



20 - 21 Ekim / October 2017 - ESKİŞEHİR
Tüdöksad Akademi 9. Döküm Kongresi / 9th Foundry Congress by TUDOKSAD Academy

«Yeni Nesil Ferritik Sfero Dökme Demirlerin Binek, Ticari ve Ağır İş Makineleri Döküm Parçalarında Kullanımları ve Mekanik Özelliklerinin Klasik Dökme Demirler İle Karşılaştırılması»

**Bülent Şirin, Erkan Bulut, Uğur Başkaya, Erdiñç Sekmen, Hakan Bitişyılmaz
(Componenta Dökümcülük Orhangazi)**

3.Oturum: Döküm Teknolojileri Demir & Çelik

Oturum Başkanı: Oğuzhan Atlıhan (Atik Metal)



Oturumlarda yer alan sunumlar 27 Ekim 2017 Cuma tarihinde akademi web sayfasına (akademi.tudoksad.org.tr) yüklenecektir.

Casting Future **SOLUTIONS**

**Yeni Nesil Ferritik Sfero Dökme
Demirlerin Binek,Ticari ve Ağır İş
Makineleri Döküm Parçalarında
Kullanımları ve Mekanik
Özelliklerinin Klasik Dökme
Demirler İle Karşılaştırılması**

**Bülent ŞİRİN, Erkan BULUT, Uğur
Başkaya,Erdoğan SEKMEN,Hakan BİTİŞYILMAZ**

COMPONENTA



İÇERİK

GİRİŞ

EN 1563'TE YENİ NESİL DÖKME DEMİRLERİN TARİFİ

YENİ NESİL DÖKME DEMİR PARÇALARA ÖRNEKLER

YENİ NESİL DÖKME DEMİRLERİN KİMYASAL KOMPOZİSYONU

Si ELEMENTİNİN YENİ NESİL DÖKME DEMİR PARÇALARDA ÇEKME ve ÇEKİNTİ ÜZERİNE ETKİSİ

SONUÇ – YENİ NESİL DÖKME DEMİRLERİN GELECEĞİ

- **Ülkemizde kurulu bulunan dökümhanelere baktığımızda, her bir dökümhanenin gri ve sfero dökme demirlerin hemen hemen tüm çeşitlerini üretebildiğini görmekteyiz.**
- **Dökümhanelerimizin ana yatırım hedeflerinin de son yıllarda işlenmiş parça üretimi ve ihracı olduğu açıktır.**
- **Ülkemiz dökümhaneleri kurulu kapasiteleri ile dünyanın tüm otomotiv, zirai aletler, kamyon ve otobüs sektörü, ağır iş makineleri ve yapı sektörüne problemsiz olarak motor blok, motor blok kafası, kampana, porya, diskli porya, ventilasyonlu ve katı fren diski , transmisyon, şanzuman, akson, enerji sektörü parçaları, asansör parçaları vb döküm parçaları üretip işleyebilmektedirler.**

- **Dökümhanelerimizin Endüstri 4.0 gibi araçları kullanarak teknolojilerini geliştirmeleri yanında diğer dökümhanelerin üretemediği parçaları üretme konusunda uzmanlaşmaları onlara farklılık katacaktır.**
- **Bugün Avrupa Çin ve Hindistan pazarından aradığını bulamamakta kalitesi, sevkiyat performansı, her iş kolundaki standartlara uyumu, uzun vadeli ilişkilerdeki kararlılığı, değişime açık olmaları nedeniyle yine Türk Dökümhanelerini tercih etmektedir. Fiyat politikaları nedeniyle bu ülkeleri kullansa dahi bir süre sonra yine ülkemiz dökümhanelerine dönmektedir.**
- **Dökümhanelerimizin de bunu iyi değerlendirip teknolojiyi daha fazla kullanan ve zor parçaları üretebilme becerisine sahip olan dökümhaneler sınıfına atlaması gerekmektedir.**

- **Türk Dökümcüsünün teknolojik altyapıyı kurmasını ve zor parçaları üretmesinin yanında yapması gereken bir diğer zorunluluk ise farklı ve yeni malzeme türlerini problemsiz olarak üretebiliyor olması ve bunu Avrupa ve tüm Dünya pazarına sunabiliyor olmasıdır.**
- **Yüksek kaliteli gri dökme demirler (EN GJL 300 ve üzeri), Vermiküler dökme demirler, Yeni Nesil Dökme Demirler (Yüksek Silisli), Yeni nesil SSF CGI, Yeni Nesil SSF ADI bu malzemelere örneklerdir. Standartlara giren bu ürünleri hem uzak doğu dökümhaneleri hemde Avrupa ve Amerika dökümhaneleri dahi problemsiz üretememektedir. Ar-Ge çalışmaları daha devam etmektedir.**
- **Dökümhanelerimizin de bu konuya dikkat etmesi bu malzeme türlerini üretme çalışmalarına başlaması gelecekleri açısından bir gerekliliktir.**

- **Bu noktada dikkat çekmemiz gereken bir nokta daha vardır; Dökümhanelerimiz bu malzemeler üzerine çalışırken bu malzemelerin standardını oluşturan Avrupa standartlar komitesine de Türk Dökümhanelerinden üyelerin katılımı şarttır. Aksi takdirde sadece tanımlananı üreten dökümhane oluruz. Ar-Ge tarafımızı da mutlaka Avrupa ve tüm Dünya'ya göstermek zorundayız.**
- **2012 yılında EN 1563'e giren Yüksek Silisli Katı çözelti ile mukavemetlendirilmiş yeni nesil dökme demirlerin özellikleri ve üretim yöntemleri halen pek çok firma ve eğitim kurumu tarafından bilinmemektedir. Burada sahip olduğumuz 10 yıllık üretim tecrübesi ile, yeni nesil dökme demirlerdeki son gelişmeleri bir kez daha masaya yatırmayı amaçlamaktayız.**

- **Katı çözelti ile güçlendirilmiş ferritik dökme demirler 1990'ların başında Volvo, Scania ve İsveç Döküm Enstitüsü tarafından bulunmuş ve geliştirilmiştir.**
- **1998 yılında İsveç Standardı SS 140725'te 450-15 ve 500-10 olarak tanımlanmıştır.**
- **2004 yılında ISO:1083:2004 'te sadece ekler kısmında 500-10 olarak tanımlanmış ve anılmıştır.**
- **En son olarak da 2012'de aşağıda anlatılacağı gibi 3 farklı çeşidi ile EN 1563'e girmiştir. Ve Componenta 'dan Joop Kikkert tarafından çelik ve +GF+ Sibodur malzemesine alternatif olarak ortaya konmuştur.**
- **Componenta Orhangazi Tesisleri 2006 yılından beri bu malzeme grubunu seri olarak üretmektedir.**

Material designation		Relevant wall thickness t mm	0,2 % proof strength $R_{p0,2}$ MPa min.	Tensile strength R_m MPa min.	Elongation A % min.
Symbol	Number				
EN-GJS-450-18C	5.3108	$t \leq 30$	350	440	16
		$30 < t \leq 60$	340	420	12
		$60 < t \leq 200$	Guidance values to be provided by the manufacturer		
EN-GJS-500-14C	5.3109	$t \leq 30$	400	480	12
		$30 < t \leq 60$	390	460	10
		$60 < t \leq 200$	Guidance values to be provided by the manufacturer		
EN-GJS-600-10C	5.3110	$t \leq 30$	450	580	8
		$30 < t \leq 60$	430	560	6
		$60 < t \leq 200$	Guidance values to be provided by the manufacturer		

In the case when the purchaser requires minimum mechanical property values to be obtained in a stated location of the casting, these values are to be agreed with the manufacturer.

Tablo 1. Katı Çözeltiyle Güçlendirilmiş Ferritik Küresel Grafitli Dökme Demirlerde, Döküm Parçadan Alınan Çekme Çubuğuna Göre Akma ve Kopma Mukavemetlerini ve % uzama Değerlerini Gösteren Tablo.

Tablodan da açıkça görüldüğü gibi Yeni nesil dökme demirlerin klasik dökme demirlere göre farkı; akma mukavemetlerinde ve % uzama değerlerinde ortaya çıkmaktadır. Bu ise ana sanayiye parçanın tasarımını değiştirmeksizin üretmiş olduğu aracın kapasitesini, yük taşıma kapasitesini arttırma imkanı sunmaktadır.



Şekil 1. Yeni nesil sfero dökme demirlerden üretilen biçerdöver tarım makinesinde kullanılan arka aks dingili parçalarının montajsız ham ve montajlı fotoğrafları.

SSF ile tanımlayacağımız yüksek silisli yeni nesil dökme demirler traktör ve biçerdöver imalatçıları tarafından tercih edilen malzemeler olmuştur. Pek çok firma mevcut parçalarını 500-7'den 500-14'e direkt döndürmekte, tasarım aşamasından 500-14'ü seçen firmaların sayısı da artmaktadır.



Şekil 2. Yeni nesil sfero dökme demirlerden üretilen traktör aksonlarının işlenmiş ve montajlı fotoğraflarını gösteren şekil.

Yukarıdaki şekilde de ağır yüklere maruz kalan güçlü bir traktörün, daha önce dövme çelikten yapılan bir aksonunun SSF-10 malzemeye döndürülerek yeni nesil dökme demirden üretimine örnek görülmektedir.

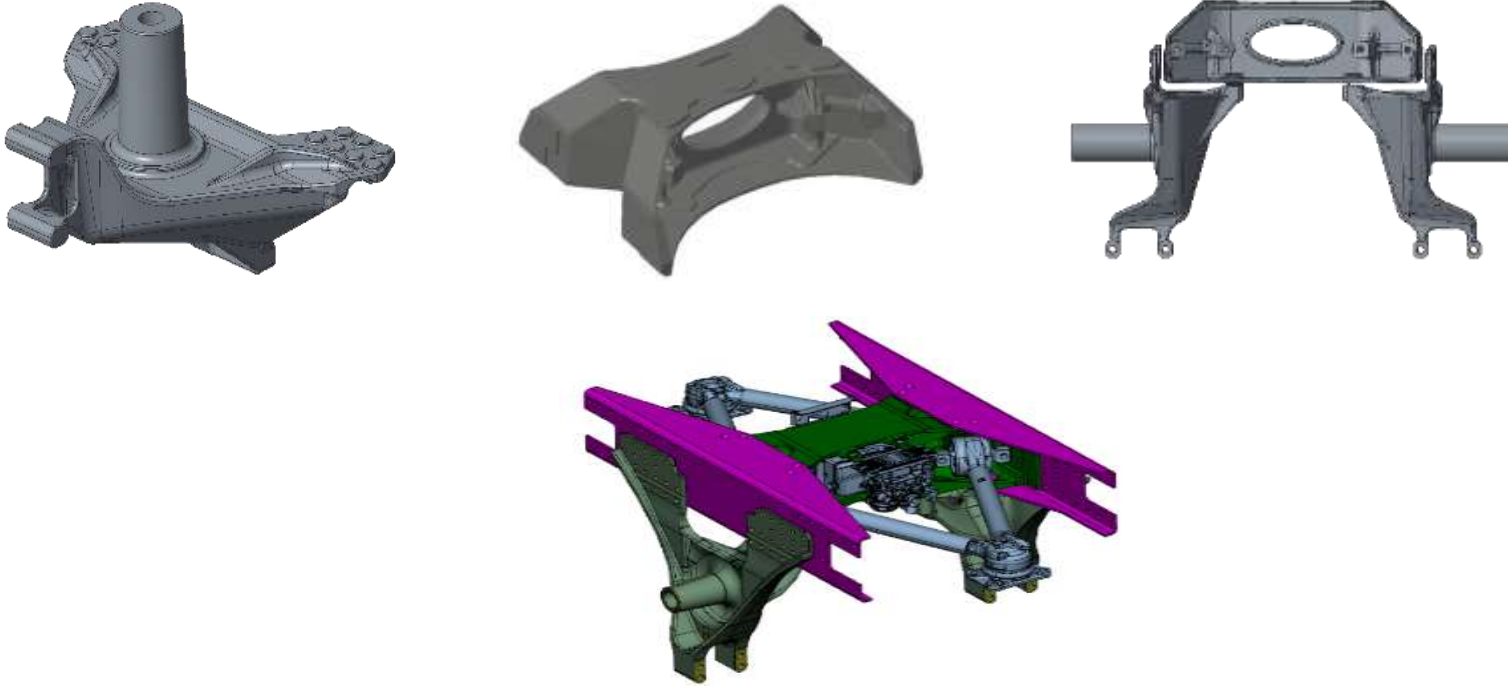
Bir traktörde 4 adet olarak kullanılan bu akson Componenta tesislerinde üretilen en fazla kesit kalınlığına sahip yeni nesil dökme demir parçadır.



Şekil 3. Körüklü otobüslerde, her otobüste 2 Adet kullanılan ve ağırlık azaltma projesi kapsamında geliştirilen SSF 14 malzemedен üretilen aks dingilleri.



Şekil 4. Ağırlık azaltma projelerinden traktör egzost muhafazası. SSF 14 (EN-GJS-500-14) malzemedен seri olarak üretilmektedir.



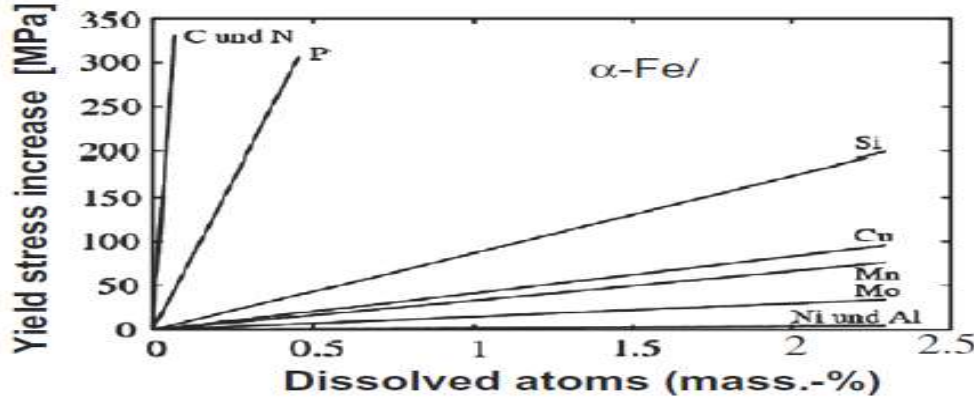
Şekil 5. Aşırı zorlu işlerde kullanılan tip kamyonların yük taşıma kapasitesini ve dayanıklılığını artırmak için tasarlanan arka süspansiyon parçaları. SSF 10 (EN-GJS-600-10) malzemedен seri olarak üretilmektedir.

Designation		Si	P	Mn
Symbol	Number	% approx. ^a	% max.	% max. ^b
EN-GJS-450-18	5.3108	3,20	0,05	0,50
EN-GJS-500-14	5.3109	3,80	0,05	0,50
EN-GJS-600-10	5.3110	4,30	0,05	0,50
^a Si content may be lower due to other alloying elements.				
^b With lower Mn content (e.g. 0,30 %), machinability and elongation will be improved.				

Tablo 2. Yeni nesil dökme demirler için referans kimyasal analiz limitlerini gösteren tablo (Kaynak: EN 1563:2012).

Tablo 2'nin altında iki önemli açıklama notu vardır.

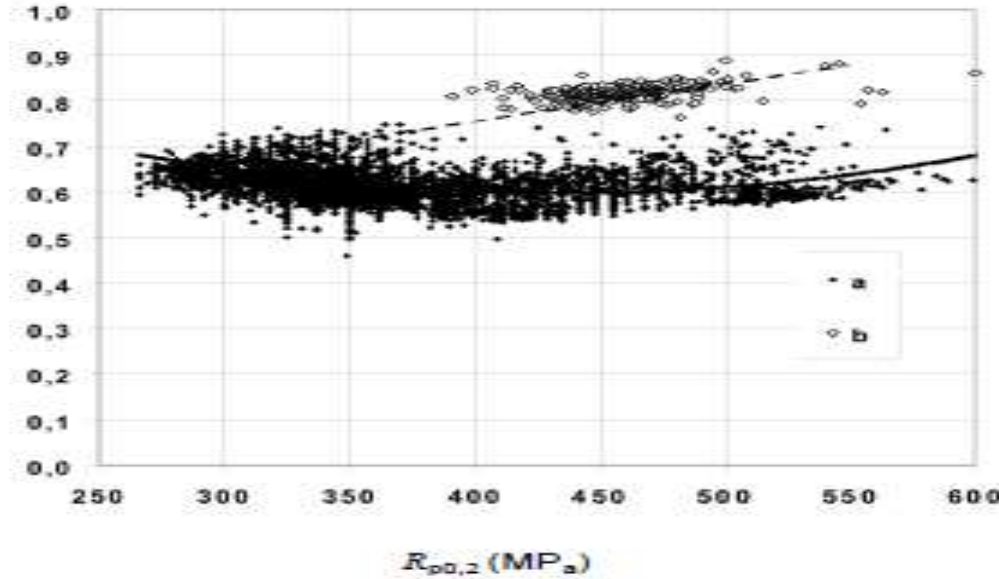
Bunlardan birincisi sıvı metalin içerisindeki diğer alaşım elementlerinin miktarlarına bağlı olarak metaldeki Si içeriğinin daha da aşağılara çekilebileceği ikincisi ise Mn değerinin daha düşük tutulması ile (örneğin % 0.30 gibi) işlenebilirliğin ve % uzama değerinin daha da arttırılabileceğidir. Standart, yine metaldeki %Si içeriği arttıkça karbon değerinin de düşürülmesi gerektiğini belirtmektedir.



Şekil 6. Demir kafesi içerisinde çözülmüş atomların akma mukavemetindeki artışa etkilerini gösteren grafik.

Yeni tip sfero dokme demirlerin sahip olduğu yüksek akma mukavemeti ve %uzama gibi yüksek mekanik özelliklerin en önemli noktası demir kafesi içerisinde çözünebilen ve dislokasyonların önünde engel teşkil eden atomların demir kafesi içerisine yerleştirilmesi ön plana çıkmıştır.

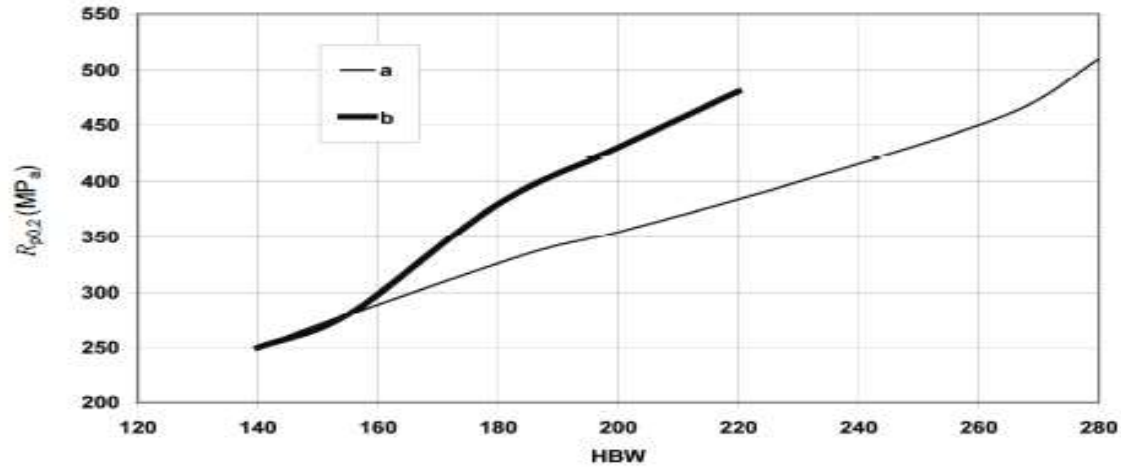
Yukarıdaki şekilde Fe kafesi içerisinde çözünebilen atomlar S. Schmauder ve Ch. Kohler tarafından 2011 yılında yayınladıkları “Atomistic Simulations of Solid Solution Strengthening of α -iron” isimli makalelerinde verilmiştir.



Şekil 7. Yeni Nesil Dökme Demirlerin Akma Muk. Kopma Muk Oranının Klasik Sfero Dökme Demirler İle Karşılaştırılması(EN 1563:2012).

Yüksek Silisli yeni nesil dökme demirlerde akma mukavemetlerinin kopma mukavemetine oranı % 75-85 iken bu oran klasik dökme demirlerde % 55-65 arasındadır.

Bu oran dökme demirin akma mukavemetinin kopma mukavemetine bölünmesiyle elde edilen orandır. Bu yüksek akma mukavemeti de tasarımcıya et payını azaltarak parça ağırlığını hafifletme vede daha güçlü araçlar yapma imkanını sunmaktadır.



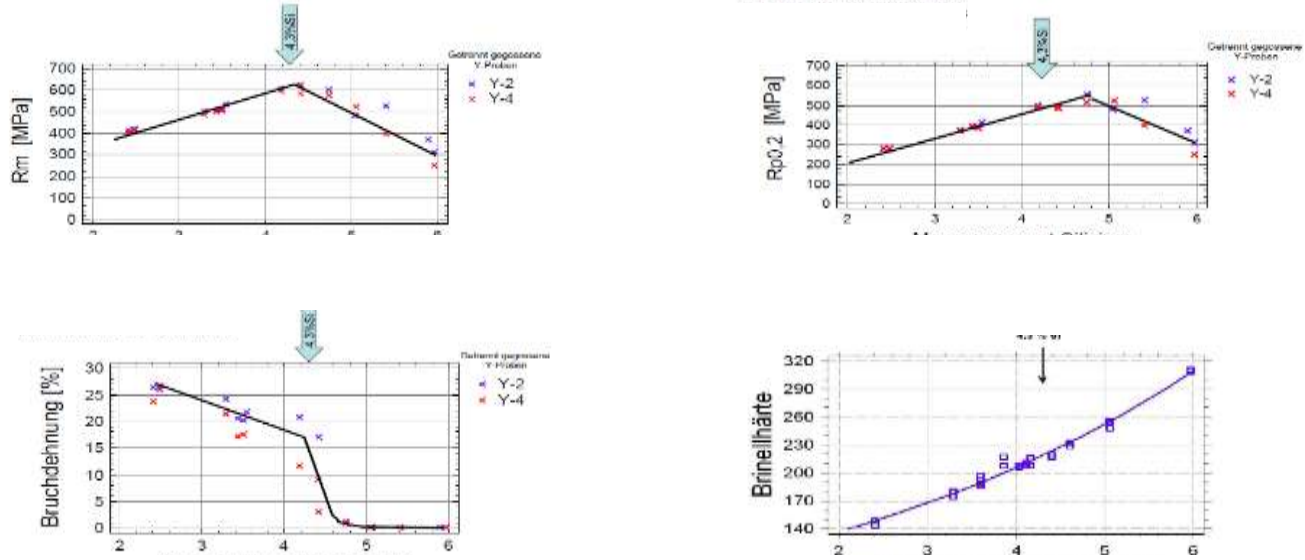
Şekil 8. Klasik ve yeni nesil sfero dökme demirlerin aynı sertliklerde vermiş oldukları akma mukavemetlerinin karşılaştırılması (EN 1563: 2012).

Yeni nesil dökme demirlerin bir diğer özelliği de homojen sertlik dağılımına sahip olmaları ve yine aynı sertlik değerlerinde klasik sfero dökme demirlere göre daha yüksek akma mukavemetine sahip olmalarıdır.

Bu ilişki de standartta yine açıklamalar kısmında bir grafikte verilmiştir.

Yukarıdaki grafikte koyu renkli (b) çizgi yeni nesil dökme demirleri ve ince çizgi de (a) klasik dökme demirleri göstermektedir.

Grafiktende görüleceği üzere aynı sertlik degerinde yeni nesil dökme demirler daha yüksek akma mukavemetine sahiptir.

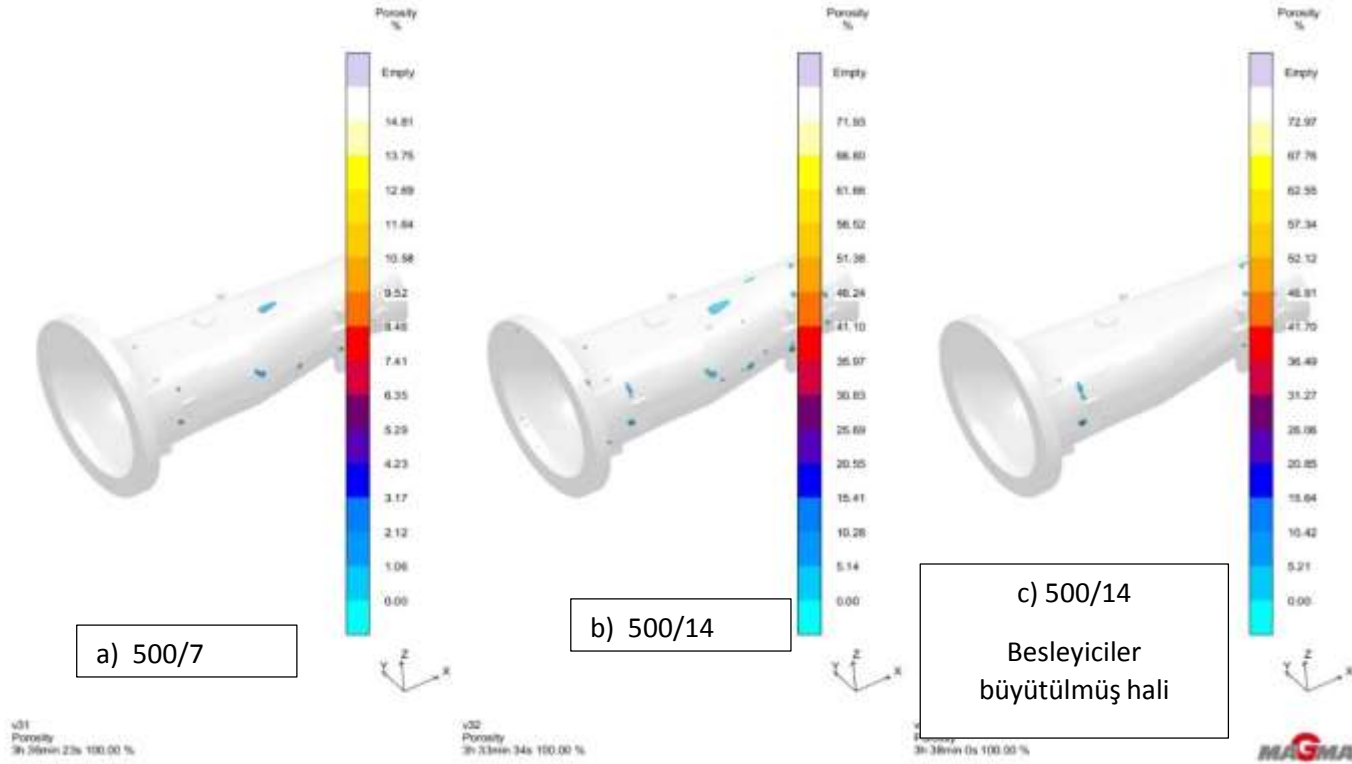


Şekil 9. Si elementinin yeni nesil dökme demirlerde mekanik özelliklere etkisi.

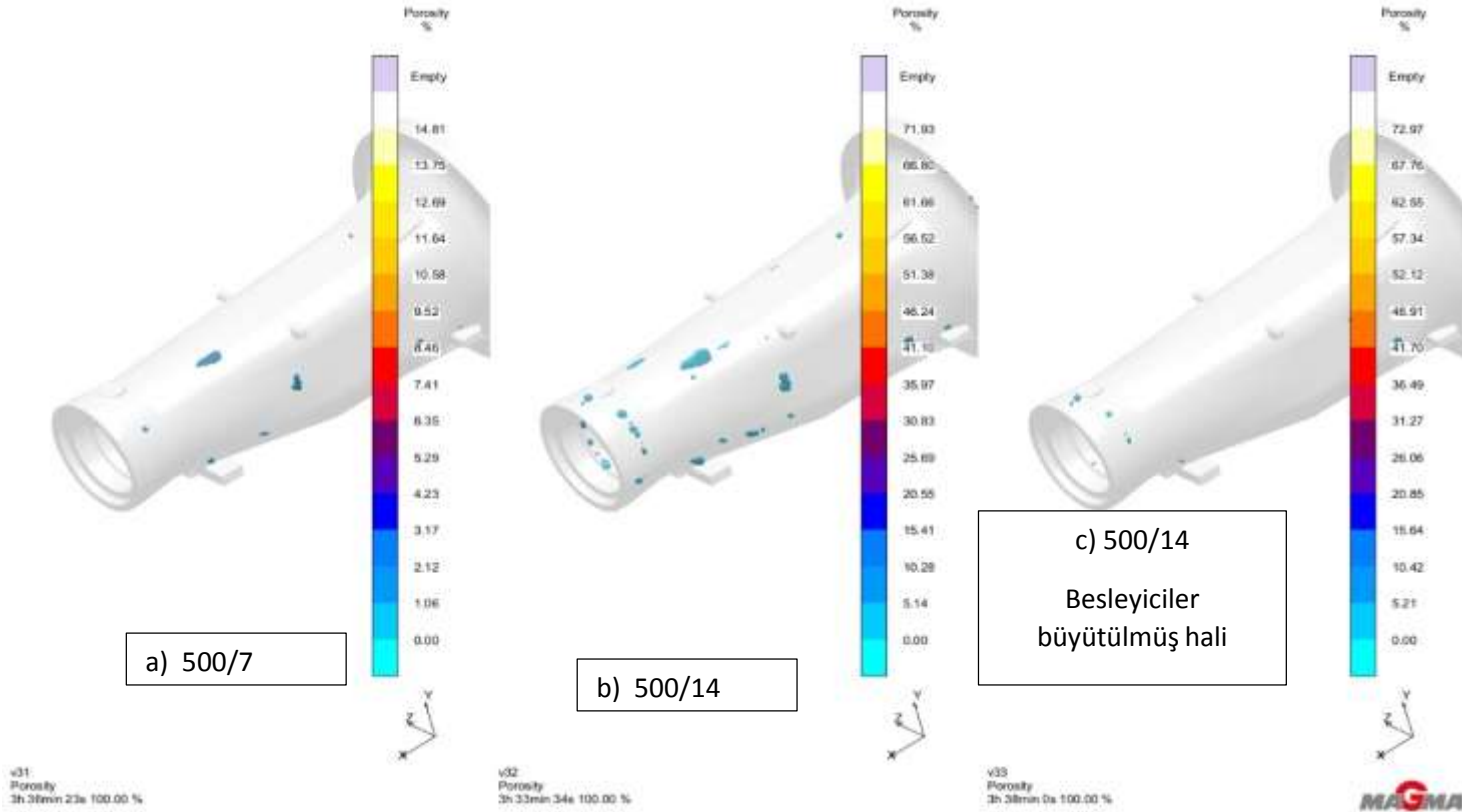
Yukarıdaki grafiklerde %Si değerinin mekanik özelliklere olan etkisi görülmektedir.

% 4.3 Si değeri sünek gevrek geçiş sıcaklığı açısından son derece kritik bir noktadır.

Bu nedenle %Si değerinin doğru olarak ölçülmesi büyük önem arz etmektedir.



Şekil 10. Aks Kovanı büyük kafa tarafı çekinti simülasyon sonuçları.



Şekil 11. Aks Kovanı küçük kafa tarafı çekinti simülasyon sonuçları.

Kimyasal analizde %Si arttıkça parçada boyutsal olarak çekme oranı artarken aynı zamanda çekinti özelliği de artış göstermektedir.

Bu nedenle kimyasal analizde %Si elementinin dar limitlerde değişimi ve tabii ki doğru analiz yapılması son derece önemlidir

Yeni nesil sfero dokme demirlerin nispeten yuksek cekinti riskinden dolayı mevcut döküm parcalarda yeni nesil malzemeye geçişte besleyici ve yolluk dizaynlarının değişmesi gibi ek işlemler gerekecektir.Parçanın sağlam dökülebilmesi için mühendislik ve Ar-Ge Çalışmaları önem kazanacaktır.

Sıfırdan yapılan tasarım çalışmaları ise çok daha kolay olacaktır. Zira henüz 3 D çizim aşamasında iken yapılan simülasyonlarla parçanın hangi bölgesinde çekinti çıkacaksa ana sanayi ile birlikte çalışılarak tasarım değişikliği yapılabilmekte ve müşteriye öneriler sunulabilmektedir.

1-) Yüksek silisli yeni nesil dökme demirlerin otomotiv sektöründe de kullanımları mümkün olabilir.

Özellikle akson ve diğer sfero parçalarda yapılacak dizayn değişiklikleri ile ağırlıktan tasarruf etmek amacıyla ana sanayi ile dökümhaneler arasında ortak projeler yapılabilir.

Hatta daha da ileri gidilerek SSF ADI akson üretim çalışmaları projelendirilebilir. Bu konudaki araştırmalar da umut vericidir.

2-) SSF CGI malzemeler normal perlitik CGI motor blok ve motor blok kafası parçalarındaki işlenebilirlik problemlerine çözüm olarak geliştirilmiş malzemeler olup, ana sanayi ile birlikte ortak projeler geliştirilebilir.

3-) Mevcut tüm sfero parçaların da direkt simülasyon çalışmaları yapılarak yeni nesil dökme demirlere döndürülmeleri mümkündür. Burada her zaman müşteri ihtiyaçları ve hedeflerine göre çalışmalar yapılmalıdır.

Bazen müşterinin işlenebilirlik problemi malzeme değişikliğine önderlik ederken bazen de müşterinin ihtiyaç duyduğu daha yüksek mukavemet ve uzama değerleri bu malzemelere olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bazen de müşterinin kullandığı çelik kaynaklı bir konstrüksiyonu ortadan kaldırma çabası fikri bu malzemeleri kullanmaya önderlik etmektedir.

Amaç parçanın ağırlığını azaltmak ve dayanıklılığı artırmaktır. Bunu yaparken de parçadan beklenen yorulma dayanımı özelliklerinin de gözardı edilmemesi gerekmektedir.

Bu nedenle; gerek 500-14 ve de gerekse 600-10 yeni nesil dökme demirlerin klasik dökme demirlerle karşılaştırmalı olarak yorulma dayanımları incelenmiş ve araştırılmıştır. Bu konularda ülkemizde İTÜ’de yüksek Lisans Tez çalışmaları ve çeşitli yayınlar yapılmıştır. Yurtdışında da pek çok araştırma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.