

TERMOKİMYASAL YÖNTEM İLE AISI 1045 ÇELİK YÜZEYİNİN BORLANMASI

Engin YILDIRIM¹, M. Serhat BAŞPINAR², Şükrü TAKTAK²,
Ö.Faruk EMRULLAHOĞU¹

¹AKÜ Mühendislik Fakültesi, AFYON

²AKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, AFYON

ÖZET

Türkiye bor rezervleri açısından zengin bir ülkedir. Borun üstün özelliklerinden dolayı bir çok araştırmacı bu bileşiklerle ilgilenmiştir. Yüzey kaplama için kullanılan en basit metotlardan biri olan borlama, bir çok araştırmacı tarafından çalışılan cazip bir konudur. Borlama termokimyasal bir metottur ve diğer yüzey işlem metotlarıyla kıyaslandığında iyi oksidasyon ve korozyon direnci, yüksek aşınma direnci ve sertliğe sahiptir.

Bu çalışmada, orta karbonlu AISI 1045 çelik yüzeyinin borlanması amaçlanmıştır. Borlama işlemi; susuz boraks, borik asit ve ferro silisyum içeren sıvı banyoda farklı sıcaklık ve tutma sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda oluşan kaplama tabakalarının kalınlıkları ve sertlikleri ölçülmüş, X-ışınları difraksiyon yöntemiyle tabakada oluşan fazlar belirlenmiştir.

Yapılan borlama işlemleri sonucunda, borlama sıcaklığı ve süresi arttıkça borür tabaka kalınlığının ve sertliğinin arttığı gözlenmiştir. Borür tabaka kalınlıkları 60-200 µm arasında değişmiştir. Malzemenin orijinal sertliği 180 kg/mm² iken 850, 900 ve 950 °C'de 6 saat süreyle kaplanan malzemenin sertliği sırasıyla 1635, 1789 ve 1845 kg/mm² olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüzey Modifikasyonu, Sıvı Borlama, Termokimyasal Proses

BORONIZING OF AISI 1045 STEEL SURFACE BY THERMOCHEMICAL METHOD

ABSTRACT

In the world and our country, there are plenty of boron reservoir and boron compounds have superior properties. Because of these, many researcher are

studying with these compounds. Boronizing being one of the simplest methods used for surface coating have been worked extensively by many researchers. Boronizing is a thermochemical method and when it is compared with the other surface treatment methods, it has good oxidation, corrosion, high wear resistance and hardness.

In this study, boronizing treatment has been carried out into the liquid bath consisting of dehydrated borax, calcined boric acid and ferrosilicon at different temperatures and times. The thickness and hardness of coated layers were measured and phases in the layers were determined by XRD methods.

It has been demonstrated that, thickness and hardness values of boride layers increased as boronizing temperature and time increased. The thickness of boride layer ranged between 60-200 μm . While original steel hardness is 180 kg/mm^2 , hardness values of formed layers at 850, 900 and 950 $^{\circ}\text{C}$ for 6 hours were obtained 1635, 1789 and 1845 kg/mm^2 respectively.

Key Words : Surface Modification, Liquid Boronizing, Thermochemical Process

1. GİRİŞ

Yüzey mühendisliği ve yüzey işlem teknolojileri son yıllarda çok önemli bir yere gelmiştir. Yüzey işlemleri ile malzemenin sertlik, tokluk ve yorulma gibi mekanik özellikleri, sürtünme ve aşınma gibi tribolojik özellikleri, oksidasyon ve korozyon özellikleri geliştirilmektedir.

Ülkemizin dünyada en fazla bor rezervine sahip ülkeler arasında yer alması ve bor bileşiklerinin üstün özelliklere sahip olması sebebiyle [1], bir çok araştırmacı için bu bileşikler cazip bir duruma gelmiştir. Özellikle son yıllarda metalik malzemelerin termokimyasal yöntemlerle kaplanması araştırmacıların ilgilendiği konuların başında gelmektedir. Borlama işlemi bu yöntemlerden biri olup diğer yüzey işlemlerine kıyasla üstün özelliklere sahiptir.

Bor ile yüzey sertleştirme işlemi, diğer bir ifade ile borlama, termodifüzyonel bir işlem olup esas olarak borun yüksek sıcaklıkta çeliğe yayınıdır. Karbürizasyon ve nitrürasyona benzeyen bir difüzyon işlemi olan borlama, sadece metallere değil, sermet ve seramiklere de uygulanabilmektedir. Borlamanın diğer yüzey sertleştirme işlemlerine

üstünlüğü, yüzey tabakasının çok sert olmasının yanında yüksek aşınma, korozyon ve yüksek sıcaklıkta oksidasyon direncine sahip olmasıdır.

Borlama işlemi genellikle, 700 - 1000 °C sıcaklık aralığında 1 - 10 saat sürelerle çeşitli borlama ortamlarında gerçekleştirilmektedir. Borlama ortamı katı, sıvı ve gaz olup, bor kaynağı (B_4C , $Na_2B_4O_7$, H_2B_6) aktivatör (KBF_4) dolgu malzemesi ve deoksidanlardan meydana gelmektedir [2].

Borlama işleminin en önemli karakteristik özelliği, elde edilen borür tabakasının çok yüksek sertlik ($1450 - 3000 \text{ kg/mm}^2$) ve ergime sıcaklığına sahip olmasıdır [3]. Borür tabakasının yüksek sertlik ve düşük sürtünme katsayısı değerlerine sahip olması aşınma direncinin oldukça yüksek olmasını sağlamaktadır [4]. Ayrıca, bor kaplanmış malzemelere kısa süreli ısı işlem uygulamak suretiyle son derece küçük sürtünme katsayıları elde edilmektedir [5,6]. Alaşımli çelikler üzerine yapılan kırılma tokluğu çalışmaları, mekanik uygulamalar için kaplamaların uygulanabilirliğini ortaya koymuştur [7].

Bu çalışmada, makine parçalarında kullanımı oldukça fazla olan AISI 1045 çeliğinin yüzeyinin borlama yöntemi ile sertleştirilmesi ve oluşan tabakaların karakterizasyonu amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyde yüzeyi borür kaplanacak malzeme olarak, çeşitli makine aksamalarında, dişlilerde, dişli şaftlarında, kavrama diski ve kılavuz yataklarında çokça kullanılan AISI 1045 çeliği seçilmiştir. Tablo 1'de Spektrolab marka spektrometre cihazında yapılmış çeliğin kimyasal analizi verilmiştir.

Tablo 1. AISI 1045 çeliğinin kimyasal analizi

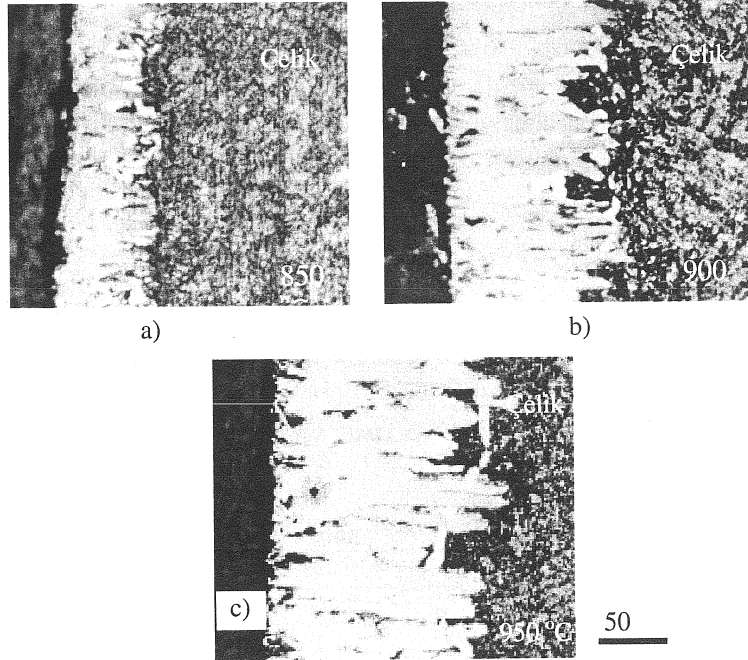
Çelik türü	Kimyasal bileşim (% Ağırlıkça)						
	C	Mn	Si	Ni	P	S	Cu
AISI 1045	0.46	0.69	0.22	0.12	0.025	0.022	0.24

Borlama işlemi öğütülerek karıştırılan % 60 susuz boraks, % 20 kalsine borik asit ve % 20 ferro silisyum ihtiva eden grafit bir pota içerisinde yapılmıştır. 850, 900 ve 950 °C'de 2, 4 ve 6 saat sürelerinde borlanan çelikler metalografik inceleme için elmas disk ile kesilmiş ve çeşitli zımpara

kademelerinden geçirilerek 3 µm elmas pasta ile parlatılmıştır. Hazırlanan borlanmış numuneler optik mikroskop (Olympus BX 60) yardımıyla incelenmiş ve kaplama tabaka kalınlıkları ölçülmüştür. Borlanan numunelerdeki tabaka sertlikleri, mikrosertlik cihazı (HMV-2L Shimadzu) ile 100 gr yük altında 15 saniye süresince ölçülmüştür. Borür tabakasındaki oluşan fazlar, X-ışını difraksiyon cihazı (Rigaku D/Max 2200) ile belirlenmiştir.

3. SONUÇ VE İRDELEME

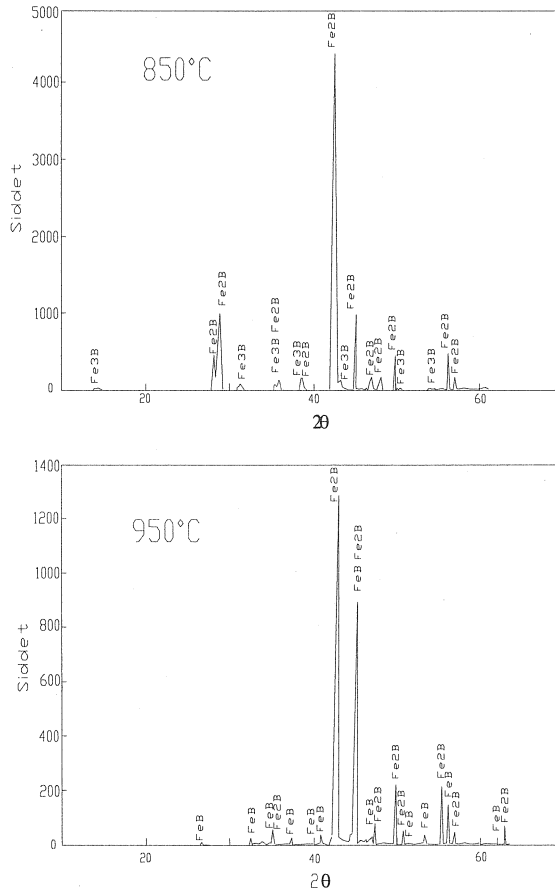
Metalografik incelemeler sonucunda, AISI 1045 çeliğinin 850, 900 ve 950 °C sıcaklıklarında 2, 4 ve 6 saat süreyle borlama işlemine tabi tutulduktan sonra borür kaplamanın kolonsal bir yapı sergilediği görülmüştür. Şekil 1'de 850, 900 ve 950 °C sıcaklıklarında 6 saat süreyle borlanan çeliğin



Şekil 1. a) 850, b) 900 ve c) 950 °C'de 6 saat süreyle borlamaya tabi tutulmuş çeliklerin mikroyapıları.

mikroyapıları görülmektedir. Mikroyapıdan da görüldüğü gibi sıcaklığın artışı borür tabaka kalınlığını artırmıştır.

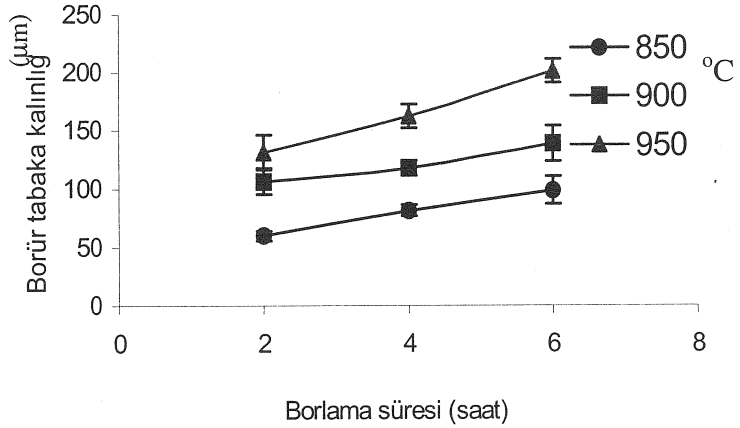
Genel olarak çelikler üzerine yapılan borlama çalışmaları sonucunda oluşan borür tabakasının FeB ve Fe₂B fazlarından meydana geldiği ve bu fazların metalografik olarak birbirinden ayırtıldığı belirtilmektedir [8]. Yapılan X-ışınları difraksiyon incelemeleri sonucunda borür tabakasının, düşük sıcaklıkta (850 °C) Fe₂B ve az miktarda Fe₃B fazlarından, daha yüksek sıcaklıklarda (950 °C) ise Fe₂B ve FeB fazlarından oluştuğu görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. 850 ve 950 °C'lerde 4 saat süreyle borlanan çelik yüzeyindeki borür tabakasının X-ışınları difraksiyon patenleri.

Çelikler üzerine yapılan benzer çalışmalarda [9], düşük sıcaklıkta sadece Fe₂B fazı gözlenirken, mevcut çalışmada az miktarda Fe₃B fazına da rastlanmıştır. Yine benzer çalışmalarda yüksek sıcaklıklarda borlamada, baskın faz FeB iken, mevcut çalışmada baskın faz Fe₂B'dur.

Farklı sıcaklık ve sürelerde borlama işlemine tabi tutulan çeliklerdeki borür tabakası homojen bir yapı sergilemiştir. AISI 1045 çeliğinin üzerinde farklı sıcaklık ve süreler de oluşan borür tabaka kalınlığı Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, daha yüksek sıcaklık ve uzun borlama sürelerinde daha yüksek tabaka kalınlıklarına ulaşılmıştır. Bu durum kaplama prosesinin difüzyon kontrollü olduğunun açık bir göstergesidir. Borlanmış çeliğe Vickers uç ile 100 gr yük altında sertlik ölçümü yapılmıştır. Şekil 4'de görüleceği gibi sıcaklık ve borlama süresinin artması borür tabakasının sertliğini artırmıştır. Sertlik ölçümlerinden geçiş zonu ve matris tespit edilebilir. Düşük borlama sıcaklık ve sürelerinde (850 °C-2 saat) geçiş zonu sertlikle tespit edilemeyecek kadar çok azdır. Daha yüksek borlama sürelerinde (900-950 °C,6 saat) ise geçiş zonu tespit edilebilir.



Şekil 3. Borlama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak borlanan AISI 1045 çeliğindeki borür tabaka kalınlığının değişimi.

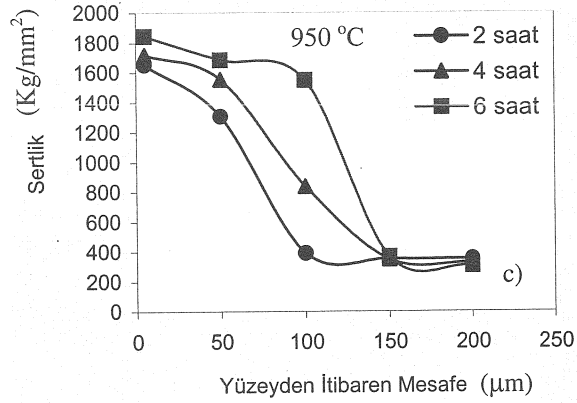
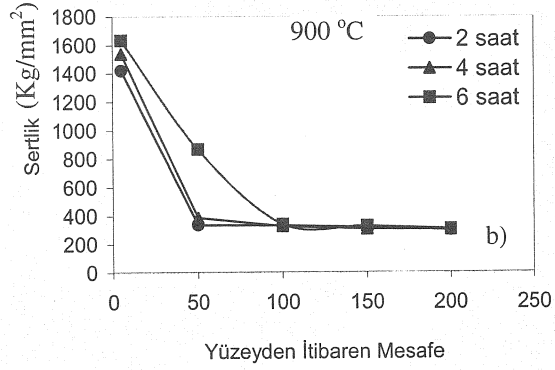
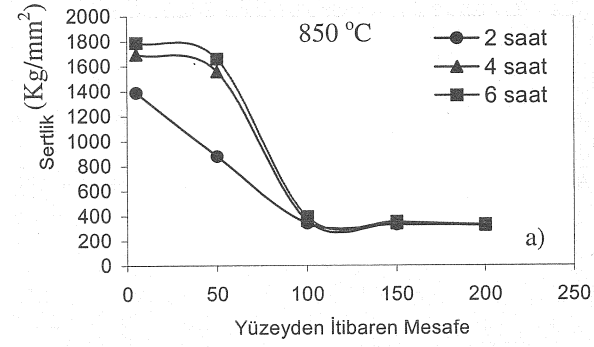
4. SONUÇLAR

AISI 1045 çeliğinin yüzeyinin borlanması sonucu Şekil 1'de görüldüğü gibi borür tabakası çelik içerisinde kolonsal yapıda büyümüş, bu da çelik - borür tabakası arayüzey mukavemetini artırmıştır [10]. Borlama sonucu sıcaklık ve süreye bağlı olarak borür tabaka kalınlıkları 60 - 200 µm arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek tabaka kalınlığı 950 °C'de 6 saat süreyle borlanan çelikte bulunmuştur.

FeB ve Fe₂B fazları birbirine basma ve çekme gerilmeleri uygulamakta ve fazlar arasında yüzeye paralel ve dik çatlaklar oluşturmaktadır. Fe₂B fazının termal genişleme katsayısı çeliğinkine yakın olmasından dolayı minimum FeB içeriğine sahip kaplama tabakaları elde edilmeye çalışılmaktadır [2]. Bu çalışmada, yüksek sıcaklıkta (950 °C) borlama sonucunda borür tabakasında, gevrek ve daha sert FeB fazından ziyade Fe₂B fazının baskın çıkması çeliğin darbeli yüklere maruz kalan parçalarda kullanımını kolaylaştırmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Sheppard, L., Raw Materials Market Valued at \$8 Billion and Climbing, Ceramic Industry, 148, 40-47, (1998).
2. Bozkurt, N., Bor Yayını ile Çeliklerde Yüzey Sertleştirme, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (1984).
3. Sinha, A.K., Boriding, J. Heat Treating ASM Handbook, 4, 437- 447, (1991)
4. Erdemir, A., Bindal, C., Formation and Self Lubrication Mechanism of Boric Acid on Borided Steel surfaces, Surface and coating Tech., 76-77, 443-449, (1995).
5. Bindal, C., Erdemir, A., Ultralow Friction Behaviour of Borided Steel Surfaces After Flash Annealing, Applying Phys. Lett., 68(7), 12 February, 175-183, (1996).
6. Holmberg, K., Matthews, A., Coatings Tribology, Elsevier Science B.V., 45-74, (1994)
7. Üçışık, A.H., Bindal, C., Fracture Toughness of Boride Formed on Low-Alloy Steels, Surface Coatings and Technology, 94-95, 561-565, (1997)
8. Goeriot, F.P., Thevenot, J., Driver, H., Surface Treatment of Steels : Boridif, a New Boriding Process, Thin Solid Films, 78, 67-76, (1981)
9. Şen, Ş., Termokimyasal Borlama İşlemi ile AISI 5140, AISI 4140 ve AISI 4340 Çeliklerinin Yüzey Performanslarının Geliştirilmesi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, Haziran 1998.
10. Hutchings, I.M., Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials, Edward Arnold, 223-226, (1992).



Şekil 4. a) 850, b) 900 ve c) 950 °C'de 2, 4 ve 6 saat süreyle borlanan AISI 1045 çeliğinin yüzeyinden itibaren sertlik dağılımları.