

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

Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makina Muh. Bölümü, SİVAS

S.Yüksek

Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Muh. Bölümü, SİVAS

Ö.Uysal

Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

ÖZET: Diğer maden hammaddelerinde olduğu gibi bor minerallerinden üretilen ara ve uç ürünlerin ekonomik katma değeri oldukça fazladır. Borun faydalandığı bir sahada çeliklerin yüzey sertleştirmesindeki kullanımınıdır. Bu çalışmada, çeliklerin aşınma ve korozyon direncini arttırmada borun etkisi deneysel olarak ortaya konmuştur. Yapılan aşınma ve korozyon deneyleri ile, gerek zamana gerekse uygulanan normal yüke göre, bor ile sertleştirilen yüzeylerin, normal horlanmamış numunelere göre hem aşınma hem de korozyon direncinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu çalışmayla, demir esaslı makine elemanları sürtünme çalışmaları yerlerde yüzeyleri bor ile sertleştirildikleri takdirde aşınma ömürleri daha uzun olacağı ve dolayısıyla borun rolü ortaya konmuştur.

ABSTRACT: As in other raw materials, intermediary and/or final products, which originate from boron minerals, have large economical values. A field where boron is utilized is that of surface hardening of steel. In this study, effect of boron in increasing the resistance of steel against wear and corrosion has been put forth. Laboratory experiments have shown that surfaces of samples that are hardened with boron are more resistant to wear and corrosion as compared to those with unhardened surfaces with respect to time and normal force applied. The study indicates to the fact that machine parts deployed in frictional environment whose surfaces are hardened with boron will have longer wear lives, which therefore points to the role of boron.

I GİRİŞ

Periyodik cetvelin 3A grubunun başında bulunan ve atom numarası 5 olan Bor elementi, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotoptan oluşur. Diğer fiziksel özellikleri; Ergime noktası 2190+20°C, Kaynama noktası 3660°C, Knoop sertliği 2100-2580 HK, Mohs sertliği (elmas-15) II ve Vickers sertliği, 5000 HV dir(DPT, 2000). Doğada az bulunan ve duraysız olan bor, yer kabuğunda ortalama 10 ppm ve deniz suyunda ise 3-5 ppm civarında bulunur. Ekonomik bir maden yatağı oluşabilmesi için bu değerlerin 6000-35000 kez zenginleşmesi gerekir(Özpeker, 2001).

Bor elementi kimyasal balamdan yüksek derecede reaktif özelliğe sahip olduğundan diğer

elementlerle kolayca ve çok sayıda bileşik oluşturur. Bundan dolayı tabiatta bilinen 200'den aşkın bor minerali mevcuttur(DPT, 2000). Ancak bu minerallerden sadece birkaçı(boraks/tunkal, kolemanit, üleksit, probertit, borasit, kernit, pandermit, szaybelit ve hidroborasit)günümüzde ticari bir öneme sahiptir. Bu minerallerden üretilen bilinen ticari bor ürünleri ise, B₂O₃ yüzdesi yüksekten düşüğe doğru şu şekildedir: Bor (elementel), Susuz borik asit. Sodyum oktaborat, Susuz boraks, Sodyum metaborat, Borik asit, Boraks pentahidrat ve Borak^ekahidrat. Bu yan mamul ürünlerden cam • Seramik sanayi, deterjan, yanmayı geciktirici maddeler, ilaç ve kimya sanayi, tarım, enerji depolama, pigment ve kurutucu olarak, nükleer uygulamalar, yakıt ve metalürji gibi daha bir

çok alanda yoğun bir şekilde kullanılmakta ve her geçen gün kullanım çeşitliliği artmaktadır.

Ülkemizde bor madenleri rezervi açısından çok avantajlı bir konumda iken, bor teknolojileri bakımından aynı durumda değildir. Ancak bor teknolojilerini geliştirme zorunluluğumuz vardır. Bigadiç-Kestelek kolemanitleri 1998 yılı itibarıyla 290-295 \$/ton dur. Buna karşın, cam ve metalürjide nodul olarak kullanılan 6x6x6cm boyutlarında bor nitrür takoz 3000\$ olurken, bakırın deoksidasyonunda, bakır içeren mikro alaşım Üretiminde kullanılan kalsiyum hegz borür 1500 \$/kg dır. Bor rafine Ürünleri ve uç ürünlerinin ekonomik getirişi veya katma değerinin ne kadar fazla olduğuna ait örnekler çoğaltılabilir. Aynı şekilde sürtünmeli ortamdaki makine elemanlarının yüzeylerinin sertleştirilmesiyle malzeme ömrünün uzatılması sonucu teknolojik ve dolayısıyla ekonomik kazanç sağlanacaktır.

Bu çalışmada, öncelikle borun alaşımlamada ve makine elemanlarının yüzey sertleştirilmesine değinildikten sonra deneysel çalışma ile borla muameleye tabi olmuş çelik malzemesinin aşınma ve korozyona karşı dirençleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

2.ALAŞIMLAMADA VE YÜZEY SERTLEŞTİRMEDE BOR

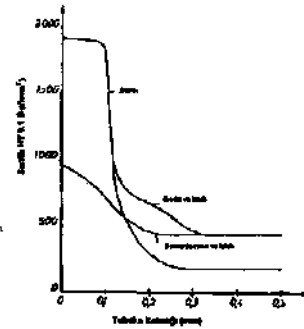
Bor, makina/metalurji sanayiinde demir esaslı malzemelerden yapılan makine parçalarında alaşım elemanı olarak ya da bu elemanların aşınmaya, yüzey basıncına, korozyona karşı dirençli olması için yüzeylerinin sertleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Demir esaslı malzemelerde alaşım elemanı olarak kullanıldığında borun % 0.1 'in altında olması gerekir. Çünkü bu oranın üzerindeki bor miktarları çeliklerin yüksek sıcaklıklar da gevrekleşmesine, dökme demirlerde ise zararlı çatlamalara neden olur. Bor, çeliklerde % 0.007 oranına kadar sertleşme derinliğini artırır, dökme demirlerde ise % 0.005 'e kadar grafitin çekirdeklenmesine ve yapıya uniform şekilde dağılmasına yardım eder. Ayrıca bor çeliklerin mekanik özelliklerini özellikle akma sınırını oldukça yükseltir. % 0.1 üzerindeki bor miktarı çeliklerin gevrekleşmesine neden olmasına rağmen belirli oranda Al eklendiğinde bu gevrekleşme eğilimi azalmakta ve çelikler dövülebilirlik Özelliği kazanmaktadır. Borun yüksek oranda (% 4) bulunduğu çelik, nükleer reaktör yapılarında gerekli olan nötron siperi aparatları ve reaktör

kontrol çubuklarını imalatında kullanılmaktadır (Çıgdemoglu, 1968).

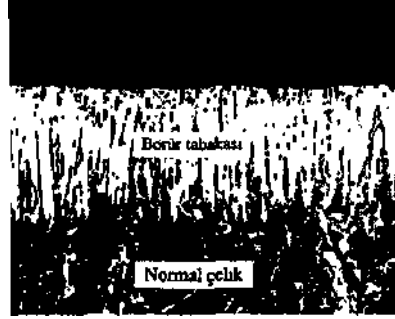
Bor demir esaslı malzemelerin yüzeylerinin sertleştirilmesinde kullanıldığında makine parçalarının sürtünme ve aşınmaya, korozyona ve yüzey basıncına karşı dirençli bir dış yüzey kazanmasına yardımcı olur. En çokta çelik yüzeylerinin sertleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır(Matuschka, 1977, Selçuk, 1994 ve Selçuk 2000).

Bor ile yapılan yüzey sertleştirmesinde, bor elementi tek başına kullanılmaz. Daha çok bor karbür (B₄C) veya boraks veya borik asidin, aktivatör ve katkı maddelerinin karışımları ile yüzey sertleştirme yapılır. Bu karışımlar katı, sıvı veya gaz olabilir. Katı ortam ya toz halinde ya da pasta halinde olur. Özellikle boraks ve borik asit kullanılırsa bunların bünyesindeki suyun alınması gerekir. Yüzey sertleştirmede en çok katı daha sonra sıvı ortamlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu işlemin yapıldığı sıcaklık ise 850-1050°C arasındadır. Süre, borun yayınma derinliğine bağlı olarak(0,5-10 saat) değişir. Yüksek sıcaklıkta uzun süre beklenir. Bu sırada sıcaklığın etkisi ile bor serbest ve atomik hale gelir ve çeliğin bünyesine yayılır. Bu yayınma bor hemen demir ile Fe₂B yada FeB şeklinde bileşik yapar. Bu yapılar tek tek oluştuğu gibi bir arada da oluşabilir. Ancak teknik açıdan faydalı olan Fe₂B dir. Çünkü bu yapı bünyesinde basınç iç gerilmesini taşıyamamaktadır ve aşınmaya karşı daha dirençlidir. Bu tarzda sertleşen dış yüzeyin sertliği diğer yöntemlerle elde edilen yüzey sertliklerinden daha yüksektir(Şekil 1). Borlu yüzey tabakası ise incedir. Borlu tabaka dişli şeklinde bir alt tabakaya gömülür ve tutunma yüzeyi genişler (Matuschka, 1977, Bozkurt, 1984 ve ipek, 2000). Borlu tabakanın dişlenme derinliği aiaşımsız malzemelerde fazla, alaşımlılarda ise azdır(Şekil 2).



Şekil 1 Borlanmış parçaların sertliği ile sementle edilmiş (aynı zamanda ıslah edilmiş) parçalarıyla mukayesesi (Matuschka, 1977)

Şekil 2'de, çelikteki borür tabakası, "Ekabor 1" adlı karışım 900 °C de 4 saat muamele edilmesi sonucu elde edilmiş ve tabaka kalınlığı 150 u, dur



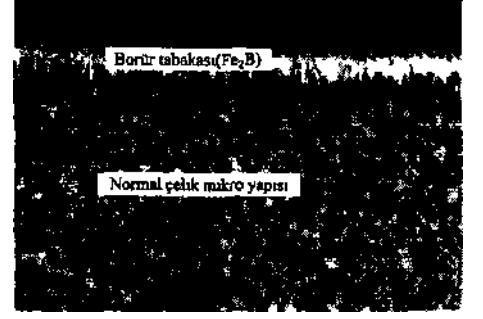
Şekil 2 DIN Ck 45 çeliğinin borür tabakası (büyütme 2001),(Matuschka, 1977)

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu deneysel çalışmada, kısaca numunelerin hazırlanması, aşınma deneyleri ve korozyon deneyleri ve sonuçları verilmiştir.

3.1 Numunelerin Hazırlanması

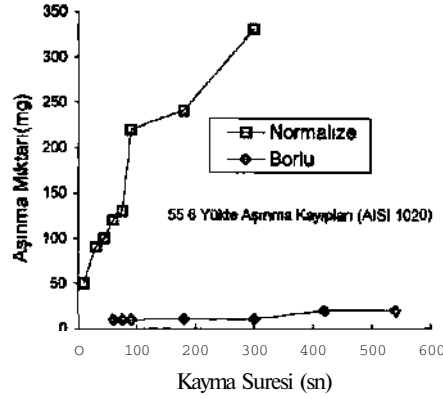
AISI 1020 çeliğinden 20x20x30 mm boyutlarında hazırlanan numunelerin bir kısmı işlem görmemiş haliyle, bir kısmı da toz halindeki bor verici ortamda bor ile sertleştirildi. Sertleştirme için numuneler bor venci toz ortam (B_4C) ile beraber bir kutu içine yerleştirildi. Bu şekilde hazırlanan numuneler 300°C sıcaklığa ön ısıtılmış firma kondu ve fırının ağzı kapatılarak firm sıcaklığı 930°C ye çıkarıldı ve bu sıcaklıkta 1.5 saat bekletildi. Daha sonra firmın enerjisi kesilerek soğumaya terk edildi. Fırın soğuduktan sonra kutu firmından alındı ve ağzı açılarak numuneler dışarı çıkarıldı. Numune yüzeyine yapışan toz malzemeler temizlendi. Bu şekilde yüzeyleri bor ile sertleşmiş numunelerden bir tanesi kesilerek metal mikroskop altında mikro fotoğrafları alındı (Şekil 3). Şekilden görüldüğü gibi elde edilen sert tabaka literatürlerde belirtildiği gibidir. Yüzeyi bor ile sertleştirilen numunelerin diğer bir kısmı da aşınma ve korozyon deneyine tabi tutulmuştur. Numuneler hem aşınmadan ve korozyondan önce hem de aşınmadan ve korozyondan sonra alkol ile yıkayıp kurutulup 0.01 hassasiyetindeki terazi ile tartılarak ağırlık kayıpları tespit edilmişlerdir.



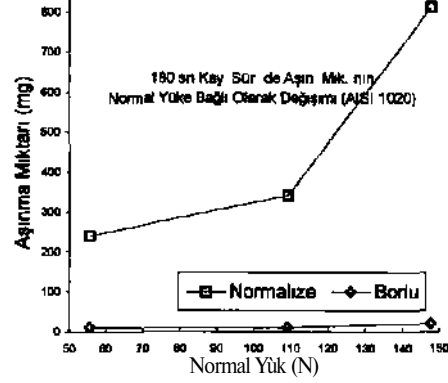
Şekil 3 AISI 1020 çeliğinin borür tabakası (büyütme 50 D) (barlama sıcaklığı 930°C - stiresi 1.5 saat)

3.2 Aşınma Deneyi

Masa tipi matkap tezgahından yapılan aşınma cihazında aşınma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Aşınma cihazı, elektrik motoru, iki dişli çarktan oluşan bir redüktör, iki yerinden yataklanmış bir mil ve bu mil üzerinde disk şeklinde karşı eleman, aşınma numunelerini tutan bir tutucu, bu tutucuyu aşağı yukarı hareket ettiren bir kol, aşınmada kullanılan ağırlığın asıldığı bir kol ve bir gövdeden oluşmaktadır. Aşınma cihazında numune sabit olup karşı eleman dönen bir disklerdir. Bu disk alaşım çelikten yapılmış olup numunelerle aynı ortamda horlanmıştır. Numune, tutucu uca yerleştirildikten sonra asma kola belirli bir ağırlık asılarak numune ile karşı elemanın teması sağlanmakta ve sonra üzerine bir yük konarak sistem çalıştırılmaktadır. Bu işlemden önce numuneler alkolle yıkayıp 1/100 hassasiyetindeki bir terazide tartılıp ağırlığı belirlenmiştir. Daha sonra 60, 180, 300, 420 ve 540 saniye süreyle kuru ortam aşınmaya tabi tutulmuştur. Belirlenen süreler sonunda numuneler aşınma setinden çıkarılarak alkolle yıkayıp tekrar tartıldılar. Her iki tartı sonucunda elde edilen fark aşınma miktarını vermektedir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar Şekil 4'te görülen grafikler çizildi. Şekil 4'ten görüldüğü gibi gerek zamana gerekse uygulanan normal yüke göre bor ile sertleştirilen yüzeylerin hem aşınma hem de korozyon direnci oldukça yüksektir. Aşınma süresinin uzaması durumunda her hangi bir işlem görmemiş numunede aşınma hızla artarken bor ile yüzeyi sertleştirilmiş olan numunenin aşınmasında pek artış olmamıştır (Şekil 4a) Normal yüke bağlı olan aşınmada ise (Şekil 4b) yüzeyi sertleştirilmemiş numunede 109N yüke kadar az bir artış, daha sonra hızlı bir artış görülürken borluda bu miktar son derece daha az olmaktadır.



a) Kayma süresine bağlı değişim



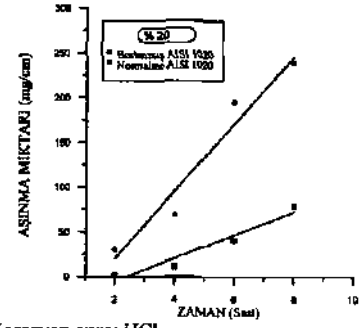
b) Normal yükle bağlı değişim

Şekil 4 AISI 1020 çeliğinin değişik süre ve yüklerde aşınma değerleri

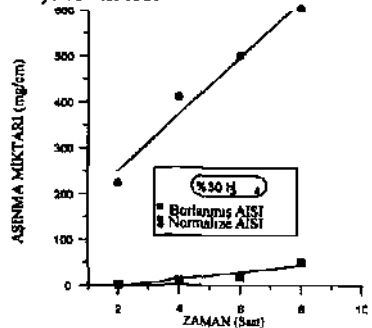
3.3 Korozyon Deneyi

Yüzeyi sertleştirilmiş olan numuneler alkolle temizlenip 1/100 hassasiyetindeki terazi ile tartıldı ve önceden hazırlanmış korozyon ortamlarına kondu. Daha sonra bu kaplar 80°C sahip bir fırın yerleştirildi. 2, 4, 6 ve 8 saat olarak belirlenen sürelerin sonunda numuneler korozyon ortamından alınarak alkolle tekrar yıkandı, kurutuldu ve tekrar tartıldı. Bu şekilde elde edilen korozyon değerleri belirlenerek Şekil 5-a ve 5-b'de görülen grafikler çizilmiştir.

Şekil 5-a da görüldüğü üzere korozyon ortamı HCl olduğunda aynı süre içerisinde borlu numune horlanmamış numuneye göre daha az aşınmıştır.



a) Korozyon sıvısı HCl



b) Korozyon sıvısı H3PO4

Şekil 5. AISI 1020 çeliğinin değişik asit ortamlarda korozyon dayanımı

Şekil 5-b de, korozyon ortamının H3PO4 olduğunda ise horlanmamış numune horlanmamış numuneye göre çok daha az aşınmıştır. Yani, korozyon ortamında bekleme süresine bağlı olarak aşınma miktarı yüzeyi sertleştirilmemiş hızla, borlu sertleştirilmiş numunede ise daha az artmaktadır.

4. SONUÇLAR

Bor, son yıllardaki yapılan araştırmalarla özelliklerinin belirlenmesi sonucu bilinen çok sayıda sahalarda tüketilmektedir. Buna paralel olarak daha önceleri çelik/metalurji sektöründeki tüketim yüzdesi düşük iken günümüzde bu oran gittikçe artmaktadır. Bu sektördeki borun tüketim şekillerinden bir tanesi de çelik malzemelerinin yüzey sertleştirmesinde kullanımıdır.

Bu çalışmada çeliklerin aşınma ve korozyon direncini artırmada borun etkisi deneysel olarak ortaya konmuştur. Yapılan aşınma ve korozyon deneyleri sonucu, şekil 4 ve şekil 5'ten de görüldüğü üzere gerek zamana gerekse uygulanan

normal yüke göre, bor ile sertleştirilen yüzeylerin, normal horlanmamış numunelere göre hem aşınma hem de korozif aşınma direncinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu deney sonuçları şunu göstermektedir ki, demir esaslı (çelik ve dökme demirler) makina elemanları surlunmeli çalıştıkları yerlerde yüzeyleri bor ile sertleştirildikden taktirde aşınma omürleri daha uzun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Bozkurt, N 1984, "Bor Vayınımyta Çeliklerde Yüzey Sertleştirme", IT Ü Fen Bil Enst .Doktora Tezi, 113p, İstanbul
- Çığdemöglü, M, 1968 "Pik ve Çelikte Alaşım Elemanları The London and Scandinavian Metallurgical Company Limited den çeviri, Makine Mühendisleri Odası Neşriyat No 31
- DPT, 2000, "Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu , Ankara
- ipek, R., Selçuk, B, Karamış, M B, Kuzucu, V, Yücel, A ,2000, 'An evaluation of the possibilities of using bonded GG25 cast iron instead of chilled GG2S cast iron (surface properties)', Elsevier Materials Processing Technology, 105. pp 73-79
- Matuschka, A Graf von 'Boneren* Carl Hanser Verlag, Mnnchen-Wien, 1977
- Ozpeker, I, 2001, "Borat Yataklarının Değerlendirilmesi", Türkiye Borat Yatakları, Workshop, IT Ü Maden Fak, istanbul, pp57-68
- Selçuk, B 1994 "Borlanmış AISI 1020 ve 5115 Çeliklerinin SÖrtÜnme ve Aşınma Davranışlarının İncelenmesi', Erciyes Üniv F B E , Doktora Tezi, Kayseri
- Selçuk, B., İpek, R., Karamış, M B, Kuzucu, V, 2000, "An investigation on surface properties of treated low carbon and alloyed steels (bonding and carbunzing)", Elsevier Materials Processing Technology, 103, pp 310-317