Düzce Üniversitesi
Bilim ve Teknoloji Dergisi

Yüksek Alaşımlı Beyaz Dökme Demirde Titanyum Katkısının Mikroyapı ve Sertlik Üzerine Etkisi

Funda Gül KOÇ [a,*], Mustafa ÇÖL [b]

[a,b] *Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE*
** Sorumlu yazarın e-posta adresi: funda.demircan@kocaeli.edu.tr*

ÖZET

Yüksek alaşımlı beyaz dökme demir malzemeler yüksek aşınma dayanımından dolayı çimento, beton ve madencilik sektörlerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu çalışmada, yüksek alaşımlı beyaz dökme demir malzemelerde titanyum katkısının mikroyapı ve sertlik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, döküm malzemeler % 0.5, % 1 % 1.5 ve % 2 oranlarında titanyum içerecek şekilde indüksiyon ocağında ergitilerek alaşımlandırılmış ve metal kalıba dökülerek şekillendirilmiştir. Farklı oranlarda titanyum içeren numunelere 850 ˚C' de 5 saat süreyle tavlama yapılarak havada sertleştirilmiş ve devamında 250 ˚C' de 4 saat süreyle temperleme işlemi uygulanmıştır. Döküm konumundaki ve ısıl işlem uygulanmış numunelerde ışık mikroskobu ve elektron mikroskobu (SEM) ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Mikroyapı incelemelerinde titanyumun karbür morfolojisi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Isıl işlem sonrası malzeme sertliğinin döküm konumuna göre belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür. En yüksek sertlik değerinin %1 Ti içeren numunelerde elde edildiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Dökme Demir, Titanyum, Isıl İşlem, Mikroyapı, Sertlik*

The Effect of Titanium on Microstructure and Hardness in High Alloy White Cast Iron

ABSTRACT

High alloy white cast iron materials are widely used in cement, concrete and mining industries due to high wear resistance. In this study, the effect of titanium on microstructure and hardness properties in white cast iron materials was investigated. For this purpose, cast materials were alloyed by melting at in induction furnace to include titanium with the rates of % 0, % 0.5, % 0.1, % 1.5, % 2 and were formed by casting into the metal mould. Specimens with different contents of titanium were applied hardening on air after heat treatment at 850 ˚C for 5 hours and tempered at 250 ˚C for 4 hours. Microstructure of cast and heat treated specimens were investigated by using light microscope and scanning electron microscope (SEM). In the microstructure investigations, it was observed that titanium has a significant effect on carbide morphology. It was seen that the

Geliş: 14/12/2017, Düzeltme: 12/02/2018, Kabul: 22/02/2018

hardness of the material with heat treatment increases significantly according to the casting condition. Also it was observed that highest hardness values were obtained with the specimens that include %1 Ti.

Keywords: *Cast Iron, Titanium, Heat Treatment, Microstructure, Hardness*

I. GİRİŞ

Yüksek alaşımlı beyaz dökme demir malzemeler yüksek aşınma dayanımından dolayı çimento, beton ve madencilik sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemelerin aşınma dayanımlarını geliştirmek amacıyla karbür yapıcı vanadyum, tungsten, titanyum, bor ve niyobyum gibi alaşım elementleri ile alaşımlama işlemleri yapılabilmektedir [1-5]. Aşınma dayanımı sadece matris yapısına bağlı değil aynı zamanda yapıdaki karbürlerin tipi, boyutları ve dağılımları ile de doğrudan ilişkilidir [5-8]. Beyaz dökme demir malzemelerde aşınma direncinin yanısıra tokluk ve mukavemet özelliklerinin geliştirilmesi yapıda daha ince, küçük boyutlu ve olabildiğince homojen dağılımlı karbür yapılarının elde edilmesi ile mümkün olabilmektedir. Ayrıca silisyum ve bor gibi bazı alaşım elementleri matris/karbür arayüzeyine segrege olarak ötektik karbürlerin modifiye edilerek mekanik özelliklerin geliştirilmesine katkıda bulunurlar [5,9,10].

Titanyum güçlü bir karbür yapıcı elementtir. TiC katılaşma sırasında yüksek sıcaklıklarda oluşur. Bu nedenle Ti içeren döküm konumundaki dökme demir malzemelerde katılaşma sırasında oluşmuş primer yapıda TiC partikülleri gözlemlenebilir. Yüksek mukavemet ve aşınma direnci için katılaşma sonrasında malzemelere ısıl işlem uygulanarak ince sert TiC çökeltileri ile güçlendirilmiş matris fazının oluşması arzulanır. Yüksek titanyum oranlarında bu durumun sağlanması biraz daha zor olabilmektedir Yüksek titanyum içeren dökme demir malzemelerde oluşan TiC partikülleri aglomere olarak mikroyapıda heterojen bir dağılım sergileyebilmektedir [9-12].

Bu çalışmada, titanyumun yüksek alaşımlı beyaz dökme demir malzemelerin mikroyapı ve sertlik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla mikroyapı incelemeleri ve sertlik ölçümleri farklı titanyum oranlarına sahip döküm ve ısıl işlem uygulanmış konumdaki malzemeler için uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

II. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada kullanılan yüksek alaşımlı beyaz dökme demir malzemeler % 0, % 0.5, % 1 % 1.5 ve % 2 oranlarında titanyum içerecek şekilde indüksiyon ocağında ergitilerek alaşımlandırılmış ve metal kalıba dökülerek şekillendirilmiştir. Döküm malzemelerin kimyasal kompozisyonları Tablo 1'de verilmiştir.

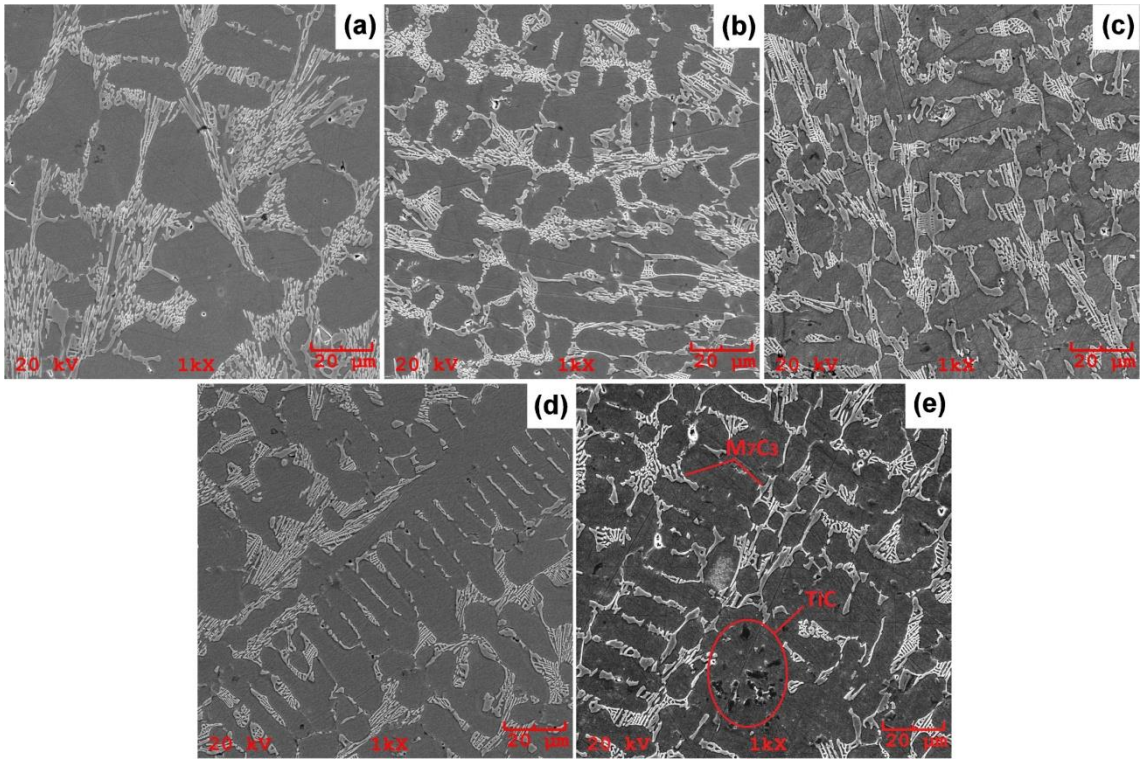
Tablo 1. *Çalışmada kullanılan dökme demir malzemelerin kimyasal kompozisyonları (ağ.%)*

Numuneler	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti
A	2.12	0.84	0.74	0.06	0.01	10.6	8.84	0.82	-

B	2.48	0.72	0.79	0.09	0.05	9.46	6.93	0.77	0.62
C	2.60	0.88	0.79	0.07	0.04	9.68	5.62	0.68	1.16
D	2.16	0.55	0.84	0.07	0.03	9.92	6.52	0.73	1.54
E	2.12	0.58	0.95	0.06	0.05	10.2	6.91	0.83	2.12

Çalışma kapsamında farklı titanyum oranlarda titanyum içeren döküm parçalardan alınan numuneler 850 ˚C'de 5 saat tavlama ısıl işlemi sonrası havada soğumaya bırakılmış ve devamında numunelere 250 ˚C'de 4 saat temperleme ısıl işlemi uygulanmıştır. Döküm ve ısıl işlem uygulanmış konumdaki numuneler metalografik olarak hazırlanmış olup, mikroyapı incelemesi ve sertlik testine tabi tutulmuştur. Mikroyapı incelemeleri amacıyla numuneler Beraha II (800 ml H_2O, 400 ml HCl, 48 g NH_4HF_2, 1g $K_2O_7S_2$) çözeltisiyle 30 saniye süre ile dağlanmıştır. Mikroyapı incelemeleri EDX ataçmanlı Jeol JSM 6060 marka tarama elektron mikroskobu (SEM) ile gerçekleştirilmiştir.

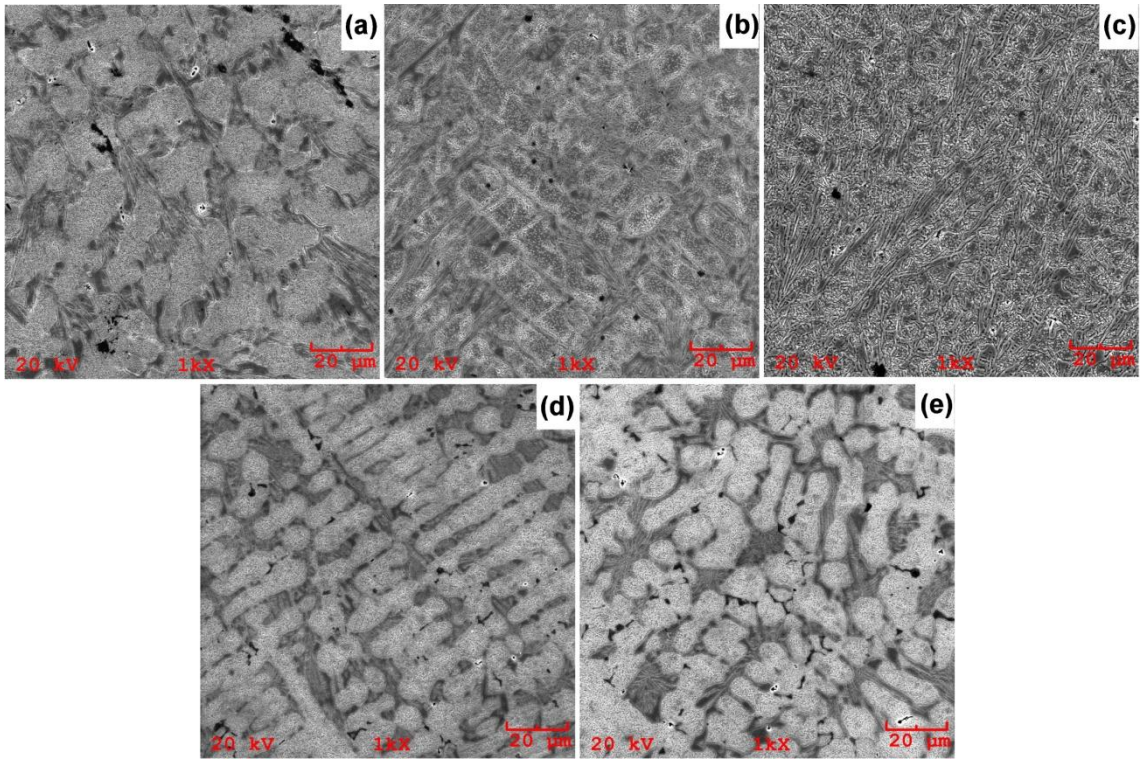
Şekil 1'de titanyumsuz ve farklı titanyum oranlarına sahip numunelerin döküm sonrası dağlanmış konumda SEM görüntüleri verilmiştir. Titanyumsuz ve farklı oranlarda titanyum içeren numunelerde mikroyapıda $(Fe, Cr)_7C_3$ tipi sert karbürlerin var olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek Ti oranlarında TiC partikülleri aglomere olarak mikroyapıda heterojen bir yapı oluşumuna neden olabilmektedir [10,12]. Şekil 1.e'de verilen %2 oranında Ti içeren numunenin SEM görüntüsünde de agglomere olmuş TiC partikülleri görülmektedir.



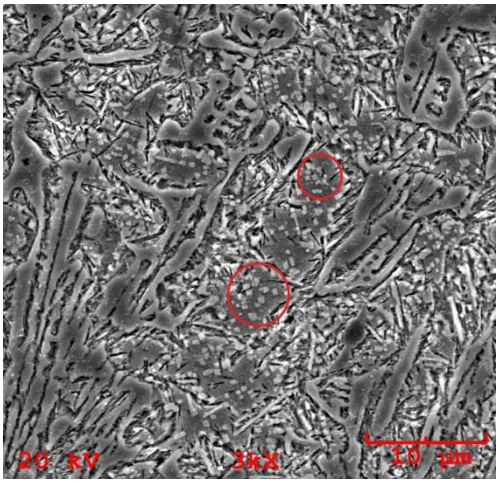
Şekil 1. *Döküm numunelerinin SEM görüntüleri* ***a)*** *0 Ti* ***b)*** *0.5 Ti* ***c)*** *1 Ti B* ***d)*** *1.5 Ti* ***e)*** *2 Ti*

Şekil 2'de 250 ˚C'de 4 saat temperleme işlemi uygulanmış numunelerin dağlanmış konumda SEM görüntüleri verilmiştir. Tüm numunelerde matris yapısının martenzit olduğu ve yapıda döküm konumundakine benzer şekilde sert $(Fe, Cr)_7C_3$ tipi karbürlerin bulunduğu görülmektedir. Titanyum içeren numunelerde matris içerisinde ikincil çökeltilerin de olduğu görülmektedir. Şekil 3'de verilen

%1 oranında Ti içeren numunenin yüksek büyütmedeki SEM görüntüsünde matris içerindeki bu ikincil çökeltiler açıkça görülebilmektedir.

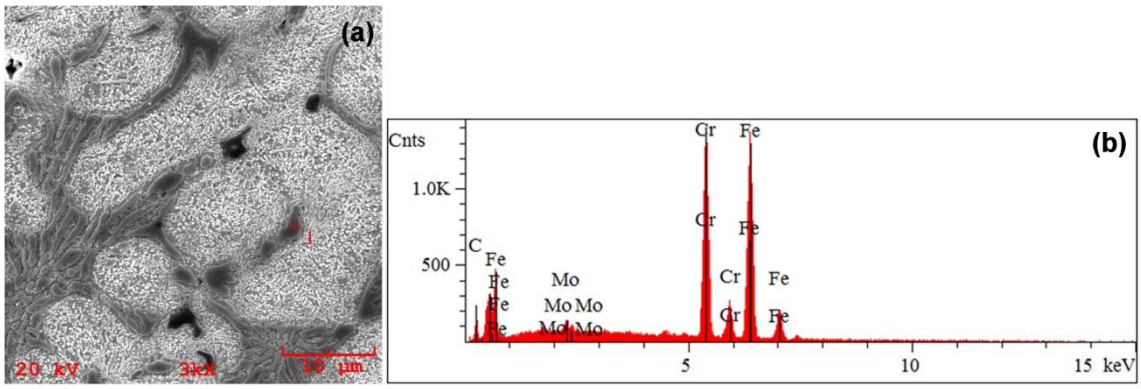


Şekil 2. *250 ˚C'de 4 saat temperlenmiş numunelerin SEM görüntüleri*
a) *0 Ti* ***b)*** *0.5 Ti* ***c)*** *1 Ti B* ***d)*** *1.5 Ti* ***e)*** *2 Ti*

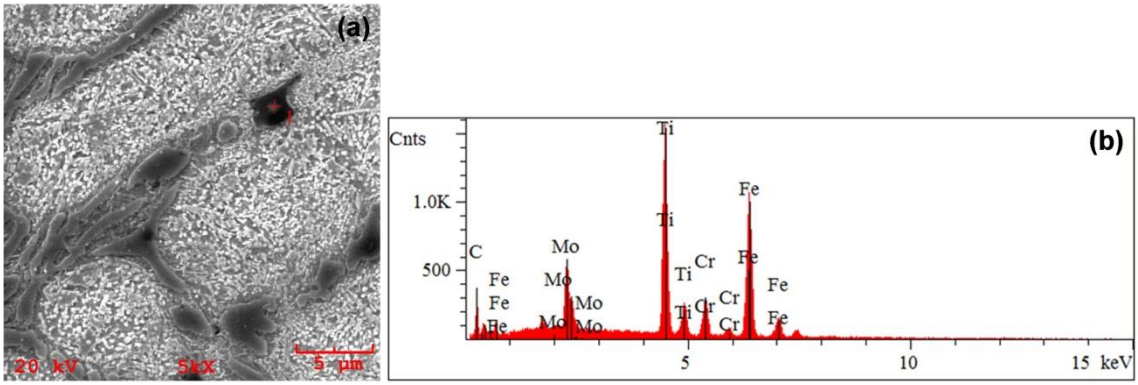


Şekil 3. *%1 Ti içeren temperlenmiş numunenin yüksek büyütmedeki SEM görüntüsü*

Mikroyapı incelemelerinde gözlemlenen karbürlerin kimyasal kompozisyonlarını belirlemek amacıyla 250 ˚C'de 4 saat temperlenmiş %2 Ti oranına sahip numunelerde SEM'de EDX analizi yapılmıştır. Şekil 4'te verilen EDX analizinde mikroyapıda gözlemlenen iri karbürlerin yoğun olarak kromca zengin $(Fe, Cr)_7C_3$-M_7C_3 tipi sert karbürler olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5'te verilen EDX analizinde Ti içeren numunelerde mikroyapıda koyu renkte gözlemlenen karbürlerin TiC olduğu da belirlenmiştir.

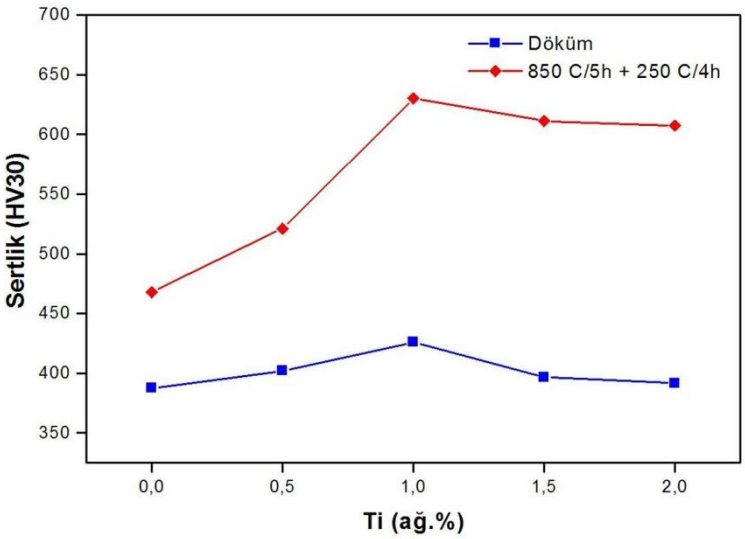


Şekil 4. *%2 Titanyum içeren temperlenmiş numunenin EDX analizi*
a) SEM görüntüsü, b) 1 nolu spot analizi



Şekil 5. *%2 Titanyum içeren temperlenmiş numunede koyu renkli karbürlerin EDX analizi*
a) SEM görüntüsü, b) 1 nolu spot analizi

Döküm ve ısıl işlem uygulanmış konumdaki numunelerde, artan titanyum oranına bağlı olarak sertlikte meydana gelen değişimi incelemek amacıyla Future Tech marka sertlik cihazında 10 saniye süre ile 30 kg yük altında sertlik testleri yapılmıştır. Şekil 6'da döküm konumu ve 250 ˚C'de 4 saat temperlenmiş numunelere ait sertlik değerleri verilmiştir. Bütün Ti oranları için ısıl işlem sonrası malzeme sertliğinin döküm konumuna göre belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Temperlenmiş konumda malzeme sertliğinin %1 titanyum oranına kadar Ti oranı arttıkça artış gösterdiği, titanyum oranının %1'in üzerine çıkmasıyla malzeme sertliğinde çok az miktarda azalma ile birlikte belirgin bir değişimin olmadığı görülmektedir. Her iki konumda da Ti oranına bağlı olarak meydana gelen sertlik değişiminin birbirine paralellik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 6. *Döküm ve temperlenmiş konumdaki numunelerde Ti oranına bağlı sertlik değişimi*

III. SONUÇ

- Mikroyapı incelemelerinde ısıl işlem uygulanmış konumdaki numunelerde döküm konumundan farklı olarak matriste ikincil çökeltilerin var olduğu gözlemlenmiştir. Bu ikincil çökeltilerin %1 Ti oranına kadar yapıda küçük boyutlu köşeli yapıda oldukları ancak artan Ti oranı ile birlikte bu karbürlerin daha kaba, köşeli ve koyu renkli bir yapıya sahip oldukları gözlemlenmiştir.

- Literatürde verilen çalışmalara [10-12] benzer şekilde ısıl işlem sonrası matriste oluşan küçük boyutlu TiC'lerin malzemenin sertliğinde artışa neden olduğu görülmüştür. Titanyum oranının %1'in üzerine çıkması ile birlikte oluşan TiC'lerin katılaşma esnasında oluşarak kaba boyutlu primer karbür yapısı sergiledikleri görülmüştür. Bu iri karbürlerin çözünmesi için çalışma kapsamında uygulanan 850 ˚C'deki tavlama ısıl işlemi yeterli gelmemiştir.

- Döküm sonrası elde edilen sertlik değerlerinin malzemenin kullanım sertliğinin altındaki değerlerde olmasının nedeni bu malzemenin kum kalıp yerine metal kalıba dökülmüş olması ve bu nedenle oluşan M_7C_3 tipindeki sert karbürlerin normalden daha ince yapıda oluşması olabilir.

- Bu çalışmanın bir sonraki aşamasında titanyum elementinin yüksek alaşımlı beyaz dökme demir malzemenin aşınma direnci ve tokluk özelliklerine etkisinin incelenmesi planlanmaktadır.

IV. KAYNAKLAR

[1] Y.P. Wang, D.Y. Li, L. Parent and H. Tian, "Improving The Wear Resistance of White Cast Iron Using a New Concept", Wear, vol. 273, pp. 1623-1628, 2011.

[2] K.S. Al-Rubaie and M. Pohl, " Heat Treatment and Two –Body Abrasion of Ni-Hard 4", Wear, vol. 312, pp. 21-28, 2014.

[3] M. Mohammadnezhad, V. Javaheri, M. Shamanian, M. Naseri and M. Bahrami, “Effects of Vanadium Addition on Microstructure, Mechanical Properties and Wear Resistance of Ni-Hard 4 White Cast Iron”, Materials and Design, vol. 49, pp. 888-893, 2013.

[4] C. Scandian, C. Boher, J.D.B. de Mello and F. Rezai-Aria, “Effect of Molybdenum and Chromium Contents in Sliding Wear of High-Chromium White Cast Iron : The Relationship Between Microstructure and Wear”, Wear, vol. 267, pp. 401-408, 2009.

[5] M. Çöl, F.G. Koç, H. Öktem and D. Kır, “The Role of Boron Content in High Alloy White Cast Iron (Ni-Hard 4) on Microstructure, Mechanical Properties and Wear Resistance”, Wear, vol. 348-349, pp. 158-165, 2016.

[6] Y. Lv, Y. Sun, J. Zhao, G. Yu, J. Shen and S. Hu, “Effect of Tungsten on Microstructure and Properties of High Chromium Cast Iron”, Materials and Design, vol. 39, pp. 303-308, 2012.

[7] D. Kır, H. Öktem, F. G. Koç, M. Çöl, “Ötektiküstü Yüksek Kromlu Beyaz Dökme Demirlerde Karbür Morfolojisi Üzerine Tungstenin Etkisi”, 2. Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu, Karabük, Türkiye, 2015, ss. 120-123.

[8] P. La, F. Wei, S. Hu, C. Li and Y. Wei, “White Cast Iron With a Nano-Eutectic Microstructure and High Tensile Strength and Considerable Ductility Prepared by an Aluminothermic Reaction Casting”, Materials Science and Engineering A, vol.561, pp. 317-320, 2013.

[9] K. M. Ibrahim and A. A. Nofal, “Effect of Titanium Addition on Structure and Properties of the As-Cast High Cr-Mo White Iron”, Journal of Materials Research, vol. 103, pp. 362-370, 2012.

[10] A. B. Jacuinde, R. Correa, J. G. Quezada and C. Maldonado, “Effect of Titanium on The As-Cast Microstructure of a 16% Chromium White Iron”, Materials Science and Engineering A, vol. 398, pp. 297-308, 2005.

[11] M. B. Alamdarlo and V. N. Najafabadi, “Investigating The Effect of Titanium Addition on The Microstructure and Mechanical Properties of Ni-Hard 4 Cast Iron”, Journal of Modern Processes in Manufacturing and Production, vol. 5, pp. 17-27, 2016.

[12] X. Wu, J. Xing, H. Fu and X. Zhi, “Effect of Titanium on The Morphology of Primary M_7C_3 Carbides in Hypereutectic High Chromium White Iron”, Materials Science and Engineering A, vol. 457, pp. 180-185, 2007.