

Ç1040 Çeliğinin Borlanması Oluşan Borür Tabakasının Özelliklerinin İncelenmesi

Examination of Properties of the Boride Layer Formed in Boronizing of SAE 1040 Steel

A. Çalık

Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fak. Makine Böl. İsparta

K. Delikanlı

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak Makine Müh Böl. İsparta

H.A. Uzun

Eti Holding Emet Tesisleri Emet/Kutahya

ÖZET: Bu çalışmada, Ç1040 çeliğine farklı sıcaklık ve sürelerde termokimyasal işlemle bor kaplama ısıl işlemi uygulanmıştır. Aynı grup malzemelere 4 farklı borlama işlemi yapılmıştır. Birinci borlama işlemi 950 °C de 3 saat bekletip havada soğutma işlemi uygulanmıştır, ikinci grup deneylere de aynı sıcaklıkta 5 saat bekletme, üçüncü grup malzemelere 1000 °C de 3 saat bekletilip havada soğutma ve dördüncü grup numunelere de yine aynı sıcaklıkta 5 saat bekletip havada soğutma işlemi yapılmıştır. Her dört grup deneyde de taze (yeni) susuz boraks (tinkal) ile ferrosilisyum tozunun karışımından oluşan katı ortamda borlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Termokimyasal borlama işlemleri, aynı büyüklükteki potalarda gerçekleştirilmiştir. Yapılan deney numunelerin de oluşan borür tabakasının dağlanmadan SEM fotoğrafları vasıtasıyla tabaka kalınlıkları ile mikro sertlikleri incelenmiştir.

ABSTRACT: In this study, four types boronizing were applied of the different temperatures and periods on the SAE 1040 steels. At the first groups experiments, boronizing process were done on the steels at the 950 °C stable temperature and 3 hours, second experiments, boronizing process were done on the steels at the 950 °C stable temperature and 5 hours. The third group experiments were done at the 1000 °C stable temperature and 3 hours. Then, The fourth groups experiments were done at the 1000 °C stable temperature and 5 hours. All samples after boronizing were air cooled. New boronizing powder which waterless borax and ferro silisium powder mixture were also used in the every groups experimental and process and thennochemical boronizing processes were done in the same size crucible. The SEM microstructure figure, micro hardness and boride layer thickness were investigated of the boride layers.

1. GİRİŞ

Bor, yerkağının 51. yaygın elementi olup, doğada serbest halde bulunmayan daima bileşik halinde bulunan, kimyasal sembolü "B" olup periyodik cetvelin III A grubunun metal olmayan tek elementidir. Boratlar, önem ölçüde boroksit (B₂O₃) içeren borik asitlerin tuzları veya esterleri olarak tanımlanır ve endüstri tarafından borik asit sağlayan bileşikler olarak bilinir (Ediz & Özdağ, 2001).

Bor, karbon ve silisyum elementlerine benzerliği en fazla ve oksijene karşı afinitesi en yüksek olan elementtir. Bor çok sayıda mineralle bileşik halinde bulunur. Bor mineralleri genellikle bor

oksitleri içerirler ancak ticari anlamda bunlardan en çok üç tanesi dünya da önemli sayılmaktadır, bunlar; boraks (tinkal), kolemanit ve üleksit'tir (Roskill, 1995).

Metalik malzemeler üzerine bor kaplama işlemi ve bor bileşiklerini kullanımı, insanlık tarihinin en eski teknolojilerinden günümüze kadar kullanılabilmektedir. Günümüzde bu kullanım sahaları çok daha fazla genişlemektedir, özellikle 400°C'den fazla endüstriyel alanlarda uygulama alanı bilinmektedir (Çalık, 2002).

Babiller, 4000 yıl kadar önceleri Altın (Au) işlemek için ve kaynak işlemlerinde boraks minerali olduğu düşünülen kristalleri

kullanmışlardır. Daha sonraları bor bileşiklerini temizleyici madde, yağlayıcı, korozyon önleyici ve cüruf yapıcı madde olarak kullanmışlardır (Özsoy, 1991).

Ülkemiz bor madeni bakımından dünya rezervlerinin yaklaşık %72'si gibi önemli bir orana sahip olmakla birlikte dünya borat üretiminin ancak %18'ini gerçekleştirebilmektedir. Gelişmiş ülkeler bu boratlardan saf borun yanında, bortriksit (B_2O_3), borkarbur (B_4C), boraitrür (BN), diboran (B_2H_6) ve ferrobör (FeB) gibi rafine bileşikler üreterek çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadırlar (özsoy, 2001).

Metal ve/veya alaşımlarının yüzeylerine bor elementinin yayındığı ve borlama işlemi olarak isimlendirilen yöntem, ilk kez 1895 yılında Moisson tarafından Rusya'da uygulanmıştır (Matuschka, 1981).

Bor ve bileşikleri özellikle çelik sanayinde üç önemli kullanım alanı bulmuştur. Bunlar; 1. Çelik üretiminde cüruf yapıcı, 2. Çeliklerde alaşım elementi, 3. Çeliklerde yüzey kaplama ve sertleştirme ısı işlemleri olarak kullanılmaktadır (Taşçı, 1993).

Bor ile yüzey sertleştirmenin diğer yüzey sertleştirme yöntemlerinden üstünlüğü; yüzey tabakasının çok sert, sürtünme katsayısının ise çok düşük olmasının yanı sıra, asit ve bazlarının oluşturacakları korozyona ve yüksek sıcaklık korozyonuna direnç göstermesidir. Ayrıca borlama işleminin alaşımsız çeliklere uygulanabilmesi ekonomik açıdan bir üstünlük teşkil etmektedir (Bozkurt, 1984).

Borun atom çapı demirden %25 daha küçük olduğundan bu elementte katı eriyik yapar (Mal & Tarkan, 1973).

Demirde bor eriliği sıcaklığa bağlı olarak ferrit fazında 20-80 ppm, ostenitte ise 55-260 ppm kadardır. Bor ostenitte ara yer katı eriyiği, a demirde ise yer alan katı eriyik yapar (Kaecun & Pickering, 1977).

2. BORLAMA

Demir ve demir dışı birçok alaşım ile sinterkarbür ve seramik malzemelere uygulanabilen termokimyasal bir yüzey sertleştirme ısı işlemidir. Borlanacak malzemeler, özelliklerine göre 700-1000 °C sıcaklık aralığında, yaklaşık 1-12 saat süre ile katı, macun (pasta), sıvı veya gaz fazındaki bor verici ortamlarda bekletmek suretiyle yapılan bir işlemdir (Çalık & Özsoy, 2002).

Borlamada tane sınırlarında, özellikle bor tabakasının hemen altında, geçiş bölgesinin

başlangıç sınırlarında bor karbür fazlarının (BC), oluştuğu bilinmektedir (Jahazı & Jonas, 2001).

Demir ve alaşımlarının horlanmasında, malzeme yüzeyinde oluşan FeB ve Te_2 veya M2B (Değişik metal borürleri) fazları ile bunların karışımından oluşan tek veya çift fazlı borür tabakaları meydana gelir (Bindal & Üçışık, 1999).

Genellikle, bor tabakasında testere dişi şeklinde tekbir Fe2B fazının oluşumu istenir. FeB ve FeiB çift fazlı tabakanın oluşmasından daha fazla arzu edilir, çünkü FeB fazı borca zengindir. Bu faz yaklaşık ağırlıkça % 16.23 oranında bor içerir. Bu istenmez çünkü FeB fazı diğer demir bor fazlarından daha gevrekler. FezB fazı ağırlıkça %93 bor içerir. FeB ve FeiB fazları çok farklı ısı genleşme katsayılarına sahiptir, oc FeB fazının ısı genleşme katsayısının $23 \times 10^{-6} / ^\circ C$ iken, aFe₂B fazınıki ise $7.85 \times 10^{-6} / ^\circ C$ dir. Borür tabakasında, çatlak oluşumu ve kabuk gibi kalkma ve yırtılmalar çift fazlı tabakalarda ve FeB fazında çok sık oluşur. Bu çatlaklara bir mekanik yük uygulandığı zaman pul pul ve yaprak yaprak dökülmelere yol açmaktadır (Vipin & Jain & Sundarara, 2002).

FeB ve Fe⁺B fazları birbirlerine çekme ve basma gerilmeleri uygulamakta ve fazlar arasında yüzeye paralel ve dik çatlaklar oluşturmaktadır. Dolayısıyla borür tabakasında mümkün olduğunca çok az oranda FeB fazının oluşturulmasına çalışılmalıdır. Borür tabakasının kalınlığı, kaplanan malzemenin kimyasal bileşiminin yanı sıra İşlem sıcaklığı, süresi ve yöntemine bağlıdır (Oian & Stone, 1995 ile Yıldırım & Başpınar & Taktak & Emrulloğlu, 2000).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada makine, otomotiv ve imalat sanayinin yanı sıra özellikle cer kancalan, dişliler, kazıcılar, transmisyon milleri, raylar ile kazma ve kürek yapımında çok kullanılan Ç1040 çeliğine, yüzeyin kimyasal bileşimini değiştirerek yapılan borlama işlemi ile sertleştirilmesi ve oluşan borür tabakalarının özellikleri ile morfolojisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deney numunesi 20x20x30 mm dikdörtgenler prizması şeklinde frezede hazırlanarak borlama işlemine hazır hale getirilmiştir. Deneylerde kullanılan numunelerin kimyasal bileşimleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney malzemesinin kimyasal kompozisyonu (Ağırlık%)

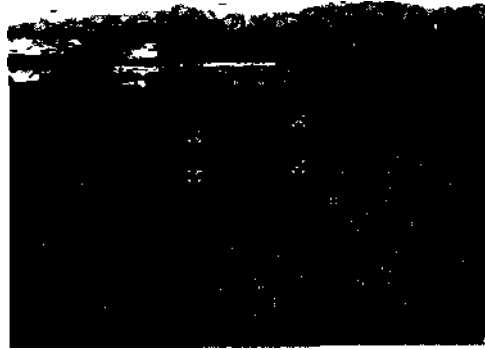
Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Fe
Ç1040	0.396	0.21	0.69	0.01	0.01	Kalan

Deneylerde bor kaynağı olarak, Türkiye de hammaddesi ve rafinesi bol miktarda bulunan susuz boraks (tinkal) ve ferrosilisyura tozu kullanılmıştır. Borlama işlemi kutu borlama tekniği ile katı ortamda, öğütülerek karıştırılan hacimce % 80 susuz boraks ile % 20 ferrosirisyum ihtiva eden karışım üe çelik pota içinde yapılmıştır.

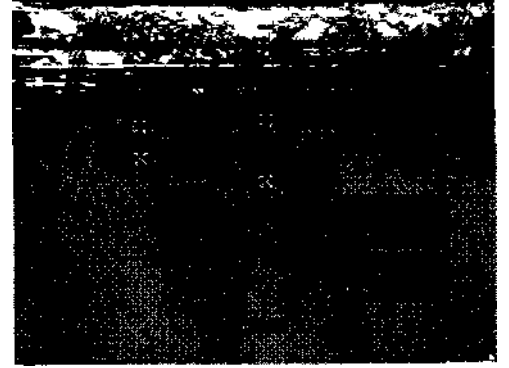
Borlama deneyleri 950 °C de 3 saat bekleme ve havada soğutma yapılmış, ikinci grup deneylerde yine aynı sıcaklıkta 5 saat bekleme ve havada soğutma yapılmıştır. Üçüncü grup deneyler ise 1000°C de 3 saat bekletme ve dördüncü grup deneylerde yine aynı sıcaklıkta 5 saat bekletilerek yapılmıştır. Deneysel numunelerinin yüzeylerine bor cürüfları çok az yapışmıştır. Bunlar elle ve zımpara ile bor tabakasına zarar vermeyecek şekilde temizlenerek, metalografik ve mikro sertlik deneyleri için hassas kesme ile kesilmiş ve çeşitli zımpara kademelerinden geçirilerek 3 mikronluk elmas pasta ile çuhada parlatılmıştır. Yüzeyleri parlatılan numunelerin borür tabakalarını net görebilmek ve ölçebilmek için dağlanmadan SEM (Scanning Electron Mikroskopy - LEO 440) ile fotoğrafları çekilmiş ve oluşan tabaka kalınlıklarının maksimum ve minimum değerleri ölçülmüştür, Şekil 1, 2, 3 ve 4'de gösterilmektedir. Borür tabakasının mikro sertlik değerleri de Micromet 2100 cihazı ile 100 gram yük altında ölçülmüştür. Şekil 5 ve 6'da her dört numune içinde tabaka kalınlığı ile mikro sertliklerinin süre ve sıcaklıkla ilişkisi gösterilmektedir.

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

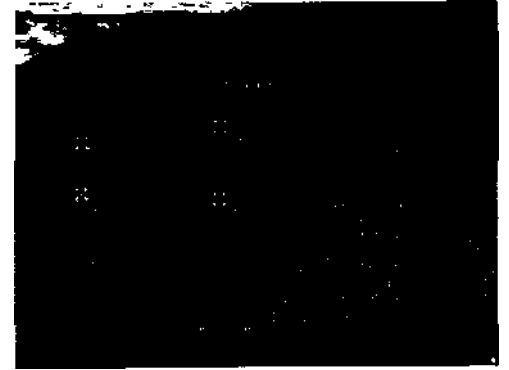
Yapılan deneysel çalışmadaki bulgular Şekil 1,2, 3, 4, 5 ve 6'da farklı borlama parametrelerinin etkisi gösterilmiştir.



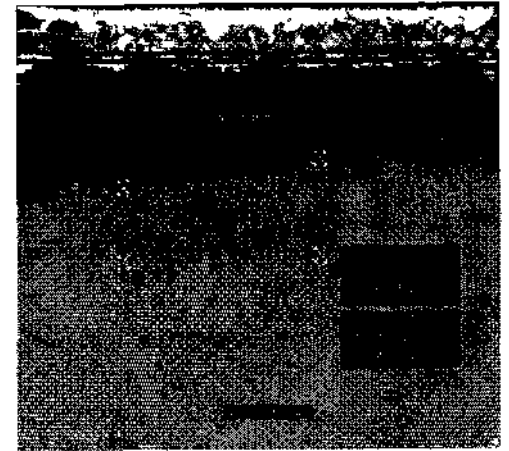
Şekil 1 950 °C de 3 saat horlanmış numunenin SEM fotoğrafı



Şekil 2 950 °C de 5 saat horlanmış numunenin SEM fotoğrafı

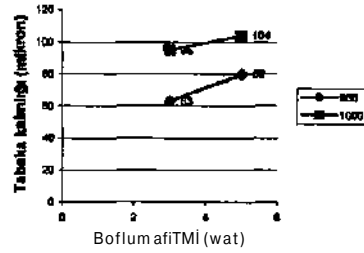


Şekil 3 1000 °C de 3 saat horlanmış numunenin SEM fotoğrafı

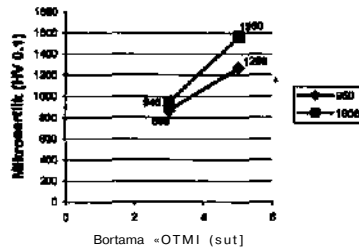


Şekil 4. 1000 °C de 5 saat horlanmış numunenin SEM fotoğrafı

Yapılan deneysel çalışmada, zamanın ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Ç1040 çeliğinin borlanmasında Şekil 1, 2, 3 ve 4 de görüldüğü gibi zamanın ve sürenin artışına bağlı olarak tabaka kalınlıklarında artış gözlenmiştir. Bu durum difüzyon kanunlarıyla doğrudan etkilidir. Metalografik inceleme sonucunda SEM' de çekilen fotoğraflarda da bu rahatlıkla gözlenmektedir. Bor tabakasının koİonsal (parmaklı) bir yapı sergilediği görülmektedir. Bunun oluşum mekanizması ise bor atomlarının tane sınırlarına difilzyonu ile zorlaması ve malzeme merkezine doğru ilerlemesi sekimde açıklanabilir. Genel olarak çelikler üzerine yapılan borlama çalışmaları sonucunda oluşan borür tabakasının FeB ve Fe2B fazları ile bazen de çok az oranda Fe3B oluştuğu ve bunların metalografik olarak ve X ışınları ile birbirlerinden ayırt edildiği belirtilmektedir. (Goeunot & Thevenot & Driver, 1991)



Şekil 5 Her dört numunenin tabaka kalınlığının borlama süresi ve sıcaklıkla değişimi



Şekil 6 Her dört numunenin mikro sertliklerinin süre ve sıcaklıkla değişimi

Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde borlama işlemine tabi tutulan numunelerde borür tabakası bazı yerlerde heterojen bir yapı sergilemiştir. Bunun sebepleri numuneler çok iyi hazırlanmadığı

(taşlanmadığı), numune boyutlarının potaya göre büyük seçildiği söylenebilir. Şekil 2 ve 4'den de görüleceği gibi, daha yüksek sıcaklık ve uzun borlama sürelerinde daha yüksek tabaka kalınlıklarına ulaşılmıştır. Bu durum kaplama prosesinin difüzyon kontrollü olduğunun açık bir göstergesidir (Şen, Bindal ve Yılmaz, 1995)

SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan çalışmaların neticelerinin aşağıdaki gibi sıralayabiliriz

1. 950 °C'de ve 1000 °C'de aynı yapıları borlama işlemiyle çeliklerin yüzeylerinde oluşan borür tabakalarının 3 saat ve 5 saat borlama süreleri için dışı bir yapıya sahip olup sürenin artışıyla tabaka kalınlığının arttığı tespit edilmiştir
2. Mekanik testler sonucunda sertlik değerinin matris sertlik değerinden oldukça fazla olduğu, borlama süresinin ve sıcaklığın artışıyla da mikro sertlik değerinin arttığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Bindal C, Üçışık AH., 1999 "Characterization of borides formed on impurity-controlled chromium-based low alloy steels" surface and coating technology H- 208-213
- Bozkurt N., 1984 "Bor yayınımları (eliklerde yüzey sertleştirme" Doktora tezi İTÜ İstanbul
- Bozkır S M., 1995 "Bor Ekonomisi" Roskıl Informanoo Servis Ltd 2 Clamphwn Road London SW9 Oja. England Sayfa 145
- Çalık A., 2002 "Türkiye'nin Bor Madenleri ve Özellikleri" Makine ve Mühendis Dergisi, Sayı 508
- Çalık A, özsoy A, 2002 "Termal Çevrimli Borlama İşleminin Ç1010 Çeliğine Etkileri" 11 Uluslararası Malzeme Sempozyumu, İstanbul
- Demirci A H., 1996 Tc esaslı malzemelerin borlanması ile kavitasyon dayanımının değişimi "7 Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat kongresi, ODTÜ, Syf 261 -269
- Ediz N, Özdağ H., 2001 "Bor Mineralleri ve Ekonomisi" DPÜ, EBE Dergisi. Kütahya
- Jahazi M, Jonas J I , 2001 "The non-equilibrium segregations of boron on original and moving austenite grain boundaries" Material science and engineering

- Jain v., Sandararayan G. 2002. "Influence of the pack thickness of the boronizing mixture on the bonding of steels" Surface and Coating Technology 149 H. 21-26.
- Keown S.R., Pickering F.B., 1997. "Some aspects of the occurrence of Gooran in Alay sheels "Metal science 26,7,. H 225-234.
- Mal K.K., Tarkan S.E., 1973. "Diffused Baron Ups Hardness Wear Resistance of Metals" Materials Engineering 77, pp. 70-71.
- Matuschka A.G.V.. 1980. "Boronizing" München, Wie: Hansev 1005.
- Oian L.L., Stone G. A-, 1995. "Study of the behavior of boron diffusion In plain corbon steels Journal of Materials Performance V,4. N,1 Park Ohio.
- özsoy A., 1981. "Çeliğin horlanmasında borOrtabakası geçiş sonu ve ana matriksin özelliklerinin iyileştirilmesi "Doktora Tezi, AÜ. Eskişehir,
- Özsoy A., 2001. " Borlama İle ilgili genel bir değerlendirme" Endüstriyel Yüzey Teknolojileri Dergisi Sayı 22 S./Ö 13 istanbul.
- Taşçı A., 1993. "Borlanmış çeliklerin Aşınma ve Korozyon Dayanımları", Y.Lisans. Tezi-İTÜ. İstanbul.
- Yıldırım E., Başpınar M.S., Taktak Ş. ve Emrulloğlu Ö.F., 2000. "-Temokimyasal yöntem ile AIS1 1045 çelik yüzeyinin horlanması" AKÜ.FBE. Dergisi Sayı 2(1) Sayfa. 21-28.