

KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR PİSTON SEGMANI ERİYİK OKSİJEN, FeSiMg, AŞILAMA MİKTARLARI VE SİGMAT KÜRESEL- LEŞTİRME YÖNTEMİNİN GRAFİT MORFOLOJİSİ VE DİĞER ÖZELLİKLERE ETKİLERİ

■ Savaş İZGİZ Metalurji Yüksek Mühendisi

ÖZET

Dökme demir eriyik oksijen miktarı farklı grafit morfolojilerinin oluşmasında kuvvetli bir etkiye sahiptir.

Celox analiz cihazı ile küresel grafit dökme demir eriyikleri üzerine yapılan çalışmalar EMK değeri -0.200 mV'un altında küreselleşmenin meydana geldiğini göstermekte, -0.110 ile -0.200 mV değerleri arasında ise lamel (yapraksı) ve vermikular (mercan grafit) oluşmaktadır. Vermikular grafit çok dar bir eriyik oksijen miktarı bölgesinde var olmakta buda üretiminde O, S ve Mg miktarlarının hassas miktarlarda seçimini gerektirmektedir.

Yapılan bu incelemede ocak eriyik oksijen miktarının FeSiMg ile işlem sonu oksijen miktarının % 70'ini kaybetmiş olduğu ve aşılama ile magnezyum işlemi sonrası oksijen miktarına göre % 7 ila % 20 arasında oksijen miktarının azaldığı tesbit edilmiştir.

FeSiMg miktarı ile EMK değeri azalmaktadır.Farklı aşılama miktarlarında, % 0.36 ile % 0.64 EMK değeri doğrusal olarak FeSiMg miktarı düşmektedir.

Küresel grafit küre sayısı aşılama miktarı ile artmakta olup % 0.36 ve % 0.64 Superseed miktarlarında bu fark % 26 olmaktadır.Parça soğuma hızı arttıkça küre sayısı artmaktadır.

Bulunan diğer ilişkiler ise küre sayısının FeSiMg miktarı ile azalmakta olduğu, çekinti ve karbür miktarının artmasıdır. Bu ince kesitli döküm parçalarında, kalınlığı 2.5-5 mm, karbürsüz bir ana dokunun düşük FeSiMg ve yüksek aşılama miktarları ile erişilebilmekte buda eriyik kükürt miktarında düşük azami % 0.01 olması gereğini ortaya koymaktadır.

Hiç şüphesiz eriyik düşük kalıcı magnezyum değerleri, magnezyum işlemi sonu kalıcı magnezyum miktarının standart sapmasına bağlıdır. Sigmat küreselleştirme işlemi sonu ortalama kalıcı magnezyum miktarı Sandwich yöntemine nazaran standart sapmanın % 37 azalması nedeni ile % 62 daha düşük bir değerde kalmaktadır.

Anahtar kelimeler

Dökme demir, grafit morfolojisi, oksijen miktarı, EMK değeri, FeSiMg miktarı, Aşılama miktarı, küre sayısı, küreselleşme, karbür oluşumu, sigmat yöntemi, piston segmanı

1. GİRİŞ

Bu güne kadar çok sayıda inceleme ile dökme demir eriyikleri oksijen miktarının grafit morfolojisi üzerine etkileri incelenmiştir[1,2,3,4].

Grafit morfolojileri, biçimleri, eriyik oksijen miktarının azalmasına paralel olarak EMK değeri -200 mV'a kadar lamel (yapraksı) ve dar bir bölge içinde kompakt (mercan biçiminde) olup bu değerler altında küre biçimindeki grafitte dönüşmektedir[1,5].

Lamel grafitin kristalizasyonunda grafit ve östenit beraber temas halinde büyürler. Buna karşın küresel grafit ise ilk önce grafit kristalizasyonu devam eder daha sonra östenitle çevrelenir[5].

Magnezyum işleminden sonra heterojon çekirdeklerin merkezlerinde MgS, CaS süfitleri bulunur bu süfitler kompleks magnezyum oksitleri tarafından (MgOSiO₂) çevrelenir, aşılama sonrası ise bu hegzagonal çekirdekler üzerine Ca, Al oksitler (CaOAl₂O₃.2SiO₂) yerleşir, böylece hegzagonal kristal kafesi özellikleri itibari ile grafitin kristal kafesi ile eşleşir, iyi bir uyum sağlar[6,7,8].

Lamel grafitin kristalizasyonunda ise bu çekirdekler birincil olarak özünde Al₂O₃ veya MnS bulunan ve bunların aşılama öncesi yine hegzagonal bir kristal kafesi özelliği ile SiO₂ ile çevrelediği bir görünüme sahiptirler.

Sülfür ve oksitlerin var olmaları küresel grafitin oluşumu için ön şarttır. Bu oksit ve sülfürler ise magnezyumun eriyik içinde bulunması ile meydana gelirler. Richardson diyagramında görüleceği üzere oksitler serbest enthalpi değerleri nedeni ile kararlı olanlardır. daha sonra sülfürler oluşur. Küresel grafitin meydana gelmesi için gerekli olan küllürlüleştirme reaksiyonu eriyik içinde oksijenin büyük kısmının magnezyumla bağlanmasından sonra meydana gelecektir.

Eriyik içindeki oksijen miktarı çözünmüş magnezyum miktarı ile azalır.

EMK ölçümü ile çözünmüş oksijen miktarının durumu tesbit edilir. Magnezyum işlemi sonu EMK değeri kuvvetli derecede düşer ve bu etki aşılama ile devam eder.

Bu incelemede piston segmanı dökme demir eriyiği oksijen miktarı EMK ölçümleri ile farklı magnezyum miktarı ve aşılama miktarları ve parça soğuma hızının küreselleşmeye, küre sayısına ve karbür oluşumuna etkileri tesbit edilmiştir.

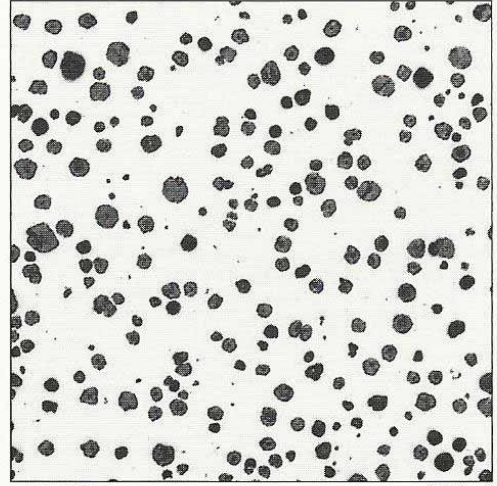
Magnezyum işlemi yöntemi sigma'tın bu yukarda verilen özelliklere etkilerinin incelenmesi çalışmanın diğer kısmını oluşturmaktadır.

2. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR PİSTON SEGMANI

Bugün hafif dizel (LVD) ve orta menzilli dizel (MRD) 1 inci yuva kompresyon segmanı küresel grafitli dökme demir malzemedir (Şekil 1, Tablo 1)[9].

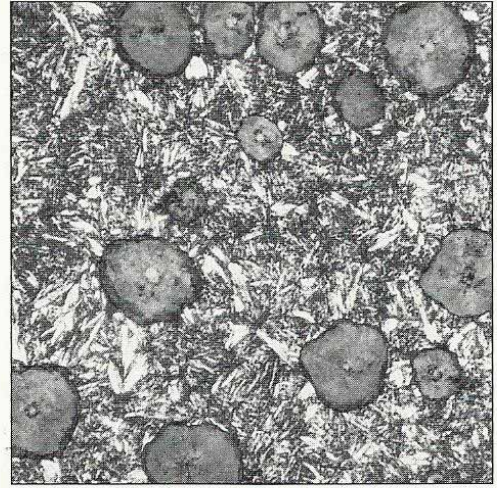
Piston segmanları sertleştirme ve bunu takiben maneşleme ısı işlemine tabi tutulurlar.

Bu durumda piston segmanları yüksek sertlik, eğilme gerilimi ve elastiklik katsayısına sahiptirler.



ungeätzt

100 : 1



geätzt mit HNO₃

500 : 1

Şekil 1. Küresel grafitli piston segmanı doku resimleri, dağlamasız ve sertleştirilmiş meneşlenmiş ana doku, meneşlenmiş martenzit, dağlanmış.

Küresel grafitli dökme demir piston segmanı malzeme şartnamesi	ISO 6621-3, alt sınıf 52
Kimyasal analiz %	C: 3.5-4 Si: 2.4-3.2 Mn: en fazla 0.5 P: en fazla 0.3 S: en fazla 0.05 Cr: en fazla 0.2 Cu: en fazla 1 Mg: en fazla 0.1
Doku	Grafit: Küresel Ana doku: Menevişlenmiş martenzit
Mekanik özellikler	Sertlik: HRB 104-112 HRC 25-42 Eğilme gerilimi: en az 1300 MPa Elastiklik katsayısı(young modülü): en az 150000 MPa Isı genleşme katsayısı 10-6/K,20-100 C: 10.0
Özgül ağırlık	7.3 gr/cm3

Tablo 1. Küresel grafitli dökme demir piston segmanı malzeme şartnamesi.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda şarj malzemesi normal üretim prosesinde kullanıldığı cins ve miktarlarda seçilmişlerdir. Şarj malzemeleri % 55 Sorel piki ve % 45 döngüden ibarettir.

Ergitme 4to/250Hz/2500 kW asitik astar induksiyon ocağında yapılmış,ocağa ön aşılama etkisi kazanılması amacı ile % 0.1 SiC ilave edilmiştir.

Döküm sıcaklığı 1540 C olup, magnezyum küreselleştirme işlemi 280 kg lık sandwich potasında gerçekleştirilmiş ve aşılama 145 kg lık potalara döküm esnasında yapılmıştır.

Küreselleştirici olarak FeSiMg5 ve aşılama malzemesi ise Superseed kullanılmıştır.

Oksijen miktarının ölçümünde Electro-Nite'in Celox ölçü sondesi kullanılmıştır. Ölçüm prensibi Nerns'in kuramına dayanmakta ve bir kuvars borusu içine yerleştirilmiş zirkon oksit katı elektrot görevini görmektedir. Termoelementin diğer ucu dökme demir eriyiği içinde bulunmakta diğer tarafta karşılaştırıcı, referans, olarak Cr-Cr₂O₃ bulunmaktadır. Eriyik içerisindeki oksijen miktarı referans olarak alınan Cr-Cr₂O₃ ten farklı ise bu durumda

daha düşük olan tarafa doğru bir iyon akışı meydana gelmektedir.Ölçülen akım EMK aşağıdaki eşitlikten saptanılır[10,11]:

$$EMK = \frac{RT}{A \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{p_{O_2}^e}{p_{O_2}^r}\right) \text{ dir,} \quad (1)$$

burada:

$$R = \text{Gaz sabitesi } 1.9865 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, T = \text{Sıcaklık K,}$$

$$F = \text{Faraday kat sayısı } 23066 \text{ cal V}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$P_{O_2}^e = \text{eriyik kısmısal oksijen basıncı bar}$$

$$P_{O_2}^r = \text{referans kısmısal basıncı bar}$$

Oksijen aktivitesi,miktarı EMK, kısmısal basınçlar ve oksijenin sıcaklığa bağlı olarak değişen serbest enthalpi değerini içeren eşitlikten saptanılmıştır[11]:

$$\Delta G^0 = RT \ln K(o) = R(0.146 \cdot T + 6120) \text{ cal mol}^{-1} \quad (2)$$

EMK değerleri iki farklı büyüklükteki piston segmanı için farklı aşılama ve farklı FeSiMg5 miktarları uygulanarak ocak eriyiği, eriyiğin küreselleştirme işlemi ve aşılama sonrası ölçülmüşlerdir.

Tablolar 2 ve 3 te ölçüm değerleri, eriyiğin kimyasal analizi, grafit küre sayısı, grafit şekil değerlendirme notu ve sementit miktarları değerleri verilmiştir.

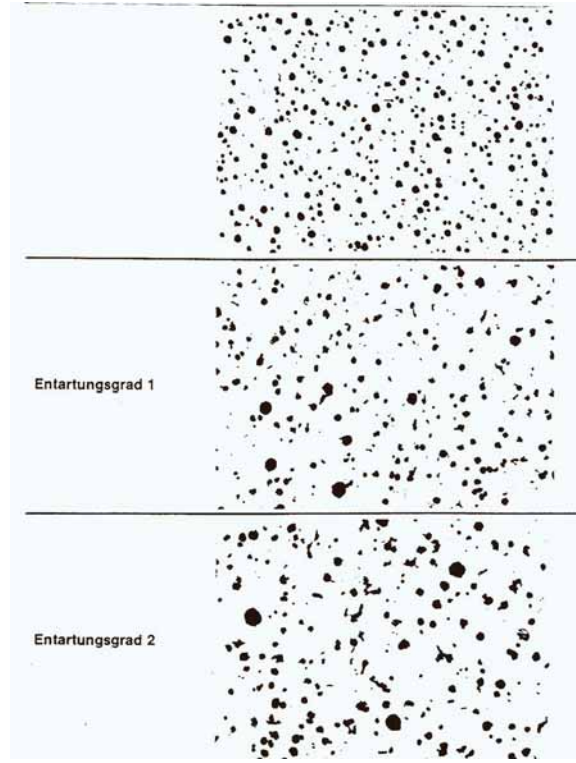
Grafit şekil değerlendirme notu ilgili iç malzeme şartnamesine göre yapılmıştır. Şekil 2 de bu şartname gösterilmiş olup 1 en iyi, 2 kabul edilebilir ve 3 notuda kabul edilemez kriterini belirlemektedir. Yine aynı şartnamede küre sayısı en az 50000 a/cm² olmalıdır.

Piston segmanı dökümünde dizi döküm yöntemi uygulanır[9].Birbirleri üzerine yerleştirilmiş 18 kalıplanmış dereceye döküm yapılır. 45 dak sonra numuneler en son pota ile dökülmüş diziden,dizinin yukarsından başlayarak 3 üncü diziden alınır ve doku,sertlik analizleri yapılır.

Doku analizinde yukarda belirtildiği gibi grafit şekil değerlendirme notu verilir,küre sayısı tesbit edilir ve bunun yanında karbür miktarı bulunur.Karbür miktarının kabul sınırı azami %10 dur. Karbürler ince iğne şeklinde özellikle yüksek kalıcı magnezyum değerlerinde ve ince kesitlerde görülür.

Çift olarak dökülen piston segmanlarının ikiye kesilmelerinden önce ferritleştirme ısıl işlemi uygulanır. 920C/3h/500C ye kadar yavaş soğutma sonu sertliği HRB 88 olan tüm ferritik bir doku elde edilir.

Şekil 3 ferritleştirme sonu bir piston segmanı grafit dokusunu göstermektedir.Görüleceği üzere küre sayısının yüksekliği ve kürelerin yuvarlaklık derecesinin % 92.6≥ 80 derece olması ancak metalurjik proses parametrelerinin optimizasyonu sonucu erişileceği gerçeğini ortaya koymaktadır (Şekil 4).



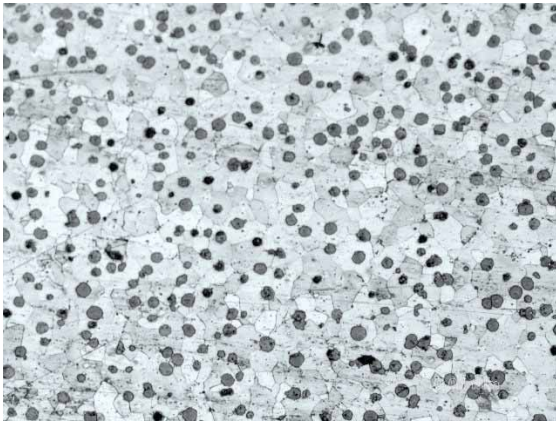
Şekil 2. Grafit şekli değerlendirme notu. En üstte 1 en iyi, ortada 2 kabul edilebilir ve altta 3 kabul edilemez.

Deneysel Nr	1			2		
FeSiMg5-miktarı kg	3.3			3.0		
%	1.2			1.1		
Aşılama malzemesi	Superseed			Superseed		
Döküm pota Nr		136	137		138	139
Aşılama malzemesi miktarı kg	0	0.5	0.9	0	0.5	0.9
%	0	0.36	0.64	0	0.36	0.64
EMK ölçüm Nr	3	4	5	6	7	8
Sıcaklık C	1486	1469	1457	1494	1472	1451
EMK mV	-0.196	-0.200	-0.206	-0.198	-0.201	-0.211
Oksijen aktivitesi ppm	1.03	0.87	0.74	1.06	0.88	0.68
Kimyasal analiz %						
C	3.85	3.84	3.85	3.87	3.88	3.86
Si	2.71	2.94	3.06	2.86	2.89	3.07
Mn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
P	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
S	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004
Mg	0.02	0.019	0.019	0.028	0.02	0.019
Doymuşluk derecesi Sc	1.13	1.15	1.17	1.15	1.16	1.17
Modül mm(V/O)=(w*h)/(2*(w+h))		1.67	1.67		1.58	1.58
Dış çap mm		112.6	112.6		86.7	86.7
Grafit değerlendirme notu		2	1-2		1-2	1-2
Küre sayısı N/cm ²		67500	87500		76500	91500
Sementit miktarı %		Max 3	1		Max 6	1

Tablo 2 Deneysel sonuçları.Siyah daire içinde olan değerlendirme ağırlıklı tesbit edilen

Deney Nr	3			4		
FeSiMg5-miktari kg	2.7			2.4		
%	1.0			0.9		
Aşılama malzemesi	Superseed			Superseed		
Döküm pota Nr		140	141		142	143
Aşılama malzemesi miktari kg	0	0.5	0.9	0	0.5	0.9
%	0	0.36	0.64	0	0.36	0.64
EMK ölçüm Nr	9	10	11	12	13	14
Sıcaklık C	1502	1473	1465	1502	1473	1469
EMK mV	-0.185	-0.195	-0.203	-0.190	-0.195	-0.196
Oksijen aktivitesi ppm	1.34	0.96	0.82	1.25	0.96	0.92
Kimyasal analiz %						
C	3.89	3.88	3.87	3.87	3.88	3.85
Si	2.80	2.88	2.97	2.75	2.85	2.98
Mn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
P	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
S	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004
Mg	0.025	0.022	0.017	0.023	0.018	0.016
Doymuşluk derecesi Sc	1.15	1.16	1.16	1.14	1.15	1.16
Modül mm(V/O)= (w*h)/(2*(w+h))		1.67	1.67		1.58	1.58
Dış çap mm		112.6	112.6		86.7	86.7
Grafit değerlendirme notu		2-3	1-2		2-3	1-2
Küre sayısı N/cm ²		71000	88000		93000	107000
Sementit miktarı %		Max 2	yok		Max 1	Max 1

Tablo 3 Deney sonuçları.Siyah daire içinde olan değerlendirme ağırlıklı tesbit edilen



Şekil 3. Ferritleştirme sonu ana doku.

Karbür miktarı küre sayısı ile azalmaktadır. Bu olgu magnezyum faydalanma derecesi yüksek, kalıcı magnezyum miktarı düşük ve standart sapması az olan Sigmat küreselleştirme yönteminde bu çalışma planı içinde incelenmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Sigmat (Flotret) yöntemi Materials & Methods İngiltere tarafından geliştirilmiş olup eriyiğin bir hazne içinden akışı esnasında küreselleştirme işlemiminin gerçekleştirilmesi prensibine dayanmaktadır (Şekil 5).

Hazne içine dökümden hemen önce yerleştirilen FeSiMg(3-4) alaşımı ile bu işlem yapılır. Sigmat yönteminde kullanılan FeSiMg alaşımı magnezyum miktarı % 3-4 arasındadır, buna örnek olarak Procoloy 3.5 analizi aşağıda verilmiştir[12].

Procoloy 3.5 Tane büyüklüğü 2-12 mm

Si % 47

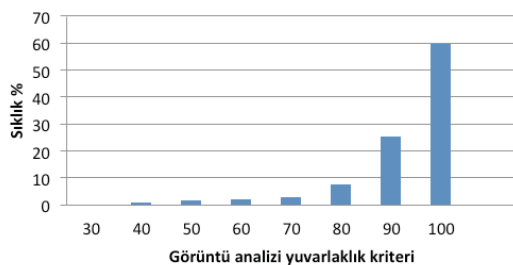
Ca % 0.92

Al % 0.92

Mg % 3.58 ve

Ce % 1.46

Şekil 4 Küresel grafitlerin yuvarlaklık sıklığı

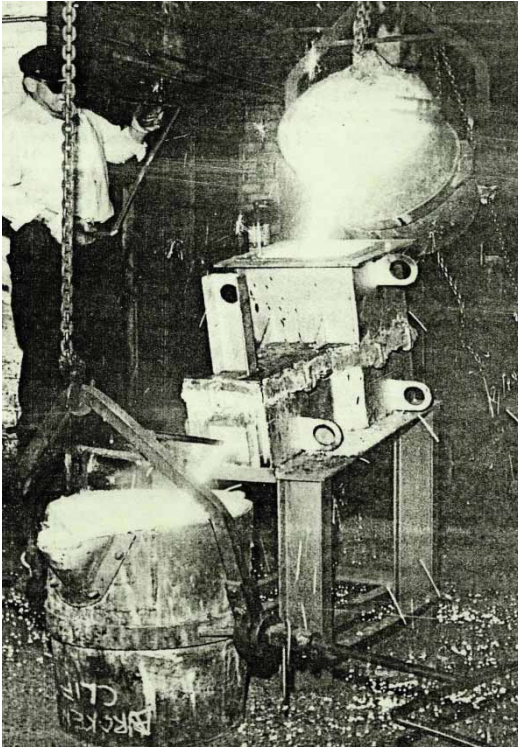


Deneme çalışmalarında şarj malzemesi % 60 döngü ve % 40 Sorel pikinden ibaret olup ocak kimyasal analizi:

C	% 3.95
Si	% 1.9
Mn	% 0.09
P	% 0.04
S	% 0.01 dir.

Sigmat öncesi potaya döküm sıcaklığı 1535 C olup aşılama 2 kademede ilk önce ocaktan eriyiğin alınmasında FeSi75, % 0.34 ve daha sonra sigmat haznesinden çıkışta % 0.3 Superseed ve % 0.3 FeSiMg1 miktarlarında uygulanmıştır. Sigmat haznesine yerleştirilen FeSiMg3.5 alaşım miktarı % 1.2-1.7 arasında değişmiştir.

Eriyiğin Sigmat haznesine döküm sıcaklığı 1450-1480 C dir.Küreselleştirme prosesi 145 kg eriyik için 20 san. sürmektedir.

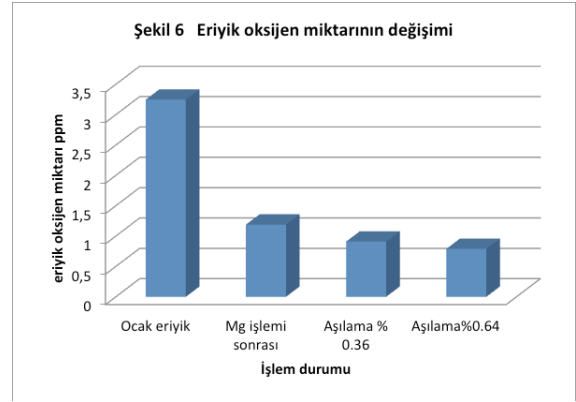


Şekil 5. Sigmat yöntemi, hazneye döküm.

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. EMK ÖLÇÜMLER, FESİMG5 VE AŞILAMA MİKTARLARININ ÖZELLİKLERE ETKİLERİ

EMK değerlerinden saptanılan eriyik oksijen miktarı magnezyum işlemi sonrası % 63 azalmakta ve bunu aşılama ile meydana gelen dezoksidasyon ile oksijen miktarında aşılama malzemesi miktarına bağlı olarak % 28 ve % 24 ppm'e düşüş görülmektedir (Şekil 6) Toplam olarak eriyikteki oksijen kaybı % 70 dolayında olmaktadır.



EMK değerleri ocak eriyiği için -0.11, magnezyum işlemi sonrası -0.198, % 0,36 aşılama miktarı sonu -0.201 ve % 0.64 aşılama miktarı ile -0.206 mV azalmaktadır. Eriyik oksijen kaybı FeSiMg5 miktarı ile doğrusal artmaktadır (Şekil 7).

Küresel grafitli dökme demir üretiminde EMK -0.200 mV'un sınır değeri olduğu ve bu değer altında kalınması gereği görülmektedir.

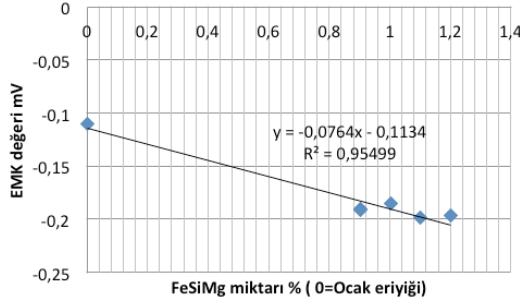
EMK değerleri aşılama miktarı ile doğrusal olarak azalmaktadır. Grafit küre sayısı FeSiMg5 miktarı azalmakta aşılama miktarı ile artmaktadır. Aşılama miktarının % 0.36 dan % 0.64'e yükseltilmesi ile küre sayısındaki artış % 26.7 olmaktadır (Şekil 8).

Bu etkileşim çoklu regresyon eşitliği ile aşağıda verilmiştir (Şekil 9):

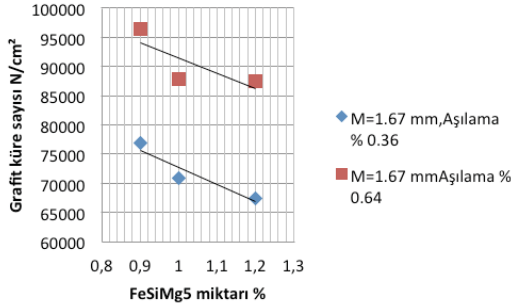
Küre sayısı (a/cm^2) = $1219.36 + 589.23 * \text{Aşılama miktarı} \% - 630 * \text{FeSiMg5 miktarı} \% (3)$

$$R^2 = 0.8, \text{Parça modülü } 1.67 \text{ mm}$$

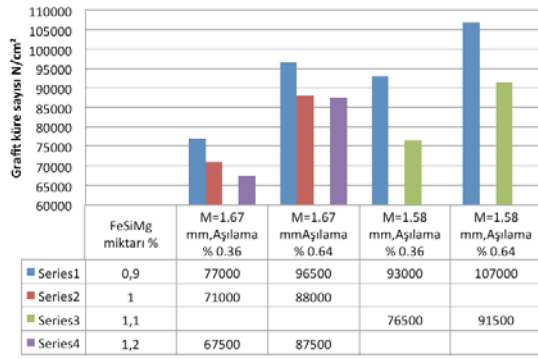
Şekil 7 Eriyik EMK değeri ile FeSiMg5 miktarı arasındaki ilişki



Şekil 8 Piston segmanlarında FeSiMg 5 ve aşılama miktarının küre sayısına etki. Modül 1.67 mm



Şekil 9 İki farklı modüle sahip segmanın FeSiMg 5 ve Aşılama miktarına bağlı olarak küre sayısının değişimi



Küresellik değerlendirme notu yüksek aşılama miktarında FeSiMg5 miktarından bağımsız olarak ①-2 bulunmuştur. %0.36 superseed ile aşılama ise FeSiMg5 miktarları % 1.2 ve % 1.1 için 1-2 ve % 1, FeSiMg5 miktarları % 0.9 için ②-3 ve 2-3 değerlendirilmiştir.

Yine aynı şekilde karbür miktarı % 0.64 superseed ile aşılama %1 ve altı eser miktarda bulunmuştur.

Bu sonuçlar kalınlığı 2.5-5 mm olan küresel grafitli dökme demirlerde karbürsüz bir ana dokunun var olacağını ortaya koymaktadır.

4.2. SİGMAT DENEYİ SONUÇLARI

Eriyik pota kimyasal analizi:

C	% 3.78
Si	% 2.92
Mn	% 0.09
P	% 0.038
S	% 0.008
Mg	% 0.029

olup, sandwich yöntemi ile kalıcı magnezyum ve standart sapmaları karşılaştırması Tablo 4' de verilmiştir.

	Sigmat yöntemi	Sandwich yöntemi
Kalıcı Mg-miktarı %	0.0286	0.046
Standart sapma %	0.0027	0.0065

Tablo 4. Sigmat ve Sandwich yöntemlerinin karşılaştırması

Görüleceği üzere aynı küreselleşmeye erişmede sigmat yönteminde sandwich'e nazaran % 37 daha az kalıcı magnezyum gerekmektedir. Bunun nedeni standart sapmanın % 58 daha düşük olmasıdır. Bu özellik diğer taraftan karbürsüz bir dokuyuda sağlamaktadır.

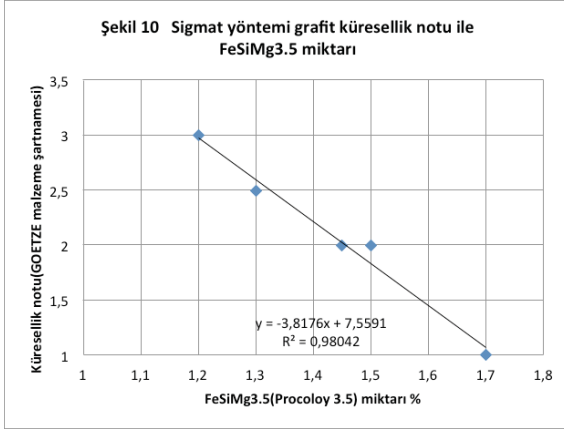
Küre sayısında kalıcı magnezyumun daha az olması nedeni sigmat yöntemi % 16.6 bir artış sağlamaktadır (Tablo 5):

	Sigmat yöntemi	Sandwich yöntemi
Ortalama küre sayısı a/cm²	86300	73982
Standart sapma a/cm²		
Artış	+% 16.6	

Tablo 5. Sigmat ve Sandwich yöntemleri ortalama küre sayısı

Magnezyum faydalanma % leri Sandwich yönteminde % 46 sigmat yönteminde ise % 70 dir.

Şekil 10 da küreselleşme değerlendirme notu ile FeSiMg3.5 miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren ideal miktarın % 1.7 olduğu görülmektedir.



Yapılan bu çalışmalar sigmat yönteminin sandwich yöntemine nazaran şu elverişliliklerini ortaya koymuştur:

- Daha az kalıcı magnezyum
- Daha küçük standart sapma, proses kararlılığı
- Yüksek küre sayısı dolayısıyla daha az karbür mevcudiyeti, daha az çekinti
- Daha yüksek magnezyum faydalanma derecesi, ekonomik
- Kısa proses süresi, daha az ısı kayıpları
- Az miktarda erylmiş magnezyum işlemine olanak verme
- Direkt hazne çıkışında aşılama
- Sandwich yönteminde var olan beyaz dumanın çok az olması

Bu elverişlilikler sigmat yönteminin dökümhanelerde küreselleştirme işleminde büyük bir uygulama alanına sahip olduğunda bir kanıtı olmaktadır.

Bu incele sonuçları özellikle ince kalınlığa sahip küresel grafitli döküm parçalarının üretiminde iyileştirme çalışmalarına destek bilgiler sağlamakta, pratikte karşılaşılan bazı problemlerinde çözümünde nedenlerini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

1. Hummer R, W.Meyer, R.Schlüsselberger
Giesserei-Rundschau 28(1981) Nr 12,S 13-21
2. Hummer, R
Giesserei-Praxis Nr 8/10, 1989, S 142-151
3. Benecke T ve diğerleri
Giesserei 80(1993)Nr.19, S 656-662
4. Amah El-Mahbrouk
Doktora tezi ODTÜ Ocak 2007
5. Ghorpade S.C ve diğerleri
AFS Transaction Vol.83, 1975, S.193-198
6. Cast Iron Inoculation
ELKEM Fe Inoc/3k/7/93
7. Onsoien M I.
Doktora tezi Norveç Üniversitesi NTNU 1997
8. Izgiz S
Küresel grafitli dökme demir
Segem Ankara ISBN 975-7608-01-7
9. Izgiz S
Metalurji Sayı 156(2010) S.18-30
10. <http://electro-nite.de/de/sensorsformoltenmetals/oxygencontrol>
Oksijen aktitesi ölçümü Celox
11. Gleitscher W
Metal SE AISI Quartely 2006 Vol 35, Nr.1, S 38-46
12. Materials and Methods Limited
Flotret process Technical Information Nr 4, 1984