

Uğur ÖZSARAÇ

Ramazan YILMAZ

F. Alpaslan EKERER

Hüseyin UZUN

(Sakarya Üniversitesi, Teknik

Eğitim Fakültesi

Ozanlar-ADAPAZARI)

Sementasyon işlemi yapılan çeliklerde mikro sertlik ve mikroyapı değişimlerinin incelenmesi

ÖZET

Yüze sertleştirme işlemleri, çelik yüzeylerin kimyasal bileşimlerinin değiştirildiği termo-kiyasal işlemlerdir. Bunlar, belirli bir derinlikte, sertleştirilmiş bir katman elde etmek amacıyla çelik yüzeyine karbon, azot veya her ikisinin birden ilave edildiği proseslerdir. Yaygın olarak düşük ve orta karbon değerlerine kadar olan çeliklere, özellikle yüzeylerinde yüksek sertlik, yorulma dayanımı ve aşınma direnci sağlamak amacıyla uygulanır. Sementasyon işlemi ayrıca yeterli çekirdek mukavemeti ile çekme gerilmeleri ve yorulmaya karşı koyabilmek için gerekli tokluk değerlerinin elde edilmesini sağlar.

Bu çalışmada Amerikan standartlarına göre SAE 8620, Alman normlarına göre de 21 NiCrMo2 (1.6523) olarak bilinen çeliklerin kutu sementasyonu yöntemiyle karbürlenme ve sonrasında sertleştirilmesi incelenmiştir. Karbürleme sıcaklığı 930 °C, sertleştirme sıcaklığı ise 870 °C olup 25 dakika bekletilip su içerisinde sertleştirilmiştir. 0.5, 1, 5, 10 saat karbürleme dört ayrı sürede yapılmıştır. Elde edilen sertlik değerleri ve metalografik incelemede görülen mikroyapıların literatürdekilerle uyum içinde olduğu görülmüştür.

1. GİRİŞ

Endüstrinin en önemli malzemesi olan çeliklerin bir çok kullanım alanı vardır. Özellikle makina endüstrisinde çok geniş kullanım alanları bulmaktadır. Örnek kullanım alanı olan krank milleri ve dişli çarklarının kullanım performanslarının artırılması, parçaların dış kısımlarının sert ve aşınmalara karşı dirençli, iç kısımlarının ise muhtemel darbelere karşı dayanıklı ve tok olması gereklidir. Çeliklerin içerisindeki karbon miktarı, yüzde olarak belirli bir oranın üzerinde olduğunda, sertleştirilme işleminin sonunda dış ve iç kısımları sert bir yapıya sahip olacağından, bu şekilde uygun malzeme olarak kullanımı sınırlanmaktadır. Ayrıca çeliklerde aşınma ve korozyon problemlerinden dolayı önemli miktarda malzeme kayıpları olmaktadır. Bu miktar, ekonomik değeri para olarak 5 milyar dolar/yıl olarak tahmin edilmektedir. Miktarın çok yüksek olması bu probleme karşı alınacak tedbirlerin önemini ortaya koymaktadır.

Alternatif çözümlerden birisi yüzey sertleştirmedir. En tanınmış ve en eski bir kabuk sertleştirme yöntemlerinden biri olan sementasyon işlemi ile içerisinde % 0.1-0.25 C bulunan alaşımsız ve çok alaşımlı çeliklere uygulanır. Yüzeyleri karbonca zenginleştirildikten sonra yapılan sertleştirme işlemi ile istenilen amaca uygun malzemelerin üretimi mümkündür. Sementasyon işlemi hakkında literatürde bir çok bilgiler vardır.[1-7] Sementasyon işlemi yapılan çeliklerden aşağıdaki özellikler beklenir.

- Uygun sertlik sonucunda iyi derecede aşınma ve erozyon direnci göstermeleri
- Yeterli kalınlıkta kabuğun boyunca uygun dayanım sonucunda yüksek yüzey basınçlarına karşı koyma direnci ve kabiliyeti
- Uygun stres dağılımı sonunda yorulma dayanımının artması
- Karşılaşılan servis şartlarına bağlı olarak dış yüzeyde uygun dayanım ve iç kısmın da tok olması

Genellikle sementasyon uygulanan çeliklerin çekirdekteki mikroyapısı ferritik ve perlitik yapıdan oluşmaktadır. Yüzeyden iç bölgeye doğru sertlik değerleri arasında olan aşırı farklar, kullanım sırasında çeliğin yumuşak kısmında çatlak oluşumuna neden olmaktadır. Bu değişik oranlardaki çeşitli alaşım elementleri içeren çeliklerin kademeli olarak sertleştirilmesi ile önlenmektedir. Mikroyapı incelemeleri, çeliğin kullanımı sırasında en uygun performansı sağlayabilecek sementasyon işleminin yapılacağı hususunda kılavuzluk eder. Bu işlem ile tane büyüklükleri veya incelemeleri, oluşabilecek çatlak ve kırılmaların belirlenmesi açısından önemlidir. Literatürde

[8, 9] sementasyon edilmiş malzemelerin mikroyapılarının yorulma dayanımlarına ve dolayısıyla malzemelerin kullanım ömrüne etki ettiği belirtilmektedir.

Karbürleme süresi, sıcaklığı, karbon oranı, soğutma hızı ve sertleşebilirlik büyük önemi olan parametrelerdir. Sertlik derinliği ve yüzey sertliği, yapı farklılıklarına, iç gerilmelere ve sonunda oluşabilecek çatlaklara ve dolayısıyla yorulma dayanımına etki etmektedir.

Bu çalışmada kutu içerisinde karbonlama yöntemiyle karbon emdirilmiş SAE 8620 çelikleri için 0.5, 1, 5, 10 saat karbürleme süreleri seçilmiş, daha sonra suda sertleştirilmiştir. Numunelerden yüzeyden iç kısma doğru sertlik değerleri alınmış, elde edilen sertlik değerleri metalloğrafik inceleme sonucundaki görülen mikroyapılarla karşılaştırılmıştır.

2. SEMENTASYON ÇELİKLERİ VE SEMENTASYON İŞLEMİ

2.1 Genel

Sementasyon çelikleri karbon oranları % 0.2 nin altında olan çeliklerdir. Sementasyon işlemi sonrası yüzeyleri sert ve aşınmaya dirençli, iç kısımları ise yumuşak ve tok olması istenilen darbeli ve değişen kuvvete maruz kalan dişli çarklar, miller, makaralar, kesici takımlar gibi uygulama alanlarına sahiptir. Sertleştirilmenin sonradan yapılması ve sertleştirme öncesi yumuşak çeliklerle aynı özelliklere sahip olması talaş kaldırılarak işlenilmesini kolaylaştırır. Sertleştirilmesi istenmeyen ve yumuşak kalması arzu edilen yüzeylerin bakırla kaplanarak korunması, iç kısımların tok olması sonucu çarpılma ve çatlak oluşumunun minimuma indirilebilmesi gibi avantajlara sahiptir.

Malzemelerde bileşiği oluşturan atomlar, hangi ortam olursa olsun aynı kimyasal bileşime sahip olmak için "difüzyon" olarak isimlendirilen yayılma eğilimindedir. Bu durum boşluk ve ara yer atomu gibi mekanizmalarla gerçekleşir. Sıcaklık yükselmesi yayılmayı hızlandırır. Difüzyon, atomun çevresi ile bağlarını kurtarması, sonra atomların arasındaki boşluklardan geçmesi ve yeni çevresi ile yeniden bağ kurması aşamaları ile gerçekleşir. Genelde atomlar yüksek konsantrasyonlu bölgeden düşük konsantrasyonlu bölgeye yayılma eğilimindedir.[2]

Karbürleme sırasında elde edilen derinlik sıcaklık ve zamana bağlıdır ve aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$SD=K \sqrt{t(1)}$$

Burada :

SD: Sementasyon derinliği

K : Sıcaklık ve çeliğin kimyasal bileşimine bağlı difüzyon sabiti

t : Sementasyon süresidir.

Toplam sementasyon derinliği ile etkili sementasyon derinliği birbirine karıştırılmamalıdır. Etkili sementasyon derinliği genelde, toplam sementasyon derinliğinin 2/3'ü ile 3/4'ü arasındadır. 0.76 mm' den daha az sementasyon derinlikleri için tek bir döngü yeterli olacaktır. Daha fazla derinlik istenildiğinde ise iki aşamalı (karbürleme difüzyon) bir proses gerekir.[7]

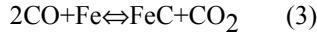
Tipik olarak, sementasyon ve su verme prosedürleri sonunda 60-63 HRC lik bir kabuk sertliği ve 10-40 HRC' lik bir çekirdek sertliği elde edilmekle beraber, kabuk ve çekirdek sertlikleri, çeliğin kimyasal bileşimine, iş parçasının kesit kalınlığına ve ısıl işlem prosedürüne bağlıdır.[7] Sementasyon işlemi yapıldığı ortama göre üç şekilde uygulanmaktadır: Gaz ortamda sementasyon işlemi, sıvı ortamda sementasyon işlemi ve katı ortamda sementasyon işlemi.

2.2 Kutu Sementasyonu

Kutu sementasyon ile ilgili detaylı bilgiler literatürde vardır. [10-11] Kutu sementasyonun avantajları sırasıyla: Önceden hazırlanmış atmosfere gerek olmadığından her türlü fırında kullanılması, sayı olarak az ve büyük parçalar için ekonomik olması, karbürleme işlemi sonunda, semente edilen parçaların sertleştirme işleminin yapılabilmesidir. Bu gibi avantajlarının yanında; ince karbonlama derinliklerinde toleransların hassas olamayışı, yüzey karbon miktarının tam olarak kontrol edilemeyişi, karbonlama bileşiğinin ve kutu hacminin parçaların ısınma ve soğuma hızının azalması nedeniyle işlem süresinin uzaması gibi dezavantajları vardır. [10]

Karbürleme işlemi katı ortamda gerçekleştirilir. Genellikle odun kömürü, taş kömürü koku gibi karbon içeren maddeler kullanılır. Bu sistemde aşağıdaki şekillerde termo-kimyasal tepkimeler meydana gelir.

Sıcaklığın yükselmesi ile kutu içerisindeki havanın oksijeni ile reaksiyona girerek CO₂ oluşturur. CO₂ de havanın oksijeni ile reaksiyona girerek CO meydana getirir. Karbürleme işlemi karbon monoksit gazı ile olur.



Sıcaklığın artmasıyla, yukarıdaki reaksiyona göre CO oluşumu artar. Ortaya çıkan CO numunelerin yüzeylerinde ayrışarak CO₂ ve atomik karbon meydana getirir. Atomik karbon, östenit faza gelmiş olan çelik tarafından emilerek bünyede çözünür. Böylece numunelerin yüzeyleri karbonca zenginleşmiş olur. Açığa çıkan CO₂ tekrar odun kömürü ile reaksiyona girer ve CO gazı meydana getirir ve reaksiyonlar aynen devam eder.

Kutudaki oksijen miktarı zamanla azalacağından gerekli CO₂ üretilebilmesi için kömüre aktifleştirici maddeler katılır. Bunlar BaCO₃ (Baryum karbonat) ve Na₂CO₃ gibi yüksek sıcaklıklarda parçalanan toprak alkali karbonatlarıdır ve aşağıdaki reaksiyondan oluştururlar,

BaCO₃ ⇒ BaO + CO₂ (4) Daha sonra reaksiyon (2) yeniden oluşur ve böyle devam eder.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Malzeme

Bu çalışmada SAE 8620 çelikleri kullanılmıştır. Çeliklerin spektrometrik analiz sonuçları şöyledir:

Tablo 1: SAE 5115 ve SAE 8620 kimyasal bileşimleri								
Numune	Kimyasal Bileşim (% ağırlık)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
8620(21NiCrMo2)	0.19	0.41	0.65	0.096	0.036	0.71	0.29	0.63

3.2 Sementasyon ve sertleştirme işlemi

Numuneler dökme demirden yapılmış kutu içerisindeki odun kömürünün içerisine gömülmüşlerdir. Kömür tabanda 3-5 cm'lik bir tabaka oluşturacak şekilde kutulara doldurulur. Yüzeyler 1-2.5 cm, yan kısımda ise en az 5 cm'lik kömür olacak şekilde örtülür. Kutunun ağzı sıkıca kapatılır. Sıcaklık kontrollü bir tav fırınına yerleştirilir. Küçük kutular kullanılmalıdır. Büyük kutular kullanıldığında ortadaki parçaların ısınması ve karbürlenmesi yetersiz olabilir. Sementasyon işlemi yapılacak numunelerin yüzeyinde yağ, pas, kir kalmayacak şekilde zımpara ile temizlendikten sonra kutu içine yerleştirilir.

Karbürleme sıcaklıkları genelde 850-950 °C arasındadır. Bu çalışmada kutudaki karbürleme sıcaklığı 930 °C, sertleştirme sıcaklığı ise 870 °C'dir. Numuneler bu sıcaklıkta 25 dakika tutulmuştur. Daha sonra numuneler suya daldırılmıştır. Her iki çelik türü için 0.5, 1, 5, 10 saatlik karbürleme süreleri seçilmiştir.

3.3 Mikrosertlik Ölçümü

Çeliklerin sertleştirilmesinden sonra kesit yüzeyi üzerinden dış kabuktan içeri doğru sertlikleri ölçülmüş ve sertlik ölçümleri MIKROSCAN marka mikrosertlik cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler kısa aralıklarla yapılmıştır. Ölçümden önce numunelerin yüzeyleri parlatılmıştır. Sertlikler Vickers sertlik ölçüm yöntemi ile yapılmıştır. Bu yöntemde batıcı uç piramit şeklinde olup elmadır.

3.4 Metalografik inceleme

Sementasyon işlemi yapılmış numunelerin mikroyapı incelemesi optik mikroskop ile 1000 kez büyütmede çekilen mikrofotografılarla yapılmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞILMASI

0.5, 1, 5, 10 saatlik sürelerde karbürleme işlemi yapılan SEA 8620 çeliğinden elde edilen sertlik değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan da görülebileceği gibi 0.5 saat karbürleme süresi sonrası kabuk yüzeyinde 660 VSD

(Vickers sertlik değeri) elde edilmiştir. Bu değer şekil 1(a)'da verildiği gibi çekirdeğe doğru hızla düşmektedir. 0.7 mm derinlikte ve çekirdekte elde edilen sertlik değerleri aynıdır. Orijin, diğer bir deyişle numunenin çekirdeğindeki sertlik değeri olan 467 VSD dikkate alınırsa, iç ve dış yüzey arasındaki sertlik değerlerindeki fark azdır. Buradaki değer diğer numunelerin çekirdek bölgesinden alınan sertlik değerinden (439 VSD) büyüktür. Sertlik değerinin az olması numunenin östenit bölgesi sıcaklığında (A₃) çözülebilen karbon yoğunluğunun azlığını göstermektedir. Sertleştirme işleminden sonra yeterli seviyede martensit fazı oluşturmaktadır. Bundan dolayı sertleşme değeri ve sertleşme derinliği büyük değildir. Çözülen karbon miktarının, süre kısa olduğundan üst kabuk bölgesindeki mikroyapıda % 0.8 'den az olduğu sanılmakta ve düşük sertlik değerlerine neden olmaktadır. Yüzey karbon miktarının ötektoid noktasına uygun olmasına çalışılır. Ötektoid nokta alaşımız

Tablo 2: SAE 8620 nin sementasyon işlemi sonrası elde edilen sertlik değerleri				
Derinlik [mm]	Çeşitli karbürleme sürelerinde sertlik değerleri [VSD]			
	0.5 saat	1 saat	5 saat	10 saat
0.1	660	742	766	766
0.2	660	742	-	-
0.3	533	636	766	-
0.4	498	571	-	766
0.5	498	551	766	-
0.6	-	551	-	-
0.7	-	551	766	-
0.8	-	533	-	766
0.9	-	533	742	-
1.1	-	-	636	-
1.2	-	-	-	766
1.4	-	-	-	-
1.6	-	-	-	742
1.8	-	-	-	536
ORJİN	467	439	439	439

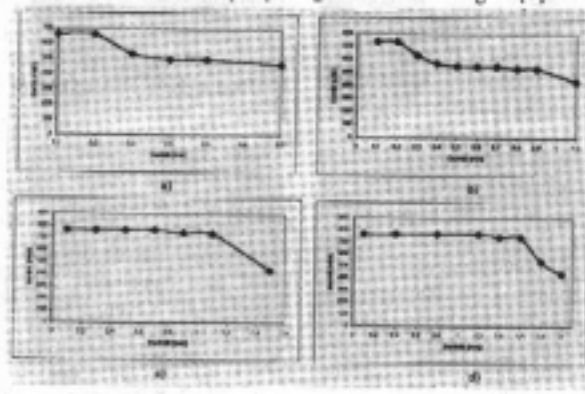
çelikler için % 0.8 C civarı iken alaşımlı çeliklerde bu oran biraz daha düşüktür. En az 60 HRC bir yüzey sertliği elde edilmek için % 0.5 C miktarı gerekli olduğu halde, alaşımlı çeliklerde bu oran daha düşüktür. 60 HRC, tablodan bakıldığında 700 VSD'ye karşılık gelmektedir. Deneyde kullanılan numunenin sertleşen bölgedeki çözünen karbon miktarı %0,5 C oranını aşmamaktadır. Şekil 2a'da görüldüğü gibi setleşen bölgeden çekilen mikroyapı düz martensit şeklindedir. Mikroyapıda perlit taneciklerine rastlanmaktadır. Yüzey karbon miktarı % 0.9 C oranını aşmamalıdır. Çünkü, bu durum zararlı karbon çökelmelerine ve sertleşmeye neden olur. Kromlu çeliklerde karbürleme esnasında karbür çökmesi görülmektedir.[10] Kısa süreli karbürleme işleminde karbon oranının bu değeri aşması mümkün değildir. Karbürleme süresi 1 saat olduğunda Şekil 2 b'de olduğu gibi yüzeye yakın bölgelerde iğneli martensit yapı vardır. İç kısma doğru perlitik yapı üzerinde sementit oluşmaktadır. 5 saatlik karbürleme işleminden sonra yüzeye doğru iğneli martensitik yapı görülmektedir (şekil 2c). Bu bölgelerdeki sertlik değerleri maksimuma ulaşmaktadır. Şekil 2 d'de görüldüğü gibi çekirdek bölgeye doğru yapı kabalaşmakta, perlitik beynitik yapı olmaktadır. Bu bölgedeki karbon yoğunluğu ötektoid nokta civarındadır. Bu yapı başka mikroyapı çalışmaları sonuçlarıyla uyum içerisindedir.[7]

Şekil 1b'de sertleşme derinliği 0,2 mm derinliğe kadar maksimum seviyededir. İç bölgeye doğru sertlik değerinde önce dramatik düşüş sonra 1.1 mm derinliğe kadar aynı sertlik değeri görülmektedir. Sertlik değerlerinde artış 5 saatlik karbürleme süresi ile maksimum değere çıkmakta ve karbürleme süresinde bu değerde büyük artışlarda sertlik değerinde de artış görülmektedir. Burada karbürleme sıcaklığında çözünen karbon miktarı artmakta ve ötektoid üstü bir değere ulaşmaktadır. Aynı zamanda sertleşme derinliği 1.6 mm, 10 saatlik karbürleme süresinde 1.8 mm derinliğe kadar yüksek sertlik değerleri vermektedir. Yüzeyde alınabilecek

maksimum sertlik değerleri yapının tamamıyla martensite dönüşmesiyle ilgilidir. Sertlik değerlerine bir çok faktör etki edebilir. Karbürleme zamanı ve sıcaklığı karbon potansiyeli, soğutma hızı ve çeliğin sertleşebilirliği en can alıcı parametrelerdir.[12] Östenit bölgesinde karbon çözülme miktarı ve bunlardan en önemlisi olan soğutma hızının artmasıyla sertlik değerinde düşüş görülür. Soğutma hızı aynı zamanda mikroyapıyı belirleyen önemli bir parametredir. Daha önce yapılan karbürleme işlemi sonunda 20Ni MoCr6 çeliği 930 °C 30 dakikada 1.14 % C çözülme ve soğutma süresi uzun tutulmasına rağmen mikroyapı beynitik yapıdan daha çok perlitik yapıya dönüşmektedir. Bu durum molibden içeren çeliklerin genel özelliği olarak görülmektedir. Bu çelikler çok uzun sürede 500 °C' ye ulaştığında beynitik kalıntı miktarı çok olmakta böylece sertlik değeri düşmektedir.[13] Soğutma hızının azalmasıyla karbon miktarının azalması, ötektoid öncesi karbit katılımı, kalıntı östenit miktarlarında azalmaya neden olmakta, dolayısıyla sertlik değerleri düşmektedir. Alaşımız çeliklerde maksimum sertlik alaşımlı çeliklere kıyasla daha düşük oranda karbon çözülmesiyle elde edilir. Bazen C yüzdesi ötektoid noktasından fazla olduğunda düşük sertlik değerleri elde edilir. Bu durum yapıdaki kalıntı östenitlerin büyümesi nedeniyle olur.[14]

(2) nolu kimyasal reaksiyondaki gibi C östenit fazın içerisinde ilerlemeye başlar. Pratikte 1.5 mm'lik karbonlama derinliğine kadar saatte 0.1 ile 0.12 mm arası karbon çözüldüğü kabul edilir.[10] Bu eşitlikte (2) CO₂ ve CO'deki karbon oranı östenitteki karbon seviyesini belirli bir düzeyde tutması için yeterli karbon potansiyeline sahip olmalıdır.

Krom ve molibden içeren çelikler, maksimum sertliğe ötektoid oranlarında ulaşır. Östenit bölgesinde aşırı doymuşluk bazen sertlik düşüşüne neden olmaktadır. Krom nikelli çeliklerde 0.7 % C ve nikel, molibden, krom elementleri varsa ve yüzde karbon oranı % 0.8'den düşük ise sertlik değerleri her zaman yüksektir. Karbon oranlarındaki artış alaşımlı çeliklerde faz dönüşümünün başlamasını geciktirmekte ve yavaşlatmaktadır. Bu durum belki de bu çeliklerin içerisindeki alaşım elementlerinin karbitin içerisinde var olması östenit bölgesinde çözülmesi sırasında homojen olarak dağılmayıdır ve soğuma başladığında hala homojen olmamasından kaynaklanmaktadır.[13] Molibdenli çeliklerde her karbon yüzdesinde beynit oluşumu gerçekleşir. Buna karşılık manganez ve kromlu çeliklerinde ötektoid üstü oranlarında beynit oluşumu sınırlıdır. Bu deneylerde kullanılan malzeme bahsedilen elementleri içermektedir.



Şekil 1. a) 0.5 b) 1 c) 5 d) 10 saat sürelerde karbürleme işlemine maruz bırakılan SEA 8620 çeliğinin sertliğinin yüzeyden itibaren derinlik ile değişimi.

Sementasyon işlemi sonucunda artık östenit miktarının yapıda mümkün olduğunca az olması istenir. Bunu sonucu olarak da kabuk tabakasının yüzey karbon oranı % 0.6-0.8 arasında olmalıdır. Bu oran aşıldığında perlit tane sınırlarında sementit oluşmaya başladığı bu da martensitin iç yapısındaki artık östenit miktarının artmasına neden olduğu görülmüştür. [11]

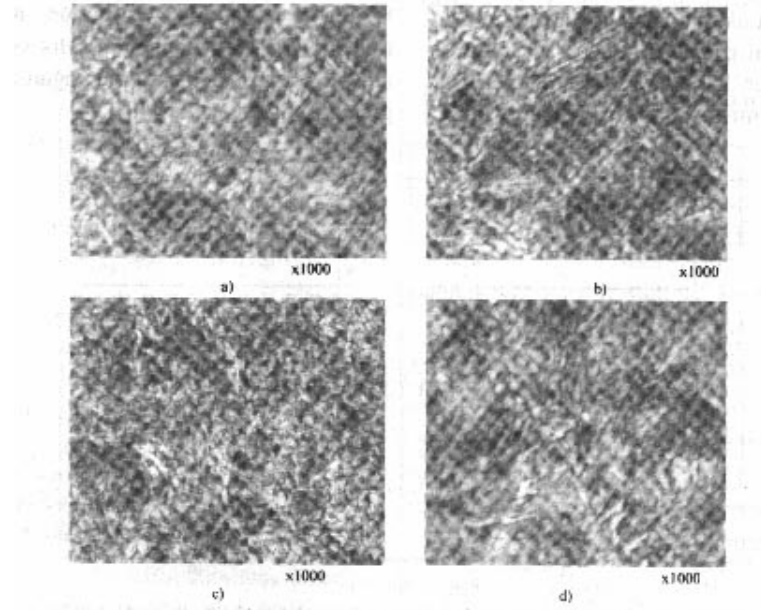
Çözülme miktarları ile ilgili eşitlikler literatürde vardır.[15] Östenit bölgesinde maksimum karbon çözülmesi ötektoid sıcaklıkta % 0.8, ötektik sıcaklıkta % 2'ye kadar çıkmaktadır. Alaşım elementleri karbon çözülmesini düşürmekle beraber maksimum sertliği elde edilmesi için soğutmadan sonra fazlasıyla yeterli karbon verilir. Artık östenit miktarı çoğalır. Karbon oranları % 0.8-1 arasında tutulur. Sıcaklık arttıkça daha önceden belirtilen eşitliklerin gösterdiği gibi karbürleme süresi azalır. Karbonun aktifliği östenitteki ağırlıkça karbon oranıyla doğru orantılıdır. Karbon aktivite katsayısının artması ortamdaki karbon yoğunluğuna bağlıdır. Çelik içerisindeki krom, manganez, nikel, silikon ve molibden gibi element miktarları karbon aktivite katsayısının büyüklüğüne etki eder. [14] Kabaca her 20 °C' lik sıcaklık artışı ile difüzyon katsayısı iki kez artar dolayısıyla da difüzyon hızı artar. Ayrıca östenitte fazla C çözüldüğü için karbür ve kalıntı östenit miktarında fazla bir artışa yol açmaksızın yüksek sertlik değerleri elde edilir. Cr alaşımlı çeliklerde aynı sıcaklıkta östenit bölgesinde çözünecek karbon miktarı alaşımsız çeliklerden daha düşüktür. Ayrıca Cr, Mo, V, W gibi karbonu karbür oluşturmak üzere bağlayan ve böylece karbonun aktivitesini düşüren elementler çelik yüzeyinde daha fazla karbon yoğunluğunun olmasını sağlar. [8]

Karbürleme sürelerinin artışı ile sementasyon işlemi yapılan malzemenin yüzeyden derinliğe doğru karbon yoğunluğu artmaktadır. Bu derinlik belirli bir sınıra kadar devam etmektedir. Karbürleme sıcaklıkları yüksek oldukça derinliğe doğru karbon yoğunluğunda artış olmaktadır. Literatürde [14] belirtildiği gibi SAE 8620 çeliği 43 mm derinliğe kadar sertleştirilmektedir. Uygun karbon derinliği ve sertlik oranları sementasyon işlemi

parametrelerinin kontrolü ile sağlanır. Sertleştirme işlemleri karbürleme sıcaklıklarının genellikle 50 °C altında yapılırsa düz bir martensit yapı olur. Buna rağmen içerisinde % 20-30 civarında kalıntı östenit içerir.[9] Az kabuk içeren üst kabuk kısmında ince martensit oluşturma eğilimindedir bu şekilde kalıntı östenit miktarı düşürülür. Literatürde 8620 çeliğine 1050 °C sıcaklıkta karbürleme işlemi yapıldıktan sonra 845 °C sıcaklıkta sertleştirilme yapıldığında mikroyapının hayli ince olduğu görülmüştür.[14] Yapılan deneylerde 5 saatlik karbürleme sonunda dış kabuk yüzeyinde görülen martensit incedir (şekil 2c). Optik mikroskopta artık östenit görülememektedir buna karşılık karbitler parlak beyaz olarak görülmektedir. 8620 çeliğin yüksek miktarda kalıntı östenit içerirse yorulma çatlaklarının başlamasına neden olur. Eğer karbürleme sıcaklığından direk olarak soğutma işlemi yapılırsa yapının kaba taneli olmasına ve dolayısıyla çatlak sayısının artmasına neden olur. İnce taneler az sayıda mikro çatlakla neden olacak, sertlik değerini yükseltecek ve kalıntı östenit miktarını düşürecek, böylece yüksek yorulma dayanımı sağlayacaktır.

Karbürleme işleminden sonra karbon oranı ötektoid sınırını aştığında sertleştirme için bekletilen sıcaklık demir sementit denge diyagramında östenit sementit fazlarının bulunduğu bölgeye gelir. Bu da mikroyapıya etki eder. Sıcaklık yüksek tutulduğunda östenit tane büyüklüğü artar. Sıcaklık düşmesiyle östenit tane yapısında incelmeye görülür.[16] C, Ni, P içeren çeliklerde, C ve P östenit tane sınırlarında yoğunlaşarak tanelerin ayrılması eğilimindedir. [14]

Sertlik derinliğinin artması yüzeydeki artık basma gerilmesinin minimum olduğu noktayı içeri çeker ve artık basma kuvvetinin artması çekirdekdeki artık çekme kuvvetinin, dolayısı ile artık çekme gerilmesi akma sınırını geçtikten sonra yüzeydeki basma dayanımı düşer [9]. Bu durum yorulma direncini olumsuz etkiler. Bu durumu önlemek için çekirdek mukavemeti zayıf çeliklere sertlik derinliği fazla, mukavemeti iyi olanlara ise daha az sertlik derinliği verilmelidir.[8].



Şekil 2 a) 0,5 b) 1 c) 5 d) 10 saat sürelerde karbürleme işlemine maruz bırakılan SEA 8620 çeliğinin mikroyapıları.

5. SONUÇLAR

1. Çekirdek sertliği 439 VSD olan SAE 8620 sementasyon çeliğinin sementasyon işlemi sonunda sertlik değeri 742 VSD olmuş kabuk sertliğinde % 60 sertlik artışı sağlanmıştır.
2. Elde edilen sertlik karbürleme süresindeki artış ile paralellik göstermekte, sertlik değerlerinde de artış görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar teorik olarak geliştirilen eşitliklerle karşılaştırıldığında uyum içerisinde oldukları görülmektedir.
3. Karbürleme süresi 5 saat üzerinde olduğunda, karbürlenen kabuk kısmının sertlik değerinde artış olmuş, 5 ve 10 saatlik karbürleme sürelerinde hemen hemen aynı sertlik değerleri elde edilmiştir.
4. Numunelerin mikroyapıları incelendiğinde üst kısım ötektoid üstü, iç kısımlara doğru ötektoid ve çekirdek bölgesi ferritik ve beynitik yapılardan oluşmaktadır.
5. Sertleştirilen numunelerin dış kabuk kısmında oluşan küçük tanelerin sertlik değerleri artmakta, iç kısımlara doğru tane boyutlarında kabalaşma ve bunun sonucu sertlik değerlerinde azalma olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Anver, S.H., "Introduction to Physical Metallurgy", 2 nd Edition, Mc Graw-Hil Co., 1986
2. Onaran, K. "Malzeme Bilimi", Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1999
3. Topbaş, M.A., "Isıl İşlemler", İstanbul,1993
4. Topbaş, M.A., "Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı", İstanbul,1998
5. Yüksel, M., "Çeliklerde Sementasyon", Metalurji, sayı 41, s:11-17, Aralık, 1985
6. Tool and Manufacturing Engineering Handbook", vol. III, 4 th Edition, Society of Manufacturing Engineers, Michigan,1985
7. Asil Çelik Yayınları, No.5

8. Can, A.Ç. ; Yüksel, M., "Sementasyonla Sertleştirilen Parçalar İçin Çelik Ve Boyut Seçimi. ", Metalurji, sayı 66, S:42-46,
9. Parrich, G., " Influence of Microstructure on the Properties of Case-Carburised Components VI-Core Properties and Case Dept" Heat treatment Met. 1977, (3), 45-54
10. Şahan, H. ; Akbaş, B. "Kutuda Karbonlama, ", Metalurji, Sayı 60, S:31-37,
11. Yüksel, M.; Yılmaz, A.N. "Kutu Sementasyonda Karbürleme Süresi, Karbürleme Sıcaklığı ve Aktivatör Oranının Etkili Sementasyon Derinliğine Etkileri", Metalurji, sayı 53, s:4-9,
12. Vandewiele, B. " Influence Of The Base Material Hardenability Of Effective Case Depth And Core Hardness", Materials Science Forum Vols.102-104, 1992, pp169-182
13. Rose, A ; Hougardy, P., "Transformation characteristics and hardenability of carburizing steels" Transformation and hardenability in steel pp 155-166
14. Krauss, G., "Principles of Heat Treatment of Steel" American Society For Metal, Metals Park, Ohio
15. Montevecchi, I., Carburizing steel: Optimum furnace characteristics and application of process control computers, Heat treatment 79 22-24 may pp 1-5
16. Krauss, G., "The Microstructure And Fracture Of A Carburized Steel", Metallurgical Transactions A, Vol. 9A, 1978