

Ç 1035 Çeliğin Borlama Özelliklerinin İncelenmesi Examination of Boronizing Properties of the Ç1035 Steel

A. Çalık

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

K. Delikanlı

Süleyman Demirel Üniversitesi., Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İsparta

A. Uzun

Eti Holding Emet Tesisleri Emet/Kütahya

ÖZET: Bu çalışmada, asil çelik firmasından temin edilen alaşımsız ve düşük karbonlu Ç1035 çeliğinin yüzeyine bor emdirilmiş ve malzeme yüzeyinin kimyasal bileşimi değiştirilerek borlama ısıl işlemi uygulanmıştır. Bu yöntemin avantajları; diğer yüzey sertleştirme yöntemleri ile elde edilemeyen yüksek sertlik, yüksek aşınma direnci, düşük sürtünme katsayısı, yüksek korozyon direnci gibi özellikler elde edilebilmektedir. Borlama ısıl işlem deneyleri, 1200 °C sıcaklık kapasiteli ± 5 °C hassasiyetli mikro işlemci kontrollü, elektrik rezistanslı, dijital göstergeli ve 200x250x200 mm kapasiteli kül fırınında yapılmıştır. Hazırlanan çelik numunelere %80 susuz boraks (tinkal) ile % 20 ferro silisyum tozunun karışımı bulunan ortamda 950 °C de 3 saat bekletip havada soğutarak borlama işlemi uygulanmıştır. İşlemler, çelik borulardan hazırlanan potalarda yapılmış ve kutu borlama yöntemi kullanılmıştır. Borlama işlemi sonucu numunelerin optik ve SEM mikroyapı fotoğrafları çekilmiştir. Elde edilen borür tabakasının morfolojisi, tabaka kalınlığı ve mikrosertlikleri incelenmiş, deney sonuçları tartışılarak değerlendirilmiştir..

ABSTRACT: In this study, unalloy and low carbon Ç 1035 that provided from Asil Çelik firm was boron succed and boronizing heat treatment applied to materials to change its surface chemical compount. The advantages of this method that couldn't be obtained from other surface hardening processes are high hardness, high wear resistance, low friction coefficient and high rust resistance. Boronizing experiments have been done, using ashes furnace which dimensions are 200x250x200 mm and the capacity of 1200 °C temperature with ± 5 °C sensitivity of micro operation controller and electrical resistance, digital indicator. Prepared rectangular shaped (20x20x30mm) steel samples were applied at 950 °C, 3 h in the 80 % waterlessborax and 20 % ferrosilicium mixtured environments. The processes were made in the steel crucible and solid boronizing process was used. The morfology of boride layer that obtained from optic and SEM analyses, boride layer thickness and microhardness, were examined and the experiment results were discussed

1. GİRİŞ

Çağımızda yüzey mühendisliği önem kazanmıştır. Yüzey sertleştirme ve kaplama işlemi, özel bir işlem olup, bir metalin iç kısmının (yapısının) nispeten yumuşak olması istenirken, yüzeyinin belirli bir kalınlıkta sertleştirilmesini gerektirmektedir. Yüzey sertleştirmenin amacı, metal parçaların yüzeylerinin sertliğini, aşınma

direncini, korozyon direncini ve bununla birlikte yorulma ömrünü arttırmaktır (Çelebi ve ark, 2004).

Bu işlemlerin en önemli avantajı ucuz bir altlık malzeme yüzeyine yapılacak işlemlerle yüzey-ortam etkileşimine dayanan optik, manyetik, elektriksel, termal, kimyasal, korozyon, oksidasyon ve tribolojik gibi mühendislik özelliklerinin istenilen şekilde değiştirilebilmesidir. Bu özellikleri

A. Çalık, K. Delikanlı, A. Uzun

malzemelere kazandırmanın en ekonomik ve kolay yolu borlama ısıl işlemidir. Yüksek yüzey sertliği ve düşük sürtünme katsayısıyla aşınma dayanımının artırılmasının yanında birçok korozif ortama da dayanıklı olan borlama işlemi, dünya bor kaynaklarının önemli bir kısmını oluşturan ülkemizde de geliştirilmeli ve kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

2. BORLAMA

"Borieren", "Bonding" veya "Boronizing" adıyla anılan Borlama işlemi, demirli, demirli olmayan ve sinterlenmiş karbür malzemelerin geniş bir bölümüne uygulanabilen termokimyasal bir yüzey sertleştirme işlemidir. Bu işlem; malzemeyi 700 °C ile 1000 °C sıcaklıklar arasında tercihen 1 - 12 saat süre ile katı bor tozu (bor kaplama bileşimi) pasta, sıvı, gaz veya plazma şeklindeki bir ortamda ısıtılmasından ve bekletilmesinden ibarettir (Çalık ve Özsoy, 2002; Tezcan, 1996; Sinha, 1991).

Borlama, demir-çelik grubu malzemelerin akma ve kopma dayanımlarını %10-20, yorulma dayanımlarını %25 ve korozyonlu yorulma ömrünü %200 arttırmasına karşın, malzemelerin plastisite özelliklerini kötü yönde etkiler. Borlama ile volframkarbürün sertliğine eşdeğer bir sertliğin yanında, teflon malzemeninkine yakın sürtünme katsayısı elde edilebilir (Özsoy, 2001).

Borlama işlemi, titanyum, titanyum alaşımları, krom, manganez, kobalt, molibden, tantal, tungsten gibi demirli olmayan malzemelere de uygulanabilir. Alüminyum alaşımları, çinko ve bakır ve bakır alaşımları borlama işlemi için uygun değildir. Fakat bu malzemeler bazı iş parçalarında bütün yüzeylerin horlanmasının istenmediği durumlarda kaplamaya karşı koruyucu bölge olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Matuschka, 1980).

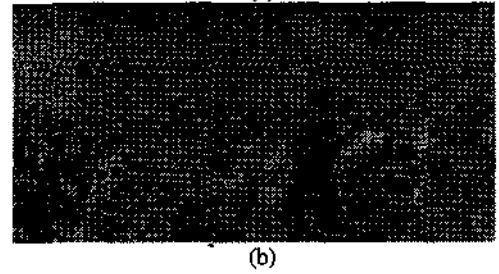
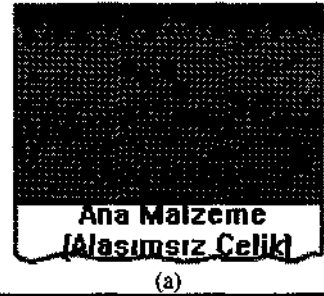
Borlama işlemi gerek toz metalürjisi ve gerekse diğer metotlarla üretilen bütün demir esaslı alaşımlara başarıyla uygulanabilmektedir. Refrakter metaller (W, Ta, Mo, Zr, Hf, Nb) karbürler (özellikle Co ile bağlı WC) ve Ni esaslı alaşımlara basan ile uygulanarak özel yapıda borlu tabakalar elde edilebilmektedir (Atik, 1997; Sinha, 1991).

2.1. Borür Tabakası

Demir ve çeliklerin horlanmasında, ya tek fazlı (FeB), (Fe₂B) veya çift fazlı (FeB + Fe₂B) borür tabakaları elde edilir. Borlayıcı ortamdan sağlanan aktif bor, Fe₂B oluşumu için, esas malzeme tarafından tüketilen miktardan daha fazla olduğu için işlem şartlarında sadece Fe₂B oluşmaz, aynı zamanda Fe₂B 'a göre borca daha zengin reaksiyon (FeB) ürünleri meydana gelebilir (Özsoy, 2001).

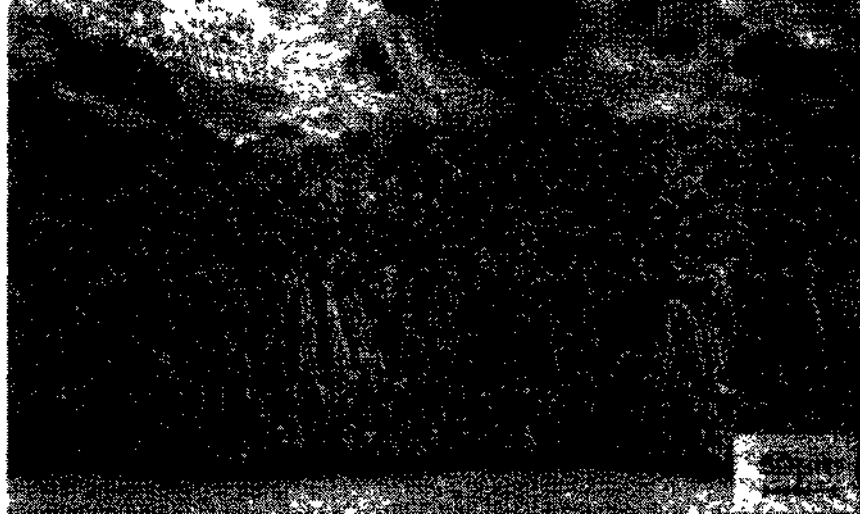
FeB ve Fe₂B optik mikroskop altında kontrast farkıyla birbirlerinden ayırt edilmesi mümkün olmaktadır. FeB fazı Fe₂B fazından daha koyu renkte olup, ayrıca FeB ile Fe₂B ve Fe₂B ile matris ara yüzeyindeki yapı kolonsaldır (Özbek, 1999; Çeçil ve Şen, 2002).

FeB fazı, Fe₂B fazının üzerinde oluşmakta ve Fe₂B fazından daha fazla bor içermektedir. Bor tabakasının kalınlığı borlama sıcaklık ve süresine bağlı olarak artış göstermektedir (Şahin, 1999; Sinha, 1991). Şekil 1'de demir borür fazlarının resmi verilmiştir.



Şekil 1. Borlama sonrası alaşımsız çelikte FeB ve Fe₂B fazlarının görünüşi (a-şematik, b-metalografik) (Karaman, 2003).

Mozaik şeklindeki borirlerin elektron mikroskopuyla çekilmiş, demir matrisin %18' lik klorohidrikasit içinde saatlerce kaynaması aracılığıyla çözünmesi sonrası yaklaşık 120J. uzunluğunda dış biçimli demirborür kristallerinin (Fe₂B) resmi şekil 2' de verilmiştir. Çizelge 1' de Fe₂B ve FeB'nin bazı özellikleri verilmiştir,



Şekil 2. Dış biçimli demirborür kistalleri (Fe₂B) (Karaman, 2003).

Çizelge 1. Fe₂B ve FeB'nin bazı özellikleri (Bozkurt, 1984; Özbek, 1999; Karaman, 2003).

Özellik	Borür	
	Fe ₂ B	FeB
Ergime Noktası (°C)	1390	1550
Mikro sertlik (Vickers)	1600-1800	1800-2400
Uzama Katsayısı (1000 °C)	$5.0 \times 10^{-6} K^{-1}$	$10.16 \times 10^{-6} K^{-1}$
Termal İletkenlik (1000 °C)	0.2-0.3 W/cm °C	0.1-0.2 W/cm °C
Kuri (Curie) Noktası (°C)	742	325
Kristal Sistemi	Tetragonal Hacim Merkezli	Ortorombik
Kafes Parametreleri (Å)	a: 5.075 b: 4.249	a: 4.053 b: 5.495 c: 2.496
Yoğunluk (gr/cm ³)	7.32	-

2.2. Geçiş Bölgesi

Borir tabakası ile horlanan anayapı arasındaki bölge, geçiş bölgesi olarak adlandırılır. Borlama işlemi esnasında çelik bileşiminde bulunan elementler bu bölgede yeniden dağılırlar (Özsoy, 2001).

FeB ve Fe₂B tabakalarının karbon, silisyum gibi elementleri çözündürmemesi nedeniyle bu elementler yüzeyden içeri doğru itilir. Bu bölgede bor, borür oluşturmayacak miktarda bulunmaktadır. Bunun sonucunda da geçiş bölgesinin meydana geldiği bilinmektedir. Geçiş bölgesi, mikroyapı bakımından esas malzeme ve borür tabakasından farklıdır. Bu bölgenin kalınlığı, borür tabakasının kalınlığının bileşime ve işlem sıcaklığına göre 10-15 katı kadardır (Özsoy, 2001; Çalık Ye Özsoy, 2002).

Uygun işlem sıcaklıklarında yayman bordan ve asıl metalden bir geçiş (bağlantı) tabakası borikler meydana getirir. Bu geçiş tabakası bir veya birçok intermetalik fazlardan meydana gelir. Bu tabakanın altında bir bölge bulunmaktadır. Bu bölge içinde bor çözünebilirlik sınırına kadar yayılır ki, bu bölgeye difüzyon bölgesi denir (Matushka, 1980; Özsoy, 1991).

Yapılan bu çalışmada, ülkemizde akademik ve ticari çalışmalarda yurt dışından ithal edilerek kullanılan bor verici malzemelerin yerine ülkemizde bol miktarda bulunan bor madenlerimizin borlama ısıl işlemi amacı ile kullanımını sağlamak amaçlanmıştır.

Bu amaçla Eskişehir Kırka'dan temin edilen susuz boraksı silisyum tozu ile karıştırarak katı ortamda borlama ısıl işlemi amacı ile kullanımı hedeflenmiştir. Elde edilen borlama sayesinde ticari olarak ithal edilen borlama ürünleri ile elde edilenlere benzer borür tabakası elde etmek, borür tabakasında oluşan tabaka kalınlıklarını ve mikro sertliklerini belirlemek hedeflenmiştir.

Çizelge 2. Deney malzemesinin kimyasal kompozisyonu (% Ağırlık olarak).

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Fe
Ç1035	0.35	0.21	0.67	0.051	0.047	Kalan

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR


Bu çalışmada borlama yöntemi olarak, katı ortamda borlama yöntemi seçilmiştir. Borlamaya tabi tutulacak malzeme ise alaşımsız Ç1035 çeliği olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni; bu çeliğin diğerlerine göre işlenebilirliğinin daha kolay olması, endüstride çok miktarda ve kolay bulunabilmesidir. Ç 1035 çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 2'de verilmiştir.

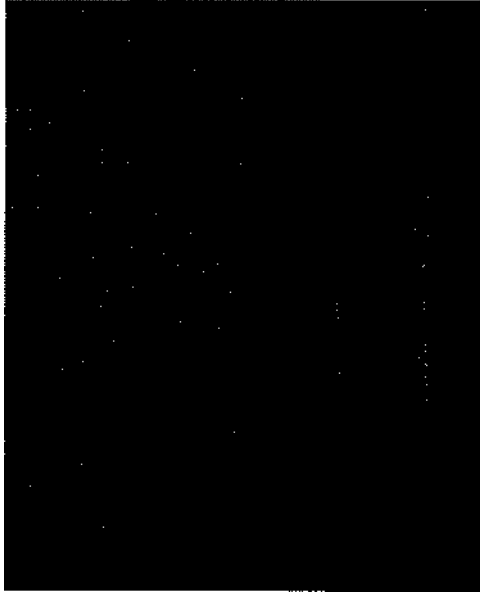
Kah ortamda yapılan borlama işlemi neticesinde elde edilen borür tabakası kalınlığı borlama süresine ve borlama sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir. Borlama ısıl işlemi amacı ile özel olarak % 80 susuz boraks + % 20 ferro silisyum tozundan oluşan karışım hazırlanmıştır (Uzun, 2002).

Katı ortam horlamasında işlemin yapılacağı potalar paslanmaz çelik (304 CrNi) malzemeden olup 60 cm çap ve 100 cm boyunda kapaklı olarak imal edilmiştir. Deneylerin gerçekleştirilmesinde maksimum 1200°C sıcaklık kontrollü ve ± 5°C hassasiyette kül fırını kullanılmıştır. Bor verici ortamda (potada) Ç1035 çeliğini 950 °C de 3 saat bekletmek sureti ile borlama işlemi yapılmıştır. Numuneler daha sonra havada soğutulmuştur.

Katı ortamda borlama yöntemi ile horlanan Ç1035 numunelerinin mikroyapı incelemelerinde optik ve SEM fotoğrafları çekilerek tabaka kalınlıkları ölçümleri yapılmıştır. Borür tabakası, geçiş bölgesi ve anayapının mikrosertlik değerleri tespit edilmiştir. Mikrosertlikler 100 gram yük altında ortalama 5 sertlik deneyi değerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Bu işlemlerden sonra, borlama deneylerinden elde edilen numuneye ait optik mikroyapı fotoğrafı Şekil 3'de ve Şekil 4'de de SEM fotoğrafı verilmiştir.

Çizelge 3. Deneyler sonucunda elde edilen borür tabaka kalınlıkları ve mikrosertlik değerleri.

Sıcaklık (°Q)		Numune	Tabaka Kalınlığı (urt)	Tabaka Sertlik Değeri (HV _{0.1})	Geçiş Böl. Sertlik Değeri (HV _{0.0})	Anayapı Sertlik Değeri (HV _{0.1})
950	3	Ç1035	85	1255	681	266



Şekil 3. Borlanmış numunenin optik mikroyapı fotoğrafı (X 100).



Şekil 4. Borlanmış numunenin borür tabakasının SEM fotoğrafı.

4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmada, literatürde şimdiye kadar Türkiye'de katı ortam borlamasında bor verici kaynak olarak yurtdışından ithal edilen Ekabor, Tigranit gibi ticari bor tozunun kullanıldığı görülmüştür.

Maliyeti fazla olan bu kaynağı kullanmak yerine ülke kaynaklarının değerlendirilmesi düşüncesinden yola çıkılarak, bor verici kaynak olarak maliyeti çok daha düşük olan %80 susuz boraks + %20 silisyum tozunun kanşınundan oluşan bor kaynağının kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Borlama işlemi sonucu Ç1035 çeliğinde meydana gelen borlu tabaka kalınlığında ve mikrosertliğinde

ticari olarak kullanılan bor kaynakları ile yapılan deneysel sonuçlara yakın değerler alınmıştır. Metalografik inceleme sonucunda optik ve SEM'de çekilen mikroyapı fotoğraflarında da bu rahatlıkla görülmektedir (Şekil 3 ve Şekil 4).

Borür tabakasının kolonsal (parmaksı, dişli) bir yapı sergilediği tespit edilmiştir. Bunun oluşum mekanizması ise, bor atomlarının tane sınırlarına difüzyonunu zorlaması ve malzeme merkezine doğru ilerlemesi şeklinde açıklanabilir.

Borür tabakasının mikrosertliklerinin yüzeyden parmaksı uçlara doğru azaldığı, bundan dolayı da borür tabakasının en dış yüzeyinin FeB fazına sahip olduğu tahmin edilmektedir. Parmaksı bölgelerin ise Fe₂B fazından oluştuğu söylenebilir.

Mekanik testler sonucunda sertlik değerinin matris mikrosertlik değerinden oldukça fazla olduğu, mikrosertlik deneyleri ile belirlenmiştir.

Deney numunelerinin horlanmasından sonra üzerilerine bor tozları sıkı bir şekilde yapışmıştır. Ticari olarak horlamada kullanılan bor tozlarına göre tek olumsuz sonuç bu olmuştur. Bu problemi gidermek için kimyagerler ile birlikte çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre horlamada kullanılan bor vericileri ithal edilmesine gerek kalmadığı görülmüştür. Ülke bor kaynaklarının da borlama ısı işlemi amacı ile rahatlıkla kullanılabilceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Atik, E., 1997 "Çeliklerin Borlanarak Aşınma Dayanımlarının Arttırılması" Makine ve Mühendis Dergisi, C. 38, S.445,17-20
- Bozkurt, N. 1984 "Bor Yayınımla Çeliklerde Yüzey Sertleştirme" Doktora tezi, İTÜ 1984 İstanbul.
- Çalık A., Özsoy A., 2002. "Termal Çevirimli Borlama İşleminin Ç1010 Çeliğine Etkileri" 11. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi, Bildiriler Kitabı, CD'si İstanbul, 1281-1288
- Çep, Ö., Şen., Ş., 2002. "AISI8620 Çeliğinin Bor-Vanadyumlanması ve Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi" SAÜ, Fen Bilimleri Dergisi, 6, 3, 113-117
- Çelebi, G., İpek, M., Bindal, C, 2004. "Borlanmış AISI 8620 Çeliği Yüzeyinde Oluşan Bor Tabakasının Bazı Mekanik Özellikleri" 1.Ulusal Metalürji ve Malzeme Günleri, Bildiriler Kitabı, OGÜ Yayın No, 099, 27-28 Mayıs Eskişehir 37-47.
- Karaman. Y., 2003. "Endüstriyel Borlama ve Tekstil Endüstrisinde Bir Uygulama" Y.Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 121 s. İsparta
- Matuschka, A.G.V., 1980 "Boronizing" München, Wien: Hanser 100 s.
- Sinha, A.K., 1991 "Boriding (Boronizing)" American Society for Metals Handbook, V, 4 Heat Treating, Park Ohio, 437-447
- Şahin, S, 1999 "Kau Borlama Yöntemi ile Ferrobör Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi" Celal BayarÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s 86, Manisa
- Özbek, İ., 1999 "Borlama Yöntemiyle AISI M50, AISI M2 Yüksek Hız Çeliklerinin ve AISI W1 Çeliğinin Yüzey Performansının Geliştirilmesi" SAU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya
- Özsoy, A., 1991. "Çeliğin Borlanması Borür Tabakası, Geçiş Zonu ve Anamatriksin Özelliklerinin İyileştirilmesi" Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
- Özsoy, A, 2001. "Borlama ile İlgili Genel Bir Değerlendirme" Endüstriyel Yüzey Teknolojileri Dergisi, Sayı, 22, 10-13
- Tezcan, R, 1996. "Borlama İşlemi ve Endüstriyel Uygulamaları" Y.Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, s 46
- Uzun, H.A., 2002 "Borlam İle Yüzeyleri Sertleştirilen Çeliklerin Aşınma ve Korozyona Karşı Dayanımları" Y.Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 75 s. İsparta