

METAL BULUNTULARIN VE ESERLERİN TANIMLANMASI

ARKEOLOJİDE MİKROSKOBİK ANALİZLERİN ÖNEMİ

A.Emel GEÇKİNLİ*

Daha önceki sayılarımızda "Arkeolojik Kalıntıların Yaşı Nasıl Belirleniyor?" (Kasım 1991) ve "Tarihî Eserlerin Radyografi Tekniği ile Değerlendirilmesi" (Ocak 1992) başlıklı iki yazı yayınlamıştık. Arkeoloji-Arkeometri konusundaki bu yazı dizisinin devamı olarak bu makaleyi yayınlıyoruz.

Şekil 1: Samsun'daki İkiztepe kazısından çıkan, arsenikli bakır metal buluntulardan bazıları. (Fotograflar: N.BOZKURT)



Metalografik etüt, metal buluntularda arkeologların karşı karşıya kaldıkları birçok sorunun çözümünde yararlanabilecekleri en etkin tekniklerden biridir. Arkeolojide sıkça karşılaşılan sorular şunlardır:

- Buluntu, hangi metal veya alaşımdan yapılmıştır?
- Bulutunun yapımında, hangi cevher yatağından alınan cevher kullanılmıştır?
- Bulutunun üretiminde, nasıl bir teknoloji uygulanmıştır?
- Bulutunun yaşı nedir?
- Tarihî eser orijinal mi, kopya mı?

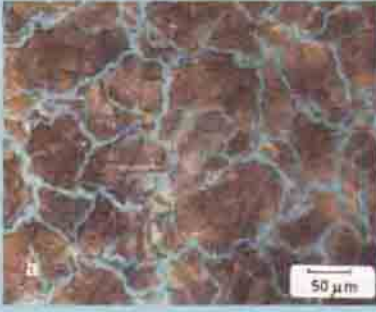
Metal buluntular veya eserler, geçmişlerini iç yapılarında taşır. Buluntuların iç yapısı, ancak mikroskop altında bakıldığında görülebilir. Bunun için, bulutudan çıkartılan bir örneğin, bir seri yüzey işlemlerine tâbi tutulması gerekir(1). Mikroskopta görülen görüntünün yorumu ise ancak metalografi konusunda uzman kişilerce yapılabilir. Metal mikroskobundan elde edilen bilgiler, gerektiğinde diğer yöntemlerle de desteklenir. Yukarıda sıralanan soruları, mikroskopik yöntemle kesin bir biçimde cevaplamak ço-

ğu kez mümkün olmayabilir. Bu gibi hallerde bile, metalografi bazı olasılıkların elenmesinde fevkalâde yararlı olmaktadır.

Yukarıdaki ilk soruyu ele alalım. Buluntu hangi malzemeden yapılmıştır? Bu sorunun cevabını vermek için şüphesiz ilk akla gelen ve izlenen yol, geleneksel yaş-kimyasal analiz yöntemini uygulamaktır. Ancak, bu sorunun cevaplandırılmasında da metalografiden yararlanmak mümkündür. Metal mikroskobu için hazırlanan örnek üzerinde daha sonra elektron-prob mikroanalizi gibi diğer teknikleri de kullanmak mümkündür. Bu durum, diğer tekniklerin kullanılması gerektiğinde bulutudan yeni bir örnek almayı önleyerek, buluntunun tahribatının en düşük seviyede tutulmasını sağlar. Bulutudan alınan toplu işnenin başı büyüklüğündeki bir örnekten, yukarıda sıralanan bütün soruların cevabını verebilmek mümkündür.

Metal buluntular, modern teknoloji ürünleri ile kıyaslandığında, iç yapılarında bol miktarda kalıntı içerirler. Bu kalıntıların cinsi, miktarı, morfolojisi ve dağılımı hakkında bilgi ancak mikroskopik inceleme ile elde edilebilir. Dolayısıyla, kalıntıların etüdü ile, eserin hangi tür cevherden nasıl üretildiği veya sahte olup olmadığı konusunda bazı ipuçları elde etmek mümkündür ki, bu tür bir bilgiyi eseri kimyasal ana-

* Prof.Dr., İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, Metalurji Mühendisliği Bölümü, Malzeme Anabilim Dalı öğretim üyesi ve TÜBİTAK - AKSAY ünitesi araştırmacısı.



Şekil 2: (a) Mızrak ucu (I/84-241) nun sap kısmının mikroyapısı. Mavi renkteki faz, arseniğe zengin Cu_3As bileşimini, zemin ise bakırca zengin fazı göstermektedir (enine kesit). (b) I/81-352 No'lu etütlük buluntuda, korozyon tabakasının hemen altında yer alan mikroyapı.



lize tâbi tutarak elde etmek mümkün değildir. Dolayısıyla, metal buluntuların karakterizasyonunda yaş-kimyasal analiz yapılması kesinlikle tercih edilen bir yöntem değildir.

Metal buluntuların kökenini veya hangi cevher yatağına ait cevherden yapıldığını tespit etmek için, iz-element ve izotop analizi gibi tekniklerin kullanılması gerekmektedir. Oysa, optik mikroskopi ile bazı hallerde, kalıntıların cinsinden yararlanılarak bu konuya açıklık getirmek mümkündür. Örneğin, buluntunun yapısında yer alan sülfürlü bileşikler, buluntunun sülfürlü cevherlerden üretildiğini ortaya koyarlar. Buluntunun nasıl üretildiği konusuna gelince, bu konuda da metalografiden doğrudan yararlanmak mümkündür. Mikroyapı analizi ile örneğin, buluntunun nasıl şekillendirildiği, şekillendirmede döküm veya dövme işlemlerinin yapıp yapılmadığı ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, dövmenin sıcak halde mi yoksa soğuk olarak mı yapıldığı veya ısıl işlem uygulanıp uygulanmadığı gibi üretim teknolojisi ile ilgili diğer ayrıntılar da ancak mikroyapı analizi ile ortaya çıkabilmektedir.

Metal buluntuların yaşını, mikroskobik yöntemlerle doğrudan saptamak mümkün değildir. Kazıdan çıkan buluntuların yaş tayini genellikle kazıdan çıkan diğer karakteristik buluntularla ilişkili olarak yapılır. Örneğin, aynı kazıdan metal buluntunun yanı sıra dönemi belli bir çömlek (veya parçası) elde edilmişse, metal buluntunun da aynı döneme ait olması ihtimali yüksektir. Tarihi metal eserin nereden bulunduğu belli değilse, metalografik etütle eserin ne zaman üretildiği konusunda dolaylı bilgi elde etmek mümkündür. Mikroyapıdan elde edilen ipuçları, eserin diğer özellikleri ile bir arada değerlendirilerek üretildiği dönem konusunda tahmin yapılabilmektedir.

Örneklerin Hazırlanması

Metal buluntulardan veya eserlerden örnek alınmadan önce, objenin sırasıyla çıplak gözle, büyüteçle ve ayrıca stereo mikroskop altında incelenmesinde yarar vardır. Bu aşamada yapılan makro-inceleme ile buluntunun yüzey kısmında yer alan karakteristikler tespit edilerek, yukarıda belirtilen bazı sorulara cevap teşkil edecek bilgiler sağlanabilir. Örneğin eski madeni paralarnın (sikke) bu tür incelenmesi ile, sikkenin üretim tarihi veya dönemi tespit edildiği gi-

bi, sikkenin üzerinde görülen kalıp izleri, kenar kıvrımlarında yer alan çapaklar veya yırtılmalardan hangi yöntemle üretildiğine dair bilgi de sağlanabilir. Ancak, tarihi eser hakkında daha fazla bilgi edinmek için, eserden alınan bir örneğin hazırlanarak metal mikroskobunda mikro-incelemesi gerekir.

Arkeolojik eserlerin mikroskobik inceleme için hazırlanması; fevkalâde önemli bir konu olup, başlıca;

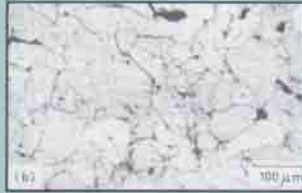
- örneğin eserden çıkartılması ve kalıba alınması,
- örneğin parlatılması ve dağlanması

kademelerini içermektedir.

Metalografik incelemede seçilen örneğin bir değer taşıyabilmesi için, eserin bütününü veya belirli bir bölgesini tam olarak temsil etmesi gerekir. Bu konu, işin temelidir. Arkeolojik eserlerden örnek çıkarmada karşılaşılan en büyük güçlük eserin tahrip olmasıdır. Arkeolog veya müzeciler, örnek alınırken yapılacak tahribatın en düşük seviyede tutulmasını şart koşarlar; hatta teşhir edilecek benzeri olmayan eser-



Şekil 3: Mızrak ucu (I-85-45) nun mikroyapısı. (a) Sap kısmı, enine kesit, (b) Sap kısmı, boyuna kesit. Her iki mikrograftaki siyah fazlar, kalıntıları göstermektedir. (c) Ağız kısmı (Mikrograflar: N.BOZKURT).



Şekil 4: Edirne, Saray Mutfaklarına ait kenetin mikroyapısı. (a) Yüzeğe yakın bölge. Açık renkteki faz ferrit, koyu renkteki faz perlit. (b) İç kısım, kahıtlı içeren ferritik yapı. (c) Koyu renkteki bölgeler, yapıda yer alan kahıtları göstermektedir (4).

lerden örnek çıkartılmasına izin vermezler. Bu nedenle genellikle incelemeler, "etütlü" diye tanımlanan, ufak buluntu parçaları üzerine yapılmaktadır. Ancak, kaynağı belli olmayan eserler için incelenecek örneğin eserden çıkartılması zorunludur. Örnek çıkarılmadan önce, eserin neresinden alınacağına karar verilmelidir. Birçok hallerde, yapı heterojen veya yönlendirilmiş olabilir. Örneğin, dökümle kabaca şekillendirilen bir hançerin, ağız kısmı genellikle dövülerek şekillendirilmiştir. Bu durumda hançerin sap ve ağız kısımlarından iki mikro-örnek çıkarmak ve bunları işlem doğrultusuna paralel (hançerin uzun eksenini boyunca) ve dik olacak şekilde incelenmesi gerekmektedir. Makro-inceleme, incelenecek örneğin, eserin neresinden alınması gerektiği konusunda önemli ölçüde yardımcı olmaktadır. Kazılardan çıkan özellikle demir esaslı buluntular, genellikle içlerinde metalik kısım kalmayacak derecede korozyona uğramış olabilir. Bu tür buluntuların mikroskobik etüdüne girmeden önce x-ışınları radyografisi ile iç kısımlarında metal kısım olup olmadığı öncelikle saptanmalıdır. Buluntu şayet, örneğin göbek bölgesinde metal kısım içeriyorsa, örnek bu bölgeden alınmalıdır. Tamamı korozyon ürünü olan bir buluntunun etüdünde mikroskobik yöntem yerine, eğer buluntunun boyutları uygunsa bütün halinde, değilse örnek alarak x-ışınları spektrometrisi ile içinde yer alan alaşım elementlerinin tespiti yapılır. Bu bilgiler, buluntunun hangi metal veya alaşımdan yapıldığı konusunu ortaya çıkardığı gibi, buluntunun hangi çevherden üretildiği konusuna da ışık tutar. Tamamen korozyona uğrayan buluntular gevrek davranış gösterdiğinden, bu buluntulardan örnek çıkarılmasında parçalanmaları söz konusudur. Bu nedenle, gerekli itina gösterilmeli ve tedbir alınmalıdır.

Buluntulardan alınan örnekler, çoğu kez çok ufak olduklarından, bunların kalıba alınmasında yarar vardır. Böylece, örneğin rahat bir şekilde tutularak parlatılması ve kotlanması sağlanır. Kalıba alınan örnekler, zımparalama ve parlatma kademelerinden sonra kimyasal bir çözelti ile dağlanmadan önce mikroskop altında incelenmesinde yarar vardır. Buluntunun içerisinde yer alan çeşitli metal olmayan kalıntılar, döküm boşlukları, dökme demirde grafit ve kurşunlu bronzlardaki kurşun partikülleri dağlama işleminden önce daha belirgin bir şekilde görülürler. Ayrıca dağlanmamış örnekler, elektron-prob mikroanalizinde de kullanılabilir. Arkeolojik eser-

lerin mikroskobik etüdünde, çoğu kez parlatılan örnekler dağlanarak iç yapı bileşenleri ortaya çıkarılır. Bu tür inceleme, özellikle eserin üretim teknolojisini ortaya koymaktadır.

Metal Buluntuların İç Yapısı

Arkeolojik eserlerin mikroskobik etüdü ile ilgili bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

Şekil 1'de, Samsun'daki İkiztepe kazısından çıkan bazı metal buluntular görülmektedir. Bu buluntuların arsenikli-bakır olduğu tespit edilmiştir(2,3). Yapılarında yer alan arsenikçe zengin bakır bileşiğinin (Cu₃As) dağılımı, Şekil 2(a)'da görüldüğü gibi genellikle ağ biçimindedir. Diğer taraftan, bazı buluntuların yüzeyinde ise, Şekil 2(b)'de görüldüğü gibi arsenikçe zengin bu faz, yaklaşık 100 mikron kalınlıkta bir tabaka olarak yer almaktadır. Şekil 2'de yer alan mikrograflardan buluntuların kabaca şekillendirilmesinde döküm yönteminin uygulandığı, fakat son şeklin sıcakta dövülerek verildiği anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, Şekil 1(b)'de yer alan "Dörtlü spira"nın, rengi gümüşüdür. Bu buluntunun metalografik etüdünde, yüzeyde gümüşe değil, arsenikçe zengin tabakaya rastlanılmış ve bu tabakanın arsenikçe zengin bakırın dökümünde katılaşma sırasında oluştuğu anlaşılmıştır(3). Şekil 3(a) ve (b)'de, aynı kazıdan çıkmış mızrak ucunun sap kısmına ait boyuna ve enine kesitlerin dağlanmadan önceki ve (c)'de ise ağız kısmından alınan örneğin dağlandıktan sonraki yapısı görülmektedir. Bu mikrograflar, eserin sap kısmının sıcakta, buna mukabil, kesici ağız kısmının soğukta dövülerek şekillendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, uygulanan şekillendirme tekniklerinin malzemenin özelliklerine ne yönde etki edeceğinin, o devir ustaları tarafından bilindiğini göstermektedir. Erken-Bronz dönemine tarihlenen bu buluntuların metalografik incelenmesi sonunda ortaya çıkan en önemli bilgi, döküm, sıcak ve soğuk dövme gibi şekillendirme tekniklerinin bu dönemde, bilinçli ve başarılı bir şekilde uygulandığıdır. Metalografik etütle ortaya çıkan diğer bir dolaylı bilgi ise, teknoloji tarihinde en eski koruyucu kaplamanın arsenikçe zengin bakır bileşiği olduğu ve bu kaplamanın, eseri 5000 yıl kadar toprak altında bozulmadan koruduğudur. Oysa, metalografik etüt yerine, buluntuların kimyasal analizi yapılsaydı, bunların sadece arsenikli bakırdan yapıldıkları öğrenilecekti.

ÖLDÜREN İKİLİ SİGARA VE URANYUM

İngiliz araştırmacılara göre, sigara içenler içmeyenlere oranla uranyumun zararlı etkilerine karşı daha savunmasız durumdadır. Nükleer yakıt tesislerinde çalışan işçiler üzerinde yapılan bir çalışmada, sigara içen ve uranyuma maruz kalan işçilerin kan hücrelerinde beklenenin oldukça üzerinde anormal kromozomların bulunduğu belirlendi.

Araştırmacılar, henüz üzerinde çalışılan kişi sayısının nispeten az olduğunu, bu yüzden de araştırmayı genişleteceklerini belirtiyorlar. Fakat sigara dumanı ile uranyumun birlikte yaptığı etkinin, her ikisinin ayrı ayrı etkilerinden oldukça fazla olduğu şimdiden kesinlik kazanmış durumda.

İşçilerden alınan kan hücreleri çoğaltıldıktan sonra bu hücrelerde iki türlü değişikliğin varlığı saptanmış. Bunlardan biri anormal kromozomlar, diğeri ise kardeş kromatid değişimi. Anormal kro-

mozomlar, üzerlerinde belirgin bir şekilde radyasyonun izlerini taşıyorlar. İki eş kromozom arasında gerçekleşen kardeş kromatid değişimi ise, uranyumun radyoaktif etkisinden değil, kimyasal etkisinden kaynaklanıyor. Her iki etki sigara içenlerde daha kuvvetli bir şekilde görülüyor. Özellikle disentrik (çift merkezli) kromozomların sayısı sadece radyasyonla açıklanamayacak kadar yüksektir. Normalde bir kromozomun her iki yarısı tek bir merkezden birleşerek kromozomu meydana getirmektedirler. Disentrik kromozomlarda ise birleşme iki noktadan oluyor veya daha fazla yapışıklıklara da rastlanabiliyordu.

Eğer konuyla ilgili diğer araştırmalar da sonuçlanacak olursa, pek yakında radyasyonla çalışacak işçiler için sigara içme şartı aranabilecek.

New Scientist Mart 1991'den çev.:
Mesut YILDIRIM

Şekil 4'te, 15. Yüzyıl Osmanlı mimarisi örneklerinden, Edirne Saray mutfaklarından alınmış bir demir kenetin mikroyapısı yer almaktadır. Mikrograflardan görüldüğü üzere mikroyapı, esas olarak ferritik (karbonca fakir demir fazı) karakterde olup, yer yer perlitçe (karbonca zengin demir fazı) zengin bölgeler mevcuttur. Bu durum, kenetin üretimi aşamasında tekrarlanan yeniden ısıtma işlemleri esnasında kullanılan kömürden demire karbon difüzyonunun yer almasından kaynaklanmaktadır. Yapıda ayrıca, bol miktarda kalıntılar mevcut olup, yapılan elektron-prob mikroanalizinde bunların fosfor ve potasyum yönünden zengin olduğu görülmüştür(4). Bu özellik, çağımız demirlerinde görülmez. Diğer taraftan, eser üzerinde yapılan makro-incelemede kenetin, daha ince ve uzun bir parçanın ikiye katlanması ile elde edildiğini göstermektedir. Bütün bu bilgiler kenetin, sarayın yapıldığı dönemin teknolojisini yansıtan orijinal bir eser olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç

Arkeolojik eserlerin metalografik etüdü, özellikle diğer tekniklerle desteklendiğinde, arkeologların karşı karşıya kaldığı birçok sorunun cevaplandırılmasında başvurulacak en güçlü yöntemlerden biridir.

Mikroskobik inceleme sayesinde buluntunun, bileşiminin yanı sıra, orijini, üretim teknolojisi, yaşı ve sahte olup olmadığı ortaya çıkabilmektedir.

Metal buluntularla ilgili değerlendirmeler, birçok teknikten elde edilen bilgilerin ışığında yapılacağından buluntuların etüdü için en gelişmiş laboratuvar imkânlarına sahip kuruluşlarda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çeşitli kuruluşlarda yapılacak münferit incelemeler, buluntunun değerlendirilmesini zorlaştıracak gibi, eserin önemli ölçüde tahribatına sebebiyet verecektir.

KAYNAKLAR

- (1) A.E. Geçkinli, Metalografi I. Kısım, İ.T.Ü. Yayın Sayı: 1391 (1989).
- (2) N. Bozkurt, A.E. Geçkinli, H. Yoruca, Ö. Bilgi, "III. Arkeometri Sonuçları Toplantısı", T.C. Kültür Bakanlığı, Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayını (1987) 121-138.
- (3) A.E. Geçkinli, N. Bozkurt, Ö. Bilgi, "IV. Arkeometri Sonuçları Toplantısı", T.C. Kültür Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Başkanlığı Yayını (1988) 253-258.
- (4) G. Tanyeli, A.E. Geçkinli, A. Ata, "VI. Arkeometri Sonuçları Toplantısı", T.C. Kültür Bakanlığı, Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayını, (1990) 109-125.

Bilgi Çağını **Bilim ve Teknik** ile İzleyin.