Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Dökümünde Ticari Olarak Kullanılan Farklı Küreleştirici ve Aşılayıcıların Döküm Kalitesine Etkisinin İncelenmesi

[1] Muhterem YILDIZ, *[2] Murat ÇOLAK ve [3] Ramazan KAYIKCI
*[1]Faculty of Technical Education, Department of Metal Education, Sakarya University, Turkey
[2]Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya University, Turkey

Özet

Küresel grafitli dökme demirler (KGDD), ergiyik demire çok küçük miktarda magnezyum, seryum gibi küreleştirici ilaveler ile aşılama işlemi sonucu dökülmüş vaziyette çeliğe benzer bir matris içinde dağılmış küre şekilli grafitlerden oluşan bir yapıya sahiptir. KGDD dökümünde, ergitme süreçleri, küreleştirici ve aşılayıcı element çeşidi ve miktarı döküm yapısında oluşan grafitlerin küreselliğini, kürelerin boyutunu, şeklini, dağılımı ve döküm kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada piyasada ticari olarak bulunan farklı küreleştirici ve aşılayıcı elementler kullanılarak yapılan dökümlerden sertlik ve mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Böylece küreleştirici ve aşılayıcı elementlerin döküm yapısı ve kalitesi üzerinde uygunluğu incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında bir dökümhanenin kendi üretim yöntemine göre en uygun ve ekonomik küreleştirici ve aşılayıcı seçimi optimize edilmiştir. Çalışmada metal ergitme, kuma döküm, metalografi, optik mikroskop, sertlik, mikro yapı görüntüleme ve görüntü analizi teknikleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Küresel grafitli dökme demir, küreleştirici, aşılayıcı

Investigation of the effects of Different Commercial Inoculants on the Quality of Spherodial Graphite Cast Iron Castings

Abstract

Spheroidal graphite irons (SGI) are produced by adding some elements such as Mg or Ce for inoculation of graphites in molten iron which results in sferoidal graphites in a matrix smilar to steel. In casting SG irons, melting processes, spherodizing and inoculating elements have strongs influence on the size and distribution of the graphites. In this study, different innoculants which are commercially available have been used and the resulting microstructures and hardness have been evaluated. According to the results, the innoculation and spherodization additions have been optimized for a commercial iron foundry. During the study, melting, sand casting, metallographic investigations, microstructural characterization with optic microscope, hardness measurement and image analysis methods have been employed.

Key words: Spheroidal graphite cast irons, graphite inoculant

*Corresponding author: Address: Faculty of Technical Education, Department of Metal Education Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mcolak@sakarya.edu.tr, Phone: +902642956511 Fax: +902642956424

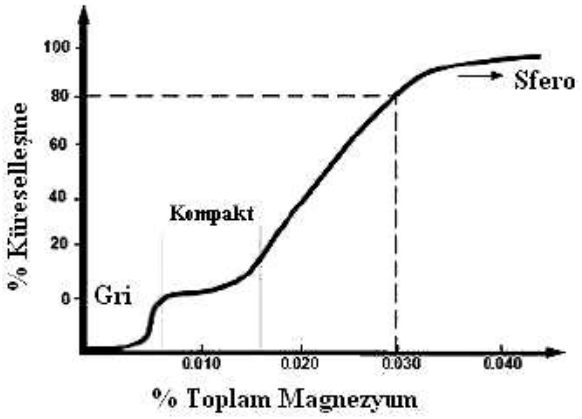
1. GİRİŞ

Grafitli dökme demirlerde karbon miktarının büyük kısmı katılaşma sırasında ayrışır ve dökme demirin mikro yapısında ayrı bir yapı elemanı olarak görülür. Karbonun oluşturduğu şekil ve biçim dökme demirin tipini belirlemekte ve dolayısıyla özelliklerine etki etmektedir. Dökme demir çeşidinin oluşumunu, malzemenin kimyasal kompozisyonu, soğuma hızı, üretim yöntemi, üretimden sonraki ısıl işlem yöntemleri gibi değişkenler belirlemektedir. Dökme demirlerin özelliklerinin oluşumunda, mikro yapılarında meydana gelen fazların büyük etkisi vardır[1-2].

Küresel grafitli dökme demir, dökümden önce ergiyik demire çok küçük miktarda magnezyum veya seryum gibi küreleştirici ilaveler yapılarak aşılama işlemi sonucu karbonun grafit küreleri şeklnde oluştuğu dökme demir türüdür. Küresel grafitli dökme demirler, gri dökme demirlerin başlıca avantajları olan düşük ergime derecesi, iyi akışkanlık ve iyi işlenebilirlik özelliklerine sahip olmasının yanı sıra çeliğin mühendislik açısından avantajı olan yüksek mukavemet, süneklik ve tokluk gibi özelliklere de sahip olmaları dökme demirler grubu içerisinde en çok tercih edilmelerine neden olmaktadır [2, 3].

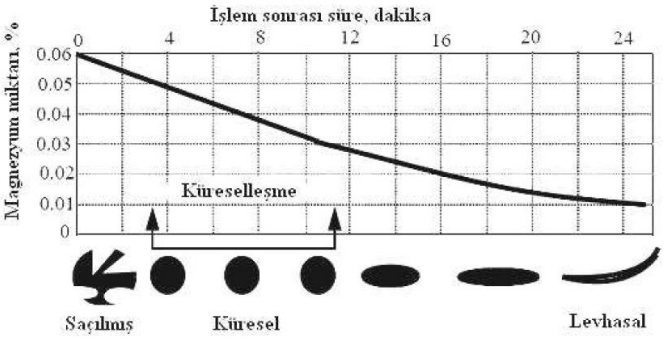
1.1.Küreleştirme İşlemi

Magnezyum, genellikle bir miktar Ca, Ce ve bazı diğer nadir toprak metalleriyle birlikte küreleştirme için en ideal ve ekonomik malzemedir. Küre şekilli grafitleri oluşturmak için gerekli olan magnezyum miktarı, dökme demirin ana bileşimindeki kükürt ve oksijen miktarlarına büyük ölçüde bağlıdır. Bir atmosfer basınçta 650 °C' de ergiyip, 1120 °C'de buharlaşan magnezyumla küreleştirme işlemi sırasında, dökme demir sıcaklığı 1538-1560°C civarındadır. Dolayısıyla sıvı metal ile temas eden magnezyum aniden buharlaşır ve uygun şekilde yapılmadığı takdirde reaksiyon çok şiddetli olabilir. Reaksiyon şiddetini azaltmak ve optimum metalurjik şartları sağlamak için, genellikle magnezyum başka elementlerle alaşımlandırılarak ve buharlaşmanın minimum olacağı şekilde tasarlanmış özel potalarda işleme tabi tutulur. Küreleştirme işleminde Mg elementinin buharlaşması az olduğunda, işlem başarısı artmaktadır. Dolayısıyla bileşimde istenen kalıcı magnezyum oranı % 0,04 ile % 0,05 aralığında kontrol edilmelidir. İhtiyaç duyulan miktarın üzerindeki kalıcı magnezyum miktarı, grafit şekil bozukluklarına neden olur, küre sayısını azaltır [4].



Şekil 1. Magnezyumun küreselleşmeye etkisi[5].

Küresel grafitli dökme demir üretiminde Mg ile küreleştirme işleminin etkisi, oksidasyon ile magnezyumun yanması başta olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olarak zamanla azalmaktadır. Etki kaybının artması ile nihai döküm yapısında oluşan hücre sayısının azalması ve grafit şeklinin bozulması şeklinde sonuçlar ortaya çıkarır. Şekil 2.de magnezyum etkisinin işlem süresi ile değişimi görülmektedir [6].



Şekil 2. Magnezyum etkisinin işlem süresi ile değişimi[6]

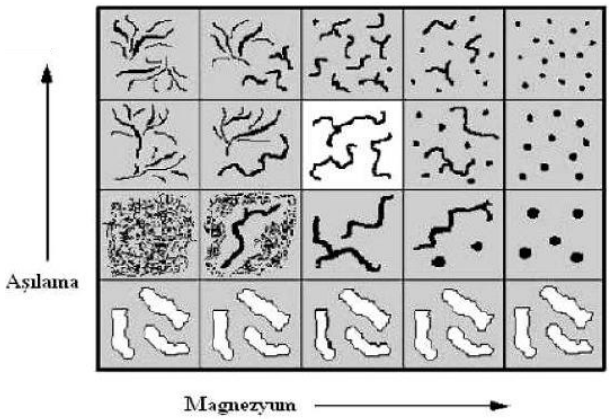
1.2. Aşılama İşlemi

Aşılama sıvı metale, grafit yapısı ve gelişimini sağlamak, karbür oluşumunu azaltarak mekanik özellikleri arttırmak, ötektik yapıyı çoğaltmak, çekirdekleşmeyi sağlayarak grafitin kristalizasyonu ve büyümesini sağlamak, döküm parça kısımları arasında uyum sağlamak için ilave edilmektedir. Dökme demirlerde aşılamanın etkisi ile çekirdek merkezi sayısı arttırılarak karbon atomlarının daha kısa mesafeye ulaşması için yeterli zaman bulma şansı çoğalacağından, ince taneli küçük grafit parçaları oluşur, böylelikle de dökme demirde kesit hassasiyeti azaltılarak grafitin oluşumu kontrol edilmektedir[8]. Aşılayıcının hangi oranda ilave edileceği ise çok sayıda değişkene bağlıdır. Başlıca değişkenleri, sıvı metal bileşimi, döküm sıcaklığı, dökülen parça kalınlığı, kalıp malzemesi, ergitme ortamı ve döküm süresi olarak saymak mümkündür. Şekil 3.de magnezyum ve aşılamanın mikro yapıda yaptığı değişim gösterilmektedir[8].

Aşılama maddesinin boyutu hızlı ergiyecek kadar küçük ve hemen okside olmayacak ve aniden patlama yapmayacak kadar büyük olmalıdır. Bir genelleme olarak iyi bir sonuç almak için mümkün olduğu kadar geç aşılama gerekir, aşılamadan sonra geçen zamanla aşılamanın etkisi kaybolduğu gibi bu zaman ısı kaybına da yol açmakta ve azalan ısı grafit küre sayısını da azaltmaktadır. Ayrıca aşılama sıcaklığı ne kadar yüksek ise aşılama verimi de o kadar düşük olur. Dolayısıyla aşılamanın mümkün olan en düşük sıcaklıkta ve en son anda yapılması en uygun sonucu verir[8].

Küresel grafitli dökme demir üretimindeki, küreleştirme ve aşılama işlemleri ve bu işlemlerin etkileri birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstererek nihai ürün mikro yapısındaki küre oluşumunu doğrudan etkilemektedir. Ayrıca küresel grafitli dökme demirlerde metalurji kalitesinin göstergelerinden biri de küreselliktir. Bunların kontrol altına alınması gerekir ve elde edilen nihai ürünün kalitesi hakkında mikro yapı ve çeşitli testler sonucunda bilgi edinilebilir. Bu sebeple çalışmada piyasada ticari olarak kullanılan farklı küreleştirici ve aşılayıcı elementler

kullanılarak yapılan dökümlerden sertlik ve mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Böylece döküm yapısı ve kalitesi üzerinde aşılayıcı kullanımının etkisi, kullanılan küreleştirici elementlerin uygunluğu denetlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında ticari olarak üretim yapan bir dökümhanenin kendi üretim yöntemine göre en uygun ve ekonomik küreleştirici ve aşılayıcı seçimi yapılması amaçlanmıştır.



Şekil 3. Magnezyum ve aşılamanın mikro yapıda yaptığı değişim[8].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada piyasada ticari olarak üretim yapan bir dökümhanenin kendi üretim yöntemine uygun kalite ve maliyet analizleri doğrultusunda uygun aşılayıcı ve küreleştirici eleman seçimi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Tablo 1.de görülen şartlarda dökümler yapılmıştır. Küreleştirici ve aşılayıcı malzemelerin ticari kullanımı bulunduğundan isim ve içerikleri yazılmadan ucuz ve pahalı olarak kodlanarak verilmiştir.

Tablo 1. Döküm deney şartları.

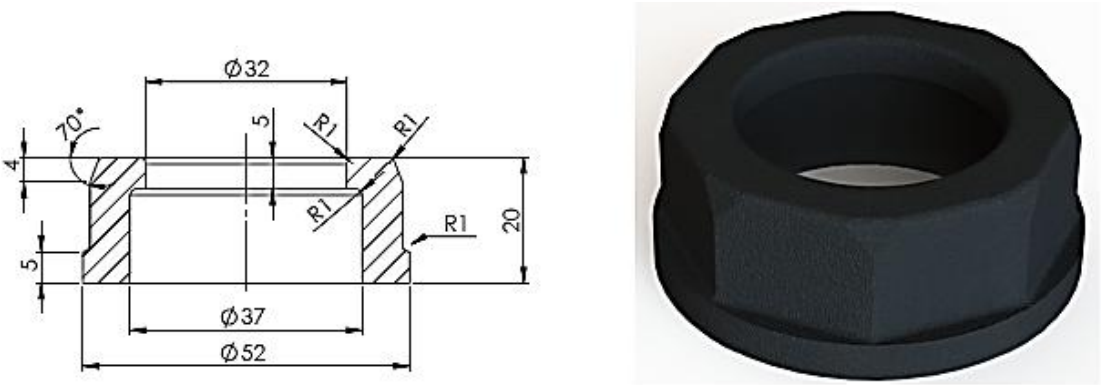
Döküm Deneyi	Küreleştirici	Aşılayıcı
1.Döküm	Pahalı	Pahalı
2.Döküm	Pahalı	Ekonomik
3.Döküm	Ekonomik	Pahalı
4.Döküm	Ekonomik	Ekonomik

Çalışmada küreleştirici ve aşılayıcı eleman ilavelerinin Tablo 2.de kimyasal bileşimi verilen GGG40 standardı malzeme içerisinde yapılmıştır. Alaşım ilave yöntemi, işlem potası döküm sıcaklığı gibi parametreler her deney için sabit tutulmuştur.

Tablo 2. GGG40 döküm numune kimyasal bileşimi(%Ağ.).

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Mg	Ti	V
%	3.43	3.08	0.161	0.038	0.01	0.038	0.001	0.045	0.016	0.001	0.063	0.019	0.015

Deneme dökümleri kapsamında Şekil 4.de katı model görüntüsü ve ölçüleri verilen parçanın dökümü yapılmıştır. Döküm sonrası parça sertlik ve mikroyapı incelemelerine tabi tutulmuştur.



Şekil 4. Döküm parça katı model görüntüsü ve ölçüleri.

2.1. Sertlik İncelemeleri

Döküm numunelere ait sertlik incelemeleri için döküm parça alt ve üst yüzeyler 60 gritlik zımpara ile zımparalanmıştır. Sertlik deneyleri 187,5 kg yükte 2,5 çaplı bilya ile yapılmıştır. Sertlik ölçümlerinde döküm parçaya meme girişinin olduğu yerden başlanarak saat yönünün tersine her bir dişe denk gelen yerlerden sertlik ölçümleri yapılmıştır. Numunenin alt kısmı içinde benzer şekilde sertlik ölçümleri tekrarlanmıştır. Sertlik sonuçları Brinell sertlik değeri olarak Tablo 3.de verilmiştir.

Tablo 3. Döküm parça sertlik ölçümü sonuçları.

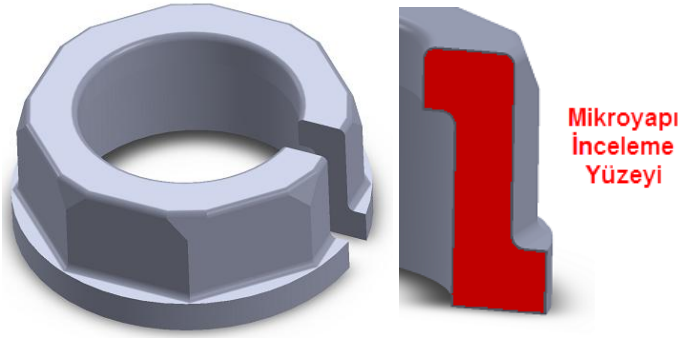
	1.Numune		**2.Numune**		**3.Numune**		**4.Numune**	
Sertlik Bölgesi	**Üst**	**Alt**	**Üst**	**Alt**	**Üst**	**Alt**	**Üst**	**Alt**
1(Meme Girişi)	200	162	200	158	165	150	185	160
2	216	158	204	164	190	150	185	150
3	192	172	196	170	190	150	174	160
4	208	170	205	165	230	120	190	150
5	208	160	208	154	200	190	200	130
6	215	162	205	160	210	160	208	165
7	205	164	200	165	175	170	200	165
8	200	160	195	158	175	160	200	195
Ortalama	**206**	**164**	**202**	**162**	**192**	**156**	**193**	**159**

Tablo 2.de verilen sertlik sonuçları incelendiğinde döküm numunelerin alt ve üst yüzeylerinden alınan sertlik değerleri arasında yaklaşık olarak 30-40 HBN sertlik farkı gözlenmiştir. Bu farkın döküm parçanın kalıp tasarımında meme bağlantısının parçanın alt kısmından olmasından ve dolayısıyla alt bölgedeki katılaşma hızının daha yavaş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı döküm şartlarındaki döküm numunelerin sertlik değerleri incelendiğinde aralarında çok bariz farklar gözlenmemiştir. En iyi sertlik değerleri pahalı küreleştirici ve

aşılayıcı malzeme kullanılan 1. döküm deneyinde elde edilmiştir. Ancak yapılan ölçüm değerlerine göre diğer dökümlerden elde edilen sertlik değerlerinin de GGG40 standardı malzeme için yeterli olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan malzemelerin sertlik/maliyet analizi yapıldığında ekonomik malzemeler kullanımının uygun olacağına karar verilmiştir.

2.2. Mikroyapı İncelemeleri

Döküm numuneler mikroyapı incelemeleri için parça Şekil 5 de görüldüğü gibi kesilerek elde edilen numune üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bakalite alınan numuneler sırasıyla 80, 180, 320, 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik zımparalarla zımparalanmış ve 3µm luk elmas pasta süspansiyonu ile keçe üzerinde parlatılmıştır.



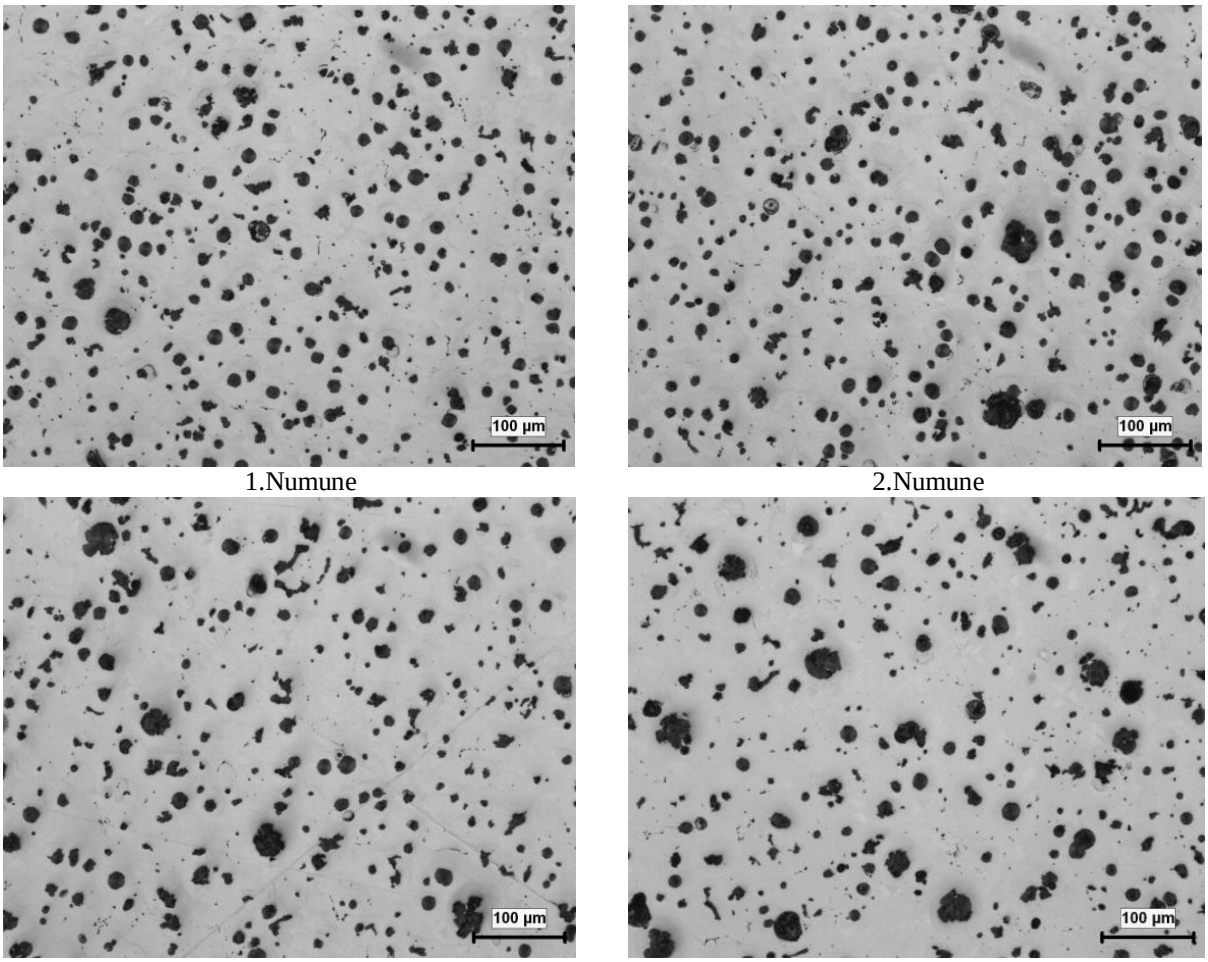
Şekil 5. Döküm numune mikroyapı incelemeleri yapılan bölgeleri.

Parlatma sonrası numunelerin mikroyapı fotoğrafları Nikon marka Eclipse L150 model optik mikroskopta çekilmiş bu fotoğraflar Clemex Vision Lite İmaj Analiz programında işlenmiştir. Böylece her bir numuneye ait küresellik yüzdesi, küresel grafitlerin kapladığı yüzde alan, yapıda ortalama küre sayısı ve ortalama küre çapı tespit edilmiştir. Tablo 4. de numunelerden elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Tablo 4. Mikroyapı imaj analiz ölçüm sonuçları.

Numune	% Küresellik	Küre çapı (µm) (Ortalama)	Küresel Grafit miktarı (Yüzde Dağılımı)	Küre Sayısı (100X Büyütmede)
1.Numune	87,7	13,9	10,1	289
2.Numune	83,5	14,4	10,7	261
3.Numune	81,8	15,2	10,3	252
4.Numune	79,1	15,5	9,8	224

İmaj analiz sonuçları incelendiğinde dökümlerin % küresellik değerlerinin ve küresel grafit çaplarının uygun olduğu ve farklı döküm deneylerinde de sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Pahalı malzemeler kullanılarak yapılan dökümlerden elde edilen numune mikroyapı sonuçları en optimum değerler vermesine rağmen, ekonomik küreleştirici ve aşılayıcı malzeme kullanımında mm^2 başına düşen küre sayısının yeterli olmasından dolayı bütün dökümlerin GGG40 standardı malzeme için uygun olduğu gözlenmiştir. Şekil 6.da numunelerden elde edilmiş 100X büyütmede çekilmiş mikroyapı fotoğrafları verilmiştir.

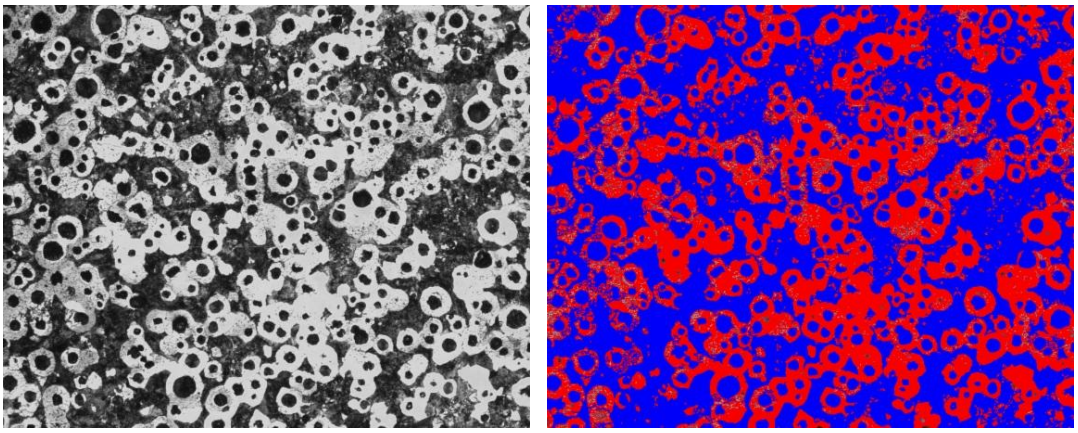


1.Numune 2.Numune

3.Numune 4.Numune

Şekil 6. Parlatma sonrası mikro yapı fotoğraf görüntüleri.

Numuneler parlatma sonrası mikroyapı incelemeleri yapıldıktan sonra % 2'lik Nital ile dağlanarak yapıdaki ferrit perlit yüzdeleri belirlenmiştir. Şekil 7.de imaj analizde programın hesaplama yapabilmek için fazların renklendirmesi örnek olarak verilmiştir.

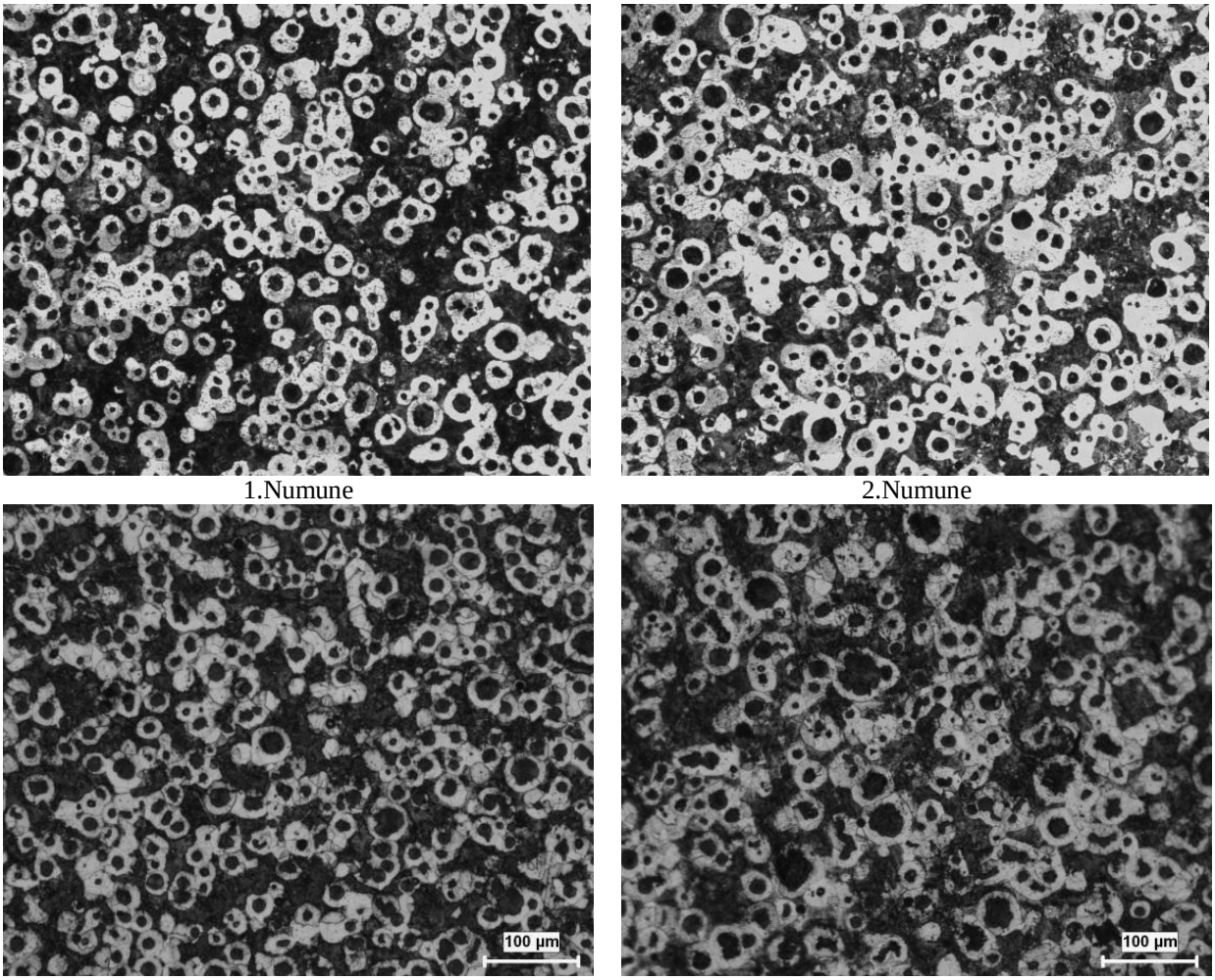


Şekil 7. Mikroyapı üzerinde fazların belirlenmesi için imaj analiz işleme görüntüsü.

İnceleme sonuçları mikroyapı ve imaj analiz sonuçları Şekil 8.de verilmiştir. Faz yüzdeleri Tablo 6.da ayrıca verilmiştir. Ancak imaj analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi program perlit ve küresel grafitleri aynı faz olarak değerlendirmektedir. Gerçek perlit yüzdesini belirlemek için programın hesapladığı ve perlit bölgenin yüzdesinden parlatma öncesi bulunan küresel grafit yüzdesi çıkarılarak bulunmuştur.

Tablo 6. Dağlanmış numune faz analizi sonuçları.

Numune	Programdan Hesaplanan		% Küresel Grafit	% Perlit miktarı	% Ferrit miktarı
	% Mavi Bölge	% Kırmızı Bölge			
1.Numune	61,5	38,5	10,3	51,2	38,5
2.Numune	60,1	39,4	10,7	49,4	39,4
3.Numune	57,4	42,6	10,1	47,6	42,6
4.Numune	56,8	43,2	9,7	47,1	43,2



1.Numune 2.Numune

3.Numune 4.Numune

Şekil 7. %2lik Nital çözeltisi ile dağlanmış mikroyapı görüntüleri.

3. GENEL SONUÇLAR

Ticari olarak kullanımı bulunan iki farklı aşılayıcı ve küreleştirici elementin farklı kombinasyonlarda kullanılarak küresel grafitli dökme demir üretimindeki uygunluğunun kontrolüne yönelik yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özet şekilde sıralanmıştır;

- Deneme dökümü yapılan parça üzerinde sertlik incelemeleri yapılmıştır. Elde edilen sertlik değerleri 160-200 HBN arasında değişiklik göstermiş ve bu değerlerinde GGG40 standardı malzeme için uygun olduğu anlaşılmıştır.
- Parlatma sonrası yapılan mikroyapı incelemeleri yapıda oluşan grafit kürelerini şeklinin uygun olduğu, küre çapının ortalama 15 µm civarında olduğu ve mm^2 başına düşen küre sayısının standartlarda gerekli değerler içerisinde olduğu tespit edilmiştir.
- Mikroyapı numunelerinin dağlama sonrası çekilen fotoğraflarının imaj analiz programıyla işlenmesi sonucu döküm yapısındaki faz yüzdeleri belirlenmiştir. Buna göre yapıda ortalama %50 perlit, %40 ferrit ve %10 küresel grafit olduğu tespit edilmiş ve bununda üretilmesi hedeflenen malzemeye uygun olduğu belirlenmiştir.
- Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde farklı küreleştirici ve aşılayıcı kullanılarak yapılan dökümlerden elde edilen sonuçlarda en optimum sonuçlar pahalı küreleştirici ve aşılayıcı kullanılan dökümlerden elde edilmiştir. Ancak diğer dökümlerden standart değerlerde malzeme elde edilmiş olması ve maliyet / kalite analizi yapıldığında ekonomik malzemeler kullanımının sağladığı maddi avantaj düşünülerek ekonomik malzeme kullanımının daha uygun olduğuna karar verilmiştir.

Kaynaklar:

[1] TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası ve KOSGEB ortak yayını, Küresel grafitli dökme demirin tipik özellikleri ve kullanım yerleri tabloları, 2006.
[2] STEFANESCU, D.M., ASM Handbook Metals Handbook, Vol.15, Casting, ASM International, Metals Park, pp. 296 – 307, Ohio, 1988.
[3] FREDRIKSSON H., STJERNDAHL A., TINOCO J., 2005, On the solidification of nodular cast iron and its relation to the expansion and contraction, Materials Science and Engineering, A 413–414, 363-372.
[4] OLSEN, S.O., HARTUNG, C. Recovery of mg in a ductile iron process Elkem Foundry Products, Kristiansand, Norway, 2003.
[5] ECOB, C.M., HARTUNG, C., An alternative route for the production of compacted graphite Irons, ASA, Eklem , Norway, 2004.
[6] Metals Handbook, Nondestructive evaluation and quality control, Sintercast yayını, sf 231-236, 2006.
[7] SKALAND, T., Nucleation mechanisms in ductile iron, Elkem foundry products, Kristiansand, Norway, 2005.
[8] Effects of manganese in nodular (SG) iron, BCIRA Broadsheet, sf 211, 2006.