

AISI 8620 ÇELİĞİNİN BOR – VANADYUMLANMASI VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Özkan ÇEĞİL, Şaduman ŞEN

Özet – Bu çalışmanın amacı AISI 8620 çeliğinin yüzeyinde vanadyum borür tabakası oluşturarak özelliklerini incelemektir. Birinci aşamada metalografik olarak hazırlanan malzemelerin yüzeyi 900°C’de 4 saat süreyle termokimyasal olarak borlama işlemine tabi tutulmuştur. İkinci aşamada ise borlanmış yüzeyler 950°C ve 1000°C sıcaklıklarda 1, 2,4 ve 6 saat süreyle termo difüzyon yöntemiyle vanadyumlama işlemine tabi tutulmuştur.

Borlama ve bor vanadyumlama işlemi sonrasında oluşan borür ve vanadyum borür tabakalarının yüzey morfolojileri ve faz analizleri, optik mikroskop ve x-ışınları difraksiyon analizi yardımıyla yapılmıştır. Sonuç olarak çeliğin yüzeyinde bor-vanadyumlama işlemi başarıyla gerçekleştirilerek üstün özelliklere sahip vanadyum borür tabakaları elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler- Borlama, Bor – Vanadyumlama, Termo Difüzyon İşlemi.

Abstract – The aim of the present work is to investigate of properties the vanadium boride layers formed on the surface of the AISI 8620 steel. Boronizing was carried at 900°C temperature for 4 hours as thermo-chemically. Vanadizing was performed at 950°C and 1000°C temperatures for 1, 2, 4 and 6 hours with thermo-diffusion process.

After boronizing and boro-vanadizing, properties of materials were examined by using classical metallographic techniques. The presence of borides and vanadium borides in coating layer formed on the AISI 8620 steel surfaces were confirmed via optical microscope and x-ray diffraction analysis.

Keywords- Boronizing, Bor – Vanadizing, Thermo Diffusion Process.

Özkan Çeğil, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi
Şaduman Şen, SAÜ Teknik Eğitim Fakültesi, Öğretim Üyesi

I. GİRİŞ

Ülkemiz bor mineralleri bakımından zengin devletler arasında yer almaktadır. Buna göre 1,6 milyar ton civarında olan dünya bor rezervinin % 60’ı ülkemizdedir [1]. Günümüzde borat üretiminin % 70’ini ABD, % 18’ini Türkiye ve % 12’sini diğer ülkeler sağlamaktadır. Üretilen bor ve minerallerinin % 30’unu ABD, % 64’ünü ise Avrupa, Japonya ve eski S.S.C.B. ülkeleri tüketmektedir [2].

Borlama, esas olarak termo-kimyasal işlem olup borun yüksek sıcaklıkta çeliğe yayınıdır [3]. Ana malzeme belirli mekanik özellikleri içerirken, yüzeyde yeterli oksidasyon, korozyon ve aşınma direnci gereken yerlerde, borlama prosesi bu farklı istekleri uzlaştırmak için yüzeyde ya da yüzeye yakın bölgelerde söz konusu özellikleri iyileştirici bir yöntem olarak kullanılır. Borür tabakalarının sahip oldukları yüksek aşınma direnci borlamanın birçok alanda başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir [4]. Bor kaynağının fiziksel durumu katı, sıvı, veya gaz olabilir. Genel olarak çelik, borlama ortamında 850 – 1000 °C sıcaklığında 2 – 24 saat bekletilerek borlama işlemine tabi tutulur. Borlama ortamı, bor kaynağı, aktivatör, dolgu ve deoksidanlardan oluşur [3].

Borlama işlemi gerek toz metalurjisi ve gerekse diğer metotlarla üretilen bütün demir esaslı alaşımlara başarıyla uygulanabilmektedir. Refrakter metaller (W, Ta, Mo, Zr, Hf, Nb) karbürler (özellikle Co ile bağlı WC) ve Ni esaslı alaşımlara başarı ile uygulanarak özel yapıda borlu tabakalar elde edilebilmektedir [5]. Borlanabilen bazı ferro malzemeler ve kullanma alanları Tablo 1.1’de verilmiştir.

Bor ile yüzey sertleştirme işleminin diğer yüzey sertleştirme yöntemlerinden üstünlüğü, yüzey tabakasının çok sert (1450 – 5000 HV) olmasının yanı sıra, sürtünme katsayısının düşük olması, bazı asit, baz, metal eriyikleri ve yüksek sıcaklık oksidasyonuna direnç göstermesidir

Bor kaplanmış çeliklerin borür tabakalarının sertliğinin diğer konvansiyonel sertleştirme yöntemlerine göre daha yüksek olduğu Tablo 1.2'de açıkça görülmektedir. Borlama ile sertleştirilmiş takım çeliklerinde, elektrolitik sert krom kaplama ve WC sertlik değerlerine ulaşmak mümkündür [6].

Tablo 1.1 Borlanabilen bazı ferro malzemeler ve kullanım alanları [7]

Malzeme	Kullanım alanı
St 37	Burçlar, civatalar, çarklar, kanatlar, diş kılavuzları
C15	Dişli kutuları, pompa şaftları
C45	Pimler, taşlama diskleri, civatalar
C60W3	Bağlama kelepçeleri, kılavuz çubuklar
X210Cr12	Burçlar, pres kalıpları, pleytler, mandrenler, zimbalar
X38CrMoV51	Delme takımları, enjeksiyon silindirleri, pistonlar
X40CrMoV51	Kütük kalıpları, diskler
60WCrV7	Çekme ve hadde kalıpları, mandren, pres baskı elemanları
90MnCrV8	Bükme kalıpları, baskı aletleri, burçlar, çekme kalıpları, diskler, delici zimbalar
100Cr6	Rulmanlar, çarklar, kılavuzlar
17CrNiMo6	Mahruti dişliler, vida ve dişli çarklar, şaftlar, zincir parçaları
X35CrMo17	Şaftlar, miller, valfler, kalıplar, tekstil makinalarındaki bazı parçalar

Pek çok sert malzeme mevcut olduğu için, belirli ihtiyaçların karşılanması amacıyla en uygun kaplama malzemesinin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler vardır [8].

Bunlar;

1. Performans faktörleri

- Yüzey direnci
- Sertlik
- Korozyon dayanımı
- Ani darbelere karşı direnç
- Gerekli tabaka kalınlığı

2. Uygulama faktörleri

- Yapışma
- Porosite
- Kalıntı gerilmeler
- Yapı özellikleri

3. İşlem faktörleri

- Bileşen şekli
- Bileşen boyutu

- Hal değişim oranı
- Hal değişimi sırasında ana malzemede meydana gelen sıcaklık
- Maliyet [9].

Tablo 1.2 Çeşitli işlemlere tabi tutulmuş malzemelerin mikrosertlik değerleri [6]

Malzeme	Mikrosertlik (Kg/mm ² veya HV)
Borlanmış yumuşak çelik	1600
Borlanmış AISI H13 kalıp çeliği	1800
Borlanmış AISI A2 çeliği	1900
Su verilmiş çelik	900
Su verilmiş ve temperlenmiş H13 çeliği	540-600
Su verilmiş ve temperlenmiş A2 kalıp çeliği	630-700
Yüksek hız takım çeliği BM42	900-910
Nitrürlenmiş çelik	650-1700
Karbürlenmiş düşük alaşımlı çelik	650-950
Sert krom kaplama	1000-1200
Sementit karbürler WC + CO	1160-1820 (30kg)
Al ₂ O ₃ + ZrO ₂ seramikler	1483 (30kg)
Al ₂ O ₃ + TiC + ZrO ₂	1730 (30kg)
Sialon seramikler	1768 (30kg)
TiN	2000
TiC	3500
SiC	4000
B ₄ C	5000
Elmas	~10000

Termokimyasal yöntemlerle gerçekleştirilen borlama ve ardından TD prosesi ile gerçekleştirilen metalleme işlemi sonucu elde edilen metal borürlerin yukarıda sayılan faktörler göz önüne alındığında yüksek özellikli yüzeyler elde etmek için ideal yöntem olduğu görülmektedir.

TD Prosesi mühendislik yüzey kaplama yöntemleri içerisinde, kaplanan metalin yüzeyindeki kimyasal yapının değişimine dayanan ve termo kimyasal reaksiyon sonucu gerçekleşen metalleme (metallizing) sınıfında yer almaktadır.

Metalleme, malzeme yapısıyla bileşikler oluşturmak suretiyle yüzey özelliklerinin geliştirilmesine dayanan ve malzeme yüzeyine metal elementlerin difüze edilmesi şeklinde gerçekleşen bir prosestir.

Bilinen en iyi metalleme prosesi TD (Termo difüzyon / Toyota Difüzyon)'dur. Niobyum ve Vanadyumun 1000 °C'de bir tuz banyosu içinde çelik yüzeyine yayılmasıyla yüzeyde bu metallerin karbürlerinin elde edilmesi bu

yönteme bir örnektir. Oluşan bu karbürlerin kalınlığı 5 - 12 µm, sertliği 1800 - 3000 HV civarındadır.

Metalleme yönteminin uygulanması ve kaplanmasından elde edilen sonuçlara dayanan avantaj ve dezavantajları vardır.

Avantajları:

- Yüksek yüzey sertliği
- Yüksek aşınma direnci
- Yüksek oksidasyon direnci
- Yüksek korozyon direnci

Dezavantajları:

- Yüksek uygulama sıcaklığı
- İnce işlem görmüş tabaka [9].

Vanadyum - borür fazlarının oluşturulması, borlanmış olan malzemenin yüzeyine TD prosesiyle vanadyum difüze edilmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla oluşan vanadyum borür fazları yukarıda geçen avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Elde edilebilir vanadyum borür fazları; V_3B_2 , VB , V_5B_6 , V_3B_4 , V_2B_3 , VB_2 şeklindedir [10].

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

II.1 Malzeme, Borlama ve Bor - Vanadyumlama İşlemi

Bu çalışmada, borlama ve vanadyumlama işlemi % 0,195 C, % 0,315 Si, % 0,833 Mn, % 0,024 S, % 0,539 Cr, % 0,152 Mo, % 0,518 Ni, % 0,045 Al bileşimine sahip AISI 8620 sementasyon çeliğine uygulanmıştır. Borlama ve vanadyumlama işlemine tabi tutulacak malzemeler başlangıçta 12 mm silindirik çubuktan 5 mm kalınlığında kesilerek 1000 gridlik zımparalama kademesinde yüzeyleri metalografik olarak hazırlanmıştır. Borlama işlemi 900 °C'de 4 saat süreyle boraks, borik asit ve ferro-silisyumdan oluşan tuz banyosunda, vanadyumlama işlemi ise; 900 °C'de 4 saat borlanmış AISI 8620 çeliğine 950 ve 1000 °C'de 1, 2, 4, 6 saat süreyle Ferro - Vanadyum, alümina, amonyum klorür ve naftalinden oluşan katı ortamda gerçekleştirilmiştir.

II.2 Mikroyapı ve Faz Analizi

Metalografik incelemeler için numuneler metalografik olarak hazırlanmıştır. Hazırlama işlemleri işlem görmemiş, borlanmış, ve vanadyumlanmış numunelerin sırasıyla 1000 gridlik zımparalama kademesine kadar metalografik olarak zımparalanması ve 1 µm kalınlıktaki elmas toz aşındırıcı kullanılmak suretiyle parlatılması ve % 3'lük nitelle dağlanmasını kapsamaktadır. Numunelerin mikroyapı incelemeleri Olympus B071 marka optik mikroskop yardımıyla incelenmiştir.

II.3 Tabaka Kalınlığı

Yüzeyine borlama ve vanadyumlama uygulanan malzemelerin üzerinde oluşan borür ve vanadyum borür tabaka kalınlıkları optik mikroskobun bünyesinde yer alan dijital mikrometre aparatı yardımıyla ölçülmüştür.

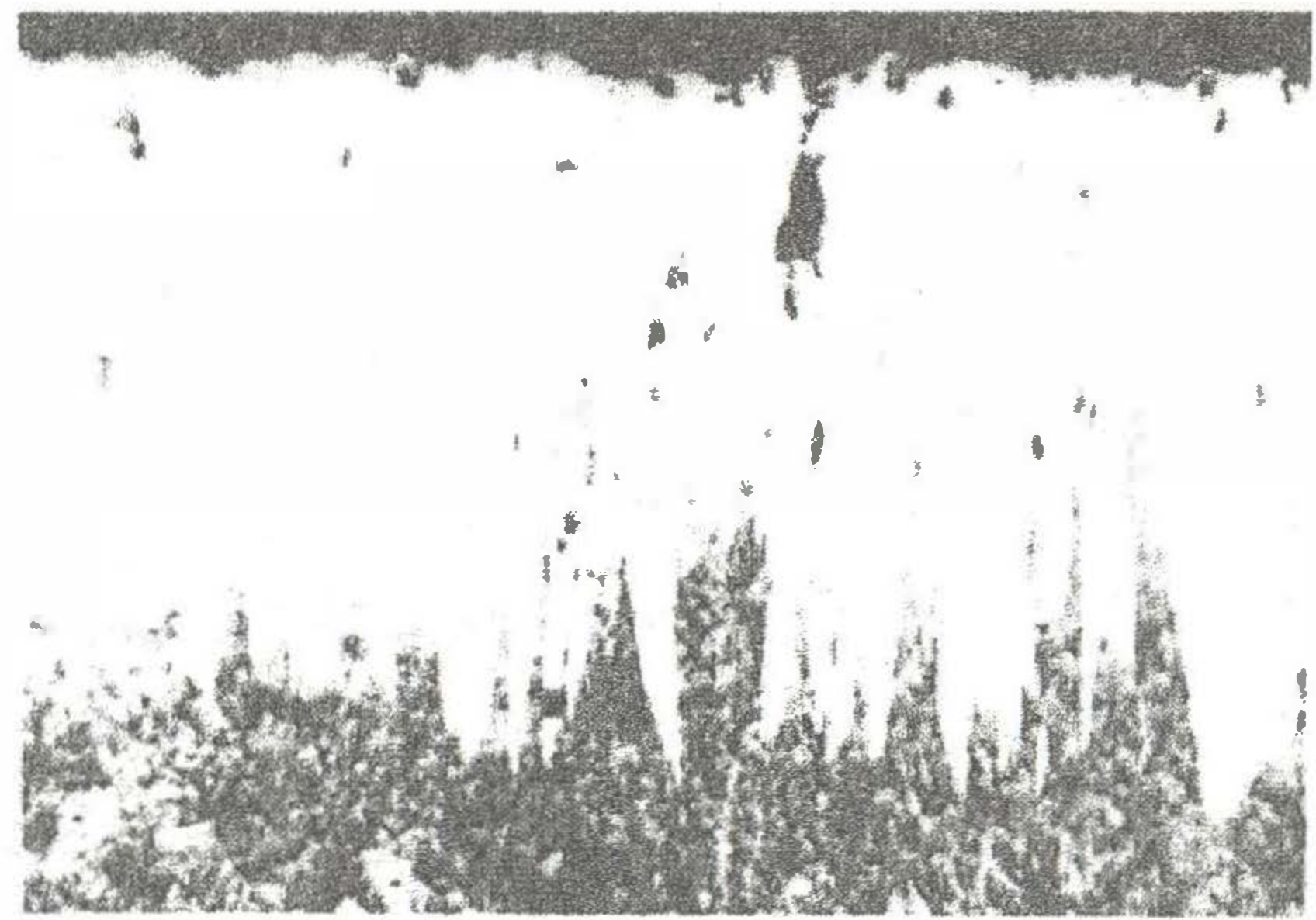
II.4 X-Işınları Difraksiyon Analizi

Sadece borlama yapılmış ve borlama + vanadyumlama yapılmış numunelerde yer alan fazların ve özelliklerinin tespiti için kullanılan yöntemlerden biride x-ışınları difraksiyon analizidir. X - ışını difraksiyon analizleri için; SHIMADZU XRD - 600 model x - ışını difraksiyon analizi ile Cu K α x-ışını ($\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$) kullanılarak yapılmıştır. Yüzeyde oluşan fazların tespitinde ASTM kartlarından yararlanılmıştır.

III. DENEYSEL SONUÇLAR

III.1 Mikroyapı

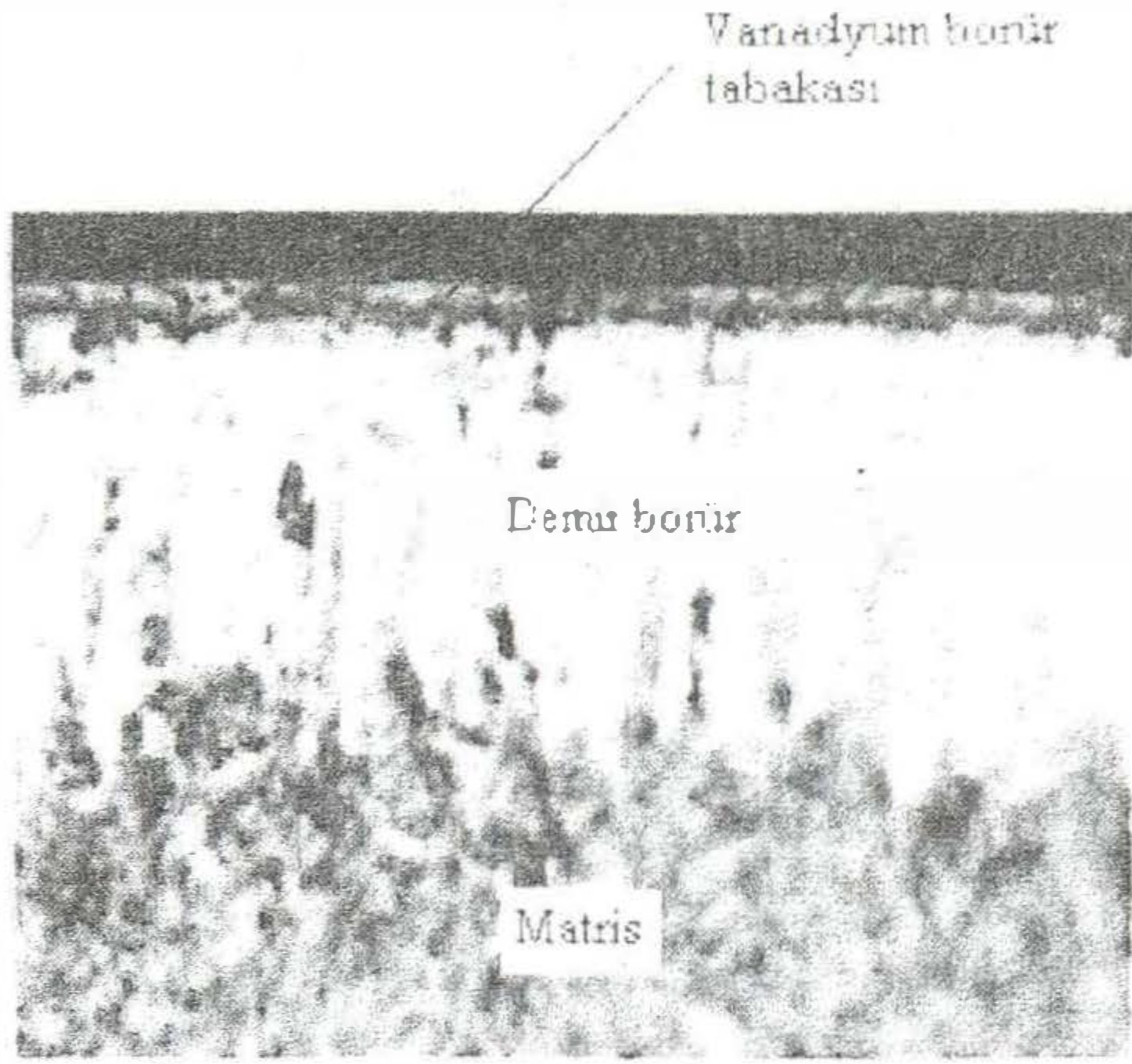
Metalografik incelemeler sonucunda, AISI 8620 çeliğinin 900 °C sıcaklıkta 4, saat süreyle borlama işlemine tabi tutulmasıyla malzeme yüzeyinde FeB ve Fe₂B şeklinde demir borürlerin olduğu görülmüştür. FeB ve Fe₂B fazlarının optik incelemede birbirlerinden ayırt edilebilmesi kontrast farkından yararlanılarak yapılmıştır. Bu fazlardan FeB fazı yüzeyde Fe₂B fazı ise FeB fazı altında oluşmuştur. FeB fazının Fe₂B fazına göre daha koyu renkte görüldüğü tespit edilmiştir. Şekil 3.1'de 950 °C'de 4 saat süreyle borlanmış AISI 8620 çeliğinin mikroyapısı görülmektedir.



Şekil 3.1. 950 °C'de 4 saat borlanmış AISI 8620 çeliğinin mikro yapı resmi (200X)

900 °C'de 4 saat süreyle borlanmış malzeme yüzeyine vanadyum difüze edilmesi sonucunda bor tabakası üzerinde ve bor tabakasından farklı bir görünüme sahip olan vanadyum borür fazlarından oluştuğu düşünülen bir yapı optik mikroskop aracılığıyla tespit edilmiştir. Şekil

3.2'de 900 °C'de 4 saat borlandıktan sonra 950 °C'de 1 saat vanadyumlanmış AISI 8620 çeliğinin mikroyapısı görülmektedir.



Şekil 3.2. 900 °C'de 4 saat borlanmış ve 950 °C'de 2 saat vanadyumlanmış AISI 8620 (200X)

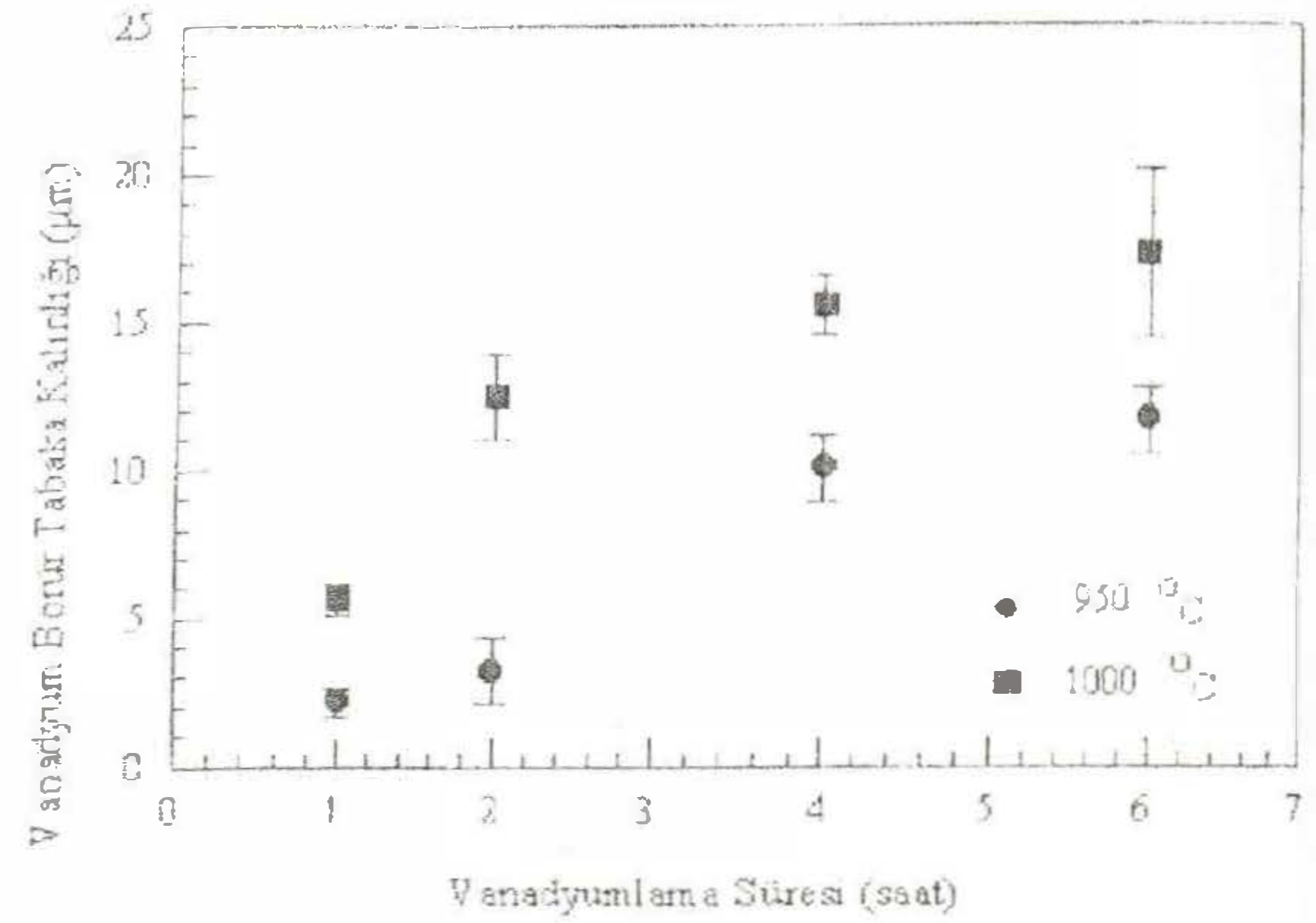
III.2. Tabaka Kalınlığı

Metalografik olarak hazırlanan ve kesitinden incelenen numunelerin borür tabaka kalınlığı ölçümleri numunelerin tüm kenarlarında ölçülen değerlerin ortalamaları alınarak yapılmıştır. Vanadyumlama işlemlerinde tabaka kalınlıkları işlemlerin sıcaklık ve sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 3.1'de AISI 8620 çeliğinin 900 °C'de 4 saat borlama işleminden sonra vanadyumlama işlemi sıcaklık ve süresine bağlı olarak oluşan tabaka kalınlıkları verilmektedir. Şekil 3.3'de ise vanadyumlama süresine bağlı olarak vanadyum - borür tabaka kalınlıklarındaki değişim standart sapmalı olarak gösterilmektedir.

Tablo 3.1 AISI 8620 çeliğinin vanadyumlama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak vanadyum borür tabaka kalınlık değerleri

Vanadyumlama sıcaklığı (°C)	Vanadyumlama süresi (saat)	Tabaka kalınlığı (µm)
950 °C	2	3.16 ± 1.11
	4	10.03 ± 1.14
	6	11.62 ± 1.08
1000 °C	2	12.48 ± 1.47
	4	15.57 ± 1.06
	6	17.23 ± 2.82



Şekil 3.3 950 ve 1000 °C'de vanadyumlanmış AISI 8620 çeliğinin vanadyumlama süresine bağlı olarak vanadyum borür tabaka kalınlığındaki değişim

III.3 X-Işınları Difraksiyon Analizi

X - ışınları difraksiyon analizi 900 °C'de 4 saat borlandıktan sonra 1000 °C' 2 saat vanadyumlama uygulanmış numuneye uygulanmıştır.

Bu numunelerin x-ışını difraksiyon analizi için Cu K α ışın demeti kullanılmıştır.

Vanadyumlama yapılmış malzemenin x-ışını difraksiyon analizi sonucunda ise VB, VB₂, V₂B₃ fazlarında vanadyum borürler oluştuğu tespit edilmiştir.

IV. TARTIŞMA

Yapılan deneyler sonucunda, borlama işleminin AISI 8620 çeliğine uygulanabilir olduğu görülmüştür. Borlama sonucu elde edilen borür tabakası FeB, Fe₂B fazlarından ve geçiş zonundan oluşmaktadır. Bu iki fazın optik mikroskop altında konstat farkıyla birbirlerinden ayırt edilmesi mümkün olmuştur. FeB fazı Fe₂B fazından daha koyu renkte olduğu görülmüştür. Ayrıca FeB ile Fe₂B ve Fe₂B ile matris ara yüzeyindeki yapı kolonsaldır [11]. FeB fazı Fe₂B üzerinde oluşmakta ve Fe₂B fazından daha fazla bor içermektedir. Borlama termokimyasal ve difüzyon kontrollü bir işlemdir. Bor tabakasının kalınlığı borlama sıcaklık ve süresine bağlı olarak artış göstermektedir.

900 °C'de 4 saat borlanmış AISI 8620 çeliği üzerine yapılan vanadyumlama işlemi sonucunda vanadyum-borür fazları elde edilmiştir. Oluşan vanadyum-borür tabakasının, bor tabakasının üzerinde ve bor tabakasından daha ince ve farklı bir yapıda olduğu optik mikroskop aracılığı ile görülmüştür. Tabaka kalınlıkları ölçümü sonucunda vanadyum-borür tabakasının sıcaklık ve süreye bağlı olarak arttığı görülmüştür. Elde edilen vanadyum-

borür fazları VB, VB₂ ve V₂B₃ x-ışınları difraksiyon analizi ile tespit edilmiştir. VB fazı % 50, VB₂ fazı % 67 ve V₂B₃ fazı % 60 oranında bor içermektedir [12].

V. GENEL SONUÇLAR

- 1) AISI 8620 çeliğine yapılan borlama işleminde, bütün sıcaklık ve sürelerde bor tabakası elde edilmiş ve oluşan bor tabakasının kalınlığının borlama sıcaklık ve süresine bağlı olarak arttığı görülmüştür.
- 2) Elde edilen borür tabakalarından FeB fazı kısa süreli borlamalarda çok az görülebilmiş ve sürenin artışıyla Fe₂B fazında artış görülmüştür.
- 3) Vanadyumlama işlemi sonucunda, bor tabakasının üzerinde VB, VB₂ ve V₂B₃ fazlarından oluşan yeni bir tabaka elde edilmiştir.
- 4) Vanadyum-borür tabakası difüzyon kontrollü olarak gelişmektedir. Sıcaklık ve zamana bağlı olarak tabaka kalınlığı arttığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Bor Hakkında Rapor, Etibank İşletmeler Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1982.
- [2] ÖZPERKER, İ., "Bor Kullanımı, Tüketimi Ulusal Gelire Katkı Olanığı", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik III. Kongresi, Ankara 21 – 25 Şubat 1973.
- [3] TAŞÇI, A., Borlanmış Çeliklerin Aşınma Ve Korozyon Dayanımları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, s 8-15-19, 1993.
- [4] KAVUŞAN, G., Endüstriyel Hammaddeler, 1985.
- [5] BOZKURT, N., Bor Yayınımıyla Çeliklerde Yüzey Sertleştirme, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1984.
- [6] ŞEN, Ş., BİNDAL, C., AISI 8620 Çeliğinin Bor Kaplanması, Ulusal Metalurji ve Malzeme Kongresi, 1997.
- [7] ŞEN, Ş., Termokimyasal Borlama İşlemiyle AISI 5140, AISI 4140 Ve AISI 4340 Çeliklerinin Yüzey Performanslarının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 8-12-14-15, 1998.
- [8] ÖKTEM, Z., Termoreaktif Difüzyon Yöntemiyle Çelik Yüzeylerin Krom Karbür Kaplanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Fen Bilimleri Enstitüsü, s 1-19, 1994.
- [9] BULL, S., Surface Engineering, Universty of Newcastle, 2001.
- [10] SPEAR, K.E., J Less Common Metals, 1981.
- [11] ŞEN, Ş., BİNDAL, C., AISI 5140 Çeliğinin Yüzeyinde Oluşan Borürlerin Bazı Özellikleri, Denizli Metalurji Kongresi,
- [12] RAGHAVAN, V., Phase Diagrams of Ternary Iron Alloys, Indian İnstitue of Metals, Calcutta, s 441, 1992.