

BORLANMIŞ SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİKLERİNİN AŞINMA DAVRANIŞLARI

Teyfik AYDEMİR, Uğur ŞEN

Özet- Bu çalışmada borlanmış AISI D2 ve Chipper Wicking (Özel isim) çeliklerinin yüzeyinde oluşan borürlerin karakterizasyonu ve bazı mekanik özellikleri incelenmiştir. Borlama işlemi, boraks, borik asit ve ferro silisyum esaslı tuz banyosunda 950°C 'de 2-7 saat sürelerde gerçekleştirilmiştir. Optik mikroskop incelemelerinde, çeliklerin yüzeyinde oluşan borür tabakasının kısmen kolonsal yapılı, kompakt ve düz karakterli bir yapı sergilediği görülmüştür. X-ışınları difraksiyon analizlerinde, çeliklerin yüzeyinde oluşan borür tabakalarında FeB, Fe₂B, CrB ve Cr₂B borürlerinin bulunduğu tespit edilmiştir. AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin yüzeyinde oluşan borür tabaka kalınlıkları sırasıyla, 46-135µm ve 51-142µm, sertlik değerleri ise sırasıyla, 1987 kg/mm² ve 2090 kg/mm² arasında değişmektedir. AISI D2 çeliğinin borlama işlemi sonrası matris sertliği 772 kg/mm² iken, Chipper wicking çeliğinin matris sertliği 690 kg/mm² olarak tespit edilmiştir. Yapılan ball-on-disk aşınma deneyinde borlanmış AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin aşınma dirençleri ıslah işlemiyle sertleştirilen soğuk iş takım çeliklerine göre yaklaşık iki kat daha fazladır.

Anahtar Kelimeler - Borlama, Soğuk iş takım çelikleri, Aşınma, Sertlik

Abstract- In this study, we investigated the characterization and some mechanical properties of boronized AISI D2 and Chipper Wicking steels. Boronizing was carried out in a salt bath consisting of borax, boric acid and ferro-silicon at 950°C for 2-7 hours. Optical microscope cross-sectional examination showed that boride layer formed on AISI D2 and Chipper Wicking has a compact and smooth structure. The prominent phases seen in these coating layers formed on AISI D2 and Chipper Wicking steels surfaces are FeB, Fe₂B, CrB and Cr₂B, respectively. The boride layer thickness of AISI D2 and Chipper Wicking steels were ranged from 46-135 µm and 51-142µm, respectively. It was also observed that the hardness of boride layers formed on AISI D2 and chipper Wicking steel substrates were 1739 kg/mm² and 2090 kg/mm², respectively. In addition, the hardnesses of matrix of boronized AISI D2 and Chipper wicking steels were 772 kg/mm² and 690 kg/mm², respectively. Wear resistance of boronized

cold work tool steels are higher two times than that of hardened cold work tool steels.

Key words - Boronizing, Cold work tool steels, Wear and Hardness.

I. GİRİŞ

Borlama; bor atomlarını ihtiva eden bir banyoda 750-1000°C sıcaklık aralığında 1-10 saat süre ile metalin yüzeyinde seramik karakterli borür tabakası oluşturma işlemidir. Bu sayede yaklaşık 4000 kg/mm² Vickers sertlik değerlerine ulaşılabilir. Demir esaslı malzemelerde 1600 kg/mm² Vickers 'in üzerinde sertlik değeri sağlanabilmektedir. Borür tabakaları yüksek sıcaklıklarda oksidasyon ve korozyon direnci, yüksek sertlik ve son derece iyi aşınma direncine sahiptirler. Bu sebeple sanayide geniş kullanım alanı bulurlar. Bunlardan bazıları; otomotiv, makine, gıda, kimya, tekstil ve cam sanayi olarak sayılabilir [1,2]. Borlama işleminde hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın çeliğin bileşimine bağlı olarak Fe₂B, FeB ve bu borürlerin yanında alaşım elementlerinin borürlerini de ihtiva etmektedir. Alaşım elementlerinin artışına bağlı olarak sade karbonlu çeliklerde görülen kolonsal morfoloji yerine daha düz karakterli borür tabakası görülmektedir [3-5]. FeB-Fe₂B ara yüzeyi de kolonsal bir yapı sergilemesine rağmen Fe₂B-matris ara yüzeyinde oluşan kolonsallığa göre daha düşük seviyelerdedir. Bunun sebebi Fe₂B fazının nispeten daha sünek bir malzeme üzerinde büyümesine karşılık FeB fazının daha sert bir tabaka üzerinde büyümesidir [6].

Borlama sonucunda oluşan borür tabakalarının aşınma dirençleri oldukça yüksektir. Bu amaçla çeşitli plastik şekil verme kalıplarında, hareketli makine parçalarında geniş kullanım alanı bulmaktadır[1,2,7,9].

Çeliklerin yüzeyinde oluşan borür tabakaları son derece sert, yüksek aşınma direnci ve korozyon direncine sahiptir. Bu sebeple borlanan soğuk iş takım çelikleri optik mikroyapı incelemelerine, mikro sertlik ölçümlerine ve ball-on-disk aşınma deneylerine tabi tutulmuşlardır. Ayrıca oluşan fazları belirlemek için x-ışını difraksiyon analizleri yapılmıştır.

II. MATERYAL VE METOD

II.1 Malzeme ve Borlama İşlemi

Borlama işleminde AISI D2 ve Chipper Wicking çelikleri kullanılmıştır. Kullanılan çeliklerin bileşimleri Tablo 1'de verilmiştir. Söz konusu çeliklerin kimyasal bileşimleri LABDESI V 25 marka spektral analiz cihazı ile tespit edilmiştir. Borlama işlemi öncesinde AISI D2 çelikleri ve Chipper Wicking çelikleri 10mmx10mmx20mm boyutlarında kesilerek, 220, 320, 500 ve 1000 grid lik zımparalarla metalografik olarak parlatıldıktan sonra, 950°C'de 2,4,6 ve 7 saat sürelerde termokimyasal borlama işlemine tabi tutulmuşlardır.

Borlama işlemi, boraks, borik asit ve ferro-silisyumdan oluşan bir tuz banyosunda daldırma yöntemi ile HERAUS KR 260 E tipi bir direnç fırını kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Borlama banyosu her yarım saatte bir karıştırılmış ve banyo hacmi numune hacminin en az 100 katı mertebesinde hazırlanmıştır.

II.2 Mikroyapı ve Faz Analizi

Tablo 1'de kimyasal bileşimleri verilen çeliklerin borlama işlemleri sonrasında mikroyapı incelemeleri klasik metalografi teknikleri yardımıyla saptanmıştır. Çeliklerin yüzeyinde oluşan borürlerin mikroyapıları OLYMPUS B 071 optik mikroskop ile incelenmiştir. Ayrıca yüzeyde oluşan borürlerin varlığı x-ışınları difraksiyon analizi (XRD) yardımıyla tespit edilmiştir.

II.3 Borür Tabaka Kalınlığı ve Sertliği

Farklı sürelerde borlanan AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin yüzeyinde oluşan borürlerin tabaka kalınlığı ölçümleri optik mikroskop bünyesinde yer alan mikrometre yardımıyla ölçülmüştür. Aynı şekilde borlanmış malzemelerin yüzeyden itibaren matrise doğru mesafeye bağlı olarak sertlik ölçümleri, LEITZ mikrosertlik cihazında 100 gr yük altında gerçekleştirilmiştir.

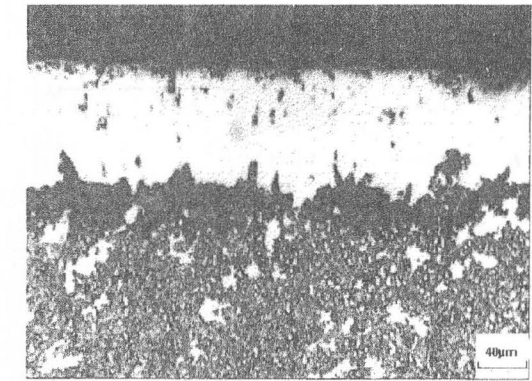
II.4 Aşınma Deneyi

Aşınma deneyleri CSEM marka tribo-metre kullanılarak 2, 5 ve 10 N yükler altında, 200 devir/dk hızda ve 5000 devir mesafede aşınma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler atmosferik şartlarda %55 relatif nemde 15°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Aşınma miktarı ve oranlarının hesaplanmasında ASTM-G99-90 standardı kullanılmıştır.

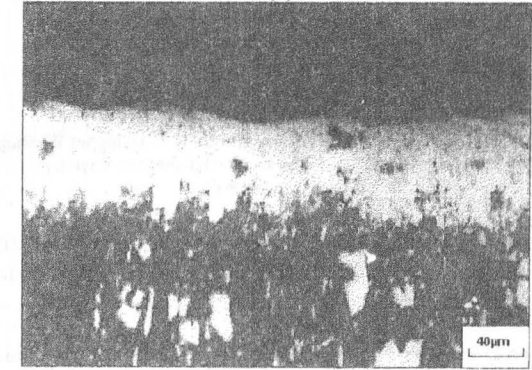
III. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

III.1 Mikroyapı ve Faz Analizi

Borlanmış AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin mikroyapıları Şekil 1 'de görülmektedir. Çeliklerin yüzeyinde oluşan borür tabakaları incelendiğinde borür tabakalarının dış kısımlarda koyu gri renkte FeB fazı ve iç kısımda Fe₂B fazının yer aldığı görülmektedir. Oluşan borür tabakası her tarafta homojen ve düz bir borür tabakası sergilemektedir.



(a)



(b)

Şekil 1. 950 °C 'de 4 saat süre ile borlanmış (a) AISI D2 ve (b) Chipper Wicking çeliklerinin yüzeyinde oluşan borür tabakalarının mikroyapıları

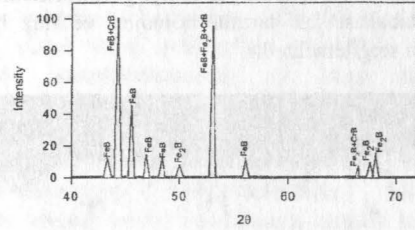
Yapılan x-ışınları difraksiyon analizlerinde, FeB, Fe₂B, CrB ve Cr₂B fazlarının oluştuğu görülmüştür. Şekil 2 'de AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin x-ışınları difraksiyon paternleri görülmektedir.

III.2 Borür Tabaka Kalınlığı ve Sertliği

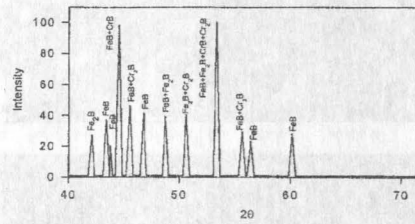
Farklı sürelerde borlanan AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin yüzeyinde oluşan borürlerin tabaka kalınlığı ölçümleri optik mikroskop bünyesinde yer alan mikrometre yardımıyla ölçülmüştür. Aynı şekilde borlanmış malzemelerin yüzeyden itibaren

Tablo 1. Deneyle kullanılan AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin kimyasal bileşimleri

| Malzeme | Kimyasal Bileşim (% Ağırlıkça) | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | C | Cr | Mn | Ni | Si | Mo | W | Cu | Al | Ti | S | P | Fe |
| AISI D2 | 1.690 | 12.2 | 0.130 | 0.130 | 0.170 | 0.07 | 0.02 | 0.13 | 0.04 | 0.02 | 0.020 | 0.010 | Kalan |
| CW | 0,503 | 8,85 | 0,304 | 0,404 | 0,915 | 0,64 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,001 | 0,024 | Kalan |



(a)



(b)

Şekil 2. 6 saat süre ile borlanmış (a) AISI D2 ve (b) Chipper Wicking çeliklerinin yüzeyinde oluşan borür tabakalarının x-ışınları difraksiyon paternleri

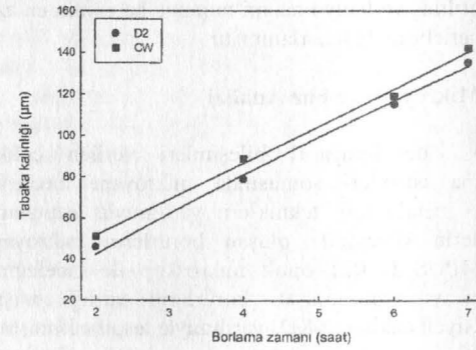
matrise doğru mesafeye bağlı olarak sertlik ölçümleri, LEITZ mikrosertlik cihazında 100 gr yük altında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. 950°C 'de borlanmış çeliklerin yüzeyinde oluşan borürlerin kalınlıkları

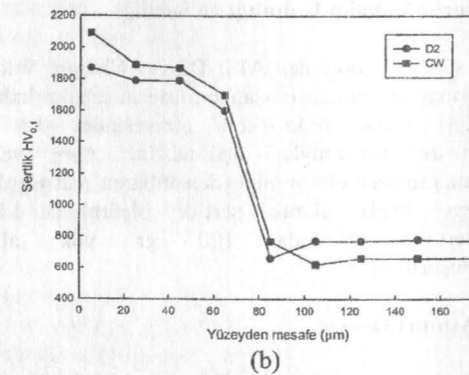
| Borlama Süresi (saat) | Tabaka kalınlığı (µm) | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| | AISI D2 | Chipper Wicking |
| 2 | 46 | 51 |
| 4 | 79 | 80 |
| 6 | 115 | 119 |
| 7 | 135 | 142 |

Çeliklerin yüzeyinde oluşan borür tabakasının yüzeyden itibaren sertlik dağılımlarında, borür tabakası boyunca yüksek sertlik değeri elde edildiği, buna karşılık matrise gelindiğinde sertliğin ani düştüğü görülmüştür. Borür tabakasının fazla kalın olması beraberinde yüzeye paralel çatlakların oluşumunu da getirmektedir. AISI D2 çeliğinin yüzeyinde oluşan borür tabakası oldukça sert (1987 kg/mm²) olmasıyla

birlikte matriste, havada soğuma şartlarında yüksek Cr ve C alaşım elementleri ihtiva etmesi sebebiyle oldukça yüksek bir değere sahiptir (779 kg/mm²). Chipper Wicking çeliğinde ise bu değer sırasıyla 2090 ve 660 kg/mm² dir. Bu sertlik değeri bazı kalıp malzemeleri için aranan bir özelliktir. Şekil 3 'de AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin yüzeyden itibaren mesafeye bağlı olarak sertlik dağılımları görülmektedir. Borlama işlemi sonucunda elde edilen sertlik değeri matris sertliğine göre son derece yüksek çıkmıştır.



(a)



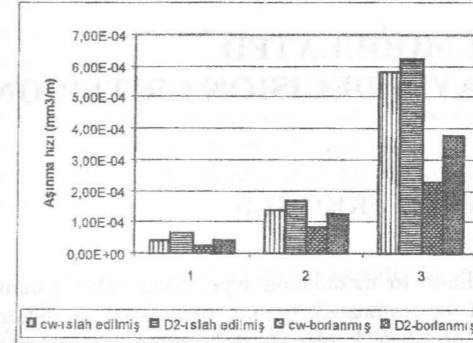
(b)

Şekil 3. (a) AISI D2 ve Chipper Wicking çeliklerinin yüzeyinde oluşan borür tabaka kalınlıklarının borlama süresine bağlı olarak değişimi, (b) 4 saat süre ile borlanan çeliklerin yüzeyden itibaren mesafeye bağlı olarak sertlik dağılımları

III.3 Aşınma

Bu çalışmada ıslah işlemine tabi tutulan ve borlanan soğuk iş takım çeliklerinin aşınma hızları tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada borlama'nın ıslah işlemine göre iki kat daha fazla bir aşınma direncine

yol açtığı Şekil 4'de görülmektedir. den görülmektedir. Borlama işlemi sonucunda soğuk iş takım çeliklerinin aşınma dirençleri yaklaşık iki kat artmaktadır.



Şekil 4. Borlanmış ve ıslah işlemine tabi tutulmuş soğuk iş takım çeliklerinin aşınma hızları; 1-2N, 2-5N ve 3-10N yük altında gerçekleştirilmiştir.

Chipper Wicking çelikleri hem borlama şartlarında, hem de ıslah işlemi şartlarında AISI D2 çeliklerine göre daha iyi aşınma direnci sergilemektedir. Aşınma izleri incelemelerinde, aşınmanın abrasif karakterli olduğu saptanmıştır. Borlanmış çeliklerin aşınma dirençleri çeliklerin kimyasal bileşimleri ve borür tabakalarının içerdiği alaşım elementlerine ve oluşan borür fazlarına bağlı olarak 10 kata kadar artabilmektedir [9-13].

IV. SONUÇLAR

1. Soğuk iş takım çelikleri sıvı ortamda başarıyla borlanabilmektedir.
2. Borlama işlemi sonrasında elde edilen borür tabakası düz ve, homojen bir şekilde gerçekleşmiştir.
3. Borlama zamanı arttıkça oluşan borür tabakasının kalınlığının arttığı görülmüştür.
4. Borlama tabakasının FeB, Fe₂B, CrB ve Cr₂B fazlarını içerdiği gözlemlenmiştir.
5. Borlanmış malzemelerin aşınma dirençleri ıslah işlemi sonrasında elde edilen malzemelere göre yaklaşık iki kat daha fazla çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- [1]. W.Fichtl, Materials in Engineering, Vol. 2, December 1981.
- [2]. A. K. Sinha, ASM Handbook, Vol. 4, J.Heat Treating, 437-447,1991,
- [3]. A. Özsoy, Y. M. Yaman, Scripta Metallurgia, Vol. 29, 231-236, 1993.
- [4]. G. Palamborini, M. Carbuicchio, J.Mater.Sci.Lett., 3, 791-794, 1984.
- [5]. M. Carbuicchio, G. Palamborini, J.Mater.Sci., 6, 1147-1149, 1987.
- [6]. M. Carbuicchio, G.Meazza, G. Palamborini, J.Mater.Sci., 17, 3123-3128, 1983,
- [7]. R. C. Fischer, Metal Progress, 24-37, 1986.
- [8]. K. Stewart, Ceramic industry, 36-40, 1996.
- [9]. Y. Soydan, Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1996.
- [10]. K. Holmberg, A. Mathews, Coating Tribology, Elsevier Science B. V. 45-74, 1994.
- [11]. T.S. Eyre, Wear, 34, 383-397, 1975.
- [12]. A.R. Biddulph, Thin Solid Films, 45, 341-347,1977.
- [13]. E. Takeuchi, K. Fujii, T. Katakiri, Wear, 55, 121-130, 1979.