

ARCHEOMETALLURGIA,  
A MÚLT KOHÁSZATA, A JELEN MŰSZAKI VIZSGÁLATAIVAL, A JÖVŐ  
RÉGÉSZETTUDOMÁNYÁÉRT

Török Béla

*Miskolci Egyetem, Metallurgiai és Öntészeti Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros, bela.torok@borsoditranszit.hu*

**Kivonat** A 2009. évi miskolci „Régészet és segédtudományok” című konferencia azonos című előadására épülő tanulmány rövid összefoglalást nyújt az archeometallurgia – ez a relatíve új, de egyre intenzívebben kibontakozó tudományterület, illetve kutatási ág – múltjáról, jelenéről és jövőbeni lehetőségeiről. Az időbeli tematika mellett a tanulmány a fő hangsúlyt az archeometallurgia által együttműködő, munkájukban egymásra utalt szakemberek – régész, anyagmérnök, kohómérnök, kémiai analitikai és ásványtani szakember, történész – kutatási eredményeinek kölcsönös megérthetőségére, felhasználhatóságára helyezi. Az alábbi írás az archeometallurgiának csak egyfajta névjegyét adja, modellértékű példaként a vas archeometallurgiájának rövid bemutatásával.

**Abstract** This paper is based on a presentation at the conference devoted to the Archaeology and its auxiliary sciences. Presented here are the past, the present and the chances in future of the archaeometallurgy, which closely works together specialists in archaeology, history, metallurgy, materials science, analytical chemistry and mineralogy. In the following pages the archaeometallurgy of the iron is summarized in order to show an example to the collaborate studies of different disciplines.

**Kulcsszavak** archeometallurgia, archeometria, iparrégészet, kémiai analitika, metallográfia

**Key words** archeometallurgy, archaeometry, industrial archaeology, analytical chemistry, metallography

---

### A múlt (és kihatásai a jelenre)

Az archeometallurgiai kutatások, vizsgálatok alapját a természetesen a régészet, azon belül is az iparrégészet adja. Az iparrégészet kezdeti klasszikus formája főként az ipari forradalomnak nevezett korszak újkori előzményeit kutatta és tárgyalta, így érthetően Angliából eredt. Az iparrégészeti kutatások mind korszakbeli, mind a különböző ipari és kézműves technológiák palettájának párhuzamos és folyamatos kiszélesedése hamarosan indukálta a régészeti kutatást segíteni hivatott anyagvizsgáló területek, az archeometria kibontakozását. A kört tovább szűkítve elérkezünk az iparrégészetnek és az archeometriának Európaszerte az 1960-as évektől elismert és egyre intenzívebben kutatott ágához mintegy közös gyermekéhez az archeometallurgiához, amelyet kohászatrégészetnek is nevezhetnénk, de csak a teljesség igénye nélkül. Ezen speciális kutatási ág létezése nem új keletű, hanem a korábbi elszórt utalások leletanyagok feldolgozása kapott szervezett formát, illetve folyamatosan egészült ki újabb kutató-

si módszerekkel. Nemzetközi szinten a legmarkánsabb nemzetközi szervezet, a Comité pour la Sidérurgie Ancienne de l'UISPP amelynek 1966-tól titkára a világhírű Radomír Pleiner, cseh professzor létrejöttétől lehet datálni az archeometallurgia létjogosultságát.

A középkori fémelőállítási, kiváltképp a vas-kohászati technológia elméleti alapjairól árulkodó emlékek, ha elő is kerültek néhol hazánkban, a fizikai-kémiai vizsgálatok akkori hiányában inkább csak tájékoztató jellegűek voltak. Az előkerült tárgyi bizonyítékokat főként salakok, kemencedarabok a régészek hazánkban, de más európai országokban is, gyakran mellékesnek tartották, a múlt század első felében rendszerint néhány szóval említik csupán. Bár 1808-ban a Magyar Nemzeti Múzeumban technológiatörténeti osztály is alakult, az ásatásoknál fontosnak tartott vas-, réz- és nemesfém tárgyak keletkezésével, előállításával nem sokat törődtek.

A legkorábbi hazai kohászatrégészeti hír 1854-ből, Kralovánszki Lászlótól származik (Heckenast et al 1968: 14), majd 1892-ben

Kubinyi Miklós már 3 vasbucadarabot is talál Krasznahorkán, amelyet kezdetleges vasolvasztás termékeinek tartott. Korabeli vasolvasztó kemencéről először 1896-ban készült rajz, amely az előző évben feltárt gyalári kemencét ábrázolja. A lelet körül sok volt a támpont nélküli bizonytalanság, például a kemencét a 9. századra datálták, holott a helyi vasércbányászatot egyértelműen római korinak tartották (Heckenast et al 1968: 16-17).

Bár kész fémtárgyak metallográfiai és kémiai vizsgálatát is tartalmazó publikáció már a múlt század elején is megjelent, régészeti, publikációs és szervezeti szempontból az első áttörést az 1950-es évek hozták, amely voltaképpen akkor még szinkronban volt az európai trenddel. A korszakot Nováki Gyula 1952-es sopron-magashídi salakdomb-feltárása és az ugyanez évben rekonstruált diósgyőr-újmassai kohó helyén végzett, már kifejezetten iparrégészeti jellegű ásatása indította. (Nováki 1969) 1955-ben Miskolc-Diósgyőrben alakult meg a Központi Kohászati Múzeum (KKM), egy évvel később pedig Budapesten Kiszely Gyula szervezésével a Kohászati Történelmi Bizottság (KTB), amely már az 1950-es évek végén felvette munkatervébe a honfoglaló magyarok vaskohászati ismereteire vonatkozó emlékek gyűjtését és rendszerezését.

Az 1960–70-es évek kohászat-történelmi kutatásai során felmerült problémák megválaszolása szempontjából újabb mérföldkő volt 1980-ban megalakult az MTA Veszprémi Akadémiai Bizottságának Iparrégészeti és Archeometriai Munkabizottsága (MTA VEAB IAM), amelynek alapítója és a mai napig vezetője Gömöri János, aki az 1970-es évek közepétől a magyar kohászat-régészeti kutatások vezéralakja. A 70-es és 80-as években, Nyugat-Magyarországon folytatott ásatásai áttörő eredményeket hoztak többek között új kemencetípusokat is definiált és korszakalkotónak bizonyultak az avar és Árpád-kori Kárpát-medencei vaskohászat feltérképezése szempontjából.

Jelentős és feltétlenül követendő folyamatot indított be az 1990-es években Gömöri János somogyfajsi ásatása (Gömöri 1999), melynek ipar- és magyarságtörténelmi jelentőségét felismerve a Dunaferr Rt., a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés (MVA) és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) létrehozta a Dunaferr-Somogyország Archeometallurgiai Alapítványt (DSAA). Az alapítvány felügvel a hazánkban mindmáig egyedülálló, 10. századi

műhelytelepet in situ formában megőrző somogyfajsi Óskohó Múzeum működésére (Ágh 1996). Sajnos, az utóbbi években főként a Dunaferr tulajdonosváltása eredményeként az alapítvány, így a múzeum ügye is igencsak háttérbe szorult, ami a létesítmény folyamatos állagromlásával is együtt jár.

Az 1950–60-as évekbeli borsodi, Sopron környéki és vasi ásatások átfogó rendszerezése tulajdonképpen a tudományos kohászat-történelmi munka kezdetét jelölték Magyarországon, amelyet Heckenast Gusztáv, Nováki Gyula és Vastagh Gábor neve fémjelzett, nemzetközi elismerés mellett. Az első, kifejezetten a témáról szóló szakkönyv 1968-ban jelent meg „A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban” címmel, Zoltay Endre rekonstrukciós próbaolvasztásokról készített beszámolóival, méréseivel kiegészítve és mindmáig alapműnek számít a hazai kohászat-kutatásban, főként azért mert utána hosszú évekig nem követte újabb. A kötet beszámol 1962–64 között Diósgyőrben végrehajtott próbaolvasztásokról. Bár a kísérletek az ún. imolai típusú, az Árpád-korra jellemző, műhelyfal oldalába kialakított, Észak-Magyarországon több helyen is feltárt bucakemence profilja szerint kialakított kemencében történt, mégsem nevezhetők a teljesség igényével rekonstrukciós bucaolvasztásnak, mivel a kemencét nem korhű anyaggal, hanem tűzálló masszával bélelték, krivoj rogi ipari vörösvasércet is felhasználtak a betétbe, illetve a fűjtatást villanymotorral hajtott ventillátor biztosította. Bár kovácsolható bucát többszöri kísérletre sem nyertek, mégis úttörő vállalkozásnak tekinthető hazánkban a kísérletsorozat, főként mivel folyamatos hőtechnikai műszeres mérések és kémiai analitikai és metallográfiai vizsgálatok is kísérték, illetve követték (Heckenast et al 1968: 195–232).

Jellemző módon az előbb említett szakkönyv korszakolási tematika alapján tekinthető folytatása immár csak Heckenast nevével fémjelvezve és műszaki jellegű csatolt tevékenység nélkül csak 1991-ben jelent meg, „A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában” címmel (Heckenast 1991).

## A jelen

Az archeometallurgia jelene gyakorlatilag a 90-es években feléledő, a régészet és a műszaki tudomány közötti együttműködési szándékából, illetve annak eseti megnyilvánulásából táplálkozik. Bár

szinte valamennyi szakmai fórumon kiváltképp régészeti oldalról rendszeresen elhangzik a modern műszaki, anyagvizsgálati eljárások régészeti leletekre történő aktualizálásának igénye, égető szükségessége, dicsérete, az említett feléledés még igencsak relatív, főként (és nem csak nyugat-) európai kitekintés viszonylatában.

Az említett, 1968-as kötetben nyitva maradt kérdések nagy részét válaszolja meg Gömői János 2000-ben közzétett, „Az avar kori és Árpád-kori vaskohászat régészeti emlékei Pannoniában” című munkája, illetve ennél jóval többet adva egyebek mellett új kemencetípusok bemutatását és Magyarország részletes vasipar-régészeti lelőhelykataszterét a vasércbányáktól kezdve a kovácsműhelyekig jelenleg a legfrissebb és legrészletesebb összefoglaló szakirodalom a témakörben (Gömői 2000).

Az említett műveken kívül a téma szakirodalmában főként archeológiai és múzeumi értesítőkből, időnként bányászati-kohászati szaklapokban (BKL) megjelenő publikációk, illetve nem utolsósorban szakmai konferenciák, ankétok előadásainak nyomtatott formájában található meg. Utóbbiak közül az újabb eredmények tükrében feltétlenül érdemes megemlíteni a „Hagyományok és újítások a korai középkori vaskohászatban” című nemzetközi gyűjteményt a DSAA és az MTA VEAB IAM kiadásában, illetve az évente más-más országban megrendezett Nemzetközi Archeometriai Szimpózium 1998-as budapesti ankétjának kiadványát, amely sajnos jellemző módon csak 2002-ben tudott megjelenni. A Szlovákiában évente megrendezett nemzetközi archeometallurgiai konferenciákon (*Archaeometallurgy of Iron in the Carpathians Region*) is rendszerint elhangzanak magyar vonatkozású előadások és jelennek meg ezzel kapcsolatos publikációk (Török 1995).

Mint említettem, az archeometallurgia volta-képp az iparrégészet és az archeometria szimbiózisából kapott önálló arculatot. A hatékony munka érdekében több tudományterület szakértőinek összefogása szükséges.

Az archeometallurgiai kutatások modellértékű példaként álljon most itt az emberiség történetének alakulásában egyik hanem éppen leginkább szerepet játszó fém, a vas archeometallurgiájának főbb célkitűzései:

A korabeli vaskohászat anyagismerete – ércék, segédanyagok (faszén, mészkő), salak (salaktipológia kiemelt fontossága!), bucavas, félkész- és késztermékek összetétele, (szövet)szerkezete.

A korabeli ércelőkészítési, metallurgiai és kezelési-alakítási folyamatok viszonyainak, az eljárások jellemzőinek meghatározása.

A vasselőállítás és vasművelés technológiai infrastruktúrájának elméleti (esetenként gyakorlati) rekonstruálása – kemencék, tűzhelyek, szerszámok, segédobjektumok, alap- és segédanyagok, stb. leírása, elkészítése, működtetése.

Mindehhez az eszköz:

Salakelemzések – kémiai és ásványi összetétel, bázikusság megállapítása; morfológia, szemcseszerkezet vizsgálata, amelyek eredménye: salaktipológia kohászati részfolyamat és metallurgiai fázis szerint.

Ércék, kemencedarabok, felhasznált faszén és mészkő vizsgálatai – a jellemző metallurgiai folyamatok elméletét megalapozó, kiegészítő információk beszerzése.

Vasbuca-darabok és vastárgyak kémiai elemzése és (elektron)mikroszkópos vizsgálata, amely egyrészt a jellemző szövetszerkezet, másrészt a fém mint átmeneti és késztermék előállításának és hőkezelésének, alakításának metallurgiai, technikai körülményeiről szolgáltat információkat.

Kísérleti olvasztások rekonstruált, korhú méretekben és anyagokból készült bucakemencében, szintén korhú alap- és segédanyagok felhasználásával.

A hagyományos régészeti módszerek nem elegendők már a terepbejárás és a kezdeti feltárás idején sem. Általában szükséges geofizikai mérések elvégzése is. A feltárás első szakaszában a műhely- vagy kemencetípus definiálása, illetve a salakhalmok kormeghatározása a fő cél (Gömői-Wallner 1984). A szokásosnál is lényegesebb szerepe van a leletek „in situ” helyzetének. Magáról az olvasztás technikai lebonyolításáról, a munkaszervezésről a lehető legtöbbet akkor deríthetünk ki, ha a tipikus leletegyüttes kemencék, mellfalak, fűvókák, salakdarabok, pörkölő gödrök, tűzhelyek, faszénégető boksák, ritkábban szerszámok és építménymaradványok megfelelő darabjait a megfelelő műszaki vizsgálatok rendelkezésére bocsátják.

A már említett geofizikai geomágneses és geoelektromos mérések mellett természetesen lényegesek a kormeghatározás módszerei, ahol a legelterjedtebb radiokarbon módszer mellett egyre hatékonyabb a termolumineszcens kormeghatározás (Benkő 1984).

A salakok, falmaradványok, esetleges bucavasdarabok anyagvizsgálatát több csoportra oszthatjuk. A kémiai-analitikai elemzések alkal-

mazott módszerei a hagyományos, de már csak ritkán alkalmazandó nedves kémiai módszerek gravimetria és titrimetria mellett az atomabszorpciós spektrofotometria és röntgen-fluoreszcens elemzés (Török 1997), külön említésre érdemes az elektromos vezetőképesség alapján történő karbon- és kénelemzés, illetve a legmodernebb technika képviselőjében a plazmaemissziós spektrométer, amely induktív csatolású plazma (ICP) elektrongerjesztése általi fényelnyelés mértéke alapján színképelemzést végez.

A metallográfiai, illetve mikroszerkezeti analízis hagyományos eszköze a pásztázó (scanning) elektronmikroszkóp, amely rendszámérzékeny (back-scatter), illetve szerkezeti jelleg vizsgálatára kiváló ún. szekunder képek mellett lokális és területi, átlagos elemspektrumok felállítására is alkalmas (Török 1999; Gömöri–Török 2002). E téren feltétlenül említésre méltó a vastárgyak strukturális és mennyiségi elemzésére alkalmas röntgenemissziós vizsgálat is.

Főként érceken, salakokon, de egyéb, metallurgiához köthető nemfém anyagokon (kemence-, mellfal-, fűvókadarab, mészkoadalék, stb) esetenként érdemes ásványtani vizsgálatokat is elvégezni (Kisházi 1981). Kipróbált eljárások a röntgen-diffrakciós módszer (Kisházi 1977–1978) bár ez csak kristályos fázisokon alkalmazható illetve a röntgen pordiffrakciós eljárás (XRD).

## A jövő

Az archeometallurgia jövőjét, fejlődését, lehetőségeit boncolgatva e tanulmány szerzőjeként, különleges aspektusból műszaki és bölcsész végzettség által „mindkét oldal” szemszögéből látva a helyzetet, az archeometallurgia, de voltaképpen akár az archeometria interdiszciplináris jellegéből fakadó egységes, ugyanakkor közösen érvényesülő szakmai nyelvezetének, kutatási stratégiájának, szerkezetének igényére fektetném a hangsúlyt. Ennek a legsarkalatosabb jövőbeli zálogai az érintett tudományterületek jellemzőit adekvát módon összefogó, megfelelő súlyozással tartalmazó felsőoktatási szakirányok, tematikák, illetve a nem csak „szakmai szenvedély” és lelkesedés által összetartott, hanem szervezett, állandó működésű interdiszciplináris jellegű kutatócsoportok, kutatóműhelyek létrehozása.

Egy tudományterület, egy kutatási terület felvirágoztatásához a magokat célszerű annak oktatásánál, az egyetemeken nem kevés vélemény szerint már akár előtte is elültetni. Több szem-

pontból és hatványozottan érvényes ez éppen az archeometallurgia esetében és éppen manapság, a jelentősen átalakult-átalakuló felsőoktatás időszakában. Az archeometallurgia interdiszciplinaritása révén ugyanis különösen alkalmas arra, hogy több irányból is bevezessék a felsőoktatás rendszerébe és modellértékű összekötő szerepet tölthet be különböző egyetemi karok között annak számtalan előnyével, de persze kezdeti nehézségével is.

Egyértelmű cél lehet a jövő ez irányú felsőoktatásában olyan régészeket képezni, akik tisztában vannak a régészetet szolgáló műszaki anyagvizsgálati eljárások alapvetéseivel, megfelelően tudják kezelni, értékelni az általuk kapott információkat, összefüggéseket. Ugyanakkor képzendők olyan anyagmérnökök, analitikusok akik viszont tisztában vannak az adott leletcsoportok keletkezési, felhasználási körülményeivel, történeti vonatkozásaival, speciális tulajdonságaival – különösen célravezető, nagy segítséget jelentő ez az archeometallurgia területein. Összefoglalva, mindkét irányból speciális kiegészítő szakmai ismeretek nyújtása a tennivaló.

Ilyen potenciális lehetőségre példaként említhető e téren hazánkban a Miskolci Egyetem, egyrészt universitas jellege, másrészt a Műszaki Anyagtudományi (korábban Kohómérnöki) Kar képviselte felsőoktatási szakmai privilégium miatt. A karon három éve, BSc. képzés szabadon választható tárgyaként futó „Archeometallurgia – a vas ipartörténete” című bevezető jellegű tárgy nem csak az adott karon tapasztalható népszerűsége predesztinálja egy ezen az úton kidolgozandó MSc. szakirány bevezetését is. Ugyanezeket a lépéseket természetesen a Bölcsészettudományi Karon is célszerű megtenni.

Állandó archeometallurgiai kutatóműhely létrehozása természetesen már a következő nehézségi fokozatba tartozik, de logikája jól felfűzhető az előző gondolatsorra. Nem utolsó sorban, az új szakterülettel a kutatói tevékenységek, pályázati úton támogatott kutatási projektek irányába is eredményesen lehet a közeljövőben „fehér foltokat” lefedni, ezzel az oktatói funkció mellett a K+F tevékenységének stratégiájában új lehetőségeket teremteni. Mindez által a remélhetőleg minél közelebbi jövőben már nem a régészek (múzeumok, stb.) és anyagvizsgáló műszaki szakemberek eseti és néha csak „próbálgatás-jellegű” együttműködése lenne a jellemző, amelynek eredménye gyakran csak régészeti jelentésekbe, szakmai anyagokba beillesztett, a régésznek nem túl sokat mondó, száraz adathalmaz, táblázat, hanem aktív,

kölcsönös és produktív szakmai együttműködés valósulna meg.

#### Felhasznált Irodalom

- Ágh J. 1996. A Dunaferr- Somogyország Archeometallurgiai Alapítvány létrehozása. *Bányászati és Kohászati Lapok* 129/7-8, 282.
- Benkő L. 1984. Kemencék és edények vizsgálata TL módszerrel. *Iparrégészet II. MTA VEAB Értesítő*, Veszprém, 263–272.
- Gömöri J. 1999. Preliminary report on the Excavations of 10th Century AD Iron Smelting. Előzetes jelentés a somogyfajsi és a soproni X. századi vasolvasztó műhelyek ásatásáról; In: Gömöri J. (Szerk.) *Traditions and innovations in the early medieval iron production. Hagymányok és újítások a korai középkori vaskohászatban*, DSAA – MTA VEAB IAM nemzetközi kiadvány, Sopron-Somogyfajsz, 170–191.
- Gömöri J. 2000. *Az avar kori és Árpád-kori vaskohászat régészeti emlékei Pannoniában*; Soproni Múzeum és MTA VEAB kiadványa, Sopron.
- Gömöri J., Török B. 2002. Technical Examination of the Early Medieval Ferrous Metallurgical Finds from Hungarian Sites. In: Jerem, E., Biró, T. K. (Eds.) *Archaeometry 98. Proceedings of the 31st Symposium*, Budapest, April 26 – May 3 1998 Vol. II. *British Archaeological Reports (BAR) International Series 1043 (II)*, Oxford, 375–381.
- Gömöri J., Wallner Á. 1984. Geofizikai mérések a szakonyi Árpád-kori vasolvasztó műhelyek feltárásánál. *Iparrégészet II. MTA VEAB Értesítő*, Veszprém, 227–242.
- Heckenast G. 1991. *A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Heckenast G., Nováki Gy., Vastagh G., Zoltay E. 1968. *A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban*; Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kisházi P. 1977-1978. Megjegyzések a Nyudunántúli régi vaskohászati leletek röntgen-diffraktométeres vizsgálataihoz. Eine Bemerkungen zu den Ergebnissen der Diffraktometer-Untersuchungen von Eisenerz- und Schlackenmustern der alten Hüttenfunde aus West-Ungarn; *Arrabona* 19-20, 169–175.
- Kisházi P. 1981. Nyugat-magyarországi régi vaskohászati leletek vasérc és salakmintáin végzett ásvány-közettani és teleptani vizsgálatok eredményei. Results of mineralogical-petrographical and economic geological researches carried out on the iron-ore and slag samples taken from finds of the ancient iron metallurgy in Western Hungary. In: Gömöri J. (Szerk.) *Iparrégészet, Industrial Archaeology I*, Veszprém, 149–156.
- Nováki, Gy. 1969. Archäologische Denkmäler der Eisenverhüttung in Nordostungarn aus dem X-XII. Jahrhundert. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 21, Budapest, 299–331.
- Török, B. 1995. Chemical and Metallographic Analysis of Iron Ores and Slags Found in Medieval Bloomery Sites and Obtained by Smelting Experiments; *Archaeometallurgy of Iron in the Carpathians Region*, Seminar Herl'any, 1994. *Študijné Zvesti Archeologického Ústavu Slovenskej Akadémie Vied*, Nitra, 279–295.
- Török B. 1997. A műszaki tudományok és a régészet kapcsolatának fejlődése hazánkban. Műszaki vizsgálatok a régészet szolgálatában; In: Vámos É. (Szerk.) *Tanulmányok a természet-tudományok, a technika és az orvoslás történetéből*, MTE SZ-kiadvány, Budapest, 81–84.
- Török, B. 1999. About the Technical Investigations of Ore, Slag and Wall-fragment Samples Found Next to the Sites of Nemeskér-type Furnaces. Nemeskéri típusú vasolvasztó kemencék lelőhelyén talált ércek, salakok és kemencefal-darab műszaki vizsgálatai. In: Gömöri J. (Szerk.) *Traditions and innovations in the early medieval iron production. Hagymányok és újítások a korai középkori vaskohászatban*, DSAA – MTA VEAB IAM nemzetközi kiadvány, Sopron-Somogyfajsz, 160–169.