

HEGEDÜS ZOLTÁN

A diósgyőri Központi Kohászati Múzeum és a soproni Liszt Ferenc Múzeum vasbucáinak kohászattörténeti vonatkozásai

A diósgyőri Központi Kohászati Múzeum érdekességei között kiemelkedő helyet foglal el a kiállított három vasbucá. Vasbucának (vasbucinak, vascipónak) nevezik az ókori—középkori vasolvasztókemence végtermékét, a cipóalakú, erősen salakos, részben szivacsos fémvasat. Ezek meglehetősen ritkák és a kohászattörténet kutatás szempontjából nagyon becses leletek. Különösen ritkák és műszakilag alig vizsgáltak még a nagyobb méretű behasított bucák, amelyekhez a vizsgálat tárgyát képező darabok is tartoznak. E bucákat Sopron környékén, a hévízi tóban és a Baranya megyei Szalacsckán találtak. Ezeken kívül megvizsgáltuk még a Soproni Liszt Ferenc múzeumban látható teljes bucát és egy kis bucatöredéket, mely Pilisszentkereszt környékéről került elő.

A vasbucák kohászattörténeti értékét az adja meg, hogy közvetlen vizsgálatuk révén fontos és megbízható adatokat kaphatunk régmúlt korszakok technikai fejlettségéről és kohászati eljárásairól. A Kohászati Történeti Bizottság ezért elhatározta e ritka leletek részletes vizsgálatát, aminek eredményeiről a következőkben számolunk be.

A vizsgálatok részletes ismertetése előtt szükséges rövid áttekintést adni az ókori és a középkori vaskohászat eljárásairól.

Európában a vas i. e. 1000 körül jelenik meg. Hogy a vas kohósítását Közép-Európába Kisásziából hozták-e, vagy attól függetlenül fedezték-e fel, ma még nincs eldöntve.

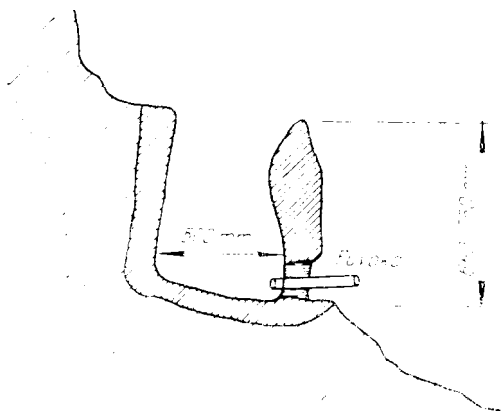
A kohósítás kezdeti időszakában is a vaskinyerés alapelve ugyanaz volt, mint ma; az ércet faszénnel tűzben redukálták. Az idők folyamán csak a kohósítás kivitele, a használatos berendezések változtak és módosultak, a kezdeti 6—7 kg-os bucáktól a mai 100—400 tonnás adagokig.

A legrégebbi időkben a faszénnel kevert ércet kis gödrökben redukálták. A berendezés nagyon egyszerű volt. A földbe kb. 0,5—0,8 m mély gödröt ástak, ezt belülről kövekkel, agyaggal kifalazták és kész is volt a kohó.¹ Elég korán észrevették, hogy nem minden kemencében sikerül vasat kapni. A vas kohósítására csak alsó nyílással, szélesatornával ellátott gödrök, kemencék váltak be. Azt is észrevették, hogy a szűk völgyek meredek lejtőin telepített kemencék üzeme sokkal biztonságosabb. Ezeknél, tisztán tapasztalat útján, az őskohászok szolgálatukba állították a lejtőmenti felszálló légáramlatokat.

¹ R. Schaur : Streiflichter auf die Entwicklungsgeschichte der Hochöfen in Steiermark. Stahl-Eisen 1928. (48) H. 15. 489. l.: J. W. Gilles : Der Stammbaum des Hochofens. Archiv für das Eisenhüttenwesen 1952. H. 11—12, 407. l.: L. Beck : Geschichte des Eisens. Braunschweig, 1891. II.

Ez nagyon fontos felfedezés volt, mert ily módon sikerült javítani a kemence huzatát és ezzel növelni a tűztér hőfokát, ami pedig a sikeres vasredukció egyik alapvető és abban az időben nehezen teljesíthető követelménye volt.

Közben azt is észrevették, hogy azokban a kemencékben, melyeknek szélesatornája az uralkodó szél irányába került, biztosabb volt az üzem, kevesebb volt a sikertelen olvasztás és rövidebb idő alatt kapták a vasat. A sikertelen olvasztások a primitív kohóknál gyakoriak lehettek. E. J. Wynne—R. F. Tylecote² újjáépített ókori olvasztó gödrökben végzett modern kísérlete



1. ábra. Kelta olvasztógödör vázlatja

során például 10 kohósítási kísérlet közül 2 esetben kaptak csak vasat. Egy i. e. 400 körüli olvasztógödör vázlatát az 1. ábra mutatja. A kohósításhoz szükséges faszenet a kiterjedt erdők szolgáltatták. A vasércet a közvetlen környékről szerezték be. Elsősorban mocsári gyevasércet és az agyagokban levő vasérc (limonit) gumókat kohósították. Ezen ércfélések laza, porózus szerkezete tette lehetővé a vas kohósítását az olvasztó gödrök kis hőmérsékletén.

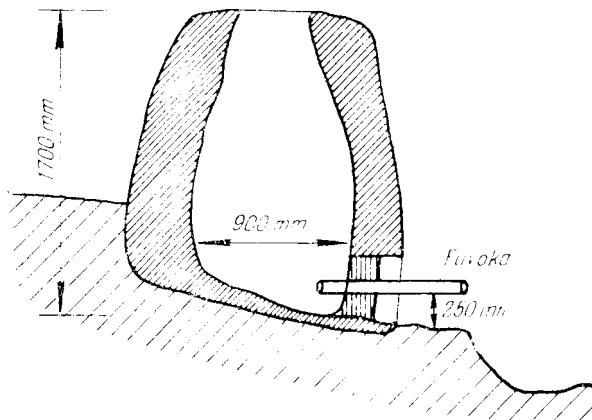
A kohósítás végterméke pépes-nyúlós salaktömegbe ágyazott vasszivacs és vaszárvány volt. Ezt nevezzük vasbucának. A salakos fémet melegen kovácsolták, amikor a salak nagy része kinyomódott és visszamaradt a végtermék, a többé-kevésbé jól alakítható vas rúd. A vasbucák súlya 0,1—0,2 kg-tól 8—12 kg-ig változott. A vízkerékfűjtatásos olvasztó gödröknél (olvasztó teknőknél) 20—30—50 kg-os tömör, megolvadt bucákat is kaptak.

Az olvasztógödör mellett már i. e. 500 körül megjelenik a kis aknás bucakemence is. Hogy milyen módon jött rá erre az ősember, ma még biztosan nem tudjuk. Ezeknél a kb. 200—400 mm Ø és ugyanolyan magasságú olvasztótérhez 300—600 mm-es, kb. 120—200 mm Ø akna (kürtő) csatlakozott a jobb huzat biztosítására (2. ábra). Ez a kemence is követte az olvasztógödörnél leírt fejlődést; a kemencéket szűk völgyek lejtőire telepítették, lehetőleg oly módon, hogy a légesatorna az uralkodó szélfúvás irányában helyezkedjék el.

² E. J. Wynne—R. F. Tylecote: Journal of Iron and Steel Institute 1958. Nr. 4. 339. l.

A bucakemence terméke is pépes salakba ágyazott vasszivacs volt, csak az erősebb huzat nagyobb hőmérsékletet biztosított, és ily módon rövidebb ideig tartott a kohósítás és kevesebb volt a sikertelen olvasztás is.³

A további fejlődés iránya az erősebb huzat biztosítására irányult. A kemencék szélszatórnájába egy vagy két, kifelé kürtőszerűen kiszélesedő, befelé erősen szűkülő véggel ellátott agyagesővet helyeztek el. Majd hosszabb-rövidebb idő után bekövetkezik egy nagyjelentőségű felfedezés, a mesterséges



2. ábra. Római aknás kemence vázlat

fújtatás. Ez különböző, bőrből és agyagcserépből, fából készült kézi és lábfújtatókkal történt.

A fújtatók nagyobb kemencehőmérsékletet biztosítottak, a pépes salak gyakran megolvadt és eltömte a fújtató nyílásokat. Ezt külön salaklecsapoló nyílások, csövek használatával szüntették meg.

Körülbelül ez volt a helyzet i. e. 100 körül a vaskohászat területén. A vasolvasztó gödör és az aknás kemence egymás mellett párhuzamosan megmaradt a használatban és tovább fejlődött egész a késő középkorig. A vasolvasztó gödör kb. 1600 után lassan megszűnik.

A rómaiak korában fejlődést csak az aknás kemencénél látunk. Egyes aknás kemencéken megjelenik a buca kiemelésére szolgáló nyílás.⁴ Olvasztáskor a nyílást agyaggal betömték és a vékony agyagfalon vezették keresztül a fújtató és salakbekapcsoló csöveket. Az olvasztás végén kihúzták a fújtatókat, áttörték az agyagfalat és kiemelték a bucat. Amíg a régi aknáskemencéket a buca kiemelésékor legtöbbször széttörték, ezek a kemencék több egymás utáni olvasztásra is felhasználhatók voltak.⁵

A népvándorlás korában a vaskohászatban nem következik be fejlődés, de lényeges visszaesést sem tapasztalunk.

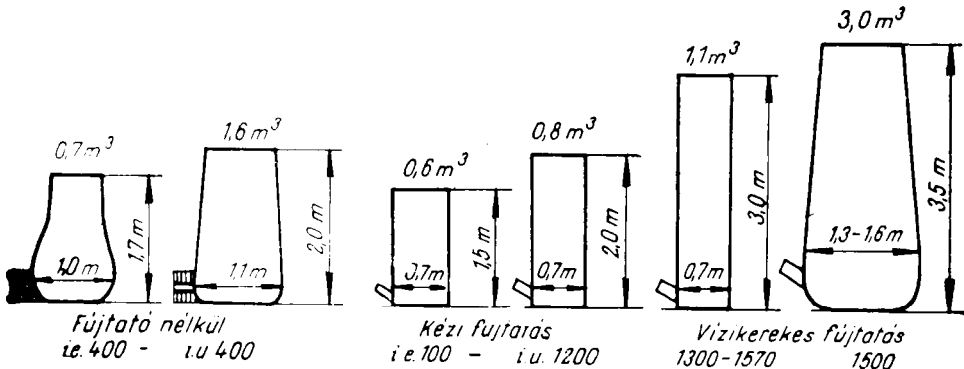
³ E. Schürmann: Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. Stahl-Eisen 1958 (78). H. 19. 1297. 1.

⁴ A. Voigt: Eisengewinnung und -verarbeitung zur Römerzeit im Gebiet der Erzprovinz um das Hohe Venn. Stahl-Eisen 1959 (79). H. 19. 1359. 1.

⁵ R. Pleiner: Die Ergebnisse neuer Ausgrabungen an vor- und frühgeschichtlichen Eisenhüttenplätzen in Böhmen und Mähren. Stahl-Eisen 1958 (78). H. 23. 1748. 1.

A X—XI. évszázadban erősen nő a vasszükséglet. Ezt részben sok kisebb kemencéből álló battériák építésével,⁶ részben nagyobb, 2—3 m magas aknás kemencékkel próbálták kielégíteni. A magasabb kemence nagyobb hőmérsékletet, gyorsabb redukciót biztosított, de erősebb huzatot kívánt. A kézi és lábfüjtató teljesítménye már túl kicsinynek bizonyul, ezek mellett megjelenik a nagyobb teljesítményű taposókerekes, majd 1230 körül a vízkerekes fűjtató.⁷

A nagyteljesítményű vízkerekes fűjtató rohamos fejlődést indít meg. Az erős huzat nagy hőfokot biztosít a kemencében, a salak teljes egészében



3. ábra. Aknás vasolvasztó kemence fejlődése az ókortól 1600-ig (Gilles után)

megolvad, a vas jelentősebb mennyiségű szenet vesz fel és részben vagy egészben szintén megolvad. A jól kovácsolható lágy vas mellett keményacél és egyáltalában nem alakítható öntöttvas is keletkezik. Ugyanakkor a nagy hőfok megindítja a vas feldolgozása szempontjából káros szennyezők redukciónak az ércből és salakból.

A rosszul alakítható vasat és az egyáltalában nem alakítható öntöttvasat többször visszarakják a tűzbe és közben észreveszik, hogy a többszöri izzítás hatására javul a vas alakíthatósága, és ily módon az egyáltalában nem képlékeny öntöttvas is kovácsolhatóvá válik. Ez végül a XIII—XIV. században a frissítő eljárás felfedezéséhez vezet.⁸

Az aknás kemence a XV—XVI. században nagy fejlődésen megy keresztül és végül a mai nagyolvasztó őséhez vezet (3. ábra). A vízkerekes fűjtás azonban lehetővé teszi, hogy a primitív olvasztógödörből kialakult olvasztóteknőben is teljes tömegében megolvadt vasat kapjanak.⁹

A fűjtás erősödésével és a kemence méretének növekedésével nő a termelt buca súlya is. Amíg i. e. 300 körüli kelta olvasztógödörökben 2 nap alatt kb. 6—8 kg vasat kaptak, addig a kisaknás kemencék ugyanennyi idő alatt 12—18 kg-os bucákat szolgáltatottak. A buca súlya a XII—XIII. századig alig változik. A XIV. században már 30—80 kg-os bucát nyernek 16—18 óra alatt, míg a XVI. században naponként 300—400 kg vasat termel egy-egy kohó.¹⁰

⁶ Uo. 1751. l.

⁷ Gilles, Beck: i. m.

⁸ Beck: i. m.

⁹ Gilles: i. m.

¹⁰ Schaur: i. m.

A vaskohászat fejlődésének ismertetését a XVI. századon túl nem folytatjuk, vizsgálataink szempontjából ui. a későbbi korszakok jelentősége csekély. A következőkben röviden ismertetjük a régi bucák vizsgálatánál alkalmazott módszereket.

Első a kémiai összetétel meghatározása. A régi kemencék- és olvasztógödörökben elérhető kis hőmérsékletnek a vasredukció szempontjából sok hátránya volt, de voltak előnyei is. Ugyanis a kis hőmérsékleten nem tudtak redukálódni a vasérc káros szennyezői, a foszfor, valamint a kén és a feldolgozást megnehezítő mangán. Mai acéljainkba a kén a kohósításhoz használt kokszból kerül, a faszén kénmentes, ezért az ókori és középkori bucákra jellemző a kis kén-, mangán- és a régebbieknél a kis foszfortartalom is.

Lehet a vasban más szennyező is, réz, nikkel, króm. Ezek jelenlétéből következtetni lehet az érc, illetve a vas lelő- és kohósítási helyére.

Nagyon fontos a buca átlagos széntartalmának ismerete is. A kohó hőfokának növekedésével, továbbá a kohófenék kiképzésének változtatásával ui. párhuzamosan növekedik a kapott acél széntartalma, és ily módon közvetve lehetőség nyílik a vaskohósítás körülményeinek tisztázására.

A kémiai vizsgálatnál fontosabb adatokat nyújt a vasbucák mikroszkópi, azaz metallográfiai vizsgálata. Nézzük meg, hogyan is történik a metallográfiai vizsgálat. Először a vasból tükörfényesre polirozott felületű próbát, csiszolatot kell készíteni. Ezt különböző (többnyire erősen hígított) savas oldatokkal megmaratva látható lesz a vas szövetszerkezete, kristályszerkezete. A vas szövetszerkezete nagymértékben függ a kémiai összetétel változásaitól; a különböző meleg és hideg alakítás, hőkezelés is maradandó változást idéznek elő benne.

A szövetszerkezet ezen változásai, különösen acélokban nagyon bonyolultak, és ezek vizsgálatával külön tudományág, a metallográfia foglalkozik.¹¹ Anélkül, hogy e nagy kohászati és fizikai (fémfizikai) ismereteket igénylő tudomány részleteibe belebocsátkoznánk, röviden ismertetjük a bucákban előforduló szövetszerkezeti elemeket.

Az ókori és a középkori vaskohászat termékei gyakorlatilag változó széntartalmú vasötvözetek. A vas—szén ötvözetekre pedig jellemző, hogy szobahőfokon a szén nagy része már nem oldódik a vasban és külön szövetelemként jelentkeznek. 0,83%-kal kisebb széntartalomnál a maratott csiszolaton megjelenik a fehér, szögletes kristályféleség, a ferrit. Ez maximálisan 0,08% C-t tartalmaz, és gyakorlatilag színvasnak tekinthetjük. Ugyanakkor a széntartalomtól függően több-kevesebb sötétebb folt is észlelhető. Ezek két szövetelem finom keverékéből állnak. Az alaprészt a már ismert ferrit, benne pedig lemezes vagy gömbalakú Fe_3C -vegyület alkotta szemcsék, cementit kiválások találhatók. Ez a finom szövetelem egy más kristály szétesése folytán keletkezik szilárd állapotban, 723 °C-on. Az átalakulási terméket perlitnek nevezzük. 0,83% feletti széntartalomnál a szövet perlitből és több-kevesebb tú- vagy hálóalakú cementit (Fe_3C) kiválásból áll. Ez utóbbi 6,7% C-t tartalmazó vegyület.

A ferrit lágy, hidegen jól alakítható, a perlit már lényegesen keményebb, de még mindig jól alakítható, a cementit rideg, kemény, nem alakítható. 723 °C felett a perlit, ferrit és a cementit egy része is melegen jól alakítható

¹¹ Szabó Ödön : A vas- és acélipar gyakorlati metallográfiája. Bpest . 1954.

szövevé alakul át. Ezt ausztenitnek nevezzük, mely lehűléskor visszaalakul ferrit, perlitté és az oldott cementit is kiválik belőle.

E rövid kohászati és metallográfiai bevezető után rátérünk a kiállított bucák vizsgálati eredményeinek ismertetésére. (A vizsgálatok során készült fényképfelvételek reprodukcióit ld. a XVI—XXI. táblákon.)

A) Szalacsikai vasbuca

A buca maximális méretei: $290 \times 220 \times 126$ mm, súlya 26 kg. Felületén durvább kovácsolás nyomait viseli, alakja elő- és oldalnézetben a XVI. 1. és 2. képen látható. A kovácsolással legömbölyített buca felületén jól felismerhető a kettéhasítás egykori síkja.

Kémiai összetétel:

$C = 0,22\%$, $Si < 0,10\%$, $Mn < 0,10\%$, $S = 0,029\%$, $P = 0,025\%$, $Cu = 0,10\%$, $Ni = \emptyset$, $Cr = \emptyset$, $V = \emptyset$.

Kis C-, S-, P-tartalmú vas; összetétele megegyezik az irodalomban található középkori vasak összetételi adataival.

A mikroszkópi vizsgálat a buca egyik sarkából készült. Ezen a helyen kevés széttöredezett, nyújtott szilikátsalakzárványt, valamint teljesen össze nem nyomott hólyagmaradványokat találtunk. Szövege inhomogén, a finom szemcsés ferrit perlites alapon nagyobb C-tartalmú perlites vagy perlit-cementites sávok helyezkednek el (XVI. 3. és XVII. 1. kép). A két különböző szövetszerkezetű rész átmenete egyenlőtlenül eldurvult, túlhevített (Widmannstättenes) szerkezet (XVII. 2. kép).

A szövetszerkezet azt mutatja, hogy a vizsgált mélységig a bucát átkovácsolták. Külön figyelmet érdemelnek a helyenként előforduló nagyobb C-tartalmú sávok. Keletkezésüket J. W. Gilles¹² újjáépített keltakori kemencékben végzett kísérleti olvasztásokkal igazolta. Szerinte ezek helyi túlhevítés hatására bekövetkező kisebb-nagyobb szénfelvétel (karbonizáció) eredményei. A bucában levő nagyobb C-tartalmú szigetekből kovácsoláskor elnyúlt sávok keletkeznek, és ezek megtalálhatók a bucából készült fegyverekben és használati eszközökben is.¹³

A szalacsikai buca nagy C-tartalmú zónái mentén elhelyezkedő salakzárványok és a helyi túlhevítés esetleg arra is utal, hogy ezek a buca eredeti felületén levő karbonizálódott kisebb-nagyobb kiemelkedésekből származnak, melyek a kovácsolás során átlapolódtak.

A vizsgálat azt mutatja, hogy az egy kettéhasított buca egyik fele és az eredeti mérete kb. $290 \times 450 \times 130$ mm, míg súlya kb. 50 kg lehetett.

B) Hévízi-buca

A buca méretei $430 \times 310 \times 250$ mm, súlya 47,5 kg. A hévízi tóból halászta ki. A bucát különböző nézetekből a XVIII. 1—3. képek mutatják. Felüle-

¹² J. W. Gilles: Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. Stahl-Eisen 1958 (78). H. 23. 1690. l.

¹³ Hegedűs Z.: Honfoglalás kori vastárgyak és salakok metallográfiai vizsgálatának tanulságai. Történelmi Szemle, 1959. 3—4. sz.

tén kovácsolás nyomai nem ismerhetők fel. A korongalakú buca középrészén ékalakú bevágás található. Felületei homorúak.

Kémiai összetétel:

$C = 1,26\%$, $Si < 0,04\%$, $Mn < 0,10\%$, $S = 0,013\%$, $P = 0,022\%$, $Cu = 0,10\%$. Nagyobb C-tartalmú, kénben és foszforban szegény, tiszta vas. (Az elemzés a buca kisebb C-tartalmú, cementitben szegény részéből készült.)

A mikroszkópi vizsgálat a buca szélén levő egyik kiemelkedésből történt. Itt az acél kevés salakot és sok pórust, gázüreget tartalmaz. A gázüregek mentén többnyire erős korrózió indult meg a víz hosszú behatására. Szöveve nagyon egyenlőtlen, perlités alaphoz sok cementit túrkristály, néhol cementitháló, más-hol cementit mentes (XVII. 3. kép).

A bucán kovácsolás nyomai nem ismerhetők fel.

C) Diósgyőri Központi Kohászati Múzeum soproni vashútya

A Központi Kohászati Múzeum, valamint a Liszt Ferenc Múzeum vashútyáit a Sopron melletti Kányaszurdok völgyben találták a múlt század végén és meteorvasnak nézték azokat. 1960-ban Nováki Gyula próbaátást végzett a Kányaszurdokban, és vashútyát, valamint fűvókadarabot talált. A Kohászati Történelmi Bizottság 1961-re tervezi az átást a Kányaszurdok völgyben.

A buca maximális méretei: $440 \times 390 \times 250$ mm. Súlya 50 kg. A hútya különböző nézetekből a XIX. 1—3. számú képek mutatják. A buca széléin kovácsolás nyomai ismerhetők fel, középen ékalakú, kissé elhajló bevágás található.

Kémiai összetétel:

$C = 1,58\%$, $Si = 0,15\%$, $Mn < 0,10\%$, $S = 0,021\%$, $P = 0,55\%$, $Cu = 0,10\%$. Nagy C- és P-tartalmú vas.

A mikroszkópi vizsgálat a buca egyik sarkából készült. Szöveve perlités alaphoz egyenletesen elszórt cementit túrkristályok, helyenkint cementit háló. A szöveten kb. 20 mm mélységig kovácsolás nyomai ismerhetők fel. Az üregek össze vannak nyomva, a cementit részben széttöredezett, a perlitben gyűrődések figyelhetők meg (XX. 1. és XXI. 1. kép).

D) Soproni Liszt Ferenc Múzeum vashútya

Alakja szívhez hasonló, középen a keresztmetszet négyötöd részéig behatoló ékalakú bevágással. A hútya hát- és felülnézetben a XXI. 2—3. számú felvételek mutatják. Az alsó felülete sima és követi a kemencefenék görbületét. Felső felülete nagyon egyenlőtlen, nagyobb dudorok, kiemelkedések, illetve 50 mm mélységig terjedő üregek észlelhetők. Az egyenlőtlen, üreges felületen rátapadt salak nem észlelhető. A buca felületén kovácsolás nyomait nem lehet felismerni. A hasítás felülete sima, egyenes.

Kémiai összetétel:

C = 1,00%, Si = 0,26%, Mn = 0,17%, P = 0,10%.

Mikroszkópi vizsgálat:

A buca erősen mikroporozus. A pórusok mentén többé-kevésbé erős korrozó indult meg. Szövege finom perlit, szekundér cementihálóval. Egyes nagyobb pórusok mentén kevés tús cementit is előfordul, máshol kisebb ferrites szigetek is vannak. A szöveten alakításra utaló elválkozás nem látható.

E) Pilisszentkereszti vasbucá töredék

Jung Béla főmérnök, kohászati történeti bizottsági tag 1956-ban Pilisszentkereszt mellett kb. $50 \times 35 \times 15$ mm-es 300—400 g súlyú vasbucatöredéket talált. A darab felülete erősen be volt rozsdásodva, a rozsdaréteg alatt nagyobb faszéndarabot találtunk a vasba beágyazva. (A bucadarab időközben egy kis darab kivételével elveszett.)

Kémiai összetétel:

C = 2,08%, Si = 0,10%, Mn < 0,10%, S = 0,010%, P = 0,026%. Nagy C-, kis Si- és Mn-tartalmú vas. Összetétele a hévizi és soproni bucákéhoz hasonló.

Mikroszkópi vizsgálat:

Szövege: perlités alaphoz cementit tű és cementiháló, helyenkint több kisebb üreg és pórus (XX. 2. kép). Kovácsolás nyomai a szöveten nem ismerhetők fel.

*

Mint a vizsgálatokból láthattuk — az egy bucatöredéket leszámítva — valamennyi vizsgált buca külső megjelenése azonos, sőt még a méreteik és súlyuk is nagyjából megegyező. Szövet szempontjából csak a szalacscai és a Soproni Liszt Ferenc múzeumi buca mutat eltérést, a többi buca szövetszerkezete azonos. Valamennyi buca közös vonása, hogy kormeghatározásra alkalmas lelet nem került velük elő. Ezért kormeghatározásuk csak a végzett vizsgálatok alapján történhetik meg. Ez azonban meglehetősen bizonytalan és csak közelítő lehet.

A soproni bucákat A. Baarb és Romwalter¹⁴ munkáira támaszkodva kelta korúnak minősítették.¹⁵ De a fenti vizsgálati eredményeket a kelta vaskohá-

¹⁴ A. Baarb: Spuren alter Eisengewinnung im heutigen Burgenland. Wiener Prähistorische Zeitschrift 1937. 113—157. l.; Romwalter A.: Értekezés a Hallstatt- és la Tène-kori vastermelésről Sopron vidékén. A m. kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Bánya- és Kohómérnöki Osztályának Közleményei 1938. X.

¹⁵ Sodró L.: A Sopron környéki őskori vaskohászatra vonatkozó eddigi kutatásokról. Soproni Szemle 1956 (V). 4. sz. 335—344. l.

szatra vonatkozó elég bőséges irodalmi adattal összevetve, kelta eredetük kétségbevonható. Feltevésünket a következő adatok támasztják alá.

1. A bucák nagy súlya és mérete. A kelta bucák súlya lényegesen kisebb. J. W. Gilles 3—4 kg-os kelta bucákat ír le.¹⁶ Későbbi újjáépített keltakori kemencékben végzett olvasztási kísérletei során egy betétből csak 17 kg teljesen meg nem olvadt vasat kapott.¹⁷

B. Osann szerint¹⁸ a kelták 100 kg átlagosan 36%-os Fe-tartalmú ércből csak 8,3 kg-os bucákat kaptak.

O. Johannsen szerint¹⁹ Steiermarkban 1300 előtt csak kb. 15 kg-os bucákat tudtak kovácsolni. Romwalter számításai szerint a kelta kemencékben maximálisan csak 15—20 kg-os bucákat lehetett olvasztani. W. Schmidt szerint²⁰ a kelta kemencékben csak 7—8 kg-os bucákat kaptak, és ezt újjáépített kemencékben végzett kísérletekkel igazolta. Az Erdélyben talált rómaiakori kemencékben is csak 3—5 kg-os buca volt.²¹

2. A bucák nagy C-tartalma. Az irodalomban ismertetett kelta bucák C-tartalma 0,02—0,76% között változik.²² Carpenter és Robertson a kelta bucákat zsugorodott (meg nem olvadt) vashalmazoknak tekintik, melyek sok salak- és faszénárványt tartalmaznak.²³ A kelta kemencék kis mérete, gyenge huzata nem tette lehetővé a vas erős karbonizációját, a foszfor nagyfokú redukcióját és a vas teljes megolvadását. J. W. Gilles a már említett kísérleteinél csak helyileg mért olyan hőfokot, ami lehetővé teszi a vas karbonizációját. A szénfelvétel folytán a vas kis része megolvadt, és ez többnyire a salakkal együtt eltávozott. Későbbi Karoling-korabeli salakok vizsgálatánál megemlíti a kemence fenekén és a salakgödörökben összegyűlt kevés nagy C-tartalmú olvadt vasat.

3. A soproni, pilisszentkereszti és hévízi bucák egész tömegében megolvadt vasból állanak. Az erősen kovácsolt szalacscai buca is valószínűleg teljes tömegében meg volt olvadva, de erre csak következtetni lehet.

Az elmondottak alapján könnyű belátni, hogy a bucák nem kelta korúak, hanem azoknál fiatalabbak. Római koriak sem lehetnek, mert a rómaiak kohó- és vashucaméretei a keltákétól alig különböznek, ezért későbbi korra kell azokat datálnunk.

A következőkben vizsgáljuk meg a bucákon látható bevágást, részben műszaki, részben kormeghatározás szempontjából. Kelta korabeli vashucákon bevágást még nem találtak, de a kelták vasmegmunkáló szerszámai nem is voltak alkalmasak a vizsgált bucákon látható hatalmas bevágások készítésére. Téglás Gábor szerint a bucák behasítását a rómaiak terjesztik el.²⁴ „A termelt

¹⁶ J. W. Gilles : Untersuchung chattischer Eisenfunde. Stahl-Eisen 1938 (58) H. 30. 61. l.

¹⁷ Ld. a 12. sz. jegyzetet.

¹⁸ B. Osann : Alte Kirchtürme aus Rennschlacken-Stein. Stahl-Eisen 1936. (56). H. 32. 907. l.

¹⁹ O. Johannsen : Geschichte des Eisens. 1954.

²⁰ W. Schmidt : Beiträge zur Geschichte des österreichischen Eisenwesens. Stahl-Eisen 1932 (52). H. 16. 403. l.

²¹ Papp K. : A Magyar Birodalom vasérc- és köszénkészlete. Bpest. 1915.

²² K. Deves : Untersuchung alter Eisenteile vom Kölner Dom. Stahl-Eisen 1940 (60). H. 12. 245. l.; O. Krása : Vorgeschichtliche Eisenschmelzen im Siegerland. Stahl-Eisen 1931 (51). H. 42. 1287. l.

²³ W. Kieffer — W. Hotop : Sinteresen und Sinterstahl. 1948.

²⁴ Téglás G. : Praehistorikus vasolvastó Besenyőn (Háromszék megye). Archaeologiai Értesítő 1887 (VII). 2. sz. 153. l.

vastömbök belső minőségét a vásárlóra nézve egy behasítással tették szemléltetővé. Ez a gyakorlat a rómaiaktól megszállva tartott vasbányáknál szelvényben alkalmazva volt.” O. Johannsen a XI. századból ír le behasított bucát.²⁵ Ez nagyon hasonlít a Liszt Ferenc Múzeum bucájához. Szerinte a behasítás részben a vas jóságának megállapítására, részben a lóháton való szállítás megkönnyítésére és a frissítésre való előkészítésre szolgált. Igaz viszont, hogy az O. Johannsen által bemutatott buca 8—20 kg-os csak, szemben a múzeumainkban levő 50 kg-os bucákkal.

A hatalmas bevágás elkészítése igen nehéz feladat lehetett a kemény cementites szövétű acélban és csak melegen történhetett. A hidegvágáshoz aligha rendelkeztek megfelelő szerszámmal, ugyanis a vizsgálatokhoz szüksé-



4. ábra. Buca darabolásra alkalmas vízajtású pöröly Agricola: De Re Metallica c. könyvből

ges próbavételnél kiderült, hogy a mai modern acél fűrészlappal is csak nehezen sikerült a darabot elvágni.

A bevágások készülhettek kézi vagy gépi úton. O. Johannsen 1732-ből svéd parasztkemence képét közli, melynek szélén egy kohász kézivágóval (baltaszerű szerszámmal) darabolja a bucát. Ugyanakkor a szövegben megemlíti, hogy a bucák súlya 13—17 kg között volt. Teljesség kedvéért meg kell jegyezni, hogy ugyanezt a képet Beck is közli, de arról hiányzik a bucát daraboló ember.

A bucák nagy vastagsága, súlya és szilárdsága miatt kénytelenek vagyunk feltételezni azt, hogy a bevágást gépi úton végezték. Agricola De Re Metallica

²⁵ I. m. 127. l.

c. könyvében részletesen leírja a bucák és fémtömbök darabolására szolgáló vízkerék-hajtású gépet (4. ábra). A hasítási felület egyenletességéből és simaságából pedig egyértelműen gépi vágásra lehet következtetni. Ez pedig közelebbi kormeghatározást tesz lehetővé, ugyanis ezek a nagy lapátkerekes vágók és zúzók a XIV. században kezdenek csak elterjedni.

A következőkben vizsgáljuk meg a bucák olvasztására használt kemencéket.

A hévizi és soproni bucák alakja és görbülete felvilágosítást nyújt a kemencefenék kiképzéséről és méretéről. A nagyobb C-tartalom erős huzatra



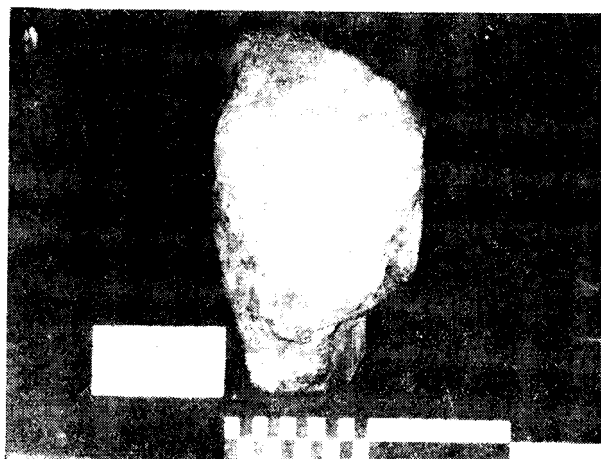
5. ábra. Olvasztógödör üzem közben Agricola: De Re Metallica c. könyvéből

utal. Beck szerint a lapos olvasztóteknőben erős huzat, gyors redució és jóminőségű érc alkalmazásakor nagy C-tartalmú olvadt vasat nyertek.

A kohászok a frissítő eljárás kezdeti korszakában is többnyire kovácsolható vas olvasztására törekedtek. Ekkor már tudták, hogy a vas kovácsolhatósága, valamint a buca súlya is nagymértékben függ a huzaton kívül az érc és faszén minőségétől is, amint ezt Biringuccio, Agricola, Monardo, Jeremias Gessner 1500—1600 között írott műveiben olvashatjuk. Peder Mänson 1500 körül már megkülönböztet kemény és lágy acélt adó ércet.²⁶

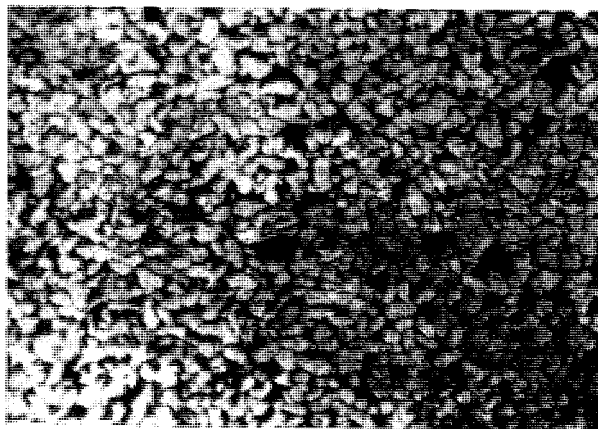
²⁶ O. Johannsen : Peder Mänsons Schriften über technische Chemie und Hüttenwesen, 1941.

1. Szalacsikai kovácsolt
buca előlnézetben. Jobb
oldalon jól látható a
kettéhasítás síkja



2. Szalacsikai kovácsolt
bucavas oldalnézetben
a vágási sík felől nézve

3. Szalacsikai kovácsolt
bucavas alapszövege:
finom egyenletes szem-
csenagyságú ferrit, kevés
perlittel. $N = 150 \times$ -es.
Maratás: 3%-os alkoho-
los salétomsav



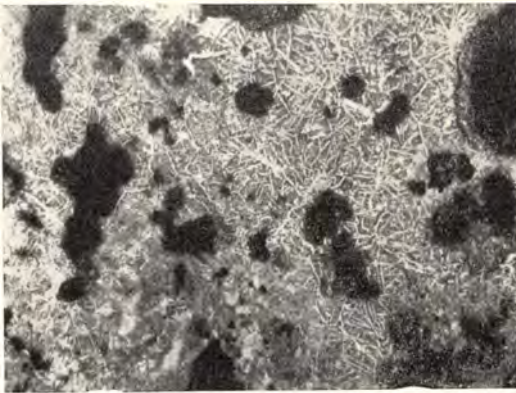
XVII. TÁBLA



1. Nagy C-tartalmú
perlites sávok a szalacs-
kai bucavasban.
N = 30 ×-os. Maratás:
3%-os alkoholos
salétromsav

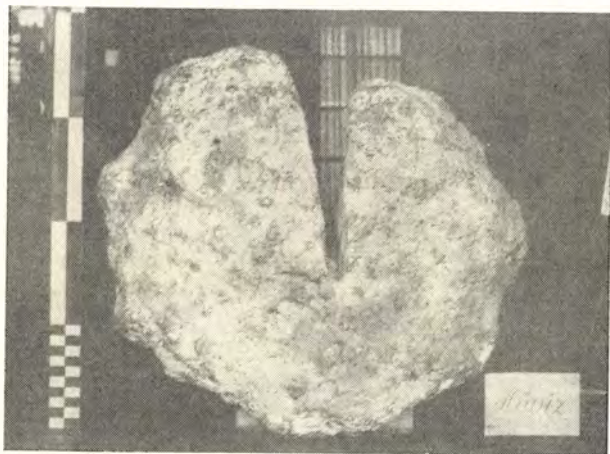


2. Durva, egyenlőtlen,
részben widmannstätt-
enes szövet, a kis és
nagy C-tartalmú sávok
átmenetében. N = 150
×es. Maratás: 3%-os
alkoholos salétromsav



3. Hévízi buca szövete: perlites
alapon cementit tűkristályok, sok
üreg és pórus, néhol cementit men-
tes szigetecskék. N = 10 ×-es. Maratás:
3%-os alkoholos salétromsav

1. Hévízi buca előlnézetben, középen az ék alakú bevágással



2. Hévízi buca hátnézetben. A buca felületén jól ki lehet venni az olvasztógödör egykori felület kiképzését

3. Hévizibuca oldalnézetben



XIX. TÁBLA



1. Soproni kelta buca elől-
nézetben, ~~középen az ék-
alakú bevágással~~



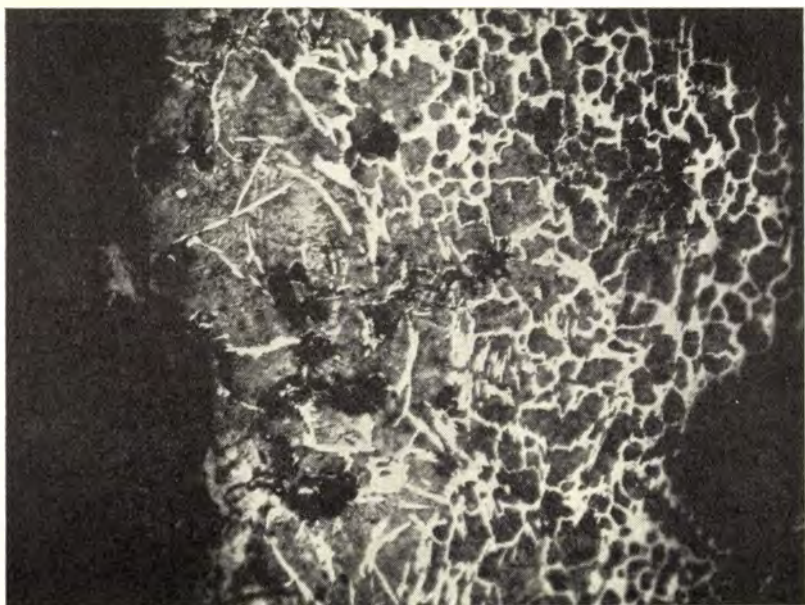
2. Soproni kelta buca
hátnézetben



3. Soproni kelta buca
oldalnézetben

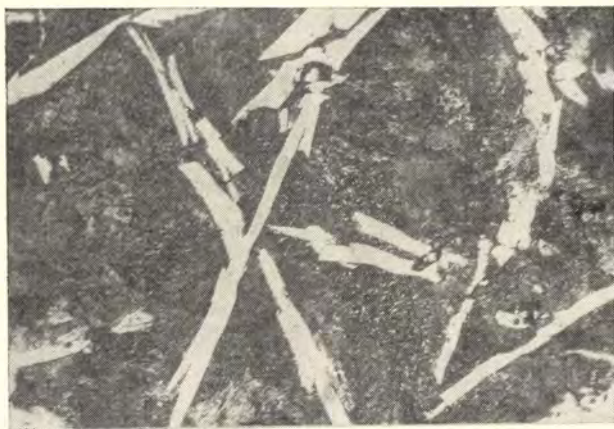


1. Soproni buca szövete: perlites alapon cementit tűkristályok. A felvétel az öntött kovácsolt szövet átmenetét mutatja. A kovácsolás nagyrészt összenyomta az üregeket, a cementit tűkristályok részben szétterjedtek illetve összegyűrődtek. $N = 20 \times$. Maratás: 3%-os alkoholos salétromsav



2. Pilisszentkeresztői buca szövete: perlites alapon cementitháló és cementit tűkristályok. $N = 20 \times$ -os. Maratás: 3%-os alkoholos salétromsav

XXI. TÁBLA



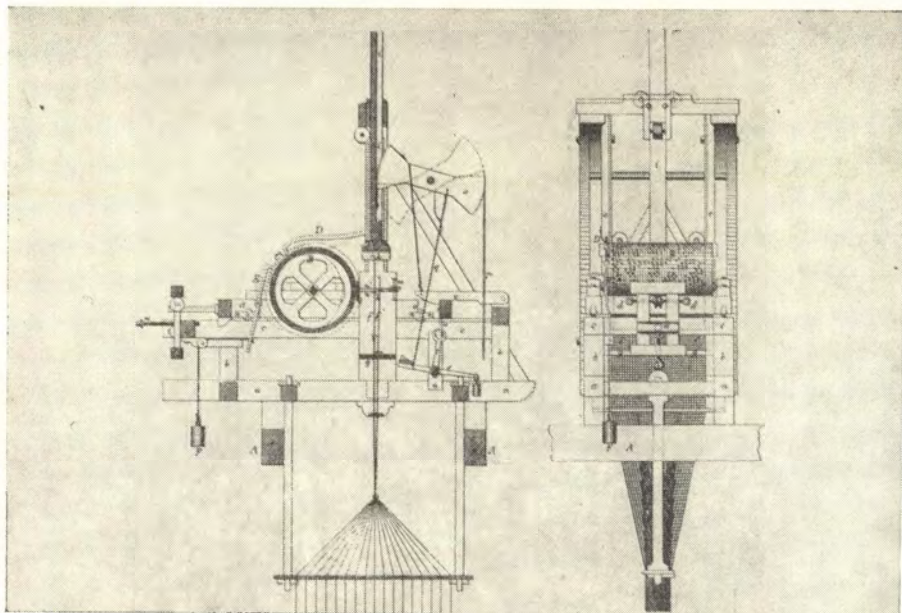
1. Kovácsolás hatására széttört cementit tűkristályok. $N = 150 \times$ -es. Maratás: 3%-os alkoholos salétromsav



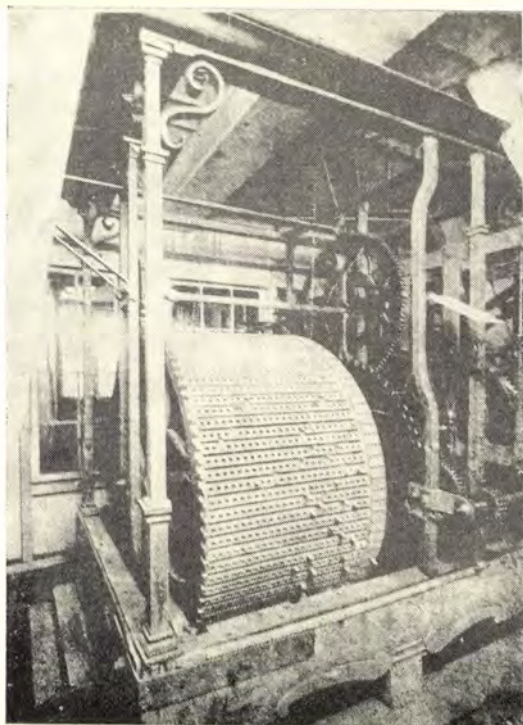
2. Soproni Liszt Ferenc Múzeum bucája előlnézetben



3. Soproni Liszt Ferenc Múzeum bucája felülnézetben

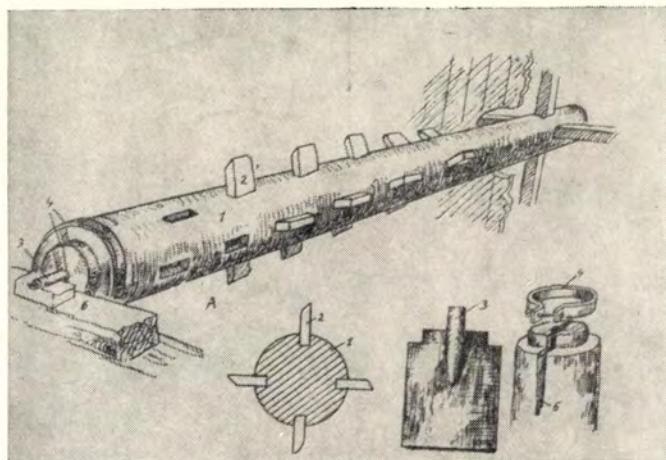


1. Vaucanson mintázógépe (1745)

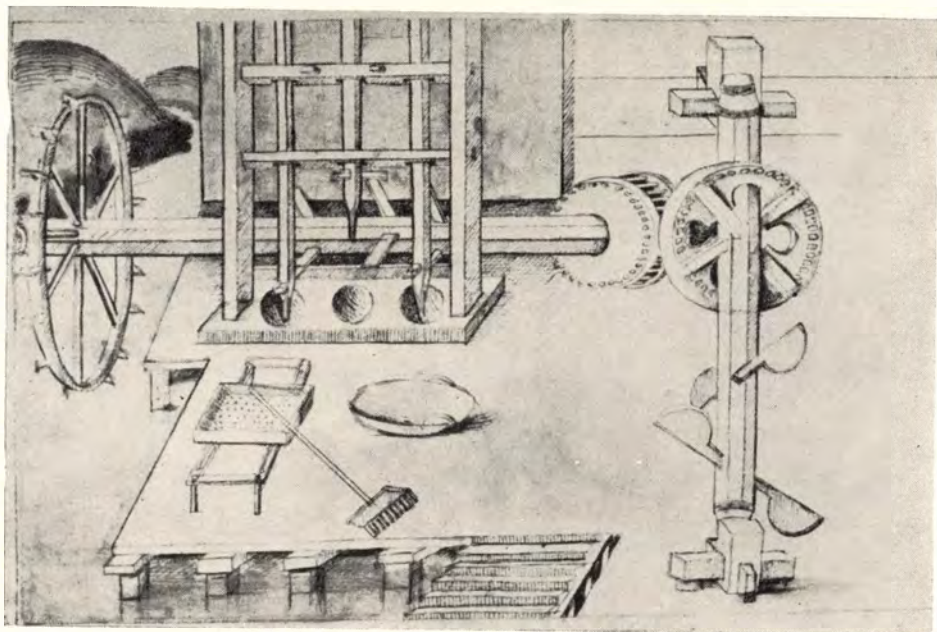


2. A Dürer-i templom harangjátékának bütykös dobja (1564)

XXIII. TÁBLA



1. Erdélyi kallómalom tengelye 6 kalapács működtetésére



2. Háromkölyűs érczúzómalom (Waldburg-Wolfegg Hausbuch, 1480 körül)

A megvizsgált kb. 50 kg-os teljesen megolvadt bucákat csak erős huzatú, taposókerekes vagy vízajtású fújtatóval ellátott kemencékben lehetett olvasztani. Ezeket részletesen Agricola írta le. Az olvasztógödör kb. 450 mm Ø, 300 mm magas fallal körülvett lapos üreg, amely fújtatóval és salakcsapolónyílással van ellátva, ezt működés közben az 5. ábra mutatja. „A” az olvasztógödör. A vízkerekekkel meghajtott fújtató a védőfal mögött van (ez az ábrán nem látható). A huzat erősségét a kohász a balkezében levő rúddal szabályozza és ily módon az ő szaktudásától és ügyességétől függött, hogy kis C-tartalmú, jól kovácsolható vasat nyertek-e vagy sem. „C” a kifolyó salak, „D” a kiemelt



6. ábra. Aknás vasolvasztókemence Agricola: De Re Metallica c. könyvéből

lapos buca, melyről fakalapáccsal leütik a rátapadt salakot, „G” a ház falához támasztott vágóvas, mely a bucák darabolására szolgált. Ez utóbbinak alakja és mérete sokkal jobban kivehető az aknás vaskohót bemutató képen (6. ábra).

A szóbanforgó bucák méretei jó egyezést mutatnak Agricola kohóméretadataival.

Agricoláról tudni kell, hogy a vasolvasztást illetően messze elmarad kora színvonalától, és pl. az 1400-as évek óta működő nagyolvasztókról nem is tesz említést könyveiben. Ezért feltehető, hogy az általa leírt vízkerekes vasolvasztó-

tók már az 1300—1400-as években működtek Magyarországon, jóval előbb, mintsem az első oklevélbeli említés (1435) történik.²⁷

Kovácsolás nyomait a szalacsikai félbucán kívül csak a Diósgyőrben levő soproni bucán találtunk. A kovácsolással sikertelenül megpróbálkoztak s félbehagyták azt. Valószínű, hogy a bevágás alapján nem tudták eldönteni a buca minőségét, és megpróbálkoztak a frissítés nélküli, közvetlen kovácsolással.

A szalacsikai és a Soproni Liszt Ferenc múzeumi lelet kivételével valamennyi bucát a kohósítás féltermékének vagy fel nem dolgozható selejtes terméknek kell tekinteni. Hasonlatosságuk alapján egykorúaknak tekinthetők.

Végő következtetésként a bucák korát a XIV—XV. századra vagy ennél későbbi időpontra kell tennünk. A pontosabb kormeghatározást tisztán alak, súly és kémiai összetétel alapján elvégezni már nem lehet, mert a vizsgált bucákhoz hasonló súlyú és méretű vasbucát parasztkemencékben szórványosan az 1700-as évek végéig gyártottak még. E téren előrehaladást csak a levéltári kutatások hozhatnak.

ЗОЛЬТАН ХЕГЕДЮШ:

КРИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ МУЗЕЕ МЕТАЛЛУРГИИ В Г. ДИОШДЬЕР И В МУЗЕЕ ИМ. ФЕРЕНЦА ЛИСТ В Г. ШОПРОН В СВЕТЕ ИСТОРИИ МЕТАЛДУРГИИ

Резюме

Относительно сохранных в двух музеях четырех криц в научной литературе до сих пор считалось, что они кельтского происхождения. Металлографическое исследование показало, что из числа исследованных криц находка из с. Салачка представляет собой сталь с ферритом и перлитом и с малым содержанием угля, а крицы из Хевиза, Пилишенткереста и Шопрона можно считать браком или полуфабрикатом с перлитом и цементитом и с крупным содержанием угля. На одной шопронской крице видны следыковки. Крицы производились по всей вероятности в доменной печи, снаряженной с водным колесным раздувальным мехом. Крупные прорезки на крицах были сделаны при помощи молотов, движенных водным колесом. Поэтому можно сомневаться в кельтском происхождении криц и отнести время их произведения к периоду после 1300—1400-х годов.

²⁷ Papp K. : i. m.