

## METALURJİK SÜREÇLER VE ARKEOMETALURJİ

Şenol YILMAZ, S. Can KURNAZ

**Özet** - Bu çalışmada, metalurjinin tarihçesi ve arkeometalurji hakkında bilgiler verilmektedir. Tarihte ilk kullanılan metaller tanıtılmakta, insanoğlunun bunları keşfetmesiyle yaşamunda meydana gelen değişimler sunulmakta ve metalurjinin günümüze değin geçirdiği süreçler anlatılmaktadır.

### METALLURGICAL PROCESS AND ARCHEOMETALLURGY

**Abstract** - In this study, historical development of metallurgy and information about archeometallurgy are given. The first used metals in past and changes of human living after discovery of metals were introduced. Metallurgical process up to now are also discussed.

### I. GİRİŞ

İnsanoğlu yaşamın her döneminde kendi öz geçmişinin güzel ve hatta kötü günlerini hatırlayacak maddi belgelerini olduğu kadar; kendisi ile hiçbir ilişkisi bulunmayan, ancak hayranlık duyduğu bazı şeyleri toplamak, saklamak ve kendinden sonrakilere bırakmak eğilimine sahiptir. Toplama ve saklama ister yüce bir duygu, ister basit bir zevk, isterse gösteriş veya diğer nedenlerle yapılsın koleksiyon ve ardından müzelerin oluşumunda en belirgin sebep olmaktadır. Bu noktada arkeolojiyi "geçmişte insan elinden çıkma her türlü eseri, kalıntıyı inceleyen bilim dalı" olarak tanımlayabiliriz. Bu insan elinden çıkan eser ve kalıntıların birçoğu metalurji ve malzeme mühendisliğini ilgilendirmektedir. Eski metalurjik eser ve kalıntıların incelenmesi de arkeometalurjinin doğmasına yol açmıştır. Buradan yola çıkarak arkeometalurjiyi "geçmişte insan elinden çıkan her türlü metalurjik eser ve kalıntıları inceleyen bilim dalı" olarak isimlendirmek mümkündür [1-3].

Arkeometalurjik çalışmalar aşağıda verilen konulara ışık tutması açısından önem arz etmektedir [1].

Ş. Yılmaz, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Sakarya  
S.C. Kurnaz, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Sakarya

- Madencilik ve metalurjik faaliyetlerin başlangıcı ve metalurji tarihi
- Metalurjik faaliyetlerin bölgede yaşayan toplumların sosyal, politik ve ekonomik gelişmelerini hangi düzeyde etkilediğinin araştırılması.

### II. METALURJİNİN DOĞUŞU

Metalurjinin evrimi zaman zaman tartışma konusu olmaktadır. Tarihçiler cevherden elde edilen ilk metalin bakır veya kurşun olduğu konusunda birleşmemektedir. Bazı metalurji tarihleri bu endüstrinin başlangıcını, şaka ile karışık olarak, bir Mısırlı hanımın süslenme merakına bağlandığını anlatır. Nil kıyılarında yaklaşık M.Ö 6000'li yıllarda genç bir kadın güzellik düşüncesiyle yüzüne bakım uygularken, elindeki boya çubuğu parmaklarından kayıp ocağa düşer. Sabah olduğunda küller arasında bir kırmızı külçe keşfeden tarihin bu ilk metalurjistlerinden olan Mısırlı hanım, bütün bakır ingotlarından ilkinin imal etmiştir. Bu olağan üstü efsanenin tek doğru tarafı, kosmetik için renkli boya meddesi (pigment) olarak bakırtaşı (malahit)'in kullanılmasının ilk çağların başlarına kadar gittiğidir [4]. İlk çağlara ait arkeolojik metal buluntuların önemli bir bölümü kuşkusuz bakırdır. Ancak, buradan yola çıkarak bakırın cevherinden metalurjik süreçlerle elde edilen ilk metal olduğu kanısına varılmamalıdır [5].

Herhangi bir metalin cevherinden elde edilmesi gerçekleşmeden çok daha önceleri insanoğlu doğal metallere kullanımına uzun sürelerdir devam etmekteydi. Tarih öncesi insanların şiddetli iklimsel değişiklikler nedeniyle yaptıkları büyük göçler sırasında doğal metallere keşfetmiştir. Taş devrine, özellikle cilalı taş devrine ait arkeolojik kazılardan; bu devirde insanların taş ve kayaların arasında açıkta duran ve ender rastlanan bazı maddelere özel bir ilgi duyduklarını göstermektedir. Göçler sırasında ilk insanlar genellikle bu maddelerin oldukları bölgelerde yerleşmişlerdir. Bu maddeler taş ve kayalardan farklı olarak vurulduklarında kırılmıyor ve hatta dövüldüklerinde değişik biçimler alabiliyordu. Onlar doğada bulunan "doğal metallere"di. Bu doğal metallere arasında en çabuk tanınanları kayadaki birer çatlak içerisinde erimiş olarak duran doğal bakırla,



alüvyon içindeki altın ve gökyüzünden göktaşı olarak düşen demir'dir. Tarihçilerin ifadelerine göre doğal demir, yani Ni içeren meteorik demir cennetten yeryüzüne gelen taşlar olarak kabul edilmiş ve sahibine rakiplerini ortadan kaldırmada tanrısal bir güç veren ünlü kılıç ve bıçakların yapımında kullanılmıştır [5-8].

İnsanların doğal metalleri kullanmaya başladıkları dönemle birlikte kalkolitik çağa (bakır çağı) geçilmiştir. Günlük kullanıma ait basit metalik olmayan aletler ve nesnelere, bu kalkolitik dönemde her geçen gün yavaş yavaş doğal halde bulunan ve şekillendirilebilen altın, bakır, meteorik demir ve azda olsa gümüşten yapılmış metalik eşyalarla daha da zenginleştiriliyor veya değiştiriliyordu. Bu dönemin insanları bu doğal metalleri iğneler, çiviler, taşlar yapabileceği yararlı taşlar olarak arıyordu. Bu dönemde çağa ismini veren doğal bakır daha fazla bulunması nedeniyle yaygın olarak ve özellikle takım ve araçların yapımında kullanılıyordu. Altın ise süsleme amacıyla kullanılmıştır. Buna karşın doğal metallerin bu ilk kullanımına bakarak bu çağı metal çağının başlangıcı olarak isimlendirmek doğru olmaz. Metal çağının başlangıcı cevherden metal elde edilmesinin ilk kez gerçekleştiği zaman olarak kabul etmek gerekir [1,5].

Cevherden metal elde edilmesine ilişkin belirli bir tarih saptamak çok zordur. Çünkü son zamanlardaki her yeni buluntu, olguyu daha da gerilere götürmektedir. İlk metalurjistlerin, içine yumuşatmak amacıyla bakır koydukları odun kömürü kümelerini toprakla örtmek adetinde oldukları bilinmektedir. Bu ustalar, külleri ayıkladıktan sonra, ergitmeye koydukları ham bakırdan daha fazlasını elde ettiklerinin farkına varmışlardır. Oysa ki, bunun izahı basitti: bakıra yapışmış toprak, büyük olasılıkla bakır oksidinden oluşuyordu. Odun kömürü ateşi, güçlü bir redükleyici olarak, metal oksidini redüklüyordu. Kaldı ki toprakla karışım, ergimeyi hızlandırıyordu: %3,5 Cu<sub>2</sub>O'lu Cu-Cu<sub>2</sub>O ötektiği 1050 °C'ta, yani saf bakırın ergime sıcaklığından 33 °C daha düşük bir sıcaklıkta erimekteydi. Bu işlem bazı metalurji tarihçilerine göre cevherden metal elde edilmesinin ilk bulgularıdır [4]. Buna karşın, Anadolu da M.Ö 8000 ve hatta 9000'e tarihlenen bir arkeolojik sitede doğal durumda olmayan bir metale, kurşuna rastlanmıştır [5].

İlk insanlar gereksinim duydukları aletleri şekillendirmek amacıyla doğal bakırı sadece dövmüşlerdir [5,8]. Fakat, bu fazla dövme metalin önce sertleşmesine sonrada çatlamasına neden oluyordu. Buna da çare bulunuyor ve sertleşmiş metalde bir değişiklik sağlamak amacıyla alet ateşte ısıtılıyordu. Böylece metal yumuşatılacak ve tekrar işlenebilecekti. İşleme sonucu sertleşmiş bakırın ısıtıldığında tekrar yumuşaması gözlemi insanoğlunu aynı işlemi diğer taşlarda (yani metallere) uygulamak konusunda cesaretlendirmiştir. Taşların çoğunluğu çatlayacak ve parçalanacak; ancak parlak, çekici ve kırılabilir bir taşı (galen - PbS) görerek ateşe koyduğunda orta miktarda bir ısı kırılabilir bir taşı dövülebilir bir taşı dönüştürmeye yetecekti. Diğer bir deyimle, ateş yardımıyla bir cismin diğer bir cisimle reaksiyonu sağlanarak yeni bir cisim oluşumu gerçekleştirilecekti. Bu yeni cisim kurşundu ve ilk kez elde edilmesi, daha sonraki tüm diğer pirometalurjik süreçlerin temelini oluşturmuştur.

Tarih öncesi zamanlarda metal cevherleri de boldu. Ancak galen, kurşunun eldesi için en basit işlemleri gerektiren bir cevherdir. Gerçekten, bu dönemde diğer metalleri, cevherlerini ergiterek elde etmek bir hayli zor olmalıydı. Çünkü kurşun için gerekenden çok daha yüksek sıcaklıklara gereksinimin yanı sıra karmaşık ergitme reaksiyonları da sözkonusudur. Konya Çatalhöyük'te bulunan kurşun boncukları, cevherinden ergitilen ilk metalin kurşun olduğunun ve bu ergitmenin yaklaşık 10000 yıl önce gerçekleşmiş olması gerektiğinin açık bir belirtisidir [5].

Doğal cevherlerin bulunabilirliğinin azaldığı dönemde, metaller için artan talep, insanoğlunu onları cevherlerinden ergitmeyi araştırmaya yöneltmiştir. İnsanoğlu, kurşunun ergitilmesinden kazandığı deneyimleri bakırı cevherinden elde etmek için uygulamıştır. Arkeolojik verilere dayandırılan bir olaylar tablosu mevcut bilgiler ışığında mümkün olduğunca doğru olarak değerlendirilen bir zaman aralığı içinde meydana gelen, aşağıdaki metalurjik gelişmeleri gösterecektir [2-5,7].

Tablo 1. Metalurjik süreçler [5].

OLAY	M.Ö. Yaklaşık tarih
Kırılabilir taşların kullanımı (Taş çağı)	500 000 - 50 000
Şekillenebilir taşların kullanımı (Kalkolitik çağ (bakır çağı))	50 000 - 10 000
Kurşunun ergitilerek elde edilmesi	9 000 - 7 000
Kurşun sızları	5000
Eritilmiş doğal bakırdan bakır nesnelere	4500
Ergitilmiş bakırdan (cevher) bakır nesnelere	3800
Kalay tuncu eşyalar	3500
Kalay eşyalar	3000
Demir cevherinden ergitme ile demir aletler	2500
Çeliğin özelliklerinin tümüyle kullanımı (karbonlama, su verme ısı işlemleri)	1800



### III. METALURJİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE TOPLUM ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ

Seramik insanoğlu tarafından keşfedilen ilk yapay malzemedir. Toprak, su katılarak şekillendirilmiş, havada kurutulmuş ve ateş ile pişirilmiştir. İlk insanlar, kilin plastiklik özelliğini keşfederek çömleği yapmış, güneşte bırakıldığında sertleştiğini ve ateşte pişirildiğinde daha sağlam olduğunu bulmuştur. İlk seramik malzemelerin bulunması ve kullanımı yapılan araştırmalara ve elde edilen buluntulara göre metallere (doğal metaller) çok öncelere dayanmaktadır. Seramik buluntuların yerleşik düzenin bir işareti sayıldıkları ve tarih öncesi devirlerin bir takvimi gibi arkeologlara yol gösterici oldukları kabul edilmektedir [9-11].

İnsanların geçirdiği evreler incelendiğinde, insanın temel ihtiyaçlardan başlayarak bugünkü modern bilgi toplumunun yaşantısına kadar geçen evrelerde doğada karşılaştığı nesnelere olduğu gibi veya bunlardan çeşitli yollarla üretilen alet, edevat, cihaz vs. yaparak kullandıkları görülmektedir. Toplumların yaşam biçimleri tarihi olarak incelendiğinde, avcı toplum yapısı, çiftçi, yerleşik tarım toplumları, sanayi toplumu ve bilgi toplumu üzere geliştiği ve bu toplum yapılarında insanın temel olarak kullandığı gıda, giyim, barınmadan sonra ulaşım, enerji ve dayanıklı tüketim malları kullanımına doğru giden bir seyir takip etmekte olduğu görülmektedir. Bu seyir içerisinde üretimde kullanılan malzemelerde ve üretim birimleri teknolojilerindeki gelişmeler de kaçınılmaz olmuştur. Örneğin, malzemelere bakacak olursak bitki, odun, hayvan derisi (polimer), kil, taş, seramik ve metal sistemine doğru gelindiği görülmektedir [2,12].

Tarihte ilk insanlar iklimsel değişiklikler ve doğa şartları nedeni ile sık sık göç etmek zorunda kalmışlardır. Avcı toplumu olarak bilinen ilk insanların yaşamlarını sürdürmek ve avlanmak için yaptıkları bilinen bu göçler sırasında çevrelerinde, göç yollarında, av hayvanlarının bol olduğu bölgeler ile daha önce hiç karşılaşmadıkları maddelerin (doğal metaller) oldukları alanlara yerleştikleri görülmektedir. Avcı toplumu olan ilk insanların doğal metallerin kırılmadan kolayca şekil aldığını fark edip kullanmayı öğrenmesi ile avlanmak için taş, kemik ve ağaçtan yaptıkları ilkel silahları, çeşitli kap-kaçakları geliştirmişlerdir.

Avcı toplumları doğal metallerin keşfi ile yaptıkları çeşitli aletleri daha çok günlük hayatlarında kullanmışlardır. Kurşunun ergitilmesini keşfeden ilk insanlar bunu diğer metallere de uygulayıp geliştirdikleri yeni alet ve takımlarla avcılığı ve tarımı geliştirerek önce avcı toplumdan çiftçi toplumuna daha sonra da çiftçi toplumdan yerleşik tarım toplumlarına dönüşmüşlerdir. Tarımda görülen bu ilerleme ile toprak verimi artırılmış, yeni araziler açılmış ve işlenmiştir. Yaptıkları tarım ürünlerini satmak, yeni yerler görmek, yeni metaller keşfetmek amacıyla seyahatler yapmışlar, taş yerine

metal ve özellikle demir tekerlekli taşıma araçlarını geliştirip, gemiler inşa etmişlerdir. Tarım ürünlerinin, metalik malzemelerin satımı, hammadde ve çeşitli temel ihtiyaçların temini değiş-tokuş yöntemiyle sağlanmaya çalışılmış, bunun için demir tekerlekli taşıtlar ve gemiler kullanılarak ekonomi canlanmıştır. Bu olaylar sonucunda insanlar kentleşme, ticaret ve üretim konusunda gelişmişlerdir [1-3].

Metalik malzemelerin kullanılması, ergitmenin keşfi ile insanoğlu toprağa ve doğaya hükmeder hale gelmiştir. Ergitme teknolojisine geçişle, ergitme için gerekli odun kömürünü bulmak amacıyla ormanlar bilinçsizce yakılmış, bunun doğal sonucu olarak verimli tarım arazilerinde ve hayvancılıkta bir azalma görülmüştür. Metalik malzemelerden kılıç, kalkan, zırh ve miğfer yapmayı öğrenen insanlar yeni yerler keşfetmek, yeni metaller bulmak ve güçlerini diğer topluluklara kabul ettirmek için savaşmışlar; metalik malzemeleri savaşlarda daha iyi kullanan ve daha iyi malzemeler üreten toplumlar egemen olmuşlardır. Demirden silahlara sahip olan toplumlar, tunç ve diğer malzemelerden silahları olan toplumlara üstünlük sağlamışlardır [2,3].

Metalik malzemelerin keşfi ile ilk çağlarda yaşayan insanların bir kısmının tarım dışındaki alanlarda çalışmasına olanak tanımıştır. Gelişen toplumsal işbölümü silsilesinde kentlerde çeşitli meslek gruplarının gelişmesi de hızlanmıştır. Metal üretimi ile uğraşan insanlar kendi aralarında localar (odalar) kurmaya başlamışlar ve örgütlenmişlerdir. Oluşan diğer meslek grupları da metal işçileri gibi örgütlenip localar kurmuşlardır. Bunun sonucunda birtakım sosyal sınıflar oluşmaya başlamıştır. Her geçen gün yeni metalleri keşfeden ve bunları kullanan insanoğlu sanayi toplumu olma yönünde adımlar atmıştır [1-3, 12].

Bununla birlikte tarihte yaşanan birçok savaşların da metaller sebebiyle olduğu yaygın bir görüş olarak karşımıza çıkmaktadır. Kıbrıs bakırının saflığı, yüzyıllar boyunca Ege'li koloniler,Finikeliler,Mısırlılar ve Asurlularla dövüşmeye sevk etmişti. Ünlü Truva savaşlarının duygusal nedenleri bilinir. Ama Doğu Akdeniz haritasına bakıldığında bu Friky kentinin stratejik durumu derhal farkedilir. Karadeniz'den gelerek bakır cevheriyle yüklü olarak Çanakkale boğazından geçen gemilerden ağır bağ (vergi) alan Truvalıların bu ambargosunun ortadan kaldırılması gerekiyordu ve bu savaş bu nedenle Helen bronzcularının finanse ettikleri düşüncesi ağırlık kazanmaktadır.[4]. Aynı şekilde, metalurjistlerin bakıra %5-10 kalay ilavesiyle bu metalin sertliğinin iki kat arttığını farkettileri günden itibaren kalay savaşları yüzyıllarca süregelmiştir.



### IV. TARIHTE METALURJİK SÜREÇLER

“Metal” sözcüğü anlamı aramak olan eski yunanca bir kökten gelmektedir ve metallerin başlangıçta ne denli az bulunur olduklarını göstermektedir. Arkeolojik bulgulara ve klasik araştırmalara göre en eski metalurjinin görüldüğü bölge olarak kuzeydoğu İran (Sialk Bölgesi) ve Konya yöresi (Çatalhöyük) kabul edilmektedir. Metalurji yöntemlerine ilişkin bilgiler oradan Yakın ve Orta Doğuya, küçük Asyadaki Toroslardan hazar denizindeki dağlık Elbruz bölgelerine dek uzanmıştır. Metalurji bilgisi Orta Doğu’dan Avrupa, Afrika ve Asya’ya yayılarak ve çeşitli yollardan daha da yaygınlaşarak geliştirilmiştir. Metallerin ilk keşfi ve kullanımı Mısır, Babil, Pers, Hint ve Çin kültürlerinde ilk kentlerin kurulması zamanına rastlar ki bu toplumlarda yaşayan insanların büyük bir bölümünde tarım dışında uğraşmasına olanak tanımıştır [1,12].

İnsanoğlu metallerin kullanımına doğal metallere başlamıştır. İlk doğal metaller olarak bakır, altın ve gümüş süs eşyası dışında yalnız kap, tas, bardak, kupa için kullanılıyor ve araç-gereç yapımında kullanılmıyordu. Düşük ergime derecesine sahip galen’in (PbS) ateşte eriyebileceğini keşfeden insanlar daha sonraları bunu diğer metallere ve özellikle de bakıra uygulamışlardır. Bakırın başka metallere alaşımlanması yeni teknik olaylar sağlamıştır. Örneğin 9 kısım bakırın 1 kısım kalayla alaşımlanması ile kalay tuncu ya da kısaca “bronz” elde edilmiştir [7,12,13].

M.Ö. 2800’ lerde Sina yarımadasında, M.Ö. 2600 yıllarında Mısır’da ve M.Ö. 2500 yıllarında Kıbrıs’ta bakır madenlerinin işletildiğine ilişkin kesin kanıtlar bulunmuştur. Türkiye’de bulunan en eski bakır madeni Ergani’dedir. M.Ö. 2000’lerde Asurlar, M.S. 12. Yüzyılda Araplar ve 16. Yüzyıldan sonra da Osmanlılar tarafından işletilmiştir. Gümüş ve kurşun M.Ö. 2500 yıllarından sonra büyük bir dış satım merkezi olan Anadolu’nun Toros dağlarından sağlanarak Mezopotamya’ya sevk edilmiştir [12]. Mısır’da genellikle % 30 – 45 oranında gümüş içeren altın alaşımına “*elektrum*” veya “*asem*” deniliyor ve çok değer veriliyordu [6,12].

Metallerin keşfi ve kullanılmasıyla beraber insanlar metalik parçaları birleştirerek daha kullanışlı ürünler elde etmek için lehimlemeyi öğrenerek uygulamaya koymuşlardır. Sertlehimlemek suretiyle meydana getirilmiş ilk ürün, M.Ö. 3000’lere ait bir Sümer mezarından çıkarılmış bir altın vazo’dur. Yumuşak lehimin bilinmesi, kalayın bilinmesine bağlı olup bu metal saf olarak ilk önce Mısır’da M.Ö. 2000’lerde elde edilmişti. Romalı ünlü tabiat bilgini Plinius (M.Ö. 23-M.S. 79) Romalıların gelişmiş bir teknikle elle lehimlemeyi bildiklerini anlatmakta ve, zengin kurşunlu ve fakir kurşunlu kalay alaşımlarını bronz ve gümüşü lehimlemede kullanmakta olduklarını bildirmektedir. Dekapan olarak ise reçine kullanmaktaydılar. Ortaçağ bu teknığe fazla bir

yenilik getirmemekte sadece princiin dövme lehimini ile gümüşün lehimini için bakır-gümüş alaşımını ortaya çıkarmıştır. Rönesans’ta bu teknik zenginleşmekte ve sertlehimde dekapan olarak boraks, yumuşak lehimde de amonyum klorür kullanılmaya başlamıştı. Yüzyılımızın başında itibaren ise bakırın ergitilmesi kaynağı gelişmiş ve herhangi bir dekapan gerektirmeyen bakır fosfor lehiminin ortaya çıkması gerçekleştirilmiştir.

M.Ö. 3000 yıllarında Mezopotamya’da çok ilginç bir buluş olan “*Cire Perdue*” yöntemi uygulanmaktaydı. Çok düzgün yüzeye sahip metalik malzemelerin elde edilebildiği “*Cire Perdue*” günümüzün hassas döküm tekniğidir. Bu yöntemde M.Ö. 3000 yıllarında Mezopotamya’da yaşayan insanlar, önce istene ürünün münden kalıbını yapmışlar ve üzerine kille kaplamışlardır. Daha sonra kilin ısıtılması ile sertleşmesi (sinterleşme) sağlanmış, bu sırada mumun eriyerek alınması ile kil (seramik) kalıp elde edilmiştir. Bu kalıba erimiş sıcak sıvı metal doldurulup katılaşması sonrasında kil kabuk kırılarak düzgün yüzeyli metal elde edilmiştir [1-3].

Odun kömürü ile kolayca kurşuna indirgenebilen galen (PbS), eritme metalurjisi’nin (pirometalurji) keşfinde önemli rolü olmuştur. Kurşunu keşfeden insanoğlu bunu sadece kurşunlu sırların yapımında ve çeşitli süs eşyalarına (boncuk v.s.) kullanmıştır. Galenin ergitilmesi ile pirometalurjiyi keşfeden insanlar daha sonra düşük ergime derecesine sahip malahit’den de aynı şekilde bakırın elde edilebileceğini keşfetmişlerdir. Fakat yine malahitden elde edilen bakır sadece kap ve süs eşyası yapımında kullanmışlar, uygun olmaması nedeni ile araç-gereç ve silah yapımında kullanamamışlardır. Yalnızca örneğin Mısır gibi, bakıra arsenik, kalay, kurşun, yada başka metallere katılmasıyla saf bakırdan daha sert bir bakır alaşımının elde edildiği yerlerde ancak silah ve araç-gereç yapımında hammadde olarak kullanılıyordu. Bugünkü Almanya’da M.Ö. 2000’lerde yerleşik çiftçi ve hayvancı topluluklar bronzu kullandılar. Bronzun ilk kullanımı çoğunlukla süs eşyası ve silah yapımı üzerinedir ve araç-gereç yapımında çok az kullanıldı. İlk bronz gereç balta idi ve ağaçları keserek tarla açmakta kullanıldı. Alışılmış teknikler çerçevesinde yeni malzemenin sınırlanması yoluyla yavaş bir şekilde de olsa yeni gereçler (herşeyden önce ağaç ve metal işlemeciliği için) ve yeni aletler geliştirilip kullanıldı [12].

Demirin bilinmesi bronz kadar eskidir ama uzun süre demirin tek kaynağı meteorik demir olmuştur [12]. Küçük Asya’da Hititler, hatırı sayılabilecek kadar çok sayıda kadar demirden silah kullanan ilk topluluktur. Tunç çağı kültürlerinin yok edilmesini izleyen bir soyutlanma ve anarşi döneminin ardından, yavaş yavaş demir çağı kültürleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Hititler yüksek nitelikli demir işçiliği yapan belki de ilk uygarlık olarak ün kazanmışlardır [12,14]. Kesinlikle bilinen M.Ö. 1600 yıllarında demir çıkarmak için bir çeşit tekel idaresi kurmuş olmalarıdır. Kültepe metinlerindeki “*amutum*”



kelimesi doğru okunup anlamı çıkarılınca bunun demir olduğu görüldü [12].

Eski çağlarda elde edilebilen en yüksek sıcaklıklarda bile demir eritilemiyordu. Ancak sıcakta çekiçlenip şekil verilerek sert bir malzeme (dövme demir) elde edilebiliyordu. Demir cevherinin eritilmesindeki belirleyici adım M.Ö. 1400'lerde Kafkasya'da yaşayan efsanevi demirci halk tarafından atılmıştır.

Çin'de bronz, yaklaşık olarak M.Ö. 1300'lerde, demir ise M.Ö. 500'lerde görülür. İlk Çin bronzunun yapımında ana bileşenler olarak bakır ve kalayın yanısıra çinko da kullanılmaktaydı. İnsanoğlu demir dökme işlemini M.Ö. 300 yıl kadar önce keşfetmiştir. Çinlilerin bu büyük başarısı, Ortaçağ Avrupa'sında ancak 1500 yıl sonra yinelenebilmiştir. Çin'de M.Ö. 200 ile M.S. 200 yılları arasında Khan Hanedanı döneminde yapılan büyük demir madeni ocağı, sanayi devrimi öncesinde hiçbir zaman ve hiçbir yerde benzeri olmayan ve sıcaklığı 1400 °C'ye kadar çıkabilen bir tesis olarak demirin ergitilip, kalıplara dökülmesi işleminde başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir. Çinlilerin bu kadar yüksek sıcaklıklara çıkıp demiri ergitme için fırın yapabilmelerinde, hayvan ve su gücü ile çalışan körükleri keşfedip bunu fırınlarda kullanmalarının önemli rolü olmuştur [1,5,12].

İlk demir ergitme fırını yapan Çinliler, elde ettikleri dökme demirin araç-gereç yapımı için çok gevrek olduğunu fark edip, bunu ortadan kaldırmak için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Dökme demiri ısıtarak yüzeyindeki fazla karbonu kızdırarak çıkartmışlar ve yüzeyde karbonu az olan bir tabaka oluşturmuşlardır (dekarburizasyon). Körükleri kullanarak ilk demir ergitme fırını keşfeden Çinliler, ürettikleri dökme demirin de karbonunu gidermeyi başarmışlar ve bu sayede eski çağlardan beri demiri yaygın olarak kullanmışlardır [1].

Osmanlılarda demir madenleri, halk tarafından işlenir ve demir üretilirdi. Madenlerde devlet tarafından bir Nazır bulundurulur, devlet ihtiyacı olan demiri ücret karşılığında satın alırdı. Ordu ve donanma toplarının Maden Nazırını nezaretinde mahallinde üretilir ve gereken yerlere gönderilirdi.

Görüldüğü gibi M.Ö. 200 yıllarından itibaren demir cevherlerinden sadece dökme demir üretim teknolojisi gelişmiş, ancak kitle halinde çelik üretmeye müsait olabilecek 1600 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara erişilememiştir. M.S. 1300 yıllarından itibaren Avrupa'da bugünkü yüksek fırınların benzerleri çok küçük boyutlu olmak üzere yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu sebeple çelik malzemeler önceleri, dökme demirleri erişilebilen en yüksek sıcaklıklarda oksitleyerek ve döverek çelik bileşimine yaklaştırmak ve sementasyon yolu ile de sertleştirmek suretiyle sanatsal teknolojilerle üretilebilmişlerdir. M.S 1850'lere kadar bu teknolojilerin yanısıra çok az miktarda da pota ergitme yöntemiyle

yüksek karbonlu olmak üzere çelik üretiminde gelişmeler izlenmiştir. 1600'lü yıllardan itibaren sert ve gevrek bir malzeme olan dökme demirin yumuşatılıp sünek hale getirilmesi fikri üzerinde çalışmaların yapılmaya başladığı görülmektedir [12].

## V. SONUÇ

İnsanoğlu tarih öncesi çağlarda seramik malzemeleri ve metalleri keşfetmiş, doğal metallerin kullanımı ile başlayan süreçte ergitme ile cevherlerden metaller elde ederek bunları günlük yaşamında kullanmıştır. Yeni metallerin keşfi ile avcı toplumundan başlayan süreçte yaşam tarzlarında önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Yeni malzemelerin kullanımı insanoğluna teknolojik gelişmeleri de bereberinde getirmiş ve tarih öncesi çağlardan günümüzün modern bilgi çağına ulaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- 1) Zeki TEZ, Madencilik ve Metalurji Tarihi, Kitapsaray Yayınları, İstanbul, 1989.
- 2) Şenol YILMAZ, Yayınlanmamış Rapor (Özel Araştırma).
- 3) Şenol YILMAZ, Arkeometalurji Ders Notları, SAÜ Müh. Fak. Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., Sakarya, 2001.
- 4) Burhan OĞUZ, Sertlehimleme, Oerlikon Yayınları, İstanbul 1988
- 5) Nezihi OKAN, Metalurjinin Doğuşu, Metalurji Dergisi, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Yayını, Sayı. 36, s.15-17, 1985.
- 6) Macit ÖZENBAŞ, Çağlar Boyunca Altın, Metalurji Dergisi, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Yayını, Sayı. 87, s.6-12, 1993.
- 7) Macit ÖZENBAŞ, Tarihte Bakır ve Alaşımları, Metalurji Dergisi (Bakır Özel Sayısı), TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Yayını, Sayı. 89, s.10-20, 1994.
- 8) <http://www.unr.edu/unr/sb204/geology/tchnique.html>, Mining Techniques.
- 9) Yüksel GÜNER, Seramik, Gençlik Kitabevi, İstanbul, 1987.
- 10) Ateş ARCASOY, Seramik Teknolojisi, Marmara Ün., Güzel Sanatlar Fak., İstanbul, 1983.
- 11) Nazlı Gülgün ELİTEZ, Antik Çağda Cam, Seramik Dergisi, Türk Seramik Derneği Yayınları, Sayı. 12, s.54-57, 2000.
- 12) Feridun DİKEÇ, Metalurji Teknolojisinin ve Eğitiminin 20. Yüzyıla Kadar Tarihsel Gelişimi, Metalurji Dergisi, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Yayını, Sayı. 105, s.3-7, 1996.
- 13) <http://www.unr.edu/unr/sb204/geology/smelt.html>, Early Smelting and Metallurgy.
- 14) [http://wwwi.uchicago.edu/OI/PROJ/GOL/BA\\_95/BA\\_95.html](http://wwwi.uchicago.edu/OI/PROJ/GOL/BA_95/BA_95.html), A Metalliferous View from the Central Taurus.



