

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° çarpma açısında 420 um gnt partikül püskürtülerek gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, erozyon oranının, oluşan bor tabakası kalınlığı, sertlik değerleri ve morfolojik yapısı ile ilişkili olduğu; horlanan numuneler arasında en düşük aşınmayı 950 °C'de 7 saat süre ile horlanan numunenin sergilediği ve horlanan 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 were borided by liquid bonding at different temperatures and durations were conducted using grit powder, 420um 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 buldukları 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 ısıtma işlem metodlarından faydalanılmaktadır. Malzeme yüzeyinin kimyasal terkinde değişiklik meydana getirilerek aşınmaya karşı koruyucu bir tabaka oluşturup malzemeye çeşitli aşınma mekanizmalarına karşı direnç kazandırmak mümkündür. Selçuk (1994)

Borlama işlemi, bu maksatla kullanılabilen yüzey mühendisliği ısıtma işlemlerindedir. Bu tür aşınma olaylarına karşı, ısıtma işlemleri ile veya kaplama vasıtasıyla 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 yanı sıra, 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 itibarıyla püskürtme, yıkama, kavitezyon-erozyon, erozyon-korozyon, yağdırma ve termal aşınma mekanizmaları adları altında sınıflandırılmaktadır. Yıldızlı ve diğerleri (2002)

Erozyon aşınmasına maruz kalan parçaların horlamak suretiyle, aşınma dirençleri arttırılabilir. Nair&Karamış (1999), kuru püskürtme nozullarının horlanması 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 partikülleri 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 kaviteyle birlikte meydana geldiği durumlarda da borlama işlemi fayda sağlayıcı bir metottür. Demirci (1996), Fe-esaslı malzemelerin kaviteye 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 horlanması 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 horlanması 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 pnömötik 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 horlanma işlemlerinin yapılması ve ardından horlanan numunelerin aşındırma işlemlerine manız 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 horlamaya hazırlanması

20 mm çapında ve 10 mm kalınlığında kesilen numuneler kül finmında 850 °C'de 1 saat tavlansak

havada soğutulmaya bırakılmıştır. Isıl işlem sonrası numuneler, su zımparasında 240, 320, 400, 600 numaralı SiC disklerde zımparalanarak horlamaya 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 karışma ilave edilmiştir. Bu işlemler sonrası ağırlıkça % 65 Susuz Boraks, % 15 Kalsine Borik Asit ve % 20 Ferro-Silis İçeren bir karışım oluşturulmuştur.

3.1.3 Borlama işlemlerinin yapılışı

Hazırlanan karışım, grafit potaya doldurularak işlem sıcaklığına ısıtılan kül finına 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 horlanan 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 aynı ayn horlanması sağlanmıştır.

Çizelge 1 Borlama Şartları

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

4 AŞINDIRMA İŞLEMLERİ

4.1 Deneysel Tesisatı

Akış halinde 1-10 bar basınca sahip bir gaz alımı (hava) tarafından taşınan 50 µm-1,5 mm arasında değişen ve farklı geometriye sahip köşeli (grit) veya küresel (buya) partiküllerin çeşitli metal ve alaşımların yüzeylerinde darbe etkisi yaparak aşındırma sağlayacak özellikte tasarlanıp üretilmiştir.

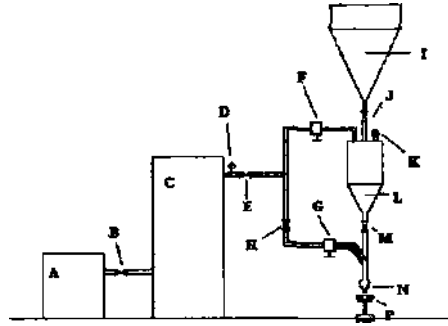
Cihaz 5-45 m/s'lık partikül çıkış hızı sağlayabil mektedir Ancak püskürtme hızı, başta partiküllerin yapı ve geometrisiyle birlikte kullanılan püskürtme lülesi özelliğine göre değişim göstermektedir. Deney tesisatının şematik gösterimi aşağıda verilmiştir (Şekil 1)

4.2 Tat 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 fın nominal çapında G-40 martenzit yapılı 55 RC sertliğinde gnt partiküller püskürtülerek eroziv aşındırma işlemine manız bırakılmıştır

Çizelge 2 Sabit eroziv aşındırma parametreleri

| | |
|----------------------------------|----------|
| Püskürtme Hızı | 30 m/s |
| Çarpma Açısı | 90° |
| Aşındırıcı Partikül | G 40 Gnt |
| Partikül Deposu Basıncı | 2 Bar |
| Lüle Hava Giriş Basıncı | 2 Bar |
| Lüle Çapı | 7mm |
| Lüle Boyu | 10mm |
| 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 Regülatörü, I Ana Partikül Deposu, L Basıncılı Partikül Deposu, N Nozul, P Numune Tutucu

5 DENEY SONUÇLARI

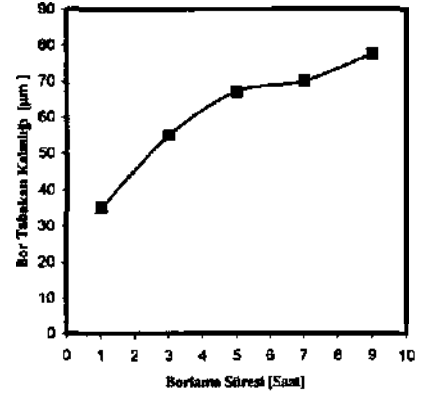
5.1 Bor tabakası kalınlığının değişimi

Borlanan numunelerin metalografik incelemeleri optik metal mikroskobu yardımıyla yapılmıştır. Numunelerin yüzey satırlarına paralel olarak uzanan bor tabakalarının, dış derinliği yüksek ve yer yer kopuk yapıda bor dışlarından teşekkül olduğu

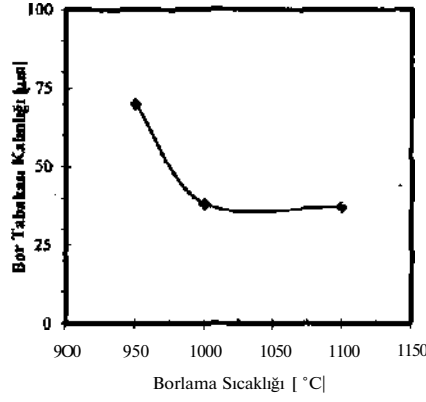
gözlenmiştir. Ayrıca bor dışlarının aralan seyrekler 950 °C'de 1, 3, ve 9 saat borlama şartlarında ve 1000 ve 1100 °C'de 7 saat borlanan çelik numunelerin mikroyapısı bu tarzdadır. 950 °C'de 7 saat borlanan numunelerde oluşan bor tabakaları ise diğerlerine göre benzer karakterde olmasına rağmen bor dışları arasındaki mesafe oldukça küçüktür. Borlanmış bir AISI 3315 çeliğinin metalografik yapısı Şekil 2'de görülmektedir. Oluşan bor 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 (Şekil 3), bununla birlikte 7 saat borlama süresinde, borlama sıcaklığının artışı ile oluşan bor tabakası kalınlığının azaldığı belirlenmiştir. (Şekil 4)



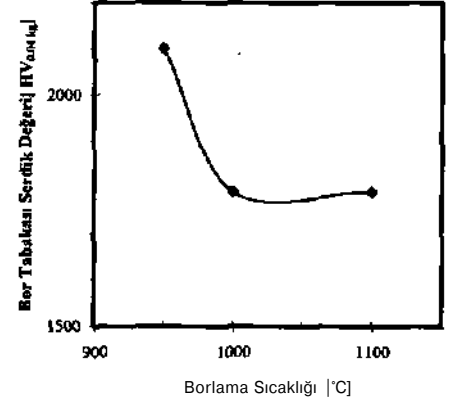
Şekil 2 »Borlanmış AISI 3315 çeliğinin mikroyapısı (x S0) •950 °C 3 saat



Şekil 3 Bor tabakası kalınlığının borlama süresi ile değişimi



Şekil 4. Bor tabakası kalınlığının borlama sıcaklığı ile değişimi

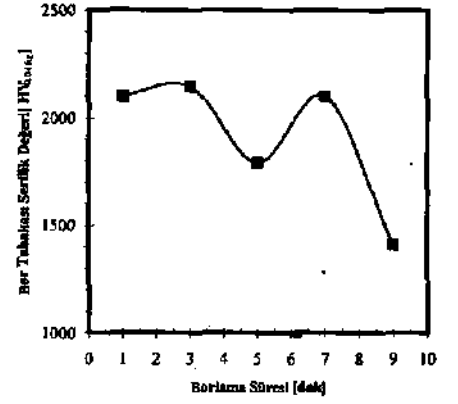


Şekil 5. Bor tabakası sertliğinin borlama sıcaklığı ile değişimi

5.2 Bor Tabakası Sertlik Dağılımları

Yüzeyleri hassas bir şekilde parlatılmış ve % 2'lik Nital ile dağlanmış horlanmış 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-U00 °C aralığında 1100 °C yaklaştığında ise, borür tabakası sertlik değerlerinde 300 HV kadar azalma meydana gelmiştir.



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

Çizelge 3. AISI 3315 Çeliği bor tabakası sertlik değerleri

| Borlama Sıcaklığı ve Süresi | Bor Tabakası Sertlik Değeri [HV _{0,01}] |
|-----------------------------|---|
| 950 °C-1 Saat | 2101 |
| 950 °C -3 Saal | 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 |

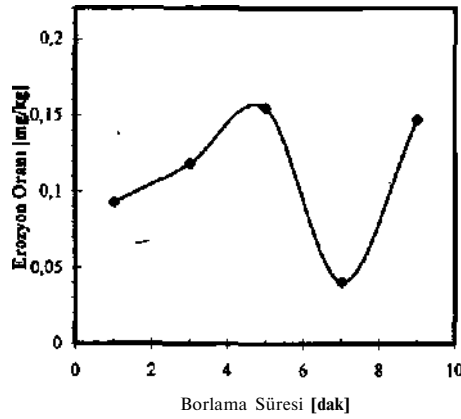
5.3 Erozyon Oranı

Erozyon oram, 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, standartlarca tesbit edilen bazı malzemelerin 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

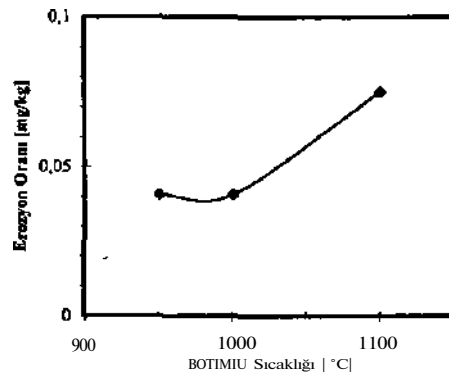
Her bir numunenin erozyon oranları hesaplandığında en düşük değer, 950 °C -7 saat şartlarında horlanan numunede tespit edilmiştir. Bu numunede oluşan bor tabakası daha kaim ve sert olmasının yanında morfolojik yapısı itibarı ile daha sık bor dişlerine sahip olduğundan numunede erozyona karşı daha yüksek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



Şekil 7 Erozyon oranının borlama süresi ile değişimi

5.3.2 Erozyon oranının borlama sıcaklığı ile değişimi

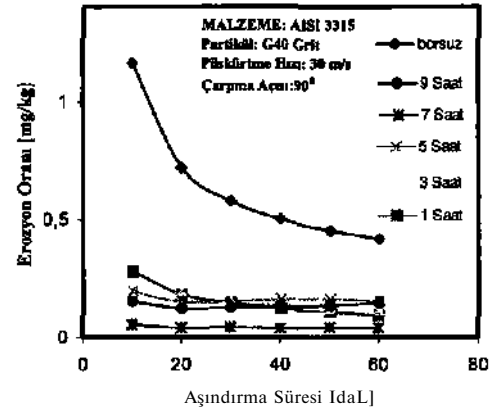
Sabit 7 saat borlama süresinde 950 °C nin üzerinde horlanan numunenin erozyon oranının yüksek olduğu görülür. (Şek.8) Buna bağlı olarak, çeliğin aşınma direncinin azaldığı söylenebilir.



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, horlanmış 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 alışımlı çeliklerde erozyon aşınmasına karşı başarılı bir biçimde uygulanabilir.

2. AISI 3315 çeliğinin erozyon 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 artırdığı kanaatine varılmıştır.

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

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

6. Sıvı ortamda borlama işleminde 7 saat sabit borlama süresinde, sıcaklık artırıldığında, 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 Malzeme Tasarım ve İmalat 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 *Balkan Inb 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 AISI1020 ve 5115 çeliklerinin sürtünme ve aşınma davranışlarının incelenmesi Doktora tezi Erciyes Un. Kayseri
- Yıldızlı, K., Odabaş, D & Nair F 2002 Borlanmış AISI1020 çeliğinin eroziv aşınma davranışının incelenmesi *Bar Sempozyumu Bildiri Özelleri Kitabı* 33-35