



25 - 27 October / Ekim 2018

TÜYAP Fair, Convention & Congress Center, İstanbul

Tüdöksad Akademi **10. Uluslararası Döküm Kongresi / 10th International Foundry Congress** by Tüdöksad Academy

In conjunction with **ANKIROS / ANNOFER / TURKCAST** fairs

## **«SSF ve CGI'ın Birleşimi: Çözelti Sertleştirmeli Ferritik Vermiküler Grafitli Dökme Demirlerin Üretimi ve Özellikleri»**

**«Combination Of SSF and CGI: Production and Characterization Of Solid Solution Strengthened Vermicular Graphite Cast Irons»**

**Arda Çetin, Peyman Çelenkoğlu, Burcu Tunç, Ayhan Comart (Ekstra Metal)**

### **1.Oturum / 1st Session**

**Oturum Başkanı / Session Chairman: Seyfi Değirmenci (Tüdöksad Akademi)**





EKSTRAMETAL, MEETING POINT OF  
IRON CASTING AND TECHNOLOGY

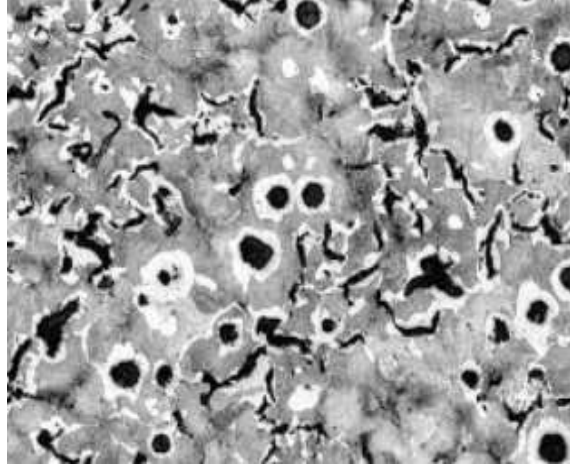
# ÇÖZELTİ SERTLEŞTİRMELİ FERRİTİK VERMİKÜLER GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER: SSF-CGI

Burcu Tunç  
EKSTRAMETAL

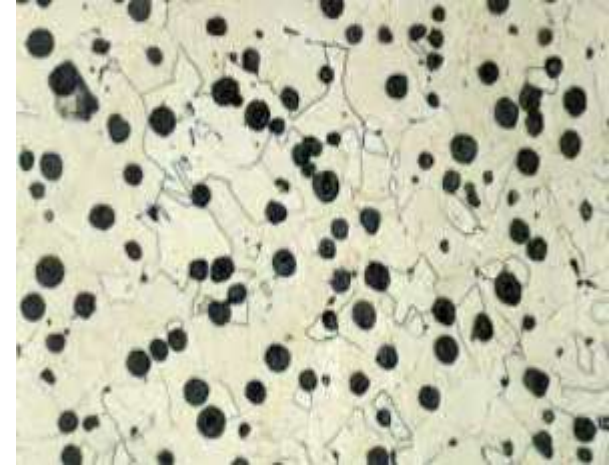
## VERMİKÜLER (KOMPAKT) GRAFITLİ DÖKME DEMİRLER



**Lamel Grafitli Dökme Demir**



**Vermiküler Grafitli Dökme Demir**



**Küresel Grafitli Dökme Demir**

- ❑ Vermiküler dökme demirler, yapraksı grafit yapısına sahip gri dökme demirlere bir alternatif olarak öne çıkan, gri dökme demirin yüksek ısı iletkenliğini, küresel grafitli dökme demirlerin mekanik özellikleriyle birleştirebilen bir malzeme olarak tanınmaktadır.
- ❑ Bu dökme demir sınıfı her ne kadar yüksek ısı iletkenliğiyle tanınıyor olsa da, kayda değer mekanik özelliklerin elde edilebilmesi için gereken perlit fazının ısıl özellikleri olumsuz şekilde etkilediği bilinmektedir

## VERMİKÜLER (KOMPAKT) GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER

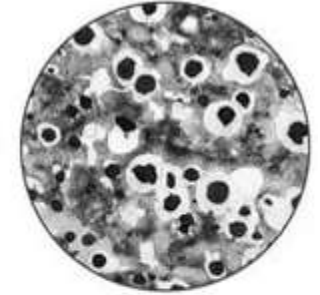
- ❑ Küresel grafitli dökme demir üretiminde kullanılan magnezyum işlemi farklı Mg/S oranı tercih edilerek gerçekleştirildiğinde elde edilen bu dökme demir türü, birçok açıdan küresel grafitli (sfero) dökme demirler ile lamel grafitli (gri) dökme demirler arasında bir geçiş yapısı olarak değerlendirilebilir.
- ❑ Bilindiği üzere dökme demir döküm sürecinde uygulanan Mg işleminin amacı, matris ve grafit ara yüzeyinde biriken ve ara yüzey enerjisini düşüren oksijen ve kükürt gibi yüzey aktif elementlerin miktarını düşürmek ve böylece ara yüzey enerjisini arttırarak grafit parçacıklarının küre yapısında büyümelerini sağlamaktır.
- ❑ Bu işlem sırasında sıvı alaşım içine verilen Mg miktarı tam bir küreselleşme için verilmesi gerekenden daha düşük tutulduğunda, elde edilen solucanımsı grafit yapısı vermiküler (ya da kompakt) olarak adlandırılıyor.



EN-GJL  
Lamel grafitli  
dökme demir  
(Pik döküm)



EN-GJV  
Vermiküler grafitli  
dökme demir  
(CGI)

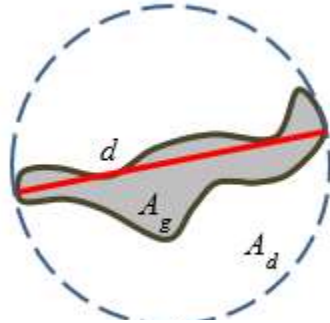


EN-GJS  
Küresel grafitli  
dökme demir  
(sfero)

## VERMİKÜLER (KOMPAKT) GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER

$$Küresellik = A_g / A_d$$

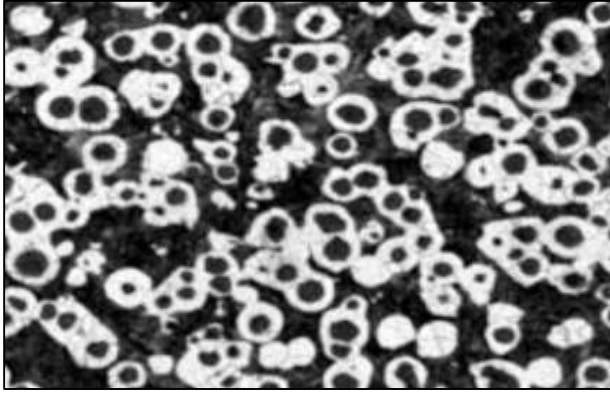
$$Küresellik = 4A_g / \pi d^2$$



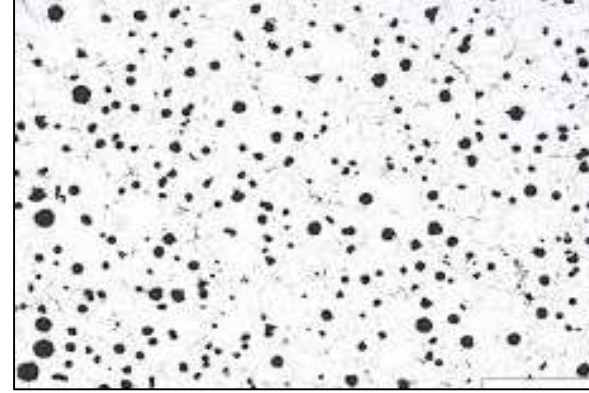
- Bu hesaplama neticesinde bir grafit parçacığının vermiküler olarak tanımlanabilmesi için, küresellik değerinin 0,525 değerinden küçük olması gerekiyor. Küresellik değeri 0,525 ve 0,625 arasında kalan parçacıklar vermiküler ve küresel yapı arasında bir ara form olarak değerlendiriliyor. Küresellik değeri 0,625 üzerinde olduğu zaman ise parçacık küresel olarak kabul ediliyor.

Küresel		0,98	0,92	0,86	0,82
		0,80	0,73	0,67	0,63
Ara form		0,62	0,60	0,57	0,53
		0,52	0,48	0,57	0,40
Vermiküler		0,33	0,20	0,13	0,10

## ÇÖZELTİYLE SERTLEŞTİRİLMİŞ FERRİTİK SFERO DÖKME DEMİRLER (SSF)



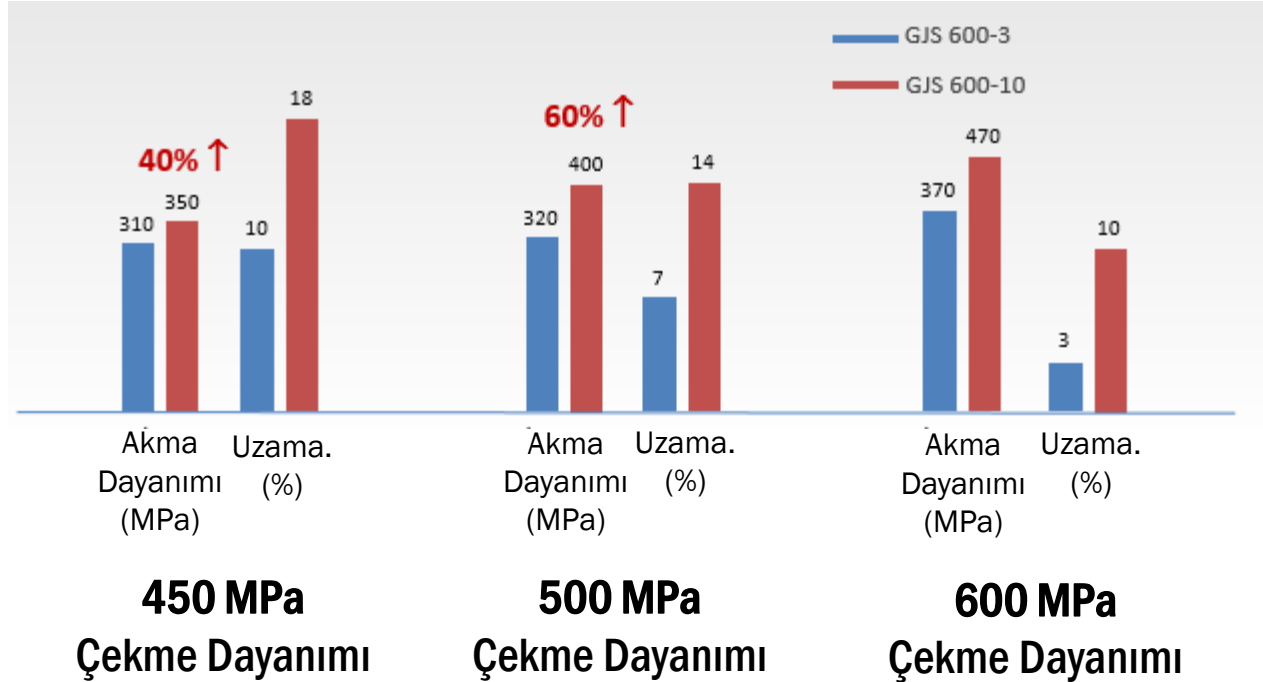
GJS500-7 Dağlanmış



GJS500-14 Dağlanmış

- ❑ Mekanik özellikleri optimize etmek için ferrit/perlit oranına başvurduğumuz bu birincil nesil sfero dökme demirlerde sık gördüğümüz bir problem var: Yapıda bulunan perlit miktarı sadece kimyasal kompozisyona değil, aynı zamanda soğuma hızına da bağlı olduğu için, farklı kalınlıktaki kesitlerde değişen miktarlarda ve incelikte perlit oluştuğunu görebiliyoruz.
- ❑ Bir parçanın yavaş soğuyan kalın kesitlerinde ferrit oranı artarken, hızlı soğuyan ince kesitlerinde daha yüksek oranda ve daha ince perlit oluştuğunu görüyoruz. Bunun sonucu olarak kesit kalınlığına bağlı olarak mekanik özellikler de değişiklik göstermeye başlıyor. Bu, elbette bizim karşılaşmak istemediğimiz bir durum.

## ÇÖZELTİYLE SERTLEŞTİRİLMİŞ FERRİTİK SFERO DÖKME DEMİRLER (SSF)

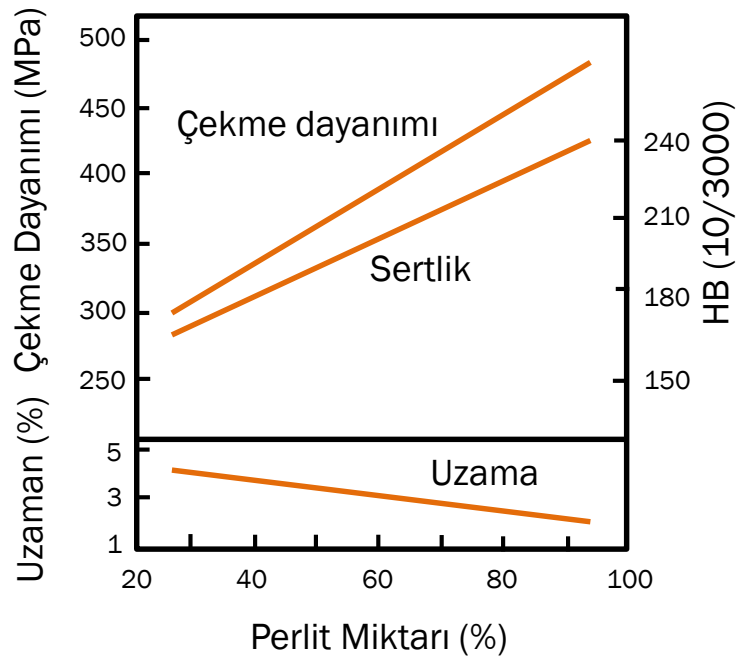


- ❑ Ferritik matrisi güçlendirerek dökme demirin sünekliğini fazla kaybetmeden dayanımını arttırmayı başarabiliyoruz.
- ❑ 90'lı yılların sonlarında yapılan araştırmalar neticesinde geliştirilen bu yeni nesil dökme demirlerde, bakır (Cu), kalay (Sn) ya da mangan (Mn) gibi elementler yerine dökme demire %3,2 ila %4,3 arasında silisyum (Si) ekleyerek, katı çözelti sertleşmesiyle güçlendirilmiş, ferritik bir matris yapısı elde ediyoruz.

# ÇÖZELTİYLE SERTLEŞTİRİLMİŞ FERRİTİK SFERO DÖKME DEMİRLER (SSF)

## Perlit miktarının mekanik özelliklere etkisi

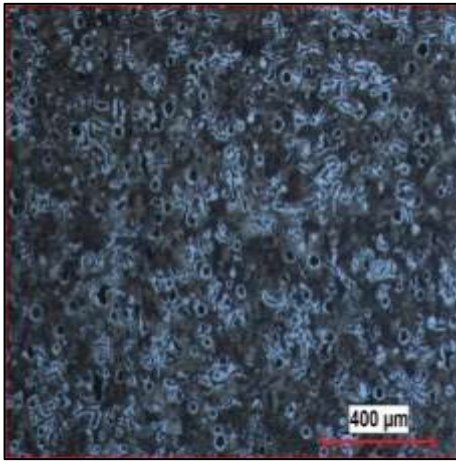
Kaynak: Dawson et al. (2001)  
(25 mm test çubuğu ve %10 küresel grafit oranı için)



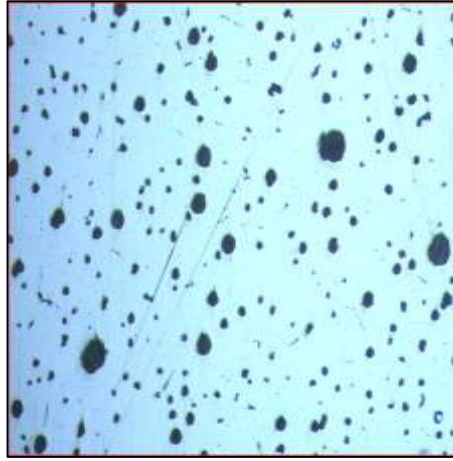
- Fakat ikinci nesil sfero dökme demirlerde, kesit kalınlığı ne olursa olsun sabit miktarda silisyum takviyesi yapılıyor. Parça genelinde elde edilen ferritik matris yapısının sonucu olarak, kesit kalınlığından bağımsız şekilde homojen mekanik özelliklerin elde edilebilmesi sağlanabiliyor.



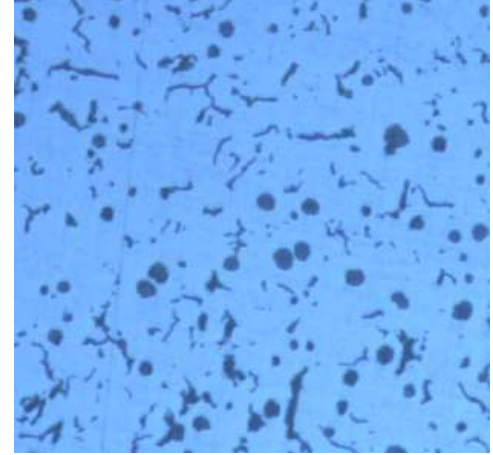
## SSF-CGI ÜRETİMİ VE DENEYSEL SONUÇLAR



1



2



3

### Mikroyapı açıklamaları:

- 1-EN-GJV-450 vermiküler grafitli dökme demir
- 2- EN-GJS-600-10 çözeltiyle sertleşmiş sfero dökme demir (SSF)
- 3- SSF-CGI: çözeltiyle sertleşmiş vermiküler grafitli dökme demir

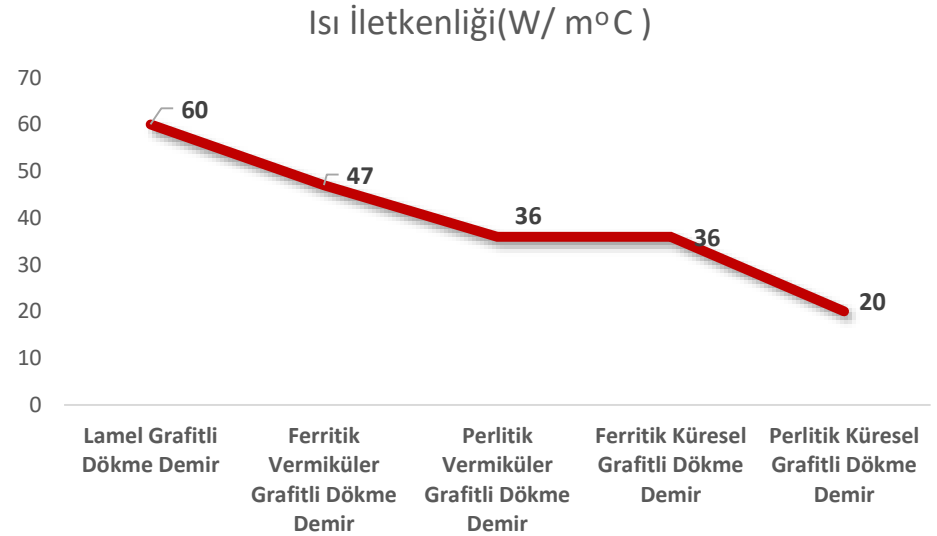
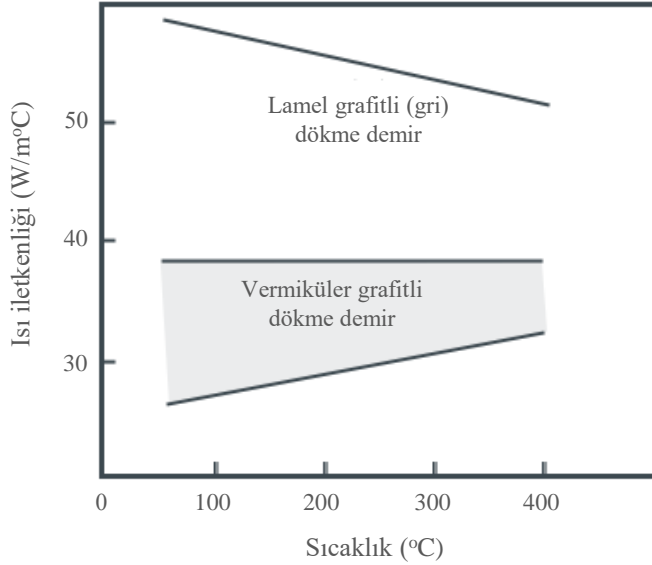
## SSF-CGI ÜRETİMİ VE DENEYSEL SONUÇLAR

Tablo 1. Bu çalışma kapsamında üretilen ve ayrı dökülen test numunelerinde ölçülen mekanik özelliklerin kıyaslaması (SSF-CGI denemesinde tek bir numune çekilmiştir).

	EN-GJS-600-10		EN-GJV-450		SSF-CGI	
	<i>Standart Değeri</i>	<i>Ölçüm Sonucu</i>	<i>Standart Değeri</i>	<i>Ölçüm Sonucu</i>	<i>Standart Değeri</i>	<i>Ölçüm Sonucu</i>
Akma Day. [MPa]	<i>min. 470</i>	508 – 531	<i>min. 315</i>	319 – 358	-	464
Çekme Day. [MPa]	<i>min. 600</i>	610 – 615	<i>min. 450</i>	456 – 464	-	555
Uzama [%]	<i>min. 10</i>	14 – 19	<i>min. 1,0</i>	1,5 – 1,9	-	4,3

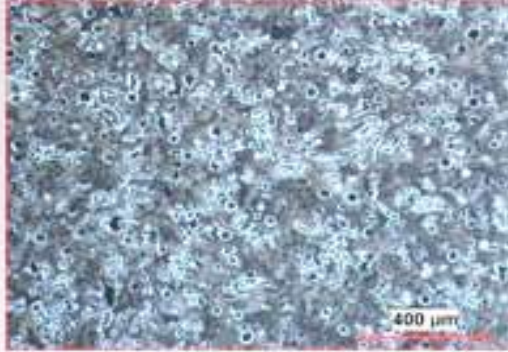
\* *SSF-CGI henüz herhangi bir standart kapsamında tanımlanmadığı için "standart değeri" sütunu boş bırakılmıştır.*

## SSF-CGI ÜRETİMİ VE DENEYSEL SONUÇLAR

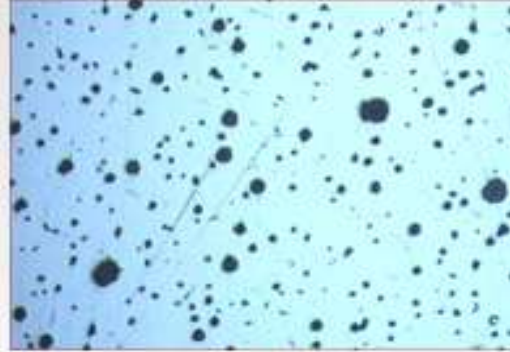


- Dolayısıyla GJV-450 gibi perlitik bir vermiküler grafitli dökme demir yerine SSF-CGI tercih edilmesi durumunda, ısı iletim katsayısında yaklaşık %30 oranında bir artış görülmesi beklenebiliyor.

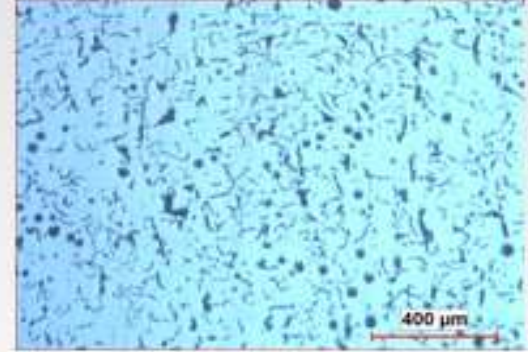
## SSF-CGI ÜRETİMİ VE DENEYSEL SONUÇLAR



**Vermiküler Grafitle  
Dökme Demir**



**SSF**



**SSF-CGI**

- ✓ Çekme Dayanımı: 450 Mpa
- ✓ Akma Dayanımı: 315 Mpa
- ✓ Uzama: %1,5
- ✓ Isı İletkenliği: 36 W/m°C



- ✓ Çekme Dayanımı: 550 Mpa
- ✓ Akma Dayanımı: 465 Mpa
- ✓ Uzama: %5
- ✓ Isı İletkenliği: 47 W/m°C

## SSF-CGI ÜRETİMİ VE DENEYSEL SONUÇLAR

- ❑ Vermiküler (kompakt) grafitli dökme demirler (CGI), tıpkı lamel grafitli (gri) dökme demirler gibi yüksek ısı iletim becerileriyle öne çıkıyorlar. Fakat malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmek için perlitik bir matris yapısının tercih edilmesi durumunda, ısı iletim katsayısının ferritik bir sfero dökme demirin sahibi olduğu ısı iletim katsayısına ( $36 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ) kadar gerilediği görülüyor.
- ❑ Bu çelişki nedeniyle, çözeltiyle sertleştirilmiş vermiküler grafitli dökme demirler, EN-GJV-450 ya da EN-GJV-500 gibi malzemelere kıyasla daha doğru bir alternatif olarak ortaya çıkıyor.
- ❑ Daha yüksek bir ısı iletim katsayısı yanında mekanik özelliklerin de perlitik vermiküler grafitli dökme demirlere kıyasla daha üstün olması, SSF-CGI dökme demirlerin yakın bir gelecekte klasik perlitik alternatiflere kıyasla çok daha cazip bir alternatif olmasını bekleyebiliriz.

TEŞEKKÜRLER!

Örnek bir parça için Foseco standını ziyaret edebilirsiniz.