1. ULUSLARARASI BOR SEMPOZYUMU

PROCEEDINGS OF THE 1ST INTERNATIONAL BORON SYMPOSIUM



3-4 EKİM 2002
OCTOBER 3-4, 2002

Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya TÜRKİYE

Editor
K. ERARSLAN

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ

TMMOB Maden Mühendisleri Odası

Çeşitli bor hammaddelerinin sırın erime davranışlarına etkileri
Effects of various boron raw materials on melting of glazes
A.Kartal & H. Gürtekin 48

Organic Boron – Nitrogen Dyes
K.Albrecht, M.Köster, Chr.Burmester, D.E.Kaufmann, P.Xavier & Y. Apeloig 53

Physical-mechanical Properties of Ni-Doped Boron
G. Darsavelidze, O. Tsagareishvili, D. Gabunia, Z. Zoidze, & L. Gabunia 55

Separation of ulexite from colemanite by thermally assisted comminution and screening
S. Şener, G. Özbayoğlu 60

Endüstriyel Sodyum Perborat Monohidrat Üretimi
Production of Industrial Sodium Perborate Monohydrate
F.Öztürk 65

Boraks pentahidrat prosesinde yapılan iyileştirme çalışmaları
Improvement of Borax Pentahidrate Process
A.H. Gülçek & A. Meriç 70

Termogravimetrik Verilerden Borik Asitin Dehidratasyon Kinetiği
Dehydration Kinetics of Boric Acid Using Thermogravimetric Data
F. Sevim, H. Okur, F. Demir, A. Mergen & M. Bilen 84

A comparative study on stability and decay resistance of two environmentally friendly fire-retardant boron compounds: PHN 130 and PHN 130G
M.K. Yalınkılıç, E.Baysal & Y.Imamura 92

Borlanmış AISI 3315 çeliğinin erozyon aşınması oranına borlama sıcaklığı ve süresinin etkisi
The effect of boriding temperature and duration on erosive wear rate of the borided AISI 3315 Steel
K. Yıldızlı & D. Odabaş 103

Ç1040 Çeliğinin Borlanmasında Oluşan Borür Tabakasının Özelliklerinin İncelenmesi
Examination of Properties of the Boride Layer Formed in Boronizing of SAE 1040 Steel
A. Çalık, K. Delikanlı & H.A. Uzun 109

Demir Esaslı Makina Elemanlarının Aşınma ve Korozyon Direncinin Arttırılmasında Borun Rolü
Role of Boron in Increasing the Resistance to Wear and Corrosion of Ferric Machine Tools
B.Selçuk, S.Yüksek & Ö.Uysal 114

Yalinkilic, M.K., S.Yusuf, T. Yoshimura, M. Takahashi, K.Tsunoda. 1996. Effect of vapor phase formalization of boric acid treated wood on boron leachability and biological resistance. Proc. from Third Pacific Rim Bio-Based Composites Symp., 2-5 Dec., 1996, Kyoto, Japan, pp. 544-551.

Yalinkilic, M.K., Wen-Yu. Su, Z. Demirci, E. Baysal, M. Takahashi, S. Ishihara. 1997a. Oxygen index levels and analysis of wood treated with melamine formaldehyde-boron combinations. The Int. Res. Group on Wood Preservation, Document No. IRGIWP 97-30135, 1997, 15 pp.

Yalinkilic, M.K., S. Yusuf, T. Yoshimura, Wen-Yu. Su,K.Tsunoda, M. Takahashi. 1997b. Incorporation of phenyl boronic acid treatment with vapor phase formalization. The Tnt. Res. Group on Wood Preservation, Document No. IRGIWP 97-40077, 1997, 18 pp.

Yalinkilic, M.K., E. Baysal, Z. Demirci. 1997c. Water uptake and water repellency of Douglas fir *(Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) wood treated with boron compounds. Proc. of the XI. World Forestry Congress, 13-22 Oct., 1997, Antalya, Turkey, Vol. 4(E), pp. 45.

Yalinkiliç, M.K., Y.Imamura, M. Takahashi, A.C. Yalinkiliç. 1999. In situ polymerization of vinyl monomers during compressive deformation of wood treated with boric acid to delay boron leaching. Forest Products Journal, 49(2): 43-51.

Borlanmış AISI 3315 çeliğinin erozyon aşınması oranına borlama sıcaklığı ve süresinin etkisi

The Effect of Boriding Temperature and Duration on Erosive Wear Rate of the Borided AISI 3315 Steel

K. Yıldızlı & D. Odabaş
Makine Mühendisliği Bölümü Erciyes Üniversitesi, Kayseri

ÖZET: Bu çalışmada, sıvı ortamda borlanmış AISI 3315 çeliğinde borlama süresi ve sıcaklığının erozyon oranı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Numunelerin aşınma testleri 30 m/s püskürtme hızı ve 90^0 çarpma açısında 420 μm grit partikül püskürtülerek gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, erozyon oranının, oluşan bor tabakası kalınlığı, sertlik değerleri ve morfolojik yapısı ile ilişkili olduğu; borlanan numuneler arasında en düşük aşınmayı 950 °C'de 7 saat süre ile borlanan numunenin sergilediği ve borlanan numunelerin işlem görmeyen numuneye göre yaklaşık 5 kat daha fazla aşınma direnci gösterdikleri belirlenmiştir.

ABSTRACT: In the present study, the effect of the boriding temperature and duration on erosive wear rate of the borided AISI 3315 steel was investigated. Erosion tests of the samples which borided by liquid boriding at different temperatures and durations were conducted using grit powder, 420μm in particle size, at an impact velocity of 30 m/s and impact angle of 90°. Consequently, the erosion rate interested in the thickness, hardness and morphological structures of the boride layers.The sample borided at a temperature of 950 °C in 7 hours exhibited the lowest erosive wear rate. Furthermore, It was found that the erosive wear resistances of the borided samples are 5 times higher than that of the untreated sample.

1 GİRİŞ

Bir sıvı ya da gaz akımı tarafından taşınan farklı geometrik boyut ve yapıdaki taneciklerin, temasda bulundukları katı yüzeylerinde sürekli darbe etkisi yaparak oluşturdukları hasar erozyon aşınması olarak tariflenmektedir. Erozyona maruz kalan parçaların işletme ömürlerini arttırmak için yüzey kaplama teknikleri ya da yüzey mühendisliği ısıl işlem metodlarından faydalanılmaktadır. Malzeme yüzeyinin kimyasal terkibinde değişiklik meydana getirilerek aşınmaya karşı koruyucu bir tabaka oluşturup malzemeye çeşitli aşınma mekanizma larına karşı direnç kazandırmak mümkündür. Selçuk (1994)

Borlama işlemi, bu maksatla kullanılabilen yüzey mühendisliği ısıl işlemlerindendir. Bu tür aşınma olaylarına karşı, ısıl işlemler ile veya kaplama vasıtası ile nitelik kazandırılan malzemelerin dirençleri, standard olarak ASTM (2000) ya da farklı tipte tasarlanmış eroziv aşındırma deney setleri kurularak test edilebilir. Friedrich (1986)

Bununla birlikte, eroziv aşınma; aşındırıcı taneciklerin ve bunları taşıyan akımın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklılık göstermesi yanısıra, sadece sıvı ya da gaz akımının kendisinin de aşındırıcı madde özelliği teşkil etmesi durumu sebebiyle bu mekanizmaların tek başına, kombineli ve yüksek sıcaklık uygulamalarında malzemede bıraktıkları hasar türlerinin farklılık göstermesi itibariyle püskürtme, yıkama, kavitasyon-erozyon, erozyon-korozyon, yağdırma ve termal aşınma mekanizmaları adları altında sınıflandırılmaktadır. Yıldızlı ve diğerleri (2002)

Erozyon aşınmasına maruz kalan parçaları borlamak sureti ile aşınma dirençleri arttırılabilir. Nair&Karamış (1999), kum püskürtme nozullarının borlanması sonucu bu parçaların kullanım ömürlerinin 20 kat arttığını bildirmişlerdir. H13 sıcak iş takım çeliğinden hazırlanan borlanmış, nitrürlenmiş ve NiP kaplanmış numuneler hava akımı ile SiC partiküller üflenerek eroziv aşındırma işlemine tabi tutulmuştur. Deney sonucunda borlanmış numuneler aşınmaya karşı en yüksek direnci göstermişlerdir. Nair&Karamış (2000)

Katı partiküllerin taşındığı çevre ile ilişkili olarak erozyonun kavitasyonla birlikte meydana geldiği durumlarda da borlama işlemi fayda sağlayıcı bir metotdur. Demirci (1996), Fe-esaslı malzemelerin kavitasyon dayanımı üzerinde borlama ile 4 katlık artış sağlandığını bildirmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklığın söz konusu olduğu çevrelerde özellikle buhar türbünü kanatçıkları eroziv aşınma sebebi ile hasara uğramaktadır. Mann (1999), % 12 Cr içeren bir çelikten imal edilen kanatçığın borlanması durumunda aşınma direncinde 7-9 kat artış olduğunu bildirmiştir.

Yıldızlı ve diğerleri (2002), endüstriyel olarak kullanım alanı oldukça geniş olan, AISI 1020 çeliğinin sıvı ortamda borlanması durumunda belirlenen eroziv aşınma direncinin, normalize edilmiş halde bulunan dirençten yaklaşık 9 kat yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

2 MALZEME SEÇİMİ

AISI 3315 çeliği, az karbonlu oluşu sebebiyle oldukça sünek ve yapısında Cr ve Ni elementleri bulunduğu için korozyon ve kimyasal etkilere karşı gerek oda sıcaklığında gerekse yüksek sıcaklıklarda dayanım gösterebilen az alaşımlı bir çeliktir. Bu tür çeliklere, bir çok işletmede kimyasal içerikli akışkan maddelerin ya da gübre v.s gibi katı taneciklerin silolardan nakledilme işlemleri sırasında erozyon aşınmasının meydana geldiği hidrolik veya pnomatik taşıma hatlarında değişik ekipman malzemeleri olarak rastlamak mümkündür.

Borlama işleminin Cr ve Ni içerikli çeliklerde erozyon aşınması oranı üzerindeki etkisini görebilmek ve uygun borlama şartlarını belirlemek maksadı ile deneysel çalışmada AISI 3315 çeliği seçilmiştir.

3 DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler, ilk olarak numunelerin borlanma işlemlerinin yapılması ve ardından borlanan numunelerin aşındırma işlemlerine maruz bırakılması suretiyle iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise normalize edilmiş numunede aynı koşullarda aşındırılarak, işlem gören numunelerin erozyon oranları ile karşılaştırılmıştır.

3.1 *Sıvı Ortamda Borlama*

3.1.1 *Numunelerin borlamaya hazırlanması*

20 mm çapında ve 10 mm kalınlığında kesilen numuneler kül fırınında 850 °C'de 1 saat tavlanarak havada soğutulmaya bırakılmıştır. Isıl işlem sonrası numuneler, su zımparasında 240, 320, 400, 600 numaralı SiC disklerde zımparalanarak borlamaya hazır hale getirilmiştir.

3.1.2 *Borlama ortamının hazırlanması*

Borlama işlemlerinde kullanılan Boraks, 300 °C'de 1 Saat; 600 °C'de 3 Saat bekletilerek susuz boraks haline getirilmiştir. Borik Asit, 110 °C'de 3 Saat bekletildikten sonra 400 °C'a yavaş yavaş ısıtılarak kalsine borik asit haline getirilmiştir. Ferro-Silis ise, direk karışıma ilave edilmiştir. Bu işlemler sonrası ağırlıkça % 65 Susuz Boraks, % 15 Kalsine Borik Asit ve % 20 Ferro-Silis içeren bir karışım oluşturulmuştur.

3.1.3 *Borlama işlemlerinin yapılışı*

Hazırlanan karışım, grafit potaya doldurularak işlem sıcaklığına ısıtılan kül fırınına yerleştirilmesi suretiyle erimesi sağlanarak sıvı borlama ortamı oluşturulup, numuneler pota içine daldırılmıştır. Sıvı ortamda borlama işlemi için 950-1100 °C sıcaklık aralığı seçilmiştir. 1100 °C üzerinde borlanan numunelerde bölgesel çarpılmalar meydana gelmektedir. 950 °C altında ise borlama banyosunun viskozitesi oldukça yüksek olduğundan tam bir sıvı ortam oluşturulamamaktadır. Bu sebeple, Çizelge 1'de verilen şartlarda, borlama sıcaklığı sabit tutularak (950 °C) 1, 3, 5, 7 ve 9 saat; borlama süresi sabit tutularak (7 saat) 950, 1000 ve 1100°C sıcaklıklarda, hazırlanan numunelerin ayrı ayrı borlanması sağlanmıştır.

Çizelge.1. Borlama Şartları

Sabit Borlama Süresi (7 Saat.)	Sabit Borlama Sıcaklığı (950 °C)
	1 Saat
950 °C	3 Saat
1000 °C	5 Saat
1100 °C	7 Saat
	9 Saat

4 AŞINDIRMA İŞLEMLERİ

4.1 *Deney Tesisatı*

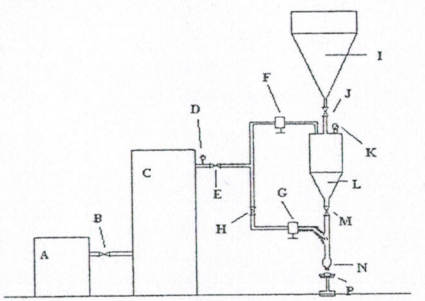
Akış halinde 1-10 bar basınca sahip bir gaz akımı (hava) tarafından taşınan 50 µm-1,5 mm arasında değişen ve farklı geometriye sahip köşeli (grit) veya küresel (bilya) partiküllerin çeşitli metal ve alaşımların yüzeylerinde darbe etkisi yaparak aşındırma sağlayacak özellikte tasarlanıp üretilmiştir. Cihaz 5-45 m/s'lik partikül çıkış hızı sağlayabilmektedir. Ancak püskürtme hızı; başta partiküllerin yapı ve geometrisiyle birlikte kullanılan püskürtme lülesi özelliğine göre değişim göstermektedir. Deney tesisatının şematik gösterimi aşağıda verilmiştir. (Şek. 1)

4.2 *Test Prosedürü*

Deneylerde, borlama işlemi görmeyen numune ve farklı sıcaklık ve sürelerde borlanan numuneler, Çizelge 2'de verilen sabit aşındırma parametreleri altında 60 dakika boyunca 420 µm nominal çapında G-40 martenzit yapılı 55 RC sertliğinde grit partiküller püskürtülerek eroziv aşındırma işlemine maruz bırakılmıştır.

Çizelge 2.Sabit eroziv aşındırma parametreleri

Püskürtme Hızı	30 m/s
Çarpma Açısı	90°
Aşındırıcı Partikül	G 40 Grit
Partikül Deposu Basıncı	2 Bar
Lüle Hava Giriş Basıncı	2 Bar
Lüle Çapı	7 mm
Lüle Boyu	10 mm
Numune ve Lüle Arasındaki Mesafe	10 mm

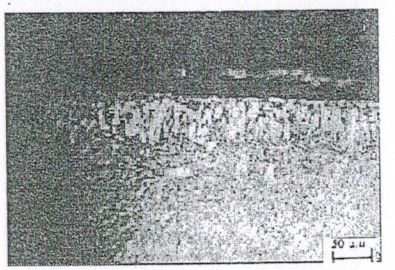


Şekil 1. Eroziv aşındırma cihazının şematik görünümü
A:Kompresör; B, E, J, H, M: Vana; C: Hava Deposu; D,K: Basınç Manometresi, F,G: Basınç Regulatörü, I: Ana Partikül Deposu; L: Basınçlı Partikül Deposu, N: Nozul; P: Numune Tutucu

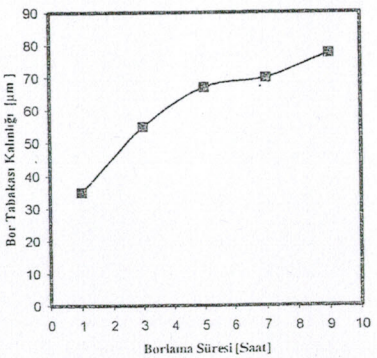
5 DENEY SONUÇLARI

5.1 *Bor tabakası kalınlığının değişimi*

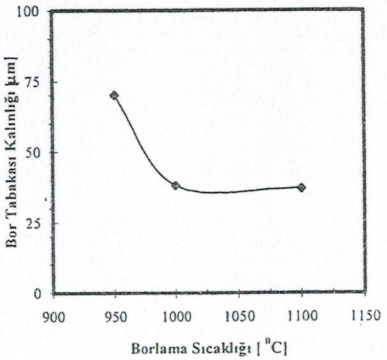
Borlanan numunelerin metalografik incelemeleri optik metal mikroskobu yardımıyla yapılmıştır. Numunelerin yüzey satıhlarına paralel olarak uzanan bor tabakalarının, diş derinliği yüksek ve yer yer kopuk yapıda bor dişlerinden teşekkül olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bor dişlerinin araları seyrektir. 950 °C'de 1, 3, ve 9 saat borlama şartlarında ve 1000 ve 1100 °C'de 7 saat borlanan çelik numunelerin mikroyapısı bu tarzdadır. 950 °C'de 7 saat borlanan numunelerde oluşan bor tabakaları ise diğerlerine göre benzer karakterde olmasına rağmen bor dişleri arasındaki mesafe oldukça küçüktür. Borlanmış bir AISI 3315 çeliğinin metalografik yapısı şekil 2'de görülmektedir.Oluşan borür tabakaları kalınlıklarının ortalama 35-73 µm arasında değiştiği belirlenmiştir. 950 °C sabit sıcaklıkta 1-9 saat süre ile borlanan numunelerde bor tabakası kalınlığının 9 saatlik borlama süresine kadar artış gösterdiği (Şek.3); bununla birlikte 7 saat borlama süresinde, borlama sıcaklığının artışı ile oluşan bor tabakası kalınlığının azaldığı belirlenmiştir. (Şek.4)



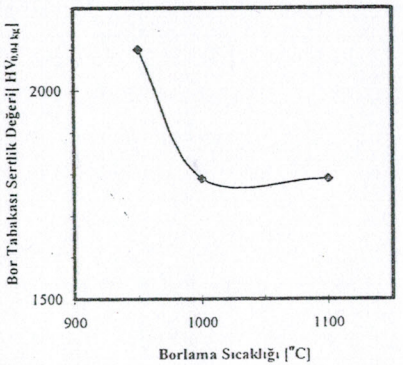
Şekil 2.*Borlanmış AISI 3315 çeliğinin mikroyapısı (x 80)
*950 °C- 3 saat



Şekil 3. Bor tabakası kalınlığının borlama süresi ile değişimi



Şekil 4. Bor tabakası kalınlığının borlama sıcaklığı ile değişimi



Şekil 5. Bor tabakası sertliğinin borlama sıcaklığı ile değişimi

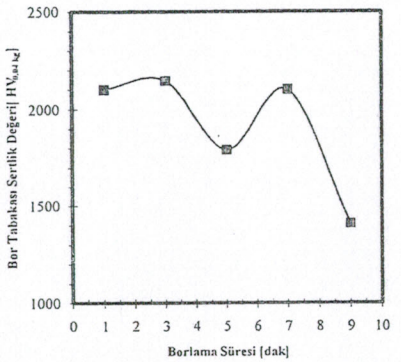
5.2 *Bor Tabakası Sertlik Dağılımları*

Yüzeyleri hassas bir şekilde parlatılmış ve % 2'lik Nital ile dağlanmış borlanmış numunelerin mikro kesitleri üzerinde Jenavert marka optik mikroskoba monte edilebilen ZEISS mhp 160 model mikrosertlik aparatı ile mikrosertlik taramaları gerçekleştirilmiştir. Mikrosertlik ölçümleri kare tabanlı vickers elmas uçla, 40 g yükün 20 sn uygulanması suretiyle ana metalden başlayarak bor tabakalarına doğru sertlik ölçümleri alınmıştır. Çizelge 3'de, belirlenen bor tabakalarının ortalama sertlik değerleri verilmiştir. 950 °C sabit sıcaklıkta 1-9 saat borlama şartlarında oluşan bor tabakaları sertlik değerleri farklı bir dağılım sergilemiştir. 9 saat borlama şartlarında seçilen borlama şartları içerisinde tespit edilen en düşük sertlik değeri belirlenmiştir.

Sabit borlama süresinde sıcaklık, 950-1100 °C aralığında 1100 °C yaklaştığında ise, borür tabakası sertlik değerlerinde 300 HV kadar azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 3. AISI 3315 Çeliği bor tabakası ort.sertlik değerleri

Borlama Sıcaklığı ve Süresi	Bor Tabakası $HV_{0,04kg}$
950 °C- 1 Saat	2101
950 °C -3 Saat	2145
950 °C -5 Saat	1790
950 °C -7 Saat	2101
950 °C -9 Saat	1410
1000 °C -7 Saat	1790
1100 °C -7 Saat	1790



Şekil 6.Borlanmış AISI 3315 çeliğinin bor tabakası sertliğinin borlama süresi ile değişimi

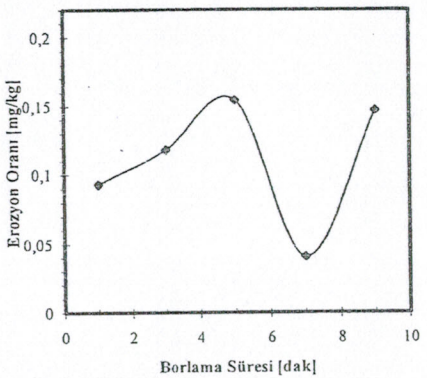
5.3 *Erozyon Oranı*

Erozyon oranı, aşındırma işlemi boyunca malzemede meydana gelen toplam ağırlık kaybının ve yahut da, hacimsel kaybın, numune yüzeyine püskürtülen aşındırıcı partiküllerin toplam ağırlığına bölünerek bulunur. Erozyon aşınması konusunda yapılan deneysel çalışmalarda erozyon hasarının değerlendirilmesi genelde bu oran üzerinden yapılmaktadır.

Ayrıca, standardlarca tesbit edilen bazı malzeme lerin erozyon oranlarına, test edilen malzemelerin erozyon oranları bölünerek de erozyon aşınması değerlendirilmektedir. ASTM G 76-95 (2000)

5.3.1 *Erozyon oranının borlama süresi ile değişimi*

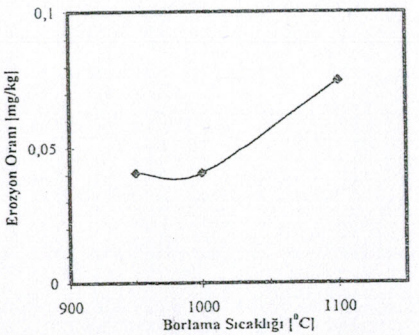
Her bir numunenin erozyon oranları hesaplandığında en düşük değer, 950 °C –7 saat şartlarında borlanan numunede tespit edilmiştir. Bu numunede oluşan bor tabakası daha kalın ve sert olmasının yanında morfolojik yapısı itibari ile daha sık bor dişlerine sahip olduğundan numunede erozyona karşı daha yüksek direnç meydana getirdiği düşünülmektedir.



Şekil 7. Erozyon oranının borlama süresi ile değişimi

5.3.2 *Erozyon oranının borlama sıcaklığı ile değişimi*

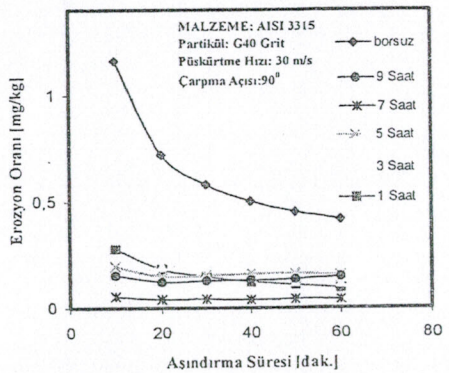
Sabit 7 saat borlama süresinde 950 °C nin üzerinde borlanan numunenin erozyon oranının yüksek olduğu görülür. (Şek.8) Buna bağlı olarak, çeliğin aşınma direncinin azaldığı söylenebilir.



Şekil 8. Erozyon oranının borlama sıcaklığı ile değişimi

5.3.3 *Erozyon oranına borlama işleminin etkisi*

Borlama işlemi, çeliğin erozyon oranı üzerinde azaltıcı bir etki yapmaktadır. Bu ise erozyon aşınma direncinin arttığı anlamına gelmektedir.Tüm borlama şartları göz önüne alındığında, borlanmış AISI 3315 çeliğinin erozyon oranı, aynı çeliğin borlama işlemi görmemiş sadece normalize edilmiş halde bulunan erozyon oranına göre yaklaşık 5 kat daha düşüktür. (Şek.9)



Şekil 9. Erozyon oranına borlamanın etkisi

6 SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1.Sıvı ortamda borlama tekniği alaşımlı çeliklerde erozyon aşınmasına karşı başarılı bir biçimde uygulanabilir.

2. AISI 3315 çeliğinin eroziv aşınma oranı oluşan bor tabakasının kalınlığı, sertlik ve morfolojik yapısı ile ilişkilidir.

3. AISI 3315 çeliğinde sık ve derin yapıya sahip bor tabakalarının erozyon aşınmasına karşı daha fazla direnç göstererek çeliğin aşınma ömrünü arttırdığı kanaatine varılmıştır.

4. Seçilen borlama şartları içerisinde en düşük erozyon oranı 950 °C-7 saat şartlarında borlanan numunede tespit edilmiştir.

5. Borlama işlemi çelikte erozyon oranı üzerinde 5 kat azaltıcı etki yapmıştır. Dolayısı ile çeliğin aşınma direncini yükseltmiştir.

6. Sıvı ortamda borlama işleminde 7 saat sabit borlama süresinde, sıcaklık arttırıldığında, çeliğin erozyon oranının arttığı görülmüştür. 950 °C'de 1-9 saat borlama şartlarında çeliğin erozyon oranındaki değişim borlama süresi artışına paralel olmayıp farklı oranlar gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

ASTM Designation: G 76-95.(2000). Standart test method for conducting erosion tests by solid particle impingement using gas jets. *Annual book of ASTM Standards*.321-325

Demirci, H. 1996. Fe- esaslı malzemelerin borlanması ile kavitasyon dayanımının değişimi *7. Uluslararası Makine Tasarım ve imalat Kongresi*. 261-269

Friedrich, K. 1986. Erosive wear of polymer surfaces by steel ball blasting. *J. of Materials Science*.21:3317-3332

Mann, B. 1999. Solid particle erosion and protective layers for steam turbine blading. *Wear* .224:8-12

Nair, F.&Karamış, M.B.1999. An evaluation of erosion behaviour of boronised sand blast nozzle. *Balkantrib Conferences* 1:239-245

Nair, F., Karamış M.B. & Taşdemirci, A. 2000. Endüstriyel uygulamalarda borlanmış çeliklerin aşınma davranışlarının incelenmesi. *8. Denizli Malzeme Sempozyumu Bildiriler Kitabı* .334-343

Selçuk, B. 1994. Borlanmış AISI 1020 ve 5115 çeliklerinin sürtünme ve aşınma davranışlarının incelenmesi. Doktora tezi. Erciyes Ün. Kayseri

Yıldızlı, K., Odabaş, D&Nair F. 2002. Borlanmış AISI 1020 çeliğinin eroziv aşınma davranışının incelenmesi. *Bor Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı*.33-35

Ç1040 Çeliğinin Borlanmasında 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. Isparta
K. Delikanlı
Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Makine Müh. Böl. Isparta
H.A. Uzun
Eti Holding Emet Tesisleri Emet/Kütahya

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 işlemini 950 °C' de 3 saat bekletip havada soğutma işlemi uygulanmıştır. İkinci 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 thermochemical 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, yerkabuğunun 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, önemli ölçüde boroksit (B_2O_3) 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 sayıdaki 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 tarihin en eski teknolojilerinden günümüze kadar kullanıla gelmiştir. Günümüzde bu kullanım sahaları çok daha fazla genişlemektedir, özellikle 400'den fazla endüstriyel alanlarda uygulama alanı bilinmektedir (Çalık, 2002).

Babilliler, 4000 yıl kadar önceleri Altını (Au) işlemek için ve kaynak işlemelerinde boraks minerali olduğu düşünülen kristalleri