

DEKARBÜRİZASYONUN AISI H13 ÇELİĞİNİN BORLANMA DAVRANIŞINA ETKİSİ

Fatih KARAKULLUKÇU, Kenan GENEL, Mediha İPEK

Özet- Bu çalışmada AISI H13 çeliğinin borlanma davranışı incelenmiş ve işlem öncesi uygulanan dekarburizasyonun borür tabakası özelliklerine olan etkisi araştırılmıştır. Deney parçalarından birinci grup, sadece borlanmış, ikincisi ise 900°C'de 4 saat süreyle dekarburizasyon işlemini takiben borlanmıştır. Her iki grup deney parçalarının borlama işlemleri 900°C'de Ekabor-I ortamında 3 ve 5 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Deney parçalarının yüzeyinde oluşan borür tabaka kalınlıkları optik mikroskoba bağlı dijital ölçüm cihazı ile, sertlikleri ise mikrosertlik cihazı ile ölçülerek karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonunda borlama öncesi uygulanan dekarburizasyon işleminin borür tabakasının sertliğini % 12 oranında, kaplama tabakası kalınlığını ise işlem süresine bağlı olarak % 77-85 oranında arttırdığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler- Borlama, Dekarbürizasyon, H13 çeliği

Abstract- In the present study, boriding behavior of AISI H13 steel was studied and effect of decarburization which was applied to steel as a pretreatment in boriding process of steel was investigated. First group of samples were borided only, second group of samples were subjected to decarburization pretreatment at 900°C for 4 hours in the boriding process. Boronizing treatment of all samples was performed in a solid medium consisting of Ekabor-I powders at a temperature of 900°C for 3 and 5 hours, respectively, then the thickness of boride layer was measured by means of a digital instrument attached to optical microcopy and the hardness of borides were determined by using microhardness tester, and both thickness and hardness of borides were compared in each two groups. As a result, depending on process time, an increase of 12% in surface hardness and 77-85% in thickness of boride layer was obtained by decarburization pretreatment.

Keywords- Boriding, Decarburisation, H13 steel

F.Karakullukçu, karakullukcu@msn.com
K.Genel, SAÜ Müh.Fak.Makine Müh. Böl.
M.İpek, SAÜ Met.Malz. Müh. Böl.

I. GİRİŞ

Bilindiği gibi malzeme yüzeyi gerek mekanik zorlanma açısından gerekse korozyon açısından kritik öneme sahiptir. Yüzeyde görülen aşınma olayı, makine parçalarında görülen hasarların önemli bir kısmını oluşturmaktadır [1]. Birbiri üzerinde sürtünerek aşınmaya zorlanan parçaların yüzeyleri sertleştirilerek aşınma dirençlerinin artırılmasında sementasyon, nitrürasyon gibi yayınma kontrollü işlemlerinden uzun süredir yararlanılmaktadır. Uygulanan işlemlerin etkinliği, malzemeye, yüzey sertleştirme yöntemi ile işlem parametrelerine bağlıdır.

Termo-kimyasal yöntemler arasında yer alan borlama işleminin temeli, bor atomlarının metalik malzeme yüzeyinden yayınarak ana malzeme ile birlikte sert borür fazları oluşturmaya dayanmaktadır. İşlem 700°-1000 °C sıcaklık aralığında sıvı, gaz, ve katı ortamda gerçekleştirilmektedir. Bu üç yöntemin dışında plazma ve akışkan yatakta borlama gibi yeni yöntemler de uygulanmaktadır. Borlanmış parçaların yüzeyinde ölçülen sertlik, kullanılan çeliğin kimyasal bileşimi ve borlama pratiğine bağlı olarak 2000-2500 VSD mertebelerine çıkabilmektedir. Malzemeye, yüksek yüzey sertliği, düşük sürtünme katsayısı, yüksek korozyon direnci kazandırması ve işlem sonrası ana malzemeye ısı işlem uygulanabilmesi borlamanın diğer yüzey sertleştirme işlemlerine olan üstünlükleri arasında yer alır. Borlama, yapı çelikleri, sementasyon çelikleri, takım çelikleri, korozyona dayanıklı çelikler, Armco demiri, gri dökme demir, küresel grafitli dökme demir, nikel ve sinterlenmiş demir gibi farklı malzemelere uygulanabilmektedir [2-3].

Borlanmış çeliklerde, yüzeyde FeB ve Fe₂B türünde farklı özelliklerde iki borür oluşmakta, bunlardan FeB'nin varlığı yüzeyde çok daha yüksek sertlik sağlamakla birlikte gevrek karakterde olması ve çekme türünde artık gerilme taşınması nedeniyle mekanik zorlamalar altında çalışacak parçalar için bir dezavantaj oluşturmaktadır.

Ayrıca FeB borürün ısı genleşme katsayısının, üzerinde yer aldığı Fe₂B fazına göre yaklaşık 1,5 kat daha yüksek olması borlama ısı işlemi sonrasında çatlak oluşturma riskini daha da arttırmaktadır. İşlem sonrası parçanın kontrollü olarak soğutulması ile parça boyutlarında önemli bir değişikliğe yol açmadığı öne sürülmektedir [2,4,5].

İşlemin yaygın kontrollü olması kalın borür tabakaları için daha yüksek sıcaklık veya uzun süreli işlemleri gerekli kılmaktadır. Ancak yüksek sıcaklıklarda çeliğin kimyasal bileşimine bağlı olarak tane boyutunda irileşmenin oluşabileceği unutulmamalıdır.

Yüzeyin özelliklerini değiştirmek amacıyla borlama öncesinde uygulanabilecek ısı işlemler konusunda literatürde yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, borlama öncesi 900 °C sıcaklıkta 4 saat süreyle uygulanan dekarbürizasyon işleminin, borlama sonrası AISI H13 çeliğinin yüzey özelliklerine olan etkisi incelenmiş ve pratikte uygulanabilirliği araştırılmıştır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

II.1 Malzeme ve Borlama İşlemi

Deneylerde dövme, ekstrüzyon ve alüminyum döküm kalıplarında yaygın olarak kullanılan ve sıcak iş takım çeliği grubunda yer alan AISI H13 (X40CrMoV51) çeliği kullanılmıştır. Söz konusu çeliğin kimyasal bileşimi Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo-1 Deneylerde kullanılan AISI H13 çeliğinin kimyasal bileşimi (% ağırlık)

C	Si	Cr	Mo	V	Mn
0,42	0,86	4,2	1,17	1,06	0,37

Malzeme tel erozyon tezgahında 10mm x 10mm x 15mm boyutlarında kesilerek numuneler hazırlanmış ve sonra 900 °C'de 4 saat dekarbürizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Yüzeyler 400, 600, 800 numaralı zımparalar ile zımparalandıktan sonra tane boyutu 150µm, yoğunluğu 1.90gr/cm³ olan Ekabor-1 tozunda 900°C'de ve 3, 5 saat süreyle kutu içerisinde borlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kutu içerisinde katı ortamda borlanan parçalar işlem sonunda havada soğutulmuştur.

II.2 Mikroyapı ve Faz Analizi

Borlanan parçalar 5 mm kalınlıklarda kesilerek polyester reçine ile kalıplanmış, sırasıyla 240, 400, 600, 800, 1000, 1200 numaralı zımparalarla kaba parlatma, 1µm'lik elmas pasta ile ince parlatması yapılmıştır. %3'lük

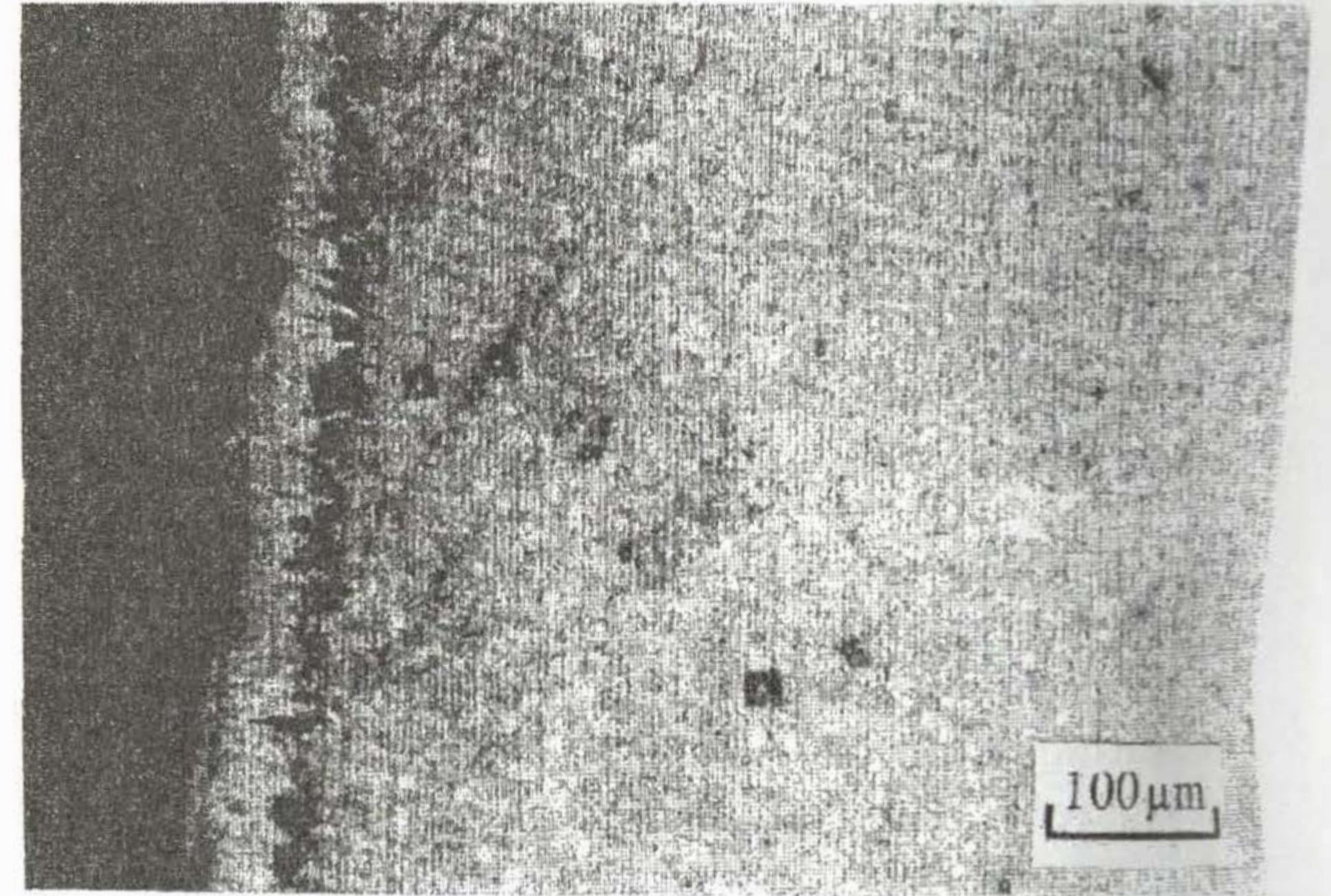
nital ile dağlanan yüzeyler Olympus marka optik mikroskopta incelenmiştir.

II.3 Tabaka Kalınlığı ve Sertlik

Yüzeyleri metalografik inceleme için hazırlanan numunelerin borür tabaka kalınlığı ölçümlerinde optik mikroskoptan (Olympus B071) yararlanılmıştır. Her bir grup için tabaka kalınlığının belirlenmesinde altı ölçümün ortalaması alınmıştır. Mikro-sertlik ölçümleri 100 gr.'lık yük kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümleri borür tabakasından içeriye doğru yapılmış ve her bir derinlikte üç ölçümün ortalaması alınmıştır.

III. SONUÇLAR

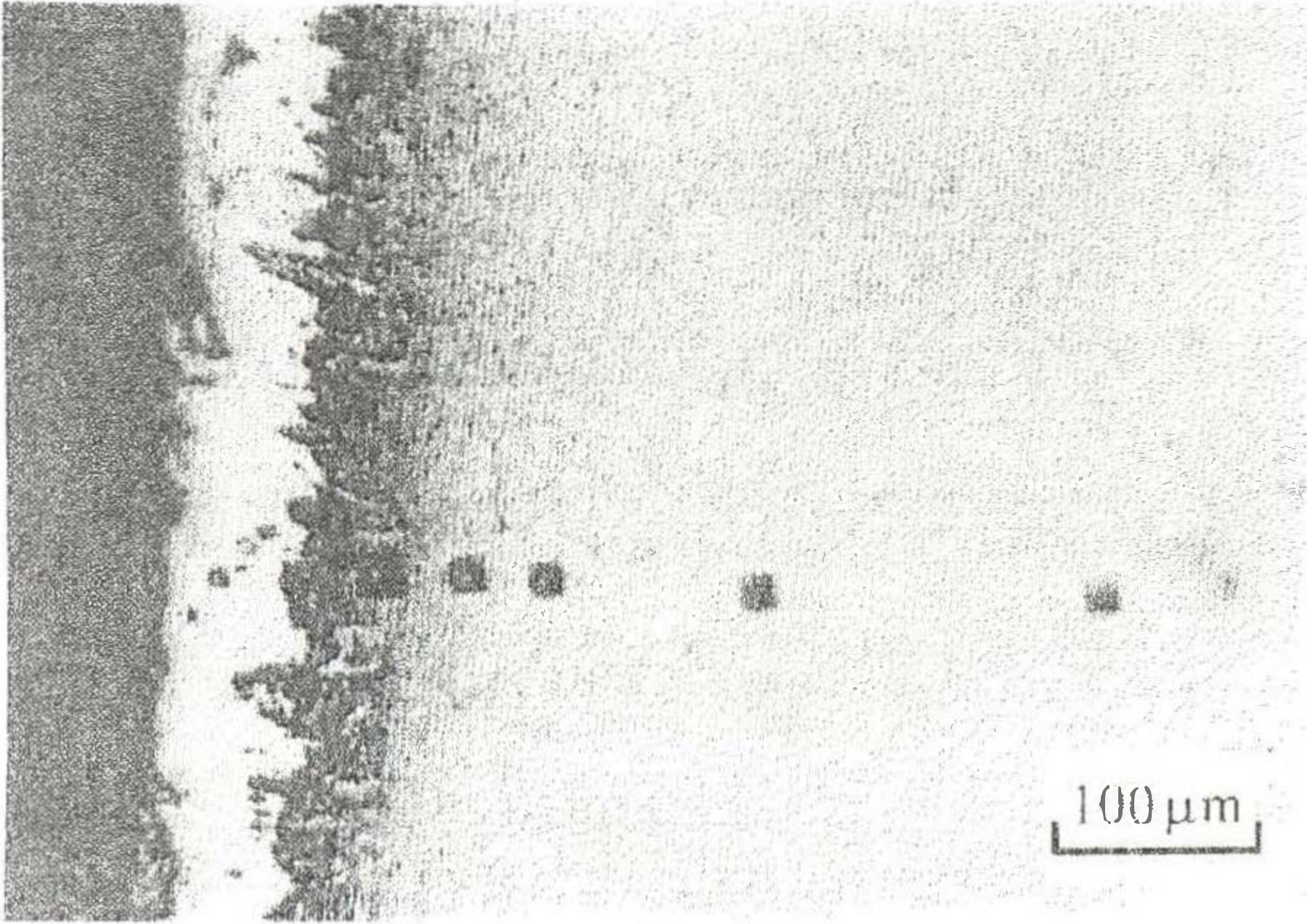
Şekil 1(a, b)'de sadece borlanmış ve dekarbürizasyon işlemi sonrasında borlanmış numunelere ait mikroyapılar görülmektedir. Her iki numune yüzeyinden içeriye doğru, yapının borür tabakası, geçiş bölgesi ve ana malzemedan oluştuğu kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Mikro yapılar karşılaştırıldığında dekarbürizasyon işleminin borür tabaka kalınlığını belirgin bir şekilde etkilediği görülmektedir.



(a)

Şekil 1a 900°C'de 5 saat borlanmış numunenin mikroyapısı

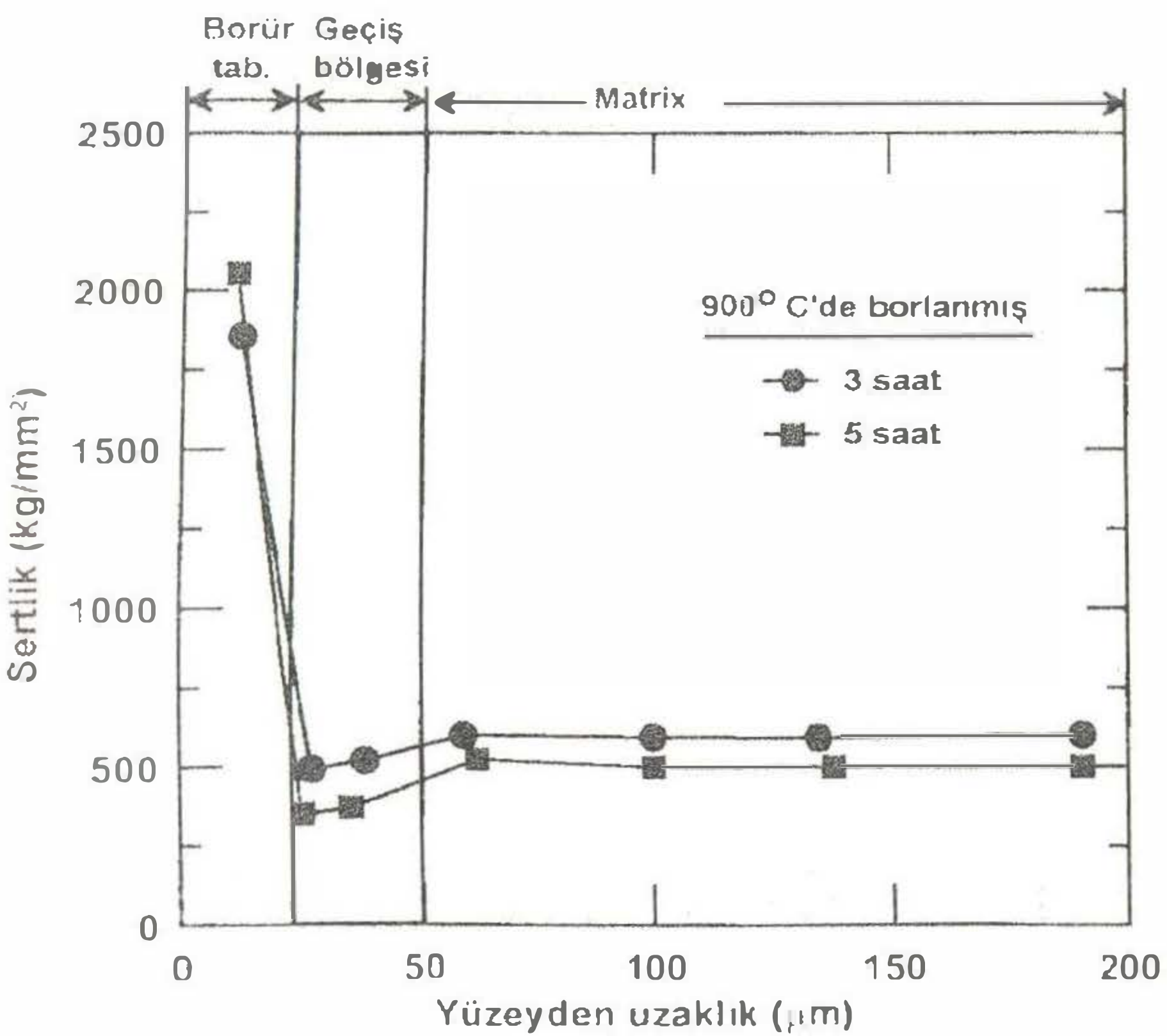
Şekil 2 ve 3'de ise borlanmış parçalarda sertliğin yüzeyden uzaklıkla değişimi verilmiştir. Sadece borlanmış parçaların sertlik dağılımı incelendiğinde işlem süresiyle borür tabakasının sertliğinin arttığı ve 5 saatlik borlama neticesinde sertliğin 2000 VSD aştığı görülmektedir (Şekil 2).



(b)

Şekil 1b Dekarbürizasyon işlemi sonrası 900°C'de 5 saat borlanmış numunenin mikroyapısı

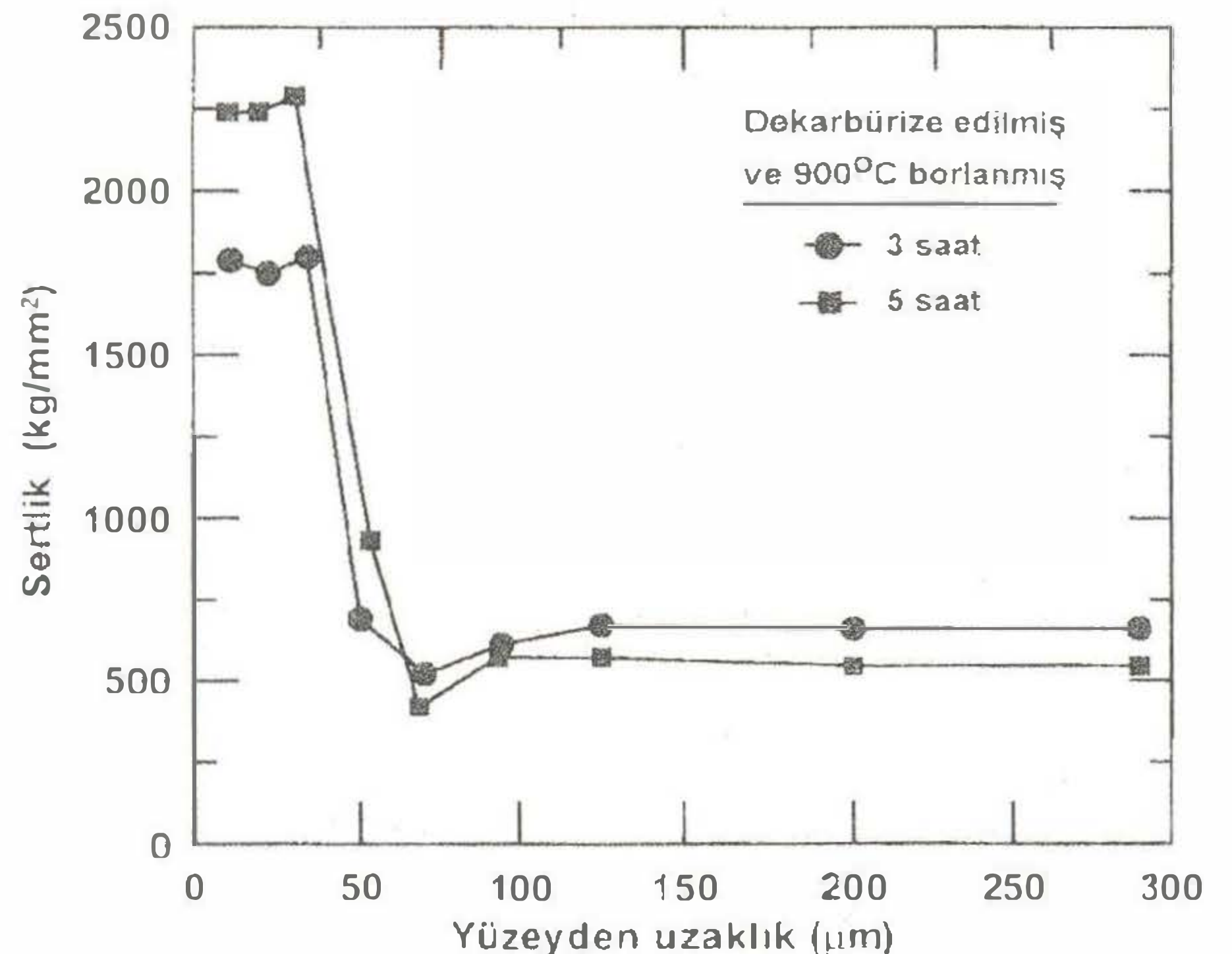
Borlama öncesi malzemeye uygulanan dekarbürizasyon işleminin borür tabakası sertliğini işlem süresine bağlı belirgin olarak arttırdığı görülmektedir (Şekil 3). Her iki grup numuneler için yüzey sertliği, işlem süresinden benzer şekilde etkilenmekte, borlama süresinin 5 saate çıkarılması durumunda sertlik değerleri artmaktadır.



Şekil 2. Borlanmış numunelerde sertlik dağılımı

Sertlik ölçüm sonuçları incelendiğinde dikkati çeken bir diğer nokta dekarbürizasyon işleminin yüzeydeki borür tabakası geçiş bölgesinin kalınlığını arttırdığıdır. Borlama öncesi malzemenin yüzey ve yüzeye yakın bölgesinde karbon yoğunluğunun azaltılmış olması, bor atomu yayılımını kolaylaştırmakta ancak sertlikte efektif artışın gözlenebilmesi için bor atomu yoğunluğunun belirli bir değere ulaşmasını geciktirmektedir, bu yüzden Şekil 3 de 3 saat süreyle borlanmış parçanın yüzeyinde sertlik kısmen daha düşük değerler almaktadır. Ancak 5

saat borlanma süresi sertlikte artışa neden olmaktadır. Şekil-2 ve 3'de görülen her iki grup deney parçalarına ait sertliğin yüzeyden uzaklıkla değişimini veren eğrilerin ortak bir özelliği, borür tabakasından matrix bölgesine geçişte sertliğin matrix sertliğinin de altına düşmesidir. Geçiş bölgesinin borür oluşturamayacak derece düşük yoğunlukta bor atomu içermesine rağmen, burada katı eriyik sertleşmesinin etkin olarak kendini göstermesi beklenir. Ancak söz konusu farklılığın çeliğin silisyum miktarı ile ilgili olduğu düşünülmektedir [7-9]. Borlanmış çelikler üzerinde yapılan çalışmalardan bor atomu yayılımı sırasında silisyum atomlarının içeriye, matrixe doğru ötelenerek borür tabakası önünde biriktiği ve ferrit yapıcı özelliğinden dolayı, geçiş bölgesinde ferrit miktarı artmakta ve bunun sonucunda sertliğin belirgin olarak azalmasına yol açmaktadır [8,9]. İşlem süresiyle sözü edilen mekanizmanın etkinliği artmakta ve bunun sonucu olarak geçiş bölgesinde sertlikteki düşüş miktarı daha belirgin hale gelmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Dekarbürizasyon işlemine takiben borlanmış numunelerde sertlik dağılımı

Tablo-2'de borür tabaka kalınlığı, borür tabakası sertliği ve dekarbürizasyon işleminin borlama özelliklerine olan etkisi toplu olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi borür tabakası kalınlığı ve sertliğinde artış sağlanabilmesi için 5 saatlik işlem süresi daha uygun olduğu gözlenmiştir.

IV. TARTIŞMA

AISI H13 çeliğinin yukarıda incelenen borlama davranışından başlıca şu sonuçlar çıkartılabilir :

1. AISI H13 çeliğinin borlanması durumunda yüzeyde 2000 kg/mm²'yi aşan sertlikler elde edilebilmektedir.

2. Borlama işlemi öncesi çeliğe uygulanacak olan dekarbürize işleminin borür tabakasının kalınlığı ve sertliği üzerine faydalı etkisi ancak uzun süreli borlama işlemleri sonunda beklenmelidir
3. Silisyumlu çeliklerde borlama sonrası geçiş bölgesinde sertlik düşüşü görülmektedir. Bu nedenle, yüksek basma yükleri altında geçiş bölgesinde çökme sonucu kırılmalar meydana gelebileceğinden, bu çeliklerin borlanarak kullanılması tavsiye edilmez.

Tablo 2 Uygulanan ısıtma işlem ve elde edilen borür tabakası özellikleri

İşlem	Sadece borlanmış ¹		Dekarbürize ² işlemine takiben borlanmış	
	3 saat	5 saat	3 saat	5 saat
Borür tabakası kalınlığı (µm)	22,9 ±0,8	27,8 ±0,8	42,3 ±1,2	49,3 ±1,6
Borür tabakası Sertliği (kg/mm ²)	1850	2020	1750	2255
Dekarbürize işleminin borlama davranışına etkisi				
Borür Tabakası Sertliğindeki Artış (%)		Borür Tabakası kalınlığındaki artış (%)		
3 saat	5 saat	3 saat	5 saat	
- 5	12	85	77	

¹ 900°C'de 5 saat borlanmış, ² 900°C'de 4 saat dekarbürize edilmiş

KAYNAKLAR

- [1]T.S. Eyre, "Friction and wear control in industry, Surface Engineering, V.7, 1991, 143.
- [2]A.K. Sinha, Boriding (Boronizing), J.Heat Treating, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1991, 437.
- [3]K.G. Budinski, "The wear of diffusion treated surfaces" Wear, 162-164, 1993, 757.
- [4]İ.Ozbek and C. Bindal, "Mechanical properties of boronized AISI W4 steel", Surf. Coat. Technol., 154,1, 2002, 14 .
- [5]A.H. Üçisik, C. Bindal, Fracture toughness of boride formed on low-alloy steels, Surface and coatings technology, 1997, 561
- [6]E.Melendez, I.Campos., E.Rocha, M.A. Barron, "Structural and strength characterization of steels subjected to boriding thermichemical proces", Mat.Sci.Eng. A234-236, 900.
- [7]F.Karakullukçu, "Dekarbürize işleminin AISI H13 çeliğinin borlanma davranışına etkisi", SAÜ Fen Bil. Ens. Haziran 2002
- [8]Chicco, B., Borbidge W.E., Summerville, "Engineering the subsurface of borided AISI H13 steel", Surface Engineering, 14,1, 1998, 25.
- [9]Geouriot, P. Fillet, R., Theivenot F. ve diğ. "The influence of alloying element additions on the boriding of steels", Mater. Sci. Eng. 55, 1982,9-19.
- [10]G. W. Hanau, Durferrit " Borieren-ein Verfahren zur erzeugung harter oberflächen bei extremer verschleißbeanspruchung" Technische Mitteilungen (Firma katoloğu)