

T. C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİNDE DENEYLER 2 DERSİ
METALOGRAFİ DENEYİ

ÖĞRENCİ NO:

ADI SOYADI:

DENEY SORUMLUSU: DR. ÖĞR. ÜYESİ ZEKİ AZAKLI

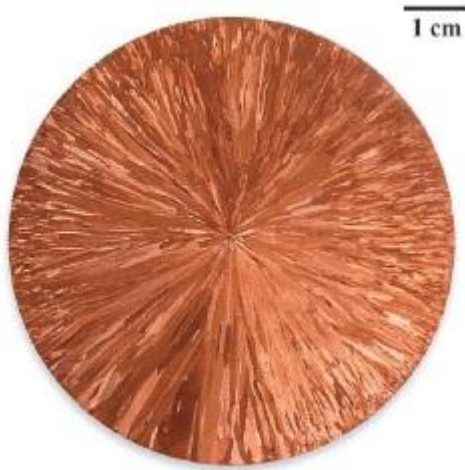
DEĞERLENDİRME:

GÜMÜŞHANE 2025

1. GİRİŞ

Malzemelerin dış özelliklerinin yanında kimyasal karakterlerini bilmek de mühendislik için çok önemli bir değere sahiptir. Bu nedenle kalite kontrol, hasar tespit gibi işlemleri belirleyebilmek için malzemelerin içyapılarını incelemek gerekir. Malzemelerin içyapılarının incelenmesini konu alan bilim dalına metalografi denir.

Yeri geldiğinde malzemelerin özelliklerini etkileyen yapısal öğelerin ve kusurların incelenmesi gerekir. Bazı yapı öğeleri makro (makroskobik) boyuttadır, yani gözle görülebilecek kadar büyüktür. Örneğin, çok kristalli numunenin yapısında bulunan tanelerin şekli ve ortalama boyutu veya çapı önemli yapısal özelliklerdendir. Alüminyumdan imal edilmiş cadde ışıklandırma direklerine ve yol kenarlarındaki metal bariyerlere yakından bakıldığında, makro boyutlarda taneler bariz şekilde görülebilir. Şekil 1’de gösterilen bakır ingotun kesit yüzeyinde farklı dokulara sahip nispeten büyük taneler açık olarak görülebilir. Ancak, malzemelerin çoğu, ayrıntılarının bazı mikroskopların kullanılması durumunda incelenebileceği, mikron mertebelerinde veya mikro boyutlarda tanelerden meydana gelir.



Şekil 1. Merkezden dışarı doğru uzanan iğne şeklinde tanelerin görüldüğü silindirik bir bakır ingot kesiti.

Mikroskobik inceleme, malzemelerin incelenmesi ve karakterizasyonu için son derece faydalı bir araçtır. Mikroskobik incelemelerin; özellikler ve yapı ve kusurları arasındaki ilişkilerin doğru bir şekilde anlaşıldığından emin olunması, bu ilişkilerin ortaya konulması durumunda malzeme özelliklerinin tahmin edilmesi, yeni özellik kombinasyonlarına sahip alaşımların tasarlanması, bir malzemenin doğru bir şekilde ısıl işlem görüp görmediğinin belirlenmesi ve malzemelerin mekanik kırılma türünün tespit edilmesi gibi önemli uygulamaları vardır.

Optik mikroskop ile yapılan incelemelerde, ana elemanları görüntüleme ve ışıklandırma sistemleri olan ışık mikroskobu kullanılır. Mikroskop ile bakıldığında, mikroyapıdaki çeşitli bölgelerin ışığı farklı yansıtmalarından dolayı, içyapı görüntülerinde farklı tonlarda (kontrastlarda) bölgeler görülür.

Önemli mikroyapı detaylarının ortaya çıkarılması için, dikkatli ve özenli yüzey hazırlama faaliyetleri yapılmalıdır.

2. METALOGRAFİK NUMUNE HAZIRLAMA

2.1. Numune Seçimi

Metalografik incelemenin esası ve başarısı uygun numunenin alınmasına bağlıdır. Alınan numunenin bir değer taşıyabilmesi için, numunenin her yönden (fiziksel, kimyasal bileşim yönlerinden) esas malzemeyi tam olarak temsil etmesi gerekir. Metalografik numune alınmasında sabit kurallar olmayıp, bazı genel prensipler vardır ve yerine göre insan zekâ ve bilgisini kullanır. Ana kriter, numunenin inceleme amacına uygun olmasıdır; yani numune, ya genel mikroyapı incelenmesine veya sadece bir veya birkaç belirlenmiş parametrenin (tane boyutu, kırılma veya çatlama türü vb.) incelenmesine imkan verecek şekilde alınmalıdır. Örneğin, dövülmüş veya haddelenmiş malzemeden enine ve boyuna kesit incelenmelidir. Ayrıca incelemenin mahiyetine göre esas malzemenin kenar ve ortasından, ince ve kalın yerlerinden bozuk ve sağlam kısımlarından ayrı ayrı numune alınmalıdır.

2.2. Numune Alma (Kesme)

Numuneler ana parçadan kesilirken bu işlem sırasında içyapılarının değişmemesine dikkat edilmelidir. Isınma ve aşırı deformasyonla numunelerin içyapısı değişebilir. Burada asıl amaç orijinal malzeme içyapısının mikroskop altında görülebilmesi içindir. Numune almada, yapılacak olan incelemenin amacı önemlidir. Metalografik incelemeler genellikle aşağıdaki amaçlar için yapılır (bunlarla sınırlı değildir).

- a) Genel mikroyapı incelemeleri
- b) Sementasyon derinliği incelemeleri
- c) Dekarbürizasyon (karbon kaybı) derinliği incelemeleri
- d) Korozyon veya oksitlenme derinliği incelemeleri
- e) Kaplama kalınlığı incelemeleri
- f) Yüzey durumunun incelenmesi
- g) Kalıntıların (inklüzyon) yapısı ve dağılımının incelenmesi
- h) İçyapıdaki gözeneklerin incelenmesi
- i) Isıl işlem durumunun incelenmesi
- j) Plastik deformasyonun içyapıya etkilerinin incelenmesi
- k) Döküm yapısının incelenmesi

Yapılacak incelemeye göre enine veya boyuna göre kesit alınmalıdır. Kesit alma sırasında numuneyi aşırı ısıtacak ısıl kesme yöntemlerinden kaçınılmalıdır. Prensip olarak, numuneyi alırken yüzeyde en az plastik şekil değiştiren ve en az ısı meydana getiren kesme metodu seçilmelidir. Mecbur kalındığında nispeten büyük parça kesilerek onun ısınmayan kısmından tekrar başka bir yöntemle kesit alınmalıdır. Kesme işlemi el testeresi, torna, motorlu testere, vb. ile yapılabilir. Ancak ideal kesme işlemi su soğutmalı döner diskler ile yapılır. Bunlara metalografik kesit alma diski denir. Her malzemeye uygun disk vardır. Ayrıca hassas kesme diskleri vardır. Bu disklerin yapısında SiC, Al₂O₃, CBN (Kübik Bor Nitrür), elmas tozları gibi aşındırıcı malzemeler bulunur. Bu nedenle bu disklere abraziv kesme diski de denir.

Kesme işlemi sırasında oluşan ısı birikimlerini azaltmak için soğutucu sıvı kullanılmalıdır. Kullanılan soğutucu sıvı, numunede korozyona yol açmayacak yağ ve yağ karışımlarından oluşmalıdır. Soğutucu sıvı bir taraftan oluşan ısıyı azaltırken bir taraftan da yüzeyden kopan parçacıkları kesme bölgesinden uzaklaştırır.

Zımparalama ve parlatma kolaylığı bakımından numune boyutlarının 20 mm boy ve 30 mm çapında olması uygundur. Daha küçük boyuttaki numuneler için kalıplama işlemi yapılmalıdır.

2.3. Kalıplama (bakalite alma)

Numunelerin boyutları elle tutulamayacak kadar küçük ise veya şekli düz zeminde yatay duramayacak kadar karmaşıksa bu tür numuneler bir plastik içine kalıplanarak (yatakla da denir) incelenir.

İki şekilde numune kalıplanabilir;

- a) Sıcak ve basınç altında kalıplama (bakalite alma)
- b) Soğuk kalıplama

Sıcak ve basınç altında kalıplama (compression mounting)

Sıcak kalıplamada özel kalıplama cihazı kullanılır. Numune 150°C civarında ısıtılırken aynı zamanda 30 MPa kadar basınç uygulanır. Genellikle numune alt zımba üzerine yerleştirildikten sonra numunenin üzerine toz halindeki plastikten ölçek yardımı ile numune boyutuna göre bir miktar plastik tozu dökülür. Üst zımbayı taşıyan kapak kapatılarak kilitlendikten sonra basınç uygulanır ve yaklaşık 15 dakika ısıtıldıktan sonra soğutma suyu yardımıyla soğutulur ve dışarı alınır. Toz halinde polimerik esaslı malzeme kullanılır (bakalit, akrilik, epoksi gibi). Kalıplama parametreleri (sıcaklık, basınç, süre) seçilen polimerik malzemeye göre değişir. Bakalit çok kullanıldığı için bazen işlem “bakalite alma” olarak da adlandırılır. Bazı durumlarda iletkenlik kazandırmak için bakır veya demir tozu kullanılır.

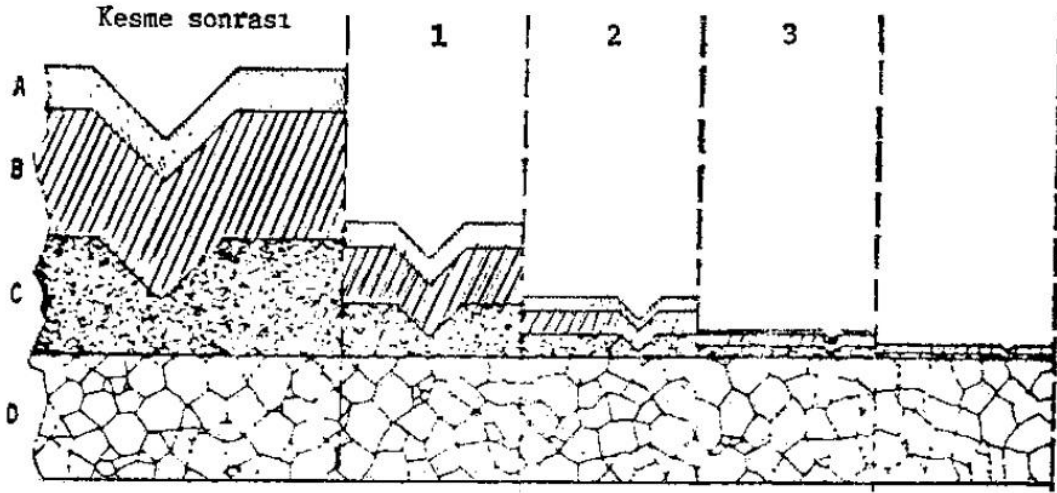
Soğuk kalıplamaya göre elde edilen kalıbın sertliği ve kalitesi daha iyidir (özellikle otomatik hazırlamada önemli), kalıp çapı kesin toleranslar içinde kalır.

Soğuk kalıplama (Cold mounting)

Basınç altında ve sıcak kalıplama sıcaklıklarında özellikleri değişebilen malzemelere uygulanan ve seri numune hazırlanmasına imkân veren bir yöntemdir. Soğuk kalıplama oda sıcaklığında yapılır. Basınç veya sıcaklık uygulanmaz. Ancak sertleşme sırasında egzotermik reaksiyonla bir miktar ısı artışı olabilir. Soğuk kalıplamada iki sıvı ya da bir sıvı ve bir tozdan oluşan karışım kullanılır. Bunlardan bir tanesi reçine (polimerik esaslı) diğeri ise sertleştiricidir. Reçine ve katılaştırıcı uygun oranlarda karıştırılmalıdır. Aksi takdirde kalıp sertleşmez. Karışım, kalıp içerisine konulan numune üzerine dökülür ve sertleşmesi beklenir. Bu süre kullanılan karışımın özelliğine göre 20 dakika ile 24 saat arasında değişebilir.

2.4. Zımparalama

İncelenecek parçadan kesilerek alınan numunenin yüzeyi son derece pürüzlüdür ve ayrıca yüzeyde deformasyon tabakası vardır. Mikroskopta inceleme yapabilmek için numune yüzeyinin son derece düzgün olması gerekir. Orijinal içyapının ortaya çıkarılması için de yüzeydeki deforme olmuş tabaka mutlaka uzaklaştırılmalıdır. Bunun için önce zımparalama ardından da parlatma işlemi uygulanır. Çünkü yüzeydeki derin pürüzler ancak zımparalama ile hızlı bir şekilde ortadan kaldırılabilir. Her işlemten sonra yüzeyde deformasyon tabakası oluşursa da bu tabakanın kalınlığı giderek azalır.



Şekil 2. Testere ile kesme sonrası numune yüzeyindeki deformasyon tabakası ve bu tabakanın zımparalama aşamasında giderek incelen zımpara ile değişimi (A, B ve C deformasyona uğramış, D orijinal içyapılı bölge).

Zımparalar sert ve aşındırıcı nitelikteki SiC veya Al_2O_3 taneciklerinin suya dayanıklı kâğıt veya kumaş üzerine yapıştırılması ile üretilmiştir. Zımparalar bu abraziv taneciklerinin boyutuna göre (elendikleri elek açıklığına göre) numaralandırılırlar. Bu numaralar abrazivin elendiği eleğin mesh sayısını göstermekte olup 1 inç uzunluktaki delik sayısını gösterir. Bu nedenle numara arttıkça toz boyutu küçülür ve zımpara incelir (Tablo 1). Zımparalama sırasında zımpara üzerinden su akıtılır. Bu su hem aşınan parçacıkları uzaklaştırır hem de numunenin ısınmasını önler. Bu nedenle metalografide kullanılan zımparalara “su zımparası” da denir.

Tablo 1. Zımpara kâğıtlarının sınıflandırılması.

Zımpara tane numarası	Uzun yazılış şekli	Kısaltılmış şekli	Tane boyutu (μm)
80	4	-	210-177
150	3	-	105-88
180	2	-	88-74
250	1	-	53-45
320	0	1/0	37-31
400	00	2/0	31-27
600	000	3/0	22-18
800	0000	4/0	15-21

Zımparalama işlemine geçilmeden önce özellikle numune bakalite alınmışsa numunenin keskin kenarları eğe, kaba zımpara veya taşlama ile yuvarlatılır (pah kırılır). Çünkü aksi halde zımparalamada kâğıtlar, parlatmada ise diskin üzerindeki kumaş yırtılabilir. Zımparalama işleminde kalın zımparadan başlanarak ince zımparaya doğru sırasıyla bir yol izlenir. Zımparalar band şeklinde, döner disk üzerine monte edilmiş veya özel parlatma cihazında cam üzerine monte edilmiş durumda olabilir (elle sürtülerek zımparalama yapılır).

Kaba zımparalama işleminin yapıldığı (80-320 no'lu zımparalar) kalın zımparaların band şeklinde olması tercih edilir. Bir zımparadan diğerine geçerken el ve numune iyice yıkanmalıdır. Böylece daha kaba zımpara tanelerinin bir üst kademeye geçmesi önlenmiş olur. Geçişlerde numune bir önceki zımparalama yönüne göre 90° çevrilirse, bir önceki kademedeki çiziklerin yok edilip edilmediği daha kolay anlaşılabilir. Zımparalama işlemi bir önceki zımparanın çiziklerinin yok edildiği sürenin iki katı olmalıdır.

İnce zımparanın aşındırması az olduğundan bir sonraki zımparalamada nispeten daha uzun süre zımparalama yapılır. Numune zımpara kâğıdı üzerine çok hafif bastırılır. Aşırı yük özellikle yumuşak numunelerde parçacıkların numune yüzeyine batarak zımparalama süresini uzatır ve zımpara kâğıdının çabuk yıpranmasına neden olur. İnce zımparalama (400-800 no'lu) aşamasından sonra yüzey pürüzlülüğü yaklaşık 1 µm düzeyine iner.

2.5. Parlatma

Parlatma işlemi mekanik, elektrolitik, kimyasal, otomatik parlatma yöntemlerin biriyle yapılır. Bu çalışmada sadece mekanik parlatma anlatılacaktır. Mekanik parlatma işleminde 150-600d/dk hızla dönen disklerden faydalanılır. Diskler plastikten yapılmış olup disklerin üzeri parlatma aşamasına göre çadır bezi, sert çuha, poplin, kadife, naylon vb. kumaş ile kaplanır. Parlatma işlemi de kaba ve ince parlatma olmak üzere iki aşamaya ayrılır.

Kaba parlatma aşamasında çadır bezi gibi tüysüz kumaş kullanılır. İnce parlatma aşamasında ise kısa tüylü çuha veya kadife kullanılır. Kaba parlatmada aşındırıcı boyutu 15-1 µm arasındadır. İnce parlatmada ise 0,25-0,05 µm arasındadır. Aşındırıcı tozu diskler üzerine dökülür. Aşındırıcı olarak alümina Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , elmas tozu gibi aşındırıcılar kullanılır (Tablo 2). Elmas tozu macun, sprey ve süspansiyon halinde, diğerleri ise damıtık ile süspansiyon halinde kullanılır. Elmas tozu kumaş kaplı disk üzerine sürüldükten veya püskürtüldükten sonra özel yağlayıcı ile birlikte kullanılır. Zor parlatılan çok sert ve çok yumuşak numunelerin parlatılmasında elmas tozu daha iyidir.

Tablo 2. Parlatmada kullanılan aşındırıcılar ve kullanım alanları.

Zımparalama		En ince zımparalama	İnce zımparalama	Kaba zımparalama
Parlatma	Son parlatma	İnce parlatma	Kaba parlatma	
Sünger taşı				
Alçı taşı				
SnO_2				
MgO				
Fe_2O_3				
Cr_2O_3				
Zımpara				
Doğal korund				
Sentetik korund				
BeO				
Al_2O_3				
SiC				
B_4C				
Elmas				
Parçacık boyutu (µm)		0,1	1	10

Parlatma sırasında süspansiyon arada bir disk üzerine dökülmelidir. Dökme aralığı numune disk üzerinden kaldırıldıktan sonra birkaç saniye içinde kuruyacak şekilde ayarlanmalıdır.

Numune disk üzerinde dönme yönüne ters istikamette hareket ettirilmeli ve arada bir kendi etrafında sağa, sola çeyrek tur döndürülmelidir. Parlatmanın yeterli olup olmadığını kontrol etmek için numune yüzeyine çıplak gözle veya mikroskopta 100 büyütmede bakılır. Gözle bakıldığında ayna gibi parlak olmalı ya da mikroskopta bakılınca çizik olmamalıdır.

Parlatılan numune önce su ile sonra alkol veya aseton ile yıkanarak saç kurutma makinesinde kurutulularak dağlamaya hazır hale getirilir. Ancak dağlanmamış numune de incelenerek aşağıdaki gözlemler yapılabilir:

- a) Dökme demirlerde grafitlerin yapısı ve dağılımı
- b) İnklüzyonlar
- c) İçyapıda bulunan gözenekler
- d) Çatlaklar
- e) Taneler arası korozyon incelemeleri

İçyapıda bulunan fazların ve tane sınırlarının metal mikroskobunda görülebilmesi için dağlama işlemi gerekir. Dağlama kimyasal, elektrolitik veya fiziksel olabilir. Burada kimyasal dağlama açıklanacaktır.

2.6. Dağlama

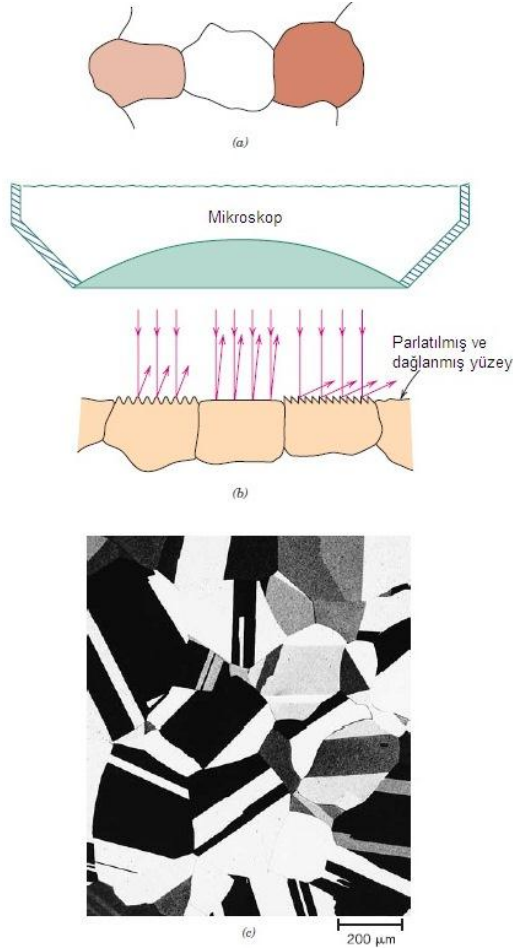
Kimyasal dağlama işleminde çeşitli kimyasal maddelerin karışımından oluşan ve her malzeme için farklı olan “dağlama ayırıcı veya dağlama reaktifi” kullanılır. Ayıraçlar su, alkol, gliserin, glikol veya bunların karışımından oluşan çözücülerin çeşitli asit, alkali veya diğer kimyasalların karıştırılmasıyla elde edilirler. Ayıraç numune üzerine dökülerek ya da numune ayıraç içerisine daldırılarak belirli bir süre etki ettirilir.

Bu ayıraç numuneye etki ettirildiğinde malzeme yapısında bulunan fazlar ve/veya tane sınırları ile tane içi arasında mikro düzeyde piller oluşur. Enerjisi yüksek olan tane sınırları ve fazlar anot, diğer bölgeler ise katot olarak görev yapar. Anot olan bölgeler aşınır ve çukurlaşır, katot olan bölgeler ise aşınmaz (korunur). Aşınan kısımlar mikroskop altında ışığı farklı yönlerde yansıttığından mikroskop altında koyu renkte, aşınmayan bölgeler ışığı geri yansıttığından açık renkte görülürler. Bu şekilde oluşan kontrast (karşıtlık) yardımı ile taneler ve fazların yapısı incelenir. Dağlama işleminin gereğinden uzun süre yapılması halinde numune yüzeyinin tamamı dağlayıcıdan etkilenecek kadar olabilir, bu durum aşırı dağlamadır. Aşırı dağlama, tekrar 1200 no’lu zımpara veya parlatma kademesine dönülerek dağlamanın etkisi giderilene kadar numunenin parlatılmasıyla giderilebilir.

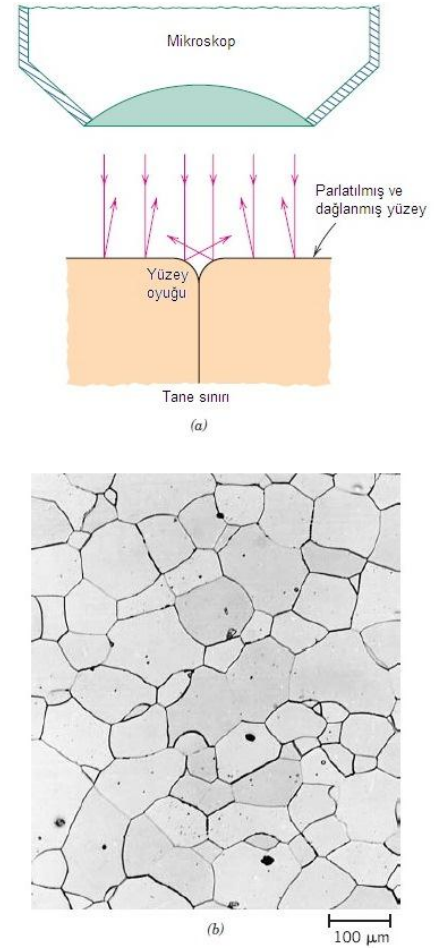
Tek fazlı malzemelerde, tanelerin kimyasal reaktifleri kristal yönlenmelerine göre farklılık gösterdiği için, çok kristalli numunelerde, dağlanma davranışı taneden taneye farklılık gösterir. Şekil 3b’de gelen ışığın, dağlanmış halde bulunan ve değişik yönlenmelere sahip üç farklı tane yüzeyinden ışığın nasıl yansıdığı, Şekil 3a’da ise bu tanelerin mikroskop altında görülebilecek muhtemel yüzey yapısı şematik olarak verilmiştir. Her bir tanenin dokusu ve parlaklığı kendisinin yansıtma özelliğine göre değişir. Şekil 3c’de bu özellikleri sergileyen çok kristalli bir numunenin mikro yapı fotoğrafı gösterilmiştir.

Ayrıca, kimyasal olarak daha aktif olmalarından dolayı, tane sınırlarındaki atomlar, tane içindekilere göre daha hızlı bir şekilde çözünür. Sonuçta, dağlama sırasında tane sınırlarında meydana gelen hızlı malzeme kaybı sonucunda bu sınırlar boyunca küçük oyuklar oluşur. Şekil 4a’da görüleceği gibi, tane sınırlarının, tane içlerine göre ışığı farklı açılarda

yansıtma ve yansıtılma nedeniyle, optik mikroskop ile bakıldığında tane sınırları ayırt edilebilir hale gelir. Şekil 4b’de oyuk tane sınırlarının açık bir şekilde koyu çizgiler olarak görüldüğü, çok kristalli bir numunenin mikroyapı fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 3. (a) Parlatılmış ve dağlanmış tanelerin optik mikroskopta nasıl görülebileceğini, (b) (a) şikkında görülen tanelerin bulunduğu bölgenin kesitinde kristal yönlenmelerinin farklı olmasından dolayı, dağlama davranışlarının ve dağlama sonucu oluşan yüzey dokularının, taneden taneye nasıl değişebileceğini gösteren şematik resimler. (c) Çok kristalli bir pirinç numunenin mikroyapısını gösteren fotoğraf. X60



Şekil 4. (a) Dağlama sonucu tane sınırında oluşan oyukun ve bu oyukun civarında ışığın muhtemel yansıma şeklinin gösterildiği bir tane sınırı kesitinin şematik gösterimi (b) Tane sınırlarının koyu gösterimi bir çok-kristal demir-krom alaşımının mikroyapı fotoğrafı. X100

İki fazlı bir alaşımın mikroyapı incelenmesinde, genellikle her faz için farklı görünüm oluşturacak ve bu sayede farklı fazların birbirlerinden ayırt edilebilmelerini sağlayacak bir dağlayıcı seçilir.

Dağlama ayırıcının numune üzerine tatbik edilmesi daldırma, damlatma, yıkama, silme, alternatif dağlama vb. gibi değişik şekilde yapılabilir. Dağlama işlemi kimyasal olduğu gibi elektrolitik veya termal (ısının etkisiyle) de yapılabilir.

Tablo 3. Dağlama yöntemleri.

YÖNTEM	TANIM VE ÖNERİLER
Daldırma	Numune dağlama ayırıcına daldırılır.
Damlatma	Dağlama ayırıcından birkaç damla numune yüzeyine damlatılır. Çok pahalı ayıraçlarda kullanılır.
Yıkama	Numunenin yüzeyi dağlama ayıracı ile çalkalanır. Genellikle büyük numunelerde uygulanır.
Alternatif daldırma	Numune alternatif olarak iki farklı dağlama ayıracı ile dağlanır. İkinci dağlamada, birinci dağlama sonucu bozulan tabakalar çözünür.
Silme	Numunenin yüzeyi dağlama ayırıcına daldırılmış bir pamuk veya bezle silinir.
Temperleme	Numune ısıtılır. Faz yapısına göre renklenme meydana gelir.
Sıcak dağlama	Numune ısıtılmış dağlama ayıracı içerisine daldırılır.
Çifte dağlama	Farklı fazlar, farklı renklere karşı duyarlı olduğunda kullanılır.
Tespit dağlaması	Belirli fazların tayini için özel reaktiflerin kullanılması
Elektrolitik dağlama	Numune elektrolitik içerisinde anot durumdadır, dağlama belirli bir akım yoğunluğu ve voltajın uygulanması ile gerçekleştirilir.

Dağlama işlemi gözle, ışık veya stereo mikroskopta düşük büyütmelemlerde (örn. 50X, 100X) inceleme yapmak amacı ile yapılırsa bu tür dağlamaya “makro dağlama”, daha yüksek büyütmelemlerde yapılacak incelemeler (tane, faz yapısı vb. incelemeler) için yapılan dağlamaya ise “mikro dağlama” adı verilir.

Makro dağlamadan önce numune 400 no’lu zımparaya kadar zımparalanır ve kuvvetli asit içeren özel makro dağlama ayıraçları ile dağlanır. Makro dağlamadan sonra yapılacak olan incelemelere örnekler aşağıda verilmiştir:

- Döküm (kolonsal, dentritik, eş eksenli yapı)
- Şoğuk şekil verme sonrası akış izleri
- Segregasyon ve kalıntılar
- Karbürizasyon veya dekarbürizasyon tabakaları
- Gözenekler ve çatlaklar
- Kaynak Bölgesi
- Karbür ve ferrit bandlaşması

Deney Raporundan İstenenler

Deneyde incelenen numunelerin metalografik yapılarının resimleri deney sonuçları bölümünde gösterilecek, içyapıda bulunan fazların adları ok ile işaretlenerek fazları oluşturan elementlerin adları yazılacaktır. Resim şekillerinin altına büyültme oranları 400X, 200X vb. şeklinde verilecektir.

KAYNAKLAR

1. Callister, W.D. ve Rethwishch, D.G., Çev. Edt. Genel, K., “Malzeme Bilimi ve Mühendisliği”, Nobel Yayın Dağıtım, Şubat 2013.
2. Salman, S. Ve Özkan, G., ”Metalografi Bilimi-1.Kısım”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2004.
3. Geçkinli, E., “Metalografi”, İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi, İstanbul 1982.
4. Üçışık, H., “metalografik Numune Hazırlama Tekniğinde Dağlama ve Dağlama Reaktifleri”, İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi, İstanbul 1981.
5. Arslan, F., “Metalografi Laboratuvarı Deney Föyü”, KTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Trabzon.