

Isıl Çevrimli Borlama İşleminin SAE 1030 ve SAE 1050 Çeliklerine Etkileri

The effects on the SAE 1030 and SAE 1050 Steels of Thermal Cycling Boronizing Process

A. Çalık^A. Özsoy

Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Bölümü, İsparta.

ÖZET: Bu çalışmada SAE 1030 ve SAE 1050 çeliklerine iki farklı borlama işlemi uygulanmıştır. Birinci grup deneylerde SAE 1030 çelik numune 900 °C sabit sıcaklıkta 200 dakika süreyle normal borlama işlemine tabi tutulmuştur. İkinci grup deneylerde SAE 1030 çelik numune ise yine aynı şartlarda 900 °C sıcaklıkta 60 dakika bekleme ve daha sonra potayı fırın dışına alarak 5 dakika süre ile havada soğumaya terk edildikten sonra çelik potalar tekrar 900 °C sıcaklıktaki fırına alınarak borlama işlemine devam edilmiş ve bu çevrim üç defa tekrarlanmıştır. Toplam deney süresi 200 dakikadır. Aynı borlama işlemleri SAE 1050 çeliğine de uygulanmıştır. Her iki grup deneyde de taze Ekabor-2 bor tozları kullanılmış ve işlem aynı büyüklükteki potalarda gerçekleştirilmiştir. Bu iki gruptaki numunelerin mikroyapıları, mikrosertlikleri ve tabaka kalınlıkları incelenmiştir.

ABSTRACT: In this study, two types of boronizing were applied on the SAE 1030 and SAE 1050 steels. In the first group experiments, normal boronizing process was done at 900 °C constant temperature for 200 minutes. The second group experiments were done at 900 °C for 60 minutes. Then, samples were cooled for 5 minutes in air and placed into the furnace at 900 °C again. This process was repeated three times. The total experiment period was 200 minutes. Same boronizing process was applied SAE 1050 steel. New boronizing powder (Ekabor-2) was used in both groups' experiments and process was done in same size crucibles. The microstructure, micro hardness and layer thickness were investigated.

1. GİRİŞ

Günümüzde makine elemanlarının üretiminde uygun malzeme seçimi kadar, uygulanacak ısıl işlemler de önemlidir. Malzeme seçimi, elemanın taşıdığı gerilme, çalışma şartları, çalışma ortamı, imalat yöntemi, gerekli ısıl işlemlere uygunluğu gibi birçok faktöre bağlıdır. Uygulanacak ısıl işlem, hem malzemenin mikro yapısını iyileştirmeli, hem de malzeme yüzeyine uygun olan özellikleri kazandırmalıdır. Isıl işlemler ve yüzey işlemleri, malzemenin ve makine elemanından beklenen performansa uygun olarak yapılmalıdır. Klasik yüzey sertleştirme ve kaplama ısıl işlemleri sementasyon, nitrürasyon, karbonitrürasyon vb. gibi uygulanabilen ısıl işlemler aşınma, korozyon, sürtünme gibi tribolojik özellikleri tam olarak sağlayamamaktadır. Bu özellikleri sağlamanın en

kolay yolu ülkemizde çok miktarda bulunan bor madenini kullanarak borlama ısıl işlemi ile istenen özellikleri sağlamaktır.

2. BOR

Bor, Fransız kimyacılarından Louis Jacques Thenard tarafından keşfedilmiştir. Bor ismi borun tuzu olan borakstan türetilmiştir. Bu isim, tuzun beyazlığına atfedilerek Arapça burak kelimesinin değiştirilmesi ile olmuştur (Çınkır, 2001; Yılmaz, 2002).

Yerkabuğunda 51. yaygın element olarak boratlar ve borosilikatlar halinde yer alan bor elementi, yaklaşık 3 ppm'lik konsantrasyon değerine sahiptir. Kimyasal sembolü "B" olup, periyodik cetvelde HJ A grubunun metal olmayan tek elementidir. Bor, tabiatta serbest halde bulunmayıp, her zaman

oksijene bağlı bileşik olarak bulunmaktadır. Bor elementinin atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81, özgül ağırlığı 2.30-2.46 gr/cm³ ve ergime yaklaşık 2300°C'dir. Bor elementinin amorf bir toz halindeki rengi koyu-kahverengidir. Ancak çok gevrek ve sert yapılı monoklinik kristal halinin rengi ise sarımsı-kahverengidir. Bor elementi elmasan sonra en sert elementtir (Uzun, 2002; Ediz ve Özdağ, 2001).

Kristal bor, önemli ölçüde hafifliğe, sertliğe, çizilmeye karşı mukavemete, ısıya karşı kararlılığa dayanıma sahiptir. Bor, kırmızı ötesi ışığın bazı dalga boylarına karşı saydamdır ve oda sıcaklığında zayıf elektrik iletkenliğe sahiptir. Yüksek sıcaklıkta iyi bir iletendir. Kristal bor, kimyasal olarak inerttir. Bor, hidroklorik ve hidroflorik asitlerle kaynatıldığında bozulmaz. Sadece çok ince öğütülmüş bor, konsantre nitrat asidi ile yavaş oksitlenir (TMMOB Bor raporu, 2002; www.webkimya.com, 2003).

Bor, periyodik cetveldeki İÜ A grubunda karbon ve silisyum elementlerine benzerliği en fazla ve oksijene karşı afinitesi çok yüksek olan bir elementtir. Bor elementi; doğada sırasıyla %19.10-20.31 ve %79.69-80.90 oranında, B¹⁰ ve B¹¹ ile gösterilen 2 adet dengeli izotopa sahiptir. Bor izotoplarının doğadaki oranları bölgelere göre farklılıklar göstermektedir. Bilinen yataklarıdaki B¹⁰ miktarı; Kaliforniya'da düşük, Türkiye'de ise yüksektir (Çalık, 2002; Ediz ve Özdağ, 2001; Bozkır, 1995).

3. BORLAMA

Borlama, DIN 17014 numaralı Alman standardında, termo-kimyasal işlemle malzeme yüzeyine bor difüzyonunun sağlanması, şeklinde tarif edilen bir yüzey sertleştirme ve kaplama işlemidir. Bor atomları ısı enerjisi yardımıyla, iş parçası yüzeyindeki metalik latislere yayılır ve burada esas malzeme atomlarıyla uygun borürleri oluştururlar. Eğer demir ve çelik türü malzemeler horlanıyorsa, demir borürler oluşur. İşlem, esas malzeme ve bor kaynağı arasındaki kimyasal ve elektro-kimyasal reaksiyonlara dayanmaktadır. Bor kaynağı veya bor sağlayıcı bileşikler katı, macun,

sıvı, gaz veya plazma fazda olabilir. Borlamada borür tabakasının oluşumu (Özsoy, 1991).

- Kimyasal yöntemler (katı, macun, sıvı ve gaz ortamda borlama) ile veya,
- Fiziksel yöntemler (bor iyon aşılama, fiziksel vakum biriktirme, saçılma ve iyon kaplama gibi) ile sağlanabilir.

3.1. Isıl Çevrimli Borlama

Isıl çevrimli ısı işlem, malzemeye çeşitli özellikler kazandırmak amacıyla, iş parçasını belirli sıcaklıklar arasında, belirli ısıtma-soğutma hızında birçok kez ısıtılıp soğutulması işlemidir (Çalık ve Özsoy, 2002; Gaşan ve Çelik, 2004). Bu tanımlamada üzerinde durulan üç önemli parametre vardır; birincisi sıcaklık farkı, ikincisi sıcaklığın değişim hızı ve üçüncüsü de tekrar sayısıdır. Bu parametreler faz dönüşümlerini farklı şekilde etkilemektedir. Bu parametreler değiştirilerek farklı özellikler elde edilebilir. Literatürlerde ısı çevrimli ısı işlemlerin tek başına ve termokimyasal işlemlerle birlikte uygulanabildiği, ayrıca yapılan çalışmaların neticesinde, ısı çevrimli ısı işlemlerin daha çok demir-karbon alaşımın ve çelik malzemeler üzerinde yoğunlaştığı bilinmektedir (Özsoy ve Yılmaz, 2001). Isıl çevrimli ısı işlemler genel olarak; soğutmada alt kritik sıcaklığın (ArO) biraz altındaki sıcaklıklar ile, ısıtmada üst kritik sıcaklığın (Ac₁)'ün biraz üzerindeki sıcaklıklar arasındaki aralıkta uygulanmaktadır (Çalık ve Özsoy, 2002). Bu aralık kritik sıcaklıklar arası bölge olarak adlandırılır. Özsoy'a göre ısı çevrimli ısı işlemler üç önemli özelliği geliştirmek için uygulanır.

- Ötektoid altı ve üstü çeliklerde sementiti küreselleştirmek, ince taneli mikroyapıyı elde etmek ve çeliğin süperplastiklik özelliğini iyileştirmek.
- Ostenit tane boyutunu küçülterek uniform bir yapıyı elde ederek, fiziksel, kimyasal, mekanik ve metalurjik özellikleri iyileştirmek.
- Termokimyasal işlemlerde difüzyonu hızlandırarak uniform bir tabaka elde etmek ve tane yapısını incelemek.

Yapılan çalışmada ısı çevrimli borlama sayesinde homojen bir borür tabakası elde etmek, borür tabakasındaki gevrekliği gidermek, borür tabakası ile anayapı arasındaki geçiş bölgesinde oluşan tane irileşmesini önleyerek homojen ince taneler elde etmek amaçlanmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Türkiye endüstrisinde çokça kullanılan, düşük maliyetli ve çok kolay soğuk ve sıcak şekil değiştirebilen, makine elemanları yapımında çokça kullanılan SAE 1030 ve SAE

1050 çeliklerinin klasik kutu borlama tekniği ile normal ve ısı çevrimli borlama ısı işlemleri aynı yapılmıştır. Katı ortamda bor verici olarak Ekabor-2 ticari adı ile anılan bor tozu Almanya'dan temin edilmiştir. Katı ortam borlamasında çelik çekme borulardan kesilerek imal edilen potalarda borlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Potalara kapaklar hazırlanmış, deney öncesinde potaların sızdırmazlığının sağlanması için kapak çevresi ateş tuğlası çamuru ile sıvanmıştır. Deneylerde kullanılan numuneler 20x20 mm boyutlandırılarak kesilerek hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimi de Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan SAE 1030 ve SAE 1050'nin kimyasal bileşimi (% ağırlık olarak)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	W	Cu	Fe
SAE 1030	0.32	0.21	0.58	0.033	0.046	0.098	0.147	0.026	0.011	0.542	Kalan
SAE 1050	0.48	0.25	0.72	0.040	0.055	0.01	0.16	0.023	0.014	0.41	Kalan

Borlama işlemi deneyleri 1200 °C sıcaklık kapasiteli ± 5 °C hassasiyetli mikro işlemci kontrollü, elektrik rezistanslı, dijital göstergeli tav fırınında yapılmıştır.

SAE 1030 ve SAE 1050 çeliklerine iki farklı borlama işlemi uygulanmıştır. Birinci grup deneylerde SAE 1030 çelik numune 900 °C sabit sıcaklıkta 200 dakika süreyle normal borlama işlemine tabi tutulmuştur. İkinci grup deneylerde SAE 1030 çelik numune ise yine aynı şartlarda 900 °C sıcaklıkta 60 dakika bekleme ve daha sonra potayı fırın dışına alarak 5 dakika süre ile havada soğumaya terkedildikten sonra çelik potalar tekrar 900 °C sıcaklıktaki fırına alınarak borlama işlemine devam edilmiş ve bu çevrim üç defa tekrarlanmıştır. Toplam deney süresi 200 dakikadır. Aynı işlemler ikinci grup deney numuneleri olan SAE 1050 çeliklerine de uygulanmıştır. Her iki grup deneyde de taze (yeni) Ekabor-2 bor tozları kullanılmış ve işlem aynı büyüklükteki potalarda gerçekleştirilmiştir. Bu iki gruptaki numunelerin mikroyapılan, mikrosertlikleri ve tabaka kalınlıkları incelenmiştir.

Deney numuneleri 900 °C sıcaklıktan fırın dışına alınarak soğumaya terkedilen potanın dış sıcaklığı 5

dakika sonunda dijital bir sıcaklık ölçer ile kontrol edilmiştir. Potaların içinde gömülü olan çelik numunelerin bu süre sonundaki sıcaklıkları ölçülebilmiştir. Sabit sıcaklıkta ve ısı çevrimli şartlarda her bir çelik malzemeden üçer adet numune horlanmıştır. Daha sonra her iki grup numuneler oda sıcaklığına kadar havada soğuyan potaların içerisinden çıkartılarak üzerindeki tozlardan temizlenmiştir. Deney numunelerinin üzerinde herhangi bir bor tozunun yapışmadığı gözlemlenmiştir. Bu numuneler daha sonra metalografik incelemeler için önce ortalarına yakın bir düzlemde kesildikten sonra, sıcak kalıplama yöntemiyle bakalit kalıbına alınmıştır. Bundan sonra zımparalama ve parlatma işlemleri yapılmış ve % 3'lük nital ile dağlama yapılarak mikroskopta incelenmiştir. Her iki grup numunelerde borür tabakasının oluştuğu görülmüş, ısı çevrimli borlama da ise normal borlama da görülen geçiş bölgesi görülmemiştir. Oluşan borür tabakası, geçiş bölgesinin kalınlığı, mikroskoba bağlanan optik bir mikrometre ile belirlenmiştir. Ayrıca borun yayılması ile borür tabakası ve geçiş bölgesindeki değişimler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bununla ilgili mikroyapı, tabaka kalınlıkları ve mikrosertlik değerleri Çizelge 2'de mikroyapı resimleri de Şekil 1 a, b ve Şekil 2 a, b'de verilmiştir.

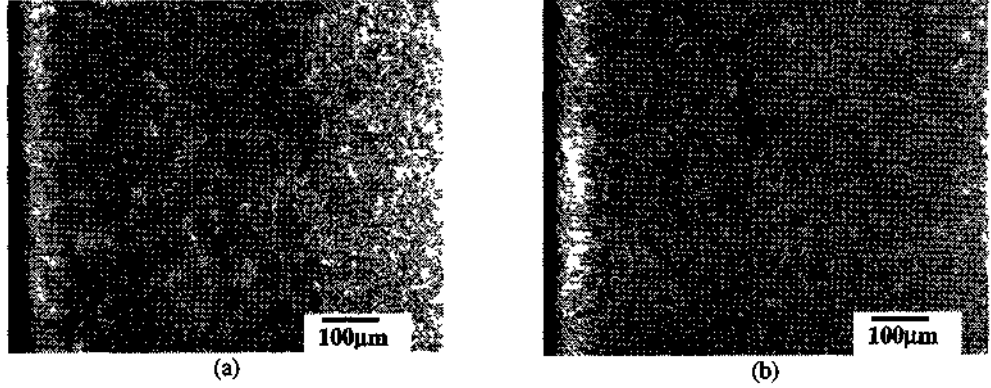
A. Çalık, A. Özsoy

Çizelge 2. SAE 1030 ve SAE 1050'nin normal ve ısıl çevrimli borlamada elde edilen borür tabakalan ve mikrosertlik değerleri

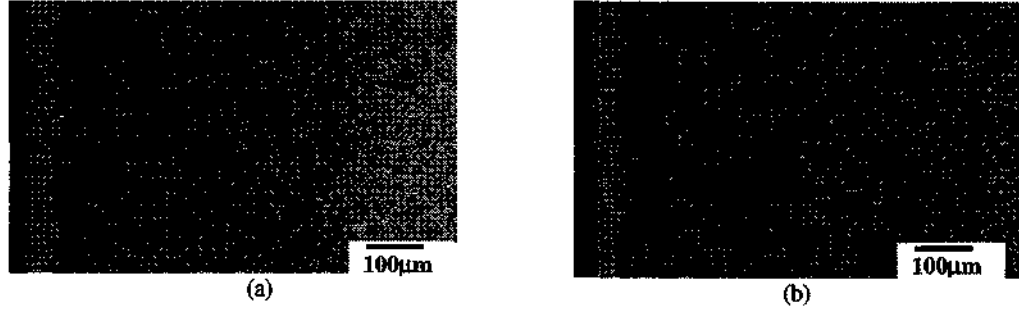
Numune Adı Borlamatüni	Borür tabakası kalınlığı (µm)	Geçiş bölgesi kalınlığı (µm)	Borür tabakası sertliği HV _{0.1}	Geçiş bölgesi sertliği HV _{0.1}	Anayapının sertliği HV _{0.1}
SAE 1030 Normal borlama	110-120	650-700	2055	297	220
SAE 1030 Isıl çevrimli borlama	120-130	400-450	1682	230	220
SAE 1050 Normal borlama	100-110	500-550	2500	320	270
SAE 1050 Isıl çevrimli borlama	100-110	450-500	2250	270	285

Her iki borlama yönteminde de, numunelerde meydana gelen mikroyapı değişiklikleri, tabaka kahnlıklan, mikrosertlik değerleriyle yakından ilgilidir. Elde edilen sonuçlardan alaşımız ve orta karbonlu çeliklerde borlama neticesinde beklenildiği gibi başlıca iki tabakanın oluştuğu belirlenmiştir. Yüzeyde borür tabakası ve bu tabakanın hemen altında geçiş bölgesinin oluştuğu sadece normal borlama işleminde çok açık bir şekilde görülmüştür. Bu yüzey tabakalannın oluşumu ve özellikleri tamamen borlama parametrelerine bağlıdır.

Normal borlama işlemine tabi tutulan borür tabakası parmaklı bir forma sahip olduğu görülmüştür. Bunda geçiş bölgesi çok belirgin bir şekilde görülmüştür. Isıl çevrimli borlama da ise torür tabakasının biraz daha kalınlaştığı ve parmakların kısalarak düzgünleştiği görülmüştür. Geçiş bölgesinin belirgin bir şekilde olmadığı dolayısıyla borür tabakasının anayapıya bağlantısı bir geçiş bölgesi üzerinde olmayıp doğrudan tane sınırlarına ve tane içlerine uzanan çok kısa parmakcıklarla gerçekleşmiştir (Çalık ve Özsoy, 2002; Nair ve Karamış, 1997).



Şekil 1. SAE 1030 numunenin normal ve ısıl çevrimli borlamanın mikroyapı resmi (a-normal b-ısıl çevrimli borlama)



Şekil 2. SAE 1050 numunenin normal ve ısıt çevrimli borlamanın mikroyapı resmi (a-normal b-ısıt çevrimli borlama).

Mikrosertlik deneyleri neticesinde borlanmış numunelerin tabakalarının sertliği SAE 1030 için; ortalama 2055 HV_{0.1} olarak bulunmuştur. Geçiş bölgesi ile anayapımın sertliği ise 297-220 HV_{0.1} arasında tespit edilmiştir. Isıl çevrimli borlama da ise tabakalarının sertliği ortalama 1682 HV_{0.1} olarak bulunmuştur. Anayapımın sertliği ise tane küçülmesinden dolayı ortalama 220 HV_{0.1} olarak bulunmuştur.

Mikrosertlik deneyleri neticesinde horlanmış numunelerin tabakalarının sertliği SAE 1050 için; ortalama 2500 HV_{0.1} olarak bulunmuştur. Geçiş bölgesi ile anayapımın sertliği ise 320-270 HV_{0.1} arasında tespit edilmiştir. Isıl çevrimli borlama da ise tabakalarının ortalama sertliği 2250 HV_{0.1} olarak bulunmuştur. Anayapımın sertliği ise tane küçülmesinden dolayı ortalama 270 HV_{0.1} olarak bulunmuştur.

Borür tabaka kalınlıklarına bakıldığında ise SAE 1030 çelik için normal borlama işleminde 110-120 µm, geçiş bölgesi ise 650-700 µm arasında olduğu belirlenmiştir. Isıl çevrimli borlama ısıt işleminde ise aynı numunenin borür tabakasının kalınlığı 120-130 µm, geçiş bölgesi ise 400-450 µm olduğu belirlendi. SAE 1050 için normal borlama işleminde 100-110 µm, geçiş bölgesi ise 500-550 µm arasında olduğu belirlenmiştir. Isıl çevrimli borlama ısıt işleminde ise aynı numunenin borür tabakasının kalınlığı ile geçiş bölgesinin değerleri birbirlerine çok yakın olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

SAE 1030 ve SAE 1050 çeliklerinde yapılan normal ve ısıt çevrimli borlama işlemlerinde aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

1. Isıl çevrimli borlama işlemlerinde kısmen tabaka kalınlığında artışlar olmuştur. Bununla birlikte tabakaların alımdaki geçiş bölgesi kalınlıkları ısıt çevrimli borlama işlemlerinde azalmıştır.
2. Isıl çevrimli borlama işlemlerinde, normal borlama işlemine göre borür tabakası ve geçiş bölgesi sertlikleri azalmıştır.
3. Normal borlama işlemlerinde geçiş bölgesi optik mikroskopta belirgin olarak ayırt edilebilirken, ısıt çevrimli borlama işleminde geçiş bölgesi çok net olarak ayırt edilememektedir. Isıl çevrimli borlamada tanelerin incelendiği belirlenmiştir.
4. Karbon oram artışının tabaka kalınlığını azalttığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Bozkır S.M., 1995. "Bor Ekonomisi" Roskill Information Servis Ltd. 2 Clampham Road London SW9 Oja. England. 145 s.
- Çalık A., 2002. "Türkiye'nin Bor Madenleri ve Özellikleri" Makine ve Mühendis Dergisi, Sayı 508, 36-41

A Çalık, A. Özsoy

Çalık A., Özsoy A., 2002. "Termal Çevrimli Borlama İşleminin Ç1010 Çeliğine Etkileri" 11. Uluslararası Malzeme Sempozyumu, Bildiriler Kitabı CD'si istanbul, 1281-1288

Çinkı M., 2001. "Ulusal Maden Varlığımız ve Bor Gerçeği" ATO Yayınlan, 196 s. Ankara

Ediz N., Özdağ H., 2001. "Bor Mineralleri ve Ekonomisi" DPÜ, FBE. Dergisi, 133-149

Gaşan, H., Çelik, O.N. 2004. "Ni Alaşımli Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Termal Çevrimli Ostenitlemenin Yorulma Ömrüne Etkisi" 1.Ulusal Metalürji ve Malzeme Günleri, Bildiriler Kitabı, OGÜ, Yayın No: 099, 27-28 Mayıs Eskişehir, 155-163

Karaman. Y., 2003. "Endüstriyel Borlama ve Tekstil Endüstrisinde Bir Uygulama" Y.Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 121 s. İsparta

Nair, F., Karamış M.B., 1997. "Borlanmış Çeliklerde Malzeme Bileşiminin Mikrosertliğe Etkileri" 7.Denizli Malzeme Sempozyumu, 2-4 Nisan Denizli, Bildiriler Kitabı, 354-360

Özsoy, A., 1991. "Çeliğin Borlanmasıda Borür Tabakası, Geçiş Zonu ve Anamatrisin Özelliklerinin İyileştirilmesi" Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

Özsoy, A., 2001. "Borlama ile ilgili Genel Bir Değerlendirme" Endüstriyel Yüzey Teknolojileri Dergisi, Sayı 22, 10-13,

Ozsoy, A.; Yılmaz, N., 2001. "Ç1020 Çeliğinin Mekanik Özelliklerine Termal Çevrimli Isıl İşlemin Etkisi" S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5:2, 165-175

TMMOB Maden Mühendisleri Bor Raporu, 2002
www.maden.org.tr

www.webkimya.com.tr./2004

Yılmaz, A., 2002. "Her Derde Deva Hazinemiz Bor" Bilim ve Teknik Dergisi, Mayıs Sayısı, 38-48