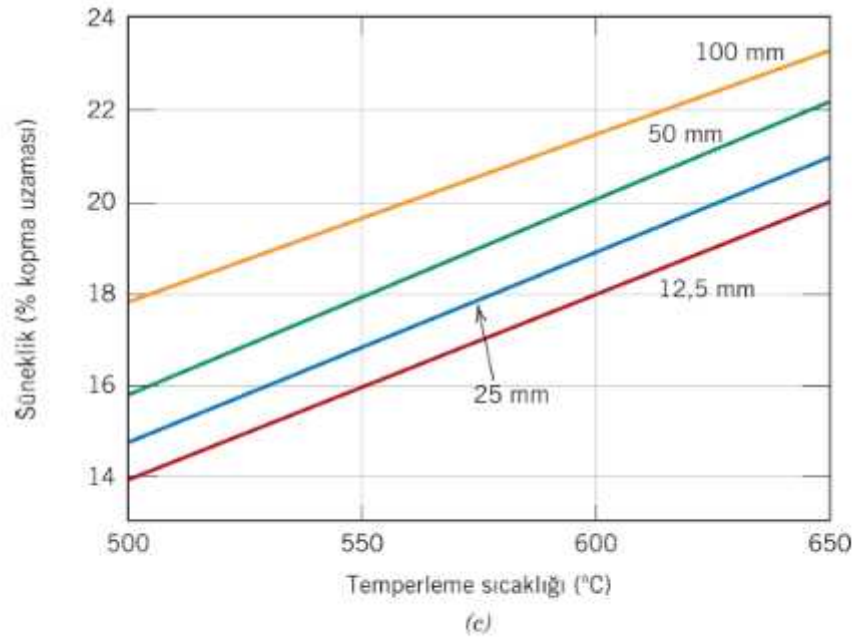
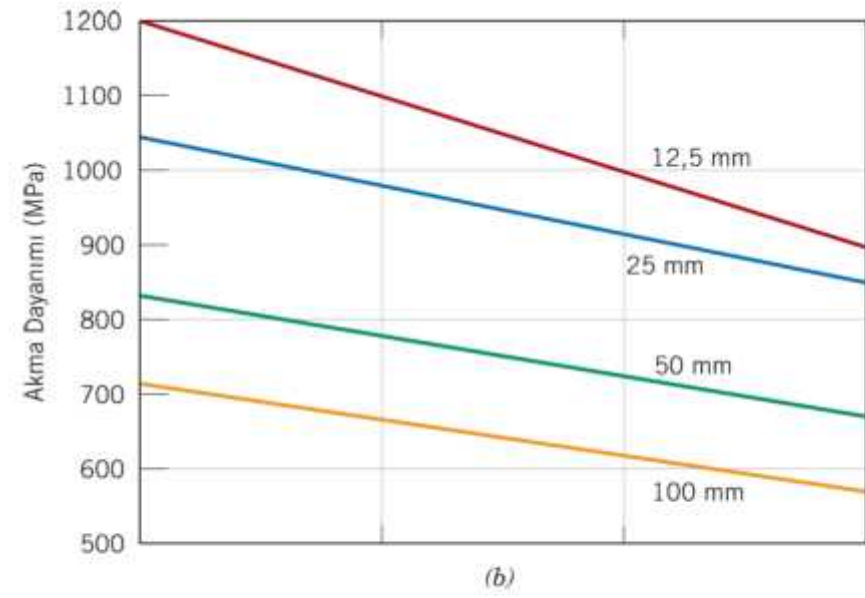
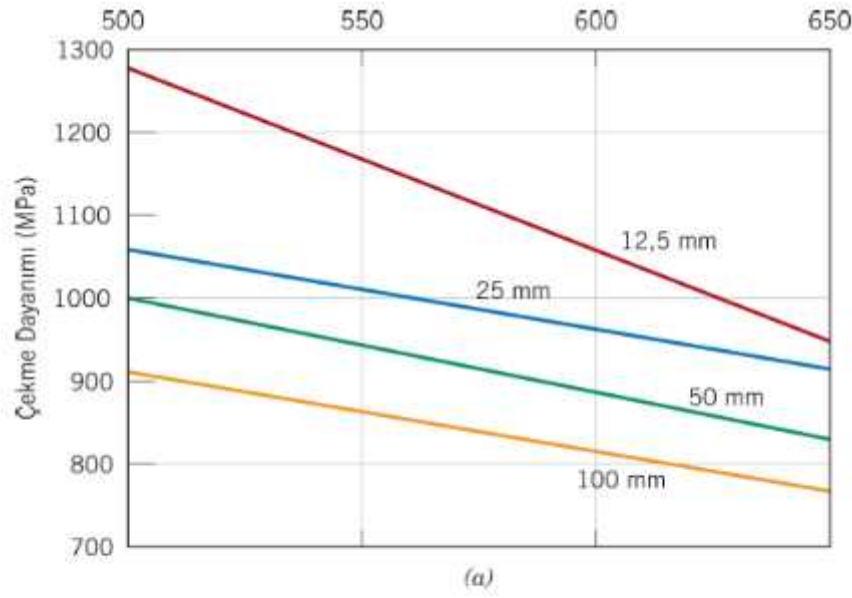


(a)

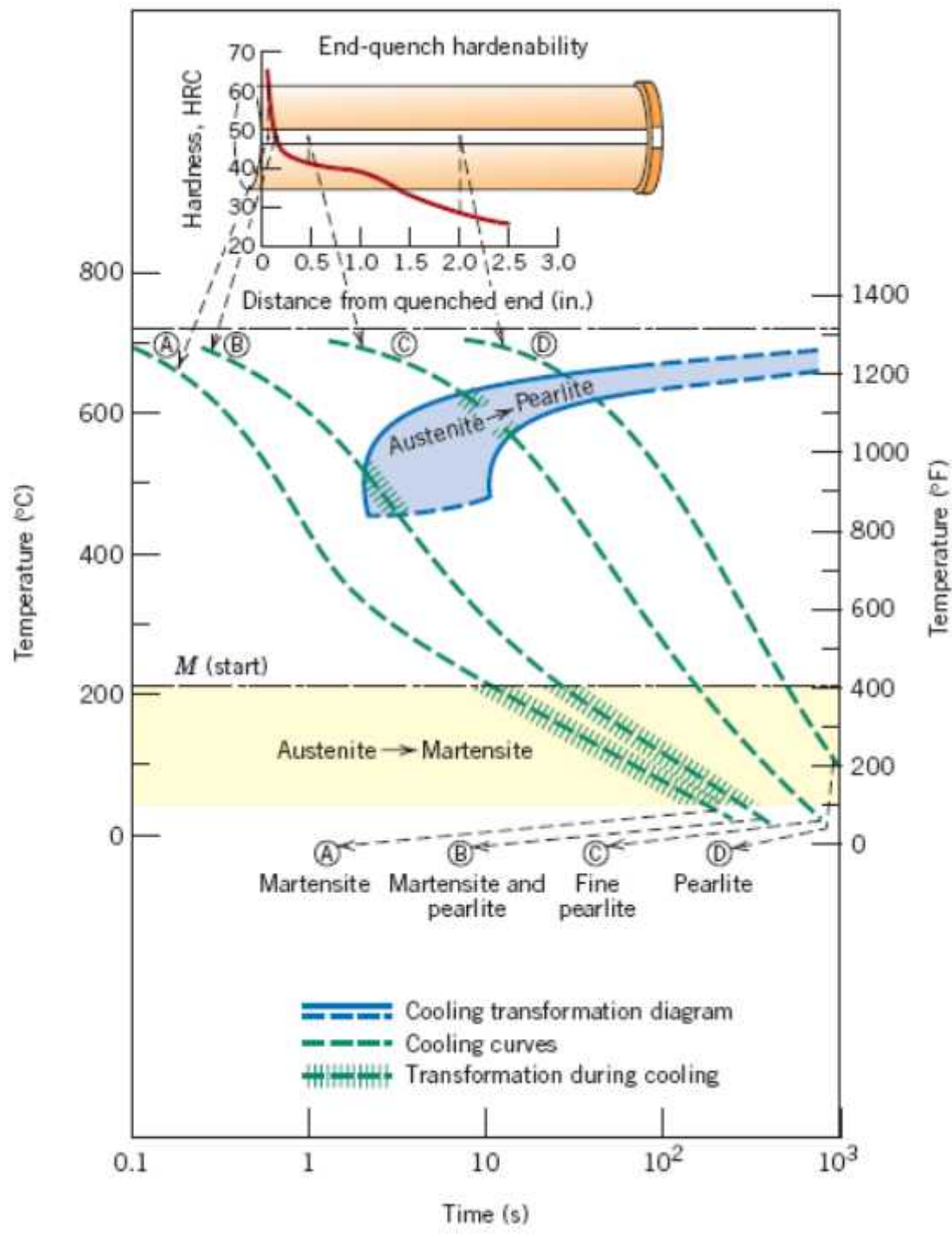


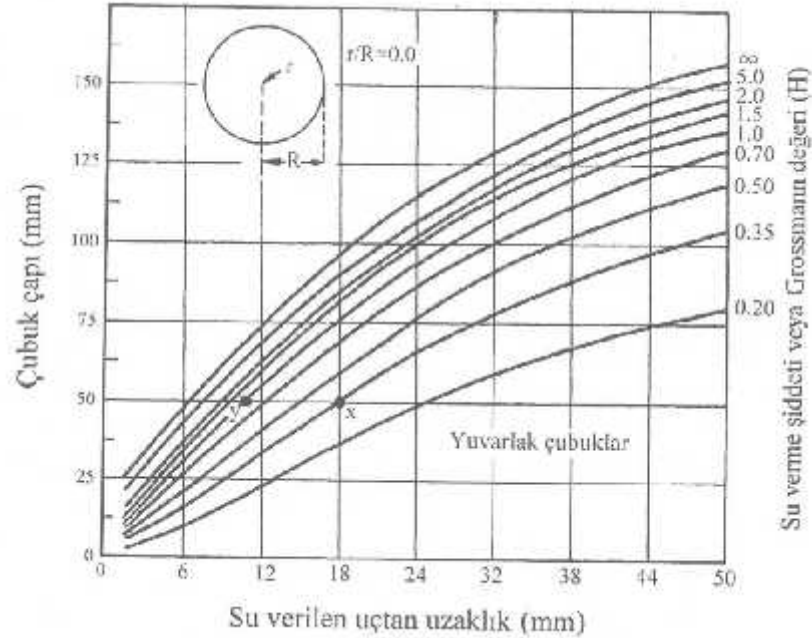
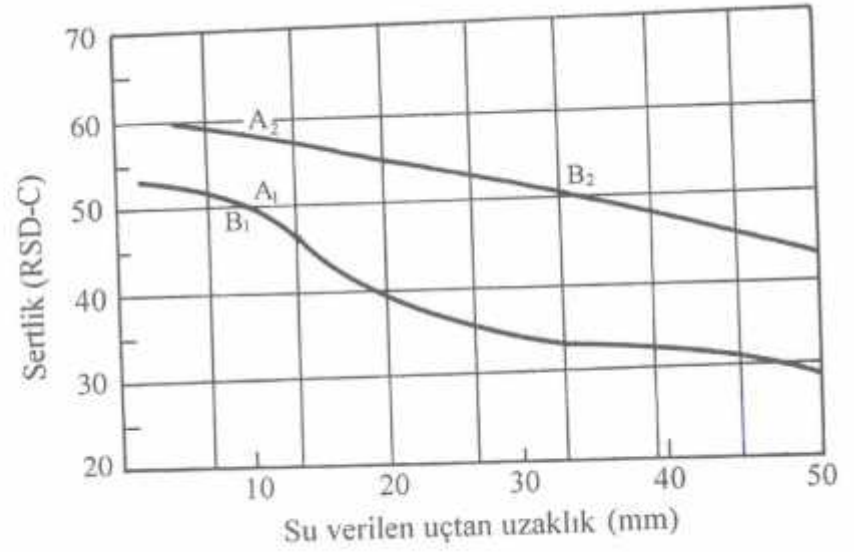
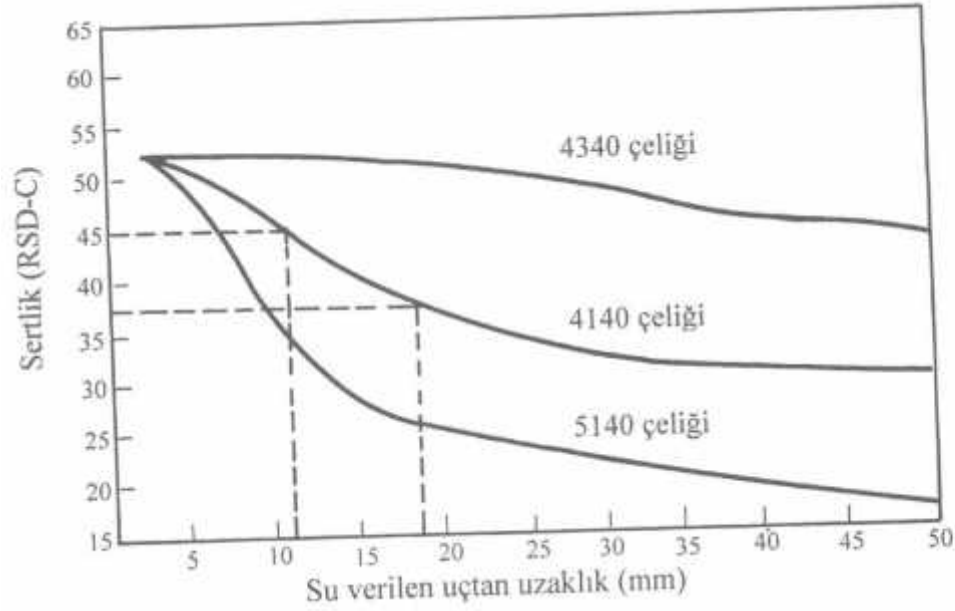
(b)

Şekil 11.18 (a) 50 mm çapında, hafif çalkantılı suda su verilmiş 1040 ve 4140 çeliğinden hazırlanmış yuvarlak çubukların, (b) 50 ve 75 mm çaplarında, hafif çalkantılı yağda su verilmiş 4140 çeliğinden hazırlanmış çubukların kesitlerinde elde edilen radyal yöndeki sertlik dağılımları

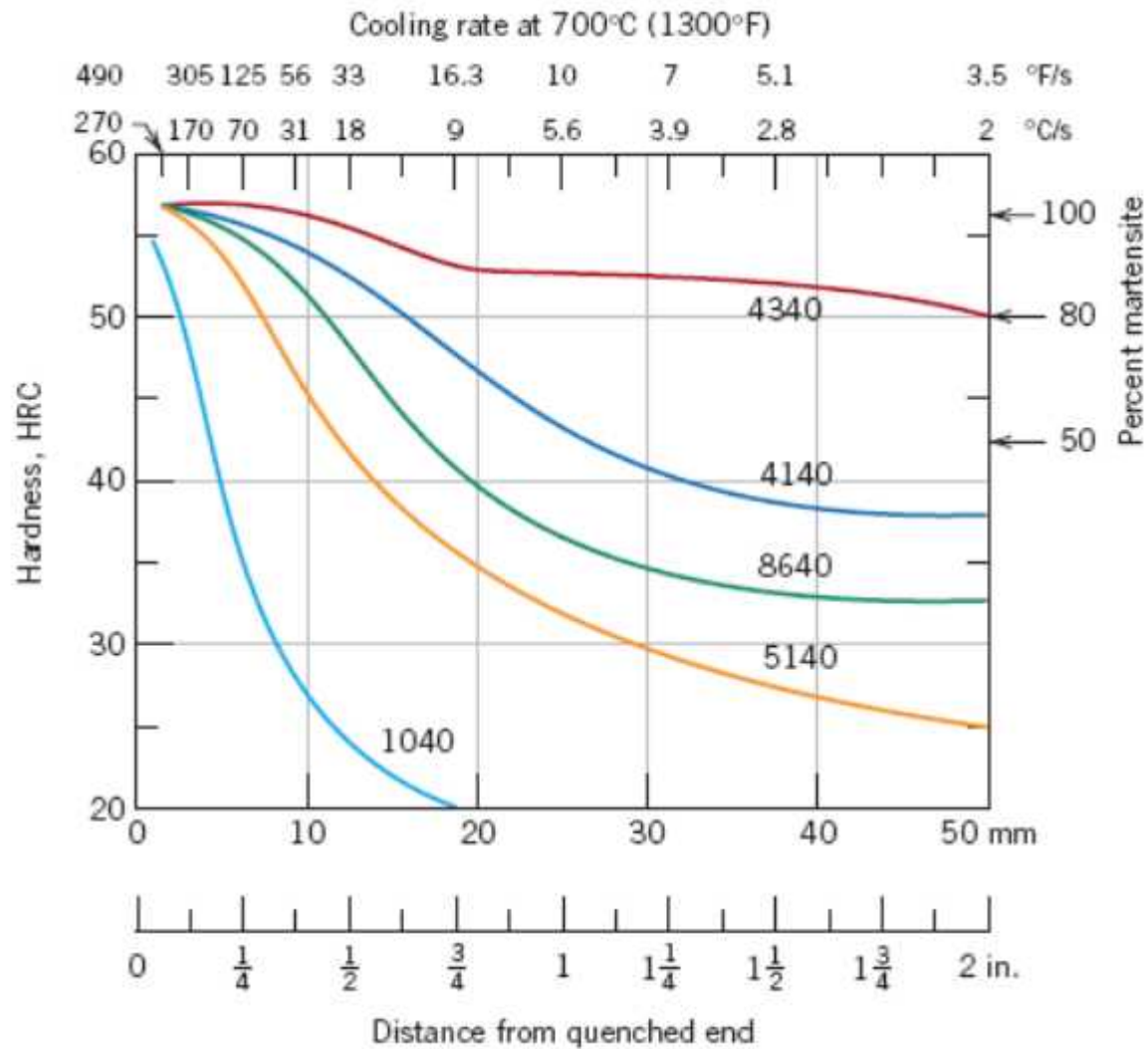


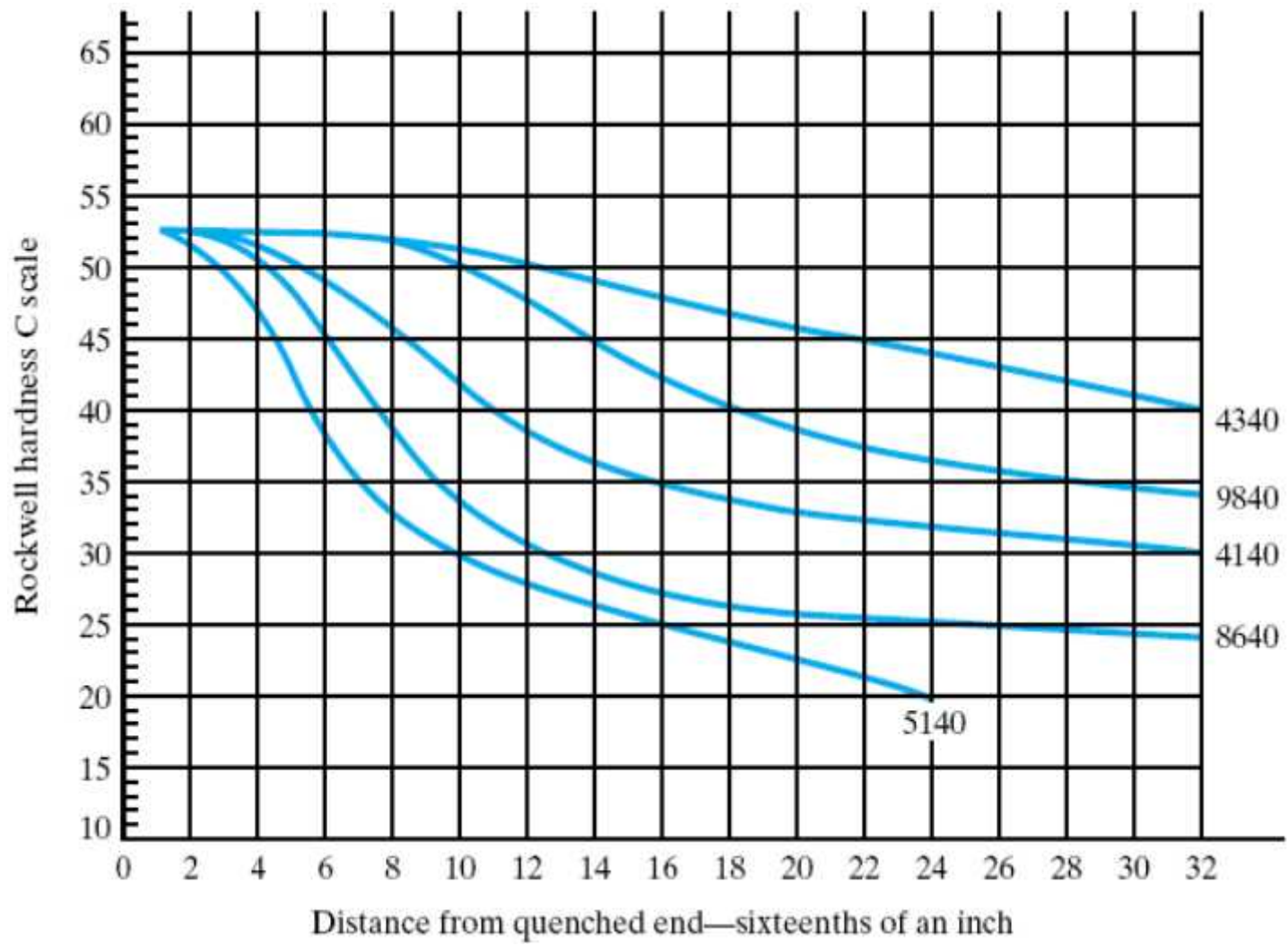
Şekil 11.20 Yağda su verilmiş 12,5 mm, 25 mm, 50 mm ve 100 mm çaplarındaki 4140 çeliğinin farklı temperleme sıcaklıkları için (a) çekme dayanımı, (b) akma dayanımı ve (c) yüzde uzama cinsinden sünekliği





Su Verme Şiddeti (H)	Su Verme Koşulları
0,2	Yağda su verme-hareketsiz
0,35	Yağda iyi su verme-orta karıştırma
0,50	Yağda çok iyi su verme-iyi karıştırma
0,70	Yağda kuvvetli su verme-hızlı karıştırma
1,00	Durgun suda su verme
1,50	Suda su verme-hızlı karıştırma
2,00	Tuzlu suda su verme-hareketsiz
5,00	Tuzlu suda su verme-hızlı karıştırma
∞	İdeal su verme





Su Verme Sertle tirmesini Etkileyen Faktörler

1- Parçanın Yüzey Durumu

- Tavlama i leminde kullanılan fırında bulunan oksijen ve nem nedeniyle çelik parça oksitlenirse, yüzeyinde tufal adı verilen kalın bir demir oksit tabakası oluşur.
- Bu oksit tabakası yalıtkan gibi davranarak, su verme i lemi sırasında çelik parçadan su verme ortamına doğru olan ısı akımını geciktirir.
- Böylece, bazı durumlarda gerçek so uma hızı kritik so uma hızının altına düşer ve martenzitik dönüşüm engellenir.
- Ayrıca parça yüzeyinin bazı bölgelerindeki tufal tabakası, fırınla su verme ortamı arasında soyularak su verme sırasında parça yüzeyinin farklı bölgelerinin farklı hızlarda so umasına da neden olabilir. Bu nedenlerden dolayı, tufal adı verilen oksit tabakası çelik parçaların sertle mesini zorlaştırır gibi yüzey sertle tirmesini de engeller.
- Endüstride tufal oluşumunu önlemek veya en aza indirmek için bazı önlemler alınır. Bu önlemlere ait yöntemler ısı iletim uygulanan parçanın büyüklüğüne, kullanılan fırının türüne ve ekonomik olanaklara bağlıdır.

- Söz konusu yöntemlerden bazıları a a ıda verilmektedir.

a) Bakır kaplama yöntemi: Tufal olu umunu önlemek için parça bakır kaplanır ve bir kaç mikrometrelık kaplama kalınlı ı bu i için yeterli olur.

b) Koruyucu atmosfer yöntemi: Fırında, belli bir basınç altında çeli e zarar vermeyen veya etki etmeyen hidrojen, ayırımı amonyak, yanma artı ı gazlar ve hidrokarbonlu yakıt gazları (metan ve propan) gibi asal gazlar verilir. Böylece, oksitlenme ve tufal olu umu büyük ölçüde önlenir.

c) Sıvı tuz banyosu yöntemi: Isıl i lem uygulanacak parça, çeli e göre nötr durumda olan sıvı tuz banyosuna iyice daldırılarak oksitlenme ve tufal olu umu önlenir.

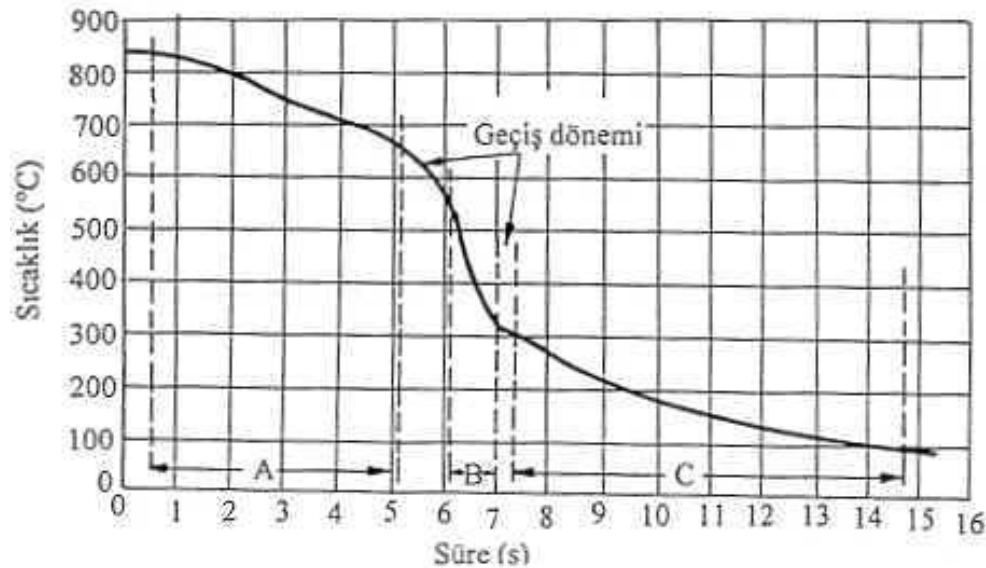
d) Dökme demir tala ı yöntemi: Parça, dökme demir tala ı bir kaba iyice gömülür. Fırına giren oksijen, çeli e ula madan önce dökme demirle reaksiyona girer ve böylece parçanın oksitlenmesi büyük ölçüde önlenir.

2- Büyüklük ve Kütle

- Su verme sırasında, yalnız parçanın yüzeyi su verme ortamı ile temasta oldu undan parçanın yüzey alanının kütesine oranı, gerçek so uma hızını etkileyen önemli bir parametredir.
- Parçanın geometrik ekline ba lı olan bu oran, küresel parçalar için en küçük de erdedir. nce levhalar ve küçük çaplı tellerde yüzey alanının kütleyle oranı büyük oldu undan, su verme sırasında bu parçaların so uma hızı yüksek olur. Parçanın so uma hızı yüzey alanı/kütle oranı ile do ru orantılıdır. Yani bu oran arttıkça so uma hızı artar, azaldıkça azalır.
- Yüzeyler, su verme ortamı ile do rudan temas halinde olmaları nedeniyle su verme sırasında parçanın en hızlı so uyan kısmını olu tururlar. ç kısımlardaki ısı ise iletimle (kondüksiyon) uzakla tırılır. Isı, parça gövdesinden geçerek yüzeye ula ır ve buradan su verme ortamına iletilir. Bu nedenle iç kısımlardaki so uma hızı, yüzeyin so uma hızından daha dü ük olur.

Su Verme ilemi Sırasında Isı Giderme Mekanizması

Su verilen çeli in iç yapıları, sertlik ve mukavemetleri su verme ilemi sırasında elde edilen gerçek so uma hızına ba lıdır. Gerçek so uma hızının kritik so uma hızından yüksek olması durumunda, yalnız martenzitik bir yapı elde edilir. Gerçek so uma hızının, kritik so uma hızından dü ük olması durumunda ise tamamen martenzitten olu an bir yapı elde edilemez ve bu nedenle parça tam olarak sertle tirilemez. Çünkü, olu an martenzit dı 1 dönü üm ürünleri malzemenin sertle mesini engeller. Bu nedenle su verme sırasındaki ısı giderme mekanizmasının iyi anla ılması gerekir.

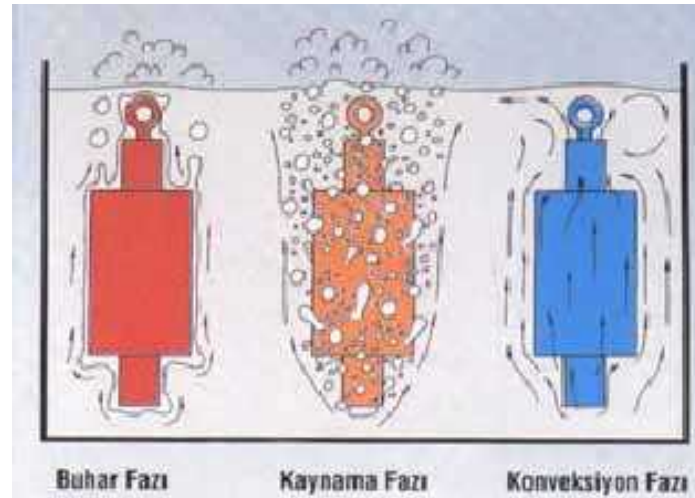


Ilık suda su verilen silindirik bir parça için tipik bir so uma e risi

A devresi: Buhar örtüsü veya buhar filmi devresi olarak adlandırılır. Ba langıçta malzemenin sıcaklığı çok yüksek olduğundan, su verme ortamı buharla arak malzemenin üzerinde ince bir buhar filmi oluşur ve bu film bütün malzemeyi kaplar. Bu buhar filminin ısı geçirgenliği veya ısı iletimi iyi olmadığından bu devrede nispeten düşük soğuma hızı elde edilir.

B devresi: Buhar taınımı devresi olarak adlandırılır. Malzeme buhar filminin kararlı olmadığı bir sıcaklığa kadar soğuduğunda B devresi başlar. Su verme ortamı ile metal yüzeyi ıslanır ve ani kaynama meydana gelir. En hızlı soğuma bu devrede gerçekleşir.

C devresi: Sıvı soğumasını gösterir. Malzeme yüzeyinin sıcaklığı su verme sıvısının kaynama noktasına kadar düşene bu devre başlar. Bu devrede buhar oluşmaz ve soğuma iletimi ısı iletimi ve taınımı ile gerçekleşir. Ancak, soğuma hızı bu devrede en düşük de erindedir.



Su Verme Ortamları

- deal su verme ortamı, ba langıçtaki so uma hızının yüksek, malzemedeki çarpılmanın önlenmesi bakımından da dü ük sıcaklıklardaki so uma hızının dü ük olmasını sa lamalıdır.
- Ancak, bu durumu tam olarak sa layacak nitelikte bir su verme ortamı yoktur. Su ve inorganik tuzların sulu çözeltileri gibi su verme sıvıları, ba langıç a amasındaki (A ve B devreleri) so uma hızlarının yüksek olmalarını sa larlar.
- Ancak, bu so uma hızları dü ük sıcaklıklarda da devam etti inden, malzemedede çarpılma veya çatlama meydana gelebilir.
- Geleneksel su verme ya ları ile uzun bir A devresi ve dü ük so uma hızına sahip kısa bir B devresi elde edilir.

Sanayide kullanılan su verme ortamları, su verme iddetlerine göre aşağıdaki gibi sıralanır.

- a) Tuzlu su
- b) Musluk suyu
- c) Erimi veya sıvı tuzlar
- d) Yağ ve su karışımı
- e) Yağ
- f) Hava

Bazı ortamların soğuma hızları Tablo daki gibidir;

Su Verme Ortamı	Soğuma hızı ölçüm sıcaklıkları (°C)					
	740		650		680-480	
	Banyo sıcaklıkları (°C)					
	24	52	24	52	24	52
	Soğuma hızı (°C/s)					
%10'luk tuzlu su	212	164	212	181	213	159
Musluk suyu	117	26	124	65	122	98
Gulf süper su verme yağı	44	47	94	100	75	76
Yavaş su verme yağı (%10 yağ-%90 su)	20	17	17	14	22	24
Durgun hava	3	-	2	-	2	-
Erimiş tuz	90		72		37	

Su Verme Ortamları

Su verme ortamı, parçanın kritik soğuma hızını aşacak şekilde olmalıdır ki östenitin tümü martenzite dönüşebilsin (dönüşüm sertleşmesi için).

Su verme işlemini şu faktörler etkiler:

- Çelik içerisindeki C ve alaşım elementi oranları (kimyasal bileşim)
- Su verme ortamının soğutma kabiliyeti
- Parça malzemesinin ısı iletim kabiliyeti (alaşım elementi miktarı ile azalır)
- Parçanın boyutu ve şekli
- Parçanın yüzey durumu (tufal: oksit tabakası olup olmadığı)
- Parçanın su verme ortamında kalma süresi
- İdeal su verme ortamı, malzemeden perlit kademesinde mümkün olduğu kadar çok, martenzit kademesinde ise çatlama tehlikesini azaltmak için mümkün olduğu kadar az ısı çekmektir.
- Su verme ortamları:
- Su
 - Buzlu su
 - %5-10 NaCl içeren su
 - %5-10 NaOH içeren su
 - Oda sıcaklığında su
- Yağ (200-250°C)
- Tuz banyosu (tuz ergimiş halde)
- Ergimiş metal banyosu

Su Verme Ortamları

Su verme ortamı olarak su seçildiğinde:

- Östenitleme sıcaklığındaki parça su içerisine daldırıldığında, parça yüzeyinde oluşan buhar filminin yalıtımı etkisiyle soğuma başlangıçta yavaştır. Sıcaklık 600°C'nin altına indiğinde, atom hareketliliğinin yardımıyla buhar filmi yırtılır, buhar kabarcıklar halinde yükselmeye başlar. Soğuma hızı 400°-500°C civarında en yüksek değerine ulaşır. Bu nedenle su içerisine %5-10 NaCl veya NaOH ilave edilerek, buhar filminin oluşum noktası daha üst sıcaklıklara çekilir ve film oluşumu engellenir. Aynı zamanda bu soğutma ortamında, parçanın sertleşme derinliği artarken çatlama tehlikesi azalır.

Soğutma ortamı yağ olduğunda:

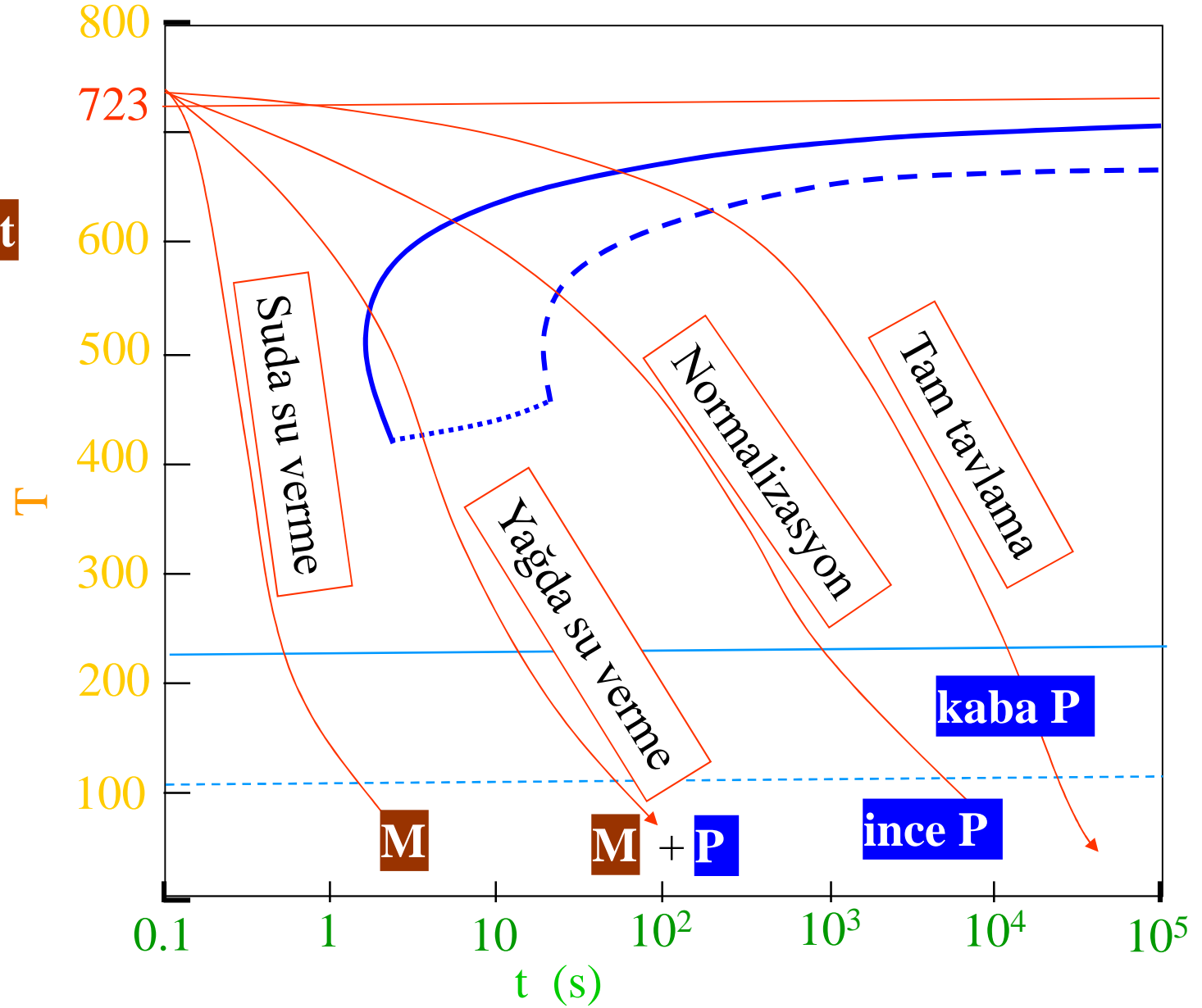
- Soğutma gücü suya göre üç kat daha azdır. Yağ seçerken kolay temizlenmesine (su bazlı olmasına), tutuşmamasına ve ucuz olmasına dikkat edilmelidir.
- Alaşımli çeliklere yağ içinde su verilir ve beynitik yapı elde edilir.

Farklı souma hızları

Ötektoid çelik (0.8%C)

M = Martenzit

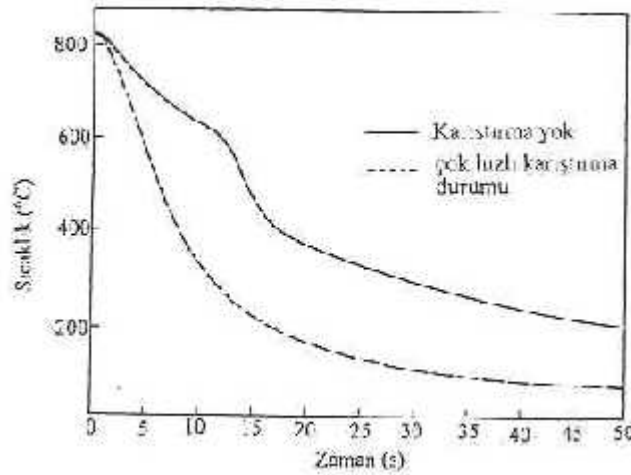
P = Perlit



Su Verme Ortamının Sıcaklığı ile Su Verme Yönteminin Soğutmaya Etkisi

- Genelde, su verme ortamının sıcaklığı arttıkça su verilen parçanın soğutma hızı azalır. Bu durum, sıcaklık arttıkça buhar filmi devresinin uzamasından kaynaklanır.
- Su verme ortamının sıcaklığı buharlama sıcaklığına yaklaştıkça, buhar filmini oluşturmak için daha az ısı gerekir. Bu kural, özellikle su verme ve tuzlu su ortamı için geçerlidir.
- Su verme ortamı olarak yağ alınır, yağ banyosunun sıcaklığı artırıldığında yağın viskozitesi azalır, yani akıcılığı artar. Akıcılığı artan yağın ısı iletkenliği de arttırıldığından, yağın sıcaklığı arttıkça su verilen parçanın soğutma hızı da artar. Su verme ortamı olarak kullanılan geleneksel yağlarda optimum soğutma hızları, 49°C–66°C arasındaki sıcaklıklarda elde edilir.
- Su verme işlemi sırasında banyo sıcaklığının fazla artmaması için yeterli miktarda su verme banyosu kullanmak gerekir. Bazı durumlarda su verme ortamının sıcaklığını kontrol etmek veya sabit tutmak için su verme banyosuna, içerisinden su geçirilen soğutma bobinleri yerleştirilir.

- Su verme ortamını karı tırmak veya su verilen parçayı karı tırıcı gibi hareket ettirmek suretiyle so utma hızı artırılabilir.
- Bu i lem, parça yüzeyinde olu an buhar filminin olu ur olu maz yok olmasına, yani parçanın so uma hızının artmasına neden olur.
- De i ik su verme ortamlarının so utma hızları, so utma iddeti 1 (bir) olarak kabul edilen durgun suya göre belirlenir. Bazı su verme ortamlarının sogutma iddetleri Tablo 'da verilmi tir.



Bazı su verme ortamlarının de i ik su verme yöntemleriyle elde edilen so utma iddetleri (durgun su 1 (bir) birim olarak kabul edilirse)

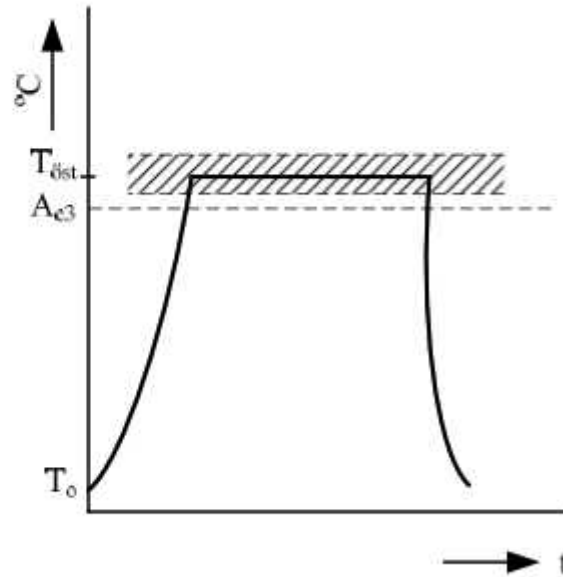
Su verme yöntemi	Su verme ortamı		
	Yağ	Su	Tuzlu su
Durgun ortamda, parça hareketsiz	0,25-0,30	0,9-1,0	2,0
Hafif sirkülasyon veya az hareket	0,30-0,35	1,0-1,1	
Hızlı sirkülasyon	0,50-0,80	1,6-2,0	
Orta halli sirkülasyon	0,35-0,40	1,2-1,3	2,0-2,2
İyi sirkülasyon	0,40-0,50	1,4-1,5	
Çok hızlı sirkülasyon	0,80-1,10	4,0	5,0

Karı tırma i leminin, ya da su verilen paslanmaz çelik örne inin merkez bölgesine ait so uma e risine etkisi (Ya sıcaklığı =52°C)

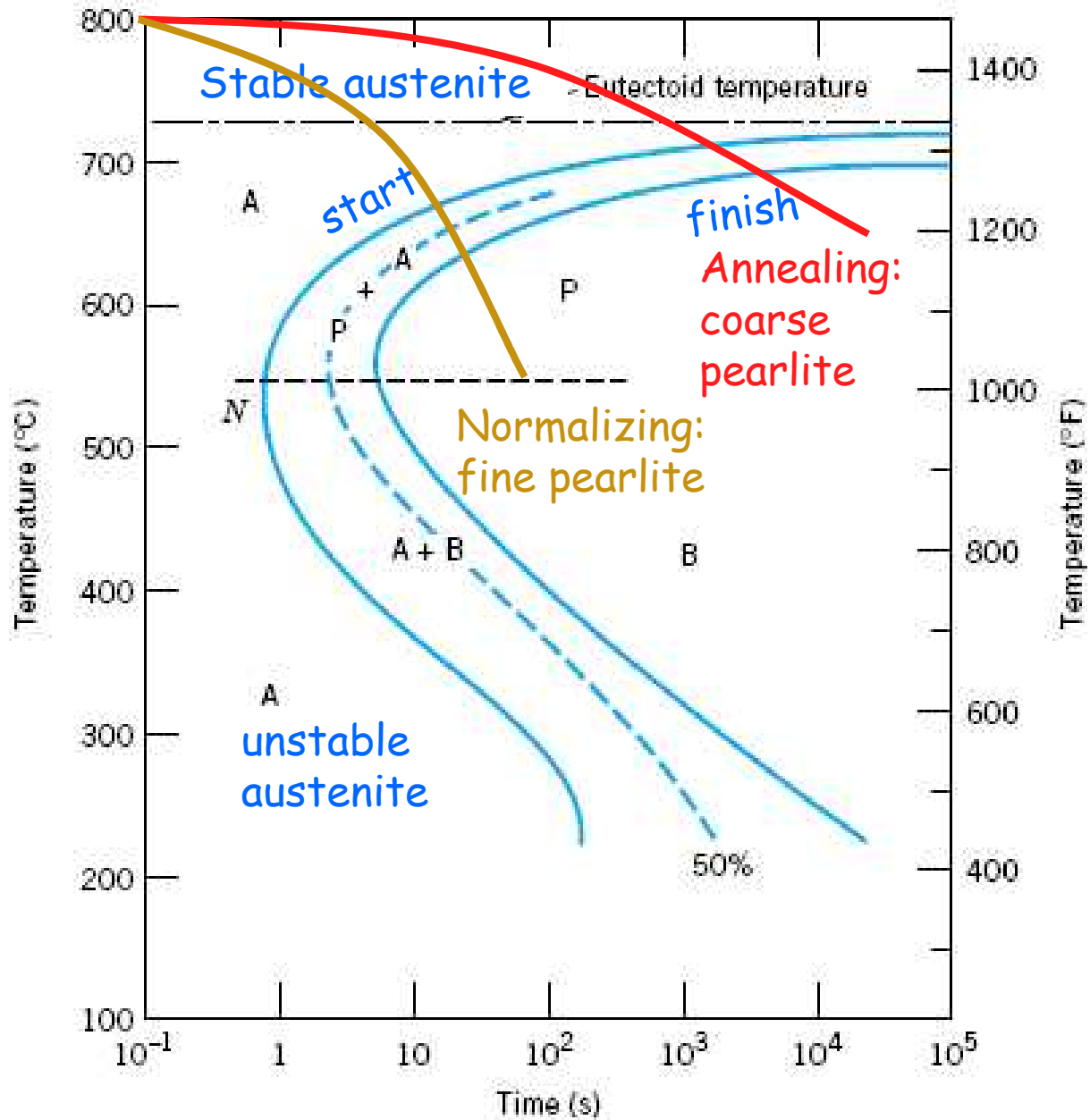
Su Verme Çeşitleri

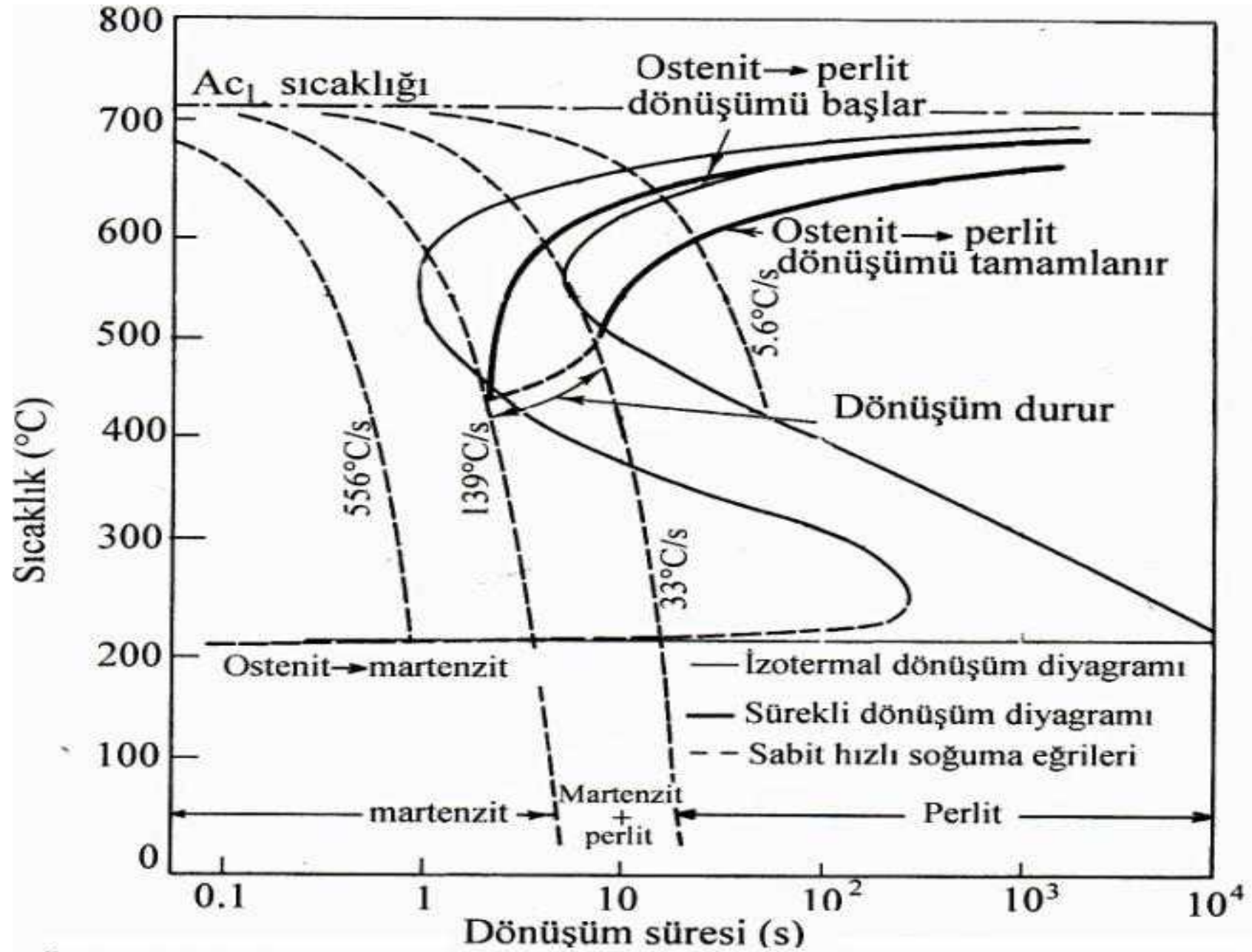
1. Doğrudan (Basit) Su Verme

- Su veya yağ gibi tek bir ortamda sürekli soğutma işlemidir.
- Sertleşme derinliği az olan alaşımsız çeliklerde, özellikle suda yüksek hızda soğutma sonucu, karmaşık şekilli parçaların iç ve dış kısımları arasında doğabilecek sıcaklık farkı nedeniyle, çarpılma ve çatlama meydana gelebilir.



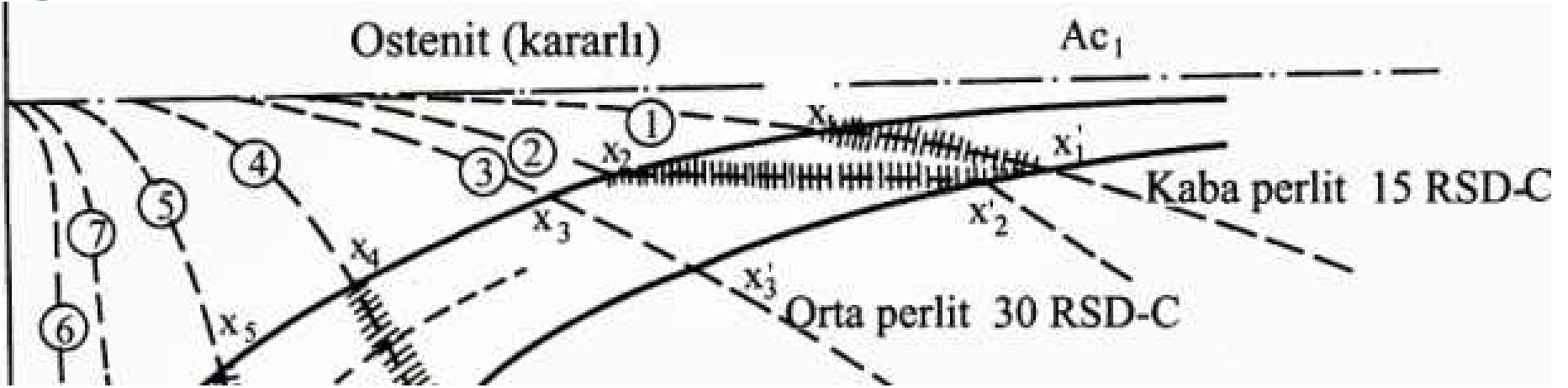
Ötektoid çelik için TTT diagramı



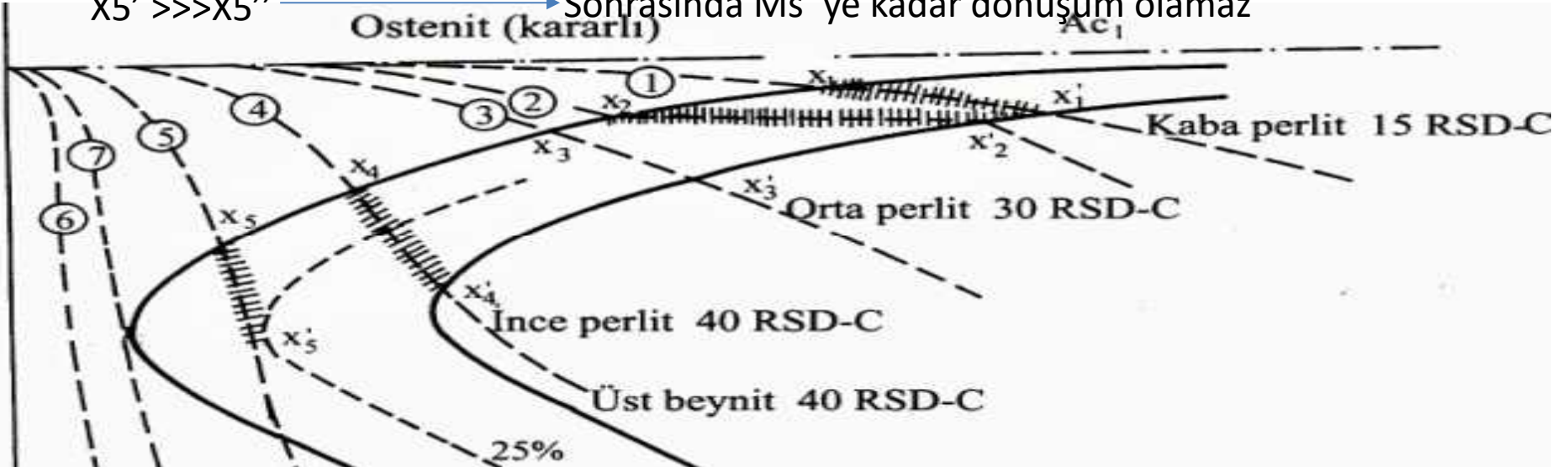


Ötektoid bileşimdeki alaşımsız çeliğe ait izotermal dönüşüm diyagramından çıkarılan sürekli soğuma - dönüşüm (S-D) diyagramı

- ① $X_1 \gg X_1'$ → Kaba perlit
- ② $X_2 \gg X_2'$ → 1' e göre daha homojen, daha sert
- ③ $X_3 \gg X_3'$ → Normalizasyon, orta perlit



- ④ $X_4 \gg X_4'$ → Yağda su verme-ince perlit+orta perlit
- ⑤ $X_5 \gg X_5'$ → Teğete kadar ince perlite kısa sürede dönüşüm,
 $X_5' \gg X_5''$ → Sonrasında M_s' ye kadar dönüşüm olamaz



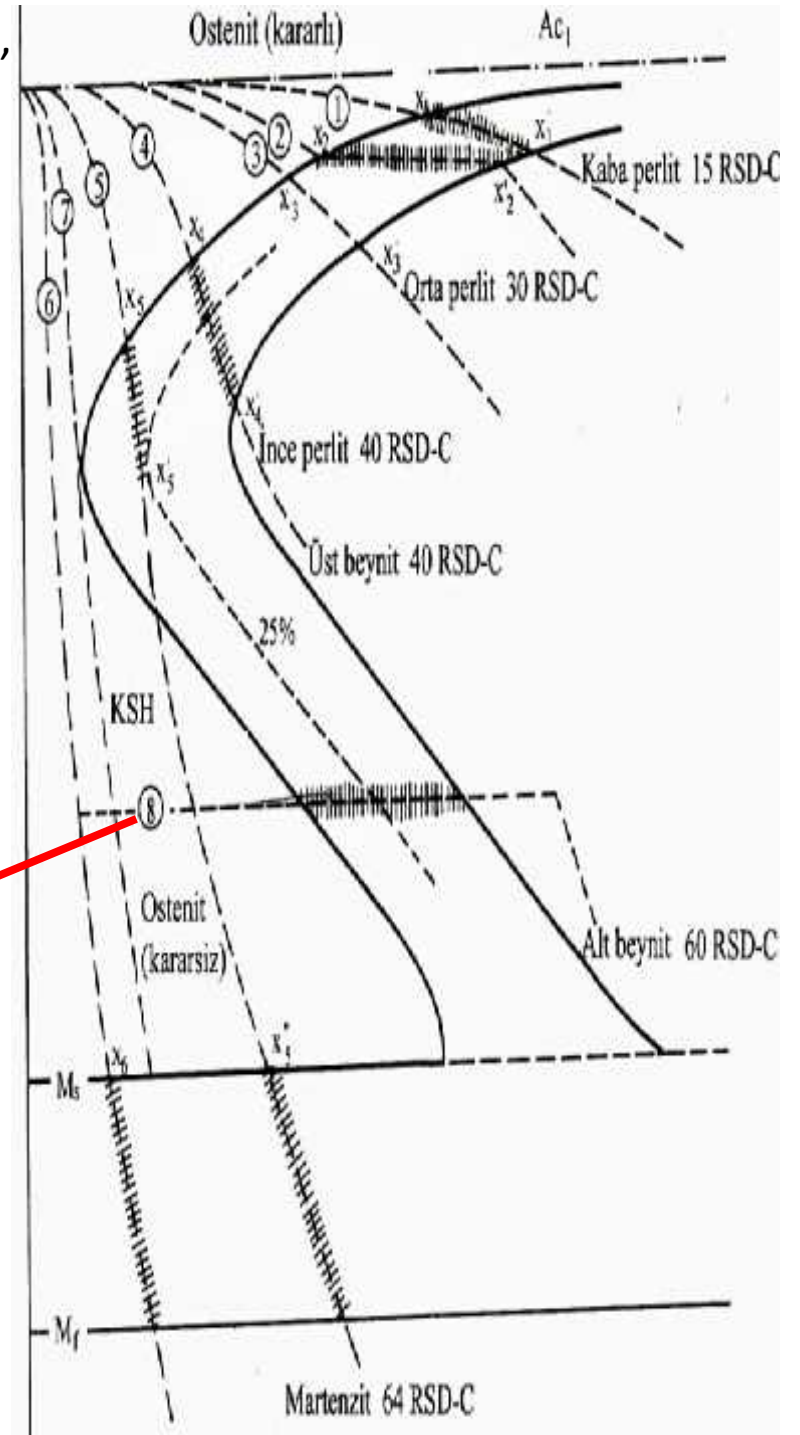
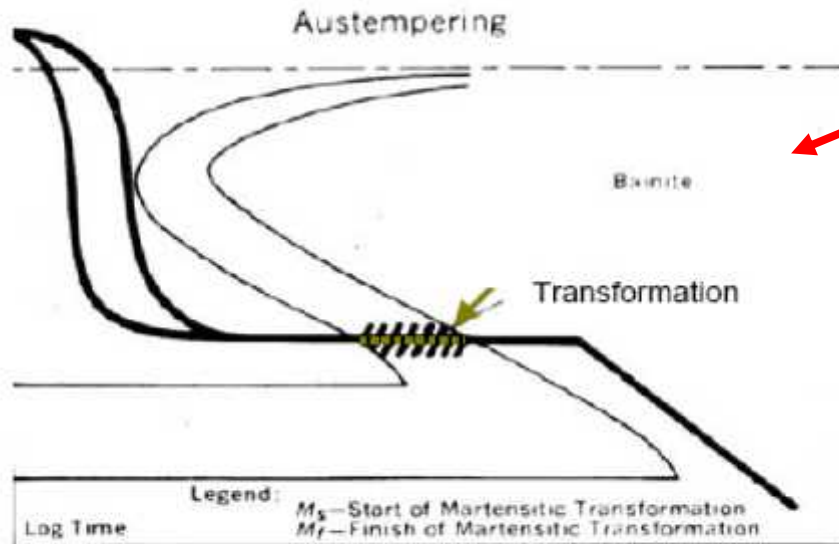
$X5' \gg X5''$ → M_s' ye kadar dönüşüm olamaz,
 M_s' den sonra östenit → martenzit
Son mikroyapı: %75 martenzit+%25 perlit

⑥ $X6 \gg X6'$ → M_s' ye kadar östenit, M_f' den sonra tamamen martenzit

⑦ → Kritik soğuma hızı (KSH)

⑧ → Ostemperleme (%100 beynit)

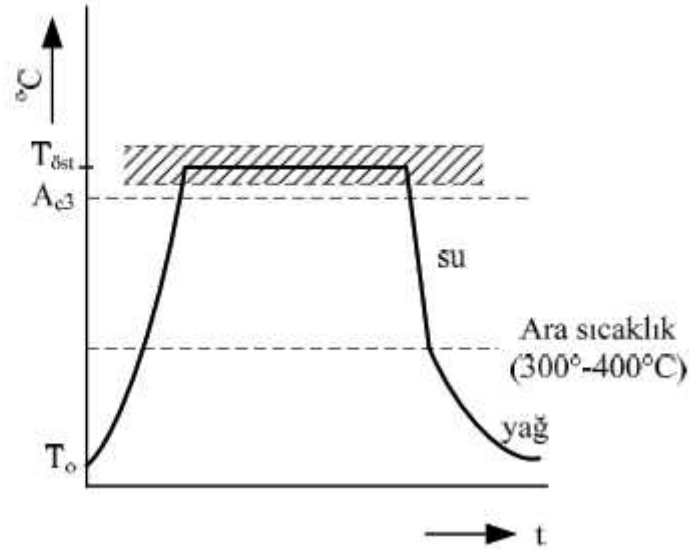
Sürekli soğuma ile yapıda düşük oranda beynit bulunur, ancak 8 deki gibi bir dönüşüm takip edilirse %100 beynitik yapı elde edilir.



Su Verme Çeşitleri

2. Kesikli Su Verme

- Östenitten 300°-400°C'ye kadar (ara sıcaklığa) suda hızlı soğutulur. Sonra iç ve dış kısımdaki sıcaklık farkının dengelenebilmesi için yağda soğutmaya devam edilir.
- Ara sıcaklığın seçimi ve yakalanması deneyim gerektirdiğinden, seyrek uygulanan bir yöntemdir.
- Su verme işlemi sonunda parçanın çatlama tehlikesi, doğrudan su vermeye kıyasla daha azdır.

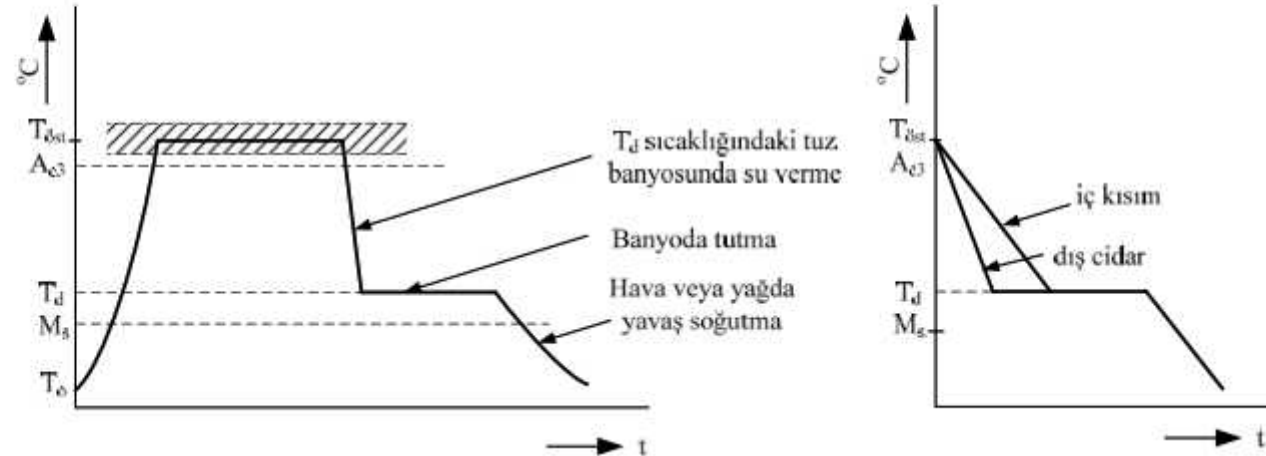


- Su verilen parçanın farklı kısımlarının so uma hızları arasındaki farkı önlemek olanaksız olduğundan, parçanın bir bölümü genişlerken, diğer bölümü büzülür. Bunun sonunda, parçada çekme gerilmeleri oluşur.
- Söz konusu gerilmelerin belirli değerleri a ması durumunda parçada ciddi çarpılma veya çatlama meydana gelir ve sonuçta parça kullanılmaz hale gelir.
- Parçanın kütlesi arttıkça, merkezi ile yüzeyinin so uma hızları arasındaki fark büyür ve dolayısıyla su verme çatlamasının meydana gelme olasılığı artar.
- Bu nedenle bazı parçaların sertleştirilmesi için normal su verme yöntemi her zaman tavsiye edilmez ve bunun yerine alternatif yöntemler uygulamak gerekir. Bunun için, martemperleme ve ostemperleme olarak adlandırılan kesikli su verme yöntemleri geliştirilmiştir.

Su Verme Çeşitleri

3. Duraklı (Kademeli) Su Verme (Martemperleme)

- Özellikle karmaşık şekilli parçalara su verme esnasında deformasyon ve çatlama riskini azaltmak için parçaların kademeli soğutulması sonucunda %100 martenzit yapı oluşur.
- Martemperleme, martenzit oluşumu başlangıcındaki temperlemedir.
- Banyoda tutma süresi, beynit oluşumuna imkan vermeyecek şekilde olmalıdır



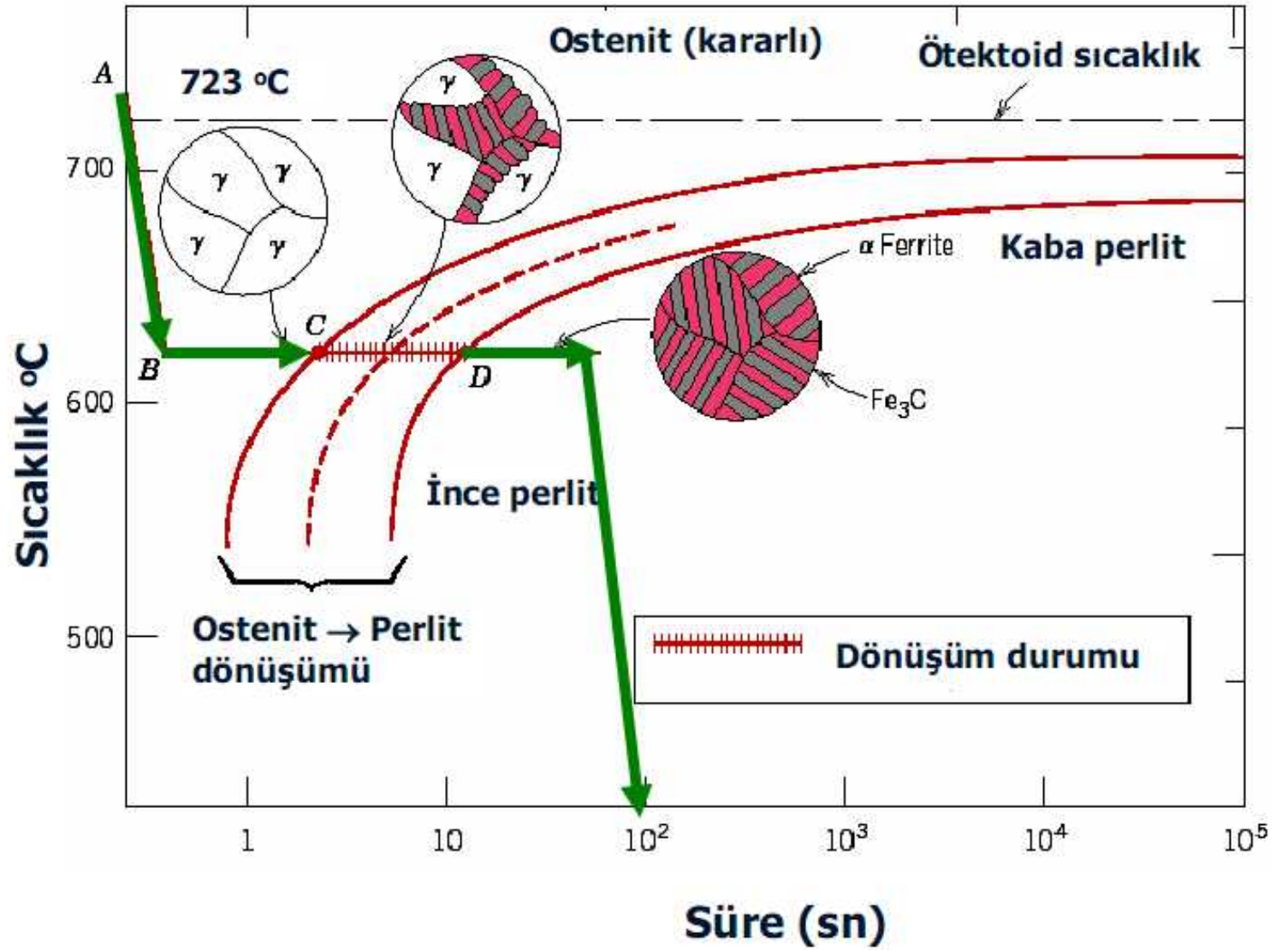
723 oC üstüne ısıtılan % 0.8 C lu çelik (Homojenizasyon -1 saat)

A: 630 oC ye hızlı soğutma

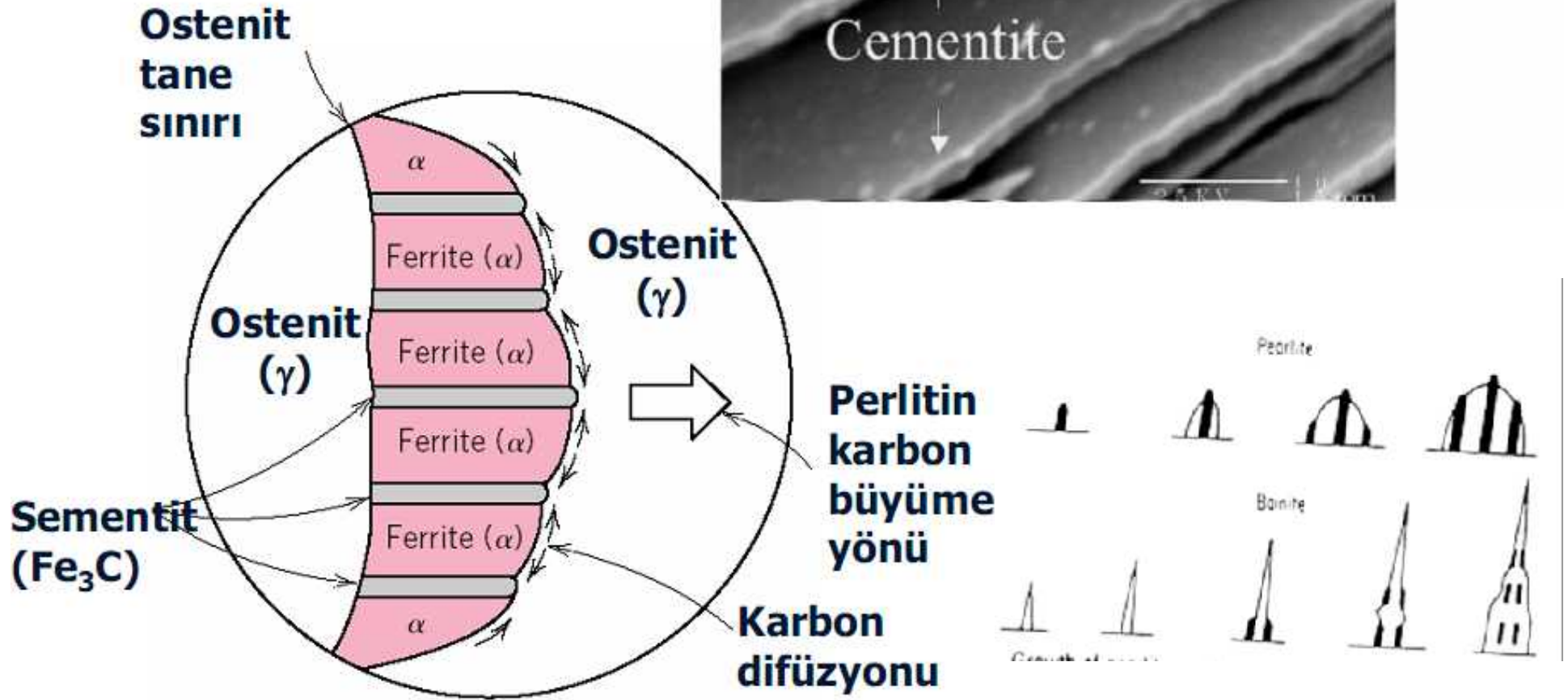
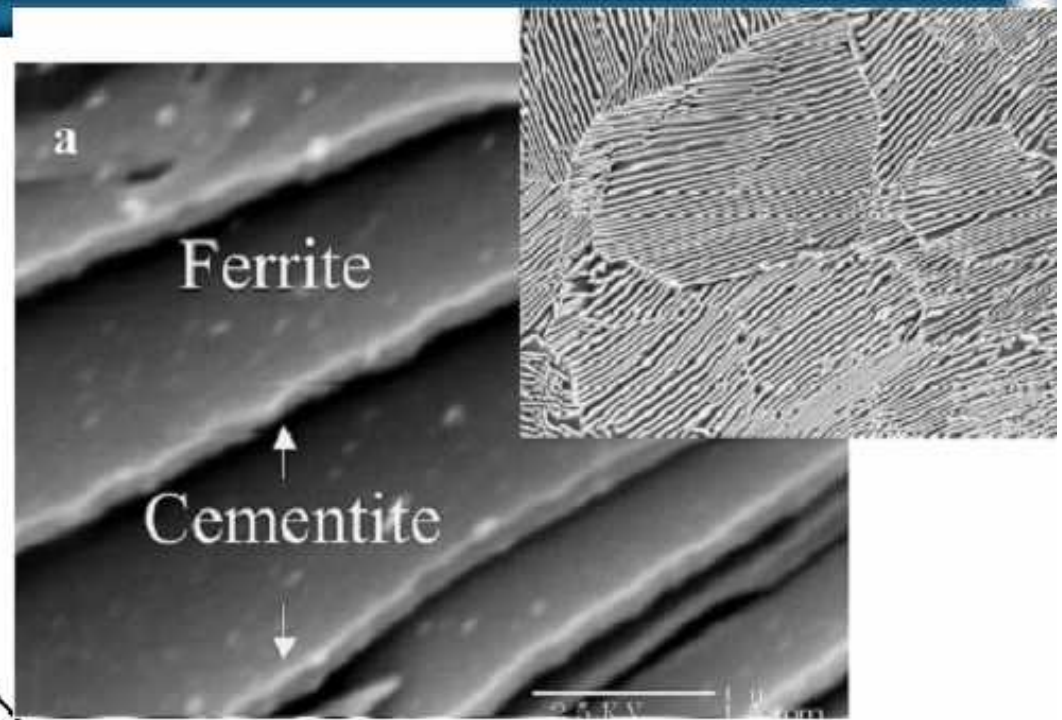
B: 3 sn bekletme

C: Perlit dönüşüm başlangıcı

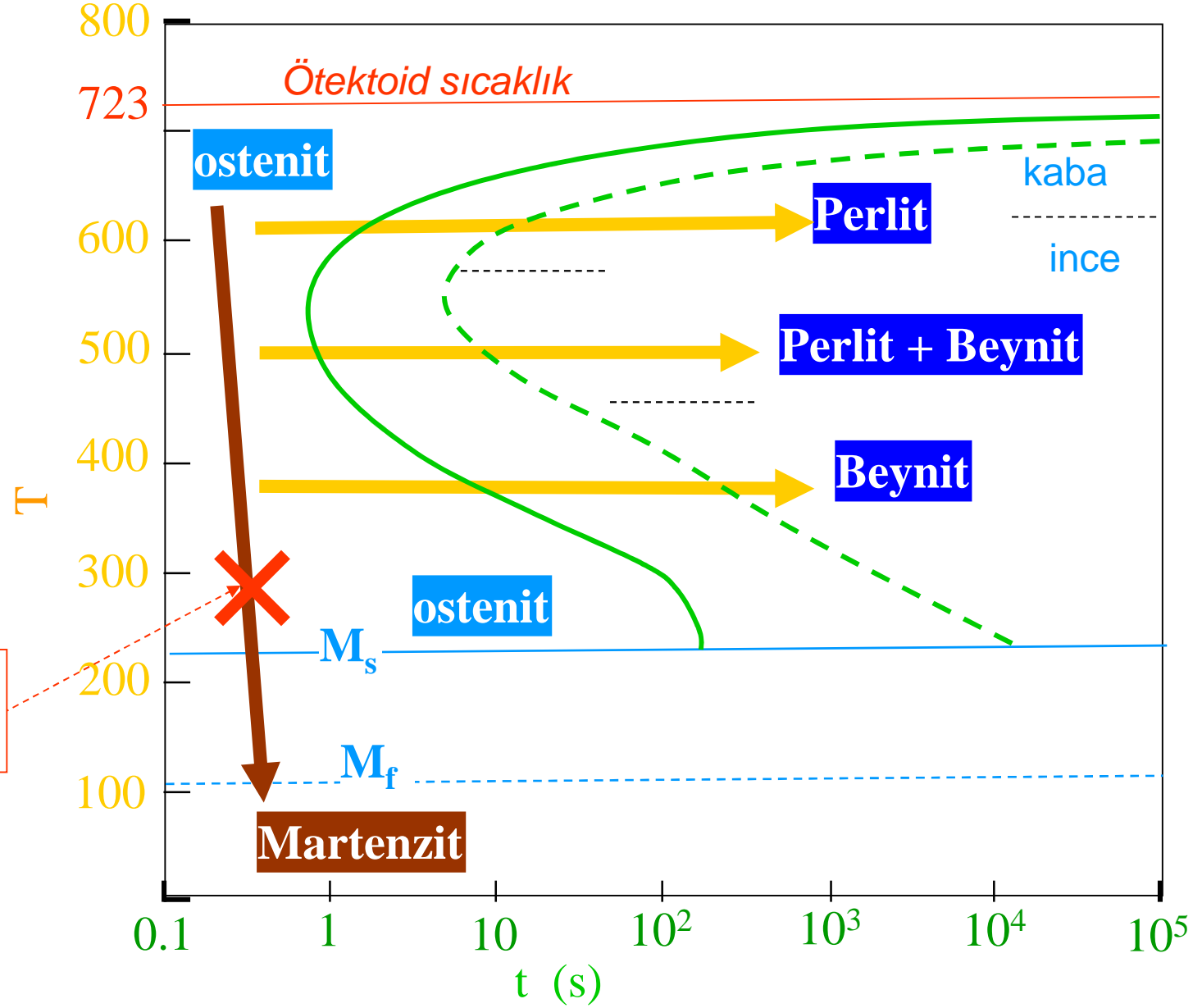
D: Perlit dönüşüm bitişi



Tel çekme ile üretilen çelik bir telde perlit kolonileri ve lamelleri



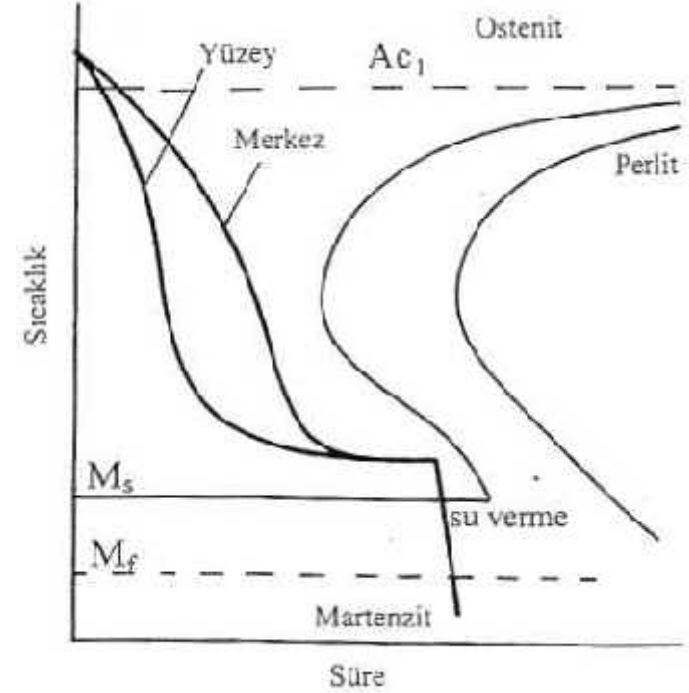
Ötektoid çelik (0.8%C)



izotermal dönüüm yok

Martemperleme

Sertleştirilecek parça östenitletirme işlemine tabi tutulduktan sonra, martenzitik dönüşümün başlama sıcaklığının (M_s) hemen üzerindeki bir sıcaklıkta tutulan kurulan veya tuz banyosuna daldırılır. Yüzeyi ile merkezinin sıcaklıkları aynı oluncaya, yani bütün kesit boyunca aynı sıcaklık elde edilinceye kadar parça banyo içerisinde tutulur. Daha sonra parçaya su verilerek tamamen martenzitik bir iç yapı elde edilir. Bu işlem sayesinde, soğuma ile oluşan büzülme olayı, östenit-martenzit dönüşümü ile ortaya çıkan genleşme olayından ayrılarak, hem büyük parçalardaki su verme çatlaması önlenir, hemde parça sertleştirilir.

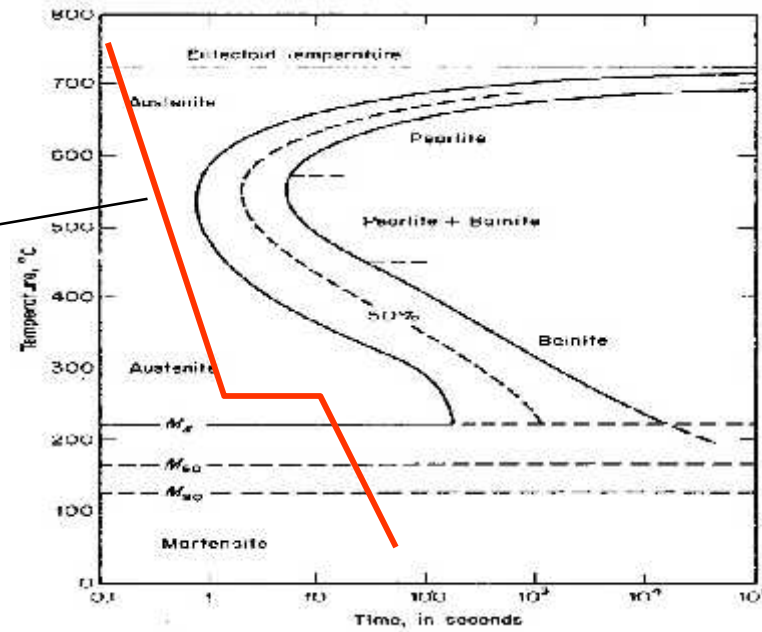


Ötektoid bileşime sahip çeliğe uygulanan martemperleme işleminin sematik gösterimi

MARTEMPERLEME

- Ostenitlenmi ve su verilmi çelik Ms üzerinde tutulur
- Çelik martenzit dönüşümü için hızlı soğutulur
- Temperlenir

Martemperleme



Su Verme Gerilmeleri

- Su verme işlemi sonucunda, parça içerisinde oluşan gerilmeleri gidermek için 100°-200°C sıcaklıklarda temperleme işlemi uygulanır.
- Bu işlem sonucunda, aşırı kafes gerilmeleri ve çatlama riski azaltılabilir, ama sertlikte düşme meydana gelmez.
- Su verme gerilmeleri öncelikle düşük soğuma hızları uygulanarak ve temperleme (ısı dengeleme) ile azaltılabilir.

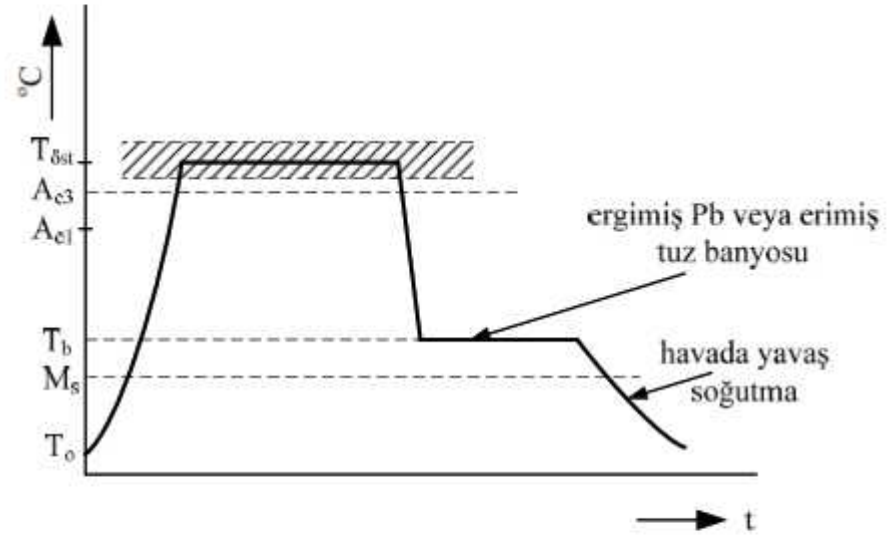
Menevi leme

Çeliklerde, su verme işlemi ile elde edilen martenzitik yapı gevrek olduğundan pek çok uygulama için elverişli değildir. Ayrıca martenzit oluşumu çelik içerisinde iç gerilmelerin meydana gelmesine neden olur. Bu nedenlerden dolayı su verilen çelikler, hemen hemen her zaman A_{c1} çizgisinin altındaki sıcaklıklarda tavlama işlemine menevi leme denir. Menevi lemenin amacı; su verilen çelikteki kalıntı gerilmeleri gidermek ve çeliğin süneklik ve tokluğunu artırmaktır. Su verilen çelikler menevi lendiklerinde süneklikleri artar, buna karşılık sertlik ve mukavemetleri azalır.

Toklaştırma Yöntemleri

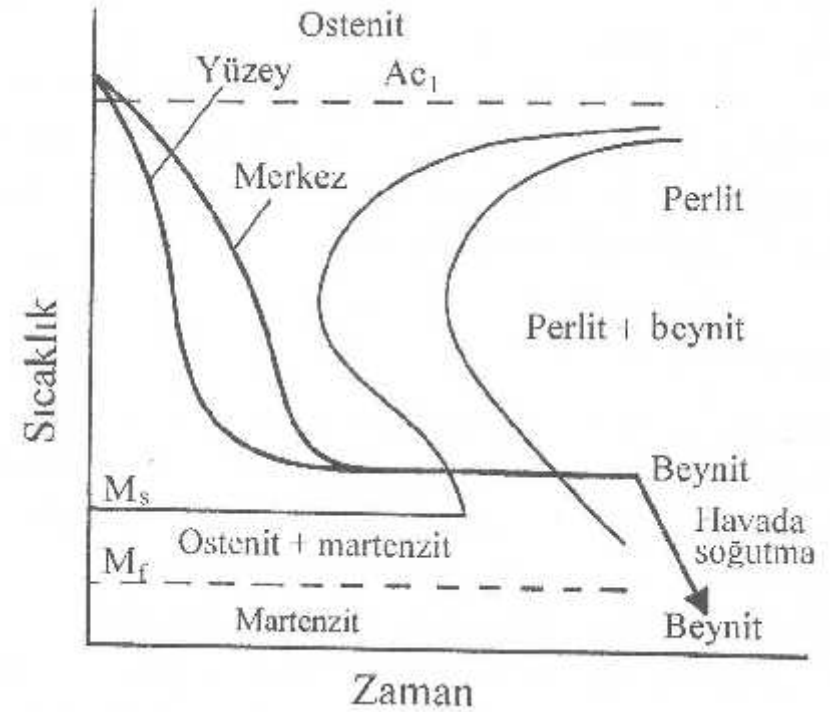
2. Östemperleme (Beynitleme)

- %100 beynit yapısı elde etmek amacıyla yapılır.
- Östenitleme sıcaklığına ısıtılan parça, (beynitleme) sıcaklığındaki ergimiş Pb ya da tuz banyosuna daldırılır ve kararsız östenitin tamamının izotermik olarak beynite dönüşmesi tamamlanıncaya kadar bekletilir. Daha sonra istenen hızda havada soğutulur. Bekleme sırasında ısıl gerilmeler giderilir.
- Östemperleme, çatlak oluşumuna duyarlı karmaşık şekilli parçaların toklaştırılmasında büyük önem kazanır.
- Yöntem daha çok, talaşsız şekillendirme kalıplarının imalatında kullanılan takım çeliklerinin sertleştirilmesi için uygundur.
- Elde edilen içyapının sertliği, martenzite göre daha düşüktür. Bu nedenle parçanın çentik darbe dayanımı daha iyidir.
- Yay üretimi için idealdir.



Ostempereleme

Sertle tirilecek parça ostenitle tirildikten sonra, martenzitik dönüümün ba lama sıcaklı ının (M_s) üzerindeki sıcaklıkta tutulan kur un veya tuz banyosuna daldırılır. Parça dönüüm tamamlanıncaya kadar banyoda bekletilir ve sonradan banyodan alınarak havada so utulur.



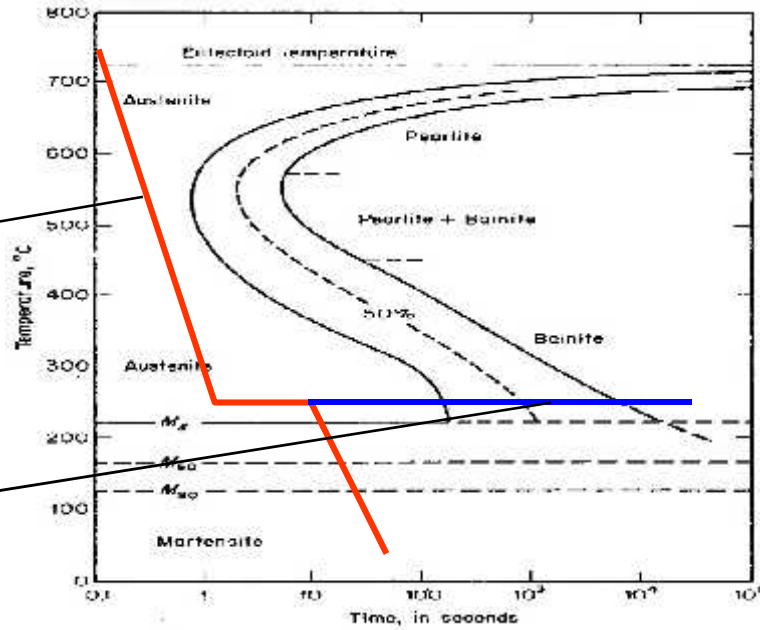
Ötektoid bileşime sahip çeliğe uygulanan ostempereleme işleminin metalik gösterimi

OSTEMPERLEME

- Ostenitlenmi ve su verilmi çelik M_s üzerinde tutulur
- Beynit dönü üümü için yeterince beklenir

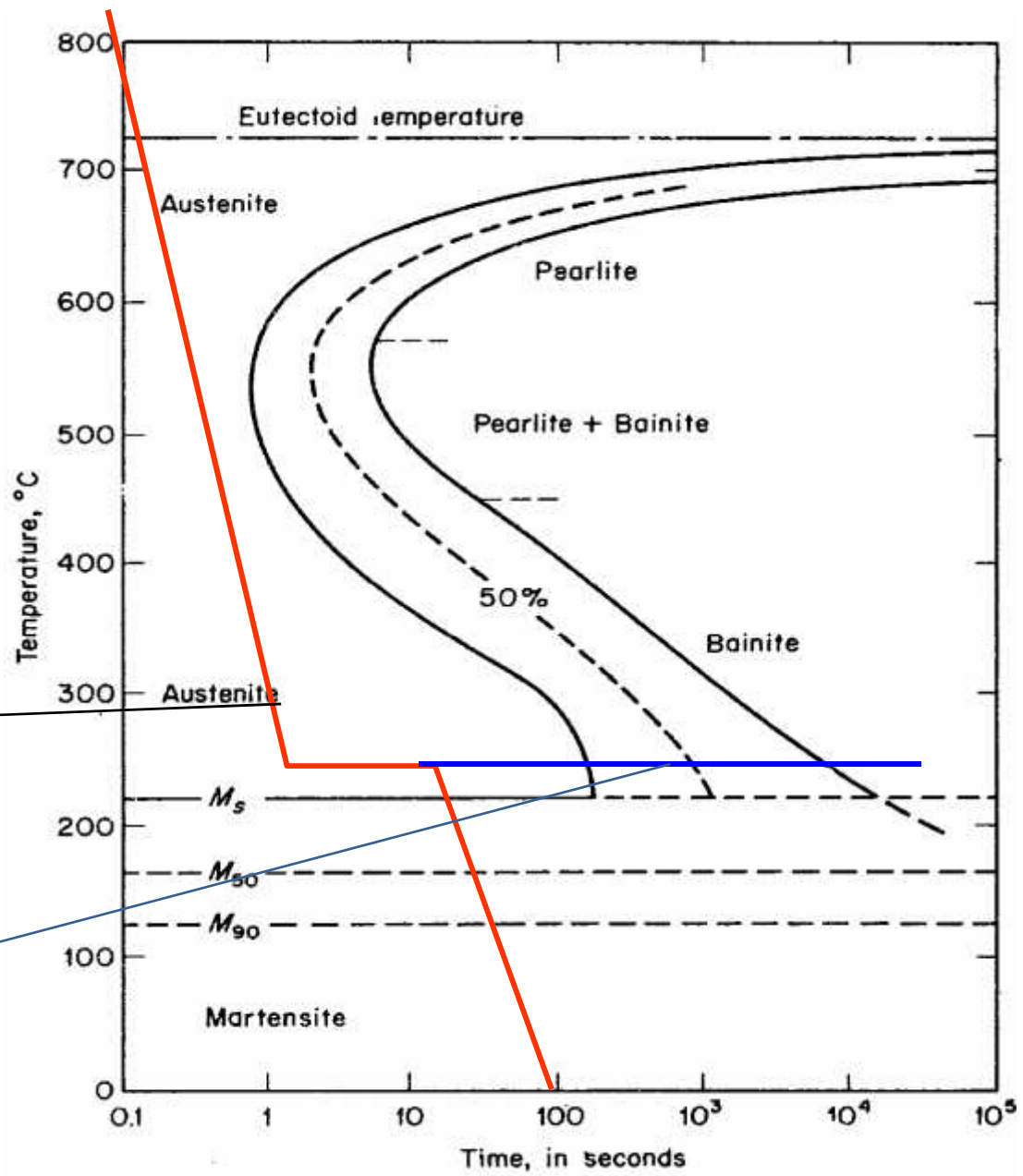
Martemperleme

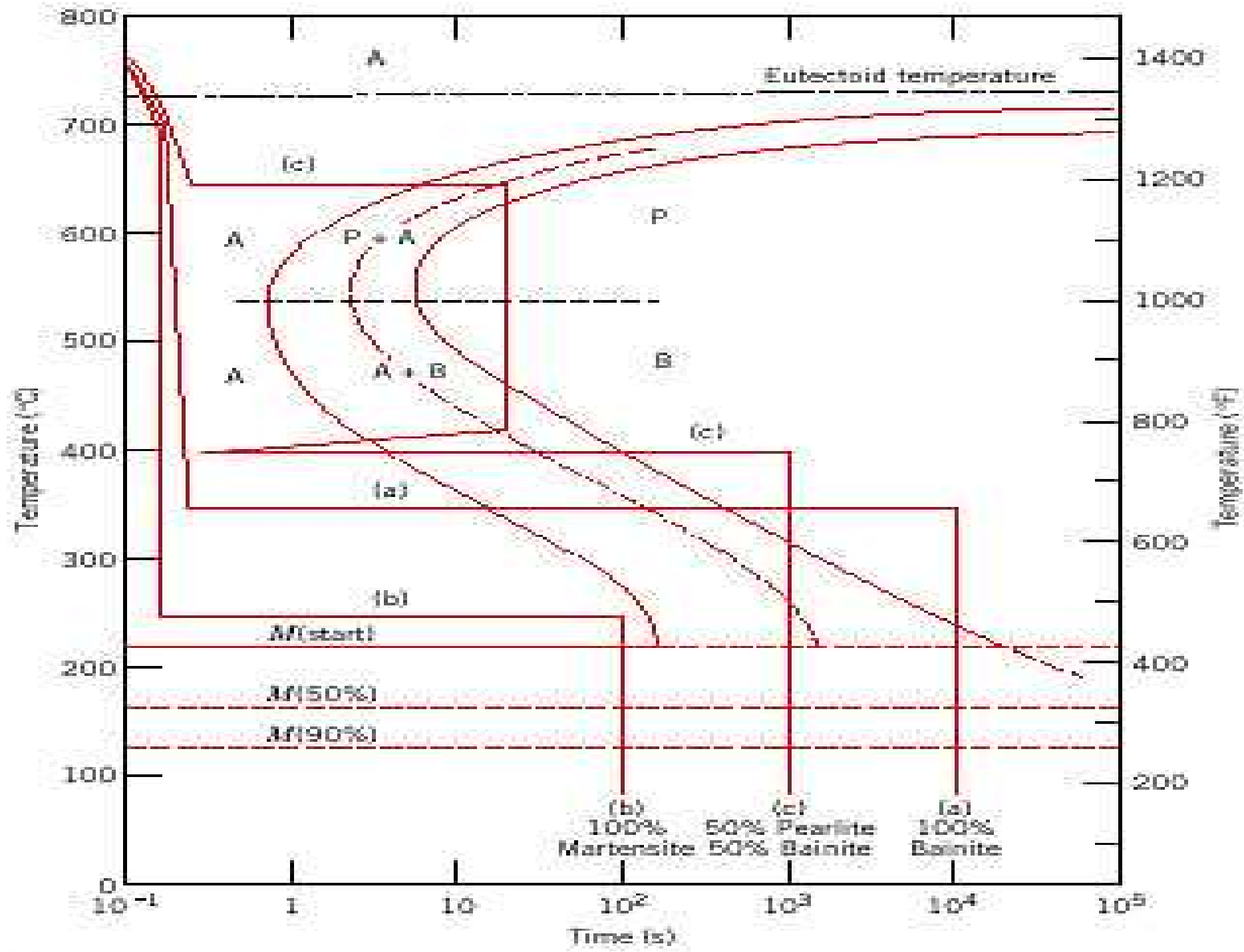
Ostemperleme



Martemperleme

Ostemperleme





Toklaştırma Yöntemleri

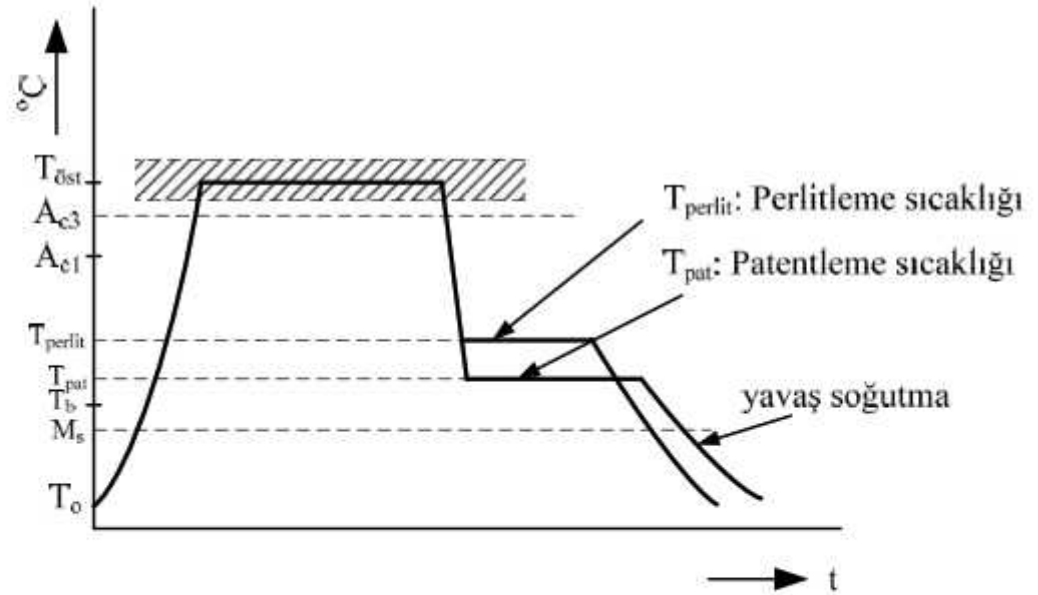
3. Patentleme-Perlitleme

Patentleme işlemi;

östemperlemeye benzer biçimde ancak, sıcaklığı patentleme kademesinde olan bir banyo yardımıyla gerçekleştirilir.

Patentleme sonucunda:

- Soğuk şekil değiştirme kabiliyeti çok iyi olan sorbitik, trostitik içyapı elde edilir
- Perlitleme işlemi; östenitik sıcaklığa ısıtılan parça perlitleme sıcaklığındaki banyoya kadar soğutulur ve banyoda iç yapı tamamen perlit oluncaya kadar bekletilir, banyodan çıkarılarak soğutulur.



ISIL İŞLEM ORTAMLARI

Açık Atmosfer ortamı

Egzotermik gaz atmosferi (ilave ısı yok) (gaz, fuel oil vs.)

Endotermik gaz atmosferi (propan, metan vs.)

İnert gaz atmosferi

Vakum ortamı

KAYNAKLAR

- Callister 8. baskı online versiyon
- Prof. Dr. Sakin Zeytin Isıl işlemler ders notları
- K.T.Ü. Isıl İşlemler dersi slaytları
- Prof. Dr. Ayşegül AKDOĞAN EKER Isıl İşlemler Ders Notları