

LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİK ADIMLARI VE MİKROYAPI ANALİZLERİ

Mustafa Özgül ABAY

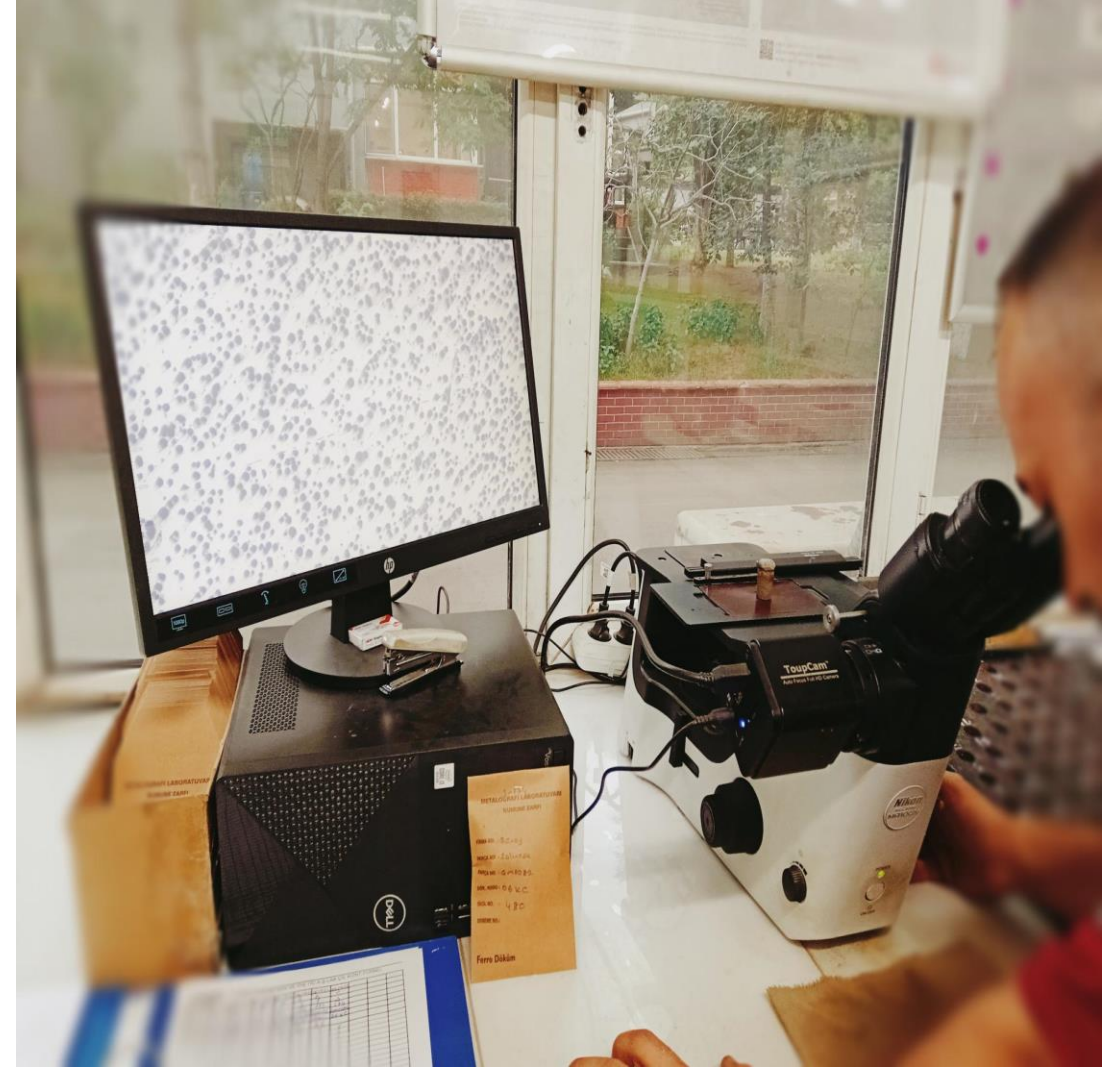
Ferro Döküm Sanayi ve Dış Ticaret A.Ş. , Kocaeli, Türkiye

1. Giriş
2. Metalografi Tanımı
3. Metalografik Adımlar
4. Lamel ve Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Metalografi Analizleri
5. Sonuç

Bu çalışmada uygun bir mikroyapı analizi yapmak adına tüm metalografik adımlar belirtilmiş ve yapılan mikroyapı analizleri sonucunda üretim prosesinde alınabilecek önlemler, vaka çalışmaları üzerinden değerlendirilmiştir.

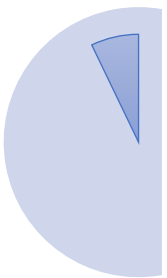
Metalografi bilimi sayesinde fiziksel metal biliminin bizlere verdiği fotoğraflar analiz edilip, ürünlerin mekanik özellikleri hakkında yorum yapılmaktadır.

Dökülen parçaların servis performanslarını etkileyecek türlü parametreler, düzgün bir metalografik analiz adımlardan sonra ortaya çıkacaktır.

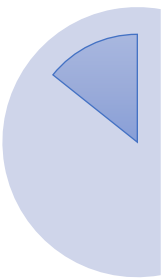


Metalografi İle Hangi Bilgilere Ulaşabiliyoruz ?

- ☐ Katılaşma hızının etkileri
- ☐ Çekinti oluşumu
- ☐ Malzemenin sünekliliği
- ☐ Akma dayanımı
- ☐ Gevreklik ve sertlik performansı
- ☐ Isıl işlem ile değişen ya da değişmesi muhtemel yapıları
- ☐ Kimyasal analiz içinde standartların dışında kalan oranları ve bu elementlerin kimliği hakkında yorum yapabilmeyi
- ☐ Aşılamanın ve kullanılan ilave şartlandırıcıların etkinliğini
- ☐ Malzemenin ısı iletkenliğini,
- ☐ Termal dayanım bilgileri
- ☐ Hata analizleri
- ☐ Çekme dayanım bilgileri
- ☐ Malzeme karakterizasyonu hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır.

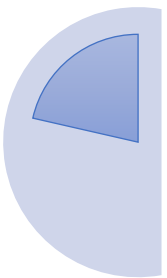


Kesme

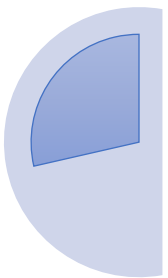


Kaba

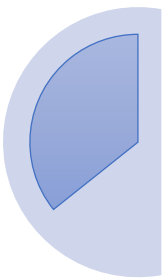
Zımparalama



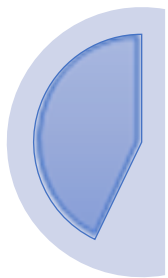
Bakalite Alma



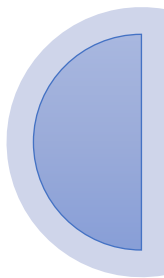
İnce Zımparalama



Kaba Parlatma



İnce Parlatma



Dağlama

Numune Alınırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar Nelerdir ?

Numune alınırken belirlenen en önemli unsur parçanın bütününe temsil etmesidir.

Numuneyi alırken, hedeflenen veriye ulaşmak için enine ya da boyuna kesitten numune alınması doğru olacaktır. Enine ve boyuna kesitten alınan veriler amaca göre farklılıklar göstermektedir.

Enine Kesit Alınması Gereken Durumlar

- Genel Mikroyapı İncelemeleri
- Karbonlaşma Derinliği ve Bölgenin İç Yapısı
- Dekarbürizasyon Derinliği
- Oksitlenme Derinliği
- Kaplama Kalınlığının Tespiti

Boyuna Numune Alınması Gereken Durumlar

- Genel Mikroyapı İncelemeleri
- Isıl İşlem Görmüş Yapılar
- Plastik Deformasyon Görmüş Yapılar

Numune Nereden Alınmalıdır ?

Üreticiler, ya parçalarında fire çıkmasını ümit ederek bu kontrolleri yapmakta ya sağlam parçalarını belirli periyotlar ile bu analiz için feda etmekte ya da parça yolluklarından alınan numuneler ile mikroyapı analizlerini gerçekleştirmektedirler.

Parçadan Alınan Numune

- Parçanın Gerçek Soğuma Koşullarını Yansıtır.
- Tahribatlı analizdir.

Dışarıdan Alınan Numune

- Parçanın Soğuma Koşullarını Yansıtmaz
- Dışarıdan Alınan Numune ile Parçanın Kalıp Bozma Zamanları Eşleşmeyebilir.
- Geç Aşılایıcıların Miktarı Parça Ağırlığına Göre Belirlenemeyebilir.
- Sönümlenme Parçanın Gerçek Kimliğini Yansıtmayabilir

Parça Yolluklarından Alınan Numune

- Parçanın Soğuma Koşullarını Yansıtmaz
- Parçada Sürekli Olarak Sıcak Kalan Bölge, Mikroyapı Analizini Yanıltabilir.
- Parçalara Göre Değişen Yolluk Kalınlıkları Mikroyapı Analizini Yanlış Yönlendirebilir.

Tahribatsız muayene olarak değerlendirilmezler. Elde edilen veriler ile parça arasında korelasyon kurulur.

Kesme İşleminde Dikkat Edilmesi Gerekenler Nelerdir ?

- Kesme işleminde en çok dikkat edilmesi gereken nokta ısı kesme metotlarının kullanılmaması ve kesme işlemini yapan makinenin sadece laboratuvar için kullanılmasıdır.
- Plastik deformasyondan ve sürtünmeden dolayı yanma belirtilerinden kaçınmak gerekmektedir.
- Kesme işleminde kullanılacak olan diskler, analizini yaptığımız numunenin mekanik özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Malzemenin yüksek ya da düşük alaşımlı olması veya sert ya da yumuşak olması gibi parametreler disk seçiminde önemli noktaları oluşturmaktadır.

Al₂O₃ Diskler

- Düşük Alaşımlı Çelikler
- Paslanmaz Çelikler
- Nikel Alaşımlar

SiC Diskler

- Bakır Alaşımlar
- Dökme Demirler

Kübik Boron Nitrür Diskler

- Çok Sert Demir Grubu Malzemeler

Bakalit Bağlayıcı Diskler

- Sinterlenmiş Karbür Türü Malzemelerde

Metal Bağlayıcı Diskler

- Seramik Malzemeler
- Gevrek Malzemeler

Kaba ve İnce Zımparalama Nedir ve Zımparalama İşleminde Dikkat Edilmesi Gerekenler Nelerdir ?

Kaba zımparalama: Bu kademe numune kesme işlemine tabi tutulduktan sonra keskin köşelerin giderilmesi için tercih edilir. 60,80,120,180 numaralı zımparalar kaba zımparalardır. Bu işlemlerden sonra yüzeydeki pürüzlülük değerleri 10 – 100 μ değerlerine kadar indirilebilir

İnce zımparlama: Kaba zımparanın bıraktığı çiziklerin giderildiği kademedir. Bu kademedede; 240, 320, 400, 600, 800 numaralı zımparalar bulunmaktadır. Parlatma makinesinin performansı ve işlem adımlarına göre daha ince zımparalardan olan 1000 ya da 1200 numaralı zımparalar eklenebilir. Bu zımparalama işleminde yüzey pürüzlülüğü 1 μ seviyesine kadar indirilebilir.

Zımparalamada Dikkat Edilmesi Gerekenler

Bir sonraki zımpara kademesine geçerken, partiküllerin temizlenmesi ve numuneye partiküllerin yapışmaması için el ve numenin yıkanmasına özen gösterilmelidir.

Sert malzemelerde düşük zımpara hızları seçilmelidir. Artan zımpara hızları yüzeyde ısınmaya yol açacağından dolayı, ısıya karşı hassas malzemelerde dikkat edilmesi gerekir.

Grafitlerin kaybolmaması adına 400 – 600 numaralı zımparalarda su kullanılmayabilir. 240 ile 320 numaralı zımparalarda su kullanılmalıdır.

Her kademeye geçişte numune 90° kadar döndürülmelidir.

Kaba ve İnce Parlatma

Kaba parlatma esnasında numune merkezden çevreye doğru olacak şekilde çevrilmelidir ve numune; parlatma diskinin dönme yönünün tersine olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Kullanılan aşındırıcının numunede gerekli kesme işlemini yapabilmesi için, aşındırıcının performansı göz önüne alınarak parlatma işlemi yapılmaktadır. Elmas solüsyon ile yapılan bir numunedeki kesicilik ile Al_2O_3 arasında bir fark olacaktır. Bu fark parlatma işleminin manuel tekniğine etki edebilir. 0,05 mikronluk Al_2O_3 ile yapılan son işlem ise ince parlatma olarak kabul edilir.

Parlatma Kademesinde Dikkat Edilmesi Gerekenler Nelerdir ?

- Parlatma kumaşı, parçaya uygun şekilde seçilmelidir.
- Parlatma kumaşının nem oranı kontrol edilmelidir. (yeterli nem olmalı ki uygun yağlama yapılabilsin, fazla nem ise numune yüzeyinde bir su tabakasının oluşmasını sağlar)
- Parça kimyasal analizine göre uygun aşındırıcı seçilmelidir
- Manuel bir uygulama yapılmaktaysa; tecrübeli kullanıcılar tarafından yapılması gerekmektedir.
- Aşındırıcının miktarına bağlı bir durumdur.

SiC

- Mohs ölçeğine göre değeri 9,5 dir.
- Kaba parlatmaya uygundur.
- Taneleri köşeli ve çıkıntılıdır.
- Taşlama işlemi için uygundur.

Al_2O_3

- Mohs ölçeğine göre değeri 9,1 dir.
- Kaba parlatma için 15 ila 0,3µ arasında uygundur.
- İnce parlatma için 0,05µ uygundur.

MgO

- Al ve benzeri yumuşak malzemeler için kullanılır.
- Kullanım esnasında nem oranına dikkat edilmelidir.
- İnce parlatma için uygundur.

Fe_2O_3

- Genellikle 3 mikron kalınlığında ince parlatmaya uygundur.

Zımparalama ve Parlatma Kademelerinde Görülen Hatalar Nelerdir ?

Hata Adı	Görüldüğü Yer	Hata Çözümü
Çizik	Genellikle Yumuşak Yapılı Ferritik Dökme Demirler	• Bir önceki kademelerde çizikler giderilmelidir. • Parlatma kumaşı temizlenmelidir çünkü numuneyi her adımdan sonra numune yüzeyindeki parçacıklardan arındırmak gereklidir. • Al_2O_3 yerine MgO tercih edilebilir.
Grafitlerin Kaybolması	Genellikle Lamel ve Küresel Grafitli Dökme Demirlerde	• Uzun süreli parlatmanın grafit ve matris arasında erozyona yol açmasından dolayı kısa parlatma sürelerinde çalışılması gerekmektedir.

Numuneyi Hangi Durumlarda Bakalite Almalıyız ?
Kullanılan Reçineler Hangileridir ?

Aldığımız numunenin metalografi analizi için küçük olması durumunda rahatça bir tutuş sağlanabilmesi ve numune kenarlarının daha düz bir şekilde olması için bakalite alma tercih edilmektedir. Uygulanacak kalıplama yöntemi, tercih edilecek reçinenin cinsine göre değişkenlik göstermektedir.

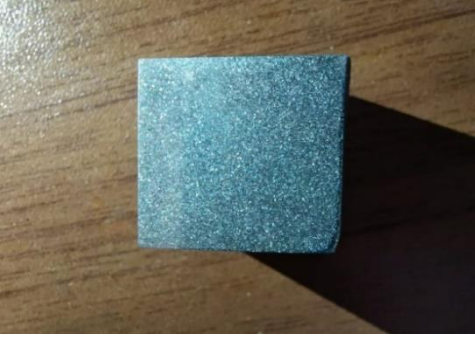
Malzeme	Akrilik	Polyester	Epoksi
Katılaşma Süresi – 18 C	15 dk	40 dk	8 saat
Çekme	Az	Yüksek	Çok Az
Fiyat	Pahalı	Ucuz	Normal
Özelliği	Kolay İşlenir	Ucuza malolur	Düşük Vizkosite düşük buhar basıncı
Uygulama	Genel Metalografik Uygulamalar	Çok Sayıda Numune	Mineroloji

Dağlama Nedir ve Dağlama Çeşitleri Nelerdir ?

- Dağlama reaktifi ile numunenin fazları arasında meydana gelen anodik ve katodik fazlar; yüksek potansiyel ve düşük potansiyelli reaksiyonlar oluşturur.
- Seçmiş olduğumuz reaktifin etki edeceği alanlar, mikroskoptan gönderilen ışınları difraksiyona uğratarak kararmasına ya da açık renkli görünmesine yol açacaktır.
- Ortaya çıkan bu karanlık ve aydınlık bölgeler yüksek enerji potansiyeline sahip tane sınırlarında oluşan çukurlaşmalar sayesinde oluşan fazları diğerlerinden ayırt etme imkanı sunmaktadır.

DAĞLAMA TÜRÜ	REAKTİFLER	GÖRÜNEBİLECEK YAPILAR
Makro Dağlama	HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃ (Nitrik Asit)	- Porozite ve Çatlaklar - Dendritik Yapı - Yüzey Sertleşmeleri - Kaynaklı Yapılar - Karbürler
Mikro Dağlama	Pikrik Asit (C ₆ H ₃ N ₃ O ₇), HNO ₃ (Nitrik Asit)	- Ferrit Oranı - Perlit Oranı - Fe ₃ C Oranı - Steadit Fazı - İnklüzyonlar

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



%3 Nital ile dağlanmış
numune



% 3 Nital ile uzun
dağlanmış numune



Yeterli parlatma yapılamadığı için
dağlama sıvısının homojen olarak
dağılmaması

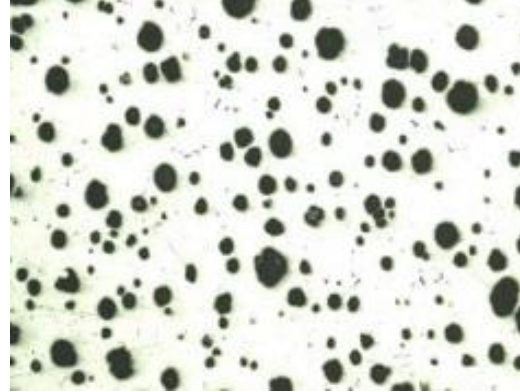
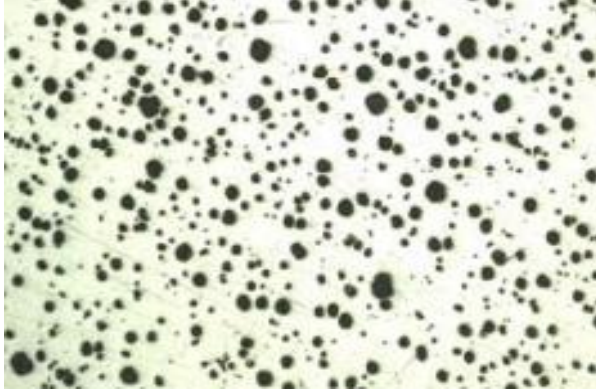
Sorun Ne ?

Parça üzerinde homojen bir
dağlayıcı sıvısının olmaması,
fazların doğru bir şekilde
görülmesini engelleyecektir

Sorunun Çözümü:

- Zımparanın yapıldığı makinenin genel balans kontrolleri periyodik olarak yapılmalı ve bakımları eksik edilmemelidir.
- Numunenin kimyasal analizine uygun dağlayıcı sıvı seçilmeli ve dağlayıcı sıvının uygulayış biçimine göre süresi belirlenmelidir.

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ

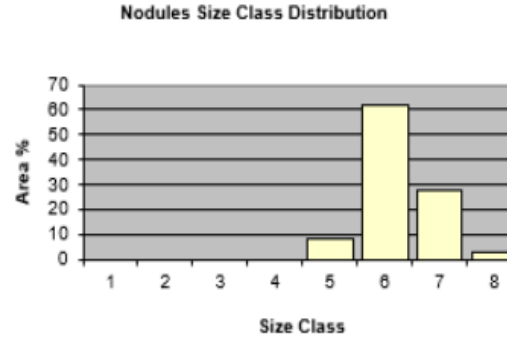
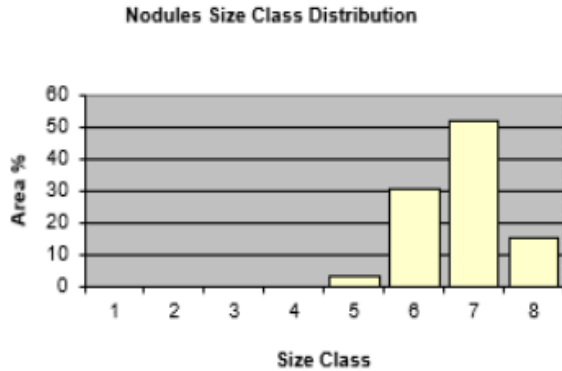


Sorun Ne ?

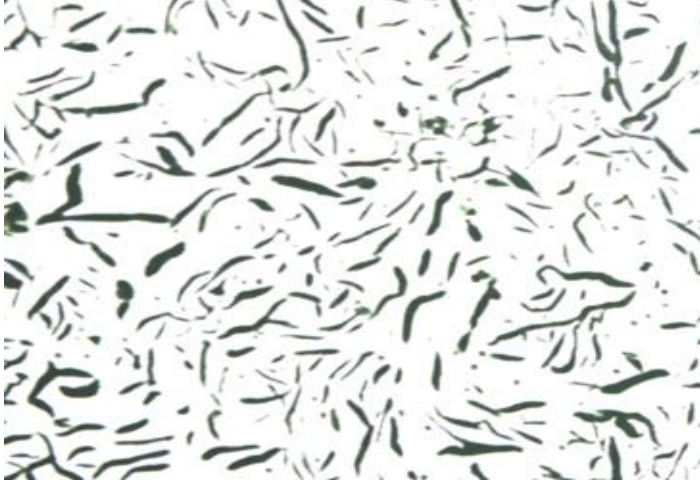
Aynı kimyasal analize sahip iki mikroyapı da görülmektedir ki ; a mikroyapı resminde milimetre karede 704 nodül hesaplanırken, b mikroyapısında 313 nodül hesaplanmıştır.

Sorunun Çözümü:

- Dökülen parçanın kesit kalınlığı ve istenen mekanik özelliklere göre uygun aşılama miktarının belirlenmesidir.
- Yapılan termal analiz ile belirlenebileceği üzere; çekirdeklenmenin katılaşmanın son safhasına kadar devam edebilmesi için uygun aşılama miktarının tespiti gereklidir.



4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



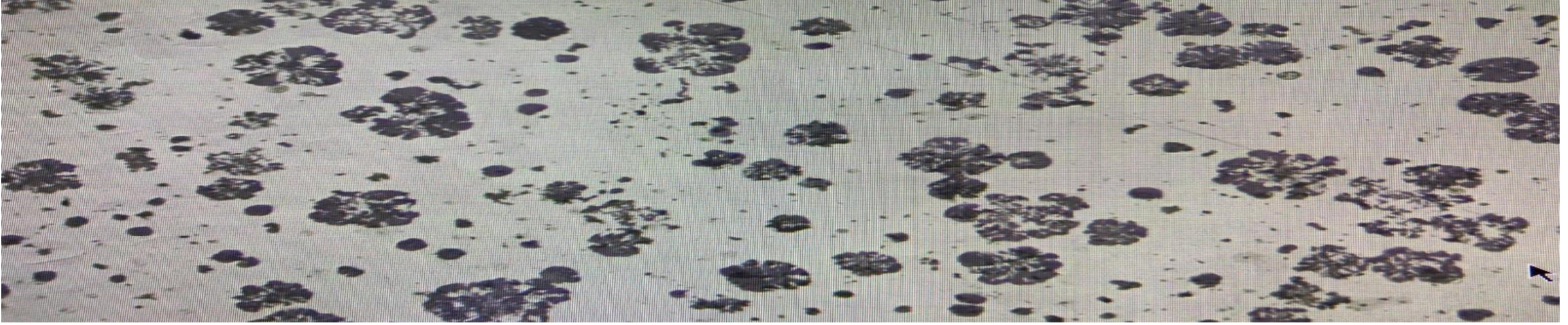
Sorun Ne ?

Aynı kimyasal analize sahip ancak farklı aşılama oranları ile değişen yapıları göstermektedir. Sağdaki resim mekanik özelliklerinin iyi olmasının beklendiği ve hedeflenen A tipi grafit yapısını gösterirken, soldaki resim ise grafit yapısının bozulduğu D tipini göstermektedir.

Sorunun Çözümü:

- Yapılardan anlaşılmaktadır ki A ve D tipi grafitlerin birbirlerine olan mesafeleri; sıvının çekirdeklenme koşullarına bağlı olarak değişen alt soğuma miktarına göre değişmektedir.
- Ayrıca iyi bir aşılama pratiğine rağmen sıvı metalde yeterli MnS bileşiğinin sağlanamayışı; A tipi mikroyapıdan D tipi mikroyapısına geçişi tanımlayan transisyon noktasına yaklaşma ihtimalini arttırmaktadır.
- Sıvıda aşının doğru bir şekilde etkinlik gösterebilmesi adına mutlaka Mn (Mangan) ve S (kükürt) bulunmak zorundadır

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



Sorunun Çözümü:

- Dökümhaneler mevcut koşullarını iyileştirmek adına FeSiMg içeriklerine %1'e kadar RE içeriği isteyebilmektedir.
- Lantanit grup olarak adlandırılan RE; içeriğinde bulunan La, Ce, Pr, Nd, Eu gibi elementler ile hafif ve ağır RE olarak ayrılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan RE içeriğinde La ve Ce bulunmaktadır. . Bu içerikler özellikle ocakta şarj edilen malzemelerin giriş kontrollerinin yapılamadığı ya da istenmeyen elementlerden olan Ti, As, Sn, Sb, Pb varlığı ile kullanılmaktadır.
- RE, istenmeyen bu elementlerin zararlı etkilerini nötralize etmektedir ancak sıvı metalde istenmeyen element bulunmamasına karşılık ısrarla kullanılacak bu ürünler, parça yolluklarında birikmesinden dolayı belirli bir zamandan sonra mikroyapıda bozulmalara yol açmaktadır.

Sorun Ne ?

Küresel grafitli dökme demirde patlak nodül hatası görülmüştür.

$$S = 44 \times \% Ti + 2 \times As + 2,3 \% Sn + 5 \times \% Sb + 290 \times \% Pb + 370 \times \% Bi + 1,6 \times \% Al$$

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



Sorun Ne ?

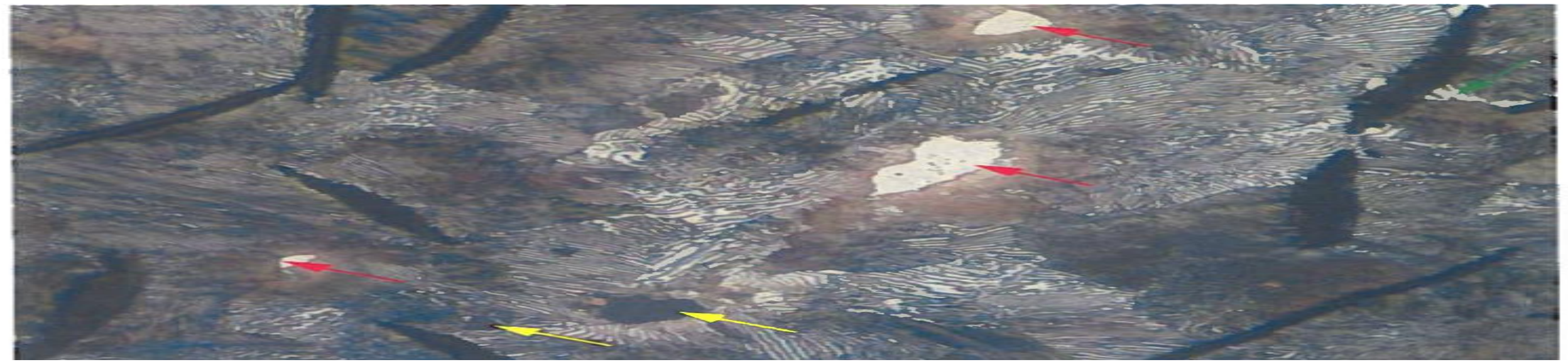
Sarı ok ile gösterilmektedir ki mikroyapıda inklüzyon görülmektedir.

Sorunun Çözümü:

- MnS inklüzyonları ise lamel grafitli dökme demir yapılarında sıklıkla karşılaşılr.
- Yapıdaki kükürdün demir ile yapacağı ve düşük ergime sıcaklığına sahip bir faz oluşturan FeS oluşumunu engellemek için bir miktar Mn ile desteklenmesi gerekir.

$$\% \text{ Mn} = \% 1,7 \times \% \text{ S} + 0,3$$

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



Sorun Ne ?

Kırmızı ok ile gösterilen faz steadit fazını göstermektedir.

Sorunun Çözümü:

- Kimyasal analize akıcılığı arttırması adına konulan P içeriğinin genellikle %1,0 seviyesinin üzerine çıkmasıyla görülmektedir.
- Bu yapı dökme demire kırılgnlık vermekte, mikroçekinti ihtimalini arttırmaktadır. Bu problemin oluşmaması adına kimyasal analizde fosfor içeriğini arttıracak girdi malzemelerin kontrolleri doğru yapılmalı, ilave edilen fosforun steadit faz oluşumunu engellemek adına; şarj talimatları, aşılama pratikleri ve soğuma koşulları gözden geçirilmelidir.

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



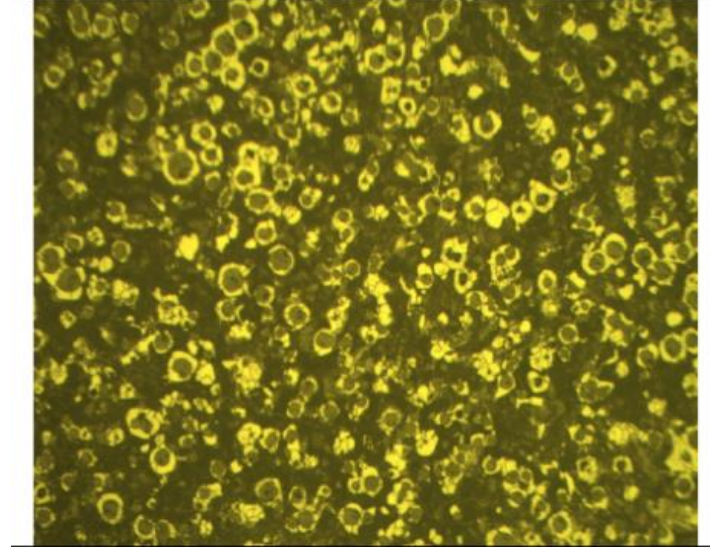
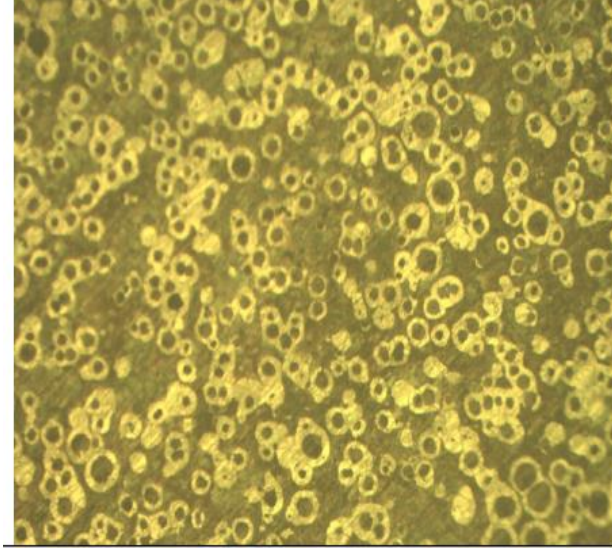
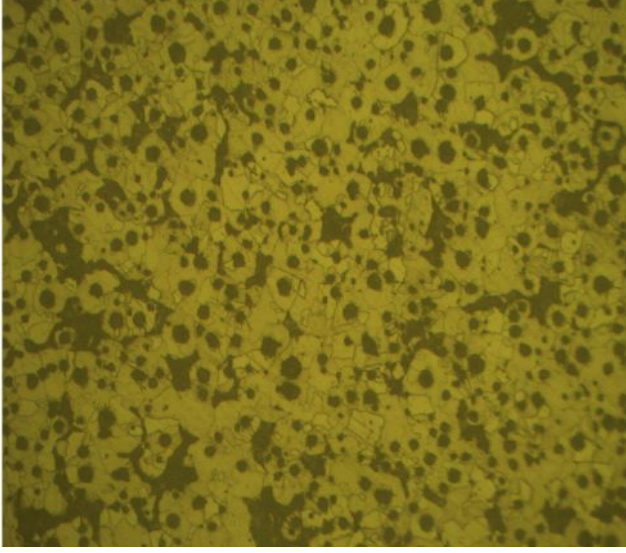
Sorun Ne ?

Görülen mikroyapı küresel grafitli mikroyapıda istenmeyen fazlardan olan Fe_3C (demir-karbür) yapısını göstermektedir.

Sorunun Çözümü:

- Karbür oluşumu özellikle döküm süresinin uzamasına bağlı olarak aşının sönümlenmesinin gerçekleştiği; geç aşılama ya da kalıp içi aşılama yöntemlerinin uygulanmadığı durumlarda gerçekleşebilmektedir.
- Küresel grafitli dökme demirlerde oluşan küre yapısının düşük oranda yüzey alanına sahip olması ve lamel grafitli dökme demirlere göre grafit büyüme süreçlerinin yavaşlamasından ötürü karbür oluşumu tetiklenmektedir.
- Ayrıca nodülleştirici element olarak tercih edilen Mg'un primer karbür oluşturucu olduğu bilinmektedir. Yoğun karbür yapıcı elementlerden olan Mg, sıvı metal içerisinde yeterli O ve S ile reaksiyona girmezse, Mg yoğun bir karbür oluşumuna neden olabilir.

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ

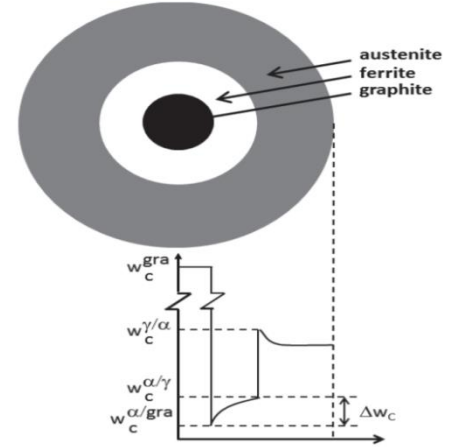


Sorun Ne ?

Farklı analizlerdeki küresel grafitli dökme demirlere ait mikroyapı görüntüleri yer almaktadır. Yapıdaki perlit oranının artmasına rağmen nodüllerin etrafındaki ferrit tabakasının varlığını sürdürmektedir

Sorunun Çözümü:

- Kimyasal analiz ferritik yapıdan perlitik yapıya doğru bir dönüş sergilese de nodüllerin etrafında kalan ferritik faz yok olmamaktadır.
- “Bull-eyes” olarak adlandırılan bu durum, grafit-östenit arasındaki karbon difüzyonundan kaynaklı bir durumdur.
- Kimyasal analizi her ne kadar perlitik yapsak dahi nodüllerin etrafında bir miktar ferritin kalma sebebi bu olmaktadır. Ayrıca kimyasal analize perlitik ya da ferritik yapması için ilave edilen elementler östenit ve grafit arasındaki mesafelerinde değişmesine neden olmaktadır.



LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



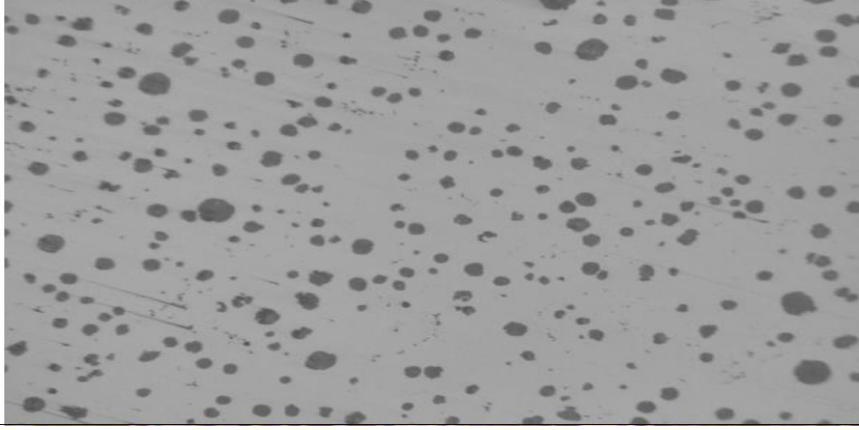
Sorun Ne ?

Mikroyapıda boşluklar tespit edilmiştir. Bu boşluklar gaz kaynaklı boşluklardır.

Sorunun Çözümü

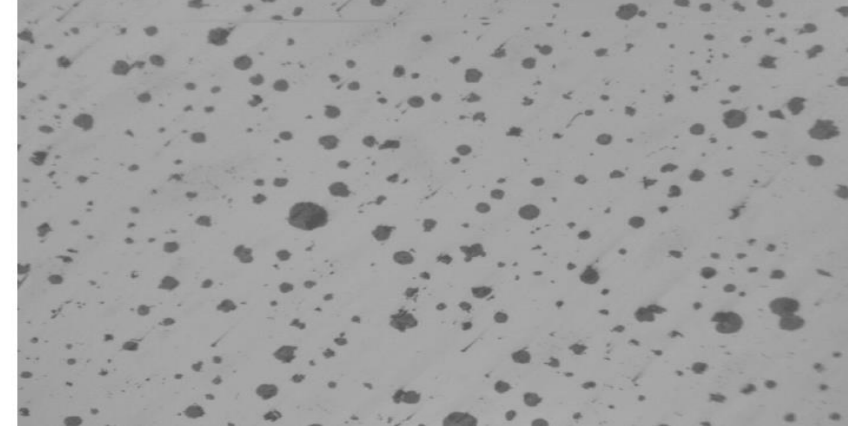
Hidrojen kaynaklı gaz hatasının en temel nedeni kalıp kumu, maça boyası, nemli refrakter, soğutucu ve suortların yüzeylerinde bulunan nem den dolayıdır. Hidrojen pinhole hatalarına mani olmak için kalıp kumunun gaz geçirgenliğinin yüksek olması gerekir. Bu nedenle kalıp kumu içindeki toz ve ince taneler kontrol altında tutulmalıdır.

4. LAMEL VE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN METALOGRAFİ ANALİZLERİ



Sorun Ne ?

Görülen küresel grafitli dökme demire ait mikroyapılar; aynı ocaktan aynı üretim koşullarınca dökümü yapılan parçalara aittir ancak sağdaki mikroyapıda nodüllerin küresellik derecesi, solda bulunan nodüllerin küreselleşme değerlerinden daha iyi olmaktadır. Küresel yapının avantajından kaynaklı parçadan beklenen mukavemet ve süneklik, küreselleşme değerinin düşmesiyle birlikte azaltmaktadır.



Sorunun Çözümü:

- Peş peşe yapılan tretmanlardan sonra görülmektedir ki her ne kadar pota boşalıyormuş gibi görünse de pota dibinde bir miktar sıvı metal kalmaktadır.
- Kalan bu sıvı metalin oksijen ile olan teması normal şartlarda oksijeni bağlaması için ilave edilen Mg'un etkinliğini azaltmaktadır.
- Bu durum grafitin etrafını östenit kılıfın tam anlamıyla sarmamasına ve grafitlerin büyümesi için difüze olan karbonun kendine en kolay olan yerden eklenip nodüllerin yapısının bozulmasına sebep olmaktadır.

Lamel ve küresel grafitli dökme demirlerin performansına arttırmaya yönelik yapılan önemli analizlerden biri metalografidir. Bu analizlerin tüm adımlarının uygun bir şekilde uygulanması ile parça muayenesi doğru bir şekilde yapılacaktır. Adımların uygulanmasındaki titizlik, parçanın katılaşma esnasında bizlere söyleyeceklerini gün yüzüne çıkaracaktır. Amaç doğru teçhizat ve teknik ile analiz yapabilmek olmalıdır.

Metalografik analizlerin doğru yapılması ile dökümhanelerde kontrol edilecek parametreler;

- ✓ Aşı miktarların ve etkinliğinin ölçülmesi ve parça kesit kalınlıklarına göre hedeflerin belirlenmesi
- ✓ Kimyasal analizdeki ferro alyajların etkilerinin görülmesi ve atılacak yeni adımlarla bu malzemelerin miktarının optimize edilmesi ya da şarj malzemesi olarak kullanılmaması
- ✓ Döküm sıcaklığının parçada olası etkileri
- ✓ Parça soğuma hızının tespiti yoluyla, grafitlerin gelişiminin takip edilmesi ve hedeflenen mekanik özelliklere erişilebilmesi
- ✓ Özellikle küresel grafitli dökme demirlerde besleyicisiz döküm için yapılan çalışmaların takibinin sağlanması
- ✓ Malzeme karakterizasyonu ve hata analizlerinin belirlenmesi
- ✓ Prosesteki uygulamaların etkinliğinin kontrolleri sağlanmış olmaktadır.

TEŞEKKÜRLER