

## Honfoglaláskori vastárgyak és salakok metallográfiai vizsgálatának tanulságai

A honfoglaló magyarokkal foglalkozó régészeti irodalom igen bőséges és a legkülönbélebb kérdéseket öleli fel. E tanulmányok közül azonban meglehetősen kevés foglalkozik a honfoglaló magyarok technikai ismereteivel és alig egy-kettő a vas- és acélgyártás problémáival. Nem kedvezőbb a helyzet a kovácsolást illetően sem, bár erről az utóbbi időben megjelent egy részletes szakcikk. Ez annál is inkább meglepő, mert a honfoglalás korabeli sírokban mindig találhatóak vas nyílhegyek, lószerszámok, néha kardok és egyéb használati eszközök, és a vasleletek száma jóval nagyobb, mint a bronz vagy nemesfém leleteké.

Arról, hogy az Urál—Kubán—Etelköz vidékén a magyarok vaskohászattal foglalkoztak volna, nincs pontos megbízható adatunk. Sok régész azt a nézetet vallja, hogy az állattenyésztő népeknél a kohászat megvetett vagy ismeretlen mesterség volt, és azt legfeljebb csak a rabszolgák vagy a leigázott népek űzték. Ezt Afrika primitív népeinél tett megfigyelésekkel iparkodnak igazolni.<sup>1</sup>

A magyarok ősműveltségével foglalkozó átfogó tanulmány a magyarokat mint fegyverforgató és nem mint fegyverkészítő népet említi, mely vándorlása során a kazár és normann fegyveripar termékeivel egészíti ki fegyverzetét, bár máshol levé diai fémművesség emlékeiről is szól.<sup>2</sup>

Ezzel szemben Beck egészen más nézetet vall. Szerinte az Urál vidéki és az Urálon túli finnugor népek a kovácsolás és vaskészítés kiváló mesterei voltak, és a szláv népek tőlük tanulták meg a vaskészítést.<sup>3</sup> A magyarok egykori hosszabb-rövidebb letelepedési helyein a régészek számos vasbánya és vasolvasztó kemence maradványt találtak, ezek alapján feltételezhető, hogy a magyarok ekkor ismerték meg a vas kohászatát. Újabbán már olyan nézet is elhangzott, hogy a magyar bányász-kohász nép volt.<sup>4</sup>

Bartha Antal szerint a honfoglaló magyarok már több évszázad óta ismerték a vas kohósítását és kovácsolását.<sup>5</sup>

Hogy e két ellentétes álláspont közül melyiknek van igaza, nehezen lehet eldönteni, de ez nem is célja jelen tanulmányunknak. Nem látszik valószínűnek, hogy a hatalmas hadivállalkozásokat végrehajtó magyarok idegektől szerzett fegyverekkel harcoltak volna.

<sup>1</sup> *Claude Marty*: A vas felfedezésének misztériuma. *Universum* 25 köt. 19. l. (Sciences et Avenir).

<sup>2</sup> Magyar művelődéstörténet I. Ősműveltség és középkori kultúra. Budapest, é. n. 71., 89. l.

<sup>3</sup> *Ludwig Beck*: Geschichte des Eisens I. Braunschweig, 1890. 271. l.

<sup>4</sup> Bányászati Lapok 1957. 12. sz. 636. l.

<sup>5</sup> *Bartha Antal*: Honfoglaláskori kovácsmesterségünkről. *Történelmi Szemle* 1958. 315. l.

Bartha idézett cikkében megemlíti, hogy a kovács és acél szó szláv eredetű. Ezzel kapcsolatosan felveti a kérdést, hogy a kor színvonalán álló magyar vasművesség miért hagyományozott idegen szavakat ránk, és miért nem voltak magyar eredetű szavak a vasgyártással és kovácsolással kapcsolatos fogalmakra. A kérdésre adott válasza nem tudja teljes egészében elosztatni a két-ségeket, és nem elég meggyőző.

Feltételezve, hogy a magyarok a vaskohászatot és kovácsolást még az Urálon túli vidéken tanulták meg, és hozták magukkal a Duna—Tisza közébe, felvetődik a kérdés, hogy miben különböztek ezek az ismeretek az itt élő szláv népek vaskohászati tudásától. A szláv népek földvár korabeli (IX—X. század) vaskohászati ismereteiről a közeli múltban érdekes adatokat tartalmazó közlemények jelentek meg.<sup>6</sup> Ezekből főleg a szlávok kés, fejsze stb. készítéséről és edzéséről tudunk meg fontos adatokat, melyeket a vastárgyak metallográfiai vizsgálata során kaptak.

A közelmúltban sor került egy honfoglaláskori magyar temetőben talált vastárgy megvizsgálására is, és a vizsgálati eredményeket a szakirodalom közölte. Mivel e vizsgálatok tanulmányunk egyes részeit kiegészítik, ezért ezekre még többször vissza fogunk térni.<sup>7</sup>

A honfoglaló magyarok vaskohászati ismereteinek kiderítését a Kohászati Történelmi Bizottság munkatervébe vette, és e beszámoló szerzőnek ezen témakörben elért eddigi eredményeit kívánja ismertetni.

Mivel írott adat a honfoglaló magyarok kohászati ismereteiről nem áll rendelkezésre, ezért az ásatások során előkerült vassalakok és vastárgyak metallográfiai vizsgálata volt az egyetlen járható út. A vastárgyak kémiai elemzése sem a vasgyártásra, sem a feldolgozásra vonatkozólag nem nyújt felvilágosítást és a vastárgy eredetére, egyes kivételes eseteket nem tekintve, sem ad megbízható adatot.

Régi fémleletek metallográfiai vizsgálata nem újkeletű, a külföldi irodalomban már nagyon sok ilyen tárgyú közlemény jelent meg. Ezek lehetővé tették a régmúlt idők olvasztási, kovácsolási, hőkezelési eljárásainak pontos kiderítését. Nagymértékben elősegítik a vizsgálatok eredményeinek értékelését az újjáépített régi bucakemencékben végzett olvasztási kísérletek, valamint a régi vasleletekkel végzett hőkezelési kísérletek is.<sup>8</sup>

A metallográfiai vizsgálatnak előnyei mellett azonban hátrányai is vannak, és ezekről az irodalomban nem igen történik említés.

Rozsdásodott, korrodált tárgyak roncsolásmentes metallográfiai vizsgálata — bár ez a régészek szempontjából nagyon kívánatos lenne — nem lehetséges. A roncsolásos vizsgálat sok nehézséggel jár. A mintát lehetőleg úgy kell venni, hogy a tárgy minél kevésbé sérüljön meg, eredeti alakja ne változzék, és a vizsgálat után helyreállítható legyen. Ez pedig sokszor lehe-

<sup>6</sup> R. Pleiner : Die Ergebnisse neuer Ausgrabungen vor- und frühgeschichtlicher Eisenhüttenplätzen in Böhmen und Mähren. Stahl und Eisen 1958. (78) 1748. l.

Metallographische Untersuchungen von vor- und frühgeschichtlichen eisernen Gegenständen aus der Tschechoslowakei. Stahl und Eisen 1959. (79) 224. l.

<sup>7</sup> Bartha : i. m. és Fuchs Erik—Nándori György : Honfoglaláskori vas kézi-szerszám metallográfiai vizsgálata. Történelmi Szemle 1958. 328—330. l.

<sup>8</sup> J. W. Gilles : Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. Stahl und Eisen 1958. (78) 1690. l. és E. Schürmann—H. Schroz : Härte- und Glühversuche an dem Klingenbruchstück eines Nydam-Schwertes. Archiv für das Eisenhüttenwesen. 1959. 127. l. valamint B. A. Колчин : Чёрная металлургия в металлообработка дрепней Русы. Москва. 1953.

tetlenné teszi azt, hogy a mintát a vizsgálati célnak legjobban megfelelő helyről vegyük ki. A konzervált darabok vizsgálatát lehetőleg kerülni kell, mert a konzerválás alkalmazzott és a vizsgálatot végző részéről nem ismert hőkezelési eljárás esetleg téves eredményre vezethet. Megbízható adatokat csak különböző lelőhelyről származó, azonos típusú fegyver vagy használati eszköz vizsgálatából lehet nyerni. Ezeknél ugyanis elég biztosan feltehető, hogy a honfoglaló magyarok kovácsainak készítményei, és kevésbé valószínű, hogy a hadivállalkozások során zsákmányolt, idegenben készült vastárgyakkal van dolgunk. Másrészt csak nagyszámú azonos eszköz vizsgálata teszi lehetővé annak megállapítását, hogy volt-e valamely fegyver vagy használati eszköz készítésére valamilyen egységes gyártási eljárás vagy sem. A ritkán előforduló egyedi darabok vizsgálatából nem lehet megállapítani valamely korszak technikai színvonalát, noha azok más szempontból igen fontos adatokat szolgáltatnak. Kiszámú vizsgálatnál könnyen előfordulhat, hogy valamilyen kovácsolási vagy hőkezelési eljárás nyomára nem akadunk rá, amiből arra a téves vagy meg nem felelő következtetésre juthatunk, hogy a kérdéses eljárás ismeretlen volt.<sup>9</sup>

A következőkben honfoglaláskori vassalakon, fegyvereken, lószerszámonkon és használati eszközökön eddig végzett metallográfiai vizsgálatok eredményeit ismertetjük.

A vassalakok a Tiszalök—Rázom,<sup>10</sup> illetve a Kardoskút községben feltárt leletekből származtak. A tiszalök-rázomi leletből vizsgálatra került két honfoglaláskori 1, 2 jelű, valamint egy régebbi származatkorabeli kemencemaradványban talált 4 jelű salak. A 3 jelű minta kardoskúti honfoglaláskori salak volt.

A salakok kémiai összetétele a következő:

	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	%	%	%	%
1 jelű (Tiszalök—Rázom) . . . . .	15,3	75,8	1,56	0,30
2 „ (Tiszalök—Rázom) . . . . .	15,9	71,0	0,26	0,65
3 „ (Kardoskút) . . . . .	26,3	52,2	0,26	1,35
4 „ (Tiszalök—Rázom) . . . . .	32,8	48,2	0,11	0,48

Az 1 jelű salak törete leveles, üreges, fekete színű. A salakdarab egy részéhez 8—10 mm vastag kiégett agyagréteg tapadt. A töreten faszén és ércmaradványok ismerhetők fel. A salak 1150 C°-on olvadt meg.

A mikroszkópi vizsgálat a fayalitszerű szilikátos alapon sok durva FeO dendritet, kevés apró vasceppet és részlegesen redukálódott, oolitos szerkezetű gyeppvasérc maradványokat mutatott ki.

A 2 jelű salak (55. 7. 115 B) tömör, üveges, szürkés fekete színű. A töreten helyenként barnás, kiégett agyagzárványok is láthatók. A salak 1050 C°-on részlegesen, 1100 C°-on teljesen megolvadt.

A mikroszkópi vizsgálat 4 nagyon különböző szerkezetű és tulajdonságú réteg jelenlétét mutatta ki.

<sup>9</sup> Zoltay Endre: Néhány hazai La Tène-kori vastárgy metallográfiai vizsgálata. Archeológiai Értesítő. 1952. 47. l.

<sup>10</sup> Méri István: Beszámoló a Tiszalök—rázompusztai és Túrkeve—mórici ásások eredményeiről. Archeológiai Értesítő 1954. 138—152. l.

- a) Túkristályos és üveges, áteső fényben barnásvöröses színű szilikátos alapon sok FeO és kevés vascseppet tartalmazó réteg.
- b) Üveges szilikátos alapon nagyon sok dendrites FeO és kevés fémcseppből álló réteg.
- c) Üveges, áteső fényben majdnem szintelen (fehéren világító) szilikát alapon kevés FeO és fémcsepp tartalmú réteg.
- d) Nagyon egyenlőtlen, világosabb szürke színű tús, sötétebb szürke színű szögletes kristályos és üveges szerkezetű szilikátos alapon változó mennyiségű FeO és fémcseppes réteg.

A salak makrociszolatán a négy réteg élesen elkülönül egymástól, és jól látható, hogy a rétegződés több salakolvadék egymásra folyásából keletkezett. Érc vagy faszén maradványt egyik rétegben sem találtunk.

A 3 jelű salak szürkésbarnás színű üveges szerkezetű, erősen gázbuborékos. 1200 C°-on teljes egészében megolvadt és felfuvódott.

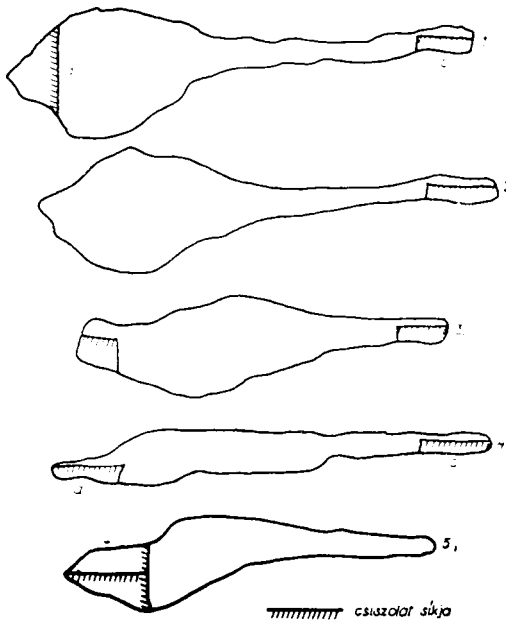
A mikroszkópi vizsgálat finom FeO-dendriteket és kevés vascseppet mutatott az üveges szilikátos alapon.

A 4 jelű szarmatakorai salakot 38 mm mély, 30 × 40 cm-es ovális gödörben találták 10—15 cm vastag hamuréteg alatt. Makro- és mikroszerkezete alig különbözik az 1 jelű salakétól. A salak ismertetésére nem térünk ki, mert a szarmatakor nem tartozik a vizsgálatok feladatkörébe.

A megvizsgált vastárgyak bodrogszerdahelyi, Szeged környéki és Szabolcs megyei leletekből származnak.

Az 1, 2 jelű nyílhegy Bodrogszerdahelyről, a 3 jelű Szeged környékéről, a 4, 5 jelű Szabolcs megyei honfoglaláskori sírokból származik. A 6 jelű kengyelvas, 7 jelű zabla, 8 jelű csiholóvas szintén a Szabolcs megyei leletből való.

A vizsgálati mintavétel helyét az 1. ábra mutatja.



1. Megvizsgált hofoglaláskori nyílhegyek: 1, 2 jelű bodrogszerdahelyi, 3 jelű Szeged környéki, 4, 5 jelű Szabolcs megyei

*1 jelű nyílhegy (10/1941/13)*

$$HV_5 \text{ kg} = 218 \text{ kg/mm}^2 \cong \sigma_B = 74,0 \text{ kg/mm}^2$$

A levélrészén (*a*) az anyag aránylag tiszta, és csak helyileg fordul elő kevés nyújtott, széttöredezett szilikát. Szövege: egyenlőtlen szemcsenagyságú hidegalakított ferrit, az egyik él közelében kevés perlit is van (XVIII. t. 1. k.). Az éleken a ferrit poligonálisan rekrisztallizálódott, a hidegalakítás nyomai itt már nem ismerhetők fel. A ferritben helyenként dúsult sávok láthatók.

A szárrészén (*b*) sok nyújtott széttöredezett szilikát zárvány fordul elő. Szövege: egyenlőtlen szemcsenagyságú ferrit nagyon kevés perlittel, helyenként erős foszfordúsulásokkal, melyek nagyobb keménységük folytán reliefszerűen emelkednek ki a ferrites alapból (XVIII. t. 2. k.). A szárrészén hidegalakítás nyomai nem ismerhetők fel.

*2 jelű nyílhegy (10/941/36)*

A próbavétel helye az 1. ábrán látható. A vas itt nagyon sok, erősen nyújtott szilikátsalakot tartalmaz, melyek némelyikében apró FeO-zárványok is előfordulnak (a bucát elégtelenül kovácsolták, és sok salak maradt benne). A vizsgált helyen jól kivitelezett kovácshegesztés nyomait találtuk meg. A felületi részek szövege finom szemcsés poligonális ferrit, kevés perlittel, középen a ferrit durvább és egyenlőtlenebb és helyi széndúsulás okozta perlit-szekunder cementites leneséket is tartalmaz (XVIII. t. 3. k.).

*3 jelű nyílhegy*

A nyíl szárrészén nyújtott széttöredezett szilikát zárványok találhatók, szövege szorbitszerű perlit ferrithálóval (XIX. t. 1. k.), ez a levélrészén többé-kevésbé dekarbonizálódott.

*4 jelű nyílhegy (55/21 4 A)*

A próbavétel helye az 1. ábrán látható. A szárrészén (*c*) az anyag meglehetősen salakos és sok nyújtott, széttöredezett szilikátzárványt tartalmaz. Némely zárvány mentén helyi korrózió indult meg. Szövege: kevés ferrithálót tartalmazó szorbitszerű perlit (XIX. t. 2. k.).

$$HV_5 \text{ kg} = 293 \text{ kg/mm}^2, \cong \sigma_B = 103 \text{ kg/mm}^2.$$

A hegynél (*d*) a salakossága a szárrészhez hasonló.

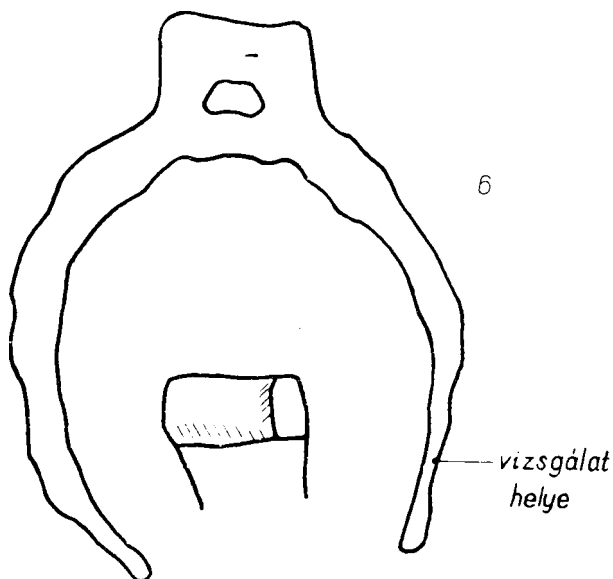
Szövege: itt martenzit, helyenkénti troosztitfoltokkal (XIX. t. 3. k.).  $HV_5 \text{ kg} = 767 \text{ kg/mm}^2$ . A szövet meglehetősen keskeny, átmeneti zónán keresztül megy át a szorbit ferrites alapba.

*5 jelű nyílhegy (55. 21. 4 A)*

A próbavétel helye az 1. ábrán látható. Az acél salakos, sok nyújtott szilikátzárványt tartalmaz. Szövege: nagyon egyenlőtlen, a felületi részekén finom szemcsés ferrit, középen sok szekunder cementithálót tartalmazó nagy perlites szigettel (XX. t. 1. k.).

6 jelű kengyelvas (55. 2. 2 A)

A vizsgált darab alakja, valamint a próbavétel helye a 2. ábrán látható. Az acél sok, vékony, erősen elnyújtott szilikátzárványt tartalmaz. Némely szilikátban kevés  $\text{FeO}$  is van. Szövege: nagyon egyenlőtlen szemcsenagyságú durva ferrit, helyenként foszfordúsulásos sávokkal. A vizsgált helyen egy teljesen elütő szerkezetű lemezt hegesztettek a kengyelvasra. Hidegalakítás nyomait a vizsgált helyen nem találtuk.



2. Szabolcs megyei kengyelvas

7 jelű zabla (55. 11. 3 A)

A zabla valamint a vizsgálat helye a 3. ábrán látható.

$\text{HB}_5 \text{ kg} = 123\text{--}143 \text{ kg} \cong \sigma_B = 42\text{--}47 \text{ kg/mm}^2$ . Az acél feltűnően tiszta, zárványmentes. Szövege: egyenletes szemcsenagyságú finom ferrit, kevés lemezessé alakuló perlittel (XX. t. 2. k.). A felület közelében kis mélységű összehegedt kovácsolási rálapolás nyomait találtuk meg, ennek környékén a szövet durvább volt.

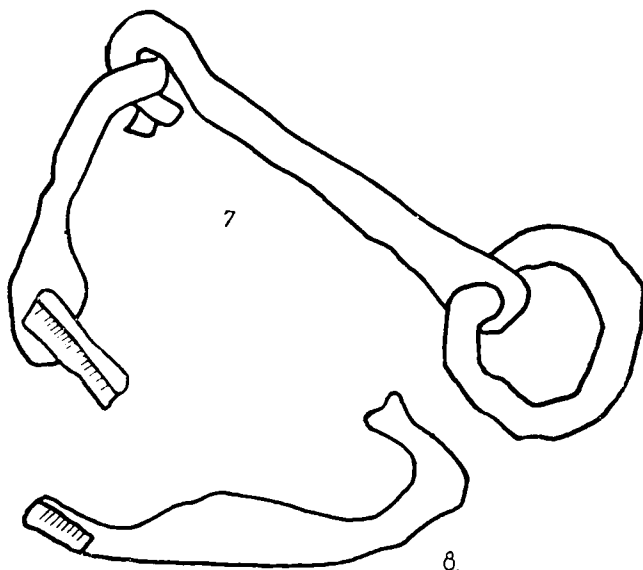
8 jelű csiholó vas (55. 4. 4 A)

A vizsgálat helye a 3. ábrán látható. Az acél tiszta, csak elvétve találhatók kisebb szilikátzárványok.  $\text{HV}_5 \text{ kg} = 223 \text{ kg/mm}^2 \cong \sigma_B = 75 \text{ kg/mm}^2$ . Szövege durva tús szorbitféleség, melyben az egykori ausztenitzemcse határok jól felismerhetők (erős túlhevítés). Ld. XX. t. 3. k.

A következőkben a vizsgálatokból levonható néhány tanulságot szeretnénk összefoglalni.

A salakok nagy  $\text{FeO}$ - és kis  $\text{SiO}_2$ -tartalma megfelel a korabeli salakok összetételének és mind szerkezet, mind összetétel szempontjából igen közel van a schleswigi Haithabunál talált salakokhoz.<sup>11</sup>

A megvizsgált leletek között honfoglaláskorabeli kemencemaradvány nem volt, a talált, régebbi időből származó kemencefenék méretei megegyeztek a IX—X. században Európa-szerte használatos kemenceméretekkel.



3. Szabolcs megyei zabla és csiholóvas

A 2 salak kis olvadáspontja, erősen elkülönült, egymáson elfolyt, meg lehetőségen eltérő szerkezetű rétegei arra mutatnak, hogy a kemencéből a huzat biztosítását szolgáló csatornán kifolyt és a csatorna végén levő kis teknőszerű mélyedésben összegyűlt salakkal van dolgunk. E salaktípus képződését a schleswigi leletek vizsgálata során részletesen ismertették.<sup>11</sup> A salak vizsgálatából arra lehet következtetni, hogy a négy elütő szerkezetű réteg négy különböző olvasztásból kifolyt salak. Ez pedig azt bizonyítja, hogy egy kemencét egymásutáni több olvasztásra használtak. Hogy ez a kemence milyen típusú volt, nem tudjuk, feltehetően kis aknás kemence lehetett, amely hasonlított az Erdélyben talált IX. századbeli kis aknás kemencéhez.<sup>12</sup> A kisszámú salak vizsgálatból még nem lehet megállapítani azt, hogy a kemence természetes vagy mesterséges huzattal (fújtatással) működött-e. A nagy  $\text{FeO}$ -

<sup>11</sup> W. Oelsen—E. Schürmann : Untersuchungsergebnisse alter Rennfeuerschlaeken. Archiv für das Eisenhüttenwesen 1954. 507. l.

<sup>12</sup> Latinák Gyula : A Vajdahunyadi m. kir. Vasgyár és tartozékai. Bányászati és Kohászati Lapok 1906. 13. sz. 6. l.

tartalmú salakok azt bizonyítják, hogy a kemencék nagyon rossz hatásfokkal dolgoztak. Újjáépített régi bucakemencékkel végzett olvasztási kísérletek<sup>13</sup> kimutatták, hogy 40—50 kg vasérből és 150 kg faszénből 23—26 órás üzemben csak 16—17 kg vasat kaptak.

Kohósításra a mocsaras vidéken akkor még bőven előforduló gyevasércet használták. A vasérc porózus, réteges, üreges szerkezete megkönnyítette a redukeciót, ami a korabeli primitív kohósítási eljárásoknál döntő jelentőségű volt. Bartha feltételezi,<sup>14</sup> hogy a gyevasércet bucitás előtt mosták, szárították és pörkölték. Ez a gondolat sok érdekes problémát takar. Ugyanis a X. században a fent említett ércelőkészítés nem volt általános, és ezért felvetődik a kérdés, hogy ez a halmokba rakott érc szabad tűzben való égetésével vagy pedig külön kis kemencében előredukáló pörköléssel történt-e. Megnyugtató feleletet csak a kemencesalak leletek környékén esetlegesen előforduló ércdarabok vizsgálatával lehetne kapni.

Amíg az üveges tömör salakokat a kemencéből kifolyt salaknak, addig az erősen gázbuborékos salakot a kemencében megolvadt salaknak, az üreges, leveles szerkezetű faszén és érczárványos salakot a kemencében részben redukált és megolvadt keveréknek tekintjük.<sup>15</sup>

A megvizsgált vastárgyak közül a 6 jelű kis C-tartalmú, a 2 jelű pedig közepes C-tartalmú acélból készült. Az acélok salaktartalma változó volt, előfordult néhány rendkívül tiszta, salakban szegény acéltárgy is, de általában közepesnek tekinthető a salaktartalom. Ez azt bizonyítja, hogy a még meleg, téstaszzerűen képlékeny buca gondos kovácsoláson ment át.

Egyes nyílhegyeknél feltűnő, hogy a kevésbé alakított szárrész erősen salakos, míg a levélrész aránylag tiszta. Itt azt kell feltételeznünk, hogy a rosszul kovácsolható salakos vég lapításakor jelentkező nehézségek arra kényszerítették a kovácsot, hogy az acéldarab másik végének lapításával is megpróbálkozzék, és amikor ez tisztább volt, úgy minden nagyobb nehézség nélkül ki tudta kovácsolni a nyíl alakos részét.

Egyes vastárgyakban, főleg azok középrészén nagy C-tartalmú cementites szigeteket észleltünk. Ezek egyes szerzők véleményével ellentétben<sup>16</sup> nem lágy és kemény acél tudatos összehegesztése révén keletkeztek, hanem a kemenceüzem helyi egyenlőtlenségei folytán bekövetkező túlhevülés és a széntartalom növekedésének eredményei. Ilyen jelentős helyi túlmelegedéseket J. W. Gilles bucakemence kísérleti üzeménél is tapasztalt.<sup>17</sup>

Két nyílhegy nagyobb C-tartalmú acélból készült. Ez az acél valószínűleg melegebb járatú (mesterséges fűjtatású) olvasztás terméke. A C-tartalom az egész szelvényben aránylag egyenletes, ami kizárja a cementálással történt karbonizálást.

A vizsgálatok során kimutatott erős helyi foszfordúsulások a gyevasérből készített ókori acéloknál többször előforduló ismert jelenség. Újabb vizsgálatok kimutatták, hogy az edzett „damaszkuszi” kardok változó kemény és lágy rétegei részben a helyi nagy P-tartalomnak tulajdoníthatók és nem valamilyen különleges edzési eljárásnak.<sup>18</sup>

<sup>13</sup> J. W. Gilles : i. m.

<sup>14</sup> Bartha : i. m. 320. l.

<sup>15</sup> Vö. W. Oelsen—E. Schürmann : i. m.

<sup>16</sup> Pleiner : i. m.

<sup>17</sup> J. W. Gilles : i. m.

<sup>18</sup> E. Schürmann—H. Schroz : i. m.



A vizsgált vastárgyak a 2 nyílhegy kivételével mind melegalakítással készültek. A melegalakítás hőfoka azonban némely darabnál kicsiny lehetett, mert bár a szövet rekrisztallizálódott, a nagy hőmérsékleten egyébként képlékeny szilikátok szétőredeztek. Erős túlhevítésre mutató Widmannstatte-szövetet egyik vizsgált darabon sem találtunk.

A 2 nyíllevélrészre hidegalakítással készült, azonban a széleken a hidegen alakított szövet finomszemcsésen rekrisztallizálódott. Ez úgy magyarázható, hogy a hidegen alakított nyíl utólag tűzbe került, és az idő vagy a hőmérséklet nem volt elegendő a teljes rekrisztallizációhoz.

A vizsgált tárgyak közül a 4 nyílhegy 3 és csiholóvas edzett állapotban volt.

A mintegy 0,6% C-tartalmú nyílhegynek azonban csak a hegyes vége volt edzett. A kemény martenzites réteg vastagsága kb. 5 mm volt, ezt kb. 6—8 mm vastag szorbitos-troosztitos zóna követte, amely fokozatosan ment át a ferrithálós perlit-szorbitos alapba. A nyílhegy részleges edzése többféleképpen képzelhető el. Esetleg a felhevített nyílhegynek csak a végét mártották vízbe (vérebe?). A szövetszerkezet változása alapján azonban valószínűbbnek látszik az, hogy a felhevített nyílhegyet nedves agyagba szúrták, és így érték el a helyi edződést. Akárhogyan is történt a nyílhegy edzése, nagy gyakorlatra és szakmai ismeretre vall. Egyébként ezt a nyílhegytípust harci nyílként használhatták, és nagy keménysége még páncélok áttörésére is alkalmassá tette.

A csiholóvas kis C-tartalmú acélból készült (C ~ 0,15%). Ezt a durva ausztenithatórok és durvább tűs szorbit tanúsága szerint edzés előtt aránylag erősebben túlhevítették, de a lehülési sebesség és a C nem volt elegendő a martenzites szövet képződésére.

A három lelőhelyről származó 5 nyílhegy között találtunk melegen alakított, hidegen alakított és részlegesen edzett darabot. Az egy lelőhelyen belül is kétféle eljárással készített nyílhegyek kerültek vizsgálatra. Ezért nem lehet szó arról, hogy a honfoglaló magyarok valamilyen egységes nyílhegy kovácsolási eljárást ismertek volna, hanem minden kovácmesternek megvolt a maga többé-kevésbé titkos módszere. E megállapítás megerősítésére azonban további vizsgálatok végzése feltétlenül szükséges. Valószínűleg hasonló volt a helyzet a többi használati tárgy készítésénél is.

A vizsgálatok során nem tapasztaltunk élcementálást, biztosan igazolható kemény-lágyacél összehegesztést, kemény acél élráhegesztést. Ez részben azért van, mert nem volt alkalmunk vizsgálni kardokat, fejszékét, bárdokat, késeket, melyek készítésénél ezek az eljárások használatosak voltak. Hogy a honfoglaló magyarok kovácsai ismerték-e ezeket a műhelytitkokat vagy sem, azt a már többször idézett dolgozatok igyekeztek tisztázni (13, 15). Ezek mellett mi is foglalkoztunk a kemény és lágyacél összehegesztésének problémájával.

Kolcsin régészeti tárgyak metallográfiai vizsgálatával foglalkozó, idézett művében több olyan adatot és képet közöl, melyekből egyértelműen megállapítható, hogy azok kemény és lágy acél „tudatos” összehegesztésével készültek. Hogy ezek „tudatos” munka eredményei, annak legfőbb bizonyítéka az, hogy a keményacél réteg mindig a szerszám vagy fegyver élrészén fordul elő. Tehát a keményacélt mindig a kopásnak, deformációnak legjobban kitett helyre igyekeztek felhegeszteni. Ahhoz, hogy a lágy és kemény acél összehegesztését mint tudatos műveletet el tudjuk fogadni, fel kell tételeznünk, hogy az illető népek ismerték a kemény és lágyacél gyártását, és azokat biztosan meg tudták különböztetni egymástól.

A kemény és lágyacél összehegesztésének nagy mesterei a rómaiak voltak, akik ezzel az általuk ismert eljárással a kardok felületein szabályos rajzolatokat tudtak előállítani (W, rózsaszerű rajzolat). *Plinius Secundus* *Historia Naturalia* könyvéből tudjuk, hogy a rómaiak meg tudták különböztetni egymástól a kemény és lágy acélt, és ezek számos tulajdonságát is leírták.

Mi volt a helyzet a honfoglaló magyaroknál? Etelközig történt vándorlásuk során a magyarok bejártak, sőt hosszabb-rövidebb időre megszálltak olyan területeket, ahonnan előkerültek VIII—IX. századbéli kemény-lágyacélból kovácshegesztéssel készített vastárgyak. A szláv népek is, melyekkel a magyarok szorosán érintkeztek, ismerték ezt a módszert.<sup>19</sup> A megvizsgált vastárgyak között találtunk tiszta keményacélból és tiszta lágyacélból készült darabokat. Sőt a keményacélt részlegesen edzették is. Hogy ezt tudatosan tették-e, vagy csak a véletlen műve volt, további vizsgálatok fogják majd kideríteni.

A Fuchs és Nándori által megvizsgált és Bartha Antal által részletesen tárgyalt csontfaragó szerszám<sup>20</sup> nem mindenben erősíti meg a fent leírt elgondolásokat. A darab közepe felé levő hosszú és erősen összegyűrt keményacél réteg nem származhatik a lágy bucafasban levő szénben dúsult lencséből. Viszont tudatos kemény-lágyacél összehegesztésről sem beszélhetünk, mert akkor a keményacél rétegnek az éleken kellene elhelyezkednie.

A csontfaragó szerszám szerkezetét a modern bucakemence kísérletek egyértelműen megmagyarázzák.

J. W. Gilles a salakos buca kikovácsolásakor kisebb-nagyobb vaslapocskákat kapott. Ezeket a lapocskákat a kovácsok egymásra rakva kovácstűzben összehegesztették. Nagyobb szerszám készítéséhez több bucából származó vaslapocskát kovácsoltak össze, amikor nagyobb C-tartalmú acél is bekerülhetett a kovácsolt darabba. Ilyenkor a keményacél részek elhelyezkedése a véletlen műve, nem pedig tudatos művelet eredménye. A kérdés eldöntésére további vizsgálatok feltétlenül szükségesek.

A különböző sírokban talált művészi kivitelű kardok, zablák arra mutatnak, hogy a honfoglaló magyarok kovácsai ügyes szakemberek voltak. A kovácsmesterség helyzetével, a társadalmi munkamegosztás kialakulásával Bartha Antal többször idézett tanulmánya bőségesen foglalkozik. Az általa részletesen tárgyalt kérdéskomplexumhoz csak egy megjegyzést fűzünk. A vizsgálatok végzése során könnyen felvetődik a kérdés, vajon egy kovácsmester végezte-e a vas bucítását és kész tárggyá való kovácsolását, vagy beszélhetünk a mai értelemben vett kohászokról és kovácsokról. A korabeli kemencékkel elvégzett modern bucítási kísérletek, valamint az afrikai Kamerun-vidéki néger vas-kohók megfigyelése kétségtelenné teszi, hogy a vas bucítását kisebb-nagyobb munkaközösségek végezték.<sup>21</sup>

Az ókori (kelta) és koraközépkori külföldi bucakemence telephelyeken a készre kovácsolt vastárgyak hiánya arra mutat, hogy a bucítást és készre kovácsolást gyakran egymástól igen távol eső helyeken végezték.<sup>22</sup> Tehát külön kohászokról és külön kovácsokról beszélhetünk.

<sup>19</sup> Pleiner : i. m.

<sup>20</sup> Ld. 7. sz. jegyz.

<sup>21</sup> P. Hinderling : Schmelzöfen und Eisenverarbeitung in Nord Kamrun. Stahl und Eisen 1955. (75) 1263. l.

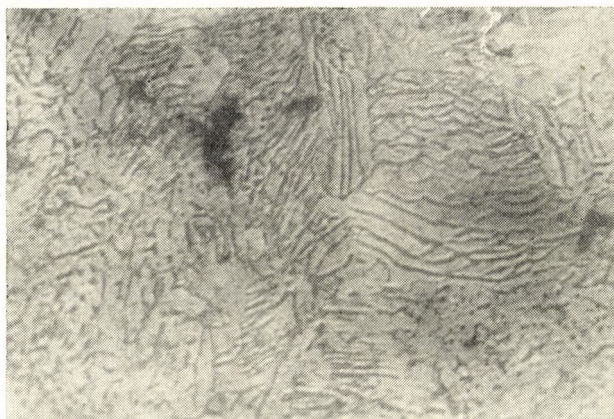
<sup>22</sup> J. W. Gilles : 5. Siegerländer Vortragssitzung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. Stahl und Eisen 1934. (54) 1200. l.

XVIII. TÁBLA

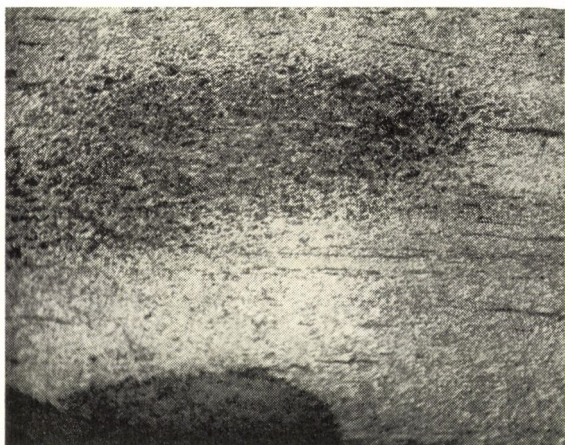
*Illusztrációk Hegedűs Zoltán cikkéhez*



1. 1 nyílhegy hidegen alakított ferrites szövete. Maratás: nitál,  $N = 600\times$



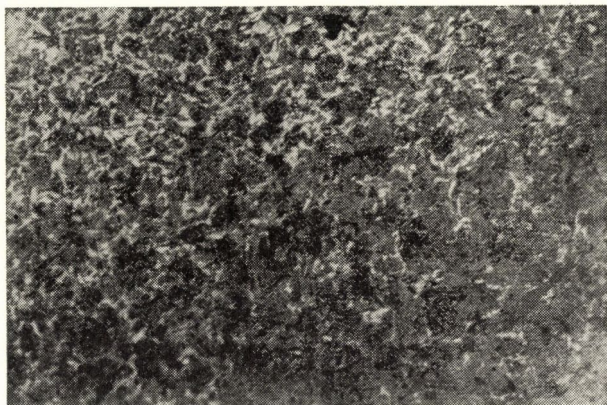
2. Foszfordúsulás az 1 nyílhegy szárrészén. Maratás nitál,  $N = 600\times$



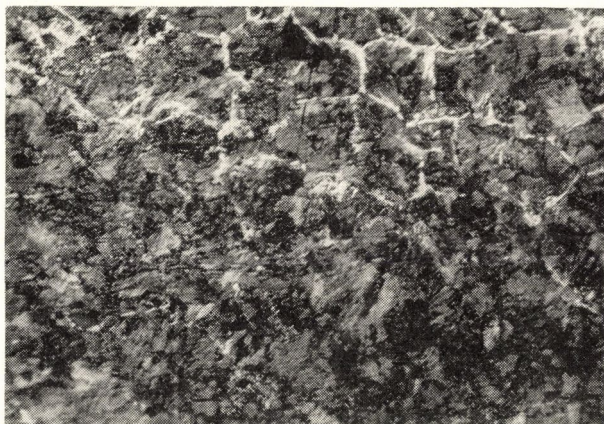
3. Cementhálós perlites C-dúsulásos sziget a 2 nyílhegy szárrészén. Maratás: nitál,  $N = 50\times$



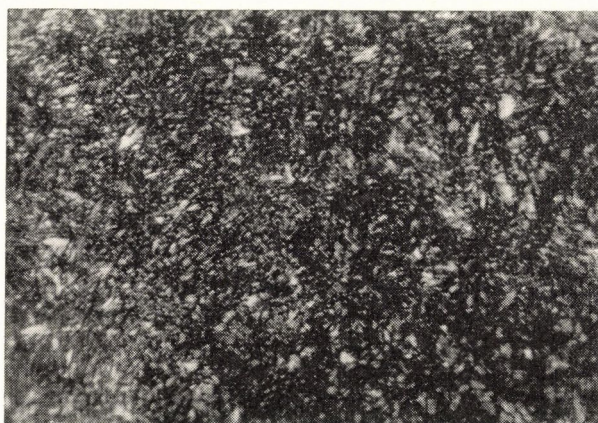
XIX. TÁBLA



1. 3 nyílhegy perlit-  
ferrites szövete.  
Maratás: nitál,  $N = 150\times$



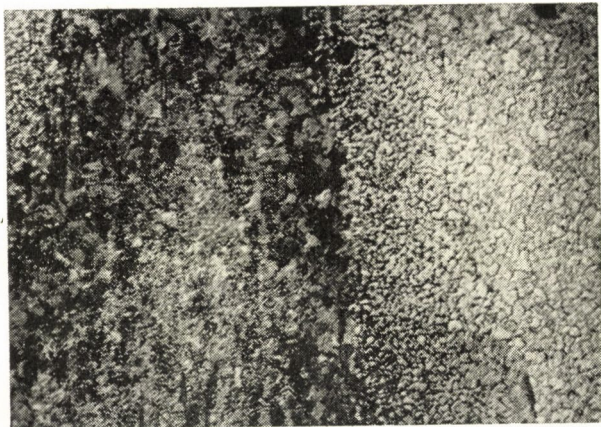
2. 4 nyílhegy szárrészé-  
nek ferrithálós sorbit-  
szerű perlites szövete.  
Maratás: nitál,  $N = 150\times$



3. 4 nyílhegy edzett  
martenzites hegye.  
Maratás: nitál,  $N = 600\times$



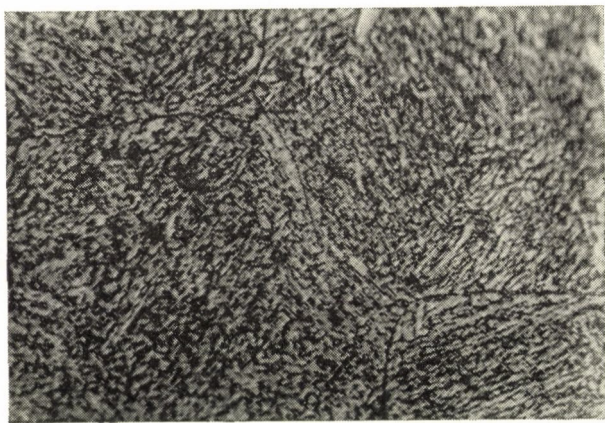
XX. TÁBLA



1. 5 nyílhegy közepén levő cementithálós C-dúsulás és ferrites felületi szövet átmeneti része



2. A zabla finom ferrites, kevés perlitet tartalmazó szövete. Maratás: nitál,  $N = 150 \times$



3. Csiholóvas szövete. Durvább tűs szorbit, durva egykori ausztenit poligonok körvonalalaival. Maratás: nitál,  $N = 600 \times$



Hogy volt-e hasonló munkamegosztás a honfoglaló magyaroknál vagy sem, azt az eddig feltárt kevés salakleletből és az elvégzett kisszámú vizsgálatból nem lehet megállapítani. Az egykor kohósított gyevasérc-telepek kimerültek, és nyomtalanul elpusztultak, úgyhogy a vizsgálatokhoz nem kapunk támpontot. Az egyes vasérctelepek nem tartalmaztak olyan jellemző ötvöző fémet, melynek révén kémiai elemzéssel meg lehetne határozni a tárgy készítése helyét, ezért ma még nem lehet eldönteni ezt a vasipar-fejlődés szempontjából oly fontos kérdést.

Mindazt, amit a honfoglaláskori vassalakok, fegyverek, használati tárgyak metallográfiai vizsgálatából megtudhattunk, a következőkben foglalhatjuk össze:

A Tisza környékén és a Tiszántúlon gyevasérből kis kemencékben kohósították a vasat. Egy kemencét több olvasztásra használtak, és a régebbi időkből fennmaradt vasolvasztó telepeken tovább folytatták a kohósítást. A nagyobb C-tartalmú vasleletek mesterséges huzatú (fújtatott) kis akna-kemencék használatára mutatnak.

A vasbucákat gondosan kikovácsolták és többnyire melegen alakították kész tárgyakká, de hidegen alakított tárgy is előfordul. Ismerték az edzést, és igen gondos munkára és nagy gyakorlati ismeretekre mutató részleges edzéseket is végeztek.

Valószínű, hogy a kohósítás, a kovácsolás, az edzés minden kovács féltve őrzött titka volt, és ezért a kor általános kohászati ismereteinek kiderítése csak nagyszámú, egymástól távoli lelőhelyekről származó lelet vizsgálatával válik csak lehetővé.

A kemény-lágyacél „tudatos” összehegesztésének ismeretét további vizsgálatokkal kellene bizonyítani. A régészeti ásatásoknál pedig nagy gondot kellene fordítani az esetleges kemence- és salakmaradványok környékén levő érc és vas használati eszközök összegyűjtésére, mert csak ezek segítségével lehetne tisztázni az ércelőkészítés és a vasolvasztásban és -feldolgozásban esetleg megvolt munkamegosztás kérdését.

ЗОЛЬТАН ХЕГЕДЮШ

#### ВЫВОДЫ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЖЕЛЕЗНЫХ ПРЕДМЕТОВ И ШЛАКОВ IX—X ВВ. Н. Э.

(Резюме)

На основе металлогрфического анализа можно установить, что венгры X века в районе Тиссы и за Тиссой выплавляли железо из болотной железной руды в маленьких горнах. Такой горн использовали для многих выплавок и в железодельных поселениях, существовавших с более ранних времен, продолжали выплавку и дальше. Анализ железа с большим содержанием С указывает на использование шахтных горнов с искусственной подачей воздуха.

Железные скрыцы тщательно выковывали и обычно тотчас же выделялись готовые изделия, но встречаются также предметы, изготовленные и холодным путем. Венгры IX—X вв. были знакомы и с закалкой, они осуществляли и частичную закалку, которая указывает на весьма тщательную работу и на большие практические знания.

По всей вероятности, выплавка, ковка и закалка были бережно охраняемой тайной каждого кузнеца, и поэтому выяснение общих металлургических навыков эпохи возможно только при помощи исследования многочисленных находок, далеко отстоящих друг от друга.