

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/332627648>

Investigation of Microstructure and Hardness after Normalization Heat Treatment Applied to Hardox-400 Steel

Poster · December 2017

CITATIONS

0

READS

35

4 authors, including:



Saban Bulbul

Necmettin Erbakan Üniversitesi

26 PUBLICATIONS 64 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Hakan Gökmeşe

Necmettin Erbakan Üniversitesi

38 PUBLICATIONS 60 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Article [View project](#)



Konya Necmettin Erbakan University SRP [View project](#)



International Advanced Researches & Engineering Congress-2017
http://iarec.osmaniye.edu.tr/
Osmaniye/TURKEY
16-18 November 2017

Investigation of Microstructure and Hardness after Normalization Heat Treatment Applied to Hardox-400 Steel

Şaban BÜLBÜL^{1*}, Hakan GÖKMEŞE², Hüseyin ARIKAN³ and Onur GÖK⁴

^{1,3} Necmettin Erbakan University, Seydişehir Ahmet Cengiz Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Konya, 42370, Turkey

² Necmettin Erbakan University, Seydişehir Ahmet Cengiz Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya, 42370, Turkey

⁴ Necmettin Erbakan University, Seydişehir Vocational High School, Department of Mechanical and Metal, Konya, 42370, Turkey

* Corresponding author. Tel.: +90 543 505 37 83, Fax.: +90 332 582 04 50, E-mail address: sabanbulbul42@hotmail.com

Abstract

In this study, microstructural transformations before and after heat treatment of Hardox 400 sheet material and effects on material hardness depending on applied heat treatment were investigated. In this context, the commercially available Hardox 400 sheet material was transformed into small samples for use in experimental work. Heat-treated material in the furnace atmosphere for 2 hours at 800 °C was cooled in air. After the general metallographic studies applied to the samples, it was determined that the hardness of the samples decreased with the normalization heat treatment. In terms of specimen microstructure characterization, the transformation of a homogeneous fine grained microstructure as well as a coarse grain and irregular structure of microstructural formation after heat treatment were observed. Especially, the predictable material hardness with fine grained homogenized internal structure could be earned these steel materials with high hardness and wear resistance under applied the normalization heat treatment.

Keywords: Heat Treatment, Normalization Heat Treatment, Hardox 400, Mechanical Properties.

Hardox-400 Çeliğine Uygulanan Normalizasyon Isıl İşlemi Sonrası Mikroyapı ve Sertlik Değişimin İncelenmesi

Özet

Bu çalışmada Hardox 400 sac malzemesinin ısıtılma işlem öncesi ve sonrası mikro yapısal dönüşümleri ve uygulanan ısıtılma işlemiyle malzeme sertliği üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda ticari olarak temin edilen Hardox 400 sac malzemesi deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere küçük numuneler haline getirilmiştir. 800 °C de 2 saat fırın atmosferinde tutulan numuneler daha sonra havada soğutulmuştur. Numunelere uygulanan genel metalografi çalışmaları sonrası, normalizasyon ısıtılma işlemi ile birlikte numunelerin sertliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Numune mikroyapı karakterizasyonu bakımından ısıtılma işlem sonrası mikro yapısal oluşumun iri taneli ve düzensiz bir yapının aksine homojen ince taneli bir içyapının dönüşümü gözlemlenmiştir. Özellikle yüksek sertlik ve aşınma direnci ile ön planda olan bu tarzdaki çelik malzemelerin uygulanan normalizasyon ısıtılma işlemi altında, ince taneli homojenize bir içyapı ile öngörülebilir malzeme sertliği kazandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isıl İşlem, Normalizasyon Isıl işlemi, Hardox-400, Mekanik Özellikler.

1. Giriş

Gelişen teknolojiyle birlikte her alanda yeni ara ürünler ortaya çıkmaktadır [1,2]. Örneğin metal sektöründe metal alaşımlarının, gördükleri ısıtılma işlemi göre sınıflandırmak

yerine markalaştırma yapılmaktadır. Bunlardan biri de Türkiye’de oldukça yaygın olarak kullanılan Hardox çeliğidir. Hardox’un Türkiye’de yaygın bir kullanım alanı bulması hitap ettiği pazarın büyüklüğünden

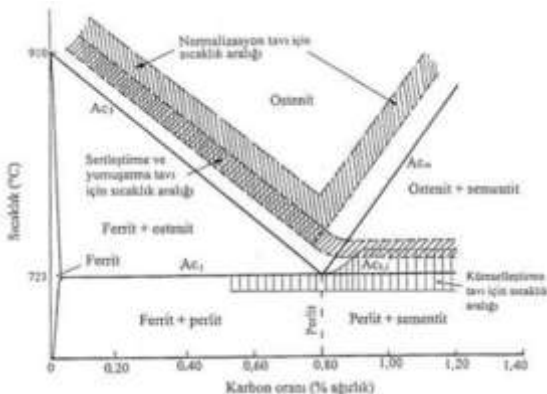
kaynaklanmaktadır. Hardox, taş ve maden taşıma gibi ağır işler yapan kamyonların kasası, kırıcı-delici-yükleyici gibi iş makinesi parçaları, maden araçları, kırıcı ekipmanlar ve çöp kamyonunu içeren pazara yanıt vermektedir. Çünkü bu araçların en büyük sıkıntıları darbe, iç gerilme, yorulma, sürtünme ve korozyonla oluşan malzeme kayıplarıdır. Piyasa çelikleri kullanılarak yapılan bu tür parçalar kısa sürede malzeme kayıplarına ya da deformasyonlarına bağlı olarak bakım maliyetlerine sebep olmakta veya atıl duruma gelmektedir. Özellikle sürtünmeye bağlı aşınmalar ağır vasıtalar ve iş makinelerinde kendini daha kolay belli etmektedir. Hareket halindeki yüzeylerde abrasif aşınma denilen bir aşınma meydana gelir. Özellikle mineral, madencilik ve taşıma endüstrilerinde karşılaşılan bir durumdur. Bunu aşmanın en iyi yolu standart gövde üzerine dayanıklı malzemelerden ikinci bir kat kaplama yapmak gerekir. Fakat bu durum stabil ve bakım maliyetinin fazla olmasına yol açar bu yüzden parçanın Hardox'tan üretilmesinin daha uygun olacağı düşünülür [3-7].

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte çeliklerin yaygın kullanımı ve buna bağlı olarak mekanik ve metalografik özelliklerinin iyileştirilmesinde, çeliğe uygulanan ısıtma işlemleri giderek önem kazanmaktadır [8].

Isıl İşlem, katı haldeki metal veya alaşımlara belirli özellikler kazandırmak amacıyla bir veya daha çok sayıda, yerine göre birbiri peşine zamanlanarak uygulanan ısıtma ve soğutma işlemleridir [9].

Çeliklere ısıtma işlemi yapılmasının başlıca amaçları, talaşlı işlenebilirlik özelliğinin iyileştirilmesi, dayanımın artırılması veya azaltılması, soğuk şekil vermenin etkisinin yok edilmesi, mikrosegregasyon'un giderilmesi, tane büyüklüğünün değiştirilmesi, iç gerilmelerin azaltılması, belirli bir iç yapının elde edilmesi şeklinde özetlenebilir.

Özellikle çeliklerde uygulanan Normalizasyon tavlama işlemi genelde tane küçültmek, homojen bir iç yapı elde etmek ve çoğunlukla mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla ötektoid altı çelikleri Ac₃ ve ötektoid üstü çelikleri Ac_m dönüşüm sıcaklıklarının yaklaşık olarak 40-50 °C üstündeki sıcaklıklara kadar ısıtıp, tavlandıktan sonra fırın dışında soğutma işlemidir. Normalizasyon sonrası mikroyapı ince ve orta perlidir. Şekil 1'de çeliğin karbon oranına göre normalizasyon tavlama sıcaklık aralığı verilmiştir.



uygulanmıştır. Deney numunelerinin dağlama işlemi, %2 Nital asit çözeltisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Deneysel Sonuçlar

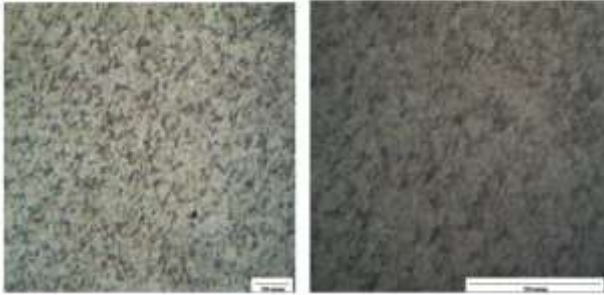
Bu çalışmada, normalizasyon ısı işlemi öncesi ve sonrasında malzeme mikroyapı ve sertliğinin belirlenmesi açısından kullanılan Hardox 400 çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Hardox 400 çelik kimyasal bileşimi.

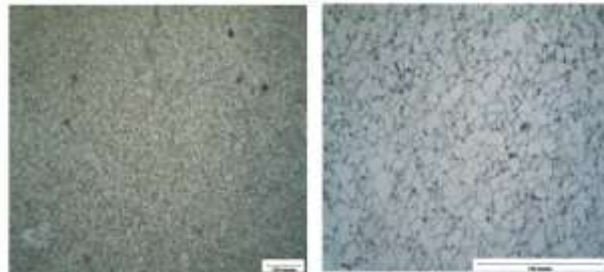
Elementler	% C	% Si	% Mn	% P	% S
Hardox-400	0.17	0.20	0.20	0.03	0.03

Deney numunesine uygulanan Spektral analiz sonucu elde edilen kimyasal bileşim sonucuna göre de malzemenin karbon miktarının % 0.194 oranında olduğu tespit edilmiştir. Bu durum Hardox 400 çelik malzemesinin düşük karbonlu çelik sınıflandırmasına dahil olduğunu göstermektedir.

Hardox 400 çeliğine uygulanan normalizasyon ısı işlemi öncesi elde edilen mikroyapı görüntüleri Şekil 3’de, ısı işlem sonrası elde edilen mikroyapı görüntüleri ise Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 3. Isıl işlem öncesi Hardox400 çeliğinin mikro yapısı (10x-40x).



Şekil 4. Isıl işlem sonrası Hardox400 çeliğinin mikro yapısı (10x-40x).

Şekil 3’deki ısı işlem öncesi Hardox 400 çelik malzemesinin mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, mikroyapı genelinde ferrit-perlit yapısının ön planda olduğu görülmektedir. Şekil 4’te ise normalizasyon ısı işlemi sonrası Hardox 400 çelik malzemesinde özellikle havada

soğuma sonrası, ötektoid dışı ferrit ve bu yapının çevrelemiş olduğu perlitik yapının oluşumu belirlenmiştir. Normalizasyon ısı işlemi sonrası aynı zamanda tanelerin incelmış ve mikroyapısal homojenliğin arttığı bir içyapı oluşumu tespit edilmiştir. Hardox 400 çelik malzemesinde, normalizasyon ısı işleminin malzeme mekanik özellikleri açısından özellikle sertlik üzerine olan etkisi Tablo 2 ve Şekil 4’ de gösterilmiştir.

Tablo 2. Hardox 400 çelik malzemesinin normalizasyon ısı işlemi öncesi ve sonrası sertlik değişimleri

Numune	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama
Isıl İşlem Öncesi	236,5 HV	224 HV	218,5 HV	226,3 HV
Isıl İşlem Sonrası	90 HV	91 HV	98 HV	93 HV

Hardox 400 çelik malzemesinin normalizasyon ısı işlemi öncesi ve sonrası sertlik test sonuçları incelendiğinde (Tablo 2), normalizasyon ısı işlem sonrası malzeme sertliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Normalizasyon ısı işlem öncesi yapılan sertlik deney sonuçlarında, malzemenin sertlik değeri 226,33 HV iken ısı işlem sonrasında bu değer 93 HV gibi bir değere düşmüştür. Yaklaşık olarak sertlikte % 60 gibi bir azalma meydana geldiği görülmüştür. Bu durumda normalizasyon ısı işlemi ile malzeme iç gerginliklerin azalması ve malzeme mikroyapısal homojenliğinin getirdiği içyapının oluşumu etkili olabilmektedir. Dolayısıyla yüksek sertlik ve aşınma direnci ile ön planda duran bu tarzdaki çelik malzemelerin, özellikle deformasyon veya malzeme şekillendirme çalışmaları açısından azalan sertlik ve artan süneklik değeri önem kazanmaktadır. Bu tarz malzemeler, aynı zamanda oda sıcaklığında deformasyon çalışmalarının aksine ısı işlem etkisi altında malzemeye kazandırılan yüksek süneklik özelliği ile tercih edilebilen çelik malzeme türleri olarak da yer alabilmektedir.

4. Sonuçlar

Hardox 400 çelik malzemesinin, uygulanan normalizasyon ısı işlemine bağlı olarak, malzeme sertliği ve mikroyapısal karakterizasyonu bakımından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Hardox 400 çeliğine uygulanan normalizasyon ısı işlem sonucunda numunelerin ferrit-perlit mikro yapısının homojenliğinde, iri taneli yapının, ince taneli bir içyapıya dönüştüğü belirlenmiştir. Hardox 400 çeliğine uygulanan sertlik testi sonrası ısı işlem öncesi sertlik test sonucu 220,25 HV iken ısı işlem sonrasında bu değer 91,75 HV’ ye düşmüştür. Uygulanan ısı işlem sonrası sertlik değerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu durum malzemenin şekillendirilebilir kabiliyetini artırdığı yönünde etkili olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

1. Özdemir, M., Gökmeşe, H., Dilipak, H., Yılmaz, V. and Arıkan, H., *Effect on mechanical properties and micro structure behavior of S235JR sheet material of applied heat treatments*. in IISS 15: Turkey, Karabük. 2015. p 781-784.
2. Gökmeşe, H. and Özdemir, M., *The effect of heat treatment on the formability behavior of hardox-500 sheet material*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji, 2016. 4(4): p 343-349.
3. Dudzinski, W., Konat, L. and Pękalski, G., *Structural and strength characteristics of wear-resistant martensitic steels*. Archives of Foundry Engineering, 8: p 21-26.
4. Zdravecka, E., Tkacova, J. and Ondac, M., *Effect of microstructure factors on abrasion resistance of high-strength steels*. Res. Agr. Eng., 2014. 60(3): p 115–120.
5. Adamiak, M., Gorka J. and Kik T., *Comparison of abrasion resistance of selected constructional materials*. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2009. 37(2): p 375-380.
6. Uzunali, U.Y., and Cuvalci, H., *The effects of post weld heat treatment on the mechanical properties of tempered martensite and high strength steel welded joints*. in ASEM15: Korea, Incheon. 2015. p 25-29.
7. Ulewicz, R., Novy, F., Mazur, M. and Szataniak, P., *Fatigue properties of the HSLA steel in high and ultra-high cycle region*. Production Engineering Archives, 2014. 4(3): p 18-21.
8. Özdemir, M., Gökmeşe, H., Dilipak, H., Yılmaz, V. and Gören, H., *Effect on mechanical properties and micro structure behavior of S235JR sheet material of applied heat treatments*. in IISS 15: Turkey, Karabük. 2015. p 740-744.
9. Maa, X.P., Wang L.J., Qin B., Liu, C.M. and Subramanian, S.V., *Effect of N on microstructure and mechanical properties of 16Cr5Ni1Mo martensitic stainless steel*. Materials and Design, 2012. 34: p 74–81.
10. Beckhoff. [cited 2017 25 August]; Available from: https://www.google.com.tr/search?biw=1280&bih=660&tbm=isch&q=normalizasyon+tav%C4%B1+diyagram%C4%B1&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwj1k6WurjVAhVMXBoKHeY2BBsQvwUIISgA#imgsrc=2nbVqH_Hn1LuSM: