

KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERDE AŞILAYICILARIN MİKROYAPI ve MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Abdullah AYDOĞUŞ¹, Mustafa ACARER², Memduh KARA³

¹MRT Döküm Malzemeleri Konya Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Konya Türkiye

³Mersin Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Mersin Türkiye

a_aydogus@windowslive.com, macarer@selcuk.edu.tr, memduhkara@mersin.edu.tr

Özet

Küresel grafitli dökme demirlerin alaşımlarından biri olan EN-GJS 400-15, yüksek darbe direnci, yüksek uzama kabiliyeti olan bir demir karbon alaşımıdır. Diğer küresel grafitli dökme demir çeşitlerine göre üretilebilirliği, maliyet ve üretim yöntemi açısından bakıldığında endüstride kullanımı oldukça yaygındır. Endüstride kullanımda olan farklı kimyasal bileşimlerde aşılama malzemeleri bulunmaktadır. Aşılama malzemelerinin endüstride, miktar ve kullanım yöntemleri farklılık göstermektedir. Bu sebeple bu çalışmada Baryum (Ba), Bizmut (Bi) ve Seryum (Ce) içerikli aşılama malzemelerinin mikro yapısal ve mekanik özelliklere olan etkileri incelenmiştir. Kullanılan aşılama malzemeleri arasında Baryum (Ba) esaslı aşılama malzemesinin Kükürt (S) elementi kimyasal analizine ve mikro yapıya olan etkisi incelenmiştir. Mikroyapı karakterizasyonu optik mikroskop, mekanik özellikler ise sertlik değerleri sonuçları olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küresel grafitli dökme demir, aşılama, EN-GJS 400-15, Baryum (Ba), Bizmut (Bi), Seryum (Ce), Kükürt (S), mikro yapı, mekanik test

EFFECT OF INOCULANTS ON MICROSTRUCTURE and MECHANICAL PROPERTIES IN SPHEROIDAL GRAPHITE CAST IRONS

Abstract

EN-GJS 400-15, one of the alloys of spheroidal graphite cast iron, is a type of iron with its high impact resistance and high elongation properties. Compared with other types of spheroidal graphite cast iron, it has been in widespread use in industry from the point of producibility, cost and production process. Inoculants with various chemical compositions are present for industrial use. Inoculants vary in terms of amount

and usage in industry. For that reason, within the scope of this study, the effects of inoculants with Barium (Ba), Bismuth (Bi) and Cerium (Ce) on microstructural and mechanic properties are investigated. Among the used inoculants, the impact of inoculants containing Barium (Ba) on the chemical analysis of the element Sulfur (S) and microstructure is analyzed. Microstructures are evaluated via optic microscope while mechanic properties are evaluated in terms of hardness.

Keywords: Spheroidal graphite cast iron, Inoculant, EN-GJS 400-15, Barium (Ba), Bismuth (Bi), Cerium (Ce), Sulfur (S), Microstructure, Mechanic test

1. Giriş

Küresel grafitli dökme demir (KGDD), dökümden önce ergiyik demire yeteri miktarda magnezyum vb. elementler (Ce, Ca) gibi küreleştirici ilaveler sonucu karbonun grafit küreleri şeklinde oluştuğu dökme demir türüdür. Küresel grafitli dökme demirler, lamel grafitli dökme demirlere kıyasla başlıca avantajları olan, akışkanlık ve işlenebilirlik özelliklerine sahip olmasının yanı sıra çelik malzemelerin avantajı olan yüksek mukavemet değerleri, süneklik ve tokluk gibi özelliklerine de sahiptir. Bu sebeple endüstride yaygın kullanım alanına sahiptir [1, 2]. KGDD ailesinden EN-GJS 400-15 yüksek darbe direnci ve yüksek % uzama değerlerine sahip olabilen bir metaldir. Bu sebeple özellikle darbe direnci ve sünekliğin ön planda tutulduğu makine elemanları ve otomotiv parçalarında oldukça yaygın bir yere sahiptir [3].

İlave edilmesi gereken Magnezyum alaşım elementi miktarı, sıvı metal içerisinde mevcuttaki Kükürt ve Oksijen elementlerine bağlıdır [4]. Küreselleştirme işlemi sırasında magnezyum elementi sıvı metalle reaksiyona girdiği sırada, oluşan reaksiyon şiddeti ve minimuma indirilmesi gereken Magnezyum kaybı sebebiyle bu işlem için uygun potalarda ve buharlaşmanın minimum olacağı şekilde işleme tabi tutulur. Reaksiyon sonrası kimyasal analiz değerleri olarak % 0,035 - %0,055 değerleri arasında olması gereklidir [5, 6].

Küresel grafitli dökme demirlerde aşılama malzeme kullanım amacı; üretilen parçaların uygun katılaşmasını sağlamak, grafit kürelerinin aşırı büyümesini önlemek ve karbür oluşumunu önlemektir [7]. Bu yolla istenen şekilde küresel grafitler elde edilebilir. Aşılama prosesi çekirdeklenme sayısını ve şeklini düzenleyen işlem de denilebilir [8]. Küresel grafitli dökme demirlerde aşılama etkisi ile nükleon merkezi

sayısı arttırılarak karbonun kısa mesafeye ulaşması için yeterli zaman bulma şansı artacağı için, ince taneli küçük grafitler oluşur, böylelikle küresel grafitli dökme demirde kesit hassasiyeti azalarak grafit oluşumu kontrol altına alınabilir [9].

Üretim metodunda tercih edilecek aşılama boyutu, pratikte uygulama esnasında ilave edilecek sıvı metal miktarına sıcaklığına ve üretilecek olan parçanın geometrisine göre değişkenlik gösterir. Aşılama malzeme ilave edileceği sıvı metal içerisinde hızlı çözünmeli aynı zamanda hızlı oksidasyona uğramamalıdır. Tane boyutu tercihinde bu kriterler ihmal edilmemelidir [10, 11]. Aşılama malzeme prensipte sıvı metal içerisine olabildiğince geç ilave edilmelidir. Aşılama işleminden sonra döküm haline geçilmeli, ısı ve zaman kaybı olmadan ki aksi durumda aşılama malzemenin etkisi kaybolacaktır, dolayısıyla küre şekillerinde bozulmalar ve küre sayılarında azalmalar gözlenecektir [12].

Dökme demirlere ilave edilen aşılama malzemelerin temel elementi Silisyum (Si) ve Demir (Fe) elementidir. Diğer temelde kullanılan elementler; Kalsiyum(Ca), Alüminyum (Al), Baryum (Ba) ve Stronsiyum (Sr), Seryum (Ce) elementlerdir.

2. Materyal ve Metot

Bu araştırma farklı boyutlardaki (5mm-15mm-25mm-35mm-50mm) farklı aşılama malzemelerinin aynı döküm ortamında kullanılması ile elde edilen küresel grafitli dökme demirlerde aşılamanın küreselleşme ve mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir.

Küresel grafitli dökme demir üretiminde istenilen özelliklere ulaşmada küreleştirici kadar kullanılan aşılama malzemesinde büyük önem taşır. Kullanılan aşılama malzemesinin tane boyutu ve dağılımı, içerdiği elementlerin ve ilave miktarı nihai sonucu doğrudan etkilemektedir.

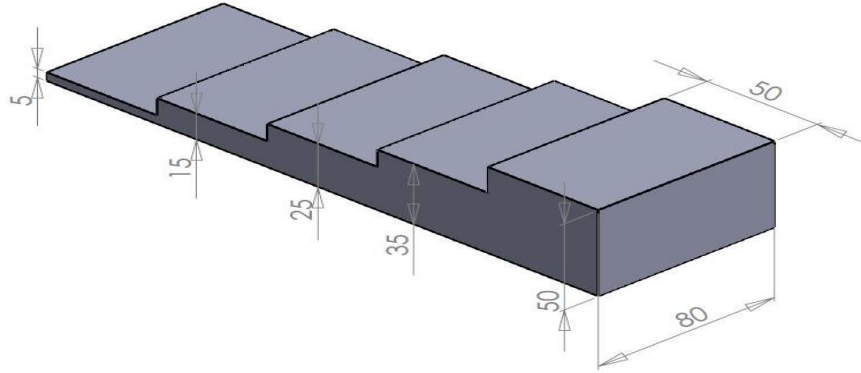
Bu dökümlerden alınan numuneler üzerinde mikro yapı incelemesi, sertlik testi ve çekme testi uygulanmıştır.

Dört farklı aşılama malzemesi kullanılarak yapılan dökümlerde Şekil 1’de gösterilen döküm modeli kullanılmıştır. Model boyutları 80x50 mm, model kalınlıkları 5 mm, 15mm, 25 mm, 35 mm ve 50 mm’dir.

Ergitme işlemleri 2 tonluk inductotherm marka devirmeli indüksiyon ocağında gerçekleştirilmiştir. EN-GJS400-15 kalite malzeme için şarj hazırlanmıştır.

EN-GJS400-15 için şarj hesabı:

- 900 kg Sfero Piki
- 400 kg Çelik Hurda
- 600 kg Döngü Malzemesi
- 16 kg Karbon



Şekil 1. Deneysel döküm numunesi

Ocakta ergitilen sfero piki ve hurda malzemenin kimyasal bileşimleri Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Küreselleştirme işlemi öncesi sıvı metal kimyasal bileşimi ise Tablo 3’deki gibidir.

Tablo 1. Kullanılan sfero pikin kimyasal kompozisyonu

%C	%Si	%Mn	%S	%P
4,11	0,83	0,04	0,030	0,05

Tablo 2. Kullanılan çelik hurda kimyasal kompozisyonu

%C	%Si	%Mn	%S	%P
0,10	0,02	0,22	0,012	0,013

Tablo 3. Küreselleştirme Öncesi Sıvı Metal Kimyasal Kompozisyonu

%C	%Si	%Mn	%S	%P
3,90	1,63	0,11	0,022	0,040

İstenen şarj sıcaklığı 1520-1550°C Heraeus Electro-Nite (Pt 10% Rh/Pt) termokupl kullanılarak ölçülmüştür. %1,25 oranında FeSiMg ile küreleştirme işlemi 1520-1550°C’ de ısıtılmış küreleştirme potasında gerçekleştirilmiştir. 400 kg sıvı metal içerisine 5 kg FeSiMg küreleştirici kullanılmıştır. Kullanılan FeSiMg küreleştirici kimyasal bileşimi Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Kullanılan FeSiMg küreleştirici kimyasal bileşimi

FeSiMg - 2-20 mm	%Si	%Ca	%Mg	%Al	%Tr
	44,40	1,03	6,30	0,62	0,96

Bu çalışmada kullanılan aşılama malzemelerinin tane büyüklükleri ve kullanılan aşılama malzemelerinin kimyasal kompozisyonları Tablo 4’de verilmiştir. Çalışmada aynı zamanda aşılama malzemelerinin kükürt üzerine etkileri de incelenmiştir. Baryum elementi içeren aşılama malzemeler küreselleştirme işlem potasına magnezyum ile birlikte %0,3 oranında, magnezyum örtü aşısı olarak ilave edilmiştir. Inoculant 2. ve Inoculant 4 aşılama malzemeleri ise işlem potasından döküm potalarına aktarım sırasında akıntı aşılama yöntemi ile sıvı metal içerisine %0,2 kullanım oranı ile ilave edilmişlerdir. 400 kg sıvı metal içerisine aynı ergitme ocağından iki farklı küreselleştirme işleminde örtü aşılama malzemeleri olarak kullanılan Inoculant 1 ve Inoculant 3 Baryum esaslı aşılama malzemeleri %0,3 ilave oranı ile 1200 gr tartılıp ilave edilmiştir. Geç aşılama malzemesi olarak kullanılan Inoculant 2 ve Inoculant 4 aşılama malzemeleri ise %0,2 ilave oranı ile 800 gr ilave edilmiştir. Kullanılan aşılama malzemelerinin kimyasal bileşimleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. %0,2 İlave Oranı İle Birlikte Kullanılan Aşılama Malzemeleri

Aşılama Malzemesi	%Si	%Al	%Ca	%Ba	%Ce
Inoculant 1. - 0,7- 3 mm	65,8	1,22	1,31	2,39	
Inoculant 2.- 0,2-0,7 mm	74,3	0,96	1,05		1,77
	%Si	%Al	%Ca	%Ba	%Bi
Inoculant 3. - 0,5-2 mm	65,8	1,03	1,14	9,39	
Inoculant 4. - 0,2-0,5 mm	72,18	0,77	1,26		0,87

Metalografik inceleme için döküm parçalarından numuneler kesilmiştir. Numune kesme işleminde döküm yüzeyinden uzaklaşıp eş aksel bölgeden numuneler kesilerek incelenmiştir. Kesilen parçaların şematik görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Metalografik inceleme için kesilen numunelerin görüntüsü

Sertlik testi uygulaması numunelerin sertliklerinin ölçümünde BMS OBPC marka sertlik ölçme cihazı kullanılmıştır. Numunelere 10 mm çelik uçlu bilye ile 3000 kg yükte Brinell Sertlik testi uygulanmıştır.

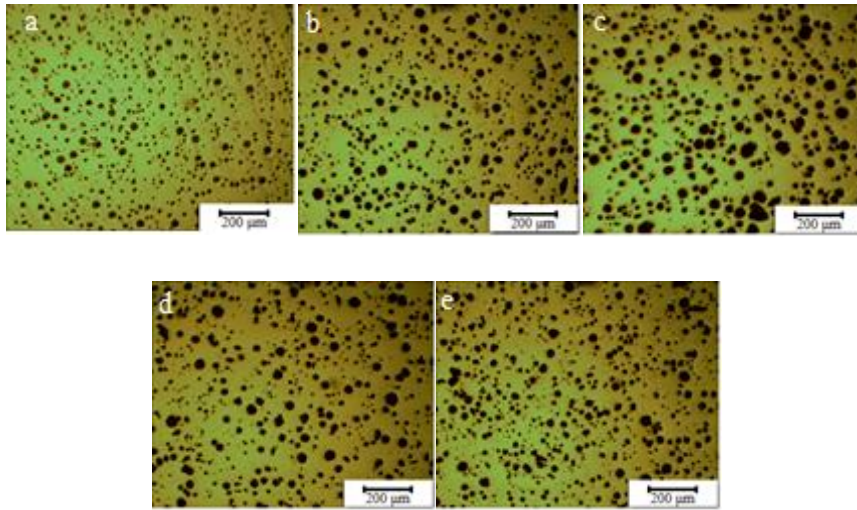
3. Deneysel Sonuçlar

Döküm işlemi farklı aşı türleri için iki çevrimde gerçekleştirilerek, spektral analizlerin ortalama değerleri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Küresel grafitli dökme demirin kimyasal kompozisyonları

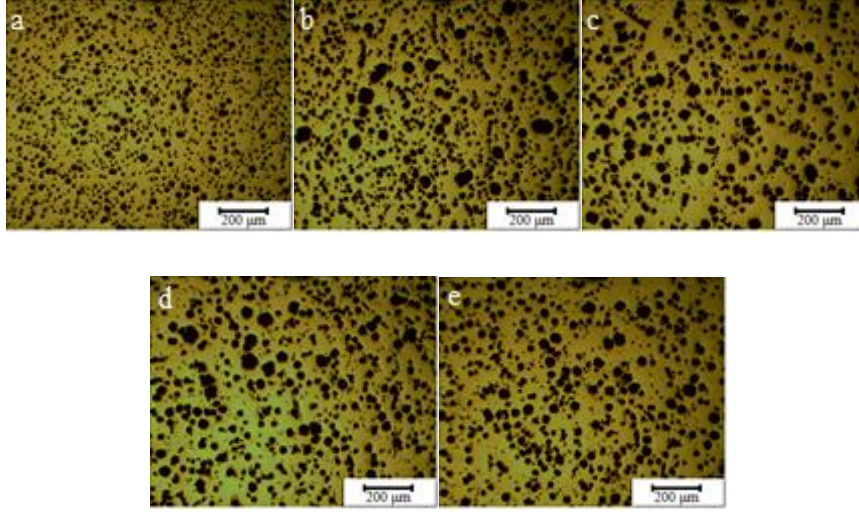
	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Al	%Mg
Inoculant 1 + Inoculant 2	3,56	2,56	0,11	0,04	0,018	0,009	0,048
Inoculant 3 + Inoculant 4	3,55	2,53	0,11	0,04	0,014	0,013	0,051

% 0,2 Inoculant 1 ve Inoculant 2 Aşıl原因ıcıları Kullanılarak Üretilen Küresel Grafitli Dökme Demirlerin farklı kesit kalınlıklarına göre mikroyapıları Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. a.5 mm b. 15 mm c. 25 mm d. 35 mm ve e. 50 mm kalınlığındaki parçanın mikro yapısı

%0,2 Inoculant 3 ve Inoculant 4 Aşıl原因ıcıları Kullanılarak Üretilen Küresel Grafitli Dökme Demirlerin farklı kesit kalınlıklarına göre mikro yapıları Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4. a.5 mm b. 15 mm c. 25 mm d. 35 mm ve e. 50 mm kalınlığındaki parçanın mikro yapısı

Tablo 7’de Brinell sertlik ölçüm ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 7. Sertlik Ölçüm Sonuçları

	15 mm	25 mm	35 mm	50 mm
Inoculant 1	172 HB	168 HB	162 HB	154 HB
Inoculant 2				
Inoculant 3	180 HB	173 HB	166 HB	159 HB
Inoculant 4				

4. Tartışma

Endüstride kullanılmakta olan 4 farklı aşılama malzemenin örtü aşılama ve geç aşılama olarak kullanıma uygunlukları incelenmiştir. Örtü aşılama malzeme olarak kullanılan malzemelerden Baryum (Ba) esaslı aşılama malzemelerinin Kükürt (S) elementine olan etkisi incelenmiştir.

Örtü Aşılama malzemesi olarak kullanılan Inoculant 3 Aşılama malzemesinin Inoculant 1 Aşılama malzemesine kıyasla Kükürt elementinin kimyasal analizdeki % değerini daha fazla düşürdüğü gözlemlenmiştir.

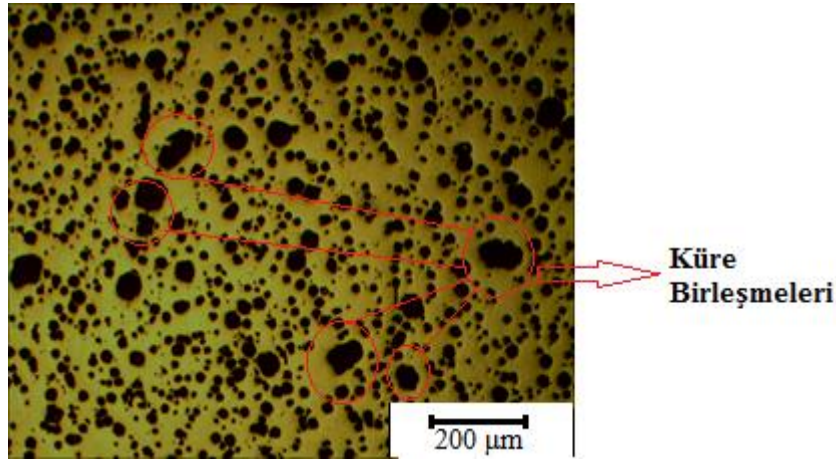
$$- \text{Inoculant 1} - 0,022 - 0,018 = 0,004 \% S$$

- *Inoculant 2 - 0,022 - 0,014 = 0,008 % S*

Sırasıyla yapılan mikro yapı incelemelerinde Kesit Kalınlığı artmasıyla birlikte küre çaplarında artış, küre sayılarında azalma gözlenmiştir. Aynı şekilde çalışmadaki 5 mm kesitte kürelerin diğer kesitlerin tamamına kıyaslar küçüldüğü gözlenmiştir. Küre sayılarındaki azalma ile birlikte tane sayısı azalması da olduğu söylenebilmektedir.

Akıntı aşılama malzeme olarak kullanılan Inoculant 4 ve Inoculant 2 malzemelerin kendi aralarında kıyaslamalarında küre sayıları kıyaslandığında Inoculant 4 kullanılarak üretilen parçalardaki küre sayılarının daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Inoculant 4 ve Inoculant 3 aşılama malzemeleri ile üretilen parçalarda küre birleşmeleri gözlenmiştir. Dolayısıyla kullanım oranlarında diğer iki aşılama malzemeye göre kullanım oranlarının düşürülebileceği sonucuna varılmıştır. Şekil 5’de Küre Birleşmeleri verilmiştir.



Şekil 5. Küre Birleşmeleri

Parçaların sertlik ölçümlerinde 15 mm kesit kalınlığında 50 mm kesit kalınlığına doğru gidildiğinde sertlik değerlerinde düşüş gözlenmiştir.

Inoculant 3 ve Inoculant 4 ile aşılama test numunelerindeki sertlik değerleri Inoculant 1 ve Inoculant 2 ile üretilen test numunelerine göre sertlik değerlerinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Sertlik değerleri incelendiğinde küre sayısındaki artışın numunelerde sertlik değerlerine de etki ettiği gözlenmiştir.

Yapılan çalışmada Inoculant 3 ve Inoculant 4 Aşılama malzemelerinin kullanımı yapılan incelemeler sonucunda daha verimli olduğu gözlenmiştir. Ticari olarak Fiyat/Fayda kıyaslamaları doğrultusunda maliyetler incelenerek iki aşılama malzemesinin aynı

kullanım oranında daha verimli olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre düşün oranda kullanımı ile ticari işletmeler için daha verimli olacağı gözlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Prof. Dr. Mustafa ACARER danışmanlığında Abdullah AYDOĞUŞ'un Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yürütülen "Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Aşılmalıların Mekanik Özellikler Mikroyapı ve Kükürt Üzerine Etkisi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- [1] KARADENİZ E., ÇOLAK M., BARUTÇU F., GGG- 60 Küresel Grafitli Dökme Demirin Aşılmalı Türü ve Miktarının İyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, (2017), 275-282
- [2] OLSEN, S.O., HARTUNG, C., "Recovery of Mg in a Ductile Iron Process", Elkem Foundry Products, Kristiansand, Norway, 2003.
- [3] STEFANESCU, D.M., "ASM Handbook Metals Handbook, Vol.15, Casting", ASM International, Metals Park, pp. 296-307, Ohio, 1988. FREDRIKSSON H., STJERND AHL A., TINOCO J., "On the Solidification of Nodular Cast Iron and its Relation to the Expansion and Contraction", Materials Science and Engineering, A 413–414, 363-372, 2005.
- [4] FREDRIKSSON H., STJERND AHL A., TINOCO J., "On the Solidification of Nodular Cast Iron and its Relation to the Expansion and Contraction", Materials Science and Engineering, A 413–414, 363-372, 2005.
- [5] ECOB, C.M., HARTUNG, C., "An Alternative Route for the Production of Compacted Graphite Irons", ASA, Eklem , Norway, 2004.
- [6] YAZMAN, Ş., "Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Kesme Parametrelerinin İşlemeye Etkilerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [7] METALS HANDBOOK, "Nondestructive Evaluation and QUALITY CONTROL", Sintercast Yayını, 231-236, 2006.

- [8] PEARCE, J., “Dökme Demirlerin Aşılması: Uygulama ve Gelişmeler”, Metal Casting Technologies, 2007.
- [9] HEINE, R.W., “Nodule Count: the Benchmark of Ductile Iron Solidification”, AFS Transactions, 93(84), 879-884, 1993.
- [10] DAWSON, S., HOLLINGER, I., ROBBINS, M., DAETH, J., REUTER, U., SCHULTZ, H., “The Effect of Metallurgical Variables on the Machinability of Compacted Graphite Iron”, Society of Automotive Engineers, Inc., 2001.
- [11] WEBSTER, P.D., “Fundamentals of Foundry Technology”, First Published, Portcullis Press Ltd., s:246-252, 1980.
- [12] SKALAND, T., “Nucleation Mechanisms in Ductile Iron”, Elkem foundry products, Kristiansand, Norway, 2005.