

OSTENİTLEŞTİRME

7.12. Östenitleştirme Sıcaklığı ve Östenitin Homojenliği

- Ötektoid altı çelikler, A_{c3} çizgisinin en az $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerindeki bir sıcaklıkta östenitleştirilirler.
- Bu sıcaklık yumuşatma tavlı için tavsiye edilen östenitleştirme sıcaklığının aynısıdır.
- Eğer ötektoid altı bir çelik, A_{c3} sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda tavlaniırsa bu çelikte bulunan ötektoid dışı ferrit, su verme işleminden sonra da yapıda aynen kalır.
- Bu durum da iç yapıda yumuşak bölgelerin oluşmasına neden olur. Çelik sertleşmez.

- Ötektoid üstü karbon çelikleri Acm ile A_{3.1} çizgileri arasındaki bir sıcaklıkta östenitleştirilirler.
- Acm çizgisi oldukça dik olduğundan , bütün yapıyı östenite dönüştürmek için çok yüksek sıcaklıklara çıkmak gerekir.
- Ancak, Acm çizgisinin üzerinde yapılan uzun süreli tavlama ösemit tanelerinin irileşmesine neden olur. Östenit tanelerinin irileşmesi de çatlama olasılığını artırır

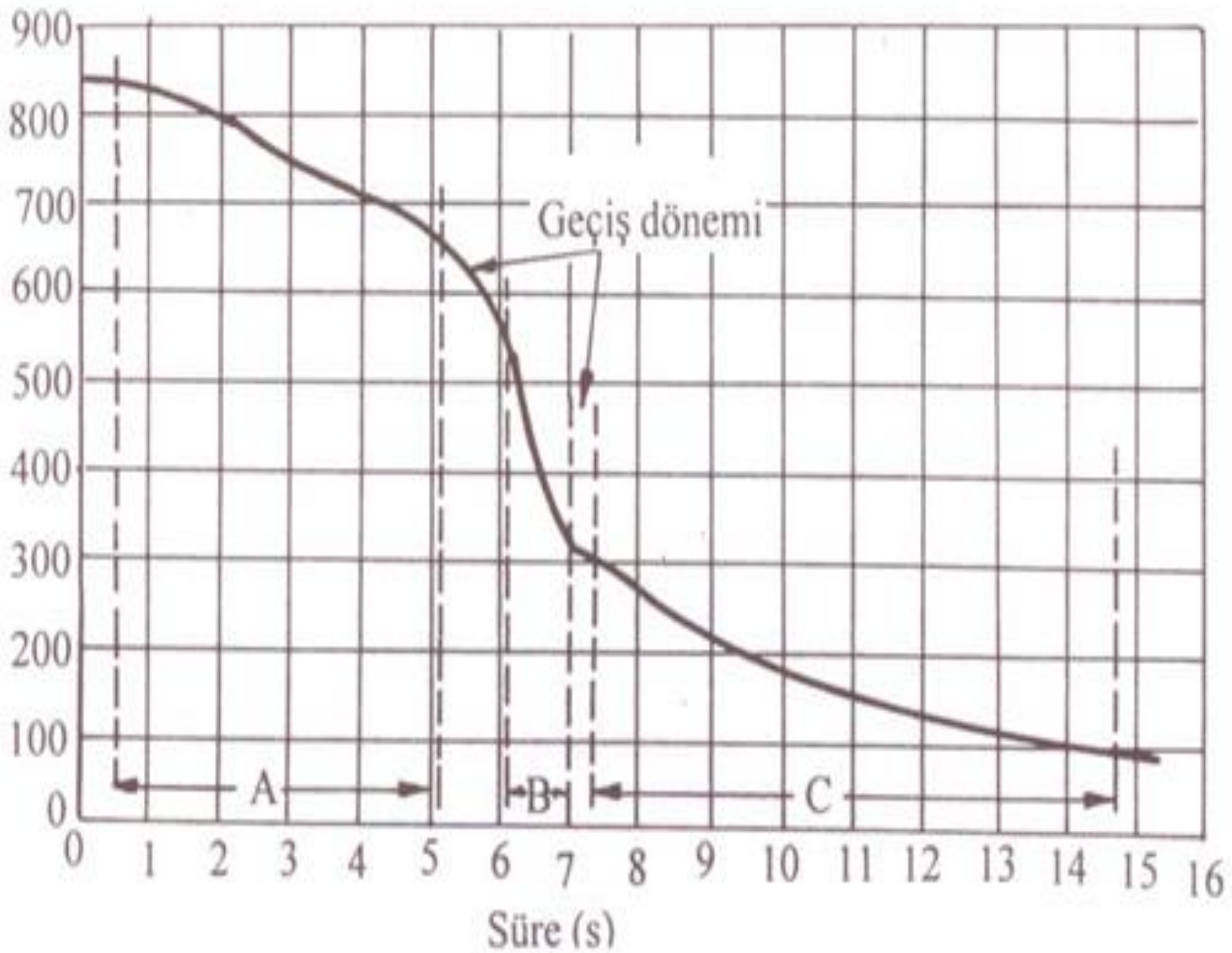
- Östenitin homojenliği, karbonun östenit içinde düzgün dağılımı veya her bir östenit tanesinin aynı karbon oranına sahip olması demektir.
- Ötektoid altı çelikler ısıtıldıklarında, A_{c1} çizgisinin üzerindeki sıcaklıklarda oluşan ilk östenit taneleri %0.8 oranında karbon içerir. Isıtma devam ettikçe oluşan yeni östenit tanelerinin karbon oranı azalır ve A_{c3} çizgisinin üzerindeki sıcaklıklara çıkıldığı zaman, karbon oranı homojen olmayan östenit taneleri oluşur.
- Çeliğe A_{c3} çizgisi üzerindeki bir sıcaklıktan su verilirse karbon oranı düşük olan östenit taneleri kritik soğuma hızlarından daha yüksek olması nedeniyle martenzit olmayan yapılara dönüşebilirler.

- Karbon oranı yüksek olan taneler ise daha düşük kritik soğuma hızlarına sahip olduklarından, martenzite dönüşürler. Bu işlem sonucunda, homojen olmayan ve sertliği değişen bir iç yapı elde edilir. Bu durumu önlemek için difizyona olanak verecek şekilde çeliği çok yavaş ısıtarak karbonunu daha homojen dağılmasını sağlamak gerekir
- Ancak, yavaş ısıtma işlemi çok uzun süre aldığından pratik olmadığı gibi, ekonomik de değildir. Bundan daha uygun bir yol, çeliği östenitleştirme sıcaklığında belirli bir süre tutmaktır.
- Bu sıcaklıkta karbonun difizyonu daha hızlı olduğundan kısa süre içerisinde homojen bir yapı elde edilir. Güvenli olması bakımından her 25 mm lik kalınlık veya çap için çeliğin östenitleştirilme sıcaklığında bir saat tutulması tavsiye edilir.

Su Verme İşlemi Sırasında Isı Giderme Mekanizması

- Su verilen çeliğin iç yapısı, sertlik ve mukavemetleri su verme işlemi sırasında elde edilen gerçek soğuma hızına bağlıdır.
- Gerçek soğuma hızının kritik soğuma hızından yüksek olması durumunda, yalnız martenzitik bir yapı elde edilir.
- Gerçek soğuma hızının, kritik soğuma hızından düşük olması durumunda ise tamamen martenzitten oluşan bir yapı elde edilemez ve bu nedenle parça tam olarak sertleştirilemez.
- Oluşan martenzit dışı dönüşüm ürünleri malzemenin sertleşmesini engeller.
- Su verme sırasındaki ısı giderme mekanizmasının iyi anlaşılması gerekir.
- Şekil 7.31 de ılık suda su verilen küçük bir silindirik örnek için tipik bir soğuma eğrisi görülmektedir.
- Su verilen parçanın soğuma eğrisi, değişik soğuma hızlarına sahip üç farklı devre gösterir.

Sıcaklık (°C)



A devresi: Buhar örtüsü veya buhar filmi devresi olarak adlandırılır. Başlangıçta malzemenin sıcaklığı çok yüksek olduğundan, su verme ortamı buharlaşarak malzemenin üzerinde ince bir buhar filmi oluşturur 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 taşınımı 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. Malzemenin ısısı buharlaşma gizli ısısı olarak alınır. En hızlı soğuma bu devrede gerçekleşir.

C devresi: Sıvı soğuma aşamasını gösterir. Malzeme yüzeyinin sıcaklığı su verme sıvısının kaynama noktasına kadar düşünce bu devre başlar. Bu devrede buhar oluşmaz ve soğuma işlemi ısı iletimi ve taşınımı ile gerçekleşir. Ancak, soğuma hızı bu devrede en düşük değerine düşer.

7.14 Su Verme Ortamları

İdeal su verme ortamı, ZSD diyagramının burun bölgesindeki dönüşümlerin önlenmesi bakımından başlangıçtaki soğuma hızının yüksek, malzemedeki çarpılmanın önlenmesi bakımından da düşük sıcaklıklardaki soğuma hızının düşük olmasını sağlamalıdır. Ancak, bu durumu tam olarak sağlayacak nitelikte bir su verme ortamı yoktur. Su ve inorganik tuzların sulu çözeltileri gibi su verme sıvıları, başlangıç aşamasındaki (A ve B devereleri) soğuma hızlarının yüksek olmalarını sağlarlar. Ancak, bu soğuma hızları düşük sıcaklıklarda da devam ettiğinden, malzemedeki çarpılma veya çatlama meydana gelebilir. Geleneksel su verme yağları ile uzun bir A devresi ve düşük soğuma hızına sahip kısa bir B devresi elde edilir.

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

- a) Tuzlu su (%10 oranında erimiş NaCl içeren su)
- b) Musluk suyu
- c) Erimiş veya sıvı tuzlar
- d) Yağ ve su karışımı
- e) Yağ
- f) Hava

Bazı ortamların soğutma hızları Tablo 7.2'de verilmektedir.

Tablo 7.2 Çapı 12,5mm ve boyu 63,5mm olan çubuk biçimindeki paslanmaz çelik örneğine 815°C sıcaklıktan değişik ortamlarda su verildiğinde örneğin merkezinde elde edilen soğuma hızları

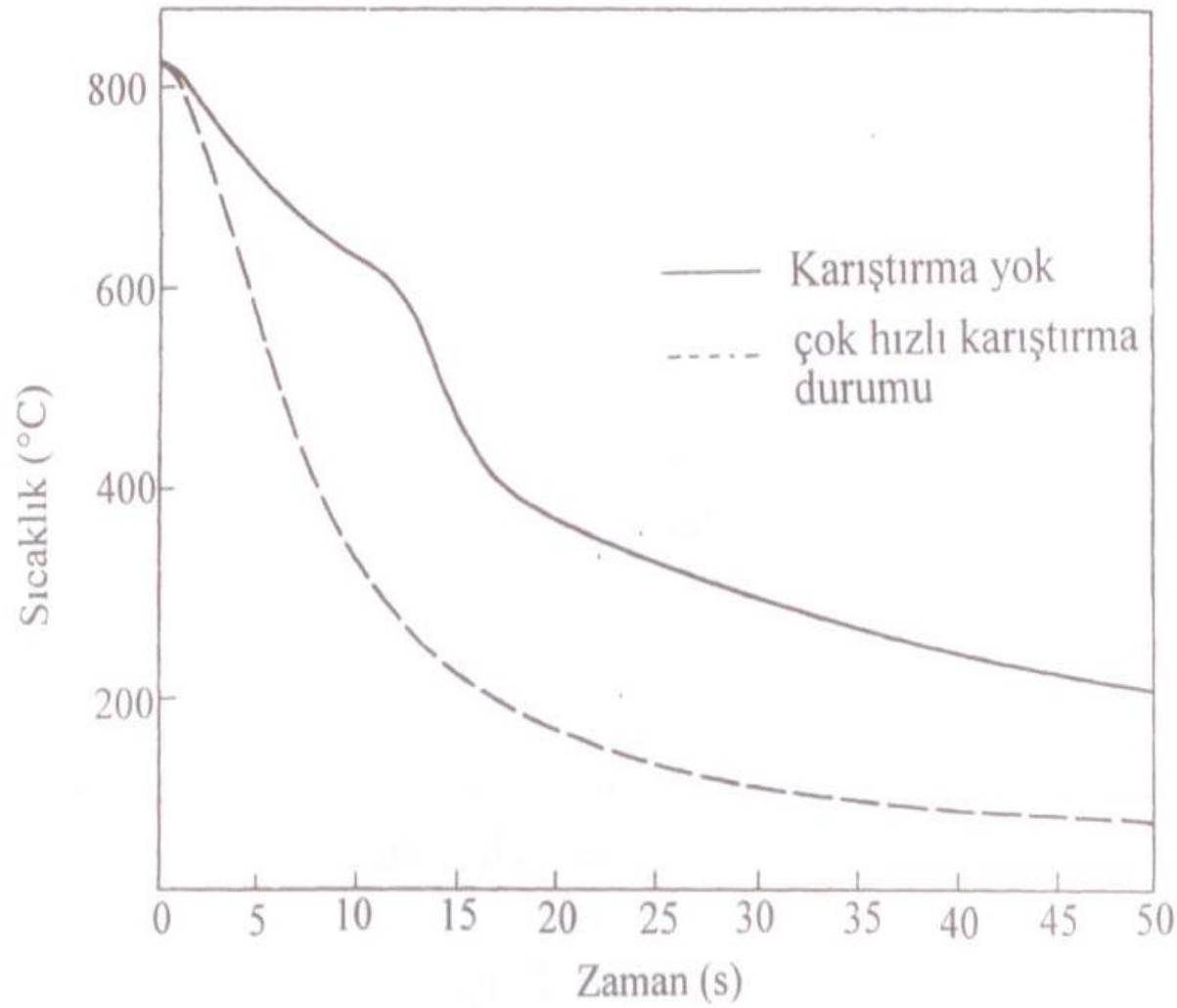
Su verme ortamı	Soğuma hızı ölçüm sıcaklıkları (°C)					
	740		650		680-480	
	Banyo sıcaklıkları (°C)					
	24	52	24	52	24	52
	Soğuma hızı (°C/s)					
%10'luk tuzlu su	212	164	212	181	213	159
Musluk suyu	117	26	124	65	122	98
Gulf süper su verme yağı	44	47	94	100	75	76
Yavaş su verme yağı (%10 yağ-%90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

7.15 Su Verme Ortamının Sıcaklığı ve Su Verme Yönteminin Soğumaya Etkisi

Genelde, su verme ortamının sıcaklığı arttıkça su verilen parçanın soğuma hızı azalır. Bu durum, sıcaklık arttıkça buhar filmi devresinin uzamasından kaynaklanır. Su verme ortamının sıcaklığı buharlaşma sıcaklığına yaklaştıkça, buhar filmini oluşturmak için daha az ısı gerekir. Bu kural, özellikle su ve tuzlu su ortamı için geçerlidir. Su verme ortamı olarak yağ alınır, yağ banyosunun sıcaklığı arttırıldığında yağın viskozitesi azalır, yani akıcılığı artar. Akıcılığı artan yağın ısıl iletkenliği de arttığından, yağın sıcaklığı arttıkça su verilen parçanın soğuma hızı da artar.

Su verme ortamı olarak kullanılan geleneksel yağlarda optimum soğuma 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 karıştırmak veya su verilen parçayı karıştırıcı gibi hareket ettirmek suretiyle soğutma hızı artırabilir.
- Bu işlem parça yüzeyinde oluşan buhar filminin yok olmasına, yani parçanın soğuma hızının artmasına neden olur.
- Karıştırma işleminin, yağda su verilen bir paslanmaz çelik örneğinin soğuma eğrisine etkisi şekil 7.32 de görülmektedir.
- Su verilen parça hızlı hareket ettirilerek soğuma hızı büyük ölçüde artırılabilir.
- Değişik su verme ortamlarının soğuma hızları, soğutma şiddeti 1(bir) olarak kabul edilen durgun suya göre belirlenir.
- Bazı su verme ortamlarının soğutma şiddetleri Tablo 7.3 te verilmiştir.



Şekil 7.32 Karırtırma işleminin, yağda su verilen paslanmaz çelik örneğinin merkez bölgesine ait soğuma eğrisine etkisi (Yağ sıcaklığı= 52°C)

Tablo 7.3 Bazı su verme ortamlarında değişik su verme yöntemleriyle elde edilen soğutma şiddetleri

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	
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	
Hızlı sirkülasyon	0,50-0,80	1,6-2,0	
Çok hızlı sirkülasyon	0,80-1,10	4,0	5,0

7.16 Su Verme Sertleştirmesini Etkileyen Faktörler

7.16.1 Parçanın Yüzey Durumu

Tavlama işleminde 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 işlemi sırasında çelik parçadan su verme ortamına doğru olan ısı akımını geciktirir. Böylece, bazı durumlarda gerçek soğuma hızı kritik soğuma 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 soğumasına da neden olabilir. Bu nedenlerden dolayı, tufal adı verilen oksit tabakası çelik parçaların sertleştirilmesini zorlaştırdığı gibi yüzey sertliğinin de değişmesine yol açabilir.

Endüstride tufal oluşumunu önlemek veya en aza indirmek için bazı önlemler alınır. Bu önlemlere ait yöntemler ısıtma işlemi uygulanan parçanın büyüklüğüne, kullanılan fırının türüne ve ekonomik olanaklara bağlıdır. Söz konusu yöntemlerden bazıları aşağıda verilmektedir.

a) Bakır kaplama yöntemi: Tufal oluşumunu önlemek için parça bakır kaplanır ve bir kaç mikrometrelik kaplama kalınlığı bu iş için yeterli olur.

b) Koruyucu atmosfer yöntemi: Fırına, belirli bir basınç altında çeliğe zarar vermeyen veya etki etmeyen hidrojen, ayrılmış amonyak, yanma artığı gazlar ve hidrokarbonlu yakıt gazları (metan ve propan) gibi asal gazlar verilir. Böylece, oksitlenme ve tufal oluşumu büyük ölçüde önlenir.

c) Sıvı tuz banyosu yöntemi: Isıl işlem uygulanacak parça, çeliğe göre nötr durumda olan sıvı tuz banyosuna iyice daldırılarak oksitlenme ve tufal oluşumu önlenir.

d) Dökme demir talaşı yöntemi: Parça, dökme demir talaşı içeren bir kaba iyice gömülür. Fırına giren oksijen, çeliğe ulaşmadan önce dökme demirle reaksiyona girer ve böylece parçanın oksitlenmesi büyük ölçüde önlenir.

7.16.2 Büyüklük ve Kütle

Su verme sırasında, yalnız parçanın yüzeyi su verme ortamı ile temasta olduğundan parçanın yüzey alanının kütesine oranı, gerçek soğuma hızını etkileyen

önemli bir parametredir. Parçanın geometrik şekline bağlı olan bu oran, küresel parçalar için en küçük değerdedir. Yani, en küçük yüzey alanı / kütle oranı küresel parçalar ile elde edilir. Yüzey alanı / kütle oranı arttıkça soğuma hızı artar, azaldıkça soğuma hızı azalır. İnce levhalar ve küçük çaplı tellerde yüzey alanının kütleyle oranı büyük olduğundan, su verme sırasında bu parçaların soğuma hızı yüksek olur. Bu durumu açıklamak için uzun silindirik bir parça alalım ve bu silindirin uç kısımlarındaki alanlar ihmal edilebilecek kadar küçük olsun.



Söz konusu silindirin yüzey alanı = silindirin çevresi x silindirin uzunluğu = $\pi d \ell$ ve silindirin kütlesi = taban alanı x uzunluk x yoğunluk = $\frac{\pi}{4} d^2 \ell \rho$ olur.

Yüzey alanının kütleyle oranı ise;

$$\frac{\text{Yüzeyalanı}}{\text{Kütle}} = \frac{\pi d \ell}{(\pi / 4) d^2 \ell \rho} = \frac{4}{d \rho}$$

olarak bulunur. Burada; d parçanın çapını,

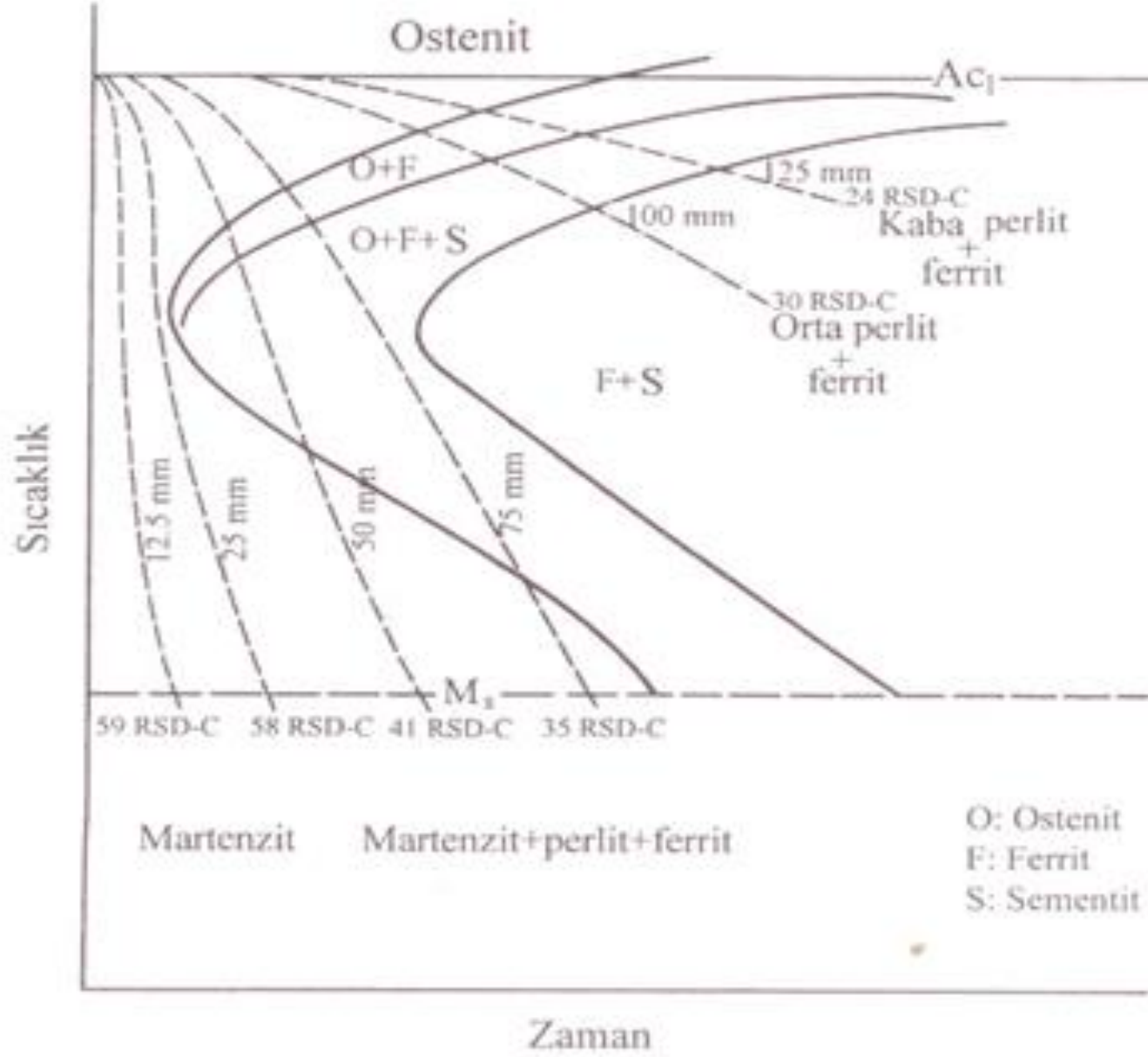
ℓ uzunluğunu, ρ ise yoğunluğunu gösterir.

Elde edilen bu sonuçlardan da görüldüğü gibi, yüzey alanı / kütle oranı çap ile ters orantılıdır. Çap (d) büyüdükçe, yüzey alanı/kütle oranı küçülür ve parçanın soğuma hızı azalır. Başka bir deyişle; aynı su verme ortamında büyük parça, küçük parçaya göre daha yavaş soğur. Parçanın çapı büyüdükçe, soğuma sırasında oluşan buhar filmi devresi uzar. Bu durumda, buhar taşınım devresi kısalır ve bu devreden son aşamaya geçiş yavaşlar. Kısaca, parça çapı büyüdükçe soğuma hızı üç devrede de azalır. Orta karbonlu (%0,45 C) bir çelikten alınan, değişik çaplara sahip küre biçimindeki örneklerle ostenitleştirme işleminden sonra su verildiğinde elde edilen yüzey sertlikleri Tablo 7.4'de verilmiştir.

Tablo 7.4 Orta karbonlu (% 0,45) çelikten hazırlanan, değişik çaplara sahip küre biçimindeki örneklerle su verildiğinde elde edilen yüzey sertliği değerleri

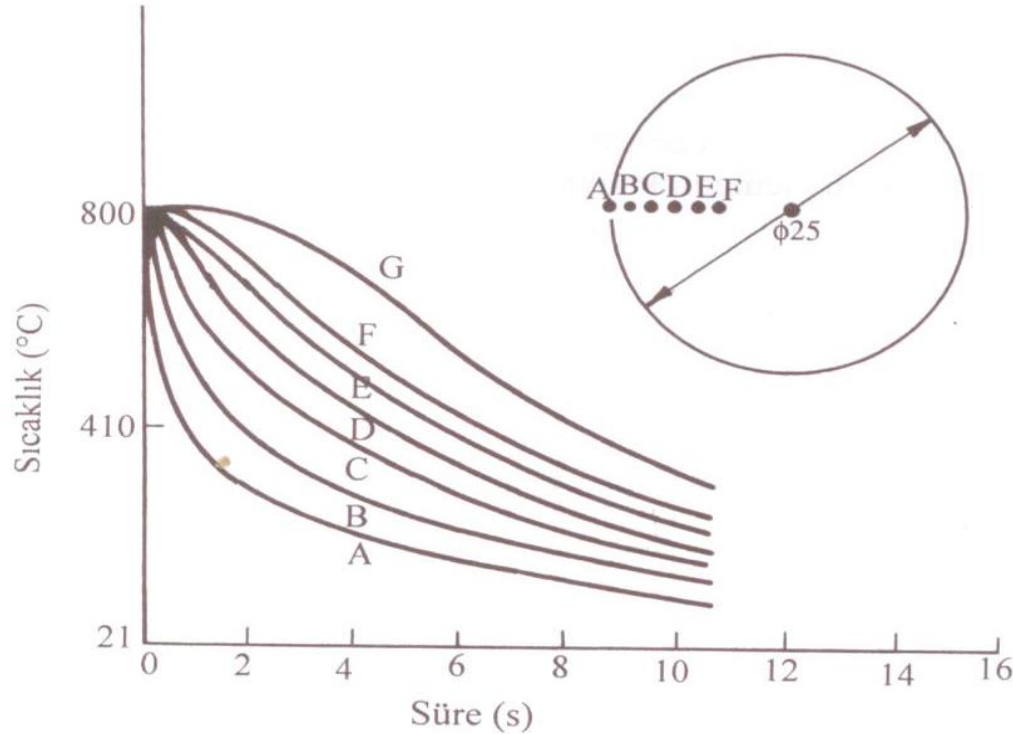
Suda su verilen parçanın çapı (mm)	Yüzey sertliği (RSD-C)
12,5	59
25	58
50	41
75	35
100	30
125	24

- Bu sonuçlar; çapları 12,5 mm ve 25 mm olan parçaların yüzeylerinin gerçek soğuma hızlarının, bu çeliğin kritik soğuma hızının üzerinde olduklarını göstermektedir.
- Sözü edilen parçalarda tamamen mertenzitrik iç yapılar elde edilir.
- Çapları 50-75 mm olan parçalar orta hızlarda soğutulduklarından, elde edilen iç yapılar muhtemelen martenzitik, ince perlit ve küçük miktarda ferrit içerir.
- Çapları 100-125 mm olan parçaların yüzeyi yavaş soğuduğu için perlit ve ferrit fazlarını içeren iç yapılar oluşur.
- Gerçekte, çapı 125 mm olan parçadan alınması gereken ısının çok büyük olması nedeniyle suda su verme işlemi yetersiz kalmaktadır.
- Bu parçanın fırında soğutulması durumunda bile aynı sertlik değeri elde edilebilir.
- Bu parçaların yüzeylerine ait gerçek soğuma eğrileri ile izotermal dönüşüm (ZSD) diyagramı arasındaki ilişkiler Şekil 7.33 de görülmektedir.



Şekil 7.33 %0,45 oranında karbon içeren çelikten alınan örneklerin yüzeylerine ait soğuma eğrileri ile elde edilen iç yapıların adları ve sertlik değerlerinin izotermal dönüşüm diyagramı üzerindeki gösterimi

- Buraya kadar, yalnız parçaların yüzey sertliği incelendi.
- Yüzeyle, su verme ortamı ile doğrudan temas halinde olmaları nedeniyle su verme sırasında parçanın en hızlı soğuyan kısımlarını oluştururlar.
- İç kısımdaki ısı ise iletimle (kondüksiyon) uzaklaştırılır.
- Parça gövdesinden geçerek yüzeye ulaşır ve buradan su verme ortamına iletilir.
- İç kısımlardaki soğuma hızlı yüzeyin soğuma hızından daha düşük olur. Suda su verilen 25 mm çapındaki bir çelik çubuğun kesitinin değişik noktalarına ait soğuma eğrileri Şekil 7.34 de görülmektedir.

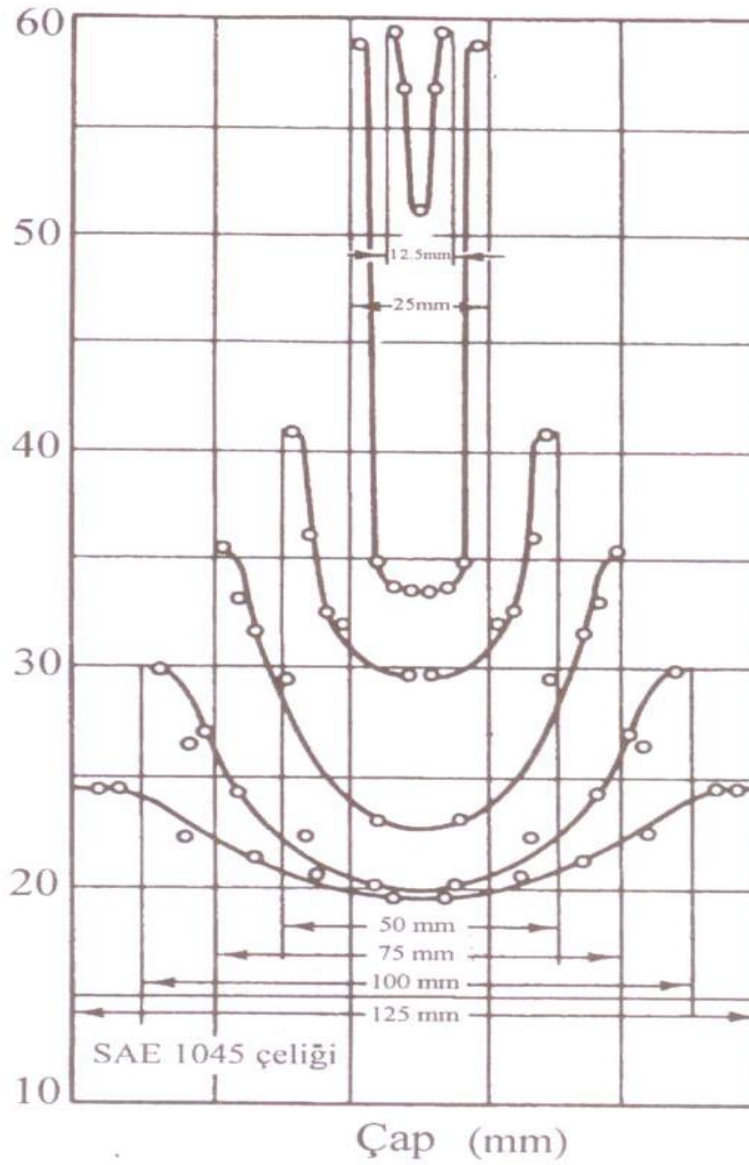


Şekil 7.34 Suda su verilen 25 mm çapındaki çelik çubuğun eksenine dik kesiti üzerindeki değişik noktalara ait soğuma eğrileri

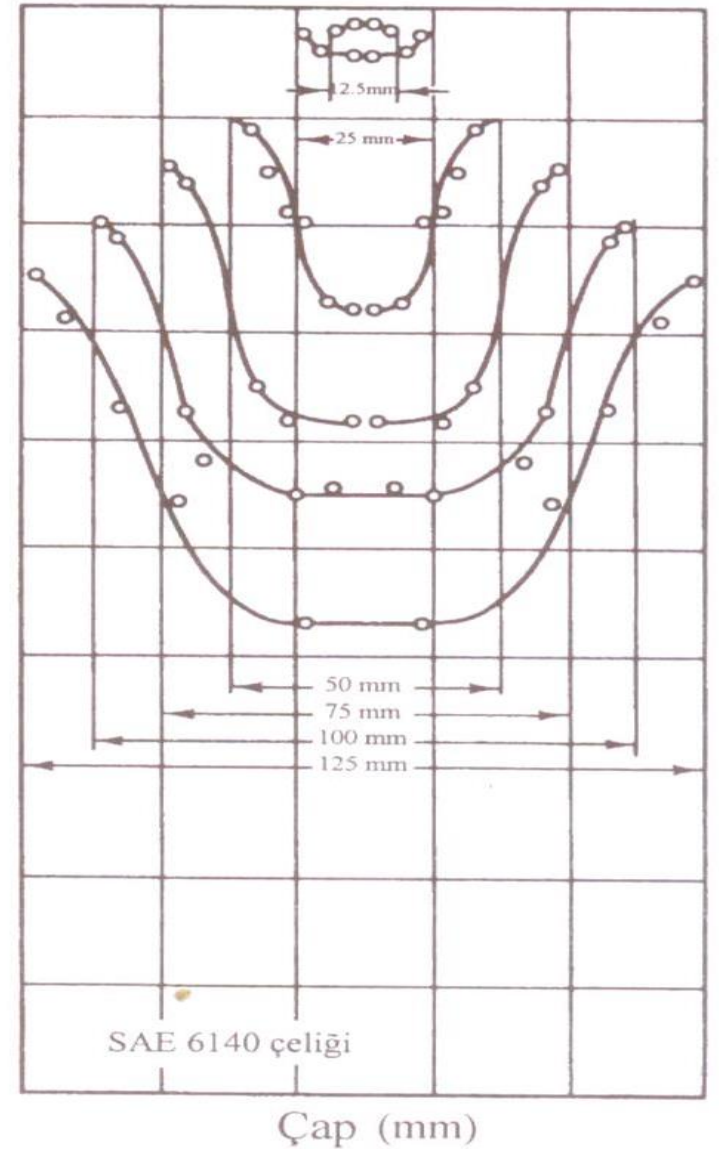
- Çubuğun çapı üzerinde alınan her bir noktanın soğuma eğrisi farklı olduğundan, kesit boyunca farklı değerleri elde edilir.
- Su verme sırasında, çubuğun yüzeyi ile merkezi arasında büyük ölçüde sıcaklık farkı oluşur.
- İç kısımda yüzey arasındaki bu sıcaklık farkı, ısıtım sırasında büyük boyutta ısı gerilmeleri oluşturup parçanın çarpılmasına veya çatlamasına sebep olur.
- Su verilen değişik çaplardaki çubukların eksene dik kesitleri üzerinde meydana gelen sertlik değişimi Şekil 7.35 de verilen diyagramlarda gösterilmektedir.
- Diyagramdaki eğrilere sertlik-nüfuziyet veya sertlik profili eğrileri denir.
- Bu eğriler, su verilen çeliğin hangi derinliğe kadar sertleşebileceğini gösterir.
- Şekil 7.35 de diyagramdan karbon çeliğinin sertleşme derinliğinin az ve dolayısıyla sertleşme yeteneğinin yetersiz olduğu görülmektedir.
- Sertlik profilleri, su verilen parçaların yüzeylerinin merkezlerinden daha sert olduğunu göstermektedir.
- Parçanın çapı büyüdükçe hem yüzeyinin hem de merkezinin sertliği azalmaktadır.
- Karbon çeliğinin çapı büyüdükçe yüzeyinin sertliği ile merkezinin sertliği arasındaki fark da azalmaktadır.

- SAE 1045 çeliğine ait sertlik profilleri incelenirse 30 RSD-C lik sertlik değerinin ; 100 mm çapındaki çubuğun yüzeyinde, 75 mm çapındaki çubuğun yüzeyinden 12,5 mm derinlikte, 50 mm çapındaki çubuğun ise hemen hemen merkezinde elde edildiği görülür.
- Belirtilen derinliklerde ölçülen sertlik değerlerinin aynı olması, bu derinliklere ait noktalardaki soğuma hızlarının eşit olmasından kaynaklanmaktadır.
- Buradan; belirli bir kimyasal bileşime ve ostenit tane iriliğine sahip çelik parçaların şekli, büyüklüğü ve su verme koşulları ne olursa olsun, geçek soğuma hızının aynı olduğu noktalardaki sertlik değerinin de aynı olması gerektiği anlaşılmaktadır.

Sertlik (RSD-C)



(a)



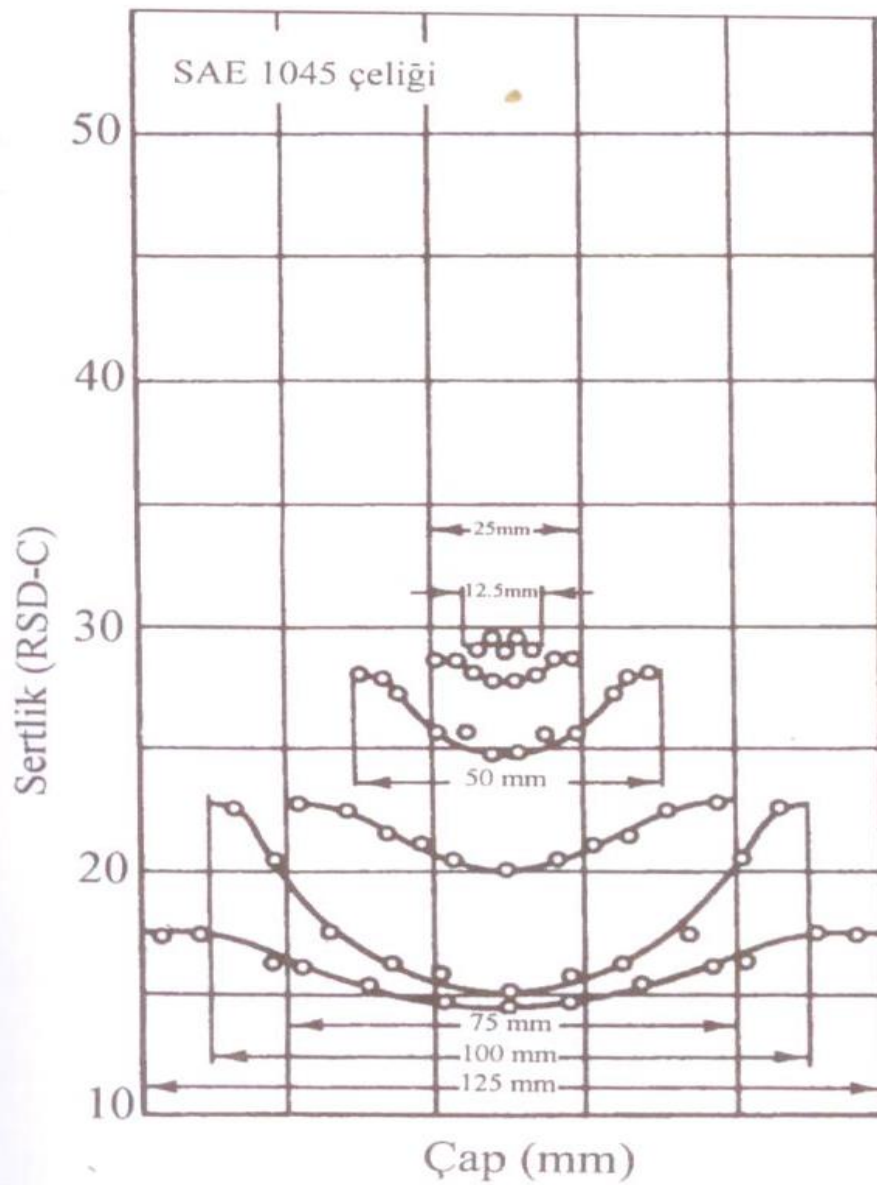
(b)

Şekil 7.35 Suda su verilen değişik çaplardaki çelik örneklerine ait sertlik profilleri. (a) SAE 1045 çeliği (alaşımsız çelik), (b) SAE 6140 çeliği (alaşımlı çelik)

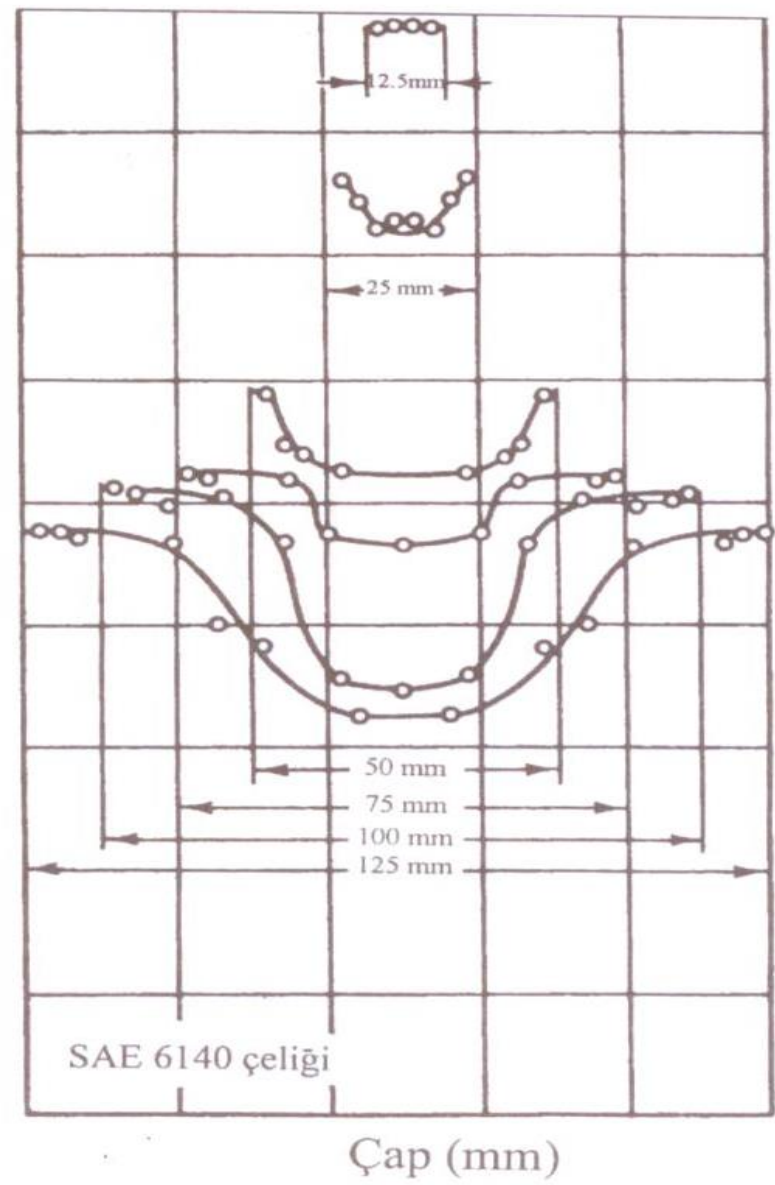
Şekil 7.35'deki eğrilerden, alaşımlı çeliğe ait bütün çubukların alaşımsız çeliğe ait çubuklardan daha sert oldukları görülmektedir. Alaşımsız çelikten üretilen 25 mm çaplı çubukta, hemen hemen %100 martenzitik bir yapı elde edilmektedir. Yağda su verilerek gerçek soğuma hızının azaltılması durumunda, karbon çeliğine ait bütün parçaların sertlikleri düşer. Örneğin, Cr-V çeliğine yağda su verildiğinde elde edilen sertlik, suda su verilerek elde edilen sertlikten daha düşük olur. Ancak, 12,5 mm

çapındaki çubukta yine tam sertleşme elde edilir. Yağda su verilen alaşımlı (SAE 6140) ve alaşımsız (SAE 1045) çeliklere ait örneklerin sertlik profilleri Şekil 7.36'da görülmektedir.

Soğuma hızlarına ilişkin açıklamalarda, bütün çeliklerin ısı iletkenliklerinin aynı olduğu kabul edilmiştir. Bilimsel anlamda bu kabul doğru değildir, ancak su verme işlemindeki diğer değişkenlere kıyasla farklı çeliklerin ısı iletkenlikleri arasındaki farklar çok küçüktür. Bu nedenle ısı geçirgenlik, bütün çelikler için çok küçük bir hata ile aynı kabul edilebilir.



(a)



(b)

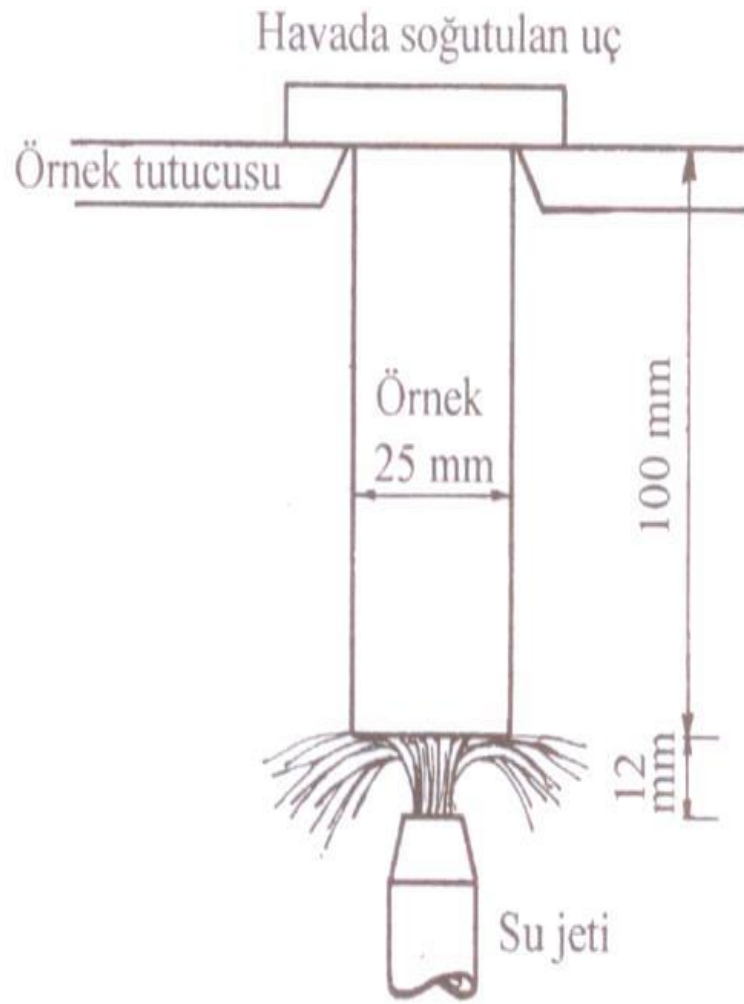
Şekil 7.36 Yağda su verilen değişik çaplara sahip çelik örneklerine ait sertlik profilleri. (a) SAE 1045 çeliği, (b) SAE 6140 çeliği

7.17. Sertleşme Kabiliyeti

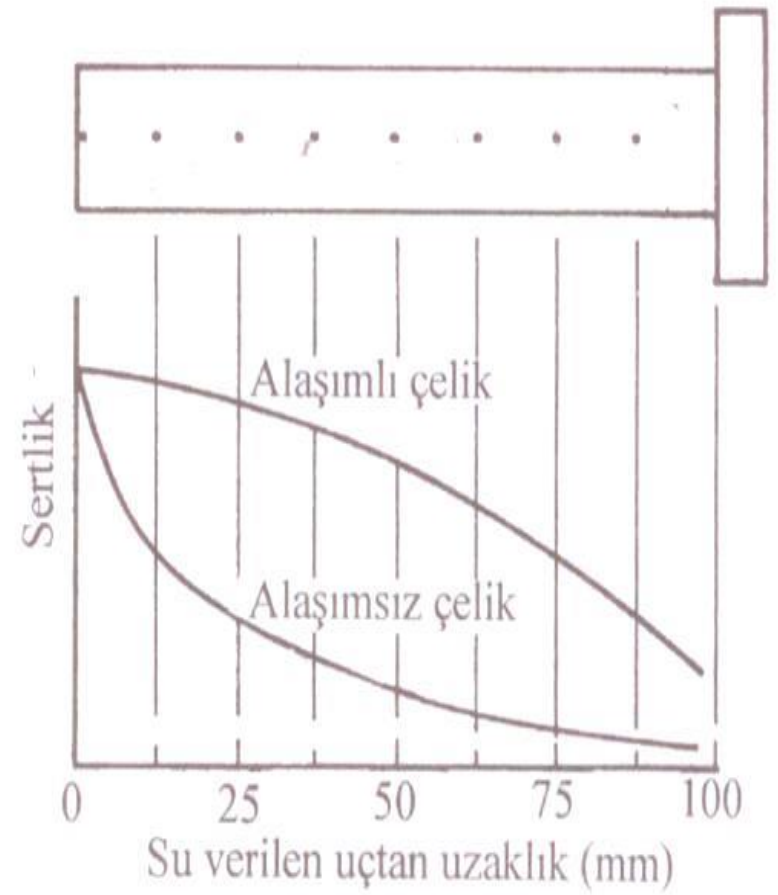
- Çelik seçiminde genel olarak kimyasal bileşim esas alınır. Ancak, bu yöntem çeliğin karbon ve alaşım elementi oranlarının önemli ölçüde değişimine izin verir.
- Örneğin, AISI4340 veya (34CrNiMo6) çeliğinin bileşiminde $\%(0,38-0,43)\text{C}$, $\%(0,60-0,80)\text{Mn}$, $\%(0,20-0,35)\text{Si}$, $\%(1,65-2,00)\text{Ni}$, $\%(0,70-0,90)\text{Cr}$ ve $\%(0,20-0,30)\text{Mo}$ bulunur.
- Kimyasal bileşimdeki bu değişim aynı standartlara sahip olan çeliklerin bile farklı kritik soğuma hızlarına sahip olmalarına ve dolayısıyla bu çeliklerin ısıtılma işlem özelliklerinin değişmesine neden olur.

Çeliklerin bile farklı kritik soğuma hızlarına sahip olmalarına ve dolayısıyla bu çeliklerin ısıl işlem özelliklerinin değişmesine neden olur. Malzeme seçiminde en önemli özellik olarak mukavemet alındığından, malzemelerin sertleşme kabiliyetlerine göre sınıflandırılması daha yararlı ve ekonomik olur. Bu nedenle, çeliklerin sertleşme kabiliyetini standart bir deney yöntemi ile belirlemek gerekir. Malzemelerin sertleşme kabiliyetini belirlemek için en yaygın olarak uygulanan yöntem Jominy deneyidir. Bu deneye, uçtan su verme yöntemi de denilir.

ASTM, SAE ve AISI tarafından standartlaştırılmış olan bu deney için 25 mm çapında ve 100 mm uzunluğundaki yuvarlak çubuk biçimindeki örnek, ostenitleştirme sıcaklığına kadar ısıtılarak tavllanır. Fırından alınan örneğe, bir ucundan özel bir su püskürtme aletiyle su verilir. Su vermek için kullanılan alet standartlaştırılmıştır. Su verme işleminden 10 dakika sonra örnek alınır ve taşlanarak birbirine paralel iki yüzey elde edilir. Bundan sonra, örneğin Rocwell-C cinsinden sertliği belirli aralıklarla ölçülür. Bulunan sonuçlardan yararlanarak örneğin sertliğinin, su verilen uçtan uzaklığına göre değişimini gösteren eğri çizilir. Deneyin yapılışını gösteren şematik resim ile alaşımlı ve alaşımsız çeliklerden ölçülen sertliklerin su verilen uçtan uzaklığına göre değişimlerini gösteren eğriler Şekil 7.37'de verilmiştir.



(a)



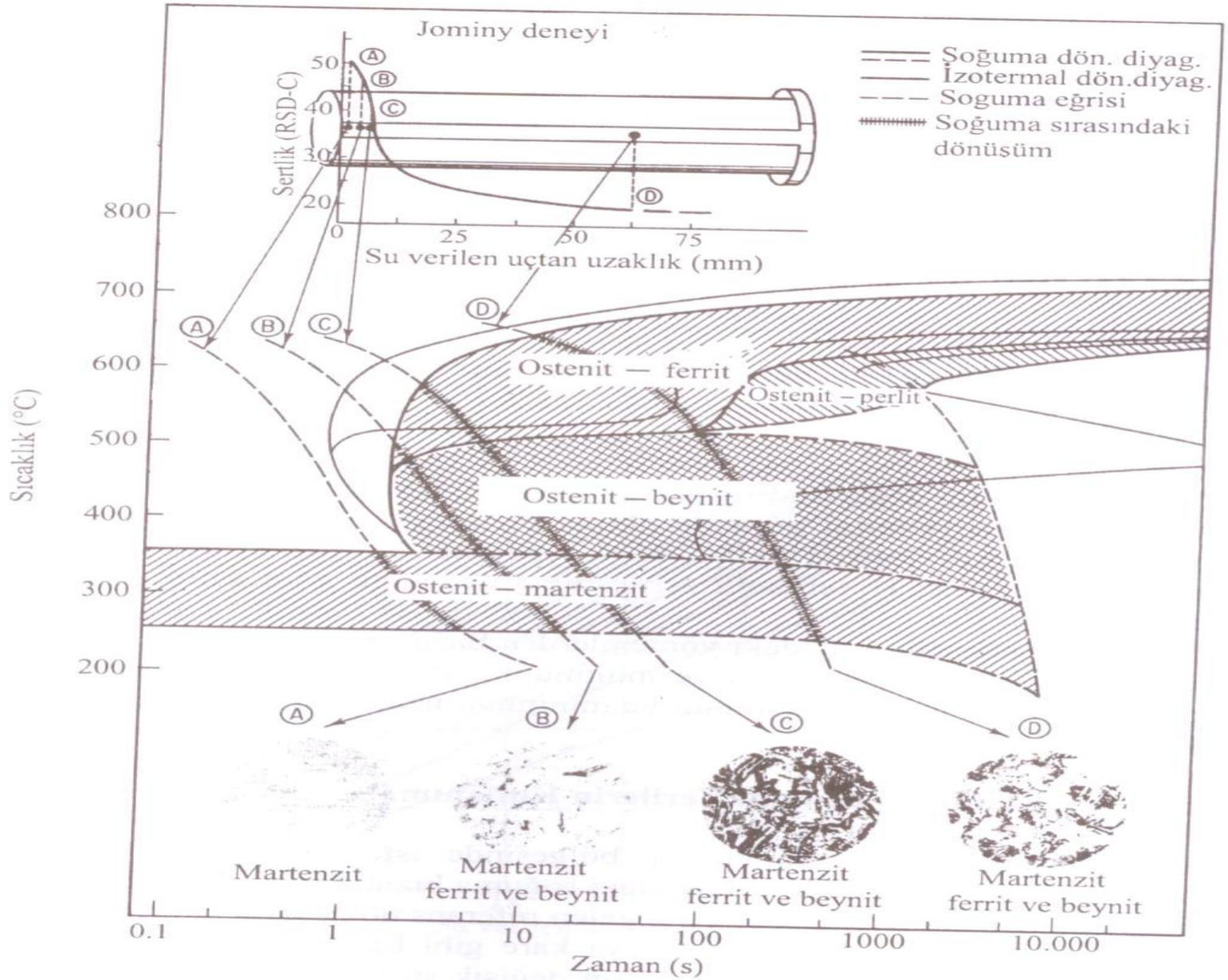
(b)

Şekil 7.37 Jominy deneyi; (a) deneyin yapılışı, (b) alaşımlı ve alaşımsız çeliklerin sertliklerinin su verilen uçtan uzaklığa göre değişimi

Jominy örneği üzerindeki her bir nokta farklı soğuma hızına sahiptir. Bütün çeliklerin ısı iletkenlikleri aynı kabul edilirse, bu soğuma hızı her çeşit çelik için aynı olur. Sertleşme yeteneği her ne kadar sertlik değişimi ile ifade edilirse de, aslında sertlik malzemenin iç yapısına bağlıdır. Genel olarak alaşım elementleri, perlit ve beynit bölgelerindeki dönüşüm süresini uzattıkları ve daha düşük soğuma hızlarında martenzit oluşumunu kolaylaştırdıkları için sertleşme kabiliyetini arttırırlar.

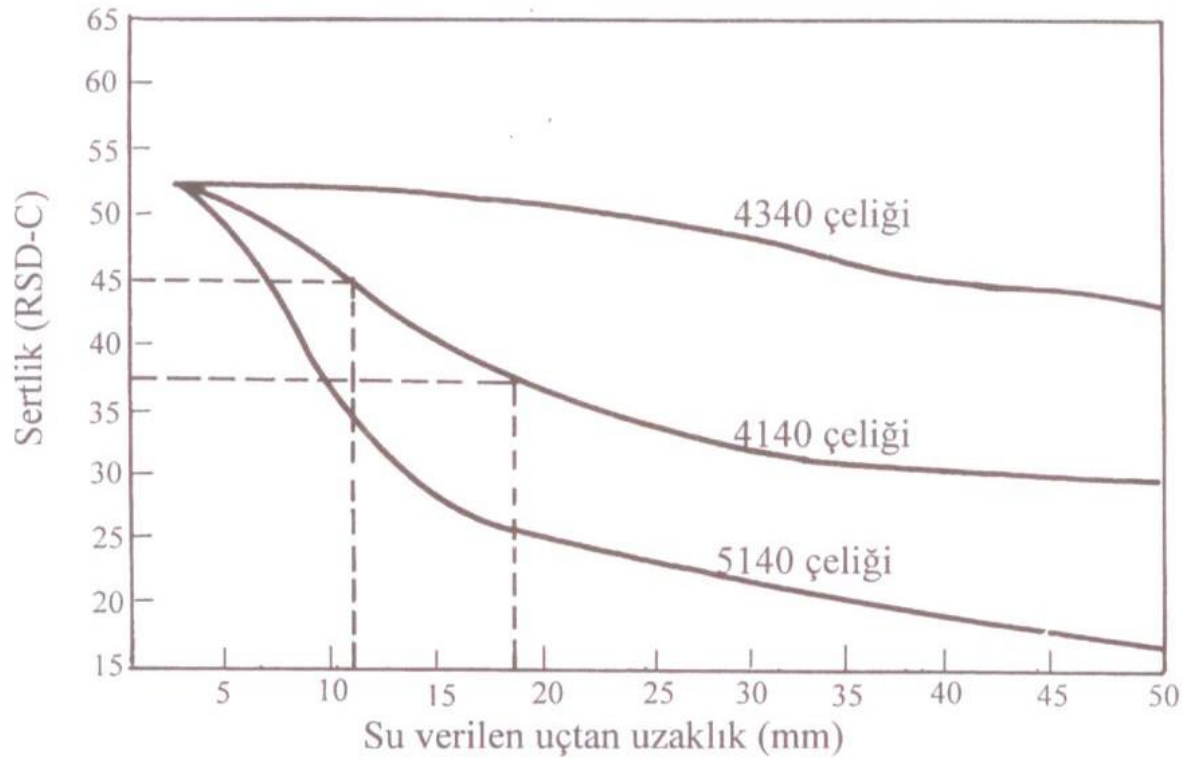
AISI 8630 çeliğinin Jominy örneği üzerinde yer alan değişik noktaların soğuma eğrilerinin, bu çeliğe ait sürekli soğuma dönüşüm (SSD) diyagramı üzerindeki gösterimi Şekil 7.38'de verilmiştir. Bu diyagram, uçtan su verme deneyinden elde edilen verilerle

söz konusu çeliğin dönüşüm davranışı arasındaki ilişkiyi sergilemektedir. Jominy örneğinin ucunda yer alan A noktasına ait soğuma hızı, çeliğin kritik soğuma hızından daha yüksek olduğundan dönüşüm sonucunda tamamen martenzitik bir yapı elde edilir. Örnek üzerindeki B, C ve D noktalarının soğuma hızları kritik soğuma hızından daha düşük olduğundan, su verme işlemi sırasında dönüşüm sonucunda ferrit, beynit ve martenzit fazlarından oluşan yapılar elde edilir. Soğuma hızı azaldıkça bu yapılardaki martenzit oranı azalır. Öte yandan; sözü edilen çelikte perlitik bir yapı elde etmek için soğuma hızının çok düşük olması gerekir. Sertleşme kabiliyetini gösteren sertlik değişimi söz konusu çelikte meydana gelen yapısal değişimden kaynaklanmaktadır. Alaşım elementleri, kritik soğuma hızını azaltıp, martenzit oluşumunu kolaylaştırmak süretiyle çeliğin sertleşme kabiliyetini artırır.



Şekil 7.38 AISI 8630 çeliği için Jominy deneyinden elde edilen verilerle sürekli soğuma eğrileri ve izotermal dönüşüm diyagramı arasındaki ilişkilerinin gösterimi

% 0,4 oranında karbon içeren ve sertleşme kabiliyetleri farklı olan üç değişik çeliğin Jominy eğrileri Şekil 7.39'da görülmektedir. Bu çeliklerin hepsinin su verilen uçlarındaki sertliği 52,5 RSD-C değerindedir. Çünkü, elde edilen en yüksek sertlik değeri karbon oranına bağlıdır. Sertleşme kabiliyeti yüksek olan AISI 4340 çeliğinde, bu sertlik 16 mm'lik uzaklığa kadar korunurken, sertleşme kabiliyetleri yetersiz olan AISI 4140 ve AISI 5140 çeliklerinin sertlikleri artan uzaklık veya derinlikle aniden



Şekil 7.39 AISI 4340, 4140 ve 5140 çeliklerinin sertleşme kabiliyetlerini gösteren Jominy eğrileri

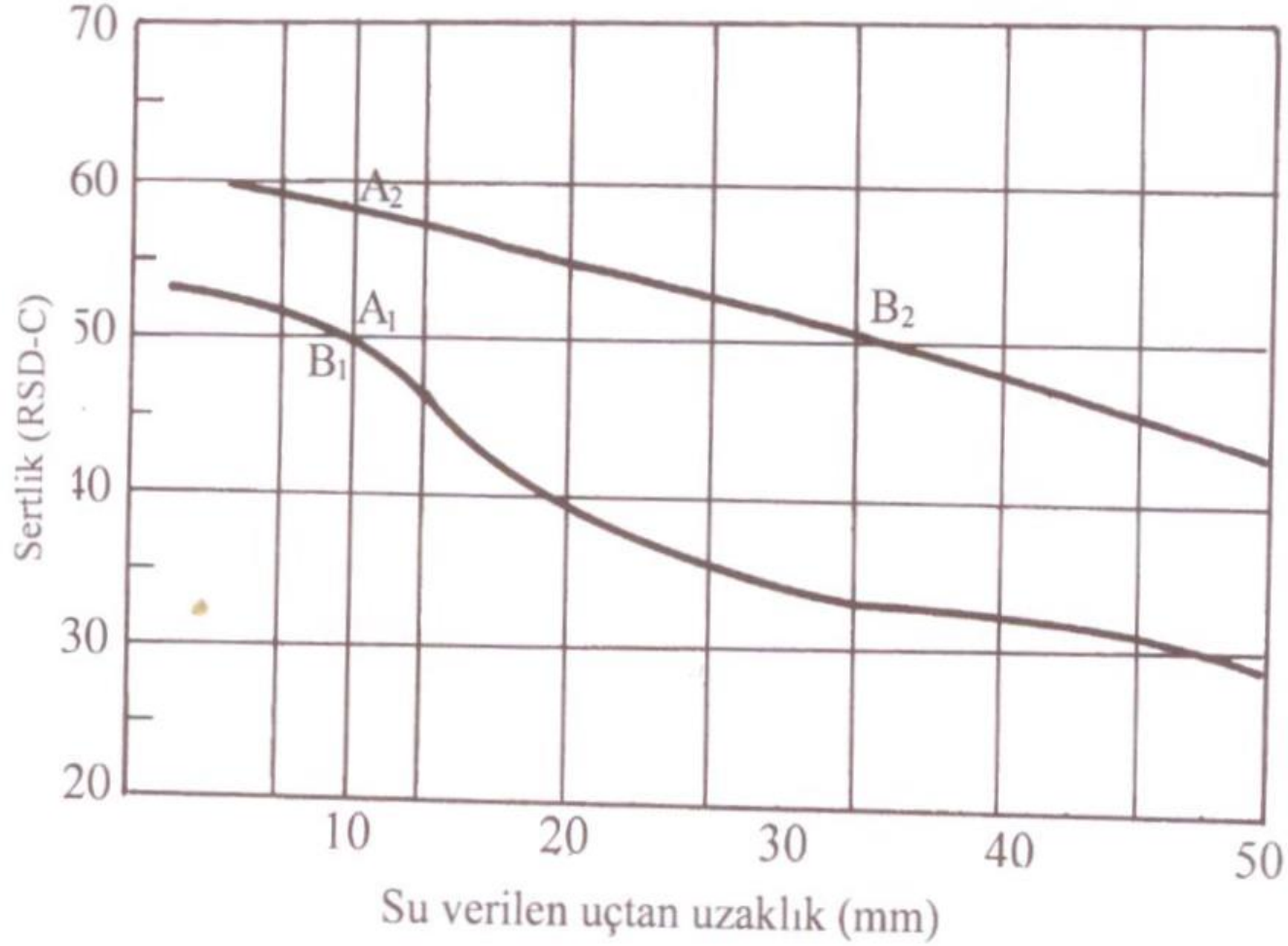
Yüzlerce verinin değerlendirilmesi sonucunda, her tür  elik için en yüksek ve en düşük sertleşme kabiliyetlerini gösteren eğriler çizilmiş ve böylece sertleşme bantları elde edilmiştir. Şekil 7.40'da AISI 4140  eliğine ait sertleşme yeteneği bandı görülmektedir. Buradaki H sembolü sertleşme yeteneğine göre satın alınan çelikleri göstermektedir.

Sertleşme yeteneği aşağıdaki yöntemlerden birine göre belirlenir. Bu yöntemler; ya istenilen uzaklıktaki maksimum ve minimum sertlik değerlerinin verilmesi, ya da istenilen sertliğe karşı gelen maksimum ve minimum uzaklıkların belirlenmesi şeklinde ifade edilir.

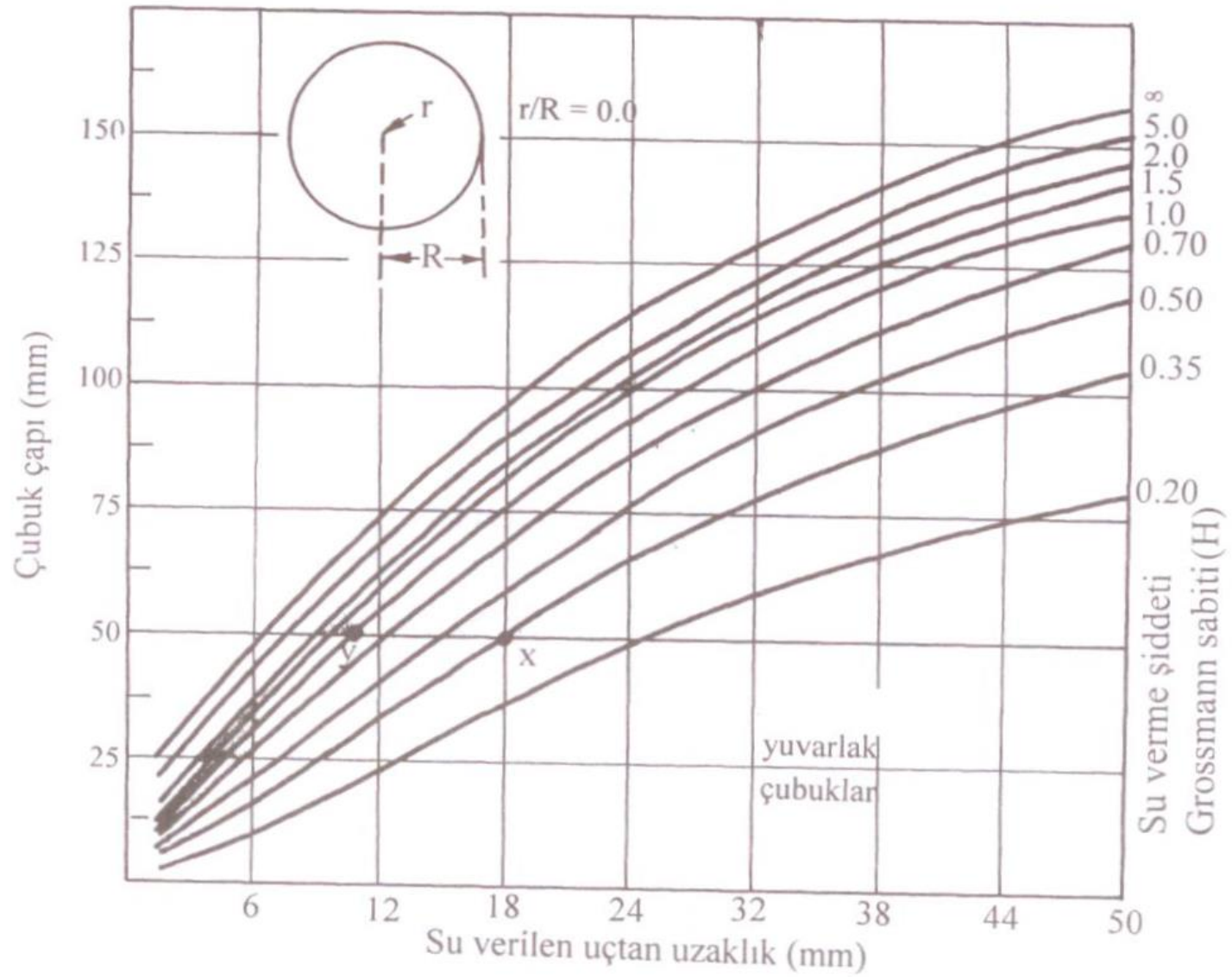
7.18. SERTLEŞME KABİLİYETİ İLE İLGİLİ VERİLERİN KULLANIMI

- Bir çelik parçanın istenilen bölgesinde istenilen sertlik değerinin elde edilmesi için su verme sırasında o bölgedeki soğuma hızının bilinmesi ve jominy deney örneği üzerinde aynı soğuma hızına karşı gelen referans noktasının belirlenmesi gerekir.
- Eğer parçanın kesiti daire, dikdörtgen veya kare gibi basit geometrik şekle sahip ise literatürde parça üzerindeki farklı noktaların değişik su verme durumlarındaki soğuma hızlarını gösteren tablolar vardır.
- Değişik koşullarda su verilen, farklı çaplara sahip dairesel kesitli parçaların merkezleri ile jominy deney örneği arasındaki ilişki Şekil 7.41 de gösterilmiştir.

Şekil 7.41'de görülmektedir. Değişik ortam ve koşullardaki su vermenin şiddeti (H) de Tablo 7.5'de verilmektedir.



Şekil 7.40 AISI 4140 H çeliği için standart sertleşme kabiliyeti bandı. A₁ istenilen uzaklıktaki minimum, A₂ ise maksimum sertlik değerlerini gösterirken, B₁ istenilen sertliğe karşılık gelen minimum, B₂ ise maksimum uzaklıkları göstermektedir.



Şekil 7.41 Değişik koşullarda su verilen çubukların merkezlerine karşı gelen noktaların Jominy deney örneği üzerindeki konumları

Tablo 7.5 Değişik su verme ortam ve koşullarındaki su verme şiddeti (H) değerleri

Su verme şiddeti (H)	Su verme koşulları
0,2	Yağda su verme- durgun
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	Durgun tuzlu suda su verme
5,00	ideal su verme
∞	.

Örnek:

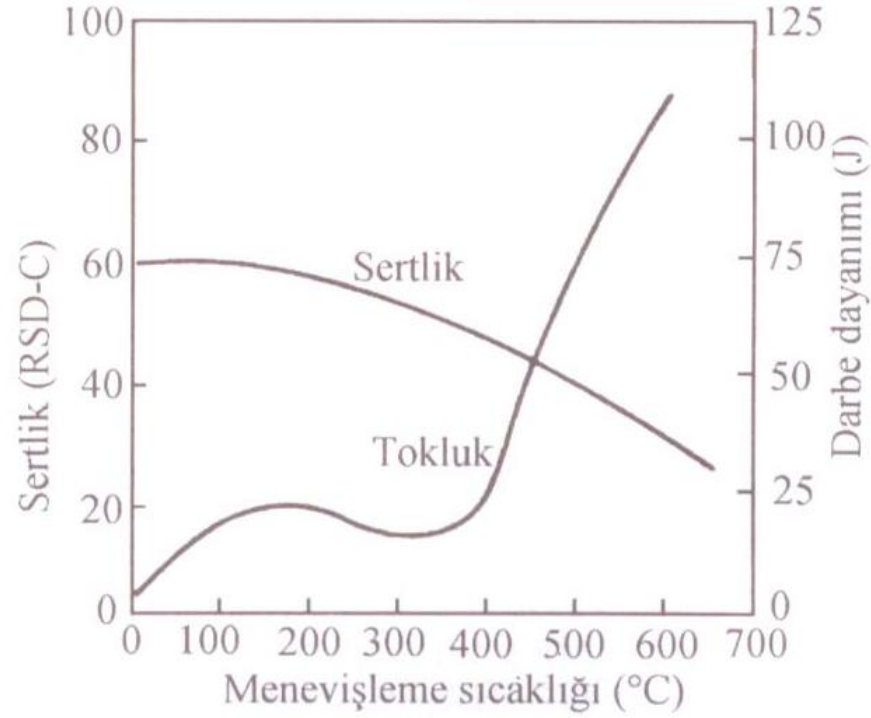
- Merkez noktasındaki en düşük sertlik değeri 42 RSD-C olan 50 mm çapındaki AISI4140 çeliğinden bir mil yapmak isteyelim.
- Sertleşme işlemi yağda su verme ve orta derecede karıştırma ile yapılabilir.
- Yağ banyosunda su verilen 50 mm çapındaki çubuğun merkez noktasındaki gerçek soğuma hızını bulmak veya jominy deney örneği boyunca ayın soğuma hızına karşılık gelen noktanın su verilen uçtan uzaklığını belirlemek gerekir.
- Şekil 7.41 de 50 mm çapındaki çubuk iç, $H=0.35$ olacak şekilde X noktası işaretlenir.
- Bu şekilden 50 mm çapındaki çubuğun merkezindeki soğuma hızı , jominy deney örneği üzerinde 18 mm uzaklıktaki noktanın soğuma hızına eşittir.
- Bu nokta suda su verilen Jominy deney örneği üzerindeki Y noktasına karşılık gelir.
- Bu çeliğin sertleşme kabiliyetini gösteren eğri (Şekil 7.39) alınıp, su verilen uçtan 18 mm uzaklıktaki noktadan dik bir doğru çizilerek, bu doğrunun eğriyi kestiği nokta belirlenir.
- Böylece, bulunan setlik değerinin yaklaşık 37 RSD-C olduğu görülür. İstenilen sertlik değeri 42 RSD-C olduğuna göre bu çeliğe yağda su verildiğinde belirtilen değere kadar sertleştirilemeyeceği görülür.

- Eğer bu mile durgun ($H=O$) su verilirse; çubuğun merkezinin soğuma hızı, Jominy deney örneği üzerindeki $Y=11.1$ mm noktasının soğuma hızına karşılık gelir.
- Bu çeliğe ait sertleşme diyagramı üzerinde, söz konusu noktadan çıkılan dikmenin sertlik eğrisini 45 RSD-C değerinde kestiği görülür.
- Milin merkezinde elde edilen setliğin 45 RSD-C olduğu anlamına gelir.
- Su verme ortamı ve koşullarını değiştirmek suretiyle istenilen sertlik değerinin elde edilebileceği ortaya çıkmaktadır.
- Su verme işlemi suda yapılmaz ise yüksek sertleşme kabiliyetine sahip başka bir çelik kullanmak gerekir.
- Örneğin AISI4340 çeliğinin kullanılması durumunda milin merkezinde 52 RSD-C değerinde sertlik elde edilir. (Şekil 7.39) Bu sertlik de yüksek olabilir.
- Literatürde yer alan sertleşme kabiliyeti verilerinden yararlanılarak istenilen özelliklere sahip birkaç çeşit çelik seçilebilir. En son seçim ise üretim koşullarına ve ekonomik duruma göre yapılır.

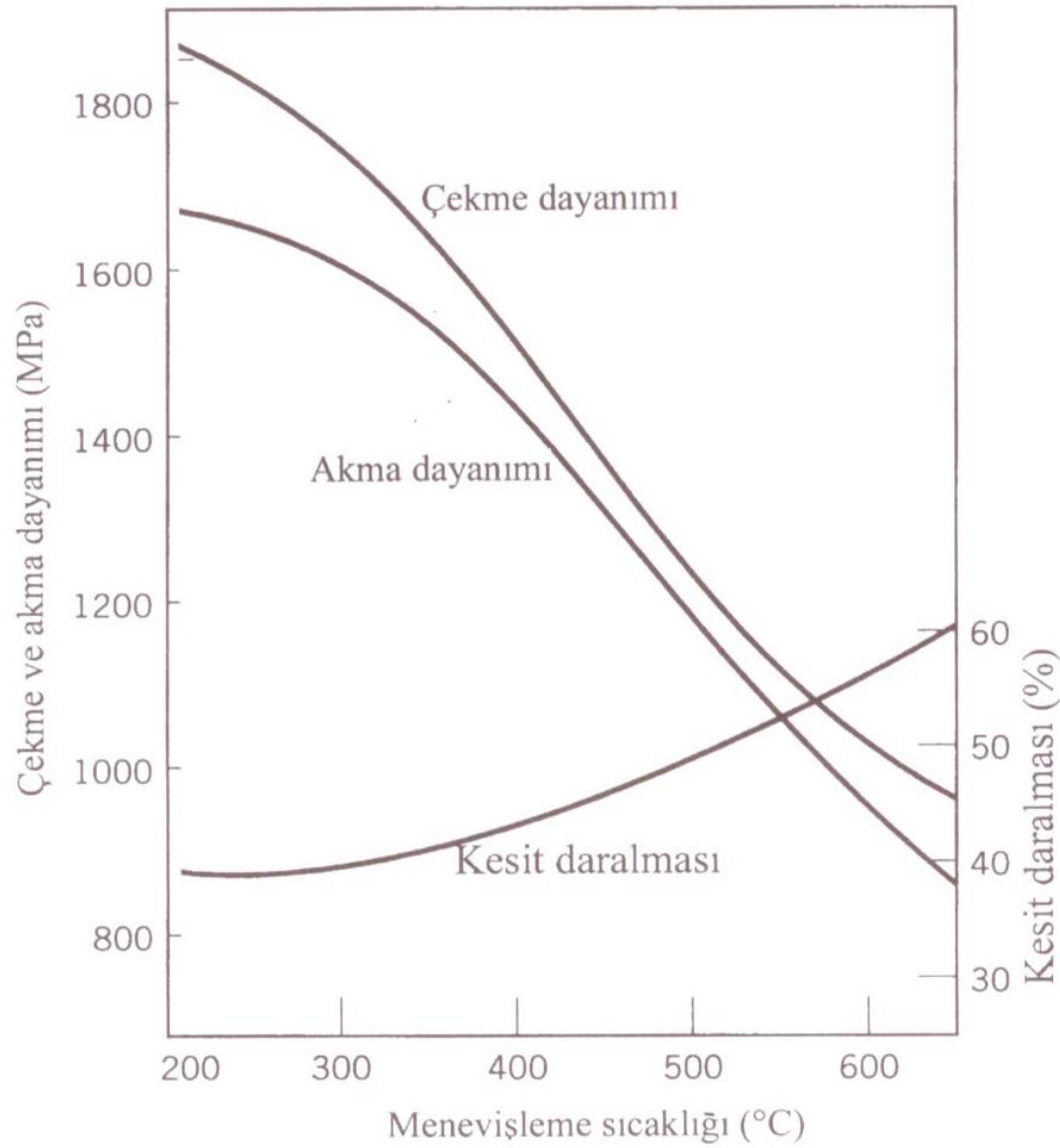
MENEVİŞLEME

- Çeliklerde su verme işlemi ile elde edilen martenzitik yapı gevrek olduğundan pek çok uygulama için elverişli değildir.
- Martenzitik oluşumu çelik içerisinde iç gerilmelerin meydana gelmesine neden olur.
- Su verilen çelikler hemen hemen her zaman Ac1 çizgisinin altındaki sıcaklıklarda tavlaniırlar.
- Su verilen çeliklerin gevrekliğini gidermek veya tokluğunu artırmak amacıyla Ac1 çizgisinin altındaki sıcaklıklarda uygulanan tavlama işlemine menevişleme denir.
- **Menevişlemenin amacı:** Su verilen çelikteki kalıntı gerilmeleri gidermek ve çeliğin süneklik ve tokluğunu artırmaktır.
- Su verilen çelikler menevişlendiklerinde süneklikleri artar, buna karşılık sertlik ve mukavemetleri azalır.

Genel olarak, menevişleme sıcaklığı arttıkça sertlik düşer, tokluk artar. Bu durum, kopma uzaması veya kopma büzülmesi tokluk ölçüsü olarak alındığı takdirde doğrudur. Ancak, tokluk ölçüsü olarak Izod veya Charpy deney sonuçları alınırsa bu kural tamamen doğru değildir. 200°C ile 425°C arasındaki sıcaklıklarda menevişlenen çeliklerin çoğunun sertlik ve mukavemeti düşerken, çentik tokluğu da azalır. Tokluktaki bu düşmenin nedeni henüz tam olarak bilinmemektedir. Şekil 7.42'de az alaşımlı gruba giren AISI 4140 çeliğinin sertlik ve çentik darbe tokluğunun menevişleme sıcaklığına göre değişimi görülmektedir. Az alaşımlı diğer çelikler ile alaşımsız çeliklerin sertlik ve toklukları da bu eğrilerin sergilediği değişimlere benzer değişim gösterirler. AISI 4340 çeliğinin akma ve çekme dayanımları ile kopma büzülmesi değerlerinin menevişleme sıcaklığına göre değişimlerini gösteren eğriler de Şekil 7.43'de görülmektedir. Bu şekillerden görüldüğü gibi; menevişleme sıcaklığı arttıkça su verilen çeliklerin sertlik ve mukavemet değerleri azalmakta, buna karşı süneklik ve tokluk değerleri artmaktadır.



Şekil 7.42 AISI 4140 çeliğinin sertlik ve çentik darbe tokluğunun menevişleme sıcaklığına göre değişimi (menevişleme süresi : 1 saat)



Şekil 7.43 Yağda su verilen AISI 1340 çeliğinin akma ve çekme dayanımları ile kopma büzülmesinin menevişleme sıcaklığına göre değişimi

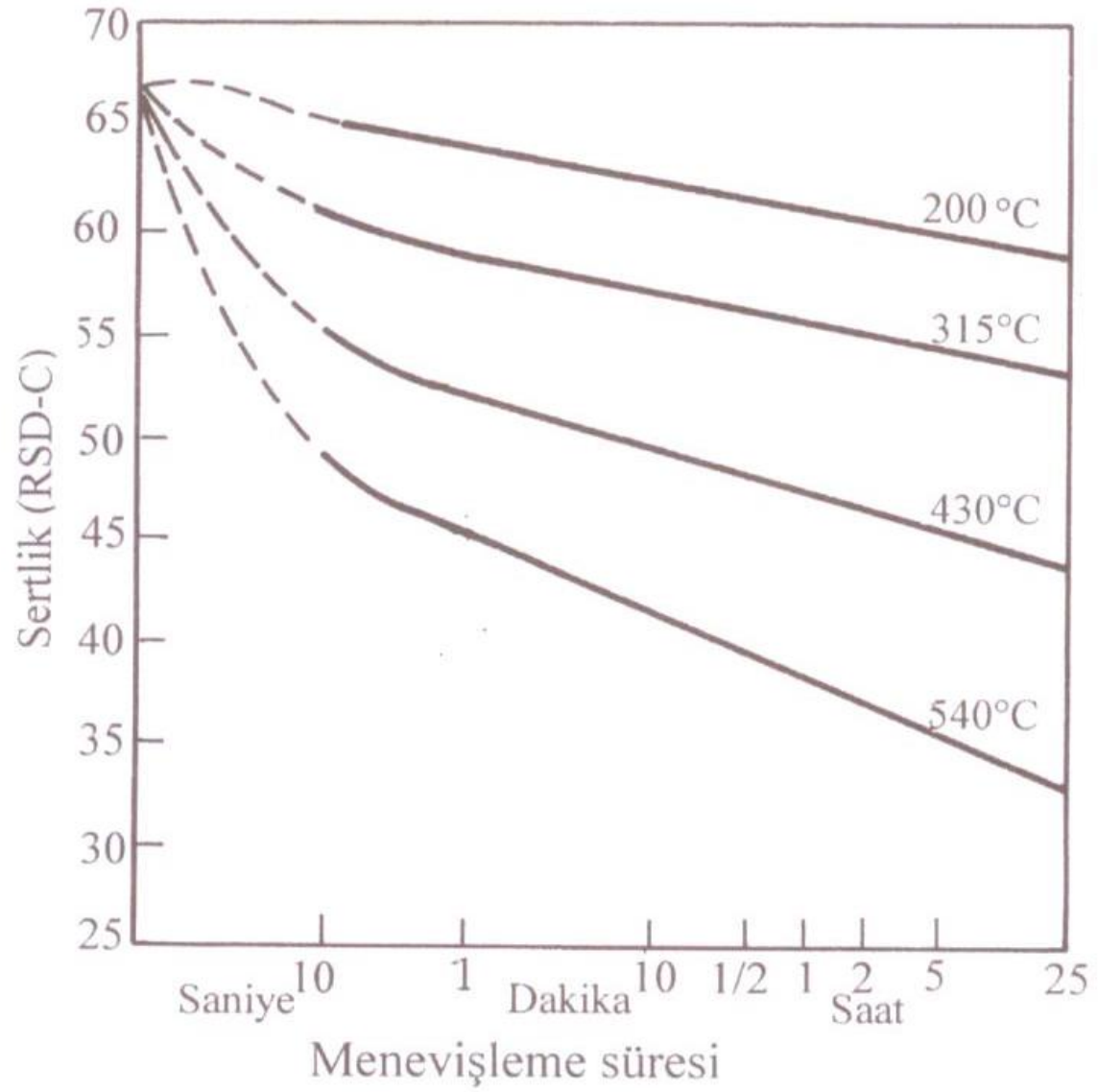
Alaşımlı çeliklerin bazıları “meneviş veya temper gevrekliği” adı verilen bir davranış sergilerler. Bu gevreklik, 540°C ile 680°C sıcaklıkları arasında yapılan menevişleme işleminden sonra parça yavaş soğutulduğunda, çentik darbe tokluğunda meydana gelen düşme ile kendini gösterir. Ancak, parça menevişleme sıcaklığından suya daldırılırsa tokluk korunur. Meneviş gevrekliğinin nedeni tam olarak bilinmemektedir. Ancak, yavaş soğuma sırasında tane sınırlarında gevrekliğe yol açan bazı fazların çökeldiği ileri sürülmektedir. Yüksek orandaki mangan (Mn), fosfor (P) ve kromun (Cr) bu gevrekliği artırdığı, molibdenin (Mo) ise gevrekleşmeyi geciktirdiği bilinmektedir.

Hacim merkezli tetragonal yapıya sahip aşırı doymuş bir katı çözelti olan martenzitin kararsız dengeli (metastabil) bir faz olduğu bilinmektedir. Menevişleme işlemi ile martenzitik yapıya enerji verildiğinde; karbon karbür olarak çöker, demir ise hacim merkezli kübik yapıya dönüşür. Menevişleme sıcaklığı arttıkça, karbonun difüzyon hızı artar ve karbürler hızla büyüyerek birleşirler.

Alaşımsız karbon çelikleri 40°C ile 205°C arasındaki sıcaklıklarda menevişlenirse orjinal martenzit gittikçe tetragonal yapısını kaybederek, sıkı düzenli hegzagonal (SDH) yapıya sahip ϵ karbürü ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) ile düşük karbonlu martenzit oluşur. Bir geçiş fazı olan ϵ karbürünün bileşimi ve kristal yapısı sementitten (Fe_3C) çok farklıdır. Bu karbürün (ϵ) çökmesi, özellikle yüksek karbonlu çeliklerin sertliğinde bir miktar artışa neden olur. Sözü edilen ϵ karbürünün çökmesi sonucunda menevişlenen çeliklerin sertlik ve mukavemet değerleri artar, süneklik ve tokluk değerleri ise azalır. Ayrıca, bu sıcaklık aralığındaki menevişleme sonucunda kalıntı iç gerilmelerin çoğu giderilir.

230°C ile 400°C sıcaklıkları arasında yapılan menevişleme işlemi sırasında ϵ karbürü ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) ortorombik sementite (Fe_3C), düşük karbonlu martenzit hacim merkezli kübik (HMK) yapıya sahip ferrite ve kalıntı ostenit de alt beynite dönüşür. Bu fazları içeren yapı, hızlı dağıldığı için dağıldıktan sonra kararır. Eskiden bu yapıya “trostit” denilirdi, ancak bugün bu deyim kullanılmamaktadır. Bunun yerine, menevişlenmiş martenzit deyimini tercih edilmektedir. Çökelen karbürler ancak elektron mikroskopunda, yüksek büyültmelerde görülebilir. Söz konusu sıcaklık aralığında yapılan menevişleme sonunda, çeliğin çekme mukavemeti biraz azalır, ancak bu mukavemet değeri pek çok uygulama için yeterlidir. Sünekliğin biraz artmasına karşın, tokluk düşüktür. Sertlik, menevişleme sıcaklığına bağlı olarak 40 ile 60 RSD-C arasında değişir.

400°C ile 650°C sıcaklıkları arasında yapılan menevişleme işleminde ise sementit (Fe_3C) parçacıkları sürekli olarak büyür ve bu karbürlerin birleşmesi sonucunda daha geniş ferrit alanları meydana gelir. Ayrıca, yapı dağlanınca daha açık renkte görünür. Eskiden “sorbit” olarak adlandırılan bu yapı içerisindeki karbürler, ancak 500 civarındaki büyütmelerde görünebilirler. Bu nedenle, söz konusu karbürler daha çok elektron mikroskobunda incelenebilirler. Bu işlem sonucunda çeliğin çekme dayanımı biraz düşer, sünekliği artar ve %10 ile %20 arasında kopma uzaması elde edilir. Sertlik ise menevişleme sıcaklığına bağlı olarak 20 ile 40 RSD-C değerleri arasında değişir. En önemlisi, çeliğin tokluğu hızlı bir şekilde artar. 650°C ile 720°C sıcaklıkları arasında uygulanan menevişleme işlemi sonucunda ise iri ve küresel sementit parçaları oluşur. Çok yumuşak ve tokluğu yüksek olan bu yapı, küreselleştirme tavı sonucunda elde edilen yapıya benzer bir görünüm sergiler.



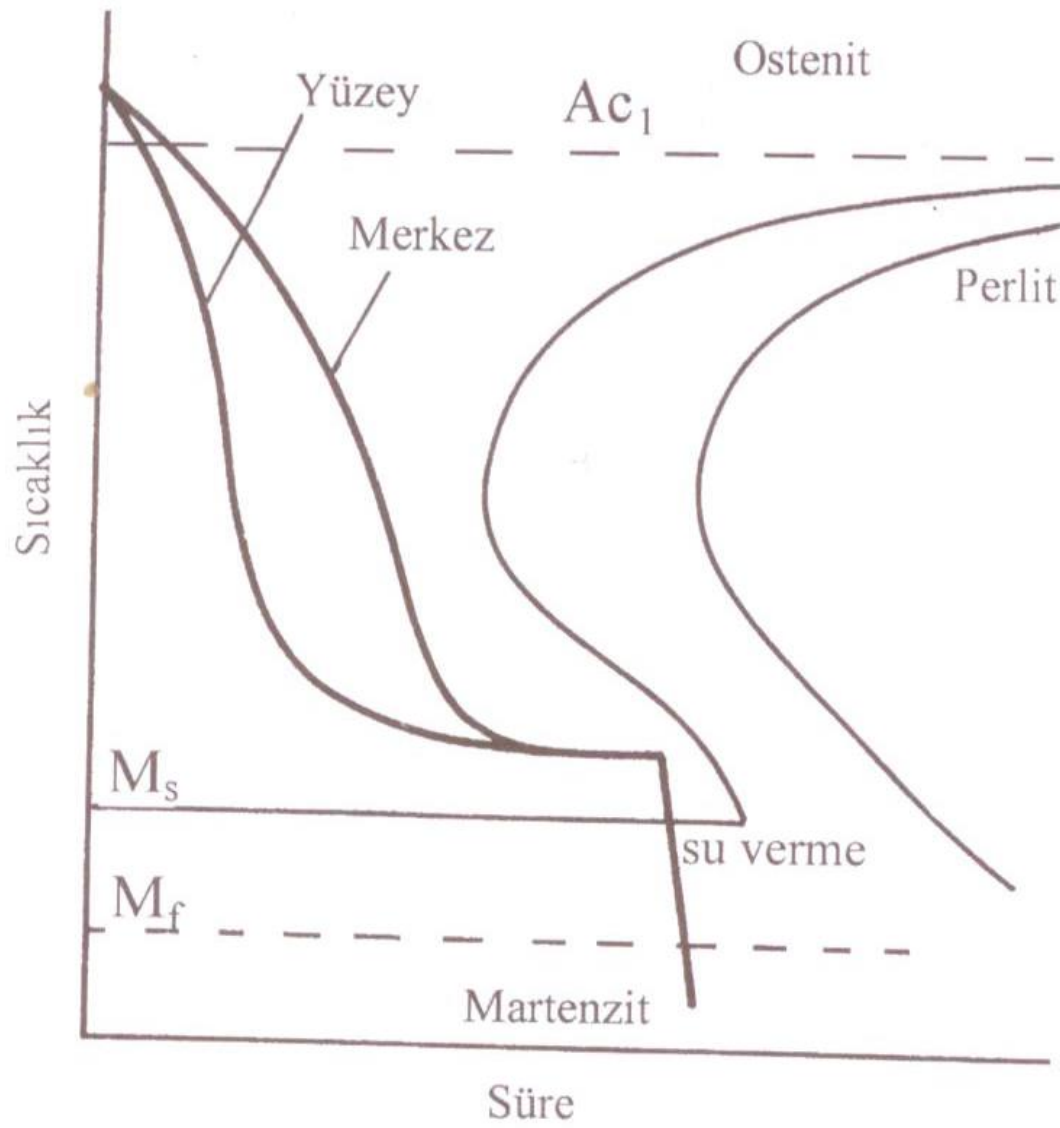
Şekil 7.44 Değişik sıcaklıklardaki menevişleme süresinin su verilen ötektoid çeliğ sertliğine etkisi

7.20 Parça Büyüklüğünün veya Kütlesinin Su Verme Sertleştirmesine Etkisi

Ostenit-martenzit dönüşümü sırasında, karbon atomlarının distorsiyona uğrayan veya çarpılan α -demirinin kafesi içerisindeki ara yerlere yeniden yerleşmesi nedeniyle önemli ölçüde hacimsel büyüme meydana gelir. Bu büyüme, soğuma sırasında malzemede meydana gelen ısıl bzlmeye karşı koyar ve böylece, su verilen parçada birbirine zıt iki etki ortaya çıkar. Su verilen parçanın farklı kısımlarının soğuma hızları arasındaki farkı önlemek olanaksız olduğundan, parçanın bir bölümü genişlerken, diğerk bölümü büzülür. Bunun sonunda, parçada çekme gerilmeleri oluşur. Söz konusu gerilmelerin belirli değerkleri aşması durumunda parçada ciddi çarpılma veya çatlama meydana gelir ve sonuçta parça kullanılamaz hale gelir. Parçanın kütlesi arttıkça, merkezi ile yüzeyinin soğuma hızları arasındaki fark büyür ve dolayısıyla su verme çatlamasının meydana gelme olasılığık 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. Bu yöntemler aşağıda açıklanmaktadır.

7.20.1 MARTEMPERLEME

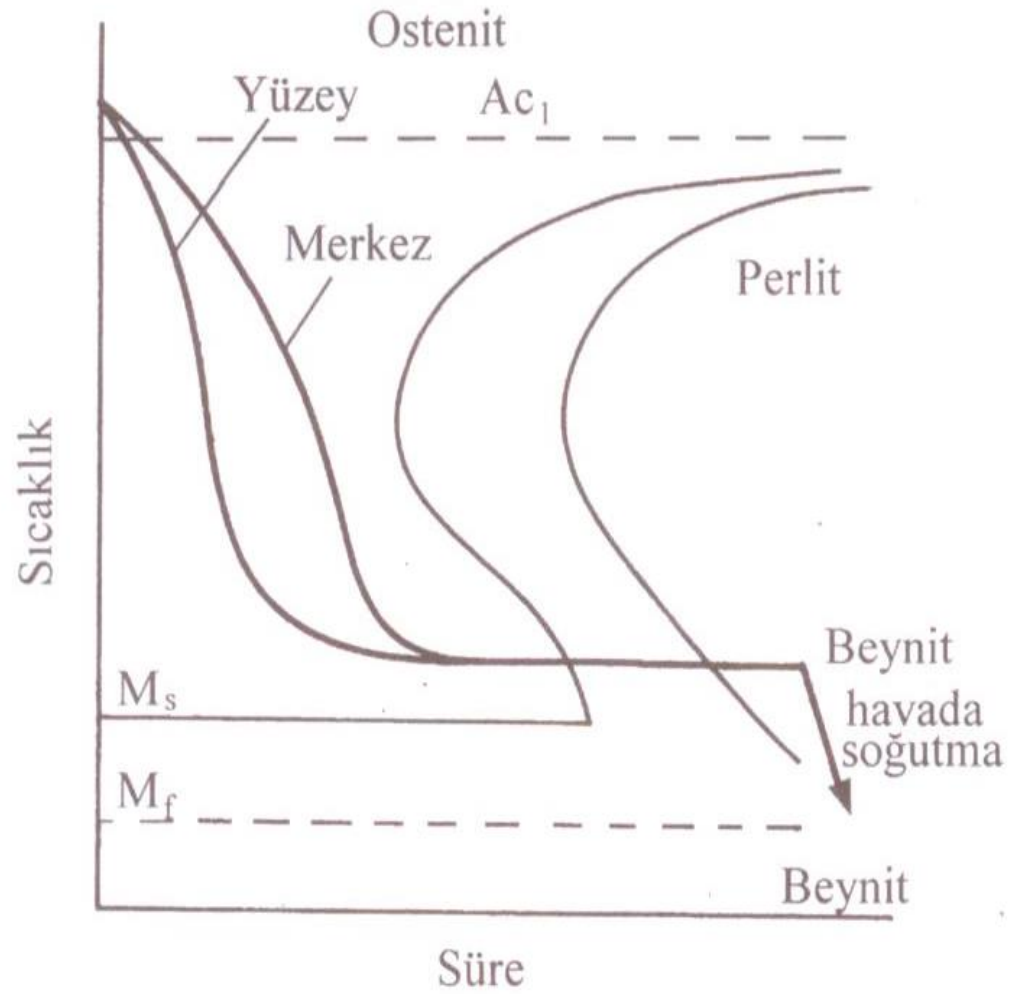
- Sertleştirilecek parça östenitleştirme işlemine tabi tutulduktan sonra, mertenzitik dönüşümün başlama sıcaklığının (M_s) hemen üzerindeki sıcaklıkta tutulan kurşun veya tuz banyosuna daldırılır.
- Yüzeyi ile merkezinin sıcaklıkları aynı oluncaya, yani bütün kesit boyunca aynı sıcaklık elde edilinceye kadar parça banyo içinde tutulur.
- Daha sonra parçaya su verilerek tamamen martenzitik bir içi yapı elde edilir.
- Bu işlem sayesinde, soğuma ile oluşan büzülme olayı, ostenit-martenzit dönüşümü ile ortaya çıkan genleşme olayından ayrılarak, hem büyük parçalardaki su verme çatlaması önlenir. Hem de parça sertleştirilir.
- Ötektoid bileşimdeki çeliğe uygulanan martemperleme işleminin şematik gösterimi şekil 7.45 de verilmiştir.



Şekil 7.45 Ötektoid bileşime sahip çeliğe uygulanan martemperleme işleminin şematik gösterimi

7.20.2 Ostemperleme

Sertleştirilecek parça ostenitleştirildikten sonra, martenzitik dönüşümün başlama sıcaklığının (M_s) üzerindeki bir sıcaklıkta tutulan kurşun veya tuz banyosuna daldırılır. Parça, beynitik dönüşüm tamamlanıncaya kadar banyoda bekletilir ve sonradan banyodan alınarak havada soğutulur. Bu işlemi sonucunda oluşan beynit, aynı karbon oranına sahip martenzitten biraz daha yumuşaktır, ancak darbe dayanımı martenzitin darbe dayanımından daha yüksektir. Beynitik yapı, ferritik bir matris içerisinde, dar aralıklarla dizilmiş sementit (Fe_3C) parçacıklarından oluşur ve menevişlenmiş martenzite benzeyen bir görünüme sahiptir. Ancak, beynitik yapı dönüşüm sıcaklığına bağlıdır. Yüksek dönüşüm sıcaklıklarında büyük boyutlu karbürler oluşur ve bunlar çeliğin yumuşamasına neden olur. Ötektoid bileşimdeki çeliğe uygulanan ostemperleme işleminin şematik gösterimi Şekil 7.46'da verilmiştir.



Şekil 7.46 Ötektoid bileşimindeki çeliğe uygulanan ostemperleme işleminin şematik gösterimi

Yüzey Modifikasyonu

- **Yüzey ısıtma-** Rapidly heat the surface of a medium-carbon steel above the A_3 temperature and then quench the steel.
- **Sementasyon derinliği-** The depth below the surface of a steel at which hardening occurs by surface hardening and carburizing processes.
- **Sementasyon** - A group of surface-hardening techniques by which carbon diffuses into steel.
- **Nitrüasyon** - Hardening the surface of steel with carbon and nitrogen obtained from a bath of liquid cyanide solution.
- **Karbonitrüasyon** - Hardening the surface of steel with carbon and nitrogen obtained from a special gas atmosphere.

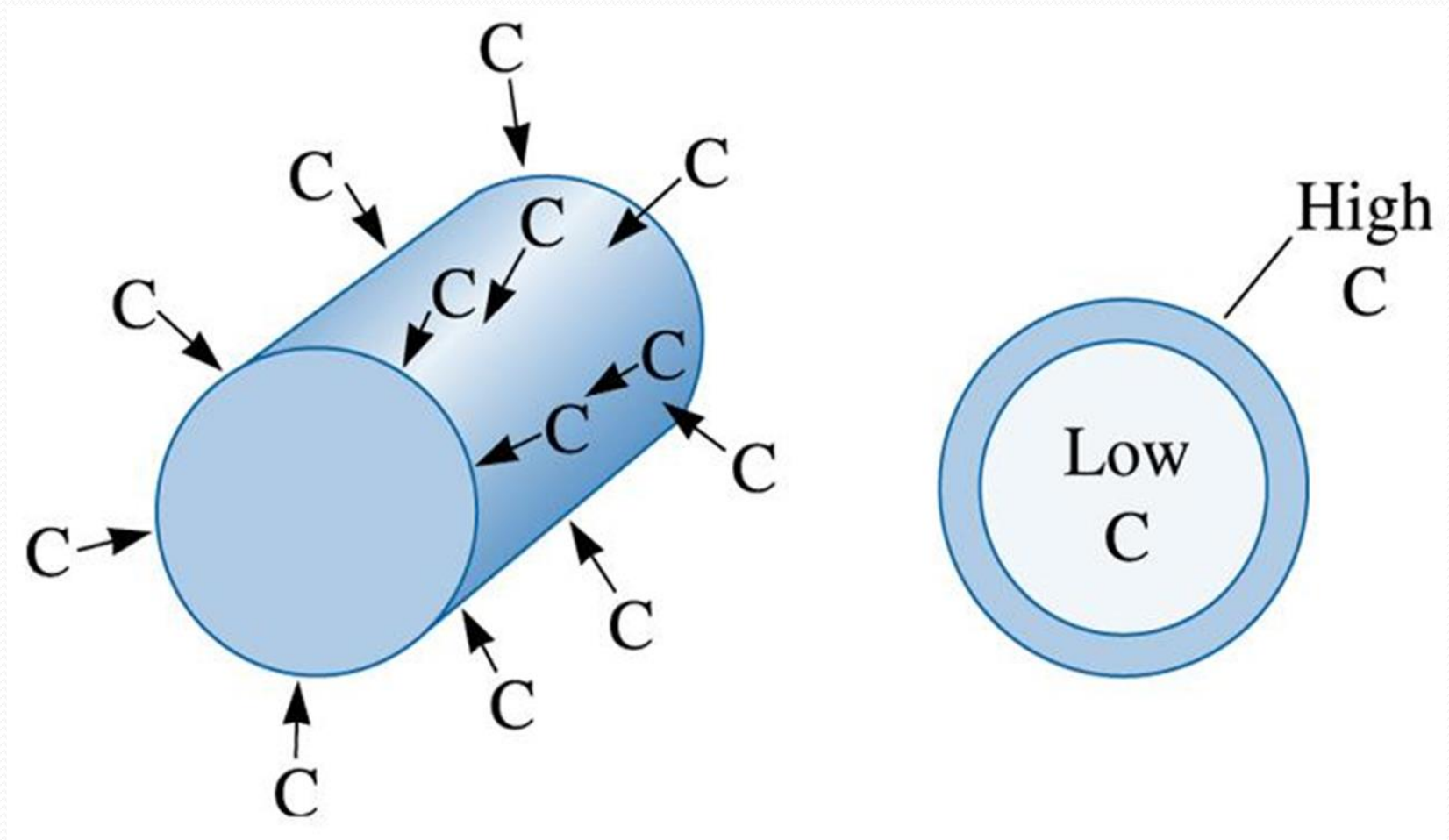
7.21 Çeliklere Uygulanan Yüzey Sertleştirme İşlemleri

Bazı uygulamalarda kullanılan çelik parçaların hem aşınma dirençlerinin, hem de darbe dayanımlarının yüksek olması istenir. Bunun için parçaların yüzeylerinin sert, iç veya merkez bölgelerinin nispeten yumuşak olması gerekir. Bu durumu sağlamak için parçalara yüzey sertleştirme işlemi uygulanır. Çelik parçaların yüzeyleri sementasyon (karbürleme), nitrürasyon (nitrürleme), alevle ve endüksiyonla sertleştirme olmak üzere dört ana yöntemle sertleştirilir. En uygun yöntem, parçanın kimyasal bileşimine ve boyutlarına göre seçilir.

7.21.1 Sementasyon (Karbürleme)

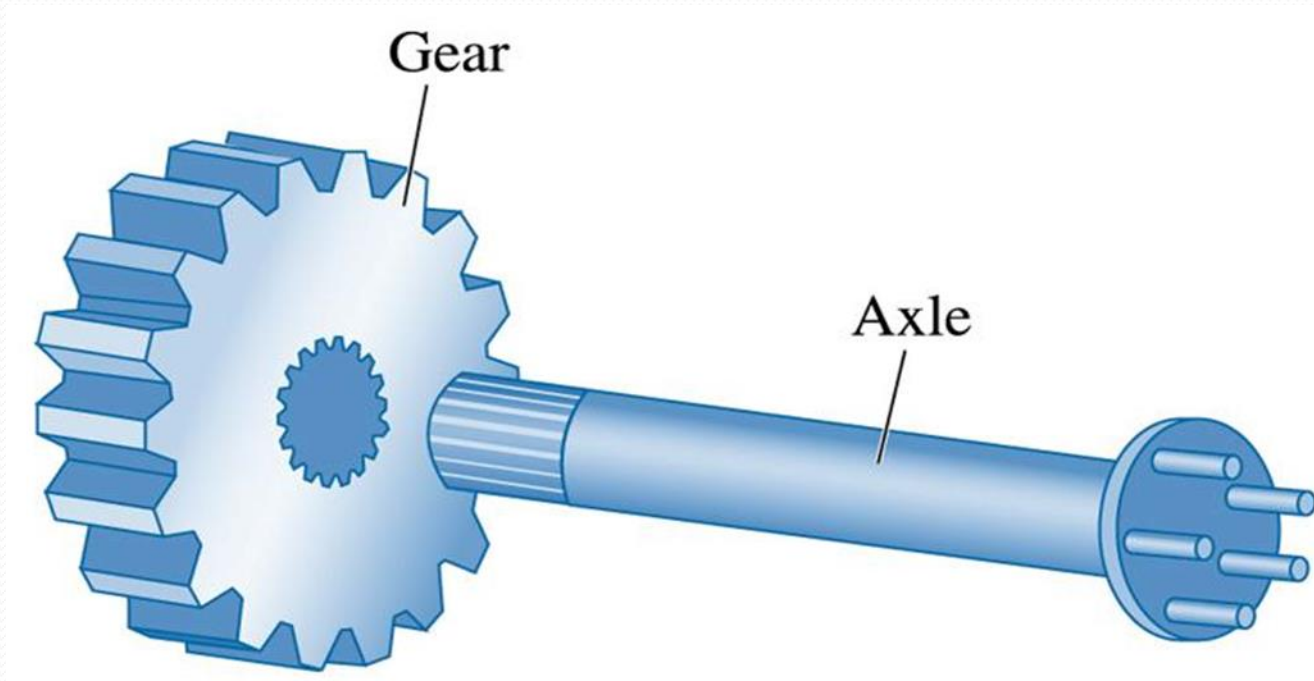
Sementasyon işlemi, %0,20'den daha az karbon içeren çeliklere uygulanır. Bu işlemin esası, düşük karbonlu çeliklerin yüzeyine karbon vererek yüzeyin karbon oranını yeterli düzeye çıkarmaktır. Söz konusu çeliklerin sementasyonu, karbon verici bir ortamda ve Ac_3 çizgisinin üzerindeki bir sıcaklıkta uygun bir süre tutularak gerçekleştirilir. Demir-karbon denge diyagramı incelendiğinde; ferrit içerisinde en fazla % 0,025 oranında karbon çözünürken, ostenit içerisinde % 2,0 oranına kadar karbon çözüldüğü görülür. Bu nedenle semente edilecek çelik parçalar ostenit bölgesinde 900 ile 950°C arasındaki bir sıcaklıkta, karbon verici bir ortamda yeterli bir süre tavlanırlar. Karbon verici ortamlar katı, sıvı veya gaz olabilir. Katı ortam olarak odun kömürü ile baryum karbonat karışımı, sıvı ortam olarak erimiş siyanür banyosu ve gaz ortamı olarak da hidrojen ya da azotla karıştırılan karbonmonoksit, metan ve propan gibi gazlar kullanılabilir. Semente edilecek parçalar işlem süresince bu ortamlarda tutulur.

- Karbon verici ortamların yanma veya ayrışmaları sonucunda önce karbonmonoksit oluşur.
- Oluşan karbon monoksit karbondioksit ve karbona ayrışır.
- Reaksiyon sonucu atom haline geçen karbon çeliğin östenit yapısı içinde çözünerek yüzeyden içeriye doğru azalan oranda difüze olur.
- Karbon verici ortamda uygulanan tavlama ile karbon oranı yükseltelen yüzey tabakasının sertleştirilmesi gerekir.
- Bu amaçla izlenilebilecek değişik yollardan en kolayı, parçaya hemen sementasyon sıcaklığından su vermektir.
- Bu işlemin bazı sakıncaları vardır.
- Sementasyon işlemi için yapılan uzun süreli tavlama nedeniyle parçanın iç kısmı iri taneli olur. Uygun sertleştirme sıcaklığı aşıldığı için de kabukta iri taneli martenzit oluşur.
- Önemsiz parçalara bu işlem uygulanabilir.
- Böyle bir işlemde parçaların çubuk ve kolay bir şekilde dışarı alınmalarını zorlaştıran katı sementasyon ortamı yerine, sıvı veya gaz ortamların kullanılması daha elverişli olur.
- Bazı durumlarda fırın veya havada soğutulup sementasyon maddesinden temizlendikten sonra normalize edilen parçaya, sertleştirme sıcaklığından su verilir.
- Tane incelmesinin önemli olmaması durumunda normalizasyon işleminden vazgeçilebilir.



Carburizing of a low-carbon steel to produce a high-carbon, wear-resistant surface.

- Sementasyon tabakasının kalınlığı küçük parçalarda 0.2 mm den az, taşıt araçlarında kullanılan orta büyüklükteki parçalarda 0.5-1.5 mm ve ağır makinalarda kullanılan büyük parçalarda ise 2-3 mm arasında olabilir.
- İstenilen bir sementasyon kalınlığının elde edilmesi ve aynı zamanda yüzeydeki karbon oranının %0.8-0.9 düzeyinde tutulması için tavlama sıcaklığı ve süresinin iyi ayarlanması gerekir.
- Karbon oranının bu sınırı aşması durumunda yapıda oluşan sementit ağı yüzeyin çatlamasına neden olabilir.



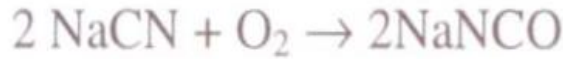
Örnek: Bir otomobil aks ve dişlisi için malzeme ve ısıtım işlem seçiniz

Çözüm:

- Aks dövülmüş AISI 1050 çeliğinden (matris ferrit ve perlitten oluşur) seçilebilir.
- Aks yüzeyi sertleştirilmiş seçilebilir: Önce indüksiyon ortamından geçince yüzey A3 sıcaklığının (770 oC) üzerine ısıtılmış olur. Ardından parçanın yağa çekilmesi ile yüzeyde martensit fazı oluşur. Bir sonraki aşamada Temper işlemi ile martensit fazının gerilimi alıp malzemenin sünekliği artırılır.
- 1010 çeliğinin dişli için sementasyonu seçilebilir.
- Gaz ortamda sementasyon ortamı seçilirse bu ortamda A3 sıcaklığının üzerinde (860 oC) yüzeyde ince bir kalınlıkta ama %1C konsantrasyonunda yüzey elde edebiliriz. Bu konsantrasyondaki yapıyı suya çektiğimizde yüzeyde martensit fazını oluştururuz. Ardından temperleme işlemi ile sertliği kontrol edebiliriz

7.21.2 Nitrürasyon (Nitrürleme)

Nitrürasyon, çoğunlukla düşük karbonlu ve nitrür oluşturma özelliğine sahip alaşım elementleri içeren çeliklere uygulanır. Alüminyum, krom ve molibden nitrür oluşturan elementlerdir. Bu işlem, söz konusu çeliklerin 500°C dolayındaki bir sıcaklıkta, azot verici bir ortamda 40-90 saat gibi uzunca bir süre tavlama suretiyle yapılır. Azot verici ortam olarak genelde sodyum siyanür (NaCN) ve potasyum siyanür (KCN) içeren banyolar kullanılır. Ancak, uygulamada yaygın olarak kullanılan sodyum siyanürden (NaCN) doğrudan azot ve karbon elde edilemez. Sıvı veya ergimiş siyanürün hava ortamında ayrışması sonucunda sodyum siyanat (NaNCO) oluşur. Sodyum siyanatın ayrışması sonucunda da karbon monoksit ve azot elde edilir. Söz konusu reaksiyonlar aşağıda verilmiştir.

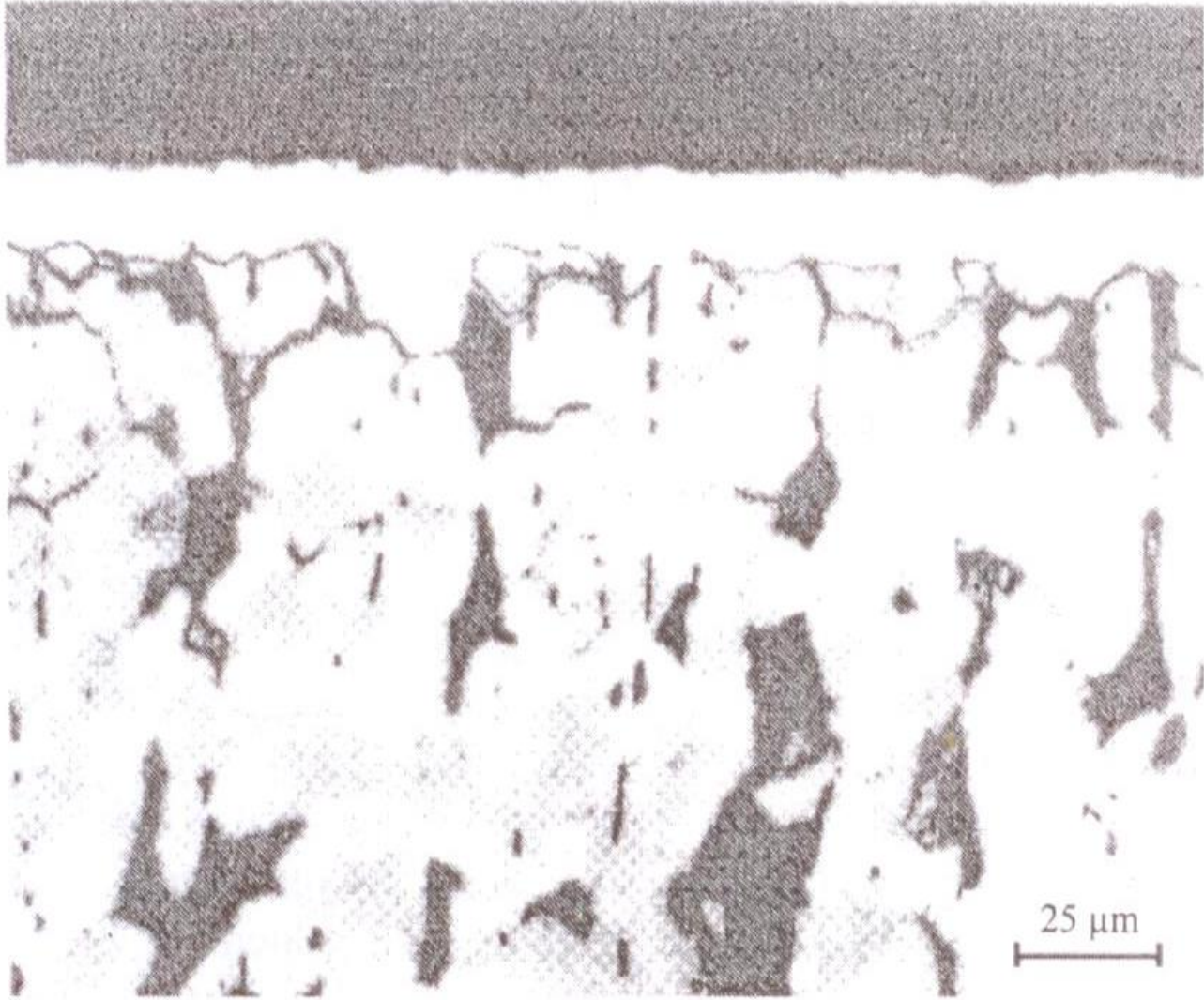


Nitrürasyonun yapılabilmesi için başlangıçta düşük olan siyanat (NaNCO ve KCN) oranının % 15-20 düzeyine yükseltilmesi gerekir. Bu amaçla, banyoya ya hava, ya da basınç altında amonyak (NH₃) verilir ve banyo 550°C sıcaklıkta en az 12 saatlik bir süre bekletilir. Nitrürasyon işlemi sırasında meydana gelen sodyum veya potasyum

karbonat oranı % 25 değerini aşmamalıdır. Zehirleyici etkilerinden dolayı siyanür banyolarının büyük bir dikkatle kullanılmaları gerekir.

Nitrürleme işleminde, atom halindeki azotun çeliğe yayınmasıyla meydana gelen çok ince ve dağınık haldeki krom, alüminyum veya molibden nitrürler parça yüzeyinde sert bir tabakanın oluşmasını sağlarlar. Azotun çelik içerisindeki yayınma hızı düşük olduğundan, yeterli kalınlıkta sert tabaka elde edebilmek için uzun süreli tavlama yapmak gerekir. Örneğin; 20 saatlik nitrürasyon sonunda yaklaşık 3mm kalınlığında sert tabaka elde edilebilir. Buna karşılık, elde edilen sertlik değeri çok yüksektir. Bu işlemde su vermeye gerek olmadığından parçalarda çarpılma tehlikesi çok azdır. Nitrürasyon, çeliklerin korozyona karşı direncini de artırır.

Siyanür banyoları, hem azot hem de karbon verme özelliğine sahiptir. Banyo bileşimi ile sıcaklığını bu iki reaksiyondan birine göre ayarlamak mümkündür. Böylece, verilen azot oranı çok az ise sementasyon, karbon oranının çok az olması durumunda da nitrürasyon yapılmış olur. Hem karbon, hem de azot verici ortamda yapılan yüzey sertleştirme işlemine de karbonitrürasyon denir. Karbonitrürasyon, karbon verici gaz ve amonyak karışımı ile de yapılabilir ve daima su vermeyi gerektirir. % 0,15 C içeren alaşımsız çeliğin yüzeyinde karbonitrürasyon işlemi sonucunda oluşan beyaz renkli, sert tabaka Şekil 7.47’de görülmektedir.



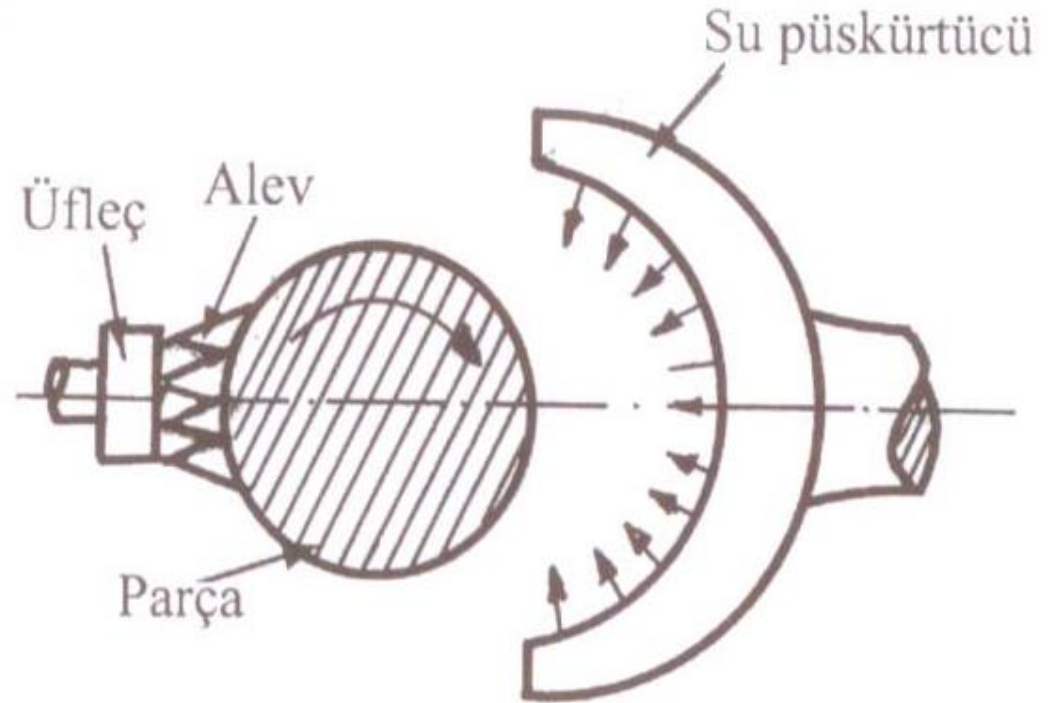
Şekil 7.47 % 0,15 C içeren alaşımsız çeliğin (AISI 1015) yüzeyinde karbonitrürasyon işlemleriyle elde edilen beyaz renkli sert tabakanın görünümü

7.21.3 Alevle Yüzey Sertleştirme

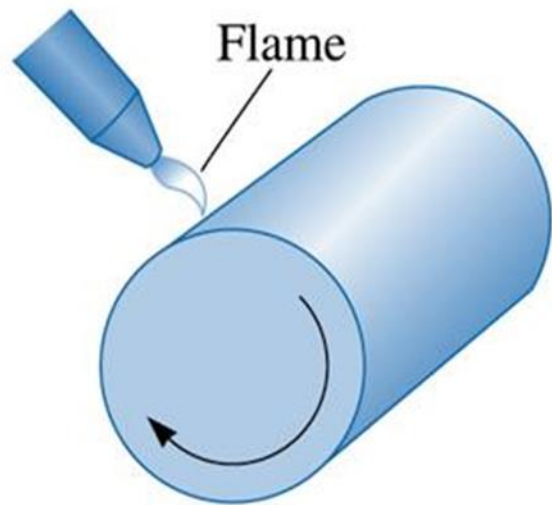
Orta karbonlu çeliklere uygulanan bu işlemde, parçanın yalnız yüzeyi alevle ısıtılıp ostenitleştirildikten sonra su verilerek sertleştirilir. Ancak, bu işlem sırasında parçanın iç kısmında önemli bir sıcaklık artışı ve dolayısıyla yapısal değişime meydan vermemek

gerekir. Yoğun ısıtma, oksijen - yanıcı gaz (asetilen, propan vb.) alevi yardımıyla sağlanır. Bu işlemde, su verme sıcaklığı normal su verme sertleştirmesi için gerekli tavlama sıcaklığından daha yüksektir.

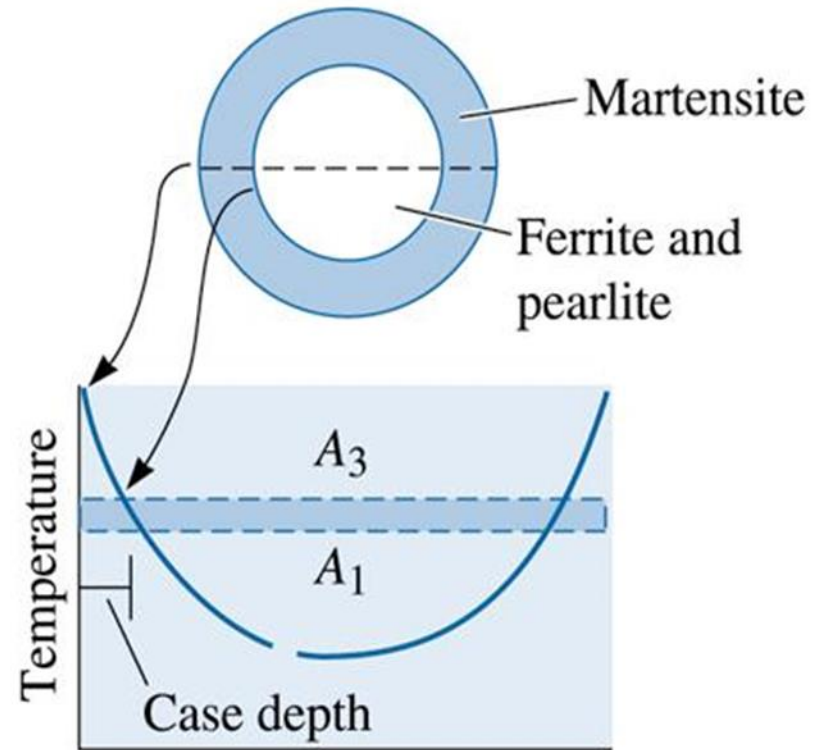
Alevle sertleştirme işlemi sırasında, çeliğin kimyasal bileşiminde herhangi bir değişme meydana gelmez. Çelik parçanın istenilen bölgesi uygun sıcaklığa kadar ısıtılıp, ostenitleştirildikten sonra su verilerek sertleştirilir. Bu nedenle söz konusu işlem, sertleşmeye elverişli ve genelde %0,3 ile %0,6 oranları arasında karbon içeren çeliklere uygulanır. Alevle yüzey sertleştirme işleminin prensip şeması Şekil 7.48 'de görülmektedir.



Şekil 7.48 Alevle sertleştirme işleminin prensip şeması



(a)



(b)

(a) Surface hardening by localized heating. (b) Only the surface heats above the A_1 temperature and is quenched to martensite.

Alevle sertleştirme işleminde gerekli ısı oksiasetilen alevi ile sağlanabildiği gibi, başka bir cihaz yardımıyla da elde edilebilir. Kullanılan cihaz yardımıyla parça yüzeyi otomatik olarak ısıtılıp soğutularak (su verme) sertleştirilebilir. Sertleşme derinliği; alev şiddeti, ısıtma süresi veya hareket hızının ayarlanması ile kontrol edilebilir. Elle çalıştırılan aletlerde, parçanın aşırı ısınmasını önlemek için beceri ve deneyim gerekir. Aşırı ısıtma, hem sertleştirilen tabakanın altında kalan bölgelerde aşırı ölçüde tane büyümesine, hem de su verme işleminden sonra çatlamaya neden olabilir. Alevle sertleştirme işlemi; (a) hareketsiz, (b) ileri hareketli, (c) dönme hareketli ve (d) hem dönme hem de ileri hareketli olmak üzere dört yöntemle yapılabilir. Birinci yöntemde parça ve üfleç hareketsizdir. Bu yöntem, vana sistemi ve açık ağızlı anahtarlar gibi küçük parçaların bazı noktalarının sertleştirilmesinde kullanılır. Hareketli yöntemde, oksiasetilen üfleci hareketsiz parçanın üzerinde hareket eder. Bu yöntem, torna tezgahı parçaları gibi büyük parçaların yüzeylerinin sertleştirilmesinde uygulanır. Ayrıca, büyük dişli çarkların dişlerinin sertleştirilmesinde de kullanılabilir. Dönme hareketli yöntemde oksiasetilen üfleci hareketsiz olup, parça dönmektedir. Bu yöntem hassas dişliler,

oksiasetilen üfleci hareketsiz olup, parça dönmektedir. Bu yöntem hassas dişliler, kasnak ve makara gibi dairesel kesitli parçalara uygulanır. Dönme-ileri hareketli yöntemde, üfleç dönen parçanın üzerinde hareket eder. Bu yöntem ise mil ve merdane gibi uzun silindirik parçaların yüzeylerinin sertleştirilmesinde uygulanır.

Bütün bu işlemlerde, yüzeyi gerekli sıcaklığa kadar ısıtılan parçaya aniden su verilir. Bu işlem, genelde parçaya su püskürtülerek gerçekleştirilir. Bazı durumlarda ise parçaya yağda su verilebilir. Su verme işleminden sonra parça 180-205°C arasındaki bir sıcaklığa kadar ısıtılıp, havada soğutulmak süretiyle gerilme giderme işlemine tabi tutulur. Bu gerilme-giderme işlemi yüzey sertliğini pek fazla değiştirmez. Alevle

sertleştirme yöntemi ile elde edilen sertleşme derinliği 3-6 mm arasında olup, bu değer genelde sementasyon yöntemiyle elde edilen sertleşme derinliğinden çok daha fazladır. İnce parçalar için, ısıtma ve su verme hızını artırmak suretiyle 1,5 mm'lik sertleşme derinliği elde edilebilir. Bu yöntemin belli başlı avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmektedir.

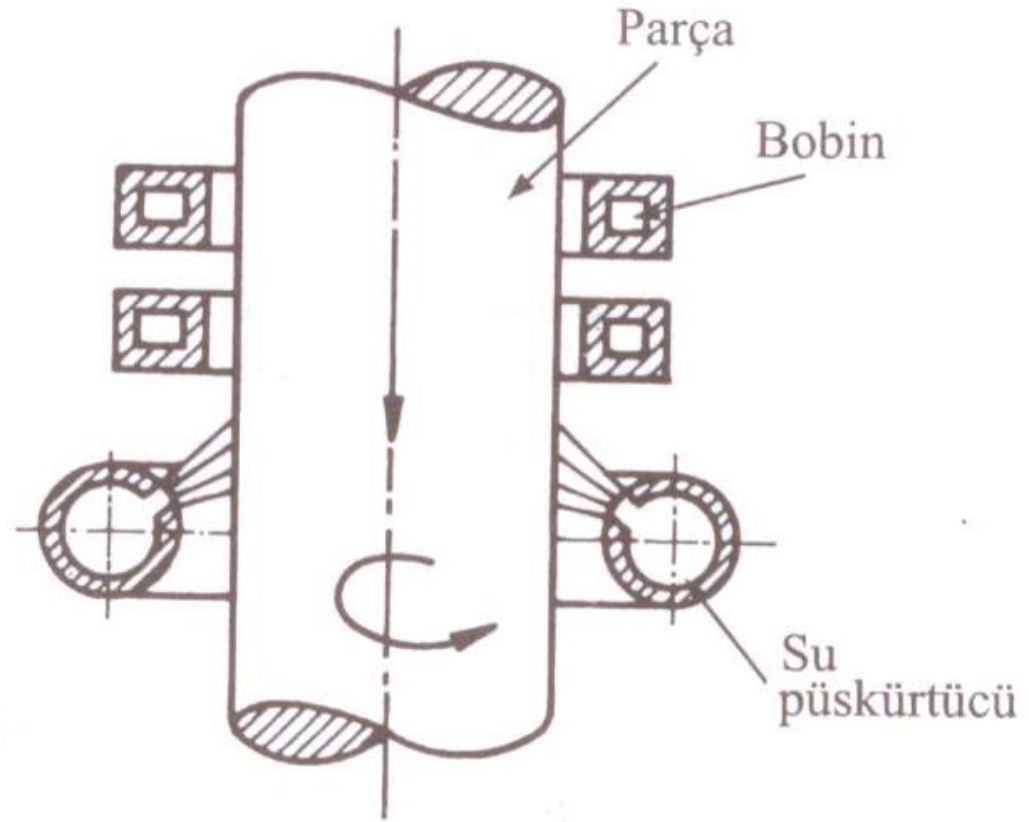
Avantajları: Çevreye ve koşullara uyartılabilir. İşyerine taşınarak sertleştirilmek istenen parçalara uygulanabilir. Fırınlara sığmayacak kadar büyük olan parçaların yüzeyleri oksiasetilen alevi ile sertleştirilebilir. Bu işlem sırasında parça yüzeyinde tufal oluşmadığı gibi, karbon kaybı ve çarpılma sorunlarıyla da karşılaşılmaz.

Dezavantajları: Aşırı ısıtma sonucunda parçanın hasara uğrama olasılığı vardır. Sertleşme derinliğini 1,5 mm'nin altına indirmek oldukça zordur.

7.21.4 Endüksiyonla Sertleştirme

Endüksiyonla sertleştirme işlemi, hızlı değişen manyetik bir alana yerleştirilen bir metal parçası içerisinde elektrik akımı oluşturma esasına dayanır. Bu işlemde kullanılan makina, çok sayıda bakır bobin içeren bir transformatörü andırır. Sertleştirilecek parça, yüksek frekanslı endüksiyon makinasının ikincil parçasını oluşturur. Yüksek frekanslı ünitelerde; (a) dış ısıtma için basit selenoid veya sarmal bobin, (b) delikli parçaların iç kısmının ısıtılmasına yarayan bobin, (c) dar aralıklarda tarama uygulamalarının yapılabilmesi için yüksek akım şiddeti sağlayan tabak biçimindeki bobin, (d) dönen yüzeylerin taranması için tek bobin ve (e) yerel ya da noktasal ısıtmaya yarayan iç içe geçmeli bobin olmak üzere 5 değişik bobin kullanılır. Endüksiyonla sertleştirme işleminin prensip şeması Şekil 7.49 'de verilmiştir.

Bobinlerin içerisinden yüksek frekanslı alternatif akım geçirilerek, yüksek frekanslı bir manyetik alan elde edilir. Manyetik alan, metal parçası içinde eddy veya girdap akımları ile histerezis akımları oluşturur. Oluşan yüksek frekanslı akımlar, metalin yüzeyinde hareket ederler. Buna kabuk etkisi adı verilir. Metalin bu akımlara karşı gösterdiği direnç nedeniyle ısınma sağlanır ve böylece bir metal parçanın iç kısmı ısıtılmadan yüzeyi ısıtılabilir. Ancak, yüzeydeki ısı merkeze doğru iletildiğinden, sertleşme derinliğinin ayarlanmasında ısıtma süresi önemli rol oynar. Parça yüzeyi akım frekansının (f) kare kökü ile ters orantılı olarak değişen bir derinliğe ($d \propto \frac{1}{\sqrt{f}}$) kadar aniden ısıtılır. Genelde seçilen frekans; 10.000 - 500.000 Hz değerleri arasında değişir. Endüksiyonla ısıtılan parçaya, Şekil 7.48'de görüldüğü gibi, su püskürtülerek yüzeyi sertleştirilir. Akım frekansının sertleşme derinliğine etkisi Tablo 7.6 'da verilmiştir.



Şekil 7.49 Endüksiyonla sertleştirme işleminin şematik gösterimi

Herhangi bir frekansta, ısıtma süresi uzatılarak sertleşme derinliği artırılabilir. Endüksiyonla sertleştirilen yüzey tabakası, alevle serleştirilen yüzey tabakasına benzer. Ancak, endüksiyon yöntemiyle daha düşük sertleşme derinlikleri elde edilebilir. Endüksiyon yöntemi, alevle sertleşme yönteminde olduğu gibi, orta düzeyde karbon içeren alaşımsız çeliklerin yüzeylerinin sertleştirilmesi için uygulanır. Piston kolu, pompa milleri, alın dişlileri ve kamlar genelde endüksiyonla sertleştirilir.

Endüksiyon yöntemiyle sertleştirilen parçalarda çarpılma riski yoktur. Bu yöntem, üretim hattında uygulanabilir. Endüksiyonla sertleştirme işleminde otomatik cihazlar kullanıldığından kişisel beceriye fazla gereksinim duyulmaz. Cihazın oldukça pahalı olması, karmaşık şekilli veya az sayıdaki parçaların sertleştirilmesi için ekonomik olmaması ve bakım masrafının oldukça yüksek olması da bu yöntemin dezavantajları olarak sayılabilir.

Tablo 7.6 Frekansın sertleşme derinliğine etkisi

Frekans (Hz)	Elektrik enerjisinin girme derinliği (mm)	Sertleşme derinliği (mm)
1.000	1,50	4,60-8,90
3.000	0,90	3,80-5,10
10.000	0,50	2,50-3,80
120.000	0,15	1,50-2,50
500.000	0,08	1.0-2,0
1.000.000	0,05	0,25-0,75

Herhangi bir frekansta, ısıtma süresi uzatılarak sertleşme derinliği artırılabilir. Endüksiyonla sertleştirilen yüzey tabakası, alevle serleştirilen yüzey tabakasına benzer. Ancak, endüksiyon yöntemiyle daha düşük sertleşme derinlikleri elde edilebilir. Endüksiyon yöntemi, alevle sertleşme yönteminde olduğu gibi, orta düzeyde karbon içeren alaşımsız çeliklerin yüzeylerinin sertleştirilmesi için uygulanır. Piston kolu, pompa milleri, alın dişlileri ve kamlar genelde endüksiyonla sertleştirilir.

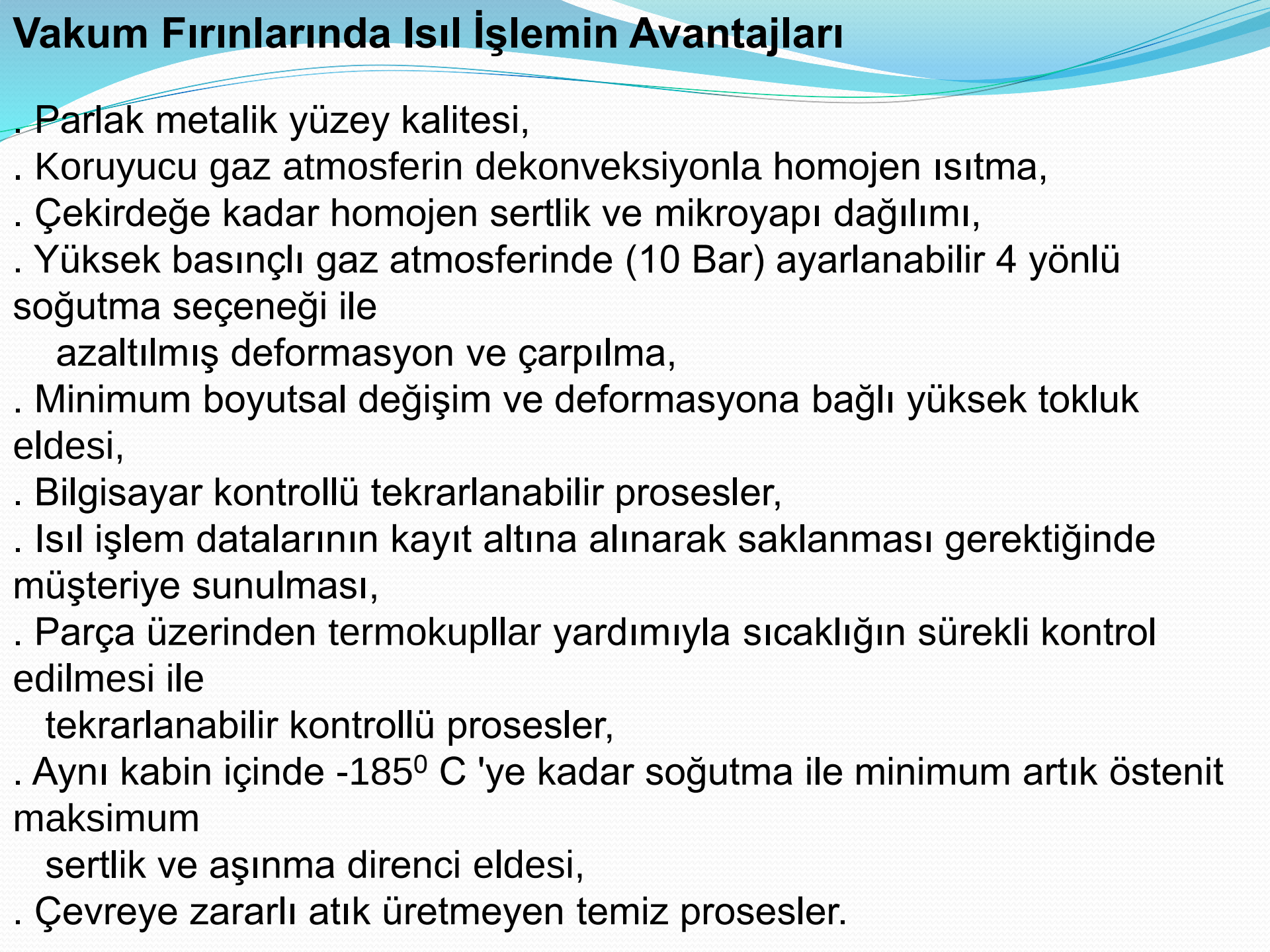
Endüksiyon yöntemiyle sertleştirilen parçalarda çarpılma riski yoktur. Bu yöntem, üretim hattında uygulanabilir. Endüksiyonla sertleştirme işleminde otomatik cihazlar kullanıldığından kişisel beceriye fazla gereksinim duyulmaz. Cihazın oldukça pahalı olması, karmaşık şekilli veya az sayıdaki parçaların sertleştirilmesi için ekonomik olmaması ve bakım masrafının oldukça yüksek olması da bu yöntemin dezavantajları olarak sayılabilir.



VAKUM FIRINLARINDA SOĞUTMA

Vakum Fırınlarında Isıtma ve Soğutma

- Takım çeliklerinin sertleştirilmesinde en önemli işlem soğutma işlemidir. Homojen olarak gerçekleştirilen östenitleme işleminin ardından parçalar gerektiğinde hızlı olabildiğinde yavaş bir hızda dönüşüm sıcaklığına soğutulmalıdır.
- Vakum fırınlarının değiştirilebilir soğutma parametrelerine ek olarak izotermal bekleme yapması büyük kesitli kalıpların marquench tekniği ile soğutulmasını mümkün kılar.
- Özellikle metal enjeksiyon ve dövme uygulamalarına yönelik büyük kesitli sıcak iş takım çeliklerinin ısıl işleminde bu teknik ile minimum deformasyon ve buna bağlı yüksek tokluğun yanında maksimum martenzitik dönüşüm ve ısıl yorulma direnci elde edilir.



Vakum Fırınlarında Isıl İşlemin Avantajları

- . Parlak metalik yüzey kalitesi,
- . Koruyucu gaz atmosferin dekonveksiyonla homojen ısıtma,
- . Çekirdeğe kadar homojen sertlik ve mikroyapı dağılımı,
- . Yüksek basınçlı gaz atmosferinde (10 Bar) ayarlanabilir 4 yönlü soğutma seçeneği ile
azaltılmış deformasyon ve çarpılma,
- . Minimum boyutsal değişim ve deformasyona bağlı yüksek tokluk eldesi,
- . Bilgisayar kontrollü tekrarlanabilir prosesler,
- . Isıl işlem datalarının kayıt altına alınarak saklanması gerektiğinde müşteriye sunulması,
- . Parça üzerinden termokupllar yardımıyla sıcaklığın sürekli kontrol edilmesi ile
tekrarlanabilir kontrollü prosesler,
- . Aynı kabin içinde -185°C 'ye kadar soğutma ile minimum artık östenit maksimum
sertlik ve aşınma direnci eldesi,
- . Çevreye zararlı atık üretmeyen temiz prosesler.



SEMENTASYON VE TUZ BANYOLARI

TAMÇELİK'de tuz banyolarında yapılan sementasyon işleminin yanı sıra gaz sementasyon işlemi CODERE gaz atmosfer fırınında yapılır.

Fırında sementasyon işlemi gaz atmosferinde yapılırken soğutma için ise 450° C'ye kadar çıkabilen tuz banyosu kullanılır.

Fırın çanı, sementasyon işlemi bittiğinde hareket ederek şarjı soğutma banyosunun üzerine getirir ve soğutma banyosu asansörü şarjı soğutma banyosuna daldırır.

Transferler esnasında ortama azot verilmesiyle şarjın hava ile teması önlenir.

Fırın tamamen bilgisayar kontrollüdür. Yüksek ısı ($\pm 5^{\circ}$ C) ve karbon potansiyeli (± 0.05 % C) hassasiyetine sahiptir.

Fırında yapılan ısı işlemler sonrası parçalarda düşük çarpılma ve homojen sertlik elde edilir.

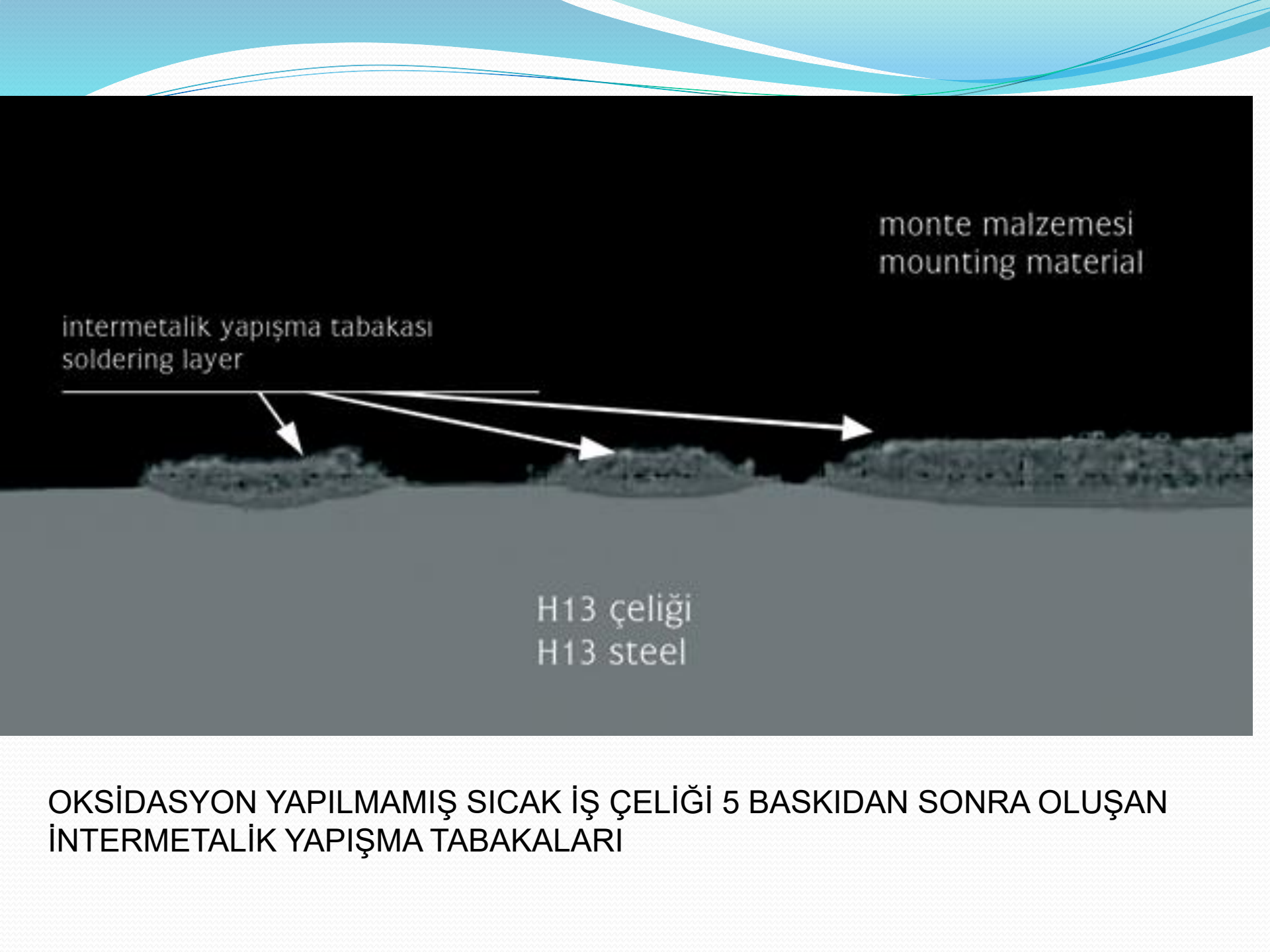


Birçok farklı malzemenin nitrüleme işlemini yapabilen fırın dövme uygulamaları, alüminyum ekstrüzyon kalıpları, plastik enjeksiyon kalıpları, düşük alaşımlı çelik parçalar için nitrasyon imkanı sunmaktadır.

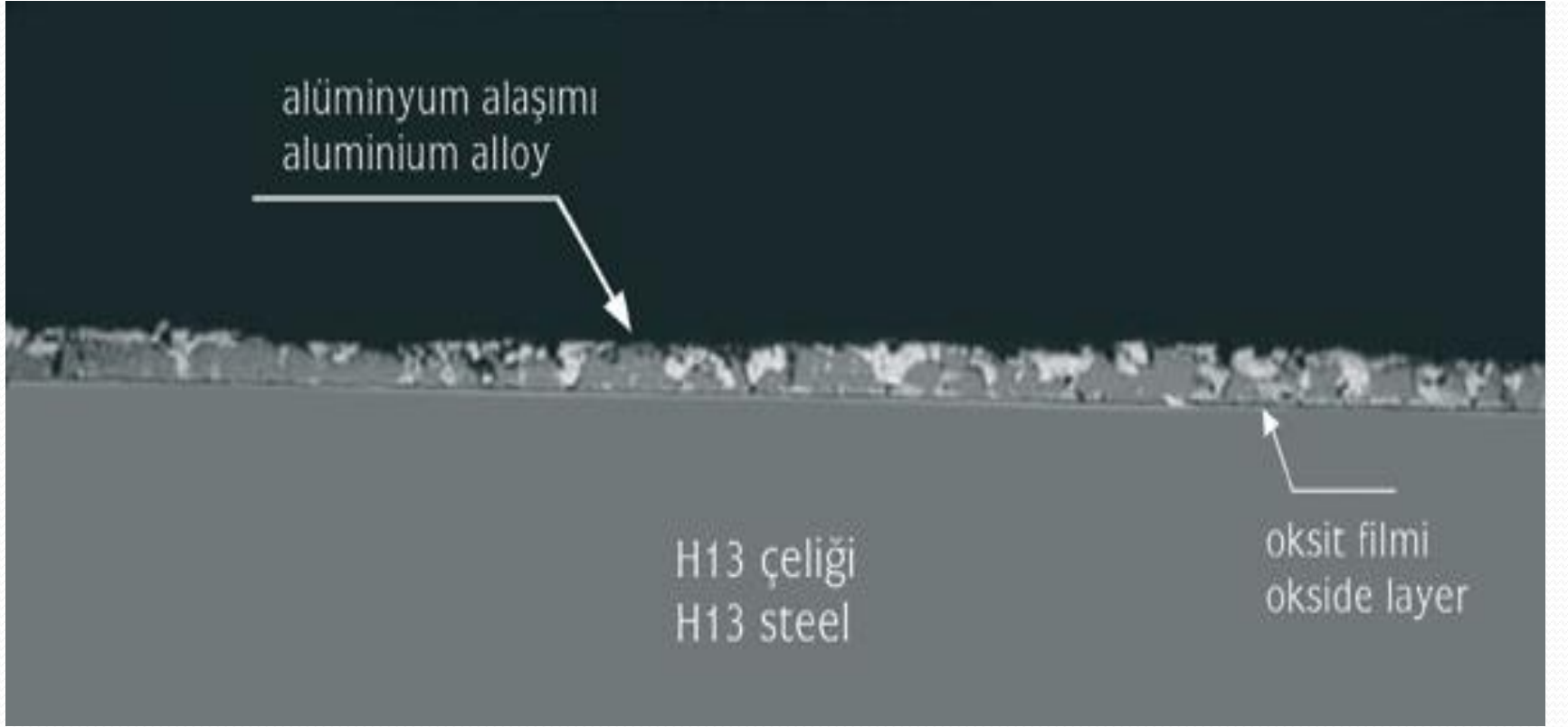
KALIPLARDA OKSİDASYON TABAKASININ OLUŞTURULMASI

- Oksidasyon yapışma ve buna bağlı adhesif aşınmanın yaşandığı metal enjeksiyon uygulamalarında kalıp yüzeyinde yağlayıcı özelliğe sahip oksit filmi oluşturma işlemidir.
- İşlem sonrasında yüzeyde oluşan 2-5 μm kalınlığındaki Fe_2O_3 ve Fe_3O_4 demir oksit filmi kalıp ile ergimiş metal arasında bir bariyer oluşturarak mekanik ve intermetalik faz oluşumuna bağlı yapışmayı engeller.
- Özellikle soğutmanın yetersiz kalabileceği yada yağlayıcı ve soğutucu spreyn ulaşmasının zor olduğu karmaşık figürlü kalıplarda ilk kullanımdan önce oksidasyon yapılması şarttır.

- Bu tür kalıplarda oksidasyonun en önemli etkisi kalıbın dizaynından dolayı yağlayıcının ulaşamadığı bölgelerde ergimiş metalin kalıp yüzeyine direk temasını engelleyerek yapışmayı azaltmasıdır.
- Oksit filminin bir diğer etkisi ise ergimiş metalin kalıp yüzeyini ıslatma açısını düşürüp ara yüzeydeki ani termal şok etkisini azaltması böylece ısı yorulma çatlaklarının oluşumunu geciktirmesidir.
- Kalıp kullanıma hazır hale geldikten sonra uygulanan oksidasyon işlemi son meneviş sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta yapılır ve sertleştirme sonrası uygulanan talaşlı işleme, taşlama, dalma erozyon gerilimlerini minimize ederek kalıbın ısı yorulmaya karşı dayanımını artırır.
- Son işlem olan oksidasyon kalıp deneme baskısı yapmadan önce uygulanır ve ardından kesinlikle parlatma işlemi uygulanmaz.



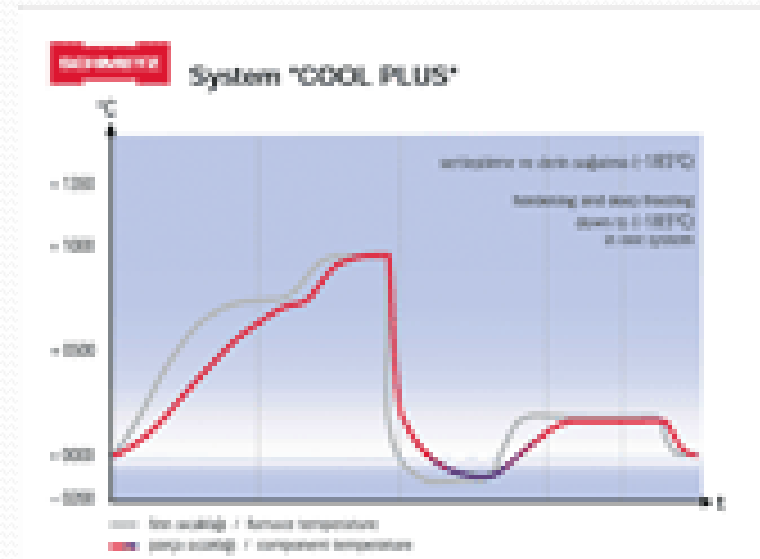
OKSİDASYON YAPILMAMIŞ SICAK İŞ ÇELİĞİ 5 BASKIDAN SONRA OLUŞAN
İNTERMETALİK YAPIŞMA TABAKALARI



OKSİDASYON SONUCUNDA OLUŞAN OKSİT FİLMİ ARADA BARIYER OLUŞTURURAK YAPIŞMAYI ENGELLEMİŞTİR.

Sıfır Altı İşlemi Subzero (sıfır altı işlemi)

- Kriyojenik işlem olarak da adlandırılan bu işlem yüksek aşınmaya maruz kalan takımlarda aşınma direncini artırma amaçlı uygulanan modifiye edilmiş bir soğutma işlemidir.
- Takım çeliklerine uygulanan geleneksel sertleştirme yöntemlerinde çelik östenitleme işleminin ardından çelik cinsine bağlı olarak çeşitli soğutma ortamlarında minimum mümkün sıcaklık olan oda sıcaklığına kadar soğutulur ve martenzitik yapı elde edilir.
- Yüksek alaşımlı çeliklerde ise sertleşmeyi sağlayan martenzitik dönüşüm belirli bir sıcaklıkta (150-300° C) başlar ve oda sıcaklığında sona ermez.



- Oda sıcaklığına kadar yapılan konvansiyonel soğutmayla bu tür çeliklerin bünyesinde yüksek oranda kalıntı östenit olarak adlandırılan metastabil faz bulunur (1.2379 çeliğinde sertleştirme sıcaklığına bağlı olarak kalıntı östenit miktarı %12-20 arasında değişim gösterir).
- Takımın aşınma direncini kötü etkileyen kalıntı östenit fazını gidermenin en etkili yolu konvansiyonel soğutma ardına sıfır altı işleminin uygulanmasıdır.
- Sıfır altı işleminde parçalar sıvı azotun buharlaştırılmasıyla -185° C'ye kadar soğutularak maksimum oranda aşırı doymuş martenzitik yapı elde edilir.
- Sıfır altı işlemini takiben uygulanan menevişleme işleminde ise konvansiyonel sertleştirme işleminde gözlenmeyen eta karbürler çelik matrisinde çöker, hem artık östenitin giderilmesi hem de eta karbür çökmesine bağlı olarak yüksek alaşımlı çeliklerde maksimum aşınma direnci elde edilir.

Tuz Banyolarında Isıl İşlem

- Tuz banyolarında ısıtıl işlem, yıllardan beri uygulanan Dünya'da ve ülkemizde sıklıkla tercih edilen kaliteli sonuçlar veren hızlı bir prosestir.
- Nötr tuz banyolarında takım ve ıslah çelikleri, çelikle reaksiyon göstermeyen nötr tuzlar içerisinde gerekli ön ısıtma kademelerinden geçirilerek sertleştirme sıcaklığına çıkarılır ve uygun ortamda soğutulurlar
- Daha sonrasında gerekli temperleme kademeleri uygulanarak parçalar kontrolden geçirildikten sonra sevkiyata hazır hale getirilirler.

Tuz Banyolarında;

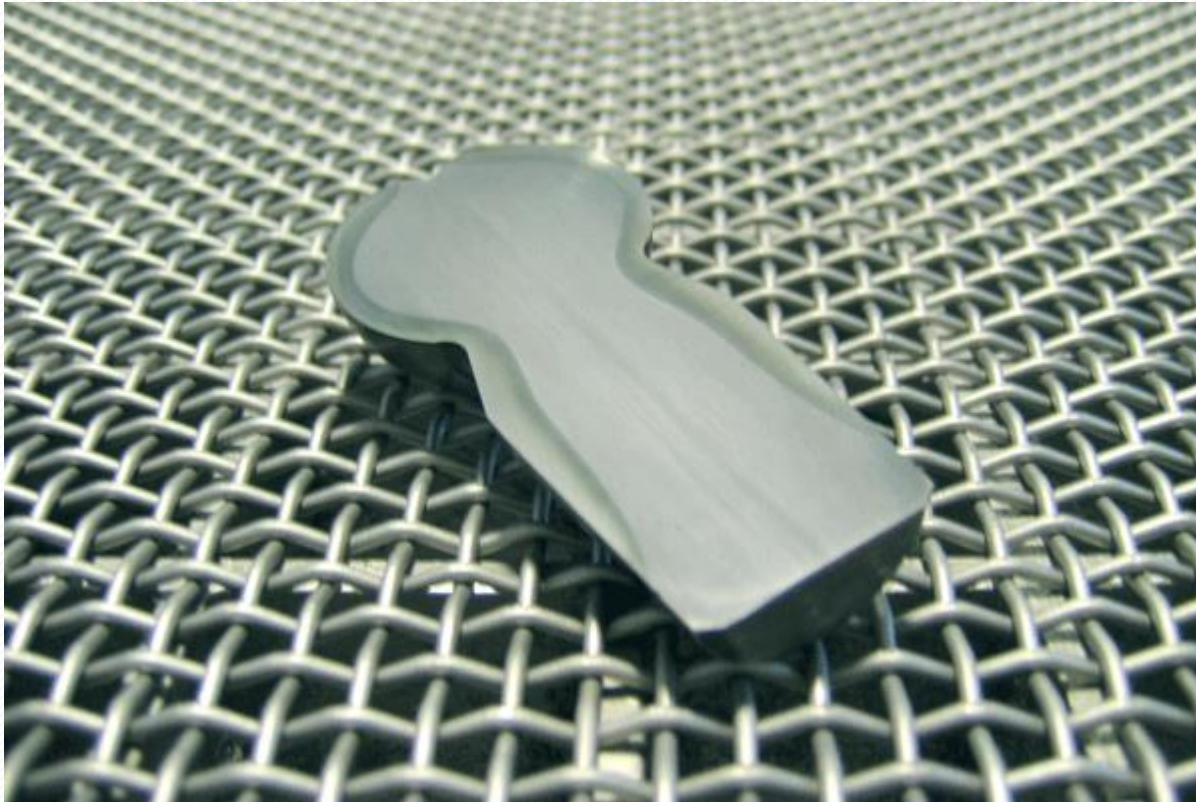
- . Sementasyon
- . Tenifer (**Nitrokarbürizasyon**)
- . Nötr banyoda sertleştirme
- . Yumuşatma tavlama
- . Gerilim giderme işlemleri yapılır.



İndüksiyon Makinaları

- İndüksiyon yüzey sertleştirme parçanın tamamında sertlik istenmediği durumlarda kullanılan alternatif bir ısıtma işlem türüdür.
- Özellikle otomotiv sanayinde yoğun olarak tercih edilir. İndüksiyon yüzey sertleştirme bölümünde, parça teknik resmine göre sertlik istenen bölgeler elektriksel manyetik alan ile hızlı bir şekilde sertleştirme sıcaklığına çıkarılır ve ani olarak soğutulurlar.
- Soğutma ortamı olarak su veya yoğunluğu ayarlanmış yağ kullanılır. Bu sayede parçaların istenen bölgeleri sertleştirilirken diğer bölgeler ise yumuşak kalır.





Isıl İşlem'de Kalite

- Takım çeliklerinin ısıtıl işlem sonrasında kazandıkları mekanik özelliklerin servis şartlarına uygun olup olmadığının kontrolü takım performansı açısından son derece büyük öneme sahiptir.
- Isıl işlem sonrasında meydana gelen mikroyapısal değişimler ve değişimlerin mekanik özelliklere etkileri sadece sertlik ölçümüyle kontrol edilmesi günümüz yüksek performanslı takım ve kalıpları için yeterli olmamaktadır.
- Takım çeliklerinde aynı sertlik değerini farklı mikroyapılarla elde etmek mümkündür dolayısıyla ısıtıl işlem öncesinde ve sonrasında takımların tane boyutu, karbür dağılımı, bantlaşma ve mikrosegregasyon durumunun kontrol edilmesi gerekmektedir.
- Özellikle metal enjeksiyon, dövme ve ekstrüzyon uygulamalarında kullanılacak sıcak iş takım çeliklerinde ısıtıl işlem sonrasında kalıpların tokluğunu ve sığağa dayanımını doğrudan etkileyen tane boyutu, soğutma hızına bağlı karbür dağılımı bantlaşma ve mikrosegregasyon gibi özelliklerin standartlara bağlı referans tablolarına göre kontrol edilmesi gerekir.

Yapılan Muayene ve Kontroller:

- . Rockwell Sertlik Testi (ASTM E-112 Standardına göre)
- . Vickers Sertlik Kontrolü. (ASTM E-384 Standardına göre)
- . Tane Boyutu Kontrolü. (ASTM E-112 Standardına göre)
- . Bantlaşma ve Mikrosegregasyon Kont. (NADCA 207-2003 Ref.Cha.)
- . Kalıntı ve İnklüzyon Kontrolü (ASTM E-45 Standardına göre)
- . Efektif Sertlik Derinliği Kontrolü** (TS 1719 ve JİS-g-0559)
- . Penetran ile Çatlak Kontrolü (ASTM E-165-02)
- . Dekarbürizasyon kontrolü