BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI NO: 0021
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINLARI NO: 006

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

ÖZEL SAYI

Journal of Institute of Science and Technology of Balıkesir University

SPECIAL ISSUE

Cilt :5 Sayı :1 Haziran 2003

ISSN 1301-7985

BALIKESİR -2003

Balıkesir Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Dergisi

Journal of the Institute of
Science and Technology
of Balıkesir University

Cilt :5 No:1 HAZİRAN 2003 ISSN 1301-7985 JUNE 2003 Vol:5 No:1

Türkiye Borat Yatakları Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası,
Cahit Helvacı.....4
Alternatif Bor Bileşikleri, A.Orhan Görgülü ve Mustafa Arslan.....42
Kolemanitlerdeki Arseniğin Borik Asit ve Boraks Üretimine Etkisi,
Ali Osman Aydın, Hüseyin Gülensoy, Asiye Akıcıoğlu ve Ahmet Sakarya.....51
21. Yüzyılda Bor Teknolojileri ve Uygulamaları,
İ. Ersan Kalafatoğlu ve S. Nuran Örs.....59
Tübitak-Marmara Araştırma Merkezi'nde Bor Kimyasalları Araştırmaları,
İ. Ersan Kalafatoğlu ve S. Nuran Örs.....72
Mikrodalga Enerjiyle Kobalt Bor Fosfat Bileşiği ve Boraks Pentahidratın Elde Edilmesi , Halil Güler ve Figen Demiral Kurtuluş.....83
Akışkan Yatakta Sodyum Perborat Monohidrat Üretimi,
H. Jülide KÖROĞLU, Sıdıka Kocakuşak, Kani Akçay ve Raşit Tolun.....91
Sade Karbonlu Bir Çeliğin Borlama Özelliklerinin İncelenmesi,
Kamil Delikanlı, Adnan Çalık ve H. Ali Uzun.....99
Uleksitin (NH4)2SO4 Çözeltilerinde Çözündürülmesinin Optimizasyonu,
Özkan Küçük, M. Muhtar Kocakerim , Mehmet Çopur ve Ahmet Yartaşı.....111
Borik Asitin Katkı Maddesi Olarak Yağlama Yağında Kullanılmasının Araştırılması, Ertuğrul Durak.....121
Borlanmış AISI 1020 Çeliğinin Eroziv Aşınma Davranışının İncelenmesi,
Kemal Yıldızlı, Durmuş Odabaş ve Fehmi Nair..... 130
Bazı Metal İçeren Boratlı ve Borfosfatlı Bileşiklerin Katı-Hal Yöntemleriyle Sentezlenmesi, Figen Demiral Kurtuluş ve Halil Güler 141
Bor İhtiva Eden Apatit Yapıların Sentezi ve Karekterizasyonu
Abdulhadi Baykal ve Meral Kızılyallı.....153
Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarcık Baraj Atıklarının Değerlendirilebilirliğinin Araştırılması, Z.E. Erkan ve A. Akar.....161
Bor Endüstrisi Katı Atıklarından Boraksın Kıtı-Sıvı Özütleme İle Geri Kazanılması, Mine Özdemir, İlker Kıpçak ve Neşe (Uygan) Öztürk.....175

Balıkesir Üniversitesi Basım Evi

BORLANMIŞ AISI 1020 ÇELİĞİNİN EROZİV AŞINMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Kemal YILDIZLI, Durmuş ODABAŞ, Fehmi NAİR

Makine Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, 38039 Kayseri
kyildizli@erciyes.edu.tr odabasd@erciyes. edu.tr fnair@erciyes. edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, borlanmış AISI 1020 çeliğinin eroziv aşınma davranışı incelenmiştir. Farklı sıcaklık ve sürelerde sıvı ortamda borlanan numunelerin aşınma testleri 30 m/s püskürtme hızı ve 90^0 çarpma açısında 420μm grit partikül püskürtülerek gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, 7 saat 950 ^{0}C borlanan numunenin en düşük aşınmayı sergilediği ve borlanan numunelerin işlem görmeyen numuneye göre yaklaşık 9 kat daha fazla direnç gösterdikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıvı Ortamda Borlama, Eroziv Aşınma, Katı Partikül Püskürtme

INVESTIGATİON OF EROSİVE WEAR OF THE BORİDED AISI 1020 STEEL

ABSTRACT

In this study, the Erosive wear of the borided AISI 1020 steel was investigated. Erosion tests of the samples borided by liquid boriding at different temperatures and durations were conducted with grit powder, 420μm in particle size, at an impact velocity of 30 m/s and impact angle of 90^0. Consequently, The sample borided at a temperature 950^0 in 7 hours exhibited the lowest erosive wear. Furthermore, It was found that the erosive wear resistances of the borided samples are higher 9 times than that of the untreated sample.

Key words: Liquid Boriding, Erosive Wear, Gritblasting

1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisiyle üretilip farklı sektörlerde hizmet veren makine sistem ve ekipmanları, son derece mükemmel tasarlanmış olsalar bile, gerek malzemeden gerekse işletme şartlarından kaynaklanan olumsuz faktörler sebebiyle zamanla iş yapabilme fonksiyonlarını yitirmektedirler. Bu sonucu hazırlayan en önemli etkenlerden biri olan aşınma: belli bir süreç içinde gelişen ya da ani olarak vuku bulan malzeme kaybıdır. Bir çok parametreye bağlı olmasına rağmen temel anlamda aşınma bir yüzey problemi olarak düşünülebilir. Malzeme yüzeyinin kimyasal terkibinde değişiklik meydana getirmek suretiyle aşınmaya karşı koruyucu bir tabaka oluşturarak malzemeye çeşitli aşınma mekanizmalarına karşı üstünlük kazandırılabilir. Borlama işlemi de bu maksatla kullanılan yüzey mühendisliği ısıl işlemlerindendir.

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. [1-10] Bununla beraber, 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 türleri farklılık göstermesi itibariyle, püskürtme, yıkama, kavitasyon-erozyon, erozyon-korozyon, yağdırma ve termal aşınma mekanizmaları adları altında sınıflandırılmaktadır.[1,14] Pratikte en çok bu aşınma türü, pnomatik iletim hatları ve ekipmanlarında, türbün çarklarında [1], hidrolik pompalarda [13,14] kumlama makinaları ekipmanlarında ve püskürtme lülelerinde karşımıza çıkar. [11] Eroziv aşınmaya maruz kalan parçaları borlamak suretiyle işletme ömürlerinde kaydadeğer bir artış sağlamak mümkündür. Bu konuda yapılmış çalışmaların bir çoğunda, borlamanın özellikle aşınmaya karşı korumada gerçekten etkili bir metod olduğundan söz edilmektedir [11,16,17]. Ancak borlama parametrelerinin aşınma mekanizmaları kaide alınarak seçilmesi gerekir [15].

2. 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 numunelerle kıyaslanmıştır.

2.1 Sıvı Ortamda Borlama

2.1.1. Numunelerin Borlamaya Hazırlanması

20 mm çapında ve 10 mm kalınlığında kesilen numuneler kül fırınında 880 ^{0}Cde 1saat tavlanarak havada soğutulmaya bırakılmıştır. Tablo 1'de bu şartlar altında tavlanan 1020 çeliğinin karakteristik özellikleri verilmiştir. Isıl işlem sonrası numuneler su zımparasında 240, 320, 400, 600 numaralı SiC disklerde zımparalanarak borlamaya hazır hale getirilmiştir.

Tablo 1. Normalize Edilmiş Durumda AISI 1020 Çeliğinin Kimyasal Analizi [18].

C %	Mn %	Si %	P %	S %
0,15 0,24	0,30 0,60	0,10 0,30	0,040 ençok	0,050 ençok

2.1.2. Borlama Ortamının Hazırlanması

Borlama işlemlerinde kullanılan Boraks, 300 ^{0}C de 1 Saat; 600 ^{0}C de 3 Saat bekletilerek suyu uçurulmuş olup; borik asit, 110^{0}C de 3 Saat bekletildikten sonra 400 ^{0}C ye 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.

2.1.3. Borlama İşlemlerinin Yapılışı

Hazırlanan karışım grafit potaya doldurularak 950 ^{0}C ye ısıtılan kül fırınına yerleştirilmesi suretiyle erimesi sağlanarak sıvı borlama ortamı oluşturulup, numuneler pota içine daldırılmıştır. Tablo 2'de verilen borlama şartlarında farklı sıcaklık ve sürelerde numunelerin ayrı ayrı borlanması sağlanmıştır.

Tablo 2. Borlama Şartları

Borlama Süresi (7 Saat)	Borlama Sıcaklığı (950^{0}C)
950^{0}C	1 saat
1000^{0}C	3 saat
	5 saat
1100^{0}C	7 saat
	9 saat

2.2 Eroziv Aşındırma

2.2.1.Deney Tesisatı

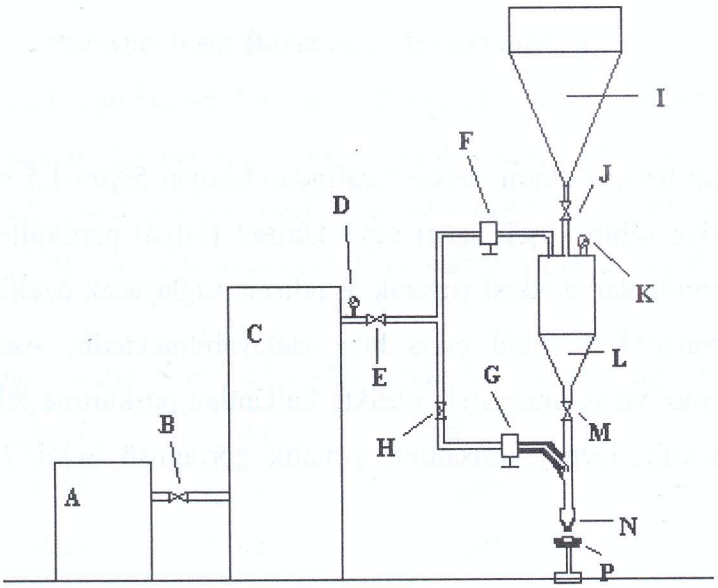
Akış halinde 1-10 bar basınca sahip bir gaz akımı (hava) tarafından taşınan 50μm-1,5 mm arasında değişen ve farklı geometriye sahip köşeli (grit) veya küresel (bilya) partiküllerin çeşitli metal ve alaşımların yüzeylerinde darbe etkisi yaparak aşındırma sağlayacak özellikte tasarlanıp üretilmiştir. Cihaz 5-45m/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 görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.

2.2.2 Test Prosedürü

Deneylerde, borlama işlemi görmeyen numune ve farklı sıcaklık ve sürelerde borlanan numuneler, tablo 3'de verilen sabit aşındırma parametreleri altında 60 dakika süresinde 420 μm nominal çapında G40 grit partikülleri püskürtülerek eroziv aşındırmaya maruz bırakılmıştır.

Tablo3. Sabit Eroziv Aşındırma Parametreleri

Püskürtme Hızı	30 m/s
Çarpma Açısı	90^0
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



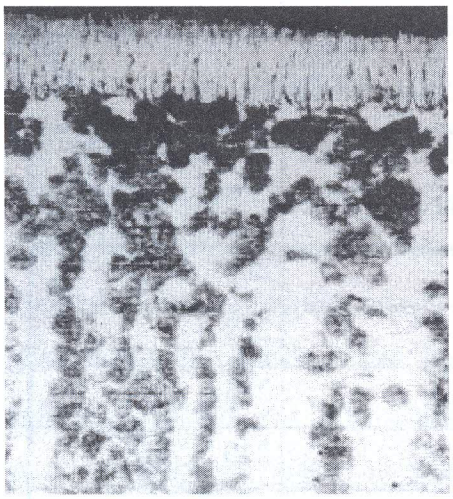
Şekil 1. Eroziv Aşındırma Cihazının Şematik Görüntüsü

A:Kompresör; B, E, J, H, M: Vana; C: Hava Deposu; D,K: Basınç Monometresi, F,G: Basınç Regulatörü, I: Ana Partikül Deposu; L: Basınçlı Partikül Deposu, N: Nozul; P: Numune Tutucu

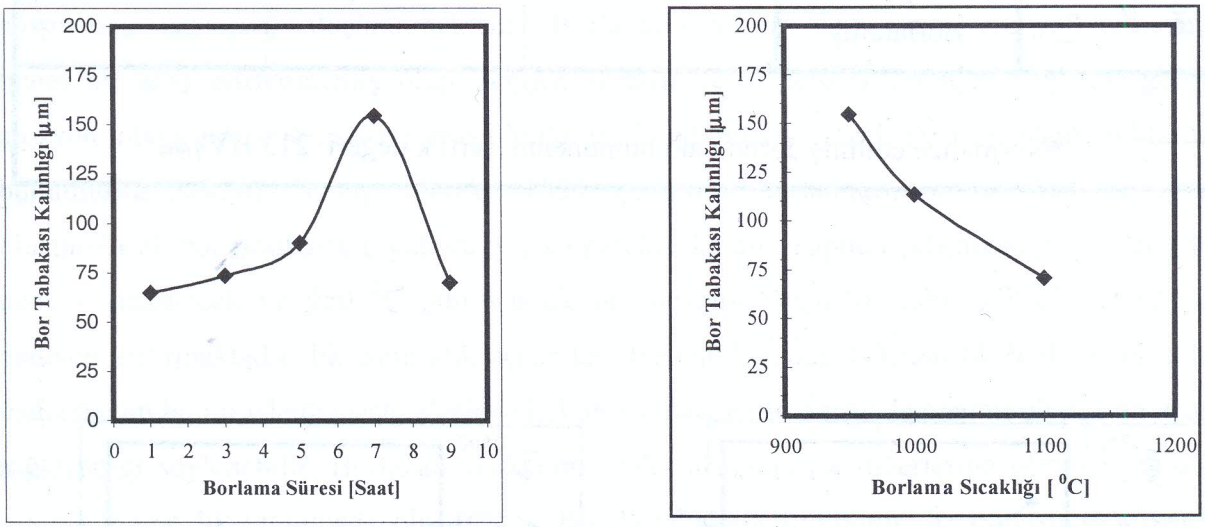
3. DENEY SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Borlama Sonrası Metalografik Muayene

Metalografik incelemeler optik ve elektron mikroskopları yardımıyla yapılmıştır. Sıvı ortamda borlama neticesinde 40-150 μm arasında değişen kalınlıklarda; 1700-2100 HV sertliğinde, derin ve sık morfolojik yapıda bor dişlerinin olduğu borür tabakaları tesbit edilmiştir. Bor tabakasının hemen altında başlayan alanda tane irileşmesinin olduğu ve bunu ana metal kısmının takip ettiği görülmüştür. 950 ^{0}C sabit sıcaklıkta 1-9 saat süreyle borlanan numunelerde bor tabakası kalınlığının 7 saatlik borlama süresine kadar artış gösterdiği bu noktadan sonra tabaka kalınlığında belirli bir düşük olduğu, bununla birlikte sıcaklık artmasıyla birlikte oluşan bor tabakası kalınlığının azaldığı belirlenmiştir.(Şekil3) En yüksek tabaka kalınlığının oluştuğu (154 μm) çelik numunenin mikrofilmi şekil 2 de görülmektedir.



Şekil 2. Sıvı Ortamda 950^{0}C 7 Saat Borlanan AISI 1020 Çeliğinin Mikrofilmi
Büyütme: 80



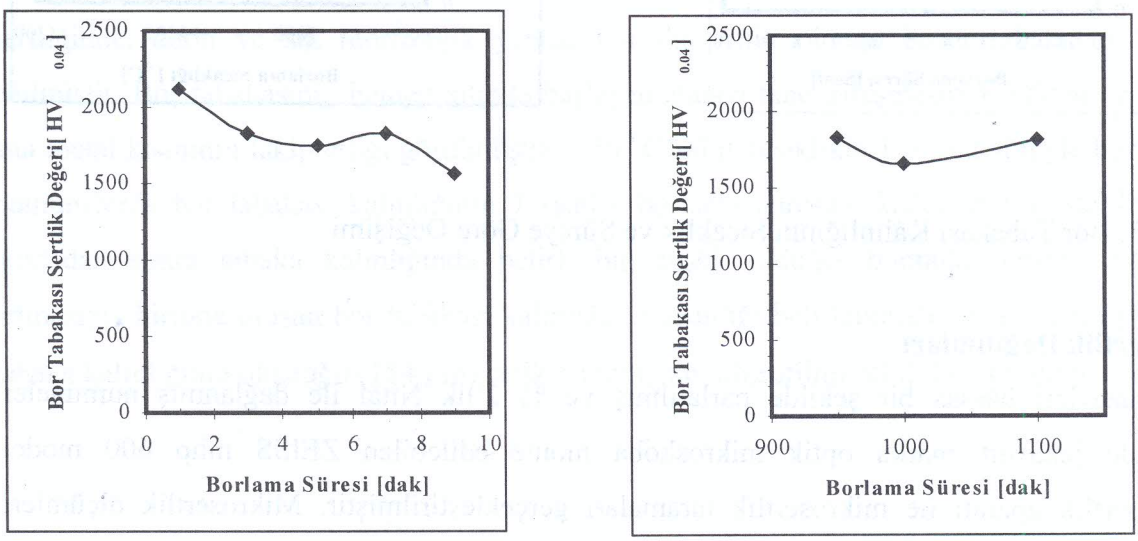
Şekil 3. Bor Tabakası Kalınlığının Sıcaklık ve Süreye Göre Değişimi

3.2. Sertlik Dağılımları

Yüzeyleri hassas bir şekilde parlatılmış ve % 2'lik Nital ile dağlanmış numuneler üzerinde jenavert marka optik mikroskoba monte edilebilen ZEISS mhp 600 model mikrosertlik aparatı ile mikrosertlik taramaları gerçekleştirilmiştir. Mikrosertlik ölçümleri kare tabanlı vickers elmas uçla, 40 gr yükün 20 sn uygulanması suretiyle ana metalden başlayarak bor tabakalarına doğru sertlik ölçümleri alınmıştır (Tablo2). Bor tabakalarının ortalama sertlik değerleri 1600-2100 HV arasında değişim göstermiştir.

Tablo2. Farklı Süre ve Sıcaklıklarda Borlanan AISI 1020 Çeliğinin Sertlik Dağılımı

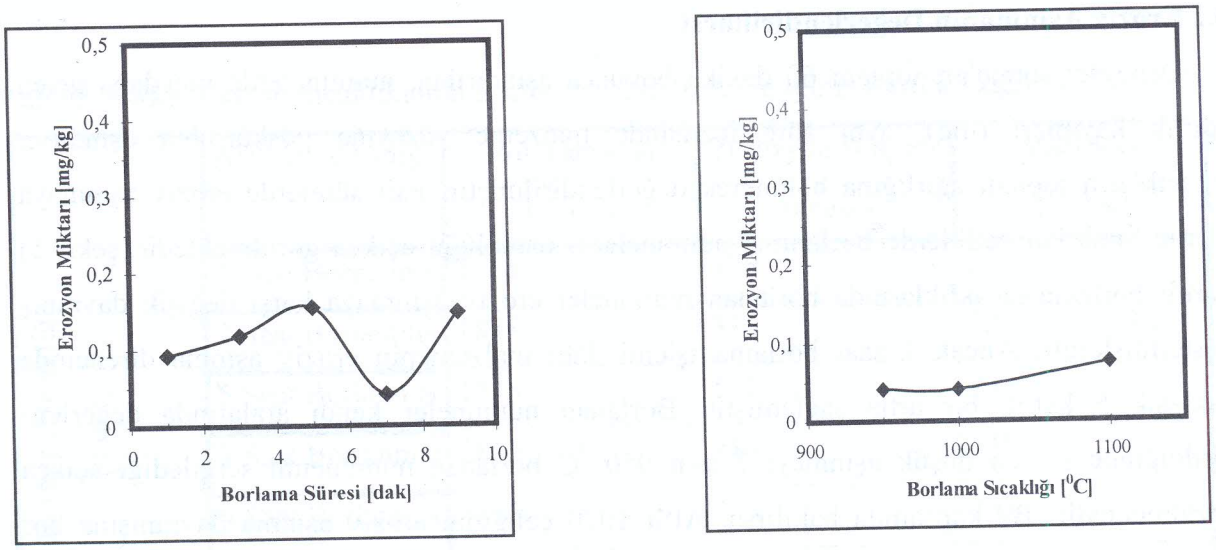
	AISI 1020 Çeliği	Bor Tabakası $HV_{0.004}$	Difüzyon Bölgesi $HV_{0.004}$	Ana Metal $HV_{0.004}$
Borlama Sıcaklığı (950 ^{0}C)	1 Saat Borlanmış	2118	325	209
	3 Saat Borlanmış	1835	336	222
	5 Saat Borlanmış	1745	501	233
	7 Saat Borlanmış	1835	484	240
	9 Saat Borlanmış	1568	477	247
Borlama Süresi (7 Saat)	1000^{0}C de Borlanmış	1660	469	219
	1100^{0}C de Borlanmış	1811	572	233
*Normalize edilmiş durumdaki numunenin sertlik değeri :213 $HV_{0.004}$				



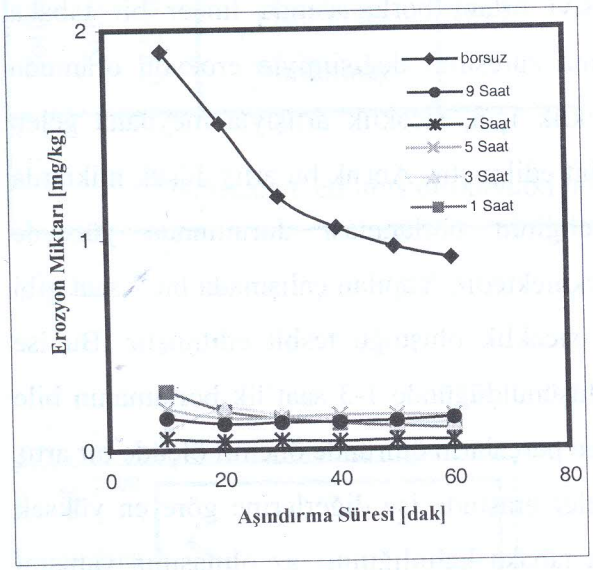
Şekil 4. Bor Tabakası Sertliğinin Sıcaklık ve Süreye Göre Değişimi

3.2 Eroziv Aşınmanın Değerlendirilmesi

Deneysel sonuçlar, toplam 60 dakika boyunca aşındırılan, numunelerde meydana gelen ağırlık kayıpları (mg), aynı süre içerisinde malzeme yüzeyine püskürtülen aşındırıcı taneciklerin toplam ağırlığına bölünerek değerlendirilmiştir. Eşit sürelerde eroziv aşınmaya maruz bırakılan çeliklerde borlanmış numunelerin üstünlüğü açıkça görülmektedir.(şekil 5) Farklı borlama sıcaklıklarında borlanan numuneler eroziv aşınmaya karşı değişik davranış göstermişlerdir. Ancak 1 saat borlama işlemi dahi malzemenin eroziv aşınma direncinde yaklaşık 5 katlık bir artış sağlamıştır. Borlanan numuneler kendi aralarında değerlendirildiğinde ise en düşük aşınmayı 7 saat 950 ^{0}C borlanan numunenin sergilediği açıkça görülmektedir. Bu kapsamda bakılırsa, AISI 1020 çeliğinin eroziv aşınma davranışına bor tabakasının setliğinden ziyade tabaka kalınlığının etkidiği kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte diğer sürelerde borlanan numunelerde aşındırma süresi boyunca aşınma miktarlarında değişimlerin olduğu gözlemlenmiştir. Bunda sıvı ortam borlamasında lineer bir tabaka oluşmamış olabileceği düşünülmektedir. Borlama süresinin değişimiyle erozyon oranında lineer bir artış gözlenmemiş olup, seçilen sıcaklık için, sıcaklık artışıyla meydana gelen erozyon miktarında doğrusal bir artış olduğu tesbit edilmiştir. Ancak bu artış düşük miktarda bulunmuştur.(şekil6) Sonuç olarak, 1020 çeliğinin borlanması durumunda yüzeyde oluşturulacak bor tabakasının yüksek olması gerekmektedir. Yapılan çalışmada bu 7 saat gibi uzun sayılabilecek ve 950 ^{0}C gibi yüksek bir sıcaklık oluştuğu tesbit edilmiştir. Bu ise maliyeti arttırmaktadır. Ekonomiklik açısından düşünüldüğünde 1-3 saat'lik borlamanın bile malzemenin bu tür işletme sistemlerinde kullanılan parçaların ömründe önemli ölçüde bir artış sağlayacağı söylenebilir. Borlanan çelik numuneler arasında ise diğerlerine göre en yüksek aşınma 9 saat lik numunede oluşmuştur. Bunda tabaka kalınlığının az olmasının yanısıra tabaka sertlik değerinin nisbeten düşük olmasından kaynaklandığı ve metalografik incelemede homojen bir tabaka dağılımın oluşmadığı tesbit edilmiştir.



Şekil 5.AISI 1020 çeliğinde Erozyon miktarının borlama süresi ve sıcaklığıyla değişimi



Şekil 6. Farklı sürelerde borlanan ve borlanmayan numunenin aşındırma süresine göre erozyon miktarları

4. SONUÇLAR

[1]. Sıvı ortamda borlama AISI 1020 çeliğinin Eroziv aşınma direncini arttırmaktadır.Bu artış seçilen borlama şartlarına göre değişim göstermektedir.

[2]. Borlanan çeliğin eroziv aşınmaya karşı gösterdiği direnç sertlikten ziyade oluşan bor tabakasının derinliğiyle alakalıdır. Bu sebeble işletme şartlarında yüksek tabaka kalınlığı oluşturmaya yönelik parametrelerin belirlenmesi gerekir.

[3]. Sabit sıcaklıkta farklı sürelerde sıvı ortamda borlanan numuneler farklı eroziv aşınma davranışı sergilemişlerdir.

[4]. Borlama sıcaklığının artışıyla çelik numunelerde meydana gelen aşınma kayıplarında lineer bir artış görülmüş ancak bu düşük bulunmuştur.

[5]. Sıvı ortamda 1 saatlik borlama işlemi bile çeliğin bu tür aşınma mekanizmalarına karşı dayanımını önemli miktarda artırdığı tesbit edilmiştir.1-9 saat süresinde borlanan çelik numunelerde meydana gelen erozyonun yakın olduğu düşünüldüğünde ekonomiklik açısından düşük sürelerde borlama işlemlerinin de etkili olacağı söylenebilir.

[6]. Sıvı ortamda yapılan borlama sırasında yüksek sıcaklıklarda buharlaşmanın arttığı ve banyo bileşiminde azalmaya sebep olduğu tesbit edilmiştir.

[7]. Borlama işlemi AISI 1020 çeliğinde meydana gelen erozyon, işlem görmeyen numunede tesbit edilen erozyon miktarından yaklaşık 9 kat daha düşük bulunmuştur.

KAYNAKLAR

[1]. Karl-Heins, Zum Garh, Microstructure and Wear of Materials,Tribology Series,Vol:10 Elsevier,1987

[2]. Standart Test Method for Conducting Erosion Tests By Solid Particle Impingement Using Gaz Jets, ASTM Designation: G76-95, Annual Book of ASTM Standarts, 2000

[3]. J.Li and I.M.Hutchings, Resistance of Cast Polyurethane elastomers to Solid Particle Erosion, Wear, 135 pp.293-303, 1990

[4]. D.F.Wang, Ji H. She, Zhi Y. Ma, Effect of Microstructure on Erosive Behaviour of SiC Ceramics Wear, 180, pp.35-41,1995

[5]. Q.Fang, P. Sidky, M.G. Hocking, Erosive Wear Behaviour of Aluminium Based Composites, Materials&Design, Vol:18,Nos.4/6,pp.389-393, 1997

[6]. P.H. Shipway and I.M. Hutchings, The Influence of Particle Properties on The Erosive Wear of Sintered Boron Carbide, Wear, 149,pp.85-98, 1991

[7]. Y.I. Oka, M. Matsumura and T. Kawabata, Relationship Between Surface Hardness and Erosion Damage Caused by Solid Particle Impact, Wear,162-164,pp.688-695,1993

[8]. K. Friedrich, Erosive Wear of Polymer Surface by Steel Ball Blasting, Journal of Materials Science, Vol:21 pp.3317-3332, 1986

[9]. D.Z. Guo, L.J. Wang and J.Z. Li, Erosive Wear of Low Chromium White Cast Iron, Wear, 161 pp.173-178, 1993

[10]. T.A. Adler, Ö.N. Doğan, Erosive Wear and Impact Damage of High-Cromium White Cast Irons, Wear, 225-229,pp.174-180, 1999

[11]. F. Nair and M.B. Karamış,An Evaluation of Erosion Behaviour of Boronised Sand Blast Nozzle, Balkantrib 1999

[12]. K.L. Rutherford, R.I. Trezona, A.C. Ramamurthy, I.M. Hutchings, The Abrasive and Erosive Wear of Polymeric Paint Films, Wear, 203-204, pp.325-334, 1997

[13]. M. Y. Gürleyik, Püskürtme Aşındırması, Malzeme ve İmalat Sempozyumu, 2-3 Mart 1987

[14]. M.Y. Gürleyik, Makine Mühendisliğinde Aşınma Olayları, Mühendis ve Makine, Cilt 27 Sayı:323 Aralık 1986

[15].B.Selçuk, Borlanmış AISI 1020 ve 5115 Çeliklerinin Sürtünme ve Aşınma Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, 1994

[16]. A. Taşçı, Borlanmış Çeliklerin Aşınma ve Korozyon Dayanımları, Y.Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi,1993

[17]. Y. Özmen The Effect of Surface Hardening With Boriding on The Wear Resistance In X210Cr12 Steel, M.Sc.Thesis, 9 Eylül University, 1990

[18]. MKE Normu Özel Nitelikte Çelik Türleri Kataloğu, makine ve kimya endüstrisi kurumu