



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Ostenitleme Sıcaklığının Bor Alaşımli 30MnB5 Çeliğinin Sertlik ve Tokluk Özelliklerine Etkisi

 Candan ŞEN ELKOCA^{a,*}

^a *Alaplı Meslek Yüksekokulu, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, TÜRKİYE*

* *candan.selkoca@beun.edu.tr*

DOI: 10.29130/dubited.837324

ÖZET

Bu çalışmada, bor alaşımli 30MnB5 çeliğinin farklı ostenitleme koşulları sonrasındaki sertlik ve tokluk özellikleri incelenmiştir. Çalışmada farklı sıcaklıklarda ostenitleme işlemine tabi tutulan Charpy çentikli test numuneleri su verme işlemi ile sertleştirilmiş ve ardından 200 °C’de menevişlenmiştir. Menevişlenen numuneler üzerinde sertlik ölçümleri yapılmış ve darbe testleri gerçekleştirilmiştir. Darbe testi sonrasında kırılan numunelerin kırık yüzeyleri taramalı elektron mikroskopunda incelenmiş ve metalografik yöntemle hazırlanan numunelerin mikroyapıları optik mikroskopta incelenmiştir. Elde edilen verilere dayanarak optimum sertlik ve tokluk özelliğini veren ostenitleme koşulu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bor alaşımli çelik, 30MnB5, Isıl işlem, Su verme, Menevişleme*

The Effect of Austenitizing Temperature on the Hardness and Toughness Properties of Boron Alloyed 30MnB5 Steel

ABSTRACT

In this study, the effect of austenitizing temperature on the hardness and toughness properties of 30MnB5 boron alloyed steel after quenching and tempering processes was investigated. In the study, the prepared Charpy notched test specimens, which were subjected to austenitization process at various temperatures, were hardened by quenching and then tempered at 200 °C. Hardness measurements and impact tests were carried out on the tempered samples. After the impact test, the fractured surfaces of the broken samples were examined through scanning electron microscope and the microstructures of the samples prepared by the metallographic method were examined under optical microscope. Based on the data obtained, the austenitizing condition that gives optimum hardness and toughness was determined.

Keywords: *Boron-alloyed steel, 30MnB5, Heat treatment, Quenching, Tempering*

I. GİRİŞ

Borlu çelikler yüksek mukavemet yanında yüksek sertlik ve yüksek aşınma dayanımına sahip alaşımlı çeliklerdir. Kolay işlenebilir olmaları ve uygulanan ısıl işlemler sonrasında çok iyi mekanik özellikler sergilemeleri bu tip çeliklerin en önemli özelliklerindedir. Bor elementi bu tür çeliklerde sertleşebilirliği büyük oranda arttırmaktadır [1]. Yüksek sıcaklıklarda ostenit tane sınırlarında oluşan bor segregasyonu tane sınırlarındaki ara yüzey enerjisini azaltmaktadır. Bu durum özellikle ostenitleme işleminin ardından soğuma sırasında ferrit ve perlitin çekirdeklenmesini geciktirmekte ve böylece hızlı soğuma esnasında martenzitik yapı oluşumuna imkan sağlamaktadır.

Bor alaşımlı çelikler hızlı bir şekilde soğutulduğunda tane içinde kalan bor sertleşebilirlik üzerinde büyük bir etki yaratır. Ancak yüksek karbon oranlarında bor bu etkisini kaybetmektedir. Bu yüzden genellikle karbon oranı % 0,10 ile % 0,45 arasında tutulmaktadır. Bor elementi düşük karbonlu, düşük alaşımlı çeliklere genellikle (%0,0005 - %0,007) civarında ilave edilir. Çok düşük miktardaki ilavesinin önemli mukavemet artışları sağlaması sebebiyle, B elementi Cr ve Mo gibi bazı pahalı alaşım elementlerin yerini almıştır [2]. Bor elementinin farklı çeliklerin mekanik özellikleri üzerinde yarattığı etki son yıllarda büyük ilgi kazanmıştır [3]-[7]. Bor, 20MnB5, 27MnB5, 30MnB5, 38MnB5, 27MnCrB5 ve 33MnCrB5 gibi çeliklerle geniş bir kullanım alanı yaratmıştır. Bu kapsamda bor alaşımlı 30 MnB5 çeliği, otomotiv endüstrisinden tarım alet ve makinelerine kadar geniş bir yelpazede kendine kullanım alanı bulmaktadır.

Bor alaşımlı çeliklerin mikroyapıları ve mekanik özellikleri uygulanan ısıl işlemlerle büyük oranda iyileştirilebilmektedir. Yapılan çalışmalara göre, ferritik - perlitik bir mikroyapıya ve 700 MPa çekme mukavemetine sahip bor alaşımlı bir 30MnB5 çeliğinin su verme sonrasında çekme mukavemetinin yaklaşık 1.700 MPa çıktığı görülmüştür [8].

Aşınma direnci esas olarak sertlik ve mikroyapı gibi parametrelerle ilişkilidir. Aşınma direncini arttırmak için temel yaklaşım, mümkün olduğunca sertliğin yükseltilmesidir. Ancak, sertlikteki önemli bir artış, genellikle malzemenin kırılabilirliğinin artmasına yol açmakta, dolayısıyla malzemenin kullanım performansını etkilemektedir. Tu ve arkadaşları [9], aynı sertlikte, alt beynitten oluşan bir mikroyapının yalnızca menevişlenmiş martensite göre daha yüksek bir tokluğa ve süneklığe sahip olduğunu bildirmiştir. Toprağı işleyen aletlerde kullanılan malzemeler, aşınmaya karşı koyacak kadar sert olurken, aynı zamanda darbe ve çarpımlara karşı koyacak kadar da sağlam olmalıdır [10]. Bu nedenle yüksek aşınmaya maruz kalan pulluk malzemesinin tokluğu ve sertliği, çalışma koşullarını karşılamak için optimize edilmelidir. Uygun bir çözüm, sertlik ile malzemenin tokluğu arasında bir değiş tokuş gerektirir (tokluk lehine sertlikten bir miktar ödün verme).

Yukarıdaki açıklamalara göre, tarımsal uygulamalarda kullanılan bor alaşımlı 30MnB5 çeliğinin sertlik ve aşınma gibi mekanik özellikleri dışında tokluğunun da geliştirilmesi gereklidir. Bu çalışmada farklı ostenitleme sıcaklıklarının sertlik yanında tokluk üzerindeki etkisi de araştırılmış ve en iyi sertlik - tokluk kombinasyonunu verecek ostenitleme sıcaklığı belirlenmeye çalışılmıştır.

II. MALZEME VE METOD

Çalışmada 5 mm kalınlığındaki sıcak haddelenmiş 30MnB5 bor alaşımlı çelik sac malzeme kullanılmıştır. Malzemenin spektral analiz sonucunda elde edilen kimyasal kompozisyonu Tablo 1'deki gibi olup, çelik içerisindeki B miktarının % 0,0029 oranında olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem öncesinde (sıcak haddelenmiş durumda) çelik sacın mekanik özellikleri ise Tablo 2'deki gibidir.

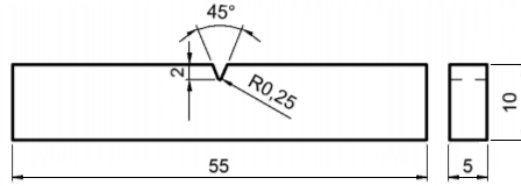
Tablo 1. Kimyasal bileşim (% ağırlık olarak)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	B	N
0,293	0,278	1,277	0,0115	0,0032	0,145	0,036	0,0029	0,0058

Tablo 2. Malzemenin sıcak haddelenmiş durumdaki mekanik özellikleri

Akma mukavemeti (kg/mm ²)	Çekme mukavemeti (kg/mm ²)	Uzama (%)	Sertlik (HRB)	Darbe direnci (J)
44,2	68,0	21	89	4,2

ASTM A370 standardına göre, normal altı boyutlarda (Şekil 1) hazırlanan çentikli darbe test numuneleri elektrikli bir mufla fırınında 50 °C'lik artışla 750 - 1000 °C sıcaklık aralığında 30 dak. süre ile ostenitlenmiş ve hemen ardından oda sıcaklığında su içeren bir tanka daldırılarak su verilmiştir. Su verilen numuneler daha sonra aynı mufla fırınında bu kez 200 °C'de 2 saat menevişleme işlemine tabi tutulmuştur. Isıl işlem görmüş olan numunelerin HRC sertlikleri Zwick ZHU 250 cihazında ölçülmüş ve çentikli darbe testleri Zwick HIT 450P cihazında oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Darbe testi sonrasında kırık yüzeyleri Jeol JSM 5600 taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Ayrıca, sıcak haddelenmiş (ısıl işlem görmemiş) ve ısıl işlem görmüş numunelerden çıkarılan numuneler optik mikroskop incelemeleri için metalografik olarak hazırlanmıştır. Bu amaçla bakalite gömülen numuneler, sırasıyla 180 - 240 - 320 - 400 - 600 - 1000 grid'lik SiC zımpara kağıtlarıyla zımparalanmış, ardından yine sırasıyla 3 ve 1 µm elmas süspansiyonlarıyla parlatılmıştır. Mikroyapı detaylarının ortaya çıkarılabilmesi için parlatılan numuneler 15 s. süre ile %3'lük Nital çözeltisi ile dağlanmış ve hemen ardından su ile durulanıp, sıcak hava akımında kurutulmuştur. Optik mikroskop (OM) incelemeleri Nikon Epiphot 200 ışık mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan Charpy çentikli darbe test numunelerinin boyutları

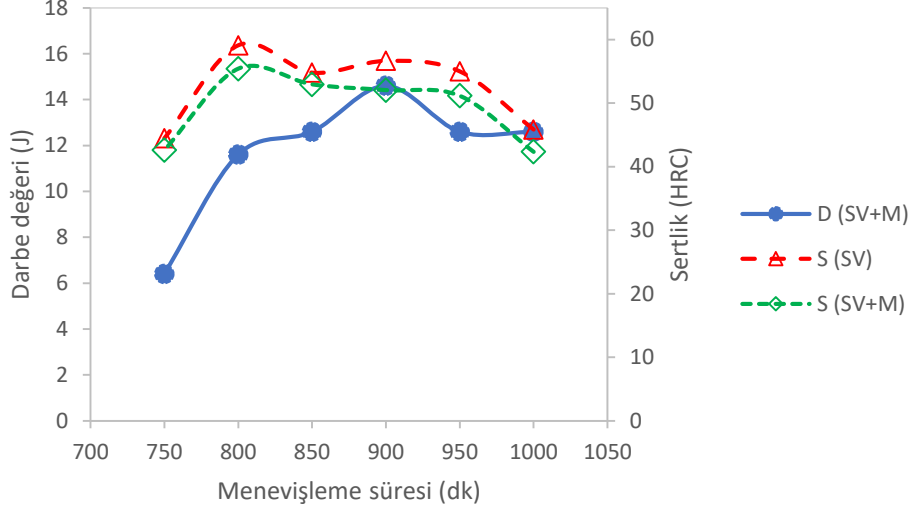
III. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Sıcak haddelenmiş durumdaki 30MnB5 çeliğinin optik mikroskop görüntüsü Şekil 2'deki gibi olup, ferrit ve perlitten oluşan mikroyapı haddeleme doğrultusunda uzamıştır.



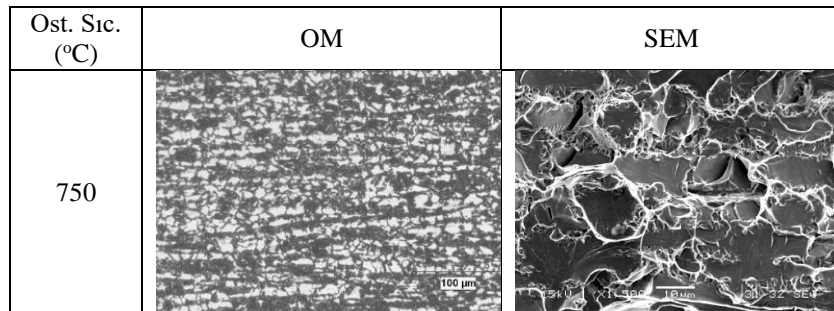
Şekil 2. Sıcak haddelenmiş 30MnB5 çeliğinin mikroyapısı

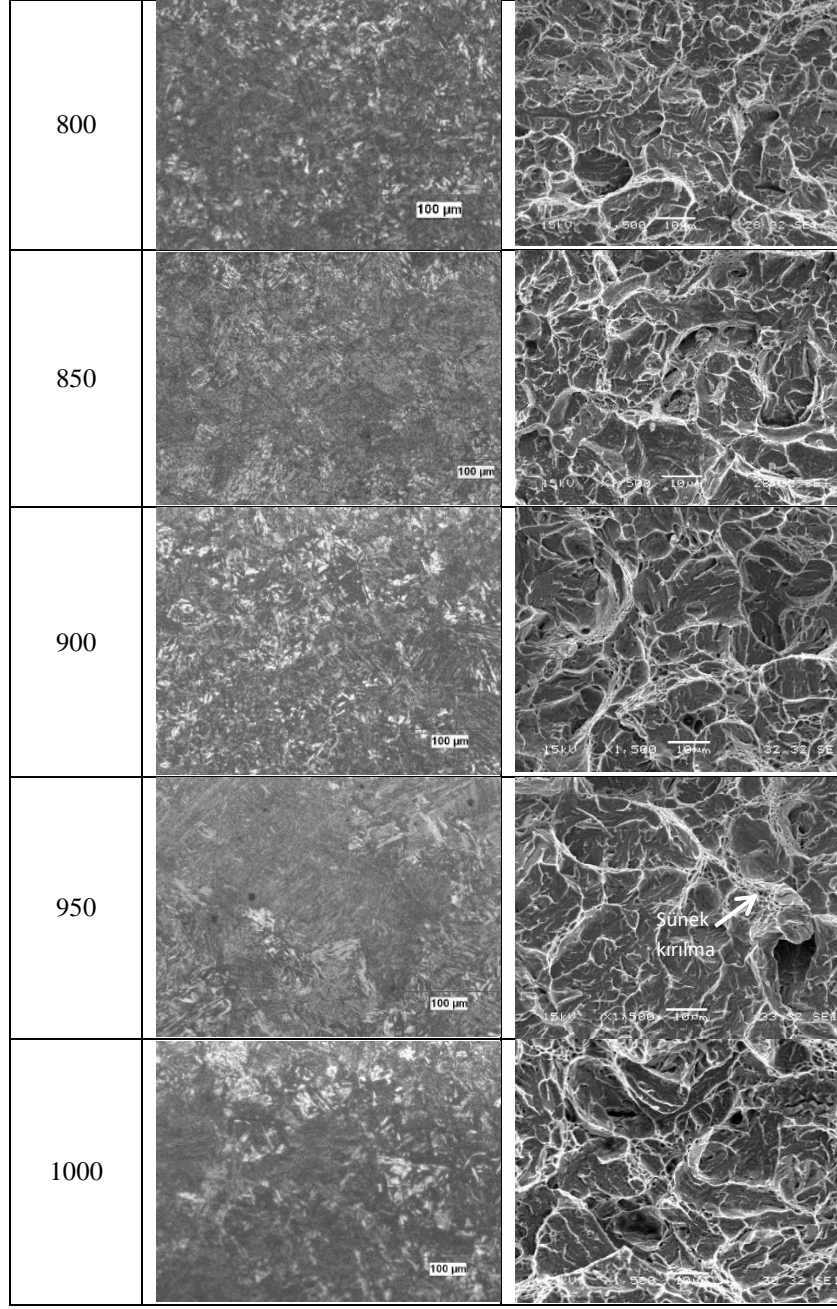
Isıl işlemler (SV: Su verme ve M: Menevişleme) sonrasında numunelerin çentikli darbe test sonuçları (D) ve sertlikleri (S) Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'e göre, 900 °C'ye kadar artan ostenitleme sıcaklığı ile tokluk değerinde önce bir artış, ardından bir düşme gözlenirken, 800 °C'ye kadar artan sertliğin bu sıcaklığın üzerindeki ostenitleme işlemleri sonrasında genel olarak bir düşme eğilimi sergilediği görülmüştür.



Şekil 3. Isıl işlemler sonrasında numunelerin çentikli darbe test sonuçları ve sertlikleri

Isıl işlemler sonrasında ortaya çıkan mikroyapılar ve darbe testleri sonrasında kırılan yüzeylerin kırık yüzey görüntüleri Şekil 4'teki gibidir. 750 °C'deki kırık yüzeyi gevrek çatlama (klivaj) ve sünek ayrılma yüzeylerinden oluşurken, 750 °C'nin üzerindeki işlemler su verilmiş ve menevişlenmiş malzemelere özgü gevrek benzeri (quasi-klivaj) ayrılma yüzeyleri oluşturmuştur. Su verme ile sertleştirilmiş numuneler arasında en yüksek kırılma enerjisi 900 °C'de ısıtılan numunede elde edilmiştir. Burada sıcaklık artışıyla malzemenin tokluğunda da artış görülmüştür. Ancak 900 °C'den sonra darbe enerjisi tekrar düşmektedir. 900 °C'ye kadar olan ostenitleme işlemleriyle toklukta gözlenen artış, bu sıcaklıklarda önceki ostenit tane sınırlarında ortaya çıkan ferrit oluşumlarıyla açıklanabilir. Kırık yüzeylerinin SEM görüntüsü önceki ostenit tane sınırlarında oluşan ferritin sünek bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Kim ve arkadaşlarına [11] göre, önceki ostenit tane sınırları arasında oluşan ferrit, çatlakların yayılmasına bir engel oluşturmaktadır ve tane sınırlarında film benzeri karbürlerin oluşumuna engel olmaktadır. Buna göre, tane içerisinde ilerleyen çatlaklar yumuşak bir fazla, yani taneler arası ferrit ile karşılaşır, yayılmaları gecikecektir. 900 °C'nin üzerindeki ostenitleme işlemleri sonrasında tokluğun düşmesi ise artan ostenitleme sıcaklığına bağlı olarak artan ostenit tane boyutuyla açıklanabilir. Ostenit tane boyutundaki artış, tane sınır alanını azaltır. Tane sınırı alanındaki azalma, sınırdaki toplam bor konsantrasyonunu arttırmaktadır. Bu ise yüksek ostenitleme sıcaklıklarında daha fazla bir borkarbür çökmesi demektir. Suski ve Oliveira'nın [12] belirttiği gibi artan ostenitleme sıcaklığı ile ostenit tane boyutu artmakta, bu ise akma noktasındaki düşme eğilimi ile birlikte sertlik düşüşüne de yol açmaktadır.





Şekil 4. Isıl işlemler sonrasında OM ile gözlenen mikroyapılar ve darbe testi sonrasında SEM ile görüntülenen kırılma yüzeyleri

Borkarbür ($Fe_{23}(C,B)_6$) çökmesi, ostenitleme sıcaklığının yükselmesiyle artmaktadır. Bu artış, daha önce belirtildiği gibi, ostenit tane sınırlarındaki bor konsantrasyonunun artışıyla ilişkilidir. Borun bu bölgelerdeki denge dışı segregasyonu çeliğin sertleşebilirliğini de azaltmaktadır. Borkarbürün neden olduğu sertleşebilirlikteki azalmanın, mikroyapıdaki beynit yüzdesini de arttırdığı ifade edilmektedir. Borkarbürlerin bu sıcaklıklarda çökmesi su verme sonrasında meydana gelmektedir, yani çöktüler önce çözünmekte, ardından soğutma sırasında çökmekte ve sonrasında planlanan menevişleme sıcaklığına ulaşıldığında kabalaşmaktadırlar [12]. Bu durum 900 °C'den su verme sonrasında nispeten yüksek olan sertliğin menevişleme işlemi sonrasında neden diğer sıcaklıklardan daha çok düştüğünü açıklamaktadır.

IV. SONUC

Bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Mikroyapı fotoğrafları incelendiğinde, su verme ve menevişleme işlemleri sonucunda yapıda menevişlenmiş martenzit oluşumları gözlenmiştir.
- En yüksek sertlik değeri 800 °C'de, en yüksek tokluk ise 900 °C'de ostenitlenmiş numunelerde elde edilmiştir.
- Aşınmaya dayanıklı bor alaşımlı 30MnB5 malzemeden üretilecek bir parçanın aynı zamanda kullanım yerindeki darbelere karşı dirençli olması isteniyorsa, 850 °C'de gerçekleştirilecek bir ostenitleme işleminin istenilen optimum özellikleri sağlayacağı görülmektedir.

V. KAYNAKLAR

- [1] I. Mejía, A. Bedolla Jacuinde, C. Maldonado and J.M. Cabrera, "Hot Ductility Behaviour of A Low Carbon Advanced High Strength Steel (AHSS) Microalloyed with Boron," *Materials Science and Engineering A*, vol. 528, no. 13-14, pp. 4468-4474, 2011.
- [2] A. Terzic, M. Calcagnotto, S. Guk, T. Schulz and R. Kawalla, "Influence of Boron on Transformation Behavior During Continuous Cooling of Low Alloyed Steels," *Materials Science & Engineering A*, vol. 584, pp. 32-40, 2013.
- [3] T. I. Titova, N. A. Shulgan and I. Yu Malykhina, "Effect of Boron Microalloying on the Structure and Hardenability of Building Steel," *Metal Science and Heat Treatment*, vol. 49, no. 1-2, pp. 39-44, 2007.
- [4] K. S. Chandravathia, K. Laha, N. Shinyab and M. D. Mathewa, "Effects of Boron and Cerium on Creep Rupture Properties of Modified 9Cr-1Mo Steel and its Weld Joint," *Procedia Engineering*, vol. 55, pp. 433-437, 2013.
- [5] Z. P. Luo and C. Y. Sun, "Effect of the Interfacial Bonding Status on the Tensile Fracture Characteristics of a Boron-Fiber-Reinforced Aluminum Composite," *Materials Characterization*, vol. 50, no.1, pp. 51-58, 1999.
- [6] W. Chen, C. J. Boehlert, E. A. Payzant and J. Y. Howe, "The Effect of Processing on the 455 °C Tensile and Fatigue Behavior of Boron-Modified Ti-6Al-4V," *International Journal of Fatigue*, vol. 32, no. 3, pp. 627-638, 2010.
- [7] W. Chen and C. J. Boehlert, "The 455 °C Tensile and Fatigue Behavior of Boron-Modified Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.1Si (Wt.%)", *International Journal of Fatigue*, vol. 32, no. 5, pp. 799-807, 2010.
- [8] H. Güler, R. Ertan and R. Özcan, "Characteristics of 30MnB5 Boron Steel at Elevated Temperatures," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 578, pp. 417-421, 2013.
- [9] M.-Y. Tu, C. A. Hsu, W. H. Wang, and Y. F. Hsu, "Comparison of Microstructure and Mechanical Behavior of Lower Bainite and Tempered Martensite in JIS SK5 Steel," *Materials Chem. and Physics*, vol. 107, no. 2-3, pp. 418-425, 2008.
- [10] A. G. Foley, P. J. Lawton, A. W. Barker and V. A. Mclees, "The Use of Alumina Ceramic to Reduce Wear of Soil-engaging Components," *J. Agric. Eng. Res.*, vol. 30, pp. 37-46, 1984.

[11] J. S. Kim, K.-T. Park, D. Lee and C. S. Lee, "Effect of Intergranular Ferrite on Hydrogen Delayed Fracture Resistance of High Strength Boron-added Steel," *ISIJ International*, vol. 47, no. 6, pp. 913-919, 2007.

[12] C. A. Suski and C. A. S. de Oliveira, "Effect of Austenitization Temperature on the Precipitation of Carbides in Quenched Low Carbon Boron Steel," *Metallography Microstructure and Analysis*, vol. 2, no. 2, pp. 79-87, 2013.