

## METALOGRAFI ANA BİLGİLER (KISIM 1)

GİRİŞ :

Malzemelerin iç yapılarını inceleyen ve gerek üretim gerekse araştırma çalışmalarında mühendisliğe büyük katkıda bulunan METALOGRAFI, H.C. Sorby'nin 1860 lardaki öncü çalışmalarından sonra özellikle son 40 yılda oldukça ilerleme kaydetmiştir.

Metallerin mekanik, fiziksel, kimyasal, elektriksel özellikleri ile iç yapıları arasında doğrudan bir ilişki vardır. Dolayısıyla iyi bir içyapı karakterizasyonu ile malzemelerin servis ömrü, servis şartları gibi önemli özellikleri önceden tahmin edilebilir; üretim esnasında meydana gelen hataların sebeplerin araştırılmasında da ilk başvurulacak yöntem METALOGRAFİK çalışmadır.

En önemli metalografik inceleme aracı olan optik mikroskopların yanı sıra elektron mikroskoplarının da hızlı gelişmesi ile mikroyapı incelemeleri daha hassas yapılabilir hale gelmiştir. Çok kaliteli bir optik mikroskopun, yağlı objektif kullanılarak büyütmesi 2000 x (defa) mertebelerinde olup, ayırma gücü 1000 Å'ü aşmaz. Elektron mikroskopunun ayırma gücü ise 10 Å mertebesinde dir. (Not) Mikroyapının mikroskopta ay-

tılı bir şekilde görülebilmesi numune hazırlama tekniklerindeki başarıya bağlıdır. Bu teknikler; sırasıyla aşağıdaki gibi özetlenebilir.

NQT : Å = Angstrom. Boyutsal ölçü birimi olup, 1/1000 mikron veya mm nin 1 milyonda biri ölçüsündedir.

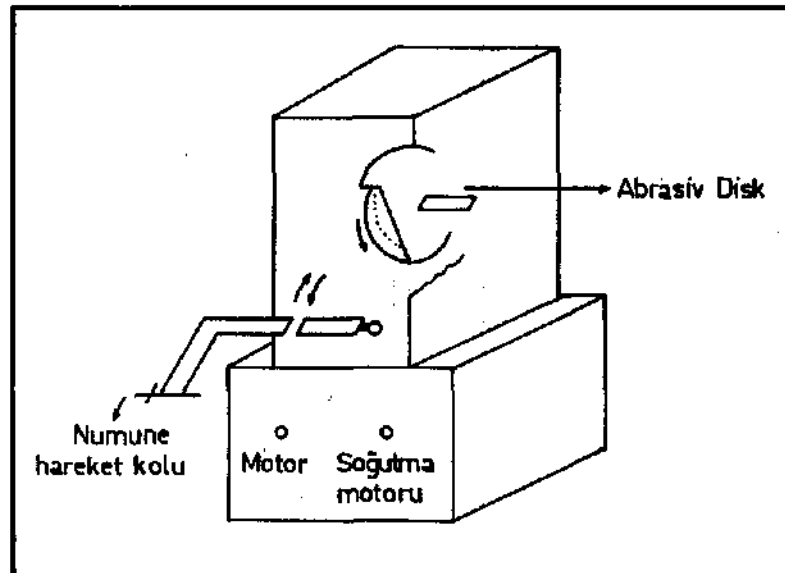
NUMUNE HAZIRLAMA TEKNİKLERİ1) NUMUNE ALMA :

Numune hazırlama oldukça uğraştırıcı bir işlem olduğundan numunenin alınması sırasında, alınacak bölgenin seçimine, numune boyutuna adedine parça içindeki oryantasyonuna dikkat edilmelidir.

2) KESME :

Bu işlemde dikkat edilmesi gereken nokta, uygulanacak kesme metodunun yapıyı önemli ölçüde değişikliğe uğratmamasıdır. Hasar derinliği kesme tekniği ve kesilen malzemenin cinsine bağlıdır. 350 H.B' den düşük sertlikteki malzemeler demir testere ile kesilebilir-sede en yaygın olarak Şekil 1'de görülen abrasiv diskli kesme makinaları kullanılır.

Ayrıca deformasyonun yani hasar derinliğinin minimum olması istendiğinde veya kesimi zor çok sert malzemelerde, elmas kaplı diskler kullanılır.



SEKİL 1 - Numune Kesme Makinası

### 3) KALIPLAMA :

Numuneler sıcakta ve basınç altında veya soğukta olmak üzere genel olarak iki metotla kalıplanır. Sıcakta ve basınçta kalıplama hidrolik preslerde 150°C civarında yapılır. Bu sıcaklık kalay, kurşun gibi metaller için yüksektir, bu yüzden bu tür malzemeler soğukta kalıplanır. Bakalit en çok kullanılan basınçla kalıplama tozudur. Kalıplamanın en büyük amacı numunenin elle tutulabilmesinde kolaylık sağlamaktır. Soğuk kalıplamada ise kullanılacak reçine türü düşük sıcaklıklarda sertleşebilen malzemelerden seçilir.

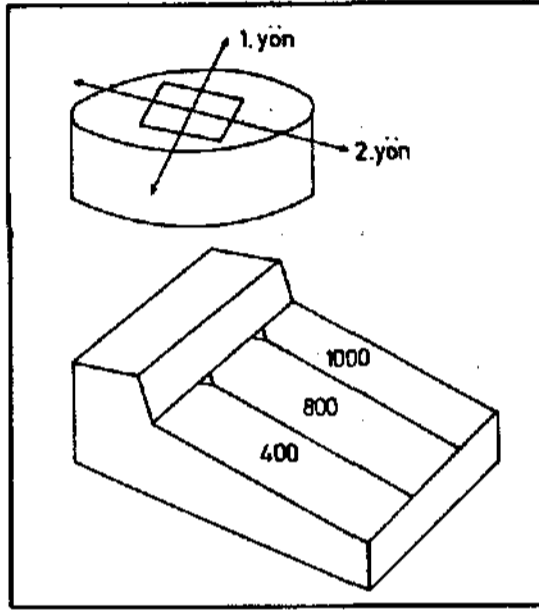
### 4) ZIMPARALAMA :

Amaç, kesme ile oluşturulan hasarlı yüzeyin uzaklaştırılması-

dır. Numuneler kaba olarak kalın taneli 80 ve 150 nolu SIC zımparalardan geçtikten sonra 240-320-400-600-800-1000 ve 1200 nolu zımparalardan Şekil 2'de görüldüğü gibi herbir kademede 90° yön değiştirilerek zımparalanır. 2. yön bir sonraki zımparalama yönüdür.

Şekil 2'de görüldüğü gibi numune suyun aşağı akışına imkan verecek şekilde, meyilli sert bir zemin üzerine bulunan çeşitli zımparalardan geçirilir.

Belirtilen zımpara numaraları, tane boyutunu gösterir. 80 nolu zımparadaki SIC tane boyutu 210-177 Mikron arası olup zımpara numarası büyüdükçe tane boyutu incelenir; 400 nolu zımparada 31-27 Mikron, 800 nolu zımparada ise 15-11 Mikrona kadar iner.



ŞEKİL - 2

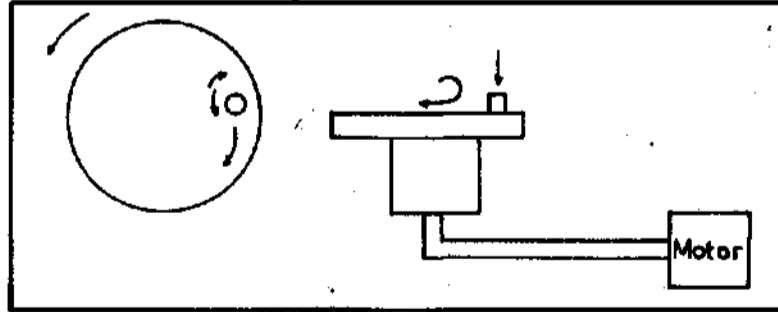
### 5) PARLATMA :

İnce zımparalama işleminden sonra, tamamen olmasa bile büyük ölçüde çizikten arınmış, düzgün, ayna gibi yansıtıcı özelliği yüksek yüzey elde etmek amacıyla parlatma işlemi yapılır.

Parlatma Şekil 3'de görülen makinalarda 1-30 Mikron arası SIC

$Al_2O_3$ ,  $MgO$ , elmas gibi aşındırıcılar kullanılarak yine sulu ortamda yapılır.

Numune Şekil 3'de görüldüğü gibi çarkın dönme yönünün tersine 3-4°'lik döndürmeler yapılarak, ayrıca basınç mümkün olduğu kadar homojen tutularak hareket ettirilir.



ŞEKİL 3 - Numune Parlatma Cihazı

#### 6) DAĞLAMA :

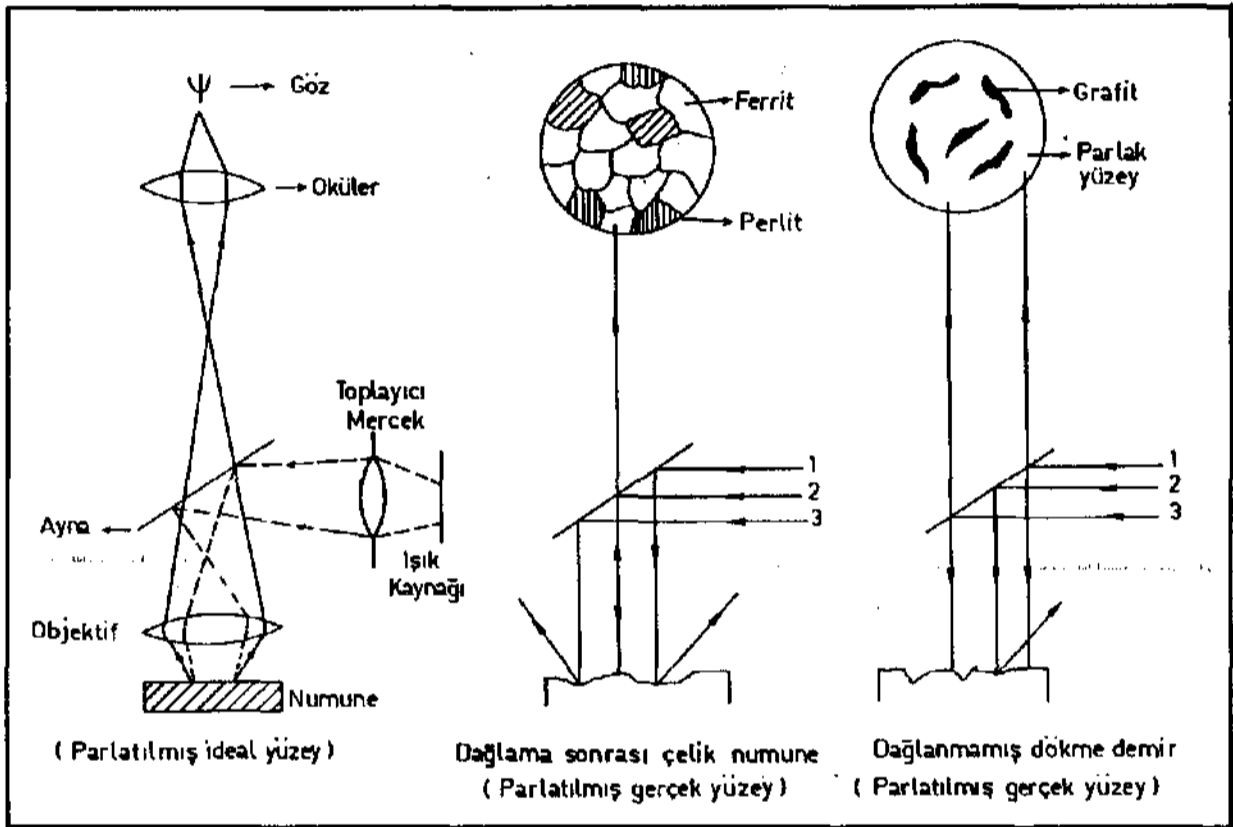
Dağlama, parlatılmış numune yüzeyine pamukla veya daldırmayla asid veya baz tatbik edilerek yapılır. Böylece her bir faz sahip olduğu potansiyel enerjiye göre farklı hızda çözünür ve numune yüzeyinde kontrast meydana gelir.

Demir çelik grubu malzemelerde Nital (% 3-5  $HNO_3$  + Alkol), Pikral (Pikrik asit + alkol) v.b., bakır ve alaşımlarında Viella (1 birim  $HNO_3$  + 2 birim asetik asit + 4 birim gliserin), Beraha (200 gr  $CrO_3$ , 20 gr  $NaSO_4$ , 17 ml  $HCl$ , 1000 ml Su), v.b., Alüminyum da ise HF ihtiva eden Keller gibi reaktifler dağlama solüsyonlarına örnek olarak verilebilir.

Dağlama sonrası reaksiyonun durdurulması amacıyla numune bol su ile yıkanır, alkolle temizlenir ve eğer inceleme hemen yapılmayacaksa oksidasyonu önlemek amacıyla desikatorde yani nemden arındırılmış cam kaptaki muhafaza edilir.

#### 7) MIKROSKOPTA İNCELEME :

Dağlamadan sonra malzeme iç yapı incelemesi için optik mikroskoplar kullanılır. Metalurji mikroskobu biyolojik olanlardan farklı olarak yansıtıcı ışıkla çalışır, çünkü metaller ışığa karşı opakdır. Şekil 4, 5 ve 6'da mikroskop çalışma düzeni ve örnek olarak bir çelik ve dökme demir numunede görüntü oluşumu görülmektedir.



ŞEKİL 4  
Metal Mikroskobu  
Çalışma Düzeni

ŞEKİL 5  
Çelik Numunenin  
İncelenmesi

ŞEKİL 6  
Dökme Demir Numunenin  
İncelenmesi

Şekil 5'de ferrit ve perlit fazlarından oluşan numune yüzeyinde, fazların kimyasal reaktiflere karşı farklı çözünme hızlarından dolayı vadiler oluşur. Oluşan vadiler hızlı çözünen perlit fazına aittir. Bu vadilerde 1 ve 3 nolu gelen ışıklar tam yansıma yapıp mikroskop okülerine doğrudan difraksiyona uğrayıp mikroskop alanı dışına çıkar. 2 nolu ışık ise

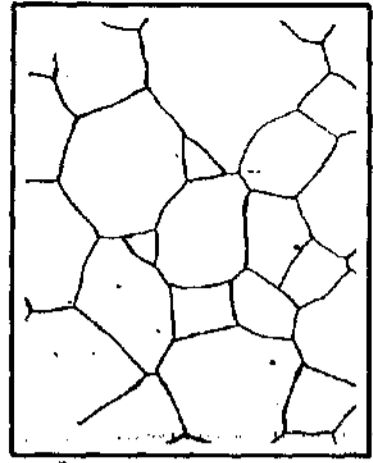
tam yansıma yapar. Böylelikle difraksiyona uğrayan perlitik bölgeler koyu, uğramayan ferritik bölgeler ise parlak, açık renkli görülür. Dökme demir numunede ise parlatma ile görülen grafitler yine Şekil 6'daki 3 nolu ışıktaki difraksiyona benzer difraksiyonlar sonucu karanlık görülür. Şekil 7'de malzemelere ait metalografik yapılardan örnekler bilgi olarak verilmektedir.



DAĞLAMA - Pikrol  
MALZEME - 1025 Çeliği  
BÜYÜTME - 500X  
YAPI - İnce perlit + ferrit



DAĞLAMA - Pikrol  
MALZEME - 1030 Çeliği  
BÜYÜTME - 1000X  
YAPI - Kalın perlit + ferrit



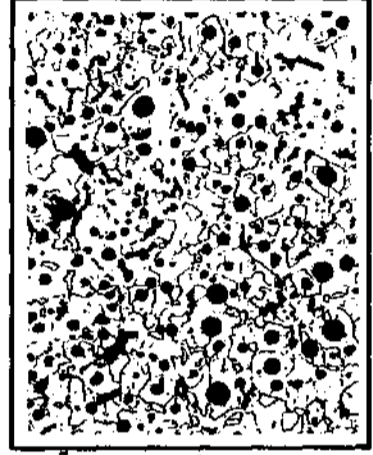
DAĞLAMA - Nital  
MALZEME - Saf Demir  
BÜYÜTME - 100X



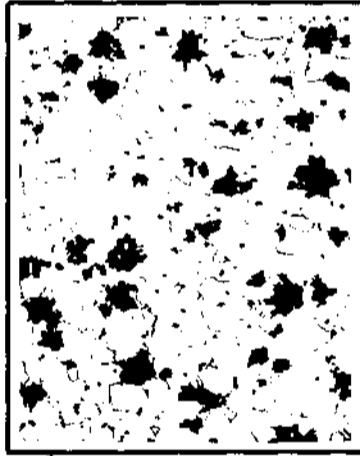
DAĞLAMA - Nital  
MALZEME - Gri dökme demir  
BÜYÜTME - 750X  
YAPI - Ferrit + perlit matris



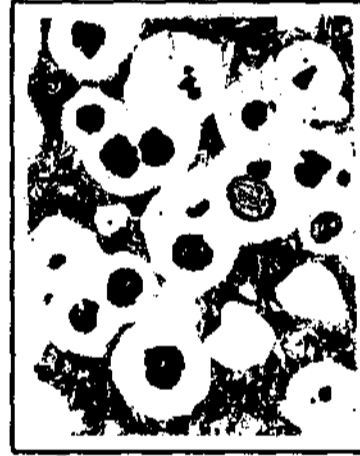
DAĞLANMIŞ  
MALZEME - Gri dökme demir  
BÜYÜTME - 100X



DAĞLAMA - Nital  
MALZEME - Küresel grafitli d.d.  
BÜYÜTME - 100X  
YAPI - Ferrit + matris



DAĞLAMA - Nital  
MALZEME - Temper dökme demir  
BÜYÜTME - 100X  
YAPI - Ferritik + matris



DAĞLAMA - Nital  
MALZEME - Küresel grafitli d.d.  
BÜYÜTME - 100X  
YAPI - Perlit + ferrit matris

SEKİL 7 - Çeşitli Malzemelerin Metalografik Yapıları

İncelenen konu ve bilgi istediğiniz diğer döküm konuları için adresimize yazınız.  
Gözenoğlu Sok. Birlik Sitesi No:7/3

Gayrettepe B0280 İSTANBUL  
Telf: 1671387 - 1671398

## METALOGRAFİ ANA BİLGİLERİ (KISIM 2)

# BİLGİSAYAR DESTEKLİ METALOGRAFİ MİKROSKOPLARI VE GÖRÜNTÜ ANALİZ SİSTEMLERİ

KK-12 KASIM 97

SIRA NO: 54

### GİRİŞ

Metalografi biliminin kazandırmayı amaçladığı ana hedef, metal ve alaşım yapılarını yorumlayabilmektir. Bu yorumlama yeteneğini kazanabilmek için bir yandan incelenen yapıları oluşturan süreçleri ve diğer yandan da yapıların özellikler üzerindeki etkilerini iyi bilmek gerekir. Bu bilgilerle yapı görüntülerini tanımlayıp yorumlayabilmek bir alışkanlık ve deneyim kazanma olarak değerlendirilmelidir. Günümüzde metal ve alaşım yapılarını gözlemede kullanılan bilgisayar destekli mikroskoplar ve bunlarla entegre edilmiş, görüntü analiz programları (image analyser) metalografik incelemeleri büyük bir oranda kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Bu sistemlerde klasik optik mikroskoplar bilgisayar ile entegre edilmekte ve böylece bilgisayarların birçok işlemi hızlı bir

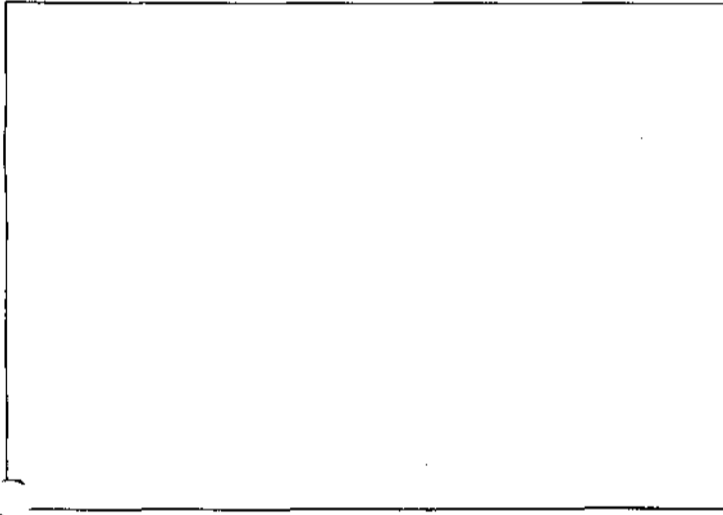
şekilde yapması (görüntü tarama), bilgiyi saklayıp gerektiğinde kolay bir şekilde işleyerek gözlemleyene sunması özelliğinden metalografik açıdan yararlanmış olur.

### BİLGİSAYAR DESTEKLİ MİKROSKOP VE GÖRÜNTÜ ANALİZ SİSTEMLERİ

#### Bilgisayar Destekli Mikroskoplar

Bilgisayar destekli mikroskoplar klasik bir metal mikroskobu ve bu mikroskoptan kamera vasıtasıyla görüntü alabilen bir bilgisayardan oluşmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi genel olarak bu sistemlerin bileşenleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Görüntü oluşturacak bir metal mikroskobu.
2. Görüntüyü algılayıp, bilgisayara iletecek kamera ve yardımcı ekipman.
3. Kameradan gelen görüntüyü bilgisayarda işlenebilecek hale getiren bir video kartı.
4. Video kartından gelen görüntüyü izleyiciye gösterecek bir monitör.
5. Karttan gelen sinyalleri analiz edip yüklü programa göre işleyecek, görüntüleri saklayabilecek yeterli konfigürasyonda bir bilgisayar.
6. Bilgisayarda istenilen işlemleri yapacak bir program.
7. Elde edilen görüntünün istenilen bölümünü fotoğraf kalitesine yakın kalitede basacak uygun baskı kalitesini sağlayan bir yazıcı.



Şekil 1. Bilgisayar destekli bir mikroskop ve çevre ekipmanları

Bilgisayar destekli mikroskoplar ile yapılabilecek ve bu cihazların klasik mikroskoplara göre avantajları aşağıda açıklanmıştır.

- Bilgisayara bağlanmış mikroskopla elde edilen görüntüler bilgisayar tarafından yakalanıp, istenilen grafik programında işlenebilir, büyütülüp küçültülebilir, kelime işlem programlarına aktarılabilir, network ortamı kullanılarak bu görüntülere işletmedeki diğer bir bilgisayardan ulaşılabilir.
- Elde edilen görüntüler Photo-paint , photo-shop gibi resim işleme programları vasıtası ile

netlikleri ve ışığı ayarlanabilir. Renkler analiz edilerek fazların ters renklerde görünmesi sağlanabilir, istenilen renkler filtrelenebilir, hatta istenilen renkler belirlenen alandaki yüzdeleri belirlenebilir.

- Bilgisayara bağlanmış mikroskopla elde edilen görüntüler birkaç dakika içinde renkli veya siyah-beyaz olarak fotoğraf kalitesine yakın bir kalitede işletmedeki uygun bir printerden basılabilir. Böylece çok pahalı olan polaroid fotoğraflara göre daha ucuz ve işletme dışında ancak iki gün içinde fotoğraf haline getirilen normal film kullanılmadan çok daha hızlı bir şekilde, fotoğraflama tekniklerine yakın kalitede, istenilen miktarda resim elde etmek mümkündür. Yöntemlerle kaliteli fotoğraf çekmek bir düğmeye basıp, bir dosya ismi yazmaktan ibarettir.
- Bilgisayarda saklanan görüntüler, slayt, asetat kullanmaksızın veya her tanıtımdan önce numune hazırlamaya gerek kalmadan uygun presentasyon programları yardımı ile büyük ekranlı televizyonlarda veya projeksiyon aletlerinden, niteliklerinden bir şey kaybetmeden gösterilebilir, hatta internet veya bir modem bağlantısı ile birkaç dakikada dünyanın istenilen bir yerindeki bilgisayara kolayca aktarılabilirler.

### Görüntü Analiz Programı

Görüntü analiz programları mikroskoptan bilgisayar tarafından alınan görüntüleri işleyen ve görüntüde istenilen metalografik analizi yapan kapsamlı bilgisayar programlarıdır. Bu program ile aşağıdaki özellikler belirlenir:

- ASTM E45 ve DIN 50602'ye göre çelikte inklüzyon miktarı, inklüzyonların boyut ve dağılımları belirlenir.
- ASTM E112 ve DIN 50601'e göre ferritik ve östenitik çeliklerde ortalama tane boyutu, östenit tane boyutu ve ferrit tane boyutu bulunabilir.

- ASTM E384'e göre ve Knoop ve Vickers indentasyon deneylerinin izleri ölçülebilir.
- ASTM A395 ve VDG-P441'e göre küresel grafitli dökme demirlerinde nodüllerin boyutları ve dağılımları, perlit, ferrit ve karbürlerin miktarları belirlenebilir.
- Alüminyum dökümlerde dendirit kolları arası mesafeler ölçülebilir.
- Kaynaklı bölgede kaynağın boyutları ölçülebilir.
- Seramik ve metalik malzemelerdeki porozite ve mikroboşlukların boyutları saptanabilir.
- Refrakter malzemedeki faz yüzdesi belirlenebilir.
- Kalınlık ölçümleri yapılabilir.
- Mineraller incelenebilir.
- Kompozitlerdeki boyut dağılımı bulunabilir.

#### **BİLGİSAYAR DESTEKLİ MİKROSKOPLAR İÇİN METALOGRAFİK NUMUNE HAZIRLAMA YÖNTEMLERİ**

Metalografi incelemesinin amacı, incelenmesi istenen metal ya da alaşımın bilgisayar destekli mikroskoplar yardımıyla yapılarını oluşturan faz, tane, inklüzyon v.b.'lerin tür, büyüklük, biçim ve dağılımlarını tanımlayıp gerektiğinde ölçerek belirleyebilmektir.

Malzemelerin iç yapısının incelenmesinde birkaç kademe vardır. Bunlar; numune alma, kesme, kalıplama, zımparalama, parlatma, dağlama ve mikroskopta inceleme kademelerini kapsar (Bkz. Döküm Bilgileri-Metalografi Ana Bilgileri, Kısım 1, Eylül 91, Sıra No 8).

#### **ÇELİKLERDE İNKLÜZYONLARI BELİRLEME YÖNTEMLERİ**

İnklüzyonlar, gerek döküm, gerekse haddeleme veya dövme çelik ürünlerin üretimi sonucu kaynaklanan ve çeliğin yapısına yerleşmiş, ancak çelik ana yapısı ile bağdaşmamış olan metalik olmayan faz ve fazların karışımıdır. Uygulamada inklüzyon adı, genellikle ayrı ayrı ya da birlikte bulunabilen metalik olmayan oksit, silikat, alüminat ve sülfür bileşikleri için kullanılır. Inklüzyonlar özellikle malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine etki ettiğinden yapıda yer alması istenmez. Bu nedenle, mühendislik malzemelerin üretiminde inklüzyonların izlenmesi zorunludur.

İnklüzyon etüdü, inklüzyonların cinsinin, miktarının, morfolojisinin ve dağılımının belirlenmesini kapsamaktadır.

Çeliğin inklüzyon içeriğini saptamak için kullanılan mikroskopik yöntemler ASTM E45 standardında makro inceleme adı altında belirtilmiştir.

İnklüzyonların sayım ve değerlendirilmelerinde iki yaklaşım vardır. Bunların ilki eski diye tabir edilen ve mikroskoptaki iç yapı görüntülerinin standart görüntülerle karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Görüntü ya da fotoğraf, JK-Çizelgesinde veya SAE-Çizelgesinde verilenlerle karşılaştırılarak bir değerlendirilme yapılır. JK-Çizelgesinde inklüzyonlar ince ve kalın olmak üzere cinslerine göre ayrılmıştır. SAE-Çizelgesinde ise inklüzyonlar, boylarına göre sınıflandırılarak oksit ve silikat türlerine göre ayrı ayrı hazırlanmıştır. Ancak her iki standartta tipik kalıntılar için hazırlanmış olması kullanılmasını sınırlar.

Yeni ya da modern yaklaşımda ise, bilgisayar destekli mikroskop ve TV ekranı üzerinde görüntü sayımı otomatik olarak yapılır. 1 dakikadan az bir zaman içinde 100X büyütmede 160 mm<sup>2</sup>'lik bir alan incelenerek inklüzyonların tüm nitelikleri tesbit edilir.

## **KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER İÇİN UYGULAMALAR**

Küresel grafitli dökme demirler ASTM A395 ile standardize edilmiştir. Karbonun büyük kısmının lamel yerine küre şeklinde oluşmasını sağlamak amacıyla, ergimiş metal banyosunda az miktarda Seryum (Ce), Magnezyum (Mg) veya başka uygun bir küreselleştirici bir element ilavesiyle özel olarak hazırlanmış bir dökme demirdir. Küresel grafitli dökme demirlerin mekanik özellikleri grafit şekli ve büyük ölçüde matris yapısı tarafından etkilenmektedir. Grafit şeklinin küre olması dökme demire süneklik kazandırır. Matris yapısı tamamen ferritik olan küresel grafitli dökme demirler en yüksek tokluğa sahiptirler. Tokluk derecesi, matrisle artan perlit %'si ile azalmaktadır. Bunun yanısıra küresel grafitli dökme demirlerde grafit kürelerinin boyutları, şekilleri ve dağılımları mekanik özellikleri büyük ölçüde etkiler.

Küresel grafitli dökme demirlerde gerek küreselleştirici ilavesi sırasında magnezyumun sistemdeki kükürdü bağlaması ile oluşan inklüzyonlar gerekse döküm sırasında kalıptan bulaşan veya sıvı metalden ayrılmayan kalıntılar yapıda yer alırlar. Lamel grafitli dökme demirlerde grafit lamelleri mevcut olduğundan bu kalıntıların mekanik özellikler üzerine etkisi küresel grafitli dökme demirlere göre daha azdır. Küresel grafitli dökme demirlerde de çeliklerde olduğu gibi inklüzyonların boyut, şekil ve dağılımı mekanik özellikler açısından önemlidir.

## **ALUMİNYUM DÖKÜMLER İÇİN YAPILAN ANALİZLER**

Aluminyum dökümlerde, çoğu kez dentritik yapı yer almaktadır. Dentrit kolları arasındaki mesafe katılma hızının artması ile azalmaktadır. Bunun yanısıra, aluminyum içindeki alaşım elementi miktarı dentritler arası mesafeye etki eder. Sabit katılma hızlarında bu etki ötektik bileşime doğru dentritler arası mesafenin azalması şeklinde meydana gelir. İnce dentrit yapı, ince çökelti fazlarının uniform dağılması sonucu meydana gelir ve bu yapı arzu edilir. Dentrit kolları arasındaki mesafe özellikle ısıl işlem gören alaşımların ingotlarında ve döküm parçalarında önemlidir. Bu nedenle görüntü analiz yöntemi ile dentrit kolları arasındaki mesafelerin ölçülmesi önemli olur.

## **SERAMİK MALZEMELER VE KOMPOZİTLERDE YAPILAN ANALİZLER**

Seramik ve metalik malzemelerin mekanik özellikleri mikroyapıya, poroziteye çatlak oluşumuna sebep olur. Çatlak oluşuktan sonra da malzemeye etkileyen kuvvetlerle ilerler ve malzemenin kırılmasına sebep olur.

Kompozitlerde pekiştiricinin matriks içindeki dağılımı ve boyutları, pekiştirici matriks ara yüzey özellikleri kompozitin mekanik özelliklerini doğrudan etkiler. Bu bölgeler mikroskopta incelenerek pekiştiricinin matriks içindeki dağılımı, pekiştirici çapı, pekiştirici matriks ara yüzeyinde yapışmanın ve alaşım tabakasının mevcut olup olmadığı belirlenir.

*İncelenen konu ile bilgi istediğiniz diğer döküm konuları için adresimize yazınız.*

**Türkiye Demir ve Çelik Dökümcüleri Derneği**  
**Yasemin Sok. Birlik Sitesi No 7/3**  
**Gayrettepe, 80280 İSTANBUL**  
**Tel: 0212-2671387/2671398**