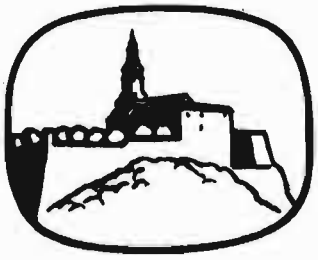
ŠTUDIJNÉ ZVESTI

ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU SLOVENSKEJ AKADÉMIE VIED

31



NITRA 1995

ŠTUDIJNÉ ZVESTI

ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU
SLOVENSKEJ AKADÉMIE VIED

31

Archeometalurgia železa v oblasti Karpát
(Herľany 14.-15. septembra 1994)

NITRA 1995

Redakčná rada: PhDr. Pavol Mačala, CSc., Doc. PhDr. Viera Němejcová-Pavúková, CSc., PhDr. Ján Rajtár

Na obálke kresba Prisky Škvarekovej

ISBN 80-88709-26-1

OBSAH - INHALT

Úvod (Mihok Ľubomír - Miroššayová Elena) 7
Einleitung 8

Miroššayová Elena
K počiatkom výroby a spracovávania železa na východnom Slovensku 9
On beginnings of iron metallurgy in eastern Slovakia 20

Cengel Peter - Mihok Ľubomír - Pečovský Dávid - Šiška Stanislav
Štúdium zrnitého železa izolovaného zo zvárkovej trosky z lokality Čečejovce 23
Study on grained iron of welding slag from Čečejovce site 29

Marková Klára - Stránský Karel - Rek Antonín
Analýza železnej výstuže nádoby z Veľkej Lomnice 31
Analyse der Eisenversteifung eines Gefäßes aus Veľká Lomnica 41

Pleiner Radomír
Výroba železa ve starokeltském světě 43
Production of iron in the ancient Celtic world 48

Mihok Ľubomír - Fröhlichová Mária - Baláž Bartolomej
Východokeltské pece s troskovou jamou z Kysaku 51
East-Celtic furnaces with a slag pit from Kysak 62

Mihok Ľubomír - Kotigoroško Viačeslav Grigorievič - Hollý Alojz - Pribulová Alena - Cengel Peter
Kováčska výroba na dáckom hradisku Malá Kopaňa 65
The smith production in the Dacian hillfort of Malá Kopaňa 88

Bielenin Kazimierz
Frühgeschichtliches Eisenhüttenwesen im Heilig-Kreuz-Gebirge (Góry Świętokrzyskie) und seine Beziehungen zu Nowoklinowo in der transkarpatischen Ukraine 89
Včasnohistorické železiarstvo v pohorí Góry Świętokrzyskie a jeho vzťah k Novoklinovu na Zakarpatskej Ukrajine 97

Čerkun Jolana
Kováčske dielne z doby laténskej a rímskej v Zakarpatsku 99
Smithies of La Tène and Roman periods in Transcarpathian region 103

Roth Peter
Metalurgia železa v dobe laténskej a rímskej na Spiši 105
Eisenmetallurgie in der Latène- und römische Zeit in der Zips 121

Hajnalová Eva
Železiarstvo z pohľadu archeobotanika 123
Eisenmetallurgie aus der Sicht des Archäobotanikers 134

Mamuzić Ilija
6000 years of metallurgy in Croatia 135
6000 rokov metalurgie v Chorvátsku 143

Mihok Ľubomír - Pribulová Alena - Mačala Pavol
Metalografický výskum železných predmetov z pohrebiska z doby avarskej ríše v Šebastovciach 145
Metallographic analyses of iron objects production from cemetery of Avar Empire period in Šebastovce 187

Čilinská Zlata
Využitie výsledkov archeometalurgických analýz v historickej interpretácii 189
Using of archaeometallurgical analyses results in historical interpretation 192

Staššíková-Štukovská Danica
Pôvod povrchových vrstiev železnej sekery z pohrebiska v Borovciach 193
Herkunft der oberflächenschichten der Eisenaxt aus dem Gräberfeld in Borovce 202

Brziak Peter
Analýzy povrchu sekery z hrobu 221 v Borovciach 203
Analyse der Oberfläche der Axt aus Grab 221 in Borovce 205

Stránský Karel - Souchopová Věra - Merta Jiří
Experimentální tavby železa v Blansku v rekonstrukcích železářských pecí z 9. století n. l. 207
Experimental iron melting in reconstructions of metallurgical furnaces from the 9th cent. A. D. in Blansko 214

Longauerová Margita - Kocich Jaroslav - Longauer Svätoboj
Porovnanie štruktúry kosákov z rôznych historických období 217
Comparison of sickles structure from different historical periods 230

Gömöri János
Novšie archeologické výskumy nálezísk trosky z výroby železa v Maďarsku 231
Neue archäologische Forschungen von Eisenschlackenfundstellen in Ungarn 240

Fűryová Klára
Začiatky stredovekého železiarstva v Gemeri 243
Anfänge der mittelalterlichen Eisenmetallurgie in der Gemer-Region 247

Labuda Jozef - Mihok Ľubomír - Fröhlichová Mária
Stredoveké železiarske objekty v Banskej Štiavnici 249
Medieval metallurgical objects in Banská Štiavnica 263

Jenčová Mária - Mihok Ľubomír - Briančin Jaroslav
Metalurgická dielňa objavená na hrade Čičva 265
Entdeckung einer metallurgischen werkstätte auf der Burg Čičva 277

Török Béla
Chemical and metallographic analysis of iron ores and slags found in medieval bloomery and smithy sites and obtained by smelting experiments 279
Chemická a metalografická analýza železných rúd a trosiek nájdených v stredovekých železiarňach a vyhniach a získaných experimentálnymi tavbami 295

Ustohal Vladimír - Stránský Karel
Litinové kanony a munice na Moravě v 17. až 19. století 297
Cast-iron cannons and ammunition on Moravia in the 17-19th centuries 303

Magula Vladimír - Šinál Jozef
Zváranie výstužného sochora mariánskeho stĺpa 305
Welding of the Virgin Mary's column reinforcement 313

Benkovics Ferenc
A vaskorszak nagy fordulópontjai és hatásuk a Kárpátmedencében 315
Markante Wendepunkte in der Eisenzeit und ihr Einfluß auf das Karpatenbecken 324

Kováč Martin
Múzeum výroby železa - Záchrana kultúrnej technickej pamiatky Františkova huta v Podbieli 327
Museum der Eisenproduktion - Rettung des technischen Kulturdenkmals Hütte Franz in Podbiel 331

Zoznam autorov 333

ÚVOD

Medzinárodný seminár *Archeometalurgia železa v oblasti Karpát* sa uskutočnil v dňoch 14.-15. septembra 1994 v Herľanoch pri Košiciach. Zorganizovala ho katedra metalurgie železa a zlievárenstva Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach v spolupráci s Výskumným pracovným strediskom Archeologického ústavu SAV v Košiciach pri príležitosti 35. výročia založenia uvedenej katedry. Cieľom stretnutia archeológov a odborníkov z oblasti metalurgie bola prezentácia doterajších výsledkov vzájomnej spolupráce na výskume pamiatok súvisiacich s historickou výrobou a spracovávaním železa na teritóriu Karpatskej kotliny a priľahlých oblastí. Na seminári sa zúčastnilo 45 odborníkov z Čiech, Chorvátska, Maďarska, Poľska, zo Švajčiarska, z Ukrajiny a zo Slovenska. Odznelo na ňom 22 referátov.

Organizátori prístup k téme bližšie nešpecifikovali, čo sa odrazilo v širokom obsahovom i chronologickom spektre referátov. Odzneli v nich výsledky výskumov zameraných na pamiatky od najstarších dokladov hutnenia a spracovávania železa až po prezentáciu súčasných pokusov o rekonštrukciu starých hutníckych objektov a experimentálnych tavieb. Ťažisko referátov však spočívalo na témach zaoberajúcich sa výsledkami interdisciplinárnej spolupráce pri hodnotení archeologických artefaktov, akými sú hutnícke objekty, odpadové produkty z výrobných procesov, vytavené nespracované železo a hotové výrobky. Potvrdilo sa, že pre komplexné zhodnotenie hmotných prameňov tohto druhu v ich nadväznosti na posúdenie úrovne technologických postupov hutníckej a kováčskej činnosti sú okrem typologicko-chronologickej analýzy pamiatok dôležité informácie o chemickom zložení suroviny a spôsobe jej spracovávania, ktoré dovoľujú získať metalografické analýzy. Pri posudzovaní nálezov v širšom kontexte, zameranom na otázky, za akých podmienok dochádzalo k vzniku hutníckych pracovísk, prípadne metalurgických centier v určitom regióne, akým spôsobom získavali surovinu a ako postupovali pri jej spracovávaní, je dôležitá tiež spolupráca s paleobotanikmi a geológmi. Týka sa to predovšetkým pamiatok z období, z ktorých hmotné pramene nemôžeme konfrontovať s písomnými dokladmi.

Seminár s takýmto zameraním bol na Slovensku zorganizovaný po prvýkrát. Počas rokovania mali archeológovia možnosť konzultovať problematiku z rôznych vedných disciplín a načrtnúť perspektívy rozvoja ďalšej spolupráce všeobecne, ako i na špecifických témach domácich aj medzinárodných projektov. Želáme si, aby sa podobné stretnutia podarilo zorganizovať aj v budúcnosti.

Ľubomír Mihok
Elena Miroššayová

EINLEITUNG

Das internationale Seminar *Archäometallurgie des Eisens im Karpatenbecken* tagte vom 14.-15. September 1994 in Herlany bei Košice. Veranstaltet wurde es vom Katheder der Eisenmetallurgie, Gußlegierung der Metallurgischen Fakultät der Technischen Universität zu Košice in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum des Archäologischen Institutes der SAW zu Košice anläßlich des 35. Gründungsjahres des angeführten Katheders. Das Ziel des Treffens der Archäologen und Fachleute aus dem Bereich der Metallurgie war die Präsentierung der bisherigen Ergebnisse der wechselseitigen Zusammenarbeit an der Erforschung der mit der historischen Produktion und Verarbeitung des Eisens zusammenhängenden Denkmäler auf dem Territorium des Karpatenbeckens und der anliegenden Gebiete. Am Seminar beteiligten sich 45 Fachleute aus Böhmen, Kroatien, Ungarn, Polen, aus der Schweiz, Ukraine und Slowakei. Es wurden 22 Referate vorgetragen.

Da die Organisatoren das Thema des Symposiums nicht näher spezifiziert haben, äußerte sich dies im breiten inhaltlichen und chronologischen Spektrum der Vorträge. Sie handelten über Grabungsergebnisse mit der Zielrichtung auf Denkmäler von den ältesten Verhüttungsbelegen und der Eisenverarbeitung bis zur Präsentierung der gegenwärtigen Rekonstruktionsversuche alter Verhüttungsobjekte und experimenteller Schmelzverfahren. Der Schwerpunkt der Referate beruhte jedoch in Themen über die Ergebnisse der interdisziplinären Zusammenarbeit bei der Auswertung archäologischer Artefakte, wie es Verhüttungsobjekte, Abfallprodukte der Produktionsprozesse, Roh- und unverarbeitetes Eisen und fertige Erzeugnisse sind. Es hat sich bestätigt, daß für eine komplexe Auswertung dieser Art von Materialquellen in ihrer Anknüpfung an die Beurteilung des technischen Niveaus der Verhüttungs- und Schmiedetätigkeit außer typologisch-chronologischen Analysen der Denkmäler vor allem Informationen über die chemische Zusammensetzung des Rohstoffes und seiner Verarbeitungsart wichtig sind, die es erlauben, metallographische Analysen zu gewinnen. Bei der Beurteilung der Funde im breiteren, auf die Fragen gezielten Kontext, unter welchen Bedingungen es zur Entstehung metallurgischer Werkstätten evtl. metallurgischer Zentren in einer bestimmten Region kam, auf welche Weise Rohstoff gewonnen wurde und wie man bei seiner Verarbeitung vorging, ist ebenfalls eine Zusammenarbeit mit Paläobotanikern und Geologen wichtig. Das betrift vor allem Denkmäler aus dem Zeitabschnitt, aus welchem wir die Materialquellen nicht mit schriftlichen Belegen konfrontieren können.

Das Seminar mit einem solchen Vorhaben wurde zum erstenmal organisiert. Während der Besprechungen hatten die Archäologen die Möglichkeit, die Problematik aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen allgemein zu konsultieren und Perspektiven der Entfaltung einer weiteren Zusammenarbeit wie auch spezifische Themen heimischer und internationaler Projekte zu skizzieren. Wünschenswert ist das Gelingen der Organisierung ähnlicher Treffen auch in Zukunft.

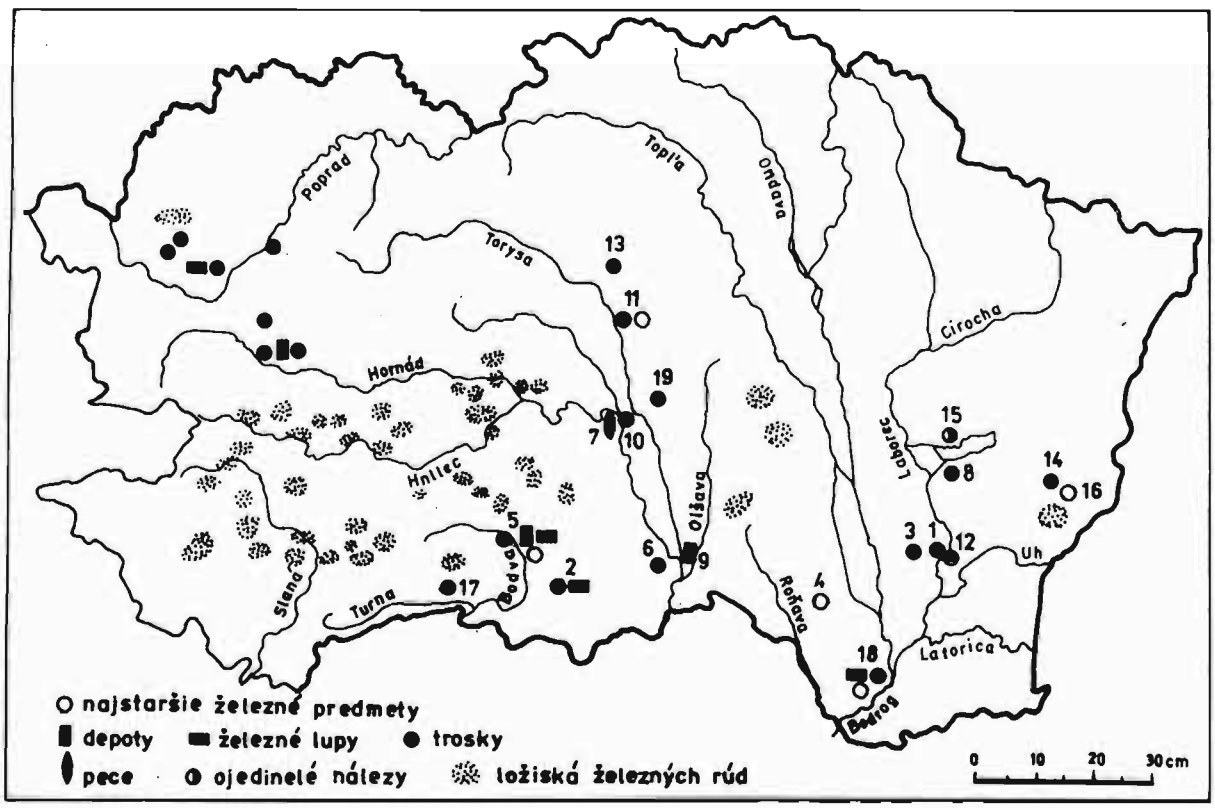
Ľubomír Mihok
Elena Miroššayová

K POČIATKOM VÝROBY A SPRACOVÁVANIA ŽELEZA NA VÝCHODNOM SLOVENSKU

Elena Miroššayová

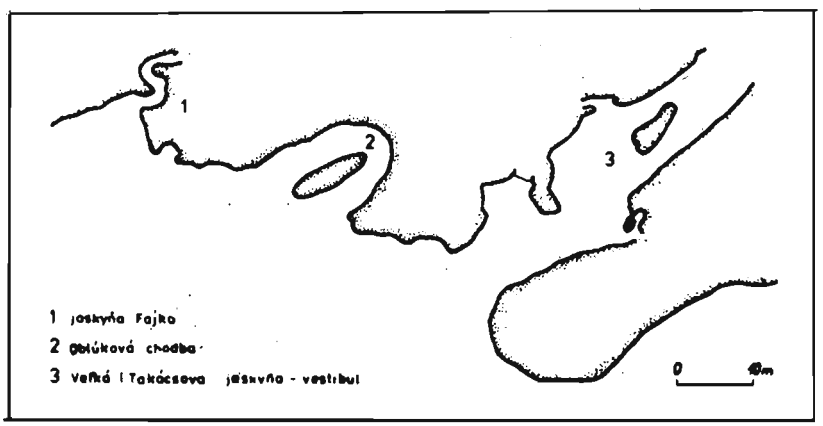
Predmetom príspevku je zhodnotenie súčasného stavu poznania počiatkov výroby a spracovávania železa na území Východoslovenskej nížiny, Košickej kotliny a priľahlej časti juhovýchodného výbežku Spišsko-gemerského rudohoria. Toto územie, ktoré bolo osídlené nositeľmi gávskej a kyjatickej kultúry, sa v závere doby bronzovej dostáva do sféry vplyvu z Potisia. Odrazil sa nielen na formovaní kultúrneho habitu domáceho obyvateľstva, ale aj na rozvoji hospodárstva jeho spoločnosti. Príchod cudzích etnických skupín, ktoré sa v neskorej dobe bronzovej objavujú na území Potisia, urýchlil rozšírenie nového kovu - železa. Spočiatku sa uplatňovalo pri výrobe jednoduchých šperkov a drobných nástrojov, neskôr, najmä v sortimente zbraní a nástrojov, úplne vytlačilo bronzovú surovinu.

Východiskom pre posúdenie úrovne a rozsahu hutníckej a následnej kováčskej činnosti na sledovanom území východného Slovenska sú archeologické pramene, ktoré priamo alebo nepriamo súvisia s metalurgiou železa v časovom úseku od neskorej doby bronzovej (8. stor. pred n. l.) až po zlom letopočtu (obr. 1). Hmotné pramene tohto druhu, ktoré sa nám doposiaľ podarilo odkryť, delíme do dvoch skupín. Do prvej patria hotové výrobky, ktoré sa objavujú v nálezových celkoch z neskorej doby bronzovej ako ojedinelé doklady využívania železa, do druhej okrem hotových výrobkov zaraďujeme zvyšky výrobných zariadení, odpadových produktov pri výrobnom procese a vytavenú surovinu.



Obr. 1. Mapa rozšírenia pamiatok metalurgickej činnosti na východnom Slovensku. 1 - Budkovce; 2 - Čečejovce; 3 - Dúbravka; 4 - Egreš; 5 - Jasov; 6 - Košice-Šebastovce; 7 - Kysak; 8 - Michalovce; 9 -Nižná Myšľa; 10 - Obišovce; 11 - Prešov; 12 - Stretavka; 13 - Terňa; 14 - Tibava; 15 - Vinné; 16 - Vojnatina; 17 - Zádielske Dvorníky-Zádiel; 18 - Zemplín; 19 - Žehňa. (Schematické naznačenie výskytu železonosných rúd podľa Slávik a kol. 1967; Bez číselného označenia sú lokality v regióne Spiša.)

Najstaršie železné predmety nájdené na sledovanom území východného Slovenska sú spravidla datované do neskorej doby bronzovej (*Furmánek 1988*, s. 186). Pri podrobnejšej analýze sa ukázalo, že takéto datovanie musíme brať s istou rezervou. Sú to prevažne drobné nástroje a ozdoby, ktoré patria k typom s nízkou chronologickou príznakovosťou a ich nálezové okolnosti neprinášajú dostatok informácií pre spresnenie datovania. Patria k nim predovšetkým nálezy zo sídliskových vrstiev, v ktorých sa vyskytli v sprievode keramiky zaraďovanej rámcovo do mladšej alebo neskorej doby bronzovej. Súbory keramiky sú zväčša malé a prevažujú v nich fragmenty hrncovitých tvarov, ktorých časové zatriedenie je problematické. Pre nedostatočný systematický výskum sídlisk z neskorej doby bronzovej absentujú dobre datovateľné uzavreté nálezové celky, čo má za následok, že pre nami sledované územie nie je rozpracovaná typologicko-chronologická klasifikácia keramického inventára vyrastajúceho z gávskeho a čiastočne aj kyjatického podložia tak dôkladne, aby bolo možné spoľahlivo rozlíšiť tvary zo záveru doby bronzovej od tvarov zo začiatku doby železnej. Do skupiny nálezov, ktorých datovanie do neskorej doby bronzovej nepovažujeme za celkom jednoznačné, patrí železný nôž zo sídliskovej vrstvy z Prešova (*Budinský-Krička 1965*, s. 42) a železné šidlo zo sídliska v Egreši (*Gašaj 1978*, s. 77-78). Rovnako problematické je datovanie železného noža a lupy z Veľkej (Takácsovej) jaskyne v Jasove. Oba predmety sa časovo spájajú s osídlením jaskyne v neskorej dobe bronzovej patriacim kyjatickej kultúre (*Furmánek 1988*, s. 186). Nálezové okolnosti však takéto datovanie jednoznačne nepotvrdzujú. Predmety sa našli v sekundárnej polohe. V nálezovej správe (č. 1033, s. 36, archív AÚ SAV v Nitre) z výskumu jaskyne v r. 1924 uvádza *J. Eisner*, že boli vytiahnuté pri preberaní hliny z haldy navŕšenej pri staršom výskume *T. Kormosa* (*Eisner 1933*, s. 152, tab. XL: 7). Ďalej treba mať na pamäti aj skutočnosť, že priestor jaskyne bol intenzívne osídlený nielen v neskorej dobe bronzovej, ale aj v následnej dobe halštatskej, čo potvrdzujú nálezy z doterajších výskumov (*Olexa 1980*, s. 193-195; *Miroššayová 1987*, s. 134). Nedá sa teda vylúčiť, že oba železné predmety môžu súvisieť s osídlením Veľkej jaskyne v tom istom časovom horizonte doby halštatskej, v ktorom existovala kováčska dielňa pred blízkou jaskyňou Fajka (obr. 2).



Obr. 2. Jasov. Situačný náčrt polohy jaskýň.

Pre nedostatočný výskum pohrebísk je obmedzené sledovanie frekvencie výskytu železných predmetov vo výbave hrobov. Najstaršie hrobové nálezy železných predmetov sú na východnom Slovensku rámcovo datované do záveru doby bronzovej a na začiatok doby halštatskej (HB_3 - HC_1). Na pohrebisku vo Vojnatine z 50 žiarových hrobov bol železný milodar uložený len v hrobe 33. Skorodované zlomky nedovolujú určiť jeho tvar. Ďalšie dva tvarovo neidentifikovateľné predmety sa našli vo vrstve medzi hrobmi (*Budinský-Krička 1976*, s. 124, 125, obr. 3: 14). Početnejšie sú železné predmety zastúpené na pohrebisku v Zemplíne v polohe Táboralja (obr. 6), ktoré v 50-tych rokoch čiastočne preskúmal *B. Benadik*. (Za možnosť použitia nepublikovaného materiálu ďakujem autorovi výskumu.) Z trinástich žiarových hrobov boli železné milodary v piatich. Najčastejšie sa vyskytovali malé nože. Z hľadiska chronologickej klasifikácie pohrebiska má pre nás význam akeramický žiarový hrob 1/55, vybavený dlhou železnou kopijou, brúsikom, bronzovým korálikom a dvoma krížovými návlečkami z konského postroja. Zloženie milodarov a bronzové návlečky zaraďujú hrob typologicky do horizontu trácko-kimerských pamiatok neskorej doby bronzovej v Karpatskej kotline. Súčasťou tohto pohrebiska bol s najväčšou pravdepodobnosťou aj nedávno objavený žiarový hrob, ktorý okrem keramiky obsahoval železný nôž a jednoduchý železný náramok (*Gašaj 1988*, s. 261-269). Pozoruhodné je, že tvary keramiky sa vymykajú z rámca typov neskorogávskej domácej

keramickej produkcie. Ich podrobná analýza v kontexte so súdobými nálezmi z Potisia môže prispieť k riešeniu problematiky kultúrneho vývoja osídlenia južnej časti Východoslovenskej nížiny.

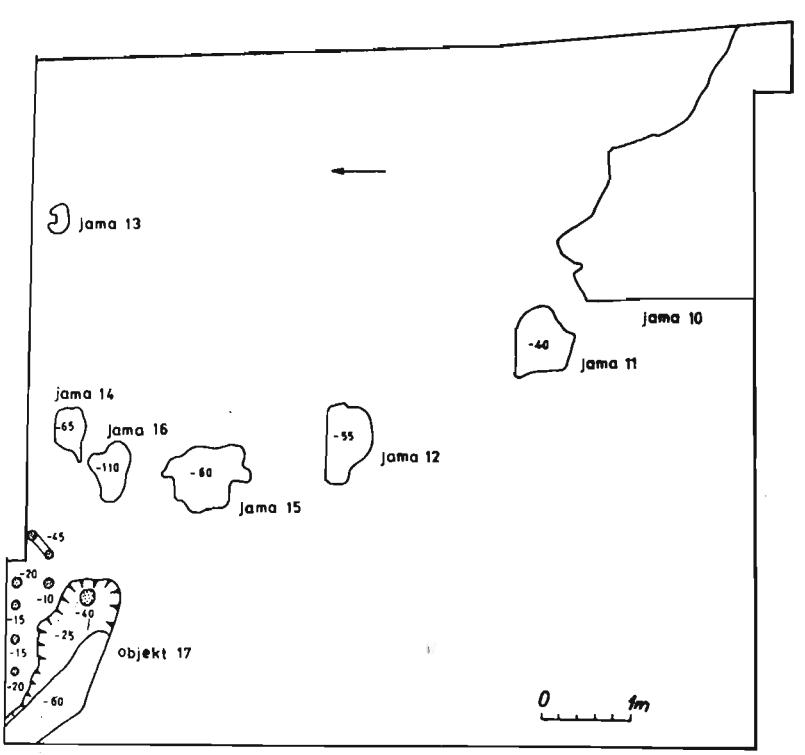
Otázkou proveniencie uvádzaných železných predmetov sa v tomto príspevku nebudeme podrobne zaoberať. Stručne však možno povedať, že časť z nich, s ohľadom na staré tradície spracovávania kovov u nositeľov gávskej a kyjatickej kultúry, mohla byť vyrobená v domácich dielňach, iné mohli svojou prítomnosťou odrážať vplyv kultúrnych procesov a etnických pohybov, ktoré v neskorej dobe bronzovej výrazne zasiahli do štruktúry osídlenia Karpatskej kotliny. Teritórium východného Slovenska, ktorému sa v tomto príspevku venuje pozornosť, sa v tomto období dostáva do susedstva nositeľov pamiatok skupiny Mezőcsát. Cudzí etnický pôvod sa zreteľne prejavil na kostrovom pohrebnom ríte. Podľa počtu železných predmetov vo výbave hrobov (*Patek 1993*, s. 19 n.) sa domnievame, že výrobky zo železa boli bežnou súčasťou ich materiálnej kultúry. Do akej miery práve nositelia skupiny Mezőcsát prispeli k urýchleniu rozšírenia železa u obyvateľov juhovýchodného Slovenska, budeme môcť posúdiť až po dôkladnej analýze doposiaľ nespracovaných nálezov zo Zemplína, z Michaloviec a Košíc-Šebastoviec.

POČIATKY VÝROBY ŽELEZA

Všeobecne sa predpokladá, že územie východného Slovenska so svojou surovinovou základňou malo dobré podmienky na rozvoj metalurgie železa. Jedným z dôležitých problémov, ktorý sa doposiaľ nepodarilo vyriešiť, je určenie počiatkov hutnenia železa z tunajších zdrojov. Názor, že ložiská železonosných rúd Spišsko-gemerského rudohoria sa využívali už v dobe halštatskej, vyslovil ešte v 30-tych rokoch *J. Eisner (1933*, s. 152) v súvislosti s nálezom dvoch železných sekier a lúp pred jaskyňou Fajka v Jasove. Najnovšie archeologické výskumy jeho predpoklad, aj keď nepriamo, potvrdzujú.

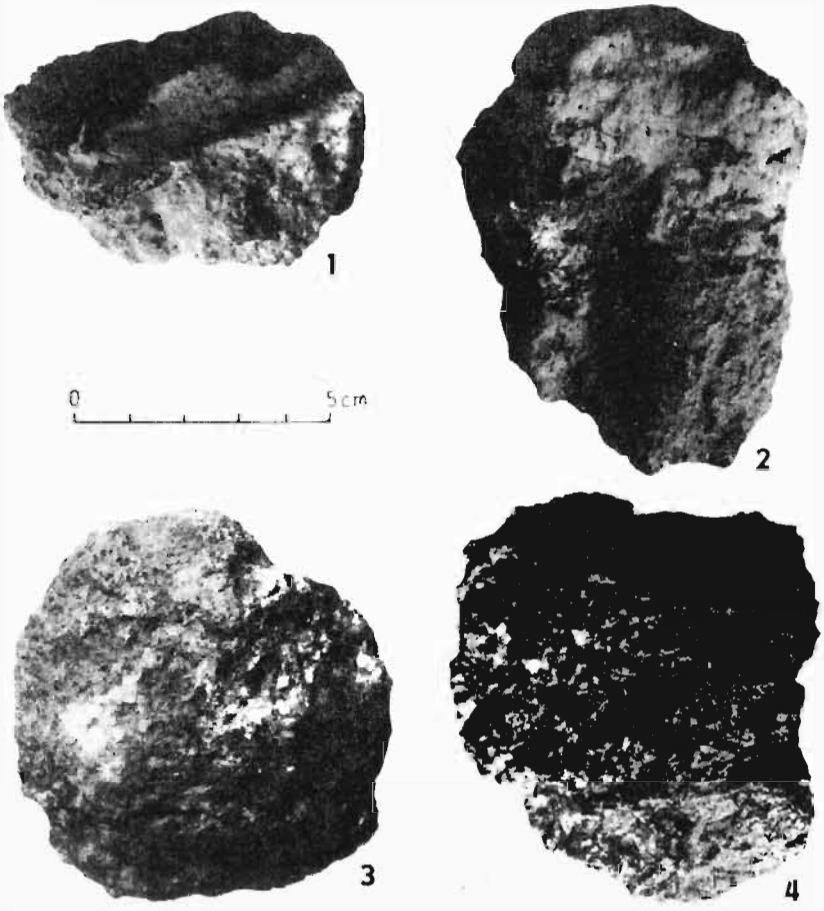
V porovnaní s regiónom Spiša, kde na základe koncentrácie hmotných prameňov súvisiacich s metalurgickou činnosťou v podtatranskej oblasti a na severnom podhorí Spišsko-gemerského rudohoria predpokladáme, že najneskôr od 2. stor. pred n. l. produkovali tunajšie dielne železo pre širší okruh odberateľov, na ostatnom území východného Slovenska sú stopy po hutníckej činnosti ojedinelé a rozsahom naznačujú existenciu dielní lokálneho významu (obr. 1).

K najstarším nepriamym dokladom metalurgickej činnosti na území juhovýchodného Slovenska patrí v súčasnosti fragment trosky oválneho tvaru so zaoblenou spodnou časťou z výplne sídliskovej jamy z Michaloviec, poloha Seregmeš (nepublikovaný materiál, výskum *K. Andel*). Sprievodná keramika má neskorogávsky charakter. K datovaniu jamy prispieva prítomnosť fragmentu hrnca s perforovaným okrajom. Na východnom Slovensku sa s nimi zatiaľ stretávame len ojedinele (Zemplínske Kopčany, *Demeterová 1983*, s. 115, obr. 2: 1), ale v dobre datovateľných nálezových celkoch juhozápadného Slovenska sú sprievodnými nálezmi na sídliskách z prelomu doby bronzovej a halštatskej a ich výskyt v západokarpatskom kultúrnom prostredí je pokladaný za výsledok východoeurópskych kultúrnych vplyvov (*Studeníková 1986*, s. 20). Aj keď problematika preni-



Obr. 3. Čečejovce. Poloha ťažobných jám na preskúmanej ploche.

kania východoeurópskych vplyvov na územie východného Slovenska nie je ešte podrobne zhodnotená, možno nález z Michaloviec časovo synchronizovať s analogickými pamiatkami z juhozápadného Slovenska. Nájdená železná troska nebola podrobená metalografickej analýze, preto nevieme, či ide o hutnícku, alebo kováčsku trosku.

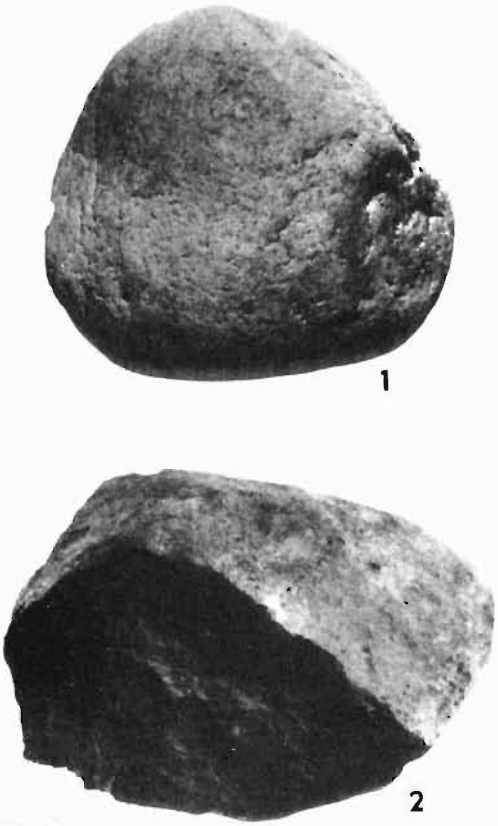


Obr. 4. Čečejovce. 1, 2 - zlomky z výmazu šachty metalurgických piecok; 3, 4 - troska.

Závažný materiál pre poznanie počiatkov ťažby a výroby železa priniesol výskum neskorohalštatskej osady v Čečejovciach v okrese Košice-vidiek (*Miroššayová 1994b*, s. 37 n.). Osada mala výrobný charakter a bola založená priamo "na rude". Surovina sa získavala z blízkeho lokálneho ložiska bahennej rudy a v osade sa spracúvala. Na preskúmanej ploche sa na úrovni podložia zachytili obrysy nepravidelných jám s hĺbkou od 0,40 do 1,30 m. Nachádzali sa mimo sídliskových objektov. Podľa situácie zistenej v jednej z nich - v jame 10/80 - s najväčšou pravdepodobnosťou ide o ťažobné - kutacie jamy (obr. 3). Na stenách sa zreteľne črtali 12-15 cm široké žliabky s hĺbkou približne 10 cm, ktoré zostali po vyťažení pásov bahennej rudy. Ich rozmery sa zhodujú s nevyťaženými pásmi rudy na neporušených plochách štrkovohlinitého podložia. Hutnícku činnosť potvrdzujú početné nepravidelné kusy trosky, zlomky z hlineného výmazu pece a železná lupa (obr. 4), ktoré sa nachádzali vo výplni jám alebo boli roztrúsené na ploche medzi objektmi. Pece, prípadne iné výrobné zariadenia, ktoré boli súčasťou hutníckeho pracoviska, sa na preskúmanej ploche v Čečejovciach nezachytili. Informácie o výrobnom procese sprostredkúvajú výsledky metalografických analýz trosiek. Vysoký obsah oxidu železnatého a kúskov nezredukovanej rudy v skúmaných troskách je výsledkom málo účinného procesu, aký prebiehal pri tavbe v jednoduchých jamových pieckach s nízkou šachtou. Podľa priemeru trosiek z dna sa predpokladá, že priemer piecky bol okolo 30-35 cm. Ruda bola pred vsádzkou do pece upravovaná iba mechanicky (*Mihok 1994*, s. 69 n.). Metalografická analýza vytaveného železa potvrdila, že po vybratí z pece bol materiál otĺkaním zbavovaný natavenej trosky (*Mihok - Cengel - Hollý 1984*, s. 670-671). Na tento účel slúžili kamenné nástroje nájdené vo výplni objektu (sekáčovitý nástroj - dĺ. 120 mm, drvič - dĺ. 70 mm; obr. 5).

Osada v Čečejovciach sa nachádza na južnom podhorí východného výbežku Spišsko-gemerského rudohoria. Nepodarilo sa však dokázať, že čečejovskí hutníci využívali aj rudu z tamojších ložísk. Napriek tomu, že priame doklady ťažby v praveku a vo včasnej dobe historickej nemáme, predpokladám, že ložiská boli využívané oveľa skôr, ako to dokladajú písomné pramene. Prvá písomná zmienka pochádza až z 13. stor. a viaže sa na povolenie ťažby premonštrátskemu prepoštstvu v Jasove. Predstavu o rozsahu ložísk železonosných rúd si možno urobiť zo zachovaných hlásení banských súdov z polovice 18. stor., v ktorých sa uvádza, že len v katastroch obcí Jasov, Medzev, Štós a Poproč (na ploche asi 150 km^2) pracovalo 258 baní a kutieb (*Pleiner - Vozár - Šarudyová 1976*, s. 7).

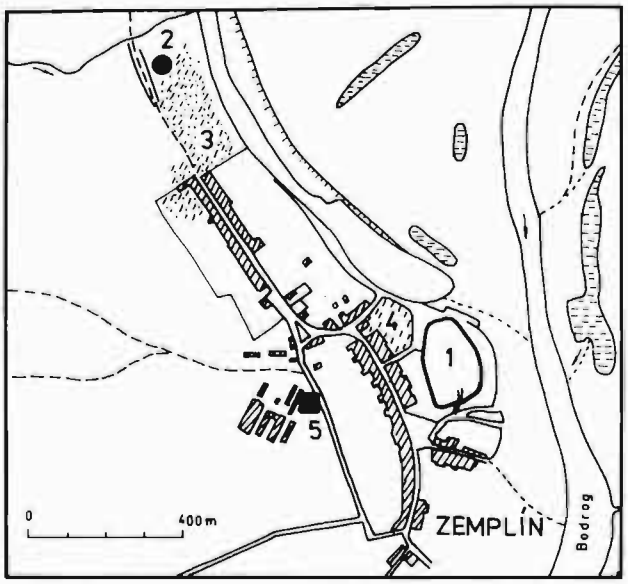
Ďalšie hutnícke pracoviská signalizuje koncentrácia železnej trosky v katastri obce Zádiel (okr. Košice-vidiek). Prvé nálezy sa získali v r. 1949 pri výstavbe cesty Zádielskou dolinou (*Skutil 1949-1951*, s. 185-187). Ich najväčšia koncentrácia bola pozorovaná na ploche pred vstupom do kaňonu Zádielskej doliny a v kaňone, v lievikovite rozšírenej časti v blízkosti miesta, kde pôvodná tranzitná cesta Zádielskou dolinou odbočuje na Gemer. Chronologická klasifikácia nájdených trosiek je problematická, pretože polohy, v ktorých sa nachádzali, boli intenzívne osídlené od praveku až po stredovek. Pri zisťovacom výskume sa trosky nachádzali vo vrstvách spolu s materiálom z doby halštatskej, laténskej a zo stredoveku z 10. stor. (*Miroššayová 1984*, s. 153 n.).



Obr. 5. Čečejovce. Kamenné nástroje na drvenie rudy, prípadne otĺkanie trosky.

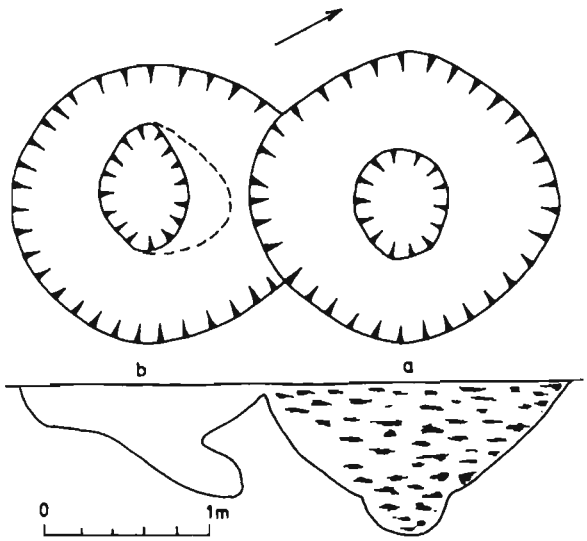
Veľmi málo dokladov pre poznanie rozsahu metalurgickej činnosti obyvateľov doby železnej je z Východoslovenskej nížiny. Drobné kusy železných trosiek nachádzané na skúmaných sídliskách dokladajú skôr existenciu malej kováčskej dielne, ktorá zabezpečovala potreby obyvateľov osady. O rozsiahlejšej metalurgickej činnosti na lokalite v Tibave sa zmieňuje *K. Andel* (*1960*, s. 130). Bližšie však necharakterizuje pramene, o ktoré svoje konštatovanie opiera, čím jeho informácia stráca na hodnote.

Na severozápadnom okraji obce Zemplín v okrese Trebišov (obr. 6) na pravom brehu mŕtveho ramena Bodrogu odkryl *B. Benadik* dvojitú kotlovitú jamu (obr. 7), ktorej jedna časť bola vyplnená troskou. (Za možnosť použitia materiálu ďakujem autorovi výskumu.) Objekt nepochybne súvisel s metalurgiou železa, ale funkčne ho interpretovať nevieme. Dispozíciou sa odlišuje od všetkých výrobných zariadení, ktoré boli doposiaľ odkryté na hutníckych pracoviskách. Neďaleko od polohy s odkrytým objektom sa našli dve bochníkovité železné lupy s hmotnosťou 920 a 116 g, ktorých bližšie nálezové okolnosti, žiaľ, nie sú známe (*Andel 1955*, s. 196). Podľa ostatných nálezov z okolia metalurgického objektu patril k výrobnej osade, ktorá bola v neskorej dobe laténskej súčasťou sídelného komplexu (obr. 6) pozostávajúceho z hradiska, kultového miesta a menších osád remeselníckeho charakteru (*Miroššayová - Čaplovič 1991*, s. 120). Remeselnícky charakter osady na severozápadnom okraji dnešnej obce potvrdzuje okrem stôp po metalurgickej činnosti aj nález hrnčiarskej pece (*Benadik 1965*, s. 71-73). O rozsahu produkcie tunajších remeselníkov si nemožno urobiť reálnu predstavu. Osada bola preskúmaná iba čiastočne. V súčasnosti je ďalšiemu archeologickému výskumu nedostupná pre novodobú zástavbu.



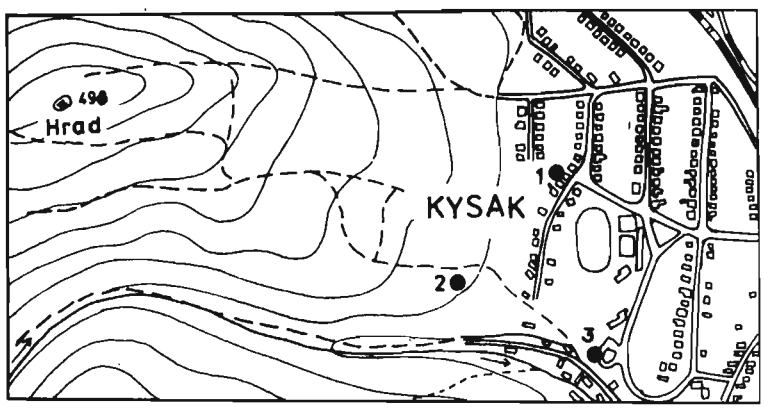
Obr. 6. Zemplín. Situačný náčrt nálezísk. 1 - hradisko; 2 - výrobná osada; 3 - pohrebisko; 4 - osada; 5 - kultové miesto. (1, 2, 4, 5 - neskorá doba laténska; 3 - koniec doby bronzovej a začiatok doby halštatskej).

Všetky uvádzané nálezy súvisiace so železiarskou výrobou na území juhovýchodného Slovenska v dobe železnej majú charakter nepriamych dokladov. Chýbajú nálezy taviacich pecí, prípadne ďalších zariadení patriacich k hutníckemu pracovisku. Až nedávno sa podarilo odkryť zvyšky taviacich pecí v obci Kysak. Nedá sa síce s istotou tvrdiť, že pracovali už v dobe železnej, ale i napriek tomu ich do tohto príspevku, ktorého predmetom štúdia sú pamiatky metalurgickej činnosti doby železnej, zaraďujeme. Umožňuje to použitie typologického kritéria, podľa ktorého je datovanie pecí do záverečných storočí doby železnej rovnako pravdepodobné ako do nasledujúcich storočí doby rímskej.



Obr. 7. Zemplín. Výrobná osada - metalurgický objekt.

Obec Kysak (okr. Košice-vidiek) sa nachádza v severozápadnej časti Košickej kotliny. Miesto nálezu pecí je na východnom svahu kopca Hrad (kóta 501,0) na pravom brehu rieky Hornád (obr. 8). Už názov polohy Vyheň evokuje spojitosť s metalurgickou činnosťou. Celý východný svah kopca, pôvodne využívaný ako orná pôda, je dnes zastavaný rodinnými domami, a tým pre rozsiahlejší archeologický výskum neprístupný. Na pece sa prišlo v r. 1993 pri terénnych úpravách súkromnej záhrady (*Miroššayová* 1994a). Na ploche 3,8 x 4 m bola narušená batéria redukčných piecok so zahĺbenou troskovou jamou. Časť z nich bola pri zemných prácach odbagrovaná (obr. 9: 1). V pôvodnej polohe sa zachovali piecky 1-4 (obr. 9: 2). Polohy piecok 5-8 sa dali identifikovať podľa zhlukov uhlíkov, drobných úlomkov trosky a prepálenej hliny dna troskovej jamy (obr. 10). Ak sa berú do úvahy aj kompaktné zliatky trosky, odbagrované pri úprave terénu, možno odhadnúť celkový počet piecok tejto batérie na 15. Priemer kompaktných zliatkov trosky sa pohyboval od 40 do 45 cm. Výška dosiahla maximálne 35 cm (obr. 11: 1). Horná plocha troskovitého zliatku bola viac-menej vodorovná, spodná mala typický kvapľovitý vzhľad (obr. 11: 2). Trosková jama piecky, zapustená do ílovitého podložia do hĺbky 25 cm, nemala zvláštnu úpravu stien. Výplň tvorili uhlíky a kusy trosky s odtlačkami listnatých drevín, ktorých konáre a haluze vypĺňali troskovú jamu pred začiatkom tavby (obr. 11: 3, 4). Paleobotanické analýzy uhlíkov roztrúsených na ploche medzi pieckami dokladajú výrobu drevného uhlia z dubového a bukového dreva. (Podrobné zhodnotenie v príspevku *E. Hajnalovej.*) Zvyšky z nadzemnej šachtovitej konštrukcie pecí sa okrem niekoľkých drobných úlomkov nezachovali.



Obr. 8. Kysak. Zistené polohy hutníckych pracovísk. 1 - preskúmaná poloha Vyheň; 2, 3 - povrchový prieskum.

Pece z Kysaku patria typologicky do kategórie pecí so zahĺbenou troskovou jamou, ktoré mali v strednej Európe značné územné i časové rozšírenie (*Pleiner - Princ 1984*, obr. 17, 18). Územne najbližšie analógie k našim peciam predstavujú vo výrobných okrskoch zo Svätokrížskych hôr na území Poľska (*Bielenin 1992*, s. 94 n.) a z Novoklinova na Zakarpatskej Ukrajine (*Bidziľa 1971*, s. 21, 34). Povrchový prieskum v intraviláne obce a jej najbližšom okolí, ktorý sa opieral o údaje miestnych obyvateľov o nálezoch trosiek, potvrdil, že v Kysaku sa podobné batérie pecí, aké boli čiastočne

1

2

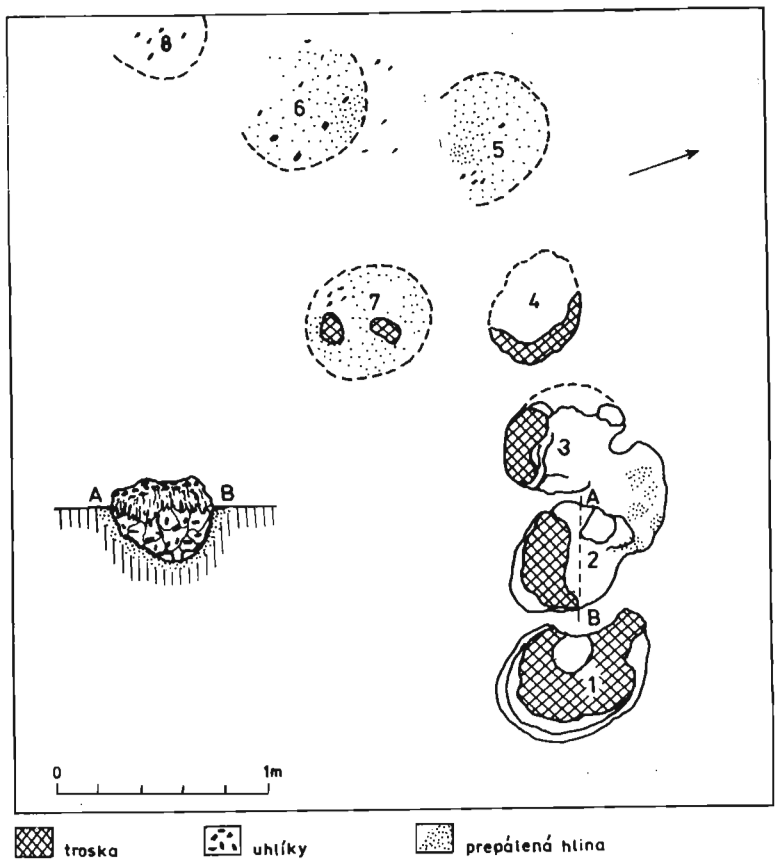
Obr. 9. Kysak. 1 - troskový zliatok zo zničenej pece; 2 - poloha zachovaných pecí 1-4.

skúmané, nachádzali na viacerých miestach (obr. 8). Na základe tohto zistenia je predpoklad, že v Kysaku pracovalo väčšie výrobné centrum s viacerými pracovnými okrskami. Surovinu získavali tunajší hutníci najskôr z blízkych hematitových a limonitových ložísk Čiernej hory (*Slávik a kol. 1967*, s. 109-111).

Ako sme už uviedli, chronologická klasifikácia pecí, resp. výrobného metalurgického centra v Kysaku je neistá. Ani v blízkosti preskúmaných pecí, ani z obce samotnej sa nepodarilo získať materiál, ktorý by napomohol datovaniu. Najbližšie osídlenie, s ktorým by mohla existencia metalurgického centra súvisieť, je na vrchu Stráža, vzdialenom asi 1 km, v katastri obce Obišovce (obr. 12). Pre strategicky výhodnú polohu nad sútokom rieky Hornád s potokom Svinka, pozdĺž ktorých viedli cesty spájajúce Košickú kotlinu s regiónom Spiša a Šariša, bolo tu vybudované hradisko osídlené intenzívne v neskorej dobe bronzovej a vo včasnom stredoveku (9. stor.). Sporadicky sa pri povrchovom prieskume nachádzala keramika z mladšej doby rímskej (*Lamiová-Schmiedlová 1969*, s. 411). Z lokality sa tiež spomína nález strieborných rímskych mincí, z ktorých sa zachoval denár Herennie Etruscilly, manželky cisára Decia (248-251; *Ondrouch 1964*, s. 119 n.). Nález mince teda potvrdzuje osídlenie polohy aj v mladšej dobe rímskej. Nakoľko pece so zahĺbenou troskovou jamou sa vyskytujú aj v tomto časovom úseku, predbežne možno hypoteticky pripustiť, že metalurgické centrum v Kysaku časovo súvisí s osídlením v mladej dobe rímskej na vrchu Stráža v Obišovciach.

KOVÁČSKA VÝROBA

Objekt, ktorý by sa dal jednoznačne označiť ako kováčska vyhňa, sa na území juhovýchodného Slovenska zatiaľ nepodarilo odkryť. *J. Eisner* pri výskume plošiny pred jaskyňou Fajka v Jasove (okr.



Obr. 10. Kysak. Plán preskúmanej časti batérie metalurgických pecí.

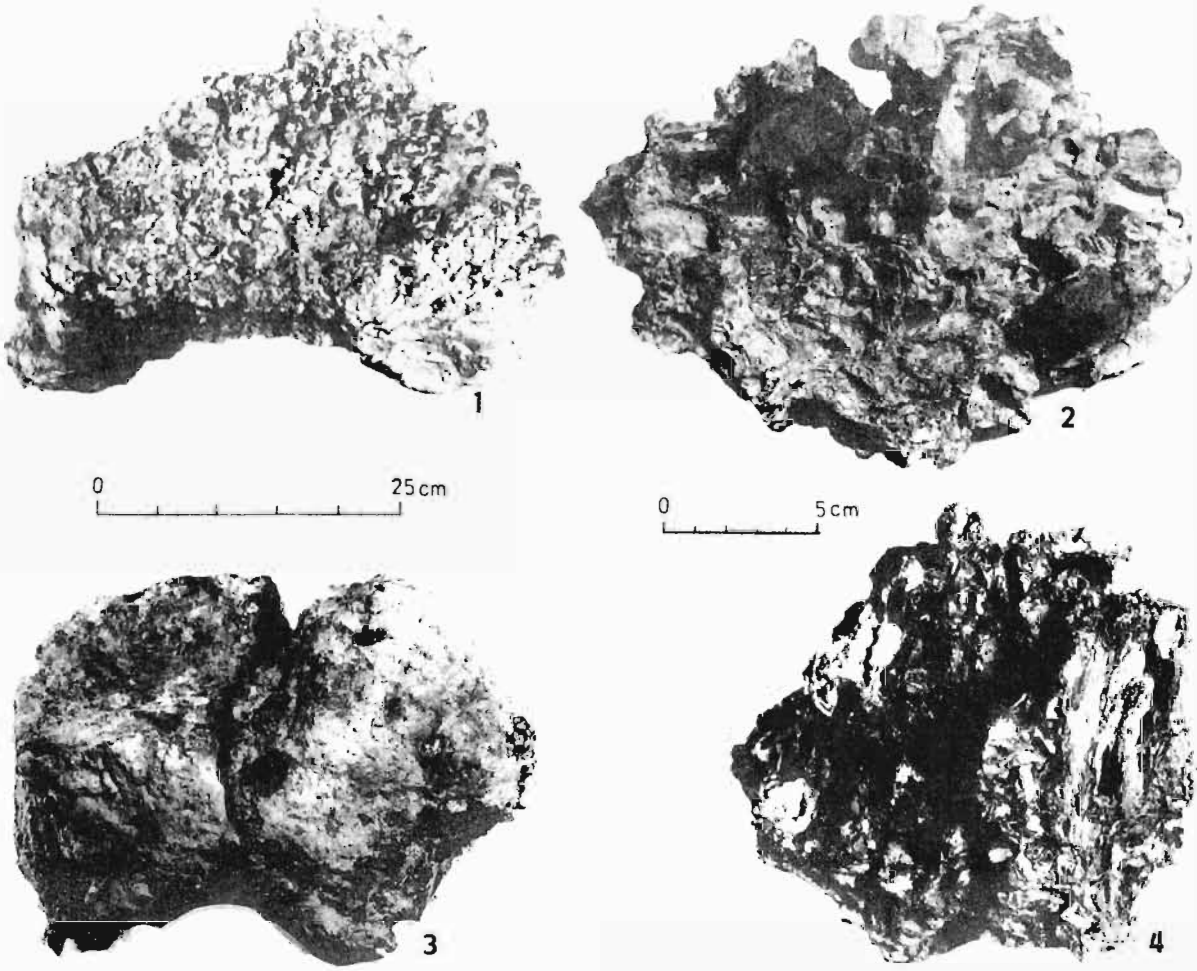
Košice-vidiek) zachytil zvyšky zahĺbeného objektu s ohniskom vyloženým kameňmi prekrytými popolovitou vrstvou. Ohnisko bolo umiestnené blízko skalnej steny v mieste najlepšie chránenom pred vetrom (*Eisner 1933*, s. 161 n.). K interpretácii, že tu bol umiestnený príbytok kováča, viedli *J. Eisnera* nálezy z okraja plošiny. Pri odkrývaní prvej vrstvy našiel okrem fragmentov keramiky aj železnú lupu. Pri ďalšom prehlbovaní objavil v hĺbke asi 1m dve masívne železné sekery s tuľajkou, pod ktorými bola ďalšia železná lupa (obr. 13, 14). (Pozn.: V nálezovej správe z r. 1924 sú lupy nájdené pred jaskyňou Fajka na obr. 11 a 12. V Slovenskom národnom múzeu v Bratislave sú dnes uložené len sekery s inv. č. 8386, 8387 a lupa s inv. č. AP 10174. Ostatné nálezy z výskumu v Jasove boli pravdepodobne zničené pri požiari múzea na konci 2. svetovej vojny, preto ich už nemožno overiť.)

Sekery z Jasova patria k typu masívnych sekier s uzavretou tuľajkou, ku ktorým sú známe analógie z regiónu Spiša (Hrabušice, Veľký Slavkov; *Miroššayová - Javorský - Mihok - Hollý 1991*, s. 71 n.). Na sekerách z Jasova je pozoruhodné zistenie, že išlo o nedokončené výrobky, pretože nemajú ostrie vykované do reznej hrany (obr. 14). Kým nálezové okolnosti sekier zo Spiša ich nedovolujú presnejšie datovať, sekery v Jasove sa našli v sprievode keramiky (*Eisner 1933*, tab. XLVII: 13-16, 18), ktorá je blízka nálezom na sídlisku z neskorej doby halštatskej v Čečejovciach. Je pravdepodobné, že osídlenie pred jaskyňou Fajka je súčasné s osadou v Čečejovciach.

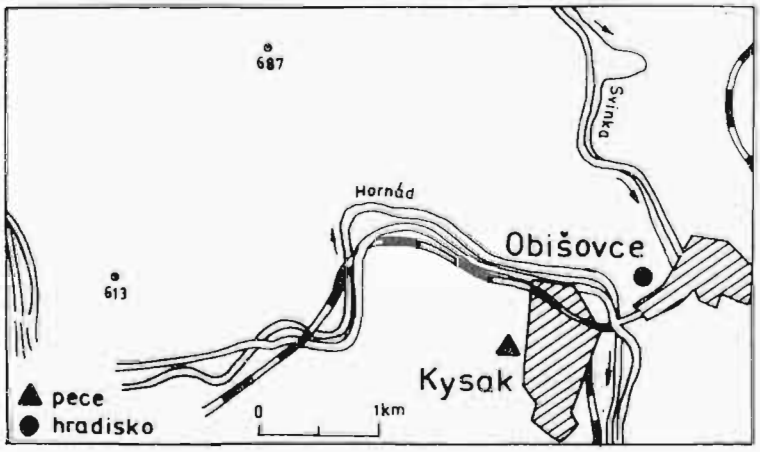
K posúdeniu práce kováčov v dobe železnej je pomerne málo údajov. Nálezy vyhňových ohnísk na území juhovýchodného Slovenska absentujú. Je to dané jednak nedostatočným výskumom, jednak tým, že vyhňové ohniská si nevyžadovali nejakú zvláštnu úpravu, preto sa v teréne ťažšie identifikujú. Viac údajov pre posúdenie úrovne a technologickej zručnosti kováčov poskytujú metalografické analýzy hotových výrobkov.

Analyzované nástroje a zbrane v depote z Nižnej Myšle, datovanom do neskorej doby halštatskej, boli zhotovené kováčskym zváraním z viacerých polotovarov. Postupy použité na dosiahnutie optimálnych úžitkových vlastností boli rôzne. Z prvej skupiny analyzovaných predmetov - sekerky s ramienkami, sekery s tuľajkou a sekeromlatu - bolo použité úmyselné kalenie ostria len na sekerke s ramienkami. Pri ostatných sa tvrdosť ostria docielila použitím vysokouhlíkovej ocele (*Longauerová - Kocich 1986* , s. 399). Z druhej skupiny analyzovaných predmetov, pozostávajúcej z troch kosákov, bolo zámerné kalenie ostria potvrdené v dvoch prípadoch (*Kocich - Leukaničová 1980, s. 396, 398).*

Zaujímavé je porovnanie výsledkov analýz predmetov z depotu z Nižnej Myšle z neskorej doby halštatskej (5. stor. pred n. l.) s výsledkami analýz železných predmetov z kultového miesta v Zemplíne-Kertálje z neskorej doby laténskej (1. stor. pred n. l.). Sekera s tuľajkou, klinovitý nástroj, hrot kopije a nože boli vyrobené štandardnými kováčskymi technikami - zváraním z niekoľkých kusov polotovarov, ale na skvalitnenie úžitkových vlastností pracovných častí bolo vo všetkých



Obr. 11. Kysak. Pec č. 2. 1 - troskový zliatok, povrch; 2 - troskový zliatok, spodná strana; 3, 4 - kusy trosky s odtlačkami drevín z výplne troskovej jamy.

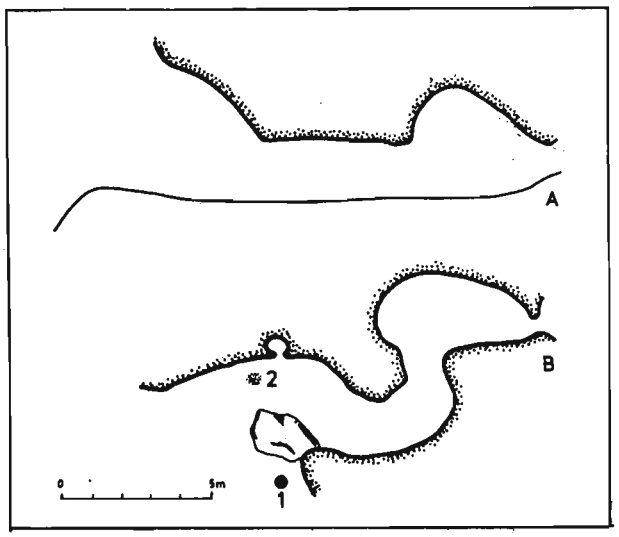


Obr. 12. Obišovce. Situačný náčrt polohy metalurgického centra a hradiska.

prípadoch použité povrchové nauhlíčenie buď ostria, alebo celého predmetu (*Mihok - Miroššayová - Veselovská 1993*, s. 97). Kalenie nebolo zistené. Neznamená to však, že kováči zo severného Potisia v neskorej dobe laténskej náročnejšie technológie pri výrobe železných predmetov nepoznali. Ich využívanie potvrdzujú výsledky metalurgických analýz z iných súdobých lokalít (*Voznesenskaja 1984*, s. 168-170).

ZÁVER

Ako už bolo uvedené, územie východného Slovenska zásluhou ložísk železonosných rúd malo výrazný podiel na rozvoji pravekej a včasnohistorickej metalurgie železa. Počiatky ťažby miestnych ložísk a zvládnutie hutníckej činnosti sa rozvíjali na historickom pozadí kultúrneho vývoja



Obr. 13. Jasov, jaskyňa Fajka. A - rez; B - pôdorys; 1 - miesto nálezu lúp a železných sekier; 2 - ohnisko. (Výskum J. Eisner, 1924; zameranie Ing. J. Zikmund, 1924).

Karpatskej kotliny. Geografická poloha východného Slovenska a rozdielne prírodné prostredie, podmienené reliéfom krajiny, mali za následok nejednotnosť kultúrneho vývoja osídlenia. Pri sledovaní problematiky počiatkov metalurgie železa sme sa zamerali na územie Košickej kotliny a Východoslovenskej nížiny, ktoré bolo kultúrne úzko späté s vývojom v Potisí. V neskorej dobe bronzovej posuny etnicky cudzích skupín obyvateľstva vniesli do domáceho prostredia gávskej a kyjatickej kultúry odlišný spôsob života, pohrebného rítu, svojráznu materiálnu kultúru, čím výrazne zasiahli do formovania kultúrneho habitu obyvateľov Karpatskej kotliny. Juhovýchodné Slovensko sa dostalo do bezprostredného územného susedstva populácie, ktorej hmotným prejavom sú pohrebiská skupiny Mezőcsát v severovýchodnej časti dnešného Maďarska s koncentráciou v okolí Bukových hôr. Počet železných milodarov v nálezových súboroch pohrebísk nasvedčuje, že výrobky zo železa boli bežnou súčasťou ich inventára. Do akej miery nositelia skupiny Mezőcsát urýchlili rozšírenie železa aj u domáceho obyvateľstva, to súčasný stav výskumu nedovoľuje posúdiť. Napriek tomu možno vysloviť hypotézu o počiatkoch hutnenia železa aj na území juhovýchodného Slovenska v závere neskorej doby bronzovej.

Zhodnotený nálezový fond hmotných prameňov súvisiacich s metalurgickou činnosťou nie je rozsiahly a vypovedacia hodnota jednotlivých artefaktov je rôznorodá. Po ich prehodnotení možno súčasný stav poznatkov k danej problematike zhrnúť takto:

1. Prvé výrobky zo železa nájdené na juhovýchodnom Slovensku (Egreš, Zemplín, Prešov, Vojnatina) sú rámcovo datovateľné do konca doby bronzovej a na začiatok doby železnej (stupne HB_3 -HC_1). Pre staršie datovanie chýbajú hodnoverné dôkazy.

2. Najstarší priamy doklad ťažby a hutnenia železa na juhovýchodnom Slovensku pochádza z osady výrobného charakteru z neskorej doby halštatskej (stupeň HD_3) v Čečejovciach.

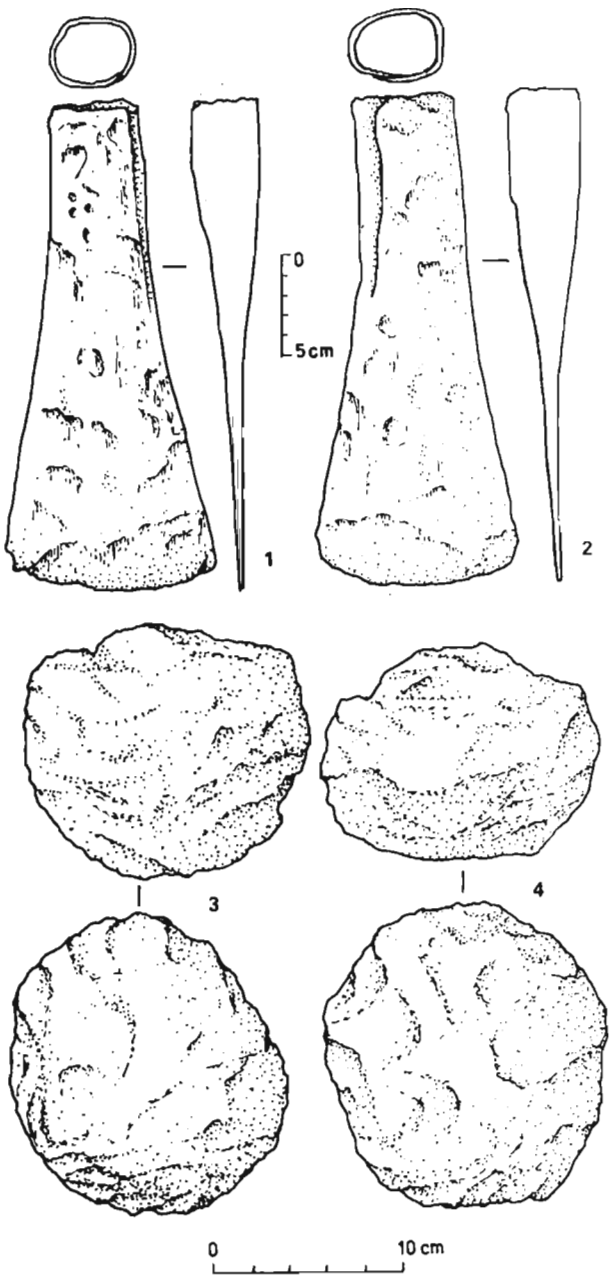
3. Ťažba ložísk vo východnej časti Spišsko-gemerského rudohoria v dobe železnej nie je archeologicky priamo potvrdená.

4. Doposiaľ zistené hutnícke strediská, na ktorých sa pracovalo v dobe železnej (Čečejovce, Zádielske Dvorníky-Zádiel, Zemplín) svojím rozsahom mali lokálny význam. Väčšie hutnícke výrobné centrum s niekoľkými pracovnými okrskami objavené v Kysaku predbežne nemožno bližšie chronologicky zaradiť. Uplatnenie typologického kritéria pre chronologickú klasifikáciu pecí so zahĺbenou troskovou jamou dovoľuje v stredoeurópskom prostredí určiť časové rozpätie od posledných storočí mladšej doby železnej až po záver doby rímskej.

5. S výnimkou Kysaku, kde boli odkryté pece so zahĺbenou troskovou jamou usporiadané do batérií, nie sú z územia juhovýchodného Slovenska ďalšie typy a druhy hutníckych zariadení. Sprostredkované údaje sa získavajú z výsledkov analýz trosiek, ktoré odrážajú účinnosť výrobného procesu. Podľa jeho priebehu sa môže následne konštrukčne odvodiť typ metalurgickej pece.

6. Na doposiaľ skúmaných sídliskách z doby železnej sa nepodarilo odkryť objekt, ktorý by sa dal s istotou označiť za kováčsku dielňu. Je to pravdepodobne aj preto, že vyhňové ohnisko si nevyžadovalo špeciálne a náročné úpravy, preto sa v teréne nie vždy rozpozná. Objekt preskúmaný pred jaskyňou Fajka, označený za príbytok kováča, mal ohnisko vyložené kameňmi.

7. Úroveň technologických postupov a zručnosť kováčov doby železnej umožňujú posúdiť výsledky metalografických analýz hotových výrobkov. Použité technologické postupy smerovali k zlepšeniu funkčných vlastností pracovnej časti výrobku. Kováči doby železnej používali postupy povrchového nauhlíčovania, ako i zámerného kalenia, ktoré uplatňovali predovšetkým na ostrí.



Obr. 14. Jasov. 1, 2 - železné sekery s tuľajkou; 3, 4 - železné lupy.

Časový faktor pri používaní jednoduchších a náročnejších technologických postupov nemal podstatný význam (porovnanie výsledkov analýz predmetov z neskorej doby halštatskej z Nižnej Myšle a neskorej doby laténskej zo Zemplína).

Literatúra

ANDEL, K. 1955: Pozdnelaténske sídlište v Zemplíne na východnom Slovensku. Archeol. Rozhl., 7, s. 790-791, 796-799.

ANDEL, K. 1960: Zemplín v svetle novších archeologických nálezov. In: Nové Obz. 2. Košice, s. 120-137.

BENADIK, B. 1965: Die spätlatènezeitliche Siedlung von Zemplín in der Ostslowakei. Germania, 43, s. 63-91.

BIDZIĽA, V. I. 1971: Istorija kuľtury Zakarpatťa na rubeži našoji ery. Kyjiv.

BIELENIN, K. 1992: Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich. Kielce.

BUDINSKÝ-KRIČKA, V. 1965: Doba bronzová a halštatská. In: Dejiny Prešova I. Prešov, s. 39-46.

BUDINSKÝ-KRIČKA, V. 1976: Predkuštanovické žiarové pohrebisko vo Vojnatine. Slov. Archeol., 24, s. 119-149.

DEMETEROVÁ, S. 1983: Žiarové hroby a objekty z neskorej doby bronzovej a zo začiatku staršej doby železnej v Zemplínskych Kopčanoch. In: Štud. Zvesti Archeol. Úst. SAV. 20. Nitra, s. 113-123.

EISNER, J. 1933: Slovensko v pravěku. Bratislava.

FURMÁNEK, V. 1988: Eisen während der Bronzezeit in der Slowakei. Z. für Archäol., 23, s. 183-189.

GAŠAJ, D. 1978: Záchranný výskum v Egreši. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1977. Nitra, s. 77-78.

GAŠAJ, D. 1988: Žiarový hrob z neskorej doby bronzovej až začiatku staršej doby železnej v Zemplíne. Hist. Carpat., 19, s. 261-269.

KOCICH, J. - LEUKANIČOVÁ, M. 1980: Metalografický rozbor kosákov z Nižnej Myšle. Slov. Archeol., 28, s. 395-400.

LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ, M. 1969: Römerzeitliche Siedlungskeramik in der Südostslowakei. Slov. Archeol., 7, s. 403-501.

LONGAUEROVÁ, M. - KOCICH, J. 1986: Analýza štruktúr nástrojov z ocele z náleziska Nižná Myšľa. Hist. Carpat., 17, s. 386-400.

MIHOK, Ľ. 1994: K počiatkom výroby železa (Ako sa vyrábalo prvé železo na území Slovenska). Slov. Archeol., 42, s. 69-90.

MIHOK, Ľ. - CENGEL, P. - HOLLÝ, A. 1984: Metalografický rozbor zvarkového železa z doby halštatskej v Čečejovciach, okr. Košice. Archeol. Rozhl., 36, s. 670-672.

MIHOK, Ľ. - MIROŠŠAYOVÁ, E. - VESELOVSKÁ, J. 1993: Metalografický rozbor železných predmetov z neskorej doby laténskej zo Zemplína. In: Východoslov. Pravek. 4. Košice, s. 95-107.

MIROŠŠAYOVÁ, E. 1984: Výskum a prieskum mikroregiónu Zádielska dolina. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1983. Nitra, s. 153-154.

MIROŠŠAYOVÁ, E. 1987: Problematika osídlenia východného Slovenska v dobe halštatskej. Slov. Archeol., 35, s. 107-164.

MIROŠŠAYOVÁ, E. 1994a: Stopy metalurgickej činnosti v Kysaku. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1993, v tlači.

MIROŠŠAYOVÁ, E. 1994b: Sídlisko z neskorej doby halštatskej v Čečejovciach. Slov. Archeol., 42, s. 37-68.

MIROŠŠAYOVÁ, E. - ČAPLOVIČ, D. 1991: Najnovšie výsledky výskumu včasnodejinného a stredovekého osídlenia v Zemplíne. In: Východoslov. Pravek. 3. Košice, s. 113-132.

MIROŠŠAYOVÁ, E. - JAVORSKÝ, F. - MIHOK, Ľ. - HOLLÝ, A. 1991: Metalurgická činnosť na lokalite Pod Zelenou horou v Hrabušiciach. In: Nové Obz. 32. Košice, s. 71-97.

OLEXA, L. 1980: Záchranný speleoarcheologický výskum v Jasove. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1978. Nitra, s. 193-195.

ONDROUCH, V. 1964: Nálezy keltských, antických a byzantských mincí na Slovensku. Bratislava.

PATEK, E. 1993: Westungarn in der Hallstattzeit. Weinheim.

PLEINER, R. - PRINC, M. 1984: Die latènezeitliche Eisenverhüttung und die Untersuchung einer Rennschmelze in Mšec, Böhmen. Památ. archeol., 75, s. 133-180.

SKUTIL, J. 1949-1951: Zpráva o archeologických nálezech v Zádielské doline. In: Sbor. Muz. slov. Spoločn. 38/45. Turč. Sv. Martin, s. 185-187.

SLÁVIK, J. a kol. 1967: Nerastné suroviny Slovenska. Bratislava.

STUDENÍKOVÁ, E. 1986: Ostkarpatische Einflüsse im Material hallstattzeitlicher Siedlungen in der Südwestslowakei. In: Urzeitliche und frühhistorische Besiedlung der Ostslowakei in Bezug zu den Nachbargebieten. Nitra, s. 201-207.

VOZNESENSKAJA, G. A. 1984: Metaloobrabotka na pozdnelatenskom poselenii Galliš-Lovačka. Sov. Archeol., č. 4, s. 163-175.

ON BEGINNINGS OF IRON METALLURGY IN EASTERN SLOVAKIA

Summary

The article is aimed in evaluation of present knowledge on the iron metallurgy beginnings in eastern Slovakia that shared remarkably on its advancement in the Carpathian basin in primeval and early historical periods thanks to iron ores sources. Geographical situation of eastern Slovakia together with differencies in a countryside surface relief resulted in unlike cultural development. Beginnings of ore-mining and extension of metallurgical activities of population in this territory developed in connection with cultural development of the Carpathian basin settlement and so they had some regional features. In working-out of the problems the authoress has concentrated her attention to the region of Východoslovenská nížina, Košická kotlina and an adjacent SE part of Spišsko-gemerské Rudohorie which were closely connected with development of Potisie settlement (Fig. 1.). In the Late Bronze Age movement of foreign ethnics brought different way of living and burial rite as well as their own material culture into the home culture of Gava and Kyjatice group. SE Slovakia became a direct neighbour of population with Mezőcsát cemeteries in today SE Hungary with concentration around Bükk mountains. Iron artefacts were common in burial inventories as it is evidenced by numerous finds of iron gifts in cemeteries here. According to the authoress the present state of the research does not allow to define the extend to which the Mezőcsát group population speeded up spreading of iron among home inhabitants.

In evaluating of the level and extend of metallurgical and following smith's activities on SE Slovakia archaeological sources of the Late Bronze Age (the 8th cent. B.C.) up to the beginning of our era were used. The authoress has divided them into two groups. The first group contains artefacts appeared in find inventories of the Late Bronze Age as isolated evidence of iron-working. The second group contains besides of ready artefacts also remains of production equipment, waste

products from iron-processing as well as smelted untreated iron. Number of found artefacts is not very great and they are of various values. Present knowledge state for the territory of SE Slovakia was summarised by the authoress in following way:

1. First artefacts made of iron and found in open settlements (Egreš, Prešov) and urn cemeteries (Vojnatina, Zemplín) could be dated approximately into the end of the Bronze Age and the beginning of the Iron Age (stage HB3 - HC1). Dating of an iron knife and pig iron found in a secondary position in a cave Veľká (Takácsova) jaskyňa in Jasov is problematic. It cannot be excluded that they are contemporary with finds from the late Hallstatt period in front of a near cave Fajka (Fig.2.).

2. The oldest direct evidence of iron ore-mining and metallurgy is proved by finds from a site of a manufacturing type in Čečejovce founded near a bog-ore deposit (Figs. 3-5) dated into the late Hallstatt period (stage HD3).

3. Exploitation of iron-ore deposits in eastern region of Spišsko-gemerské Rudohorie in the Iron Age is not archaeologically evidenced but it is presupposed.

4. Metallurgical centres found up to now and working in the Iron Age (Čečejovce, Zádielske Dvorníky-Zádiel, Zemplín - Figs. 6, 7) were of local importance. A bigger manufacturing centre with some working places found in Kysak recently (Figs. 8 - 11) could not be dated precisely. Application of a typological criterion in a chronological classification of metallurgical furnaces with a sunk slag pit (Figs. 13, 14) allows a time span from last hundreds of the Iron Age to the end of the Roman period in central European conditions.

5. With the exception of Kysak where excavated furnaces with a sunk slag pit were arranged in a battery no other types of a metallurgical equipment being a part of a metallurgical workshop are known from SE Slovakia in the Iron Age (Fig. 12). It is possible to deduce a metallurgical furnace construction from results of a slag metallographic analyses that reflect the treatment effectiveness.

6. No forge hearth or an object undoubtedly classified as a blacksmith's hearth from the Iron Age has not been revealed up to now. An object in front of the cave Fajka in Jasov with a stone-lined hearth and finds of two iron axes with a socket and two pig iron (Figs. 13, 14) is presupposed to be a blacksmith's dwelling.

7. A technological level and blacksmith's workmanship in the Iron Age could be determined according to results of artefacts metallographic analyses. A set of up-to-now investigated artefacts is not numerous. The fact that blacksmiths used a surface carburization and an intentional hardening for better working properties was confirmed. Analyses of iron artefacts from various stages of the Iron Age show the time factor had no importance in using of simpler or more exacting technologies.

Fig. 1. Map of metallurgical sites on eastern Slovakia: 1 - Budkovce; 2 - Čečejovce; 3 - Dúbravka; 4 - Egreš; 5 - Jasov; 6 - Košice-Šebastovce; 7 - Kysak; 8 - Michalovce; 9 - Nižná Myšľa; 10 - Obišovce; 11 - Prešov; 12 - Stretavka; 13 - Terňa; 14 - Tibava; 15 - Vinné; 16 - Vojnatina; 17 - Zádielske Dvorníky - Zádiel; 18 - Zemplín; 19 - Žehňa. (Scheme of iron-ore deposits after Slávik et al. 1967; sites in Spiš region are without numbers)

Fig. 2. Jasov. Drawing of the caves positions.

Fig. 3. Čečejovce. Ore-mining pits on investigated area.

Fig. 4. Čečejovce. 1, 2 - daub remains from metallurgical furnaces shafts; 3, 4 - a slag.

Fig. 5. Čečejovce. Stone tools for ore grinding or slag descaling.

Fig. 6. Zemplín. Finding places. 1 - hillfort; 2 - manufacturing settlement; 3 - cemetery; 4 - settlement; 5 - ritual place. (1, 2, 4, 5 - the late La Tène period; 3 - end of the Bronze Age and start of the Hallstatt period).

Fig. 7. Zemplín. The manufacturing settlement - metallurgical object.

Fig. 8. Kysak. Found positions of metallurgical working places. 1 - excavated site Vyhoň; 2, 3 - surface prospection.

Fig. 9. Kysak. 1 - slag from a destroyed furnace; 2 - survived furnaces 1 - 4.

Fig. 10. Kysak. Plan of excavated part of metallurgical furnaces battery.

Fig. 11. Kysak. Furnace 2. 1 - slag, surface; 2 - slag, bottom; 3, 4 - pieces of slag with imprints of wooden filling of the slag pit.

Fig. 12. Obišovce. Metallurgical centre and hillfort.

Fig. 13. Jasov. Cave Fajka. A - cut; B - ground plan; 1 - place of pig iron and iron axes finds; " - hearth. (Excavation of J. Eisner, 1924; survey by J. Zikmund, 1924).

Fig. 14. Jasov. 1, 2 - iron axes with sockets; 3, 4 - pig iron.

ŠTÚDIUM ZRNITÉHO ŽELEZA IZOLOVANÉHO ZO ZVÁRKOVEJ TROSKY Z LOKALITY ČEČEJOVCE

Peter Cengel - Ľubomír Mihok - Dávid Pečovský - Stanislav Šiška

Práca sa zaoberá kvalifikáciou nálezov zvyškov železiarskej výroby v lokalite Čečejovce (okr. Košice-vidiek). Na rozdiel od väčšiny nálezov staroveké ho železa troska obsahuje vyrobené, ale nespracované hrudky železa, teda materiál, ktorý si zachoval po vyrobení primárnu štruktúru, neovplyvnenú ďalším kovaním. Práca nadväzuje na predchádzajúce príspevky dotýkajúce sa hodnotenia nálezov staroveke j železiarskej výroby (*Cengel - Mihok - Šiška 1980; Cengel - Mihok - Javorský 1984).*

OPIS NÁLEZOV

Pôvodné nálezy sú reprezentované kusmi zvárkovej trosky s hmotnosťou rádovo stoviek gramov, nepravidelného tvaru, v jednom prípade okrúhleho miskovitého tvaru (obr. 1). Pri ďalšom spracovávaní trosky bolo postupované dvojakým spôsobom:

1. Rozrezaním vzorky. Pritom sa v reze troskového kusa objavila zvárková troska a železo, prípadne ešte na pokraji vrstva oxidov železa. Na obr. 2 je interpretovaný rez troskovou hrudou, svetlošedá plocha predstavuje železo, tmavšia zvárkovú trosku.

2. Rozomletím vzorky. Kus trosky bol rozomletý v oscilačnom mlyne, krehké troskové podiely boli rozomleté na prach, kujné hrudky a zrná zvárkového železa zostali nezmenené a boli odseparované od zomletej trosky. Na obr. 3 sú znázornené hrudky a zrná odseparovaného zvárkového železa z kusa zvárkovej trosky.

ŠTRUKTÚRA ZVÁRKOVÉHO ŽELEZA

Štruktúra bola sledovaná na snímkach zhotovených priamym fotografovaním, fotografovaním cez stereomikroskop pri relatívne malom zväčšení a fotografovaním mikroštruktúry na analyzátore Neophot. Pri týchto pozorovaniach je zameraná pozornosť na morfológiu zŕn a hrudiek ich povrchu a na sledovanie prierezových plôch rozhrania kov - troska. Priamym fotografovaním sa získali snímky kusov trosky (obr. 1), prierezovej plochy takéhoto kusa trosky (obr. 2) a snímky tvaru zŕn a hrudiek železa po rozomletí kusa trosky (obr. 3; 4). Stereomikroskopom sa urobili fotografie detailov povrchu železných zŕn (obr. 5; 6), povrchu železnej hrudky (obr. 7) a fotografie detailov prierezovej plochy po rozrezaní, ale bez brúsenia a leštenia plochy (obr. 8). Fotografovaním na analyzátore Neophot sa získali snímky z brúsených a leštených vzoriek železného zrnka (obr. 9) a železnej hrudky (obr. 10; 11).

Výsledky priameho fotografovania ukazujú, že zvárkové železo má tvar bez ostrých hrán. Čím sú hrudky väčšie, tým je táto skutočnosť zreteľnejšia (obr. 4). Na obrázkoch 5 a 6 sú dva pohľady na zrnko zvárkového železa. Má približný tvar elipsoidu bez ostrejších hrán. V hornej časti obidvoch obrázkov je badateľná stiahnutina, vzniknutá pri tuhnutí.

Obrázok ukazuje prierezovú plochu železnej hrudky, obsahujúcu aj zvárkovú trosku (zväčš. 10x; biela plocha - železo, sivá plocha - troska, čierne sú dutiny). Na snímke vidieť, že stuhnuté rozhranie kov - troska nie je rovné, je členité. Vo vnútri kovovej matrice sú uzavreté zrnká trosky a kovu, ktoré nie sú v celom objekte spojené s kovovou matricou. V troskovej časti sú zas uzavreté izolované zrnká kovu. Celá táto heterogénna sústava obsahuje ešte dutiny. Pozoruhodná je prítomnosť troskovej fázy na hrudke železa. Táto hrudka spolu s ostatnými bola izolovaná z väčšej troskovej hrudy v mlyne. Vo vysoko abrazívnom prostredí oscilačného mlyna sa navzájom oddelila zvárková troska, železné zrná a železné hrudky (obr. 3). Neoddelila sa však a nerozomlela sa tá časť zvárkovej trosky, ktorá má v sebe rozptýlené jemné zrnká železa a tvorí s kovom kompaktnú časť. Je potrebné zdôrazniť, že väčšina železiarskych zvárkových trosiek sa rozomieľa v mlyne bez problémov.

Na okraj tejto skutočnosti možno povedať, že v dnešnej dobe a technickej praxi sa vyvíjajú heterogénne tuhé látky z práškových zmesí kov - nekov, tzv. kovo-keramické materiály. Dnes sa takéto umelo pripravené tuhé heterogénne sústavy kovová - nekovová fáza, spojené pri vysokej disperzii fáz a pri vysokej teplote spekania, pre ich vlastnosti intenzívne sledujú.

Povrch tej istej železnej hrudky, ktorej prierezová plocha je na obr. 8, znázorňuje obr. 7 (zväčš. 16x). Obrázok ukazuje, že hrbolatý povrch väčšej hrudky je vlastne povrchom železných zŕn zvarených do jedného agregátu.

Ďalšia časť pozorovaní bola robená na mikroskopickom analyzátore Neophot. Na výbrusoch vzoriek železného zrna a železnej hrudky sa sledovala plocha pri výraznejšom zväčšení. Na obr. 9 je plocha výbrusu železného zrnka (zväčš. 100x; svetlá plocha - železo, tmavá plocha - troska). Z obrázka vidieť, že priestorový útvar, ktorý po izolácii z troskovej hrudy navonok vystupuje ako železné zrnko, obsahuje ešte pomerne veľké množstvo zvárkovej trosky, rozložené v kovovej matrici. Pri pozorovaní prierezovej plochy väčšieho útvaru železnej hrudky (obr. 10) a pri rovnakom zväčšení (100x) vidieť, že podiel trosky sa pri agregácii do väčšieho útvaru znižuje. S postupom spájania zŕn do hrudiek následne dochádza k postupnému oddeľovaniu trosky od kovu. Na obr. 11 je znázornená prierezová plocha rovnakej hrudky ako na obr. 10, ale v mieste rozhrania troska - kov. Na obrázku sú mikrodisperzné častice v zhluku, obklopené troskou, teda v útvare, ktorý pravdepodobne predchádza spojeniu týchto častíc do väčšieho zrna.

Ak porovnáme obrázky tej istej železnej hrudky (obr. 7 - povrch hrudky, malé zväčšenie; obr. 8 - nevybrúsená rezová plocha, malé zväčšenie; a obr. 10 a 11 - výbrus plochy, väčšie zväčšenie), vypovedacia hodnota tejto hrudky sa zväčší. Štúdium uvedených snímok v spojení s ostatnými dáva určitú predstavu o vzniku železnej hrudy v starovekej železiarskej peci.

Z doterajšieho pozorovania sa v zvárkovej troske identifikujú nasledujúce látky:

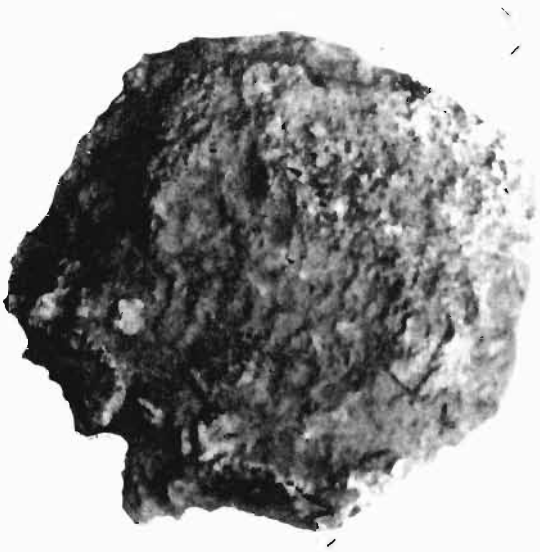
1. zvárková troska, ktorá sa po rozomletí ako jemný prášok oddelila od zrniek a hrudiek železa;
2. zvárková troska obsahujúca rozptýlené disperzné železo, ktorá sa neoddelila od zvárkovej trosky (obr. 8);
3. disperzné železo, obklopené zvárkovou troskou (obr. 8);
4. zrnká zvárkového železa, oddelené od trosky mletím (obr. 5; 6);
5. hrudky zvárkového železa, oddelené od trosky mletím (obr. 3).

Výsledky sledovania štruktúry povrchu a vnútra železných zŕn a hrudiek dokumentujú proces agregácie zrniek vyredukovaného železa takto:

1. Po redukcii železnej rudy vznik disperzných zrniečok železa, obklopených zvárkovou troskou.
2. Koagulácia týchto zrniečok do kvapiek. Zväčšovanie objemu, teda zmenšovanie merného povrchu vyredukovaného železa, a tým postupné oddeľovanie kovu od trosky.
3. Agregácia týchto kvapiek zvarovaním v polotekutom stave do hrudiek. Pri tejto agregácii nastáva neúplné oddelenie kovu od trosky, resp. aj neúplné spojenie zŕn kov - kov.

ZÁVER

Staroveké železiarske trosky z rôznych lokalít a z rôzneho obdobia vo väčšine už neobsahujú voľné kovové železo. V archeologickom materiáli z lokality Čečejovce sa nachádzajú, okrem iného, kusy zvárkovej trosky obsahujúce kovové zvárkové železo. Toto železo nebolo ešte spracované kovaním a zachovalo si svoju primárnu štruktúru po tavbe. Archeologicky získaná troska z lokality Čečejovce poskytuje v niektorých prípadoch dokumentačný materiál o priebehu procesu vzniku železnej hrudy, takpovediac v stave neskončeného procesu. Najlepšie to dokumentuje obr. 8, na ktorom čiara rozhrania kov - troska nie je ostrá a troska obsahuje ešte kovové železo od mikrodisperzných častíc až po oddelené zrnká. Tento mechanizmus naznačuje, že k stuhnutiu došlo v okamihoch, keď proces vytvorenia železnej hrudy a oddelenia kovu od trosky nebol skončený. Tiež ukazuje, že proces tuhnutia a tvorby hrudy má jednotlivé fázy, je zložitejší a nie je možné ho interpretovať zjednodušenými predstavami.



Obr. 1. Čečejovce. Zvárková troska.

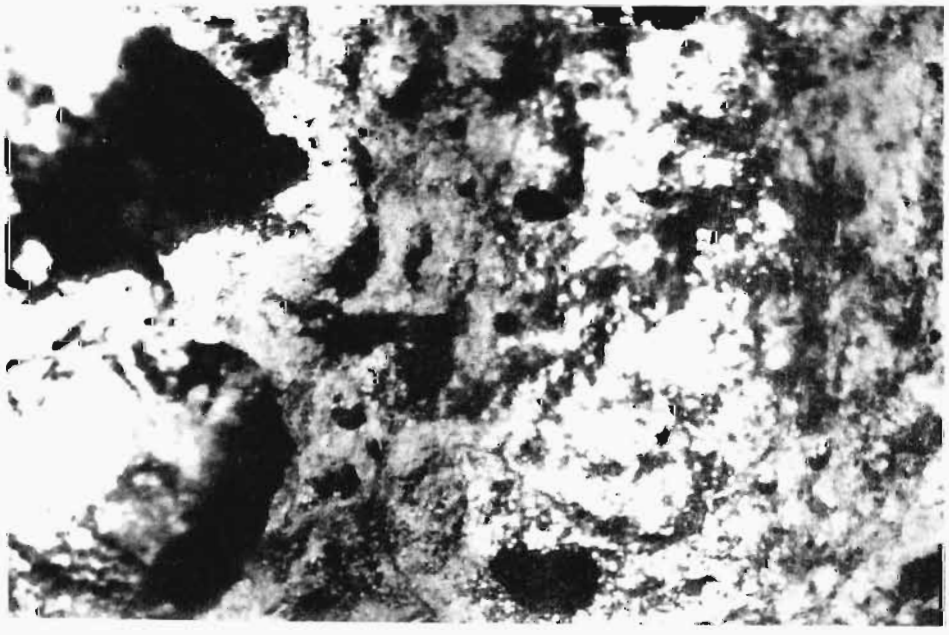
Obr. 2. Čečejovce. Rez kusom zvárkovej trosky, nezväčšené, svetlá plocha - zvárkové železo.

Obr. 3. Čečejovce. Odseparované zrná a hrudky zvárkového železa zo zvárkovej trosky, nezväčšené.

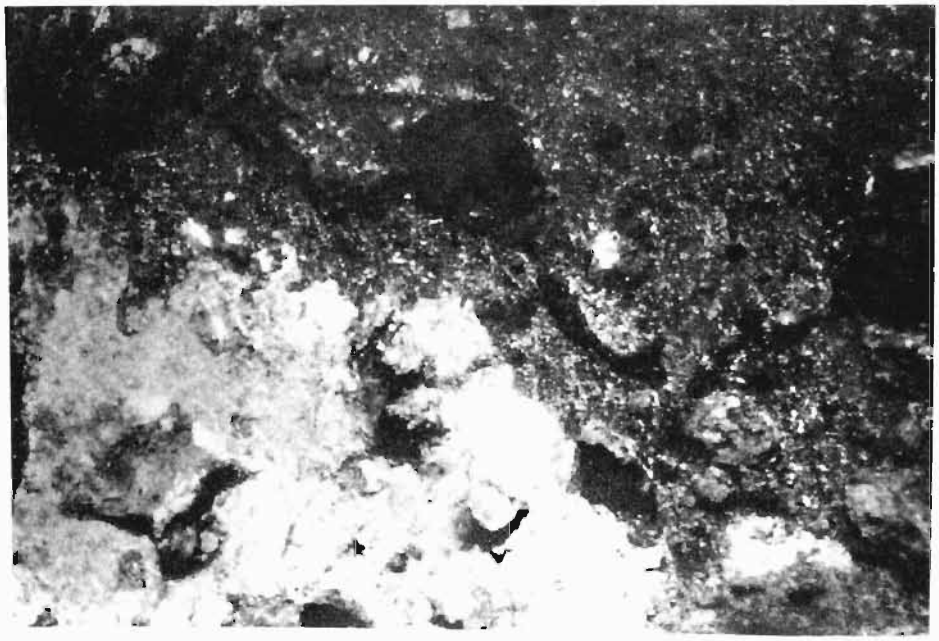
Obr. 4. Čečejovce. Hrudky zvárkového železa, detail.

Obr. 5. Čečejovce. Tvar a povrch železného zrna odseparovaného z trosky, stereomikroskop, zväčšené 10x.

Obr. 6. Čečejovce. Odvrátená časť zrna z obr. 5, stereomikroskop, zväčšené 10x.



Obr. 7. Čečejovce. Povrch železnej hrudky, stereomikroskop, zväčšené 16x.



Obr. 8. Čečejovce. Prierezová plocha železnej hrudky, nebrúsená, stereomikroskop, zväčšené 10x.

Obr. 9. Čečejovce. Výbrus zrna zvárkového železa, leštené, Neophot, zväčšené 100x.

Obr. 10. Čečejovce. Výbrus hrudky zvárkového železa, leštené, Neophot, zväčšené 100x.

Obr. 11. Čečejovce. Výbrus hrudky zvárkového železa, leštené, Neophot, zväčšené 50x.

L i t e r a t ú r a

CENGEL, P. - MIHOK, Ľ. - ŠIŠKA, S. 1980: Hutn. Listy, č. 9, s. 655-658.
CENGEL, P. - MIHOK, Ľ. - JAVORSKÝ, F. 1984: Hutn. Listy, č. 3, s. 179-183.

STUDY ON GRAINED IRON OF WELDING SLAG FROM ČEČEJOVCE SITE

Summary

An ancient iron from a site of Čečejovce (district of Košice countryside) is created by dispersed particles, grains and nodules in a welding slag. Their surfaces and cross-sectional areas are analysed in the article. Results show a process of an iron nodule formation from dispersed particles and grains by their welding. They also reveal a fact that the welding of grains was realised on the boundary line of a molten and a solidificated metal. That is the reason why the iron has not been perfect and separation of a metal from a slag has not been finished here.

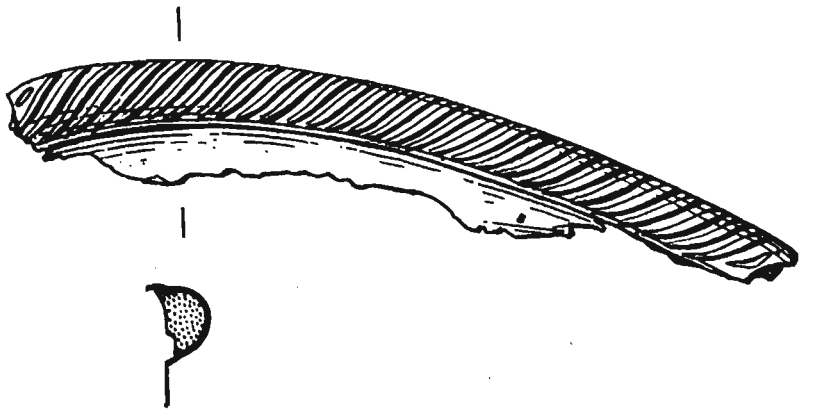
Fig. 1. Čečejovce. Welding slag.
Fig. 2. Čečejovce. Welding slag section, unenlarged, light area - welding iron.
Fig. 3. Čečejovce. Welding iron grains and nodules separated from a welding slag, unenlarged.
Fig. 4. Čečejovce. Welding iron nodules, detail.
Fig. 5. Čečejovce. Form and surface of an iron grain separated from a slag, stereomicroscope, enlargement 10x.
Fig. 6. Čečejovce. Reverse part of the grain of Fig. 5., stereomicroscope, enlargement 10x.
Fig. 7. Čečejovce. Iron nodule surface, stereomicroscope, enlargement 16x.
Fig. 8. Čečejovce. Iron nodule section area, unground, stereomicroscope, enlargement 10x.
Fig. 9. Čečejovce. Welding iron grain cut, polished, Neophot, enlargement 100x.
Fig. 10. Čečejovce. Welding iron nodule cut, polished, Neophot, enlargement 100x.
Fig. 11. Čečejovce. Welding iron nodule cut, polished, Neophot, enlargement 50x.

ANALÝZA ŽELEZNEJ VÝSTUŽE NÁDOBY Z VEĽKEJ LOMNICE

Klára Marková - Karel Stránský - Antonín Rek

Do významného, avšak málo preskúmaného okruhu otázok počiatkov výskytu a výroby železa na Slovensku a k jeho málopočetným dokladom sa radí aj fragment tepanej nádoby z Veľkej Lomnice z polohy Burbrich (okr. Poprad). Od zverejnenia sa tešil pozornosti ako najstaršia kovová nádoba importovaná na Slovensko (*Novotná 1963; 1991*, s. 9). Takto sa zároveň zaradil k najstarším nálezom železa v Európe, datovaným do staršej doby bronzovej.

Fragment predstavuje malú časť rímsovite von prehnutého okraja, ktorý je z vnútornej strany rímsy vystužený železným drôtom približne kruhového prierezu s priemerom 8-9 mm. Na vonkajšej strane zdobia okraj šikmé, husté žliabky (obr. 1). Podľa rekonštrukcie sa usudzuje, že nádoba mala veľké rozmery - pri okraji priemer asi 260 mm. Nakoľko tento zvláštny a pozoruhodný nález nemá v slovenskom prostredí obdobu, boli najprv železná výstuž a dodatočne aj telo nádoby podrobené prvkovej a metalografickej analýze.



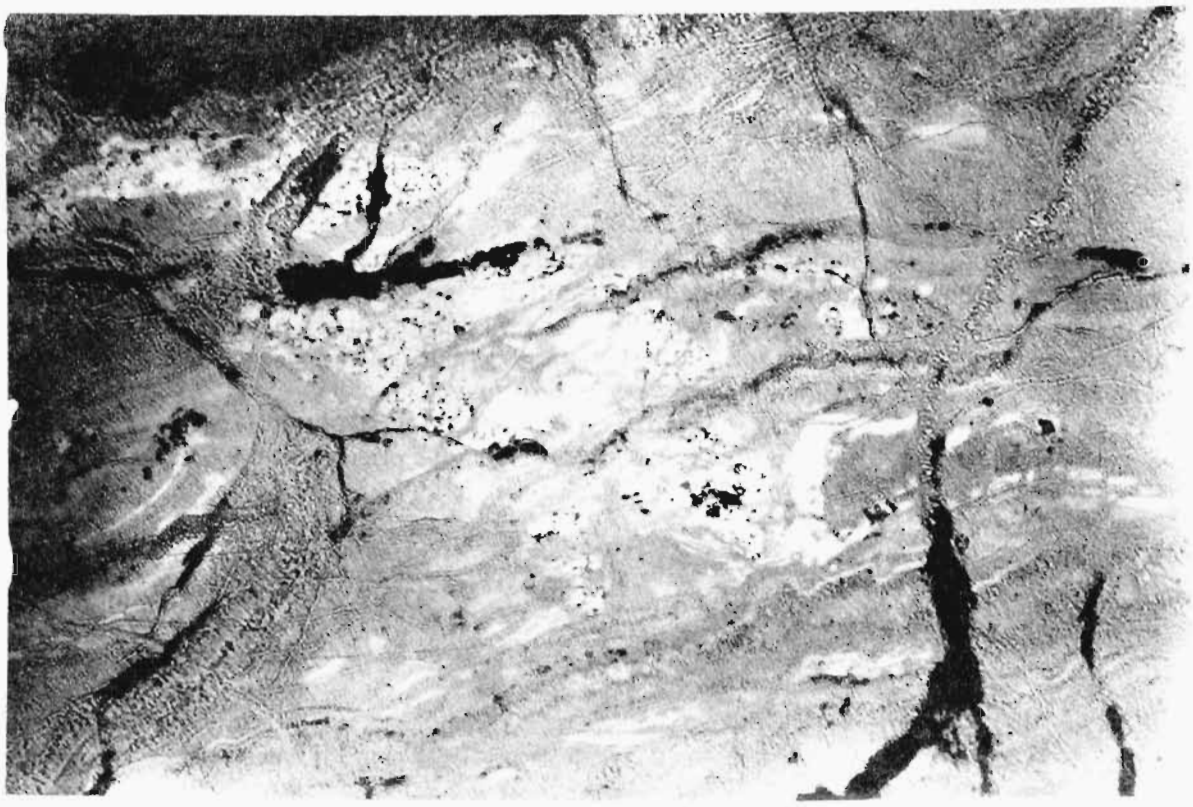
Obr. 1. Veľká Lomnica, poloha Burbrich. Fragment okraja nádoby, max. dĺ. 109,5 mm. Zo zbierok Podtatranského múzea v Poprade.

METODIKA A VÝSLEDKY ANALÝZ

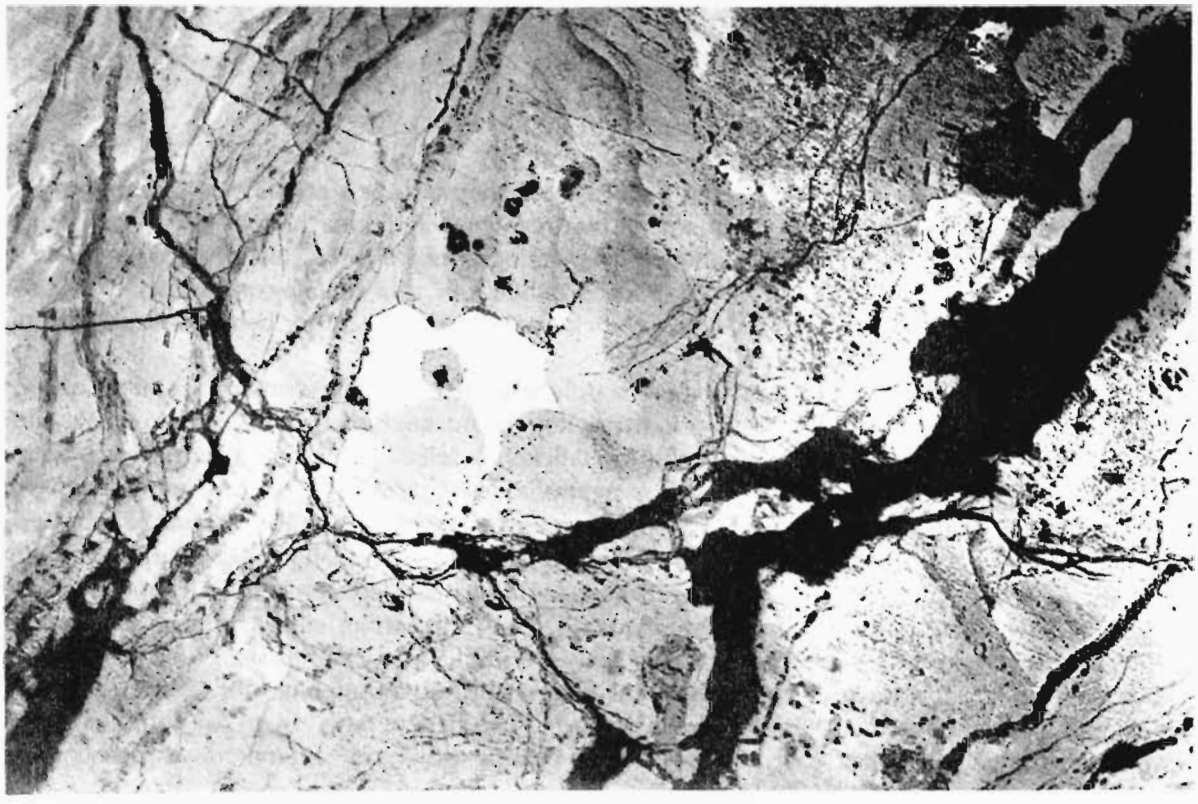
Na prvkovú a metalografickú analýzu bola časť železnej výstuže s pôvodným priemerom 8 až 9 mm vybratá v dĺžke asi 8,5 mm z rímsovite tvarovaného fragmentu nádoby a zo vzorky bol v smere kolmom na os drôtu výstuže zhotovený metalografický výbrus. Na prvkovú analýzu sa použil analytický komplex JEOL JXA-8600/KEVEX DELTA V. Na metalografickú analýzu slúžil metalografický mikroskop Neophot II. Metalografická i prvková analýza prebehli na tom istom povrchu rezu drôtom železnej výstuže nádoby.

Štruktúra priečneho rezu drôtom výstuže je doložená charakteristickými snímkami na obr. 2 a 3. Zistilo sa, že pôvodná výstuž bola v celom priereze drôtu zoxidovaná (mineralizovaná), takže okrem ojedinelých ostrovčekov zŕn kovového (metalického) železa ju tvoria oxidy na báze železa. Kovové zrná pôvodného feritu sa zachovali v nepravidelných tvaroch s maximálnymi rozmermi okolo 100 µm (0,1 mm) a sú viac-menej rovnomerne rozložené po celom priereze výstuže (obr. 2 a 3 - biele útvary). Podiel kovového železa oproti železu viazanému v oxidoch je však na priereze veľmi nízky a neprevyšuje 1,6 %. Oxidácia - mineralizácia drôtu výstuže teda prebehla v rozsahu väčšom ako 98,4 %. Objemové zmeny, ktoré ju sprevádzali, viedli ku vzniku siete trhlín, dobre pozorovateľných aj na snímkach štruktúr drôtu na obr. 2 a 3. Do určitej miery sa tiež dá, podľa heterogenity oxidických vrstiev, ktorá sa prejavuje svetlejšími a tmavšími odtieňmi sivej (obr. 2 a 3), odhadnúť stupeň pretvárania pôvodného železa drôtu výstuže. Oxidické vrstvy majú tu totiž tendenciu vytvárať sústredené kružnice (obr. 2), čo zrejme odráža pôvodnú, tvárnením usmernenú heterogenitu feriticko-perlitickej štruktúry drôtu.

Prvková mikroanalýza, ktorej výsledky sú na tab. 1 a 2, ukazuje, že drôt bol vyrobený zo železa bez väčšieho množstva prímesových prvkov a nečistôt. Z prímesí sa zistili iba kremík, mangán a



Obr. 2. Veľká Lomnica, poloha Burbrich. Štruktúra priečneho rezu železnej výstuže okraja nádoby. Základ štruktúry tvoria oxidy železa s ojedinelými malými zrnami feritu. Neleptané, zväčšené 250x.



Obr. 3. Veľká Lomnica, poloha Burbrich. Štruktúra priečneho rezu železnej výstuže okraja nádoby. Základ štruktúry tvoria oxidy železa s ojedinelými väčšími zrnami feritu. Neleptané, zväčšené 250x.

chróm - najviac v desatinách hmotnostných percent, a z nečistôt fosfor a síra v stotinách hmotnostných percent (tab. 1).

Na tab. 2 sú uvedené výsledky analýz drôtu z iného miesta, robené na zistenie uvažovaných stechiometrických pomerov väzby prvkov na kyslík. Je zjavné, že dominujú oxidy železa, zatiaľ čo oxidy prímesových prvkov (Si, Cr, Mn) sú najviac v desatinách a nečistoty (P, S) v stotinách hmotnostných percent, čo je výsledok zhodný s predchádzajúcim.

ARCHEOMETALURGICKÉ ZHODNOTENIE

Fragment drôtu železnej výstuže nádoby z Veľkej Lomnice má niektoré metalografické znaky spoločné so železnými prsteňmi z lokalít Býčí skála pri Adamove a Minice pri Kralupoch nad Vltavou z doby 500 až 600 r. pred n. l. (*Stránský 1985; Stránský - Rek - Slabina 1990*). Popri zhodných feromagnetických vlastnostiach je to takmer úplná absencia kovového železa, veľmi nízky obsah prímesí a nečistôt a tiež usporiadanie oxidických vrstiev, ktoré vypovedajú o tom, že ide o železné predmety pôvodne spracované kovaním. Absencia niklu a kobaltu v drôte železnej výstuže zároveň svedčí, že v žiadnom prípade nemôže ísť o meteoritické železo, ktorého použitie mohlo prichádzať do úvahy (*Tylecote 1970*). Analýzy ukázali, že metalurgovia a kováči, ktorí vyrobili drôt výstuže na nádobu, použili železo vyrobené priamo buď v jamových, alebo v šachtových redukčných peciach. Tieto železné rudy mali nízky obsah fosforu a podstým ako prímesi sa použili tiež rudy obsahujúce chróm a mangán. Ako palivo v redukčných peciach bolo využité drevné uhlie bez síry.

Drôt výstuže mal pôvodne kruhový prierez a jeho minimálny priemer bol asi väčší ako 8 mm. O tom, či sa na jeho výrobu použil prievlak, alebo bol vykovaný v zápustke, prípadne len voľne, sa nedá povedať nič určité. Ak uvážime, že nádoba mohla mať priemer okolo 260 mm, potom mohla dĺžka drôtenej výstuže dosahovať až 830 mm a celková hmotnosť drôtu, pri priemere väčšom ako 8 mm, až 325 g a viac. Pritužovanie celistvej, t. j. do kruhu zvarovanej výstuže po celom obvode kovanej nádoby bol neobyčajne kvalifikovaný remeselný výkon, ktorý vyžadoval perfektne ovládať prácu s materiálmi rozdielnych vlastností. Šikmé (pod uhlom 45° na dotyčnicu vedenú k obvodu nádoby) a husté, pravidelne pritužované žliabky po celom vonkajšom obvode rímsovite tvarovaného okraja, obklopujúceho železnú výstuž, nemali len ozdobný význam, ale v danom prípade tiež - ak nie dokonca prvoradý - význam technologický. Fixovali totiž drôtenú výstuž na okraji nádoby a spolu s trubkovitým obvinutím plechu cez výstuž napomáhali vytvorenie pevného, nerozoberateľného spojenia oboch rozdielnych materiálov. Vznikol tak podľa súčasnej terminológie kompozit, ktorý umožnil vyrobiť veľkú nádobu z plechu s rovnakou hrúbkou, t. j. bez nutnosti zosilňovať jej funkčné zraniteľné okraje zväčšením hrúbky plechu, a pritom s relatívne pevným, veľmi málo zraniteľným okrajom vystuženým "oceľovým" drôtom, bez toho, aby došlo k narušeniu jej estetického vzhľadu. Meď výborne odolávajúca korózii zároveň chránila, podľa kvality pritužení na okraji, ľahko korodujúci železný drôt. Tento ochranný antikorózny (antioxidačný či mineralizačný) účinok medeného plechu vynikne práve v porovnaní s oboma železnými prsteňmi (*Stránský 1985; Stránský - Rek - Slabina 1990*), ktoré boli v priamom kontakte s vonkajším prostredím, so zeminou, a v štruktúrach ktorých sa už nezachovalo žiadne kovové železo. Vo výstuži z lokality Veľká Lomnica sú v porovnaní s oboma železnými prsteňmi zrná pôvodnej feritickej hmoty ľahko identifikovateľné náhodne volenými rezmi (obr. 2 a 3).

Dodatočne bol podrobený analýze odstrižok plechu z tela nádoby z Veľkej Lomnice s rozmermi približne 9,5 x 4,0 x 0,15 mm^3, a to rovnakou metódou ako železná výstuž. Analýza sa uskutočnila takisto na metalografickom výbruse, a to porovnaním so štandardom čistej medi. Na vzorke plechu z nádoby bolo röntgenové spektrum snímané z plochy s rozmermi 24 x 19 μm^2 s hranicami detekovateľnosti prvkov v stotinách percent. Je pozoruhodné, že okrem medi nebola vo vzorke plechu zistená prítomnosť žiadneho ďalšieho prvku.

ARCHEOLOGICKÉ ZHODNOTENIE

Datovanie fragmentu kompozita z Veľkej Lomnice do záveru staršej doby bronzovej je možné jednak vzhľadom na zastúpenie kultúr zistených dodatočným výskumom sídliska (*Novotný - Novotná - Kovalčík 1985; Javorský 1990*, s. 87), jednak vzhľadom na nález železnej rukoväti získaný

výskumom studne otomanskej kultúry v Gánovciach (*Vlček - Hájek 1963*). Datovanie nálezu železa a studne z Gánoviec metódou C^{14} tiež udáva jeho vek rokmi 1465 ± 35 B. C. (*Butler 1976*, s. 431).

Nakoľko bližšie nálezové okolnosti predmetu z Veľkej Lomnice nie sú známe, jeho datovanie či kultúrne zaradenie si žiada posúdenie aj z ďalších stránok: materiál a technológia výstuže, tvar a výzdoba.

Názory na pôvod železa, podľa analýzy metalurgického pôvodu, a z toho vychádzajúce určovanie pôvodu bimetalickej rukoväti z Gánoviec nie sú jednotné. Podobne nejednotné sú aj názory na pôvod železných predmetov z doby bronzovej v Karpatskej kotline a v ostatnej Európe. Najmä staršia literatúra uvažuje o alochtónnom pôvode poznania železa a jeho metalurgie. Tieto znalosti do spomenutej oblasti boli sprostredkované viacerými cestami. Najstaršia z nich, ako je všeobecne známe, viedla z Anatólie (*Pleiner 1958; 1981; Sieglová 1984*).

Iným starobylým a málo prebádaným strediskom výskytu železných predmetov s miestnou metalurgiou je oblasť Kaukazu s nálezmi už z konca 3. tisícročia pred n. l. (*Kotovič 1977; Morgunova 1991; Morgunova - Kravcov 1991*). Nález datovaný k r. 1750 pred n. l. z pohrebiska katakombovej kultúry z Gerasimovky typológiou tvaru aj chemickým zložením poukazuje na spojenie s kaukazskou oblasťou (*Šramko - Maškarov 1993*). Nálezy železa a doklady jeho miestnej metalurgie z okolia Voroneže datované do 15.-14. stor. pred n. l. sa spájajú tiež s okruhom tejto kultúry (*Šramko 1981*). Zároveň poukazujú, že oblasť východnej Európy sa s prvými, ojedinelými nálezmi metalurgického železa oboznámila skôr, ako sa obvykle predpokladalo.

Pre najstaršie nálezy v Európe zdôrazňujú alochtonistické teórie najmä sprostredkovateľský význam oblasti Balkánu s nálezmi importov v prostredí mykénskej kultúry, datovanými do 15.-12. stor. pred n. l. (*Ćović 1980; Bukowski 1981; Pleiner 1981; Varoufakis 1981; Bouzek 1985*). K iným európskym nálezom spred 13. stor. pred n. l. sa radí aj niekoľko ďalších ojedinelých nálezov, napr. Bialobrzeg (*Lipińska 1974*, s. 174), Drenthe (*Casparie 1984*, s. 68-69, 90; *Charles 1984*, s. 95), Pandal (*Rageth 1978*, s. 6). Pre naše územie treba v tejto súvislosti s najstarším železným predmetom z Gánoviec pripomenúť už doposiaľ zistené smery kontaktov aj v ďalších zložkách otomanskej kultúry (*Vladár 1973; Bader 1986; 1990*).

Ku vzrastu intenzity rozšírenia železa a jeho kontinuite došlo v Európe až v období prechodu od doby bronzovej k dobe železnej. V tom čase sa síce naďalej objavujú importy železných a bimetalických predmetov, ale podľa tohto modelu šírenia železa sa pristúpilo na niektorých územiach aj k miestnemu spracovávaniu dovezenej suroviny. Pri určovaní konkrétneho zdroja či jeho priority niet v literatúre jednoty. Pre Európu sa uvádza deväť zemepisno-historických regiónov s osobitným postupom poznania železa a jeho metalurgie (*Alexander 1983*). Okrem už spomenutej úlohy Grécka sa ako zdroj, samostatný už od 11. stor. pred n. l., vytvára širšia, rôzne označovaná oblasť severného či severozápadného Balkánu či Prialpia (*Foltiny 1961*, s. 290-295; *Kimmig 1964*, s. 244; *Teržan 1990*, s. 22-23) a Sedmohradska (*László 1977; Boroffka 1987; Stoia 1989*). Iným sekundárnym zdrojom, vychádzajúcim tiež z východného Stredomoria, je Taliansko a priľahlé Alpy (*Peroni 1975; Bouzek 1985; Hartmann 1989*). Ojedinele sa uvažuje až pre toto prechodné obdobie o uplatnení východnej cesty tzv. kimmerského príchodu železa (*Berciu 1962-63*).

Pri hľadaní koreňov poznania železa a jeho metalurgie sa opätovne upozorňuje na autochtónne metalurgické skúsenosti (*Kotovič 1977; Rusu 1974; Maréchal 1984*, s. 33-34). Tieto názory oprávnene poukazujú najmä na možnosť získania železa ako vedľajšieho produktu pri výrobe medi zo sulfidických rúd (*Eibner 1976*, s. 43; *Graddock - Meeks 1987*, s. 193-202; *Herdits 1993*, s. 37). Tiež sa už upozornilo na zvýšený obsah železa v niektorých bronzových predmetoch, známy je aj výskyt železa v depotoch bronzových predmetov (*Mozsolics - Hegedüs 1963; Mozsolics 1985; Hellebrant 1986*).

Do spojitosti s miestnou náhodnou výrobou železa a jeho miestnym spracovávaním dáva *T. Taylor* aj nález z Gánoviec - napriek všeobecnému názoru o jeho anatólskom pôvode. Hypotézu o málo kvalitnom kove, získanom pri miestnej výrobe medi v staršej dobe bronzovej, dokladá rekonštrukciou držadla, kde železo bolo skryté pred pohľadom pozorovateľa (*Taylor 1989*, s. 74-75). Spomenuté závažné otázky o charaktere pôvodu najstarších železných materiálov by pomohla riešiť ďalšia analýza rukoväti z Gánoviec a zhodnotenie úplného nálezového celku. Pri podobne datovaných nálezoch železných ozdôb v oblasti mykénskej kultúry sa zdôrazňuje absencia miestnej metalurgie železa a v súvise s nálezmi z 12. stor. pred n. l. tiež spoločný výskyt s predmetmi dovezenými z východného Stredomoria (*Varoufakis 1981*, s. 25).

Miestna výroba železných predmetov aj na Slovensku sa predpokladá v prostredí stredodunajských a juhovýchodných popolnicových polí v doznievajúcej dobe bronzovej. V prostredí kyjatickej kultúry sa dokladá popri typológii (esovitý nôž s krúžkovým zakončením rukoväti z Radzoviec) najmä významným nálezom železnej lupy zo Šafárikova/Tornale, v kultúrnom prostredí potvrdenom výskumom (*Pleiner 1981*, s. 120-121; *1986*, s. 238-239; *Furmánek 1988*, s. 187-188). K doposiaľ evidovaným slovenským nálezom z uvedeného obdobia pribúdajú ďalšie (železný nôž typu Radzovce zo Včelíniec, typologicky neurčený nôž z mladšej fázy velatického sídliska v Mariánke, či nález trosky v mohyle v Dedinkách (*Paulík 1984*, s. 46; *1992*, s. 486).

Uvedené pokusy určenia pôvodu železa sa zakladajú zväčša na typológii a územnom rozložení nálezov. V súčasnosti výskum disponuje len obmedzeným počtom chemických a metalografických analýz prvých železných či bimetalických výrobkov alebo trosky. K tejto okolnosti pristupuje aj nerovnomerné zastúpenie počtu analýz podľa regiónov a problém vzájomnej porovnateľnosti výsledkov. Nateraz sa ukazuje, že kým prvé nálezy mali, podobne ako exemplár z Veľkej Lomnice, vyššiu úroveň kvality, neskoršie majú kvalitu materiálu skôr nízku (*Pleiner 1986*, s. 239). V tejto spojitosti prekvapuje zistenie nízkej úrovne kvality analyzovaných málopočetných vzoriek chetitského železa (*Muhly - Maddin - Stech - Özgen 1985*, s. 76-80). Nález z Veľkej Lomnice z hľadiska železného materiálu výstuže neprotirečí doposiaľ známym poznatkom. K chronologickému spresneniu a k určeniu pôvodu železa a celého nálezu za terajšieho stavu výskumu prvých železných výrobkov však neprispieva.

Typologické zaradenie a následné datovanie časti okraja sa môže opierať len o menší rozsah znakov. Nález z Veľkej Lomnice predstavuje fragment pomerne veľkého predmetu zhotoveného z medeného plechu, ktorého okraj bol vystužený železným drôtom. Výstuž okraja sa používala na rozmernejších plechových výrobkoch, ako boli štíty, helmy, náholennice, nádoby, aby zvyšovala jeho pevnosť. Profil okraja fragmentu z Veľkej Lomnice má zvislé, resp. vodorovné pokračovanie k rovine tela alebo ďalšej časti širokého okraja. Je pravdepodobné, a to podľa rozmerov a profilu, že fragment pochádza z nádoby s vystuženým okrajom. Výstuž, vzhľadom na výzdobu žliabkami, bola na vonkajšej strane, resp. okraj bol vyhnutý na vonkajšiu stranu (obr. 1).

Vzhľadom na zastúpenie kultúr na nálezisku fragmentu, ako aj ojedinelý výskyt železa v otomanskej kultúre možno hľadať technologicko-typologické analógie v okruhu kovových nádob mykénskej kultúry, na Cypre alebo v oblasti najstarších výskytov železa. Na území Egypta je spevnenie okraja výstužou starobylé, doložené vo včasnodynastickom období len ojedinelým nálezom amfory. Častejšie sa uplatnilo až počas Novej ríše v 18. dynastii na nezdobených a tvarom odlišných okrajoch, pri opise ktorých sa železo neuvádza (*Radwan 1983*). Na území Cypru možno sledovať spevnenie okraja kovových nádob ich zhrubnutím, avšak chýba tu zosilnenie pomocou výstuže (*Matthäus 1985*).

Zosilnenie okraja výstužou v krétsko-mykénskej oblasti je častejšie na viacerých druhoch nádob: na kotloch so strmými stenami, na dvojuchom kotlíku, na kanvách, na veľkých misách s jedným uchom a so širokým okrajom a vyskytuje sa aj na zlomkoch okrajov typologicky bližšie nezaraditeľných nádob (*Matthäus 1980*). Vystuženie ich okraja nie je pravidlom. Pozorujeme tu aj značnú celkovú variabilitu tvaru vystužených okrajov. Obvykle má takto spevnený okraj nádob pravouhlý prierez. Kruhový prierez majú okraje kanví, oválny prierez spevnenia je na jednej z dvoch mís so širokým okrajom a na okrajoch štyroch nádob nezmeneného tvaru z Mykén. Výstužou spevnené okraje sú spravidla nezdobené. Rytá výzdoba sa vyskytla na jednej z mís so širokým okrajom, reliéf zdobil okraje nádob neurčiteľného tvaru. Výstuže sú datované do neskorominojského a neskoroheladského obdobia I-IIA. Na spevnenie pozorovaných exemplárov bola použitá tyčinka alebo drôt z medi, bronzu a olova. Pri nádobách s reliéfne zdobeným okrajom sa uplatnilo olovo. Technologický postup tvarovania okraja bol tu odlišný ako v prípade medi a bronzu (*Matthäus 1980*, s. 314, 329-330). Železom spevnený okraj sa na nádobách v krétsko-mykénskej oblasti nezistil ani raz. Možno teda konštatovať, že vzhľadom na tvar a výzdobu fragmentu medenej nádoby z Veľkej Lomnice a jej železnú výstuž za súčasného stavu poznania nenachádzame ani v krétsko-mykénskej oblasti vhodnú analógiu. Z týchto hľadísk je tiež doposiaľ nedostatočne známa pramenná základňa v Anatólii (*Matthäus 1980*, s. 579; *Sieglová 1984*, s. 74).

Ako upozornila *M. Novotná* (*1991*, s. 9), nález z Veľkej Lomnice nemá na Slovensku bezprostredné typologické analógie. Spevnenie okraja drôtom sa medzi nálezmi bronzových nádob na Slovensku vyskytlo jedine na ciste z mohyly v Očkove. Tento nálezový celok s viacerými analógiami

v západnejších oblastiach je datovaný už do staršej fázy popolnicových polí (*Paulík 1962*, s. 58-61). V Karpatskej kotline, ktorej je Slovensko súčasťou, je však spevnenie okraja väčších nádob výstužou časté. Výstuž sa nachádza v okraji terriny, misy typu Jászkarjenő, na kotlíkovom site, kotle, situle; bežná je najmä na vedrách a cistách (*Patay 1990*). Takéto spevnenie sa vyskytuje už v období HA_1. Použitý materiál je v uvedených prípadoch rôznorodý: bronz (meď), drevo. Z hľadiska nálezu z Veľkej Lomnice sú významné predovšetkým cisty z lokality Kurd, vystužené okrem dreva prevažne železom. Sú datované do obdobia HC a začiatku HD.

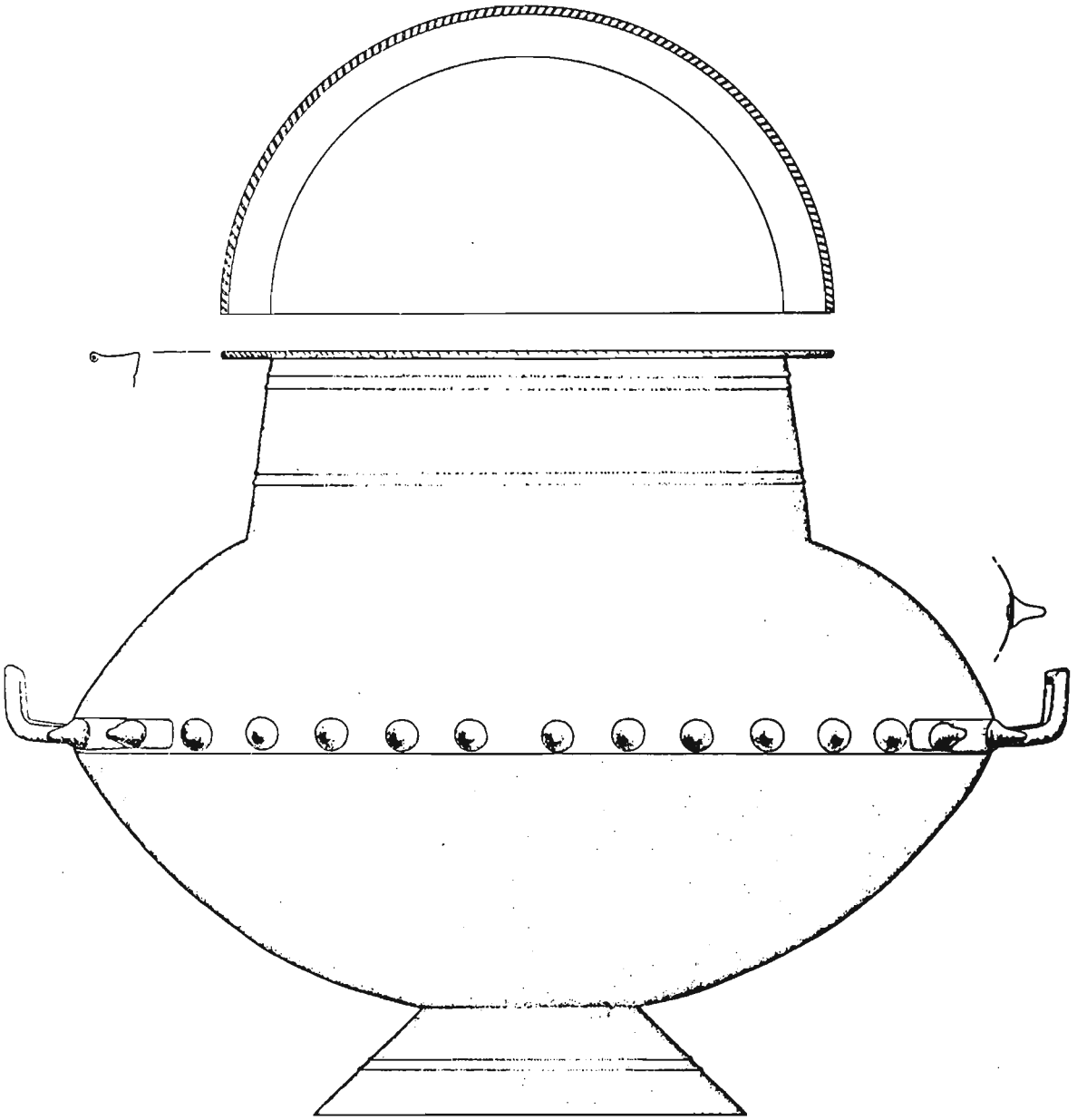
V susednej oblasti v Rakúsku je spevnenie okraja výstužou časté: registruje sa na šálkach so širokým okrajom, na vedrách, cistách, kotloch, amfore. Na výstuž sa používalo najmä olovo, menej meď či bronz alebo drevo. Na Morave nachádzame výstuž okrajov císt a sitúl, taniera, amfory, vedra, v Čechách v menšom počte na cistách a misách. Na týchto územiach je uvedená technológia doložená pomerne neskoro - v období HC, resp. až HD. Spevnenie tvorí drôt kruhového prierezu, najčastejšie z bronzu alebo olova. Železná výstuž sa nachádza na situlách už z prechodného obdobia HC/HD (Rvenice, Skalice; *Kytlicová 1991; Nekvasil - Podborský 1991*) a v nasledujúcom období HD okrem situly (Dobřany) je aj na cistách.

Uvedené nálezy dokladajú, že v Karpatskej kotline a v stredoeurópskej oblasti technológia spevnenia okrajov veľkých bronzových nádob výstužou je bežná. Na výstuž používali v sledovanej oblasti rôzne materiály: najmä bronz (meď) a olovo, ojedinele drevo a železo. Uplatnenie železa ako technologického, a nie výzdobného prvku v okrajoch rozmerných tepaných predmetov, kde zostalo skryté pohľadu pozorovateľa, predpokladá zároveň dostupnosť aj väčších množstiev suroviny - na nádobu z Veľkej Lomnice asi 325 g. Za predpokladanej miestnej výroby císt typu Kurd v období HC/HD nadobúda význam určenie zdroja železa na ich výrobu. Zistené zemepisné rozdiely pri výbere materiálu na spevnenie v prípade mladších sitúl rýnsko-testínskeho typu, teda použitie železa na severozápade oproti olovu na juhovýchode, sa spájajú s výrobnými tradíciami dielní (*Pauli 1971*, s. 13-16; *Kimmig 1962-63*). Chemická a metalografická analýza výstuže stredoeurópskych sitúl a císt sa zatiaľ neuskutočnila. Významné môžu byť najmä cisty so železnou výstužou z lokality Býčí skála (séria II, typ PB_1 podľa *Stjernquistovej*), datované do obdobia HD_2. V tomto nálezovom komplexe bol aj železný prsteň analyticky podobný železu z Veľkej Lomnice. Celková analýza materiálu a typologicko-chronologické zhodnotenie nádob so železnou výstužou prispejú k súhrnnému riešeniu komplexu otázok zdroja a postupu šírenia železa v Európe.

Okrem výstuže je popri spôsobe nasadenia okraja dôležitou črtou fragmentu nádoby z Veľkej Lomnice aj výzdoba. Nasadenie spravidla nezdobeného okraja je na spomenutých cistách a situlách odlišné. Na okrajoch bronzových nádob sa uplatňuje ojedinele na niekoľkých amforách so širokým okrajom. Zároveň zisťujeme na nich aj obdobné nasadenie okraja ako pri náleze z Veľkej Lomnice.

V priestore Karpatskej kotliny nie sú amfory doposiaľ častým, ale ani ojedinelým tvarom. Vhodné analógie nádoby z Veľkej Lomnice sa opierajú skôr o severnejšie nálezy amfor typu Gevelinghausen-Vejo-Seddin. Typ, ako ho charakterizoval *A. Jockenhövel*, zaberá značný zemepisný priestor Karpatskej kotliny a územia severne od Álp. Rozdiely medzi južnými a severnými exemplármi určujú výrobné odlišnosti dielní, predstavené najmä tvarom podstavca (*Jockenhövel 1974*, obr. 5, 6). Na okraji amfory s bronzovou výstužou z Gevelinghausenu sú šikmé a ostré hrany tordovania, ktoré vytvára podobný výzdobný efekt ako odvodené žliabkovanie. Táto amfora z 8. stor. pred n. l. patrí k starším nálezom typu. Z hľadiska okraja nádoby z Veľkej Lomnice závažná je amfora z Przesławíc so železnou výstužou obdobne nasadeného nezdobeného okraja. Spomenutý typ amfor má väčšie časové rozpätie a nález z Przesławíc, datovaný na záver popolnicových polí v MBz V (*Jockenhövel 1974*, s. 25), je už na konci jeho používania. Typ sa stáva základom amfor doby halštatskej - s odlišnou stavbou stlačeného tela a hrdla, či použitím vysokých nitov. Typologicky nezreteľné postavenie nálezu z Przesławíc, ktoré zvýrazňuje aj výzdoba tela, vyjadrila *O. Kytlicová (1991)* vyčlenením samostatnej skupinky z typu Gevelinghausen-Vejo-Seddin (Hostomice), do ktorej zahrnula aj nález zo Lžovíc. Toto vyčlenenie (Przesławice, Lžovice) možno akceptovať práve s prihliadnutím na celkovú spojitosť s ďalším vývojom amfor so širokým okrajom. Medzi ich halštatskými nálezmi nachádzame k spôsobu nasadenia a k výzdobe okraja s olovenou výstužou ďalšiu priliehavú analógiu v amfore (obr. 4) z hrobu 505 v Hallstatte (*Prüssing 1991*).

So zreteľom na uvedené analógie a zároveň s prihliadnutím na fragmentárnosť amfory so širokým okrajom z Veľkej Lomnice, chýbajúce jej určujúce chronologické znaky (telo, podstavec, nity,



Obr. 4. Hallstatt. Amfora so širokým okrajom z hrobu 505 (podľa Prüssing 1991, tab. 138).

výzdoba tela) je možné širšie datovanie nálezu v rozpätí HB_2-HD_2, pričom sa prikláňame skôr k mladším fázam trvania.

ZÁVER

Analýze bola podrobená železná výstuž okraja rozmernej kovovej nádoby s priemerom 260 mm z lokality Burbrich vo Veľkej Lomnici.

Železná výstuž bola vyrobená z drôtu s priemerom väčším ako 8 mm, ktorého zloženie zodpovedá takmer čistému železu s prímesou kremíka, mangánu a chrómu a ktorý ako nečistoty obsahuje v stotinách hmotnostných percent fosfor a síru.

Použitie meteoritického železa možno vylúčiť a dá sa predpokladať, že ide o železo vyrobené priamo z rúd v redukčných peciach.

Železný drôt bol na okraji nádoby previnutý po obvode plechom a pritužený. Z dnešného hľadiska predstavovala rozmerná nádoba kompozit, ktorého funkčné vlastnosti, t. j. pevnosť a trvan-

livosť okrajov, boli lepšie ako pri nádobách, ktorých okraje boli vytvorené len zväčšením hrúbky plechu.

Analýza tela nádoby ukázala, že ide o výrobok medený, a nie, ako sa doposiaľ predpokladalo, bronzový.

Výskyt železa v okraji nálezu a jeho rozbor neprispieva za terajšieho stavu výskumu najstarších zdrojov železa a ich analýz k chronologickému spresneniu či určeniu pôvodu nálezu. Pre štúdium najstarších európskych nálezov železa je naliehavá analýza rukoväti z Gánoviec a jej nálezového celku.

Vzhľadom na technologický charakter spevnenia okraja, jeho tvar a výzdobu v krétsko-mykénskej oblasti nenachádzame priliehavú analógiu k nálezu z Veľkej Lomnice.

Spevnenie okraja výstužou je v stredoeurópskej oblasti bežné. Na jej zhotovenie sa používali bronz (meď), olovo či drevo. Železná výstuž sa v tomto priestore nachádza na cistách s rebrami či na rýnsko-testínskych situlách.

V Karpatskej kotline sa spevnenie okraja výstužou vyskytuje už v HA_1. Železná výstuž, ktorá vyžadovala pomerne veľké množstvo suroviny, je v tomto regióne zastúpená v období HC/HD na cistách miestneho typu Kurd.

Technologický charakter spevnenia okraja, jeho tvar a výzdoba majú priliehavé analógie na severovýchode rozšírenia amfor so širokým okrajom (Przesławice, Hallstatt - hrob 505).

Datovanie amfory so širokým okrajom z Veľkej Lomnice, vzhľadom na analógie a fragmentárnosť nálezu s ďalšími určujúcimi chronologickými znakmi, kladieme do rozpätia HB_2-HD_2, a to skôr jeho mladších fáz.

Tab. 1. Veľká Lomnica, poloha Burbrich. Výsledky analýz fragmentu železnej výstuže bez uvažovania o väzbe prvkov na kyslík

Predmet	Obsah prvku (hm. %)					
	Si	P	S	Cr	Mn	Fe
fragment výstuže	0,16	0,03	0,04	0,08	0,19	99,5
	0,04	0,01	0,01	0,02	0,04	0,66

Poznámky: - prvý riadok znamená strednú hodnotu, druhý smerodajnú odchýlku
- plošná, neštandardná analýza z oblasti asi 0,5 x 0,5 mm^2, 15 lV, aplikovaný systém korekcií ZAF, uhlík nebol analyzovaný

Tab. 2. Veľká Lomnica, poloha Burbrich. Výsledky analýz fragmentu železnej výstuže s uvažovaním o väzbe prvkov na kyslík

Predmet	Obsah (hm. %)					
	SiO_2	P_2O_5	S	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3
fragment výstuže	0,24	0,04	0,03	0,08	0,17	99,43
	0,07	0,02	0,01	0,01	0,04	0,66

L i t e r a t ú r a

ALEXANDER, J. 1983: Some Neglected Factors in the Spread of Iron-Using in Europe. In: Festschrift Hans Hingst. Neumünster, s. 29-33.

BADER, T. 1986: Neue Beiträge zu den mykenischen Schwertern vom Typ A aus Rumänien. Z. für Archäol., 20, s. 1-15.

BADER, T. 1990: Bemerkungen über die ägäischen Einflüsse auf die alt- und mittelbronzezeitliche Entwicklung in Donau-Karpaten. In: Orientalisch-Ägäische Einflüsse in der europäischen Bronzezeit. Ergebnisse eines Kolloquiums. Bonn, s. 181-208.

BERCIU, D. 1962-63: *Este şi o cale cimmeriană in difuziunea metalurgien fierului? In: Stud. Ist. Veche. 14. Bucureşti, s. 395-402.*

BOROFFKA, N. 1987: *Folosirea fierului în Romania de la începuturi pînă în sec. VIII. i. e. n. The use of iron in Romania from the beginnigs to the VIIIth century B. C. In: Apulum. 24. Alba Iulia, s. 55-77.*

BOUZEK, J. 1985: *The Aegean, Anatolia and Europe: Cultural Interrelations in the Second Millenium B. C. Praha.*

BUKOWSKI, Z. 1981: *Najstarsze znaleziska przedmiotów żelaza w kulturze łużyckiej w dorzeczu Odry i Wisły. Archeol. Polski, 25, s. 321-401.*

BUTLER, J. J. 1976: *An Iron Find of the Middle Bronze Age. In: Résumées des Communications IXe Congrès UISPP. Nice, s. 431.*

CASPARIE, W. A. 1984: *The Three Bronze Age Foothpaths XVI (Bou), XVII (Bou) and XVIII (Bou) in the Raised Bog of Southeast Drehthe (the Netherlands). In: Paleohistoria. 26. Rotterdam, s. 41-94.*

CRADDOCK, P. F. - MEEKS, N. D. 1987: *Iron in Ancient Cooper. Achaeometry, 29, č. 2, s. 187-204.*

ĆOVIĆ, B. 1980: *Počeci metalurgije železa na sjeverozapadnom Balkanu. In: Godišnjak. 18. Sarajevo, s. 63-80.*

EIBNER, C. 1976: *Legierung oder Lagerstätte? In: Archaeol. Austr. Beiheft 14 (Festschrift R. Pittioni). Wien, s. 43-57.*

FOLTINY, S. 1961: *Athens and the East Hallstatt Region: Culture Interrelations at the Dawn of the Iron Age. Amer. J. of Archael., 65, s. 283-297.*

FURMÁNEK, V. 1988: *Eisen während der Bronzezeit in der Slowakei. Z. für Archäol., 23, s. 183-189.*

HARTMANN, N. 1989: *Society and Technology in the Villanovan Iron Industry. In: The Bronze Age - Iron Age Transition in Europe. In: BAR Intern. Series 483 (1). Oxford, s. 93-99.*

HELLEBRANDT, B. M. 1986: *A II. sárospataki bronzlelet. In: Commun. Archaeol. Hung. Budapest, s. 5-14.*

HELLEBRANDT, B. M. 1989: *A pácini IV. bronzlelet. In: Commun. Archaeol. Hung. Budapest, s. 97-113.*

HERDITS, H. 1993: *Zum Beginn experimental-archäologischer Untersuchungen einer bronzezeitlichen Kupferverhüttungsanlage in Mühlbach/Salzburg. In: Archaeol. Austr. 77. Wien, s. 31-38.*

CHARLES, J. A. 1984: *The Middle Bronze Age Iron Punch of Southeast Drenthe. In: Paleohistoria. 26. Rotterdam, s. 95-99.*

JAVORSKÝ, F. 1990: *Záchranné výskumy na stavbách, meliorâciách a pri opravách sakrálnych objektov. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1988. Nitra, s. 84-89.*

JOCKENHÖVEL, A. 1974: *Eine Bronzeamphore des 8. Jahrhunderts v. Chr. von Gevelinghausen, Kr. Meschede (Sauerland). In: Germania. 52. Frankfurt am Main, s. 16-54.*

KIMMIG, W. 1962-63: *Bronzesitulen aus dem Rheinischen Gebirge Hunsrück-Eifel-Westerwald. In: Ber. der. Röm-Germ. Komm. 43-44. Frankfurt am Main, s. 31-106.*

KIMMIG, W. 1964: *Seevölkerbewegung und Urnenfelderkultur. In: Studien aus Alteuropa I. Graz, s. 220-283.*

KOTOVIČ, V. G. 1977: *Nekotoryje voprosy drevnej metalurgii medi v sviazi s problemoj zaroždenija železnoj metalurgii na Kavkaze. Sov. Archeol., 3, s. 69-78.*

KYTLICOVÁ, O. 1991: *Die Bronzegefässe in Böhmen. Prähistorische Bronzefunde II-12. Stuttgart.*

LÁSZLÓ, A. 1977: *Anfänge der Benutzung und der Bearbeitung des Eisens auf dem Gebiet Rumäniens. Acta Archaeol. Acad. Scient. Hung. 29, s. 53-75.*

LIPIŃSKA, A. 1974: *Wykaz nabytków Muzeum archeologicznego w Poznaniu v latach 1969-71. In: Fontes archaeologici posnanienses. 25/1. Poznań, s. 166-177.*

MARÉCHAL, M. J. 1984: *Origine et evolution de la fabrication artisanale du fer et de l' acier. In: Mémoire de l Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres. N. S. 21. Caen, s. 31-51.*

MATTHÄUS, H. 1980: *Die Bronzegefässe der Kretisch-mykenischen Kultur. Prähistorische Bronzefunde II-1. München.*

MATTHÄUS, H. 1985: *Metallgefässe und Gefässuntersätze der Bronzezeit, der geometrischen und archaischen Periode auf Cypern, mit einem Anhang der bronzezeitlichen Schwertfunde auf Cypern. Prähistorische Bronzefunde II-8. München.*

MORGUNOVA, N. L. 1991: *K voprosu o poltavinskoj kulture v Priuralje. Sov. Archeol., 4, s. 123-131.*

MORGUNOVA, N. L. - KRAVCOV, A. J. 1991: *Drevnejamnaja kultura Priuralja (po materialam Orenburskoj oblasti). Sov. Archeol., 2, s. 35-50.*

MOZSOLICS, A. 1985: *Bronzefunde aus Ungarn. Depotfundhorizonte von Aranyos, Kurd und Germely. Budapest.*

MOZSOLICS, A. - HEGEDÜS, Z. 1963: Két Nagykállói depotlelet és a Telekoldali bronzlelet viszgálata. Archaeol. Ért., 90, s. 252-262.
MUHLY, J. D. - MADDIN, R. - STECH, T. - ÖZGEN, E. 1985: Iron in Anatolia and the Nature of the Hittite Iron Industry. Anatol. Stud., 34, s. 67-84.
NEKVASIL, J. - PODBORSKÝ, V. 1991: Die Bronzegefässe in Mähren. Prähistorische Bronzefunde II-13. Stuttgart.
NOVOTNÁ, M. 1963: Nález najstaršej bronzovej nádoby na Slovensku. (Ein Fund des ältesten Bronzegefässes in der Slowakei). In: Sbor. Českoslov. Společn. archeol. 3. Brno, s. 137-139.
NOVOTNÁ, M. 1991: Die Bronzegefässe in der Slowakei. Prähistorische Bronzefunde II-11. Stuttgart.
NOVOTNÝ, B. - NOVOTNÁ, M. - KOVALČÍK, R. M. 1985: Pravecká dedina pod Vysokými Tatrami. Poprad.
PATAY, P. 1990: Die Bronzegefässe in Ungarn. Prähistorische Bronzefunde II-10. München.
PAULI, L. 1971: Die Golaseca-Kultur und Mitteleuropa. Ein Beitrag zur Geschichte des Handels über die Alpen. In: Hamburger Beitr. zur Archäol. 1/1. Hamburg, s. 1-58.
PAULÍK, J. 1962: Das Velatice-Baierdorfer Hügelgrab in Očkov. Slov. Archeol., 10, s. 5-96.
PAULÍK, J. 1984: Čačianska mohyla v Dedinke, okres Nové Zámky (II). In: Zbor. Slov. nár. Múz. 78. Hist. 24. Bratislava, s. 27-48.
PAULÍK, J. 1992: Pokračovanie vo výskume v Marianke. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1990. Nitra, s. 86.
PERONI, R. 1975: Zur jungbronzezeitlichen Besiedlung und Kultur im westlichen Mittelitalien. In: Jahresber. des Inst. für Vorgesch. der Univ. Frankfurt a. M., s. 33-45.
PLEINER, R. 1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích. Praha.
PLEINER, R. 1981: Die Wege des Eisens nach Europa. Schaffhausen, s. 115-128.
PLEINER, R. 1986: Über das Eisen der Bronzezeit. In: Veröffentl. des Mus. für Ur- und Frühg. Potsdam. 20. Potsdam, s. 237-240.
PRÜSSING, G. 1991: Die Bronzegefässe in Österreich. Prähistorische Bronzefunde II-5. Stuttgart.
RADWAN, A. 1983: Die Kupfer- und Bronzegefässe Ägyptens. Prähistorische Bronzefunde II-2. München.
RAGETH, J. 1978: Die bronzezeitliche Siedlung auf dem Pandal bei Savognin (Oberhalbstein GR). Grabung 1974. In: Jb. der Schweiz. Gesell. für Ur- und Frühg. 61. Frauenfeld, s. 7-63.
RUSU, M. 1974: Die Anfänge der Eisenmetallurgie in Siebenbürgen. In: Memoriam C. Daicoviciu. Cluj, s. 349-360.
SIEGLOVÁ, J. 1984: Gewinnung und Verarbeitung von Eisen im Hettitischen Reiche im 2. Jahrtausend. In: Annals of Náprstek Museum. 12. Praha, s. 74-168.
STOIA, A. 1989: The Beginning of Iron Metallurgy in Romania (1200-700 B. C.). In: The Bronze Age-Iron Age Transition in Europe. BAR Intern. Series 483 (1). Oxford, s. 43-67.
STRÁNSKÝ, K. 1985: Novodobá historie železného prstenu z Býčí skály. In: Wankelův nález v Býčí skále ve světle nejnovějších objevů. Blansko, s. 45-54.
STRÁNSKÝ, K. - REK, A. - SLABINA, M. 1990: Analýza halštatského prstence z Minic u Kralup nad Vltavou. In: Archaeol. Technica. Brno, s. 24-36.
ŠRAMKO, B. A. 1981: Die ältesten Eisenfunde in Osteuropa. In: Frühes Eisen in Europa. Schaffhausen, s. 109-114.
ŠRAMKO, B. A. - MAŠKAROV, J. G. 1993: Issledovanije bimetalličeskogo noža iz pogrebenija katakombnoj kultury. Rossij. Archeol., 2, s. 163-170.
TAYLOR, T. 1989: Iron and Iron Age in the Carpatho-Balkan Region: Aspect of Social and Technological Change 1700-400 B. C. In: The Bronze Age-Iron Age Transition in Europe. BAR Intern. Series 483 (1). Oxford, s. 68-92.
TERŽAN, B. 1990: Starejša železna doba na Slovenskem Štajerske. Ljubljana.
TYLECOTE, H. F. 1970: A History of Metallurgy. London.
VAROUFAKIS, G. 1981: Investigation of some Minoan and Mycenaean Iron Objects. In: Frühes Eisen in Europa. Schaffhausen, s. 25-32.
VLADÁR, J. 1973: Osteuropäische und mediterrane Einflüsse im Gebiet der Slowakei während der Bronzezeit. Slov. Archeol., 21, s. 252-357.
VLČEK, E. - HÁJEK, L. 1963: A Ritual Well and Find of an Early Bronze Age Iron Daggert at Gánovce near Poprad (Czechoslovakia). In: A Pedro Bosch-Gimpera en el septuagésimo aniversario de su nacimiento. México, s. 427-439.

ANALYSE DER EISENVERSTEIFUNG EINES GEFÄSSES AUS VEĽKÁ LOMNICA

Resümee

Die Eisenversteifung des Randes eines großen Gefäßes von 260 mm Durchmesser von der Fundstelle Burbrich in Veľká Lomnica (Bez. Poprad) wurde einer Analyse unterzogen.

Die Eisenversteifung bestand aus Draht von größer als 8 mm Durchmesser, dessen Zusammensetzung beinahe reinem Eisen entspricht, mit der Beimischung von Kiesel, Mangan und Chrom, und welches als Verunreinigung in Hundertsteln Gewichtsprozenten Phospor und Schwefel enthält.

Die Verwendung von Meteoriteisen kann ausgeschlossen werden, und es ist anzunehmen, daß es sich um Eisen handelt, das direkt aus Erzen in Reduktionsöfen gewonnen wurde.

Der Eisendraht war am Gefäßrand längs des Umfangs mit Blech umwickelt und verfestigt. Vom heutigen Gesichtspunkt stellte das große Gefäß ein Kompositum dar, dessen funktionelle Eigenschaften, d. h. die Festigkeit und Haltbarkeit der Ränder, besser waren als bei Gefäßen, deren Ränder nur durch Vergrößerung der Blechdicke gebildet waren.

Die Analyse des Gefäßkörpers erwies, daß es sich um ein Kupfergefäß handelt, und nicht, wie bisher angenommen wurde, um ein Bronzegefäß.

Das Vorkommen von Eisen im Gefäßrand des Fundes aus Veľká Lomnica und seine Analyse bildet keinen Beitrag zur chronologischen Präzisierung, bzw. zur Bestimmung der Herkunft des Fundes beim gegenwärtigen Forschungsstand der ältesten Quellen des Eisens und ihrer Analysen. Für das Studium der ältesten europäischen Eisenfunde erweist sich die Analyse des Dolchgriffundes aus Gánovce und seines Fundverbandes als dringlich.

In Anbetracht des technologischen Charakters der Versteifung des Randes, seiner Form und Verzierung finden wir im kretisch-mykenischen Gebiet keine passende Analogie zum Fund aus Veľká Lomnica.

Die Festigungsart des Randes durch eine Versteifung ist im mitteleuropäischen Raum gebräuchlich. Zu ihrer Anfertigung verwendete man Bronze (Kupfer), Blei oder Holz. Die Versteifung mit Eisen findet man in diesem Raum auf gerippten Zisten oder auf rheinisch-tessinischen Situlen.

Im Karpatenbecken kam die Verstärkung des Randes mit einer Versteifung bereits in der Stufe HA_1 vor. Die Eisenversteifung, die verhältnismäßig eine große Rohstoffmenge erforderte, ist in dieser Region im Zeitabschnitt HC/HD auf Zisten des örtlichen Typs Kurd vertreten.

Der technologische Charakter der Randfestigung, ihre Form und die Verzierung des Fundes aus Veľká Lomnica hat eine zutreffende Analogie im nordöstlichen Verbreitungsgebiet der breitrandigen Amphoren (Przeszławice, Hallstatt - Grab 505).

Die Datierung des breiten Amphorenrandes aus Veľká Lomnica wird in Anbetracht von Analogien und die Bruchstückhafigkeit des Fundes mit weiteren bestimmenden chronologischen Merkmalen in die Spannweite HB_2-HD_2 datiert, und zwar eher in die jüngeren Phasen.

Abb. 1. Veľká Lomnica, Lage Burbrich. Gefäßrandfragment, max. L. 109,5 mm. Aus Sammlungen des Podtatranské múzeum in Poprad.

Abb. 2. Veľká Lomnica, Lage Burbrich. Struktur des Querschnittes der eisernen Versteifung des Gefäßrandes. Die Grundlage der Struktur bilden Eisenoxide mit vereinzelten kleinen Ferritkörnchen. Ungeätzt, 250x vergrößert.

Abb. 3. Veľká Lomnica, Lage Burbrich. Struktur des Querschnittes der eisernen Versteifung des Gefäßrandes. Die Grundlage der Struktur bilden Eisenoxide mit vereinzelten größeren Ferittkörnchen. Ungeätzt, 250x vergrößert.

Abb. 4. Hallstatt. Amphore mit breitem Rand aus Grab 505 (nach Prüssing 1991, Taf. 138).

ŠTUDIJNÉ ZVESTI ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU SAV, 31, 1995

VÝROBA ŽELEZA VE STAROKELTSKÉM SVĚTĚ

Radomír Pleiner

Kapitola o hutnictví železa starých Keltů, tohoto nejzápadnějšího indoevropského plemene, není v evropských železářských dějinách kapitolou počáteční, ale první rozvojovou v tradici železářského průmyslu. Keltská éra v 5. až 1. stol. př. Kr. byla první skutečnou dobou železnou jak v technickém, tak hospodářském pohledu. Nepřímým svědectvím je první masové užití železa ve výzbroji keltských bojovníků a desítky hromadných nálezů železných hřiven různých typů z velké části keltského území. Z poslední fáze starokeltského vývoje je pak známa řada železných hutí a vzestup počtu druhů kovaných výrobků, jichž je na 90 a jež zahrnují i velký podíl stavebního železa na budování fortifikací. Metalografický výzkum nástrojů z pozdně laténských oppid ukázal pokrok v technologii kovářské práce ve srovnání s výrobky keltských mečířů předchozího období. Sever Evropy zůstává v tomto ohledu o několik století pozadu. V poslední době byly uveřejněny některé prameny, které osvětlují zejména hospodářské parametry hutnictví železa v keltské kulturní sféře, totiž údaje o rázu a rozsahu výroby.

Během asi dvaceti generací vyrostla v keltských komunitách řada specializovaných hutníků, kteří byli s to vyrobit upotřebitelné železo dýmařským způsobem buď pro potřebu svých sídelních buněk, anebo - postupem doby - pro širší spotřební okruhy. Železářství menšího rozsahu známe z jižní Anglie (kde si jej bystře všiml Caesar a poznamenal, že se těží v přímorských krajích, ale že jeho zásoba není veliká: *sed eius est exigua copia*, BG 5.12), a též severozápadním Walesu. Tamní lokalita Bryn y Castell je podivuhodné malé hradiště o rozloze 40 x 25 m, sídlo hutníka. Poblíž vstupu, vně ohražení, byla malá šachtová pec a hromada hutnického odpadu, zatímco v kruhové stavbě v koutě opevnění byla kovárna. Archeomagnetické datování ukazuje na 1. stol. př. Kr. až první desetiletí naší éry. Podobným případem je nedaleká Crawswellt, vzorně prozkoumaná *P. Crewem (1989)*; tentokrát jde o lokalitu neopevněnou. V kruhovém domě o průměru 12 m bylo objeveno deset nístějí hutnických pecí v stratigrafických superpozicích, hromady nepražené i pražené železné rudy a poblíž vchodu nahromadění strusky, jak hutnické, tak kovářské, vzniklé při rafinaci lup. Podle posledních a nejlépe zachovaných dvou pecí (F 04, F 41) byly to poměrně silnostěnné malé šachty o vnitřním průměru 20-30 cm. Pečlivá evidence strusky ukázala, že se hutnický odpad čítá na 2000 kg, což by podle známého vzorce odpovídalo 360-600 kg hrubého a 180-300 kg zpracovaného železa - množství, které při jednoduchém inventáři mohlo zásobit několik rodin na dlouhou dobu (1 nůž = ca 5 dkg, radlice nebo meč 0,8 kg, sekerka 0,2-0,6 kg a pod.). Stopy podobné železářské malovýroby, ovšem bez nálezů vlastních pecí, byly objeveny i v Čechách, a to na sídlišti v Mšeckých Žehrovicích z 3. stol. př. Kr., tedy z doby před zřízením kultovních tzv. čtyřuhelníkových valů. Nález 281 kg hutnických, silně viskozních fajalitických strusek mluví o minimu 50-80 kg železa, což je údaj zlomkový, protože množství strusky je skryto a pohřbeno pod valem a rozptýleno i na dalších místech areálu sídliště. Podle vzhledu strusky pracovaly někdy v bezprostředním okolí patrně jednoduché tavící vyhně (jaké byly nalezeny v zahloubené chatě na téže lokalitě v předválečné době, anebo v anglickém Kestoru). Zajímavé je, že Mšecké Žehrovice na Novostrašecku leží v kraji, kde se stopy keltského hutnictví železa kumulují. Jsou datovány do doby o něco pozdější než v Mšeckých Žehrovicích. Např. ve Mšeci byla prozkoumána kompletní železářská dílna se zbytky 19 stratigraficky se porušujících pecí, tedy s několika časovými fázemi. Mimoto tam byla centrální vyhřívací výheň, pražiště rudy, sklad dřevného uhlí a kovárna se zahloubenou podlahou. Některé pece, mimochodem úplně jiného typu (se zahloubenou nístějí, Schlackengrubenöfen), nesly stopy oprav, takže se jich použilo zřejmě několikrát. Celkový objem produkce lze odhadovat obtížně, malé rozměry pecí a hmotnost struskových slitků v nístějích ukazují výtěžek 2,5-3 kg hrubého železa na tavbu. Shluky strusky v oranici okolních polí naznačují, že podobných dílen bylo v místě několik. Byla to výroba menšího nebo středního rozsahu, která se do jisté míry soustřeďovala v určitých surovinově výhodných a komunikačně a odbytově přístupných oblastech. Z jiných míst v Čechách pominu izolované laténské nálezy a upozorním jen na kraj v železorudném pásmu barrandienu v úseku Sv. Jan-

Chýně. V Chýni byly objeveny známé hutě jiného typu, vybavené sice týmiž pecemi se zahloubenou nístějí, jež byly však umístěny nikoli ve volném terénu, ale ve stěnách zahloubených chat.

Podobné soustřeďování železářské výroby do určitých revírů pozorujeme i jinde v Evropě. Uvedu některé z nich, kde dominují železářské pece zcela jiného typu - velká kupolovitá zařízení, metalurgicky v podstatě nevhodná, ale produkující zřejmě několik konglomerátů železa a strusky, vytvořivších se kolem tří dyzen, pod jednou kupolí. Vyskytují se v Burgenlandu (Klostermarienberg, Unterpullendorf, Oberpullendorf, Weppersdorf atd., jak známo z publikací *K. Bielenina*), ale také v centrálním Bavorsku (poblíž rudných polí v oppidu Kelheim, v Donaumoos), ve Švýcarsku (Bellaires), ale hlavně v Siegerlandu, periferní keltské krajině v Porýní, odkud pocházejí desítky dobře zachovaných kupolovitých pecí (v údolí Engsbachu víc než 20, podobně v Minnerbachu, v Silberquelle a na jiných místech). Odkryty ve třicátých létech *Stierenem, Krasou* a *Behaghelem* staly se brzy symboly starého železářství vůbec. Původ kupolovité pece není dobře objasněn; asi to byl skutečně keltský vynález, protože typ se jinde v této podobě nevyskytuje. Nejstarší náznak je z Hillesheimu na Trevírsku (HD), nejmladší přežitky jsou z Anglie (1. stol. AD, Minepit Wood, Laxton Lodge, Byfield aj.) a z Polska (ojedinčle Mechlin, 3. stol.).

Soustřeďování keltské železářské výroby do míst na okraji sídelních komor, se snadno dostupnou a kvalitní železnou rudou (nad 50 % Fe_2O_3), se odrazilo i v antických písemných pramenech. Jde o zmínky v dílech jako bylo Caesarovo, Strabónovo, Diodora Sicilského a Ptolemaia Alexandrijského, anebo o epigrafické doklady. Jedním z nejvýznamnějších center bylo Noricum, kdysi keltské království pod protektorátem Říma, na území dnešních Korutan. Norické železo pro svou kvalitu (ocel z manganatých rud u Hüttenbergu) bylo v římském světě pojmem, užívalo se jej jako příměru tvrdosti, ostrosti apod. Bylo vyráběno keltskými hutníky a vyváženo keltskými, italskými a jinými obchodníky, jak ukazují jména z nápisových záznamů na oppidu Magdalensberg, a to do celé Itálie, ba až do Afriky. V oblasti Magdalensbergu bylo vykopáno několik zbytků pecí z doby laténské, ale předběžné publikace nedovolují zatím detailní představu o jejich konstrukci (pravděpodobně to byly pece šachtové).

Význam Norica je jasný, jeho železo vítězilo svou kvalitou a oblast byla v těsném sousedství Říma. Avšak ke koncentraci železářství docházelo i ve vzdálených krajích. Nechci se zabývat etnickou problematikou v takových regionech, jako jsou Góry Świętokrzyskie u Kielc a na Mazovsku západně od Varšavy, kde počátky extenzivní výroby spadají - v Górach Świętokrzyskich jistě, na Mazovsku možná - do pozdního laténu. Chci poukázat na koncentrované hutnictví železa mnohem jižněji, ve východních Karpatech a na Slovensku. Ke Slovensku se zřejmě váže významná věta v Tacitově Germanii 43, o keltsky mluvícím (*lingua Celtica*) kmeni Kotinů (u Ptolemaia zřejmě *Kógnoi*), kteří dobývali železo; při tom prý byla hanba, že takoví lidé přesto platili tributy Kvádům a Sarmatům (*quo magis pudeat et ferrum effodiunt*). Jejich umístění muselo být tedy v druhém pásu za Kvády a Markomany (*terga Marcomanorum claudunt*). Ptolemaiova mapa Velké Germanie ze 2. stol. udává (jako naprostou výjimku, hodnou pozoru) nedaleko jména Kógnoi, asi už na kvádském území, doly na železo (*ta sidéroruchcia*, Ptol. Magna Germania 11.11). Musely mít neobyčejný význam. Domnívám se, že obě literární místa se týkají téže, tj. kotinské a tedy keltské těžby. Lokalizaci Kotinů do Gór Świętokrzyskich, kde už v pozdním laténu také začínala výrazná exploatace železa, považuji z historicko-geografických důvodů za položenou příliš na sever. Ostatně severní Slovensko, hornovážské údolí s keltizovaným osídlením púchovské kultury, vydalo - díky úsilí *K. Piety* - závažná svědectví o hutnění železa u Varína na Žilinsku. Rekonstrukce dýmařských pecí, datovaných do prvních století naší éry, ukazují zcela jiný typ aparátu než běžnou pec se zahloubenou nístějí, již užívali nebo převzali východní Keltové. Byla to šachta, stavěná z hlinčných bloků; struska se odpichovala a odhazovala na haldy. Ideu pece tam patrně zanesli lidé, kteří měli styk s jádrem keltského území.

Taková skládaná pecní stavba se objevila nedávno v jižní Galii, a tuto oblast zařazuji ve svém letmém výkladu na konec, protože je nejvýznamnější. Už Caesar zaznamenal v 1. polovině 1. stol. př. Kr., že některé galské kmeny v dobývání železa vynikly: zejména Biturigové v centrální Gallii měli mít velké železárny (*magna ferraria*) a těžit rudu v hlubinných dolech (*omne genus cuniculorum notum est*, BG 7, 22). Jeho zprávu potvrzuje Strabón (4.2.2), který uvádí jako zdatné železáře dva kmeny: Bituriges Cubi v okolí dnešního Bourges, a Petrocorie v dnešním Périgordu, poněkud jižněji. V obou oblastech byly archeologicky zjištěny revíry s hutní železářskou výrobou, ovšem datované

do doby galsko-římské. Obrovské struskové haldy byly v novověku průmyslově exploatovány a ničeny, stejně jako jinde v Galii - např. v údolí řeky Yonne (jde o miliony tun). Nejspodnější vrstvy nebyly zkoumány. Donedávna to platilo také o jednom z největších center železářství v Montagne Noire na sever od Carcassonnu, na hranicích Narbonské Galie a Akvitánie. Galsko-římské haldy, odebírané až do 50. let, obsahovaly na 1,5 milionu tun strusky, ale žádná pec ani jiný výrobní komplex objeveny nebyly. Až v poslední době C. *Domergue* a jeho tým odkryl v místě zvaném Les Martys u Domaine des Forges intaktní struskové haldy nejstaršího období (polovina 1. stol. př. Kr.), které se odhadují na 22-75 tisíc tun hmotnosti, což by odpovídalo 4-7 tis. tun železa vyrobeného během asi 50 let (haldy mají až 24 vrstev, které jsou dobře datovány keramikou). Tato obrovská výroba je s jinými okrsky v keltských územích nesrovnatelná. V jakých pecích se taková produkce odehrávala? Víme to od poloviny 80. let. Po pečlivém výzkumu byly mezi haldami strusky objeveny zatím dvě vyzděné terasy a v nich šest základů pecí v bateriích po dvou a třech. Pece jsou datovány do poloviny 1. stol. př. Kr., ale jejich rozměrné nístěje (70 x 90 cm) se zahlubovaly už do starých vrstev. Byly budovány z granitových bloků. Šachty z jílu a plochých břidlicových desek musely dosahovat výšky 220-230 cm. Vzduch se do nich zřejmě dmýchal čelním otvorem pomocí výfučen a měchů a spodním otvorem se vypouštěla struska. Z bohaté rudy 77 % Fe_2O_3 vznikalo nerovnoměrně nauhličené železo a fajalitická struska. Bukové, lískové, jalovcové a dubové dřevo dávalo uhlí, které se skladovalo ve zděných uhlárnách za druhou baterií. Za pecí F 20 byla umístěna zděná kovářská výheň, kde se vyhřívaly lupy.

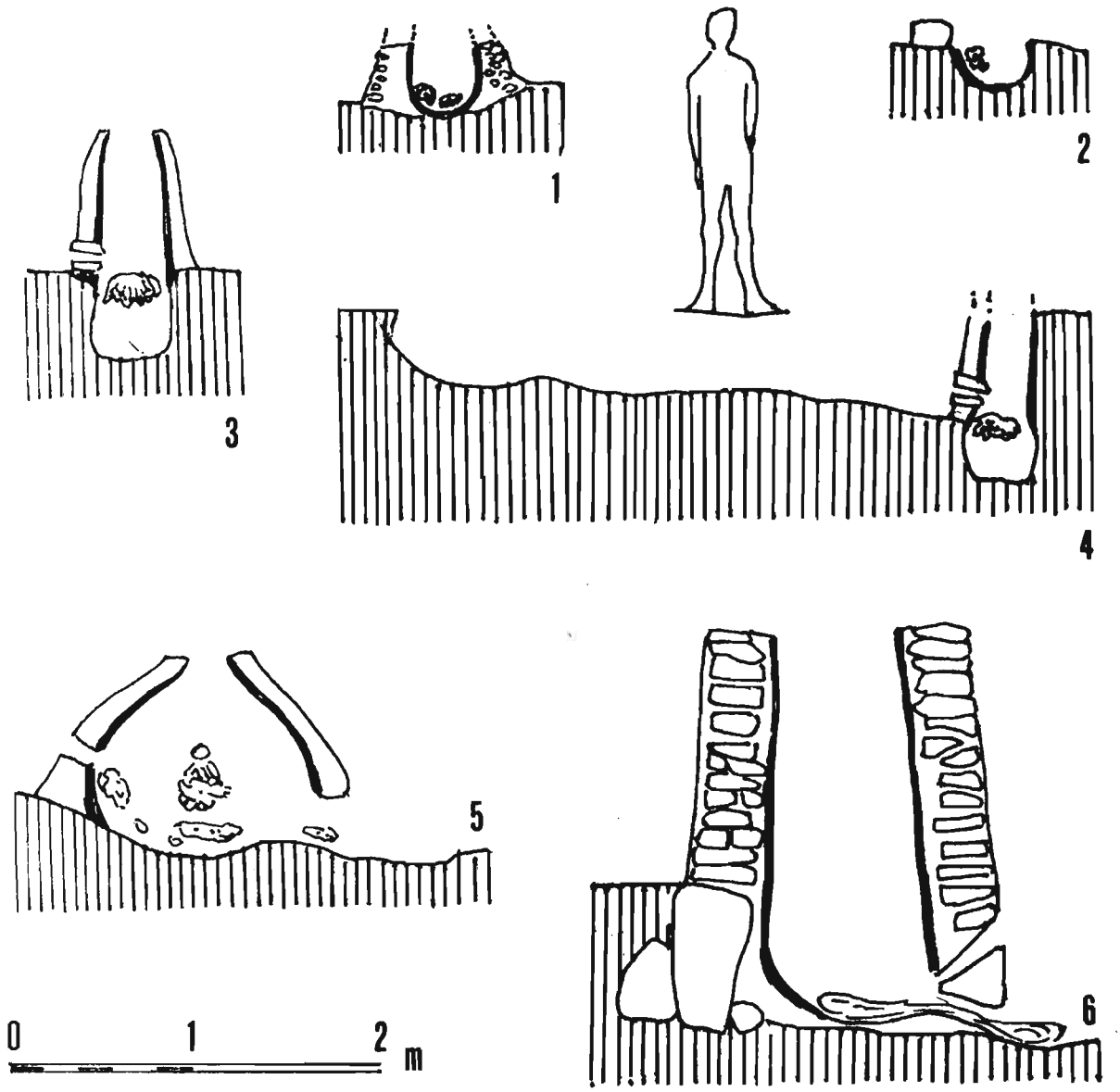
Tento výrobní komplex nemá dosud obdoby a jeho velikost a vyzrálost nutí autory výzkumu k úvahám, kdo byli ti vyspělí hutníci, kteří v keltském území na okraji romanizované Galie Narbonensis produkovali železo v tak velkém množství? Rozbor nálezů (mnoho rané terry sigillaty, málo místní keramiky) je vede k domněnce, že je sotva pravděpodobné v nich vidět domorodce, spíše myslí na Italiky, na nějaký italo-římský podnik, řízený obchodníky (*negotiatiores*, kteří jsou doloženi v Massilii, dnešní Marseille). Potíž je, že nikde v římském ani v jiném prostředí včetně rudonosné Elby tak vyspělé a tak staré pece zjištěny nebyly. V každém případě existovaly v kraji, kde Keltové mohli čerpat znalosti a absorbovat vlivy, které byly v jejich železářství nové.

Je skutečností, že keltské železářství hrálo úlohu i v následující epoše galsko-římské. Po ovládnutí Galie Římany byly nejdůležitější rudní zdroje včetně železáren pod kontrolou fisku, státní a později císařské pokladny. Železné hutě a doly spravoval římský personál pod dohledem vysokého úředníka, jakým byl *procurator ferrariarum Gallicarum*, sídlící v Lugdunu (Lyon), jak plyne z nápisných dokumentů. Někdy ve 2. stol. po Kr. říše resignovala na přímé obhospodařování železáren (nikoli ovšem dolů zlatých a stříbrných) a pronajímala je soukromým podnikatelům - pachtýřům (*conductores ferrariarum*), jakýmsi ředitelům hutních společností (*societates vectigalium ferrariarum*), od nichž stát ovšem vybíral poplatky. Avšak byla ještě třetí sféra galského železářského průmyslu, úplně nezávislá na římské civilní správě, která byla v rukou domorodé galské nobility. Železářské hutě někdy podléhaly jakési radě s názvem *arca* (obdobou byl galský, možno říci loutkový sněm - arca Galliarum). Ve městě Thorigny byl objeven nápis (CIL XIII 3162), kde se v latinském překladu ztracené keltské předlohy jmenuje jakýsi T. Sennius Solemnis jako *iudex arcae ferrariarum* (doslova soudce) jakéhosi keltského železářského sdružení (asi 3. stol.). V Puy byly zase objeveny nápisy s uváděnými jinými funkcionáři, nazývanými *adlecti* nebo *gutuatres ferrariarum* (doslova kněží). V této třetí hladině železářské produkce se zračí tradice domácího keltského hutnictví. Provozovali je personálně i technicky většinou domorodí Galové, ať už byli pod jakoukoliv formou správy (*Sablayrolles 1989*). Výkony tohoto výrobního odvětví lze sledovat dodnes: právě exploatace moderního průmyslu upozornila na miliony tun galsko-římské železné strusky nejen v Martys (1,5 mil. tun do 3. stol.), ale i v Languedocu, Périgordu, Boures, Morvanu, v údolí Yonny. Dokládají, že galský živel byl nejproduktivnější.

Mám zato, že pohled na dějiny železářské výroby u Keltů a jejich bezprostředních sousedů, předchůdců i následovníků musí být obohacován i o údaje o objemu výroby, i když výpočty množství odvalových strusek jsou hrubé a orientační - mohou se výzkumem neustále upřesňovat.

Na závěr porovnání velikosti dýmařských pecí z keltského světa. Např. pece z britských ostrovů (Bryn, Kestor, obsah 30-40 l - obr. 1: 1, 2), z Čech (Podbořany, Chýně, 50-70 l - obr. 1: 3, 4), z centrální nadalpské oblasti (Burgenland, Siegerland, pec na obr. 1: 5, asi desetihektolitrová, ale patrně s produkcí jen 3x větší než uvedeny malé pícky) a pec typu Martys (obr. 1: 6), jiho-

francouzská, nebo lépe z jižní Galie (20-25 hl). Byla experimentálně zkoušena, ale výtěžek není ještě publikován. Takové pece se staly základem obrovské římsko-galské produkce v prvních čtyřech stoletích našeho letopočtu.



Obr. 1. Srovnání rozměrů keltských pecí. 1 - Bryn; 2 - Kestor; 3 - Podbořany; 4 - Chýně; 5 - Klostermarienberg; 6 - Les Martys. (Návrh Pleiner v r. 1994.)

Literatura (výběr)

BARRIÈRE, C. 1972: A propos de la sidérurgie gallo-romaine en Périgord. In: Bonner Hefte zur Vorgeschichte 3, 1972 (Festschrift Kleemann), s. 3-11.

BEHAGHEL, H. 1939: Eine latènezeitliche Eisenverhüttungsanlage in der Minnerbach bei Siegen. Germania, 23, s. 228-237.

BIDZILJA, V. J. 1979: Z istoriji čornoj metallurhiji Karpatskoho uzhir'ja rubeži našoj ery. Archeol. (Kyjiv) 24, s. 32-47.

BIELENIN, K. 1991: Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich. 2. vyd. Kielce.
BIELENIN, K. 1977: Einige Bemerkungen über das altertümliche Eisenhüttenwesen im Burgenland. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, 59, s. 49-62.
BIELENIN, K. 1993: Nowe materiały do diskusji nad kwestią eksportu żelaza Świętokrzyskiego na tereny Imperium rzymskiego. In: Miscellanea archaeologica Thaddeo Malinowski dedicata. Słupsk - Poznań, s. 39-46.
BOUTHIER, A. 1982: Données nouvelles sur l' utilisation du minerai du fer dans le nord-ouest de la Nièvre à l' époque gallo-romaine. Viz: Mines et fonderies ..., s. 41-56.
BURGER, I. - GEISLER, H. 1983: Archäologisches zur Eisenverhüttung in und um Kelheim. In: Erwin-Rutte-Festschrift. Kelheim - Weltenburg, s. 139-156.
CECH, B. - WALLACH, G. 1988: Eine La Tène-zeitliche Eisenverhüttungsanlage im Loitzendorf am Jauerling, Gem. Maria Lasch am Jauerling. Archäol. Austr., 72, s. 143-152.
CREW, P. 1987: Bryn y Castell Hillfort - a Late Prehistoric Iron Working Settlement in North-West Wales. In: The Craft of the Blacksmith (B. G. Scott - H. Cleere eds.). Belfast, s. 91-100.
CREW, P. 1989: Excavations at Crawcwellt West, Merioneth, 1986-1989 - a late prehistoric upland iron-working settlement. Archaeology in Wales, 29, s. 11-16.
DEROCHE, F. 1982: Recherches sur la sidérurgie dans la cité des Leuques. Viz: Mines et fonderie..., s. 131-138.
DOMERGUE, C. (ed.) 1993: Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire. Le Domaine des Forges (Les Martys, Aude). Paris.
DUNIKOWSKI, Chr. 1992: An ancient an High medieval bloomery workshop from Fouetteries (commune de Clermois, Yonne, France). Archeol. Rozhl., 44, s. 311.
EGGER, R. 1961: Die Stadt auf dem Magdalensberg, ein Grosshandelplatz - Die ältesten Aufzeichnungen über den Metallhandel auf dem Boden Österreichs. Graz - Wien - Köln.
EHRENREICH, R. M. 1991: Metalworking in Iron Age Britain: Hierarchy or Heterarchy? In: Metals and Society: Theory beyond Analysis, MASCA Research Papers in Science and Archaeology 8, II, s. 69-80.
GILLES, J. W. 1957: 25 Jahre Siegerländer Vorgeschichtsforschung durch Grabungen auf alten eisenhüttenplätzen. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 28, s. 179-185.
JACKSON, D. A. - TYLECOTE, R. F. 1988: Two New Romano-British Iron-working Sites in Northamptonshire - A new type of Furnace? Britannia, 19, s. 275-298.
LAUMANN, H. 1993: Rohstoffe und Energie auf latènezeitlichen Hüttenplätzen des Siegerlandes (Westfalen). Versuch einer Berechnung. In: Bloomery Iron Making during 2000 Years III (A. Espelund ed.).Trondheim, s. 31-39.
LÜCK, A. 1978: Zur vor- und frühgeschichtlichen Eisenverhüttung in Siegerland. In: Eisen + Archäologie. Bochum, s. 58-63.
MANGIN, M. - KEESMANN, I. - BIRKE, W. - PLOQUIN, A. 1992: Mines et métallurgie chez les Éduens - Le district antique et médiéval du Morvan-Auxois. Paris.
Mines et fonderies antiques de la Gaule. Paris 1982.
MONEY, J. H. 1974: Iron Age and Romano-British iron-working site in Minepit Wood, Rotherfield, Sussex. Historical Metallurgy, 8, č. 1, s. 1-12 (with a contribution by H. F. Cleere, s. 13-16, and B. W. Cunliffe).
MOSSLER, G. 1989: Iron smelting furnaces excavated at Magdalensberg, Austria. Archeol. Rozhl., 41, s. 327.
MOTYKOVÁ, K. 1980: Iron working in an early La Tène settlement at Prague-Stodůlky, Bohemia. Archeol. Rozhl., 32, s. 327.
NOVOTNÝ, B. 1987: Prehistoric iron smelting at Veľký Slavkov, North Slovakia. Archeol. Rozhl., 39, s. 695.
PIASKOWSKI, J. 1961: Studia nad lokalizacja starożytnych Kotinów. Acta Archaeol. Carpath., 3, s. 72-112.
PIETA, K. 1989: Frühkaiserzeitliche Eisenverhüttungsanlage in Varín, Slowakei. In: Archaeometallurgy of Iron 1967-1987. Prague, s. 213-227.
PIETA, K. - MORAVČÍK, J. 1983: Železiarske objekty z doby rímskej a stredoveká dechtárska výroba vo Varíne. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1982. Nitra, s. 205-208.
PLEINER, R. 1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích - Grundlagen der slawischen Eisenindustrie in den böhmischen Ländern. Praha, s. 93-130.
PLEINER, R. 1979: Otázka státu ve staré Galii - The problem of state in ancient Gaul. Praha.

PLEINER, R. 1980: Early Iron Metallurgy in Europe. In: The Coming of the Age of Iron (T. Wertime - J. D. Muhly eds.). New York - New Haven, s. 375-415.

PLEINER, R. 1988: Le débuts de la métallurgie du fer chez les Celte. In: Les princes Celtes et la Méditerranée. Paris, s. 179-185.

PLEINER, R. 1993: The Celtic Sword. Oxford.

PLEINER, R. - PRINC, M. 1984: Die latènezeitliche Eisenverhüttung und die Untersuchung einer Rennschmelze in Mšec, Böhmen. Památ. archeol., 75, s. 133-180.

SABLAYROLLES, R. 1982: Problèmes et interêt de l'étude des ferriers antiques: l' exemple de la Montagne Noire. Viz: Mines et fonderies..., s. 183-190.

SABLAYROLLES, R. 1989: L' administration des mines de fer en Gaule romaine. In: Mineria y metalurgía en las antiguas civilizaciones mediterraneas y Europeas II. Madrid, s. 157-162.

SALAČ, V. 1990: Vývoj a struktura halštatského a laténského železářství v Podkrušnohoří ve světle nových nálezů - Entwicklung und Struktur der hallstatt- und latènezeitlichen Eisenverhüttung und Eisenverarbeitung im Erzgebirgsvorland im Licht neuer Funde. Památ. archeol., 81, s. 200-232.

SPERL, G. 1985: Die Technologie des Ferrum Noricum. In: Lebedige Altertumswissenschaft (Festschrift H. Vetters). Wien, s. 410-416.

STIEREN, A. 1935: Vorgeschichtliche Eisenverhüttung in Südwestfalen. Germania, 19, s. 12-20.

TYLECOTE, R. F. 1962: Metallurgy in Archaeology. London.

TYLECOTE, R. F. 1987: The early history of metallurgy in Europe. London - New York.

VENCLOVÁ, N. 1982: Železářská výroba z časně laténského a římského období v Loděnici a Sv. Janu pod Skalou - Early La Tène and Roman Period iron produktion at Loděnice and Svatý Jan pod Skalou. Archeol. Rozhl., 34, s. 2-23.

PRODUCTION OF IRON IN THE ANCIENT CELTIC WORLD

Summary

During last decades there were achieved multiple data concerning the smelting of iron among Celts, both Continental and in the British Isles. Bloomery furnaces and slags, ingots and billets, smithies and technology of the blacksmith's craft were studied. Experimental smelts in Celtic furnace models were carried out. Recent results of site investigation have thrown more light on the economical aspect of the iron-making craft, especially what concerns the Gaul. Inhabited settlement chambers over all Celtic Europe yielded evidence of scattered, local metallurgy of iron. Numerous more or less isolated siderurgical sites indicate the existence of rural, nevertheless specialized ironworks producing necessary amounts of iron relatively on small scale. Such an industry was excellently documented by *P. Crew* in NW Wales: a miniature hillfort site of Bryn y Castell or an open settlement at Crawcwellt, having produced in very low shaft furnaces some 2 t of slag (360-600 kg of unworked iron) during some decenia BC/AD. South England, as well, produced iron at that time on limited scale which is noticed, after all, by Caesar, BG 5.12. Similarly, in Bohemia, a small scale production was discovered there, e. g. in an open village of the 3rd century BC at Mšecké Žehrovice, preceding the establishment of the well-known sanctuary, enclosed by ramparts. 281 kg of bloomery slag revealed in trial trenches represent a fragmentary minimum. Layers of that waste are buried under the ramparts and in unexcavated places of the settlemet area. The slag appearance alludes rather to smelting bowl hearths which have not been located. This site is situated in a microregion of ca 70 km^2 where the iron-making La Tène period evidence cumulates to certain extent during the 3rd - 2nd centuries BC. At Mšec, in a distance of several kilometres to N, a complex bloomery ironworks of the 2nd century was excavated there, comprising 19 stratigraphically subsequent slag-pit furnaces (a different model, used also in the Late La Tène sunken-floored works), a roasting place, charcoal store and a smithy. Small dimensions of the furnaces and weights of slag blocks from the sunken hearths let assume that the amount of iron did not exceed some 3 kg per smelt. Scattered slag finds may indicate several works of that type at the same site. Despite that, the production of iron in this area may be classified as a rather small-scaled one. There are, nonetheless, signals of a certain cumulation of archeological evidence in this as well in other cases, when high-grade iron ore

was available and the microregions had possibilities of communication with sufficiently settled hinterland.

Similar groupings of iron smelting sites on margin of Celtic inhabited areas are to be mentioned in various parts of Central Europe, e. g. in Burgenland (Klostermarienberg, Oberpullendorf, Unterpullendorf, Weppersdorf etc.), Bavaria (Kelheim - furnaces and Celtic open-cast ore mining, Donaumoos), Switzerland (Bellaires) and particularly in the Siegerland (Rhineland, on the N periphery of the Celtic domaine). The latter may be definitely regarded as an iron-bearing area: the sites of Engsbach, Minnerbach, Silberquelle etc. yielded several tens of large iron-smelting furnaces. In all regions just mentioned these furnaces were of the domed type (over 100 cm in the hearth diameter). In terms of metallurgy they were, strictly speaking, less suitable but at the mouths of air-inlets they could produce about three slag-and-iron conglomerates under one dome. The domed furnace was, presumably, a Celtic invention with beginnings in the HD period (Hillesheim) and survivals in the succeeding Roman period (England: Minepit Wood, Laxton Lodge, Byfield); Poland: the quite isolated find of Mechlin).

There is no doubt that there emerged important iron-producing areas in the Celtic world, as documented by written sources, either as remarks by ancient writers or as epigraphic monuments. One of the renowned regions was the ancient Noricum, modern Carinthia in Austria, adjacent, during the BC/AD period, to the North Roman sphere as a Celtic kingdom under its protectorate. The *Ferrum Noricum*, made of manganiferous brown ores of the Hüttenberg area, was famous in the Roman world and used as an example of hardness and sharpness. Smelted by Celtic iron-makers it used to be exported on long distances by Italic and Celtic merchants down to Roman (and N Africa as well). This is attested by business inscriptions on walls of the *tabernae* at the Magdalensberg oppidum; they were analysed and published by Egger. Archaeological evidence, so far preliminarily published, is scarce until now and not yet sufficiently documented. The exact dating of some shaft furnaces from the environment of Magdalensberg is not well elucidated.

Another important iron producing area was, at least in the beginning of our era, the region north of the bend of Middle Danube. There, as to Tacitus (Germania 43), the whole Celtic speaking tribe, the *Cotini*, was "digging iron" and that was a shame, because an iron producing folk was obliged to pay taxes partly to Sarmatians, partly to Quads. This, as well as the notice that Cotini inhabited a territory behind the Marcomani (*terga Marcomanorum claudunt*) speaks for the localization of this iron-making tribe, in Slovakia. The same could fit together with iron mines (*sidéroruchcia*) mentioned in the map of Claudius Ptolemaeus (11.11, 2nd century AD). The above mentioned description of *Magna Germania*, enumerating solely places and tribe names, points the iron mines as something unusual in this work. N Slovakia yielded, moreover, considerable evidence of an intensive iron smelting near Varín which is dated to the Romano-Barbarian phase of the strongly celtized local Púchov culture: the uncovered slag heaps, investigated by *K. Pieta* et al., did not left fixed remains of bloomery furnaces but a lot of slagged clay blocks which enable a tentative reconstruction. This, and the type of slag, shows a solid slag-tapped shaft furnace, allowing multiple refits, so different from usual east Celtic (or even pre-Celtic) slag-pit apparatus. I suppose that the location of the Cotini further to the north (e. g. to the Holy-Cross-Mountains area where a considerable iron smelting begins in the Late La Tène period) does not correspond neither with the place of Tacitus, nor with the position of the *sidéroruchcia* by Ptolemaeus. Anyway, the production of the Cotini tribe must have been directed to broader markets than to local consumption districts.

The third territory which was in the scope of classical writers appears in the very SW part of the Celtic domaine, the central and southern Gaul. Both Caesar and Strabo left important remarks: the first about the *Bituriges* in the environment of Bourges (central France) who should skillfully operate large ironworks (*magna ferraria*, BG 7.22) and exploit the iron ore in underground galleries (*cuniculi*); Strabo (4.2.2) quotes, again, the *Bituriges Cubi* and, moreover, the *Petrocorii* (recently the Périgord province) as experienced iron smelters. The archaeological counterpart to these reports is, in this case, more eloquent. Millions of tons of bloomery slags in heaps, unfortunately severly destroyed by modern exploitation, are registered in various Gallic regions: Languedoc, Périgord, Morvan, Yonne valley. They are, principally, Gallo-Roman. The more important are the discoveries by C. Domergue and his team in the Montagne Noire, N of Carcassone, on the border of the Gallia Narbonensis and Aquitany. The site is estimated to contain about 1.5 million t of bloomery slag from the

Gallo-Roman period up to the 3rd century AD, dredged up to the fifties of this century. However, the lower heaps were intact and comprised some 22-75 thousand tons of slag, dating from the late Ist century BC. Moreover, at Les Martys, first smelting furnaces were discovered, having been situated in bateries (2-3 units) along the two stonewalled terraces. Their hearths, reinforced by heavy granite blocks, measured ca 70 x 90 cm. The shafts of clay and slate plates must have reached some 220-230 cm. They were apparently adapted for slag tapping and forced draught. In addition, masoned charcoal stores and a reheating forge (F 20 a) were found. What is striking is the extreme ripeness and potential productivity of these early installations, having no contemporary counterparts up to the present date. The relevant slag debris represents about 3000-7000 t of unworked iron. Because of that the authors of the excavation are not inclined to see in these remains a work of any local aborigines, rather the trace of the activity of Italic or Italo-Roman *negotiatores* who promoted the industry. The ethnicity of the smelters proper remains open but the works started in a Celtic territory with a Celtic metallurgical tradition (Strabo, Caesar).

The Roman occupation of Gaul changed the administration of the iron industry. The most important ironworks were controlled by the fiscus through a high officer called *procurator ferrariarum* [Gallicarum]. His site was *Lugdunum* (Lyon). Gradually, the imperial administration resigned on the management of iron mines and forges which became the subject of private exploitation, directed by the *societates vectigalium ferrariarum,* headed by a *conductor ferrariarum.* The discovery of the inscriptions at Thorigny and Puy allows to see a third level of the iron industry, that of the Gauls. Some of the ironworks were run by the local prominents and administrated by agents (*adlecti*) and *gutuatres* (worthly ministers) *ferrariarum* or judges. A *iudex arcae ferrariarum,* a supervisor of an iron smelting company, is named by the inscription CIL XIII 3162, as to the historical analysis by *R. Sablayrolles.* Within the structure of the iron industry in Gaul this third category must have been marked deeply by genuine Celtic siderurgical tradition which survived at least to the 3rd century AD.

Fig. 1. Comparation of dimensions of chosen Celtic furnes. 1 - Bryn; 2 - Kestor; 3 - Podbořany; 4 - Chýně; 5 - Klostermarienberg; 6 - Les Martys (proposal Pleiner in 1994).

VÝCHODOKELTSKÉ PECE S TROSKOVOU JAMOU Z KYSAKU

Ľubomír Mihok - Mária Fröhlichová - Bartolomej Baláž

PRVÉ TYPY PECÍ NA TAVENIE ŽELEZA Z RÚD

Prvotné spôsoby tavenia železa zo železných rúd, ktoré vznikli v 2. a 3. tisícročí pred. n. l. v blízko- a stredoázijskej oblasti, využívali pecnú techniku používanú na tavenie medi z rúd. Najstaršie pecné jednotky na tavenie železa boli vlastne jamy so žiaruvzdorným výmazom stien a s núteným vháňaním vzduchu do spodnej časti. Tieto objekty sú nazývané jamové alebo misovité pece (*Tylecote 1992*). Bol to práve tento typ pecnej jednotky, ktorý sa rozšíril z blízkovýchodnej oblasti do celého Stredomoria a ďalej do vnútra Európy.

Rozšírenie spôsobov tavenia železa do strednej Európy je datované do doby halštatskej a je charakteristické práve nálezmi jamových pecí (*Pleiner 1980*). Spôsob výroby železa v jamovej peci v neskorohalštatskej osade v Čečejovciach opísal aj *Ľ. Mihok* (*Mihok - Miroššayová 1993*). Jamové pece sa ďalej vyvíjali a úspešne používali až do stredoveku hlavne v juho- a západoeurópskej oblasti, v sfére vplyvu rímskeho impéria. Výťažok železa v počiatočných typoch jamových pecí bol veľmi malý, spravidla menší než 1 kg.

Keltská civilizácia v dobe laténskej, ktorá zasiahla aj oblasti strednej Európy, podnietila svoj rozmach rozvojom výroby železa a jeho zužitkovania vo forme železných predmetov. Rastúcim nárokom na množstvo železa bolo potrebné prispôsobiť výrobnosť taviacich pecí. Kým v južnej Európe išiel tento vývoj v smere zväčšovania rozmerov jamových pecí, resp. tvorbou ich nadzemných modifikácií s nízkou nadstavbou vo forme klenby, Kelti využívali šachtovú pec. Vývoj pece so šachtou bol podmienený aj tým, že zdroje ľahko redukovateľných limonitových železných rúd z povrchových nálezísk sa rýchle vyčerpali a ťažšie redukovateľné rudy potrebovali dlhší styk s redukčným prostredím, ktorý zabezpečila šachta.

Špecifickým vynálezom keltskej techniky tavenia železa sú šachtové pece s troskovou jamou. Ich výskyt v oblasti strednej Európy opisuje *R. Pleiner* (*Pleiner 1980; Pleiner - Bialeková 1982*). Tieto pece majú konštrukciu šachty s nistejou, vysokú asi 1 m, postavenú nad jamou hlbokou cca 40 cm, s priemerom 40 až 50 cm. Počas tavby sa výťažok - železná huba - zachytáva v nisteji v oblasti výfuční. Cez túto železnú hubu preteká troska, ktorá sa zhromažďuje v jame, predtým vyplnenej ražděm. Archeologickým nálezom z tohto spôsobu tavby býva veľká hruda trosky - výplň troskovej jamy. Rozsiahle železiarske objekty tohto druhu boli nájdené v Poľsku v Svätokrížskych horách (*Bielenin 1973; 1974*). Šachtové pece s troskovou jamou neboli jediným typom taviacich pecí, ktoré sa používali v strednej Európe v dobe laténskej. *Ľ. Mihok* (*Cengel - Mihok - Javorský 1982*) študoval laténske pece zo Spišských Tomášoviec. Boli to malé šachtové pece bez troskovej jamy.

V máji 1993 nahlásil František Adam z Kysaku (okr. Košice-vidiek), č. d. 291, že pri úprave záhrady za domom narazil na zoskupenie väčšieho množstva trosky. Pri obhliadke lokality sa ukázalo, že tu bola narušená batéria metalurgických piecok so zahĺbenou troskovou jamou. Na sledovanej ploche sa zachovali v pôvodnej polohe zvyšky štyroch piecok. Ostatné (8 až 10) boli pri terénnej úprave zničené. Stopy po nich sa črtali v ílovitom podloží drobnými úlomkami trosky, uhlíkov a zlomkami konštrukcie. Tieto nálezy neumožňujú bližšiu chronologickú klasifikáciu. S analogickým typom taviacich železiarskych piecok sa stretávame v strednej dobe laténskej až v dobe rímskej (*Miroššayová 1993*).

Železiarske objekty zistené v Kysaku predstavujú zvyšky šachtových pecí s troskovou jamou. Pretože na území Slovenska sú to prvé nálezy takýchto pecí, bol urobený ich komplexný archeologický, metalurgický a mineralogický výskum, ktorý je predmetom tohto príspevku.

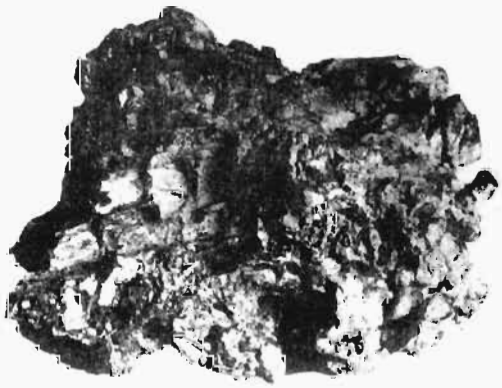
Obr. 1. Kysak. Polovica troskového koláča.

Obr. 2. Kysak. Zlomok troskového koláča.

Obr. 3. Kysak. Kvapľovitý kus trosky.

Obr. 4. Kysak. Kvapľovitý kus trosky.

Obr. 5. Kysak. Kus trosky s odtlačkami drevného uhlia.

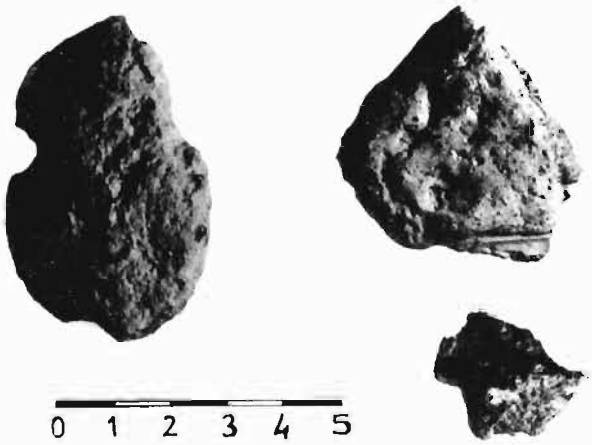


Obr. 6. Kysak. Kus trosky s odtlačkami drevného uhlia.

VZORKY A SPÔSOB ICH ANALÝZY

Výber vzoriek na analýzu bol robený tak, aby zahŕňal všetky druhy materiálov, ktoré sa vo zvyškoch pecí nachádzali. Z rozsiahleho súboru bolo vybratých 26 vzoriek. Väčšinu vzoriek tvoria trosky. Tri z nich boli odobraté priamo z veľkých troskových koláčov, výplne troskových jám. Vzorka 1 je odobratá z polovice rozlomeného troskového koláča (obr. 1). Rozmer tejto polovice bol 45 x 27 cm, čiže celý troskový koláč mal priemer 45 a 55 cm. Polovica troskového koláča mala hmotnosť 45 kg, to znamená, že troskové výplne jám mohli dosiahnuť 100 kg, prípadne aj viac. Ďalšie dve vzorky pochádzajú z úlomkov veľkých troskových koláčov. Hmotnosť týchto úlomkov predstavuje 17,4 a 4,7 kg. Spoločné pre všetky tri vzorky bolo, že trosky, ktoré reprezentovali, mali šedý lom s veľkými pórmi, natavený povrch a mnoho odtlačkov dreva alebo drevného uhlia. Príklad úlomku z troskového koláča je na obr. 2.

Ďalej bolo vzorkovaných 14 menších kusov trosiek z okolia troskových koláčov. Tieto trosky mali určitý charakteristický rys, napr. boli na lome čierne alebo hrdzavé, mali jemnú pórovitosť, alebo formu kvapkovitých útvarov. Niektoré z nich boli spojené s úlomkami žiaruvzdorov zo šachty, teda tieto trosky nepochádzali z troskovej jamy, ale zostali v šachte. Kvapkovité útvary trosky, svedčiace o jej nízkej viskozite v nisteji a schopnosti pretekať do troskovej jamy, sú na obr. 3 a 4. Kusy trosky so zreteľnými odtlačkami dreva alebo drevného uhlia predstavuje obr. 5 a 6.



Obr. 7. Kysak. Zvyšky pecných žiaruvzdorov.

Ďalšie vzorky pochádzali z materiálov, ktoré nemali troskový charakter a boli vybraté s cieľom študovať materiál, z akého boli vyrobené steny šachty pece. Nie pri všetkých materiáloch sa preukázalo, že mali spojitosť s výrobou železa. Zvyšky pecných žiaruvzdorov sú na obr. 7. V analyzovaných materiáloch neboli zistené žiadne zostatky železnej rudy.

Všetky vybraté trosky boli vzorkované na chemickú a mikroskopickú analýzu tak, že príslušné časti sa oddelili rezaním diamantovou pílou. Z dvoch najväčších kusov trosiek bolo nutné najprv odlomiť menšie časti a ďalej ich vzorkovať rezaním. Výsledky chemickej analýzy sú na tabele 1.

Na vzorkách odobratých na mikroskopickú analýzu boli štandardným spôsobom brúsením a leštením pripravené mineralogické nábrusy. Na nich sa pod metalografickým mikroskopom študovalo štruktúrne zloženie trosiek, typické štruktúry boli dokumentované fotograficky. Ďalej bola na nábrusoch trosiek urobená kvantitatívna mikroskopická analýza štruktúr. Výsledky tejto analýzy sú na tabele 2.

Aby bolo možné zistiť zloženie žiaruvzdorných materiálov používaných na stavbu šachty pece, boli vybraté vzorky analyzované metódou röntgenovej difrakčnej štruktúrnej analýzy.

VÝSLEDKY ANALÝZ TROSIEK A ŽIARUVZDORNÝCH MATERIÁLOV

Z výsledkov chemických analýz na tabele 1 vidno dva druhy materiálov. Vzorky 6 a 20 sú materiály pecných žiaruvzdorov, ostatné vzorky reprezentujú trosky. Z analýz trosiek vyplýva, že sú výsledkom veľmi neúčinného spôsobu výroby železa. Redukcia v pecnej jednotke bola veľmi nedokonalá, väčšina oxidov železa zo železnej rudy sa redukovala len na oxid železnatý Fe_xO a v takomto stave sa dostala do odpadového materiálu - trosky. Z toho vyplýva aj malý výťažok kovového železa v porovnaní s množstvom vsadeného materiálu. Priemerné množstvo železa v analyzovaných troskách bolo 55,44 hm. %, čo odpovedá zloženiu trosiek s podobným datovaním z iných nálezísk (*Miroššayová - Javorský - Milnok - Hollý 1991*), ale je nižšie než množstvo železa v troskách z jamovej pece. Zo zloženia trosiek ďalej vyplýva, že vsádzka neobsahovala žiadne zásadité prídavky, teda bola dvojzložková, pozostávajúca zo železnej rudy a z drevného uhlia. Prítomnosť určitého množ-

stva MgO v niektorých troskách súvisí so zložením žiaruvzdorov a bude vysvetlená nižšie. Obsahy MnO a Al_2O_3 sú vo všetkých troskách veľmi rovnomerné a svedčia o používanom jednom zdroji rudy.

Analýzy žiaruvzdorov (vzorky 6 a 20) ukázali, že ich podstatnou zložkou bol oxid kremičitý SiO_2. Určité množstvo železa môže pochádzať z penetrácie trosky do prasklín v stenách šachty.

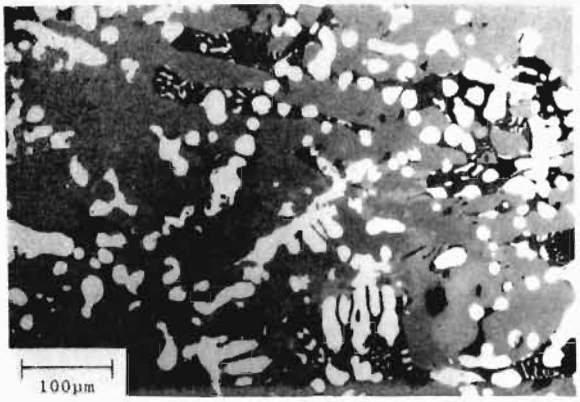
Vzorky 15 a 22 mali extrémne vysoký obsah železa. Tento fakt plne korešponduje aj so štruktúrnou analýzou trosiek (tab. 2). Pri jednoduchej dvojzložkovej vsádzke do pece bolo aj štruktúrne zloženie trosiek jednoduché, pozostávalo z wüstitu Fe_xO a zo skupiny kremičitanových zložiek. Tieto kremičitanové zložky sú z fajalitu, zo železovápenatých olivínov a železnatého skla. Vysoký obsah železa v troske sa spätne odrazil aj na vyššom obsahu wüstitu v štruktúre. Okrem dvoch prípadov bol obsah wüstitu v troskách pomerne rovnomerný, priemerne 28,18 plošných %. Tento obsah nebol veľmi rozdielny od výsledkov analýz trosiek z iných podobne datovaných súborov.

Štruktúra trosiek bola pomerne homogénna, čo je pre tento druh materiálu, pochádzajúceho z prvotných redukčných piecok, dosť nezvyčajné. Takáto v troskách prevládajúca štruktúra, odpovedajúca obsahu 20 až 30 plošných % wüstitu, je na obr. 8-10. Na všetkých troch obrázkoch je wüstit vo forme dendritov strednej veľkosti. Na obr. 8 sú dendrity wüstitu položené v kremičitanovej matrici, zloženej z fajalitu a zo železovápenatého olivínu. V štruktúre na obr. 9 v kremičitanovej matrici prevláda fajalit. Na obr. 10 je v štruktúre veľké množstvo železnatého skla, z ktorého sa pri ochladzovaní vylúčili veľmi jemné dendrity wüstitu. Rozhranie dvoch rozdielnych štruktúr v troske, ktoré môže dokumentovať jej postupné hromadenie v troskovej jame, znázorňuje obr. 11. Formy vylúčenia železnatého skla v štruktúre trosiek sú na obr. 12. Tu sú dobre viditeľné jemné dendrity wüstitu v železnatom skle, pozoruhodné sú aj bodové vylúčenia wüstitu vo fajalite, ktoré svedčia o nerovnomernom rozpúšťaní oxidov železa v železnatých kremičitanoch. Na obr. 13 sú dobre viditeľné dve zložky kremičitanovej matrice, železovápenaté olivíny so zložením blízkym fajalitu. Obrázky 14 a 15 znázorňujú dve, čo sa týka obsahu wüstitu extrémne štruktúry, ktoré sa však v študovaných troskách vyskytovali len ojedinele. Štruktúra s veľmi vysokým obsahom wüstitu na obr. 14 odpovedá troske vzorky 22 s vysokým obsahom železa v zložení. Štruktúra na obr. 15 má zase prevládajúco kremičitanovú štruktúru s nízkym obsahom wüstitu a odpovedá troske vzorky 21.

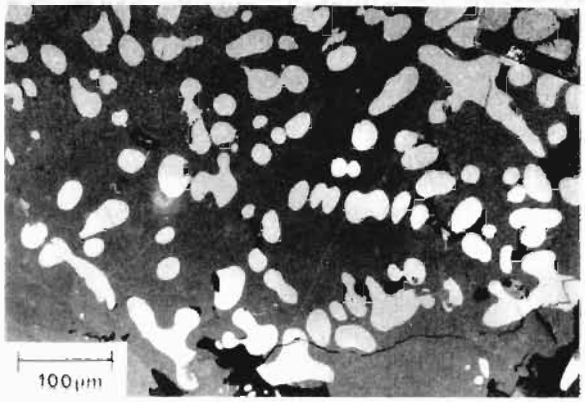
Veľká pozornosť bola venovaná štruktúre pecných žiaruvzdorov. Spomedzi viacerých vzoriek nerudného mineralogického charakteru boli za pecné žiaruvzdory považované hlavne vzorky súvisiace s troskou. Charakteristická bola v tomto smere vzorka 20, zložená z dvoch vrstiev, z tmavošedej, na ktorej bola aj vrstvička trosky s nepravidelnou hrúbkou, a z hnedočervenej. Tento žiaruvzdor mal monofázový charakter, len na okraji, na styku s troskou, boli jemné vylúčenia wüstitu (obr. 16), ktoré mohla spôsobiť penetrácia roztaveného železorudného materiálu do prasklín v žiaruvzdore.

Iný charakter mali vzorky 6 a 8. Na žiaruvzdore bola ďalšia tmavá, čiastočne sklovitá vrstva a až na nej troska. Materiál tejto tmavej vrstvy tvorili minimálne dve kremičitanové zložky, navyše tam boli jemné vylúčenia wüstitu (obr. 17). Veľmi zaujímavá bola štruktúra kontaktu tohto materiálu s troskou. Detail kontaktu je na obr. 18. Tmavá vrstva žiaruvzdoru je pórovitá hmota na ľavej strane obrázku. Troska, ktorá od nej pokračuje, nemá typický vzhľad pecnej trosky, jej zloženie je vo veľkej miere pozmenené. Na kontakte je len trojzložková kremičitanová troska, dve zložky odpovedajú železovápenatým olivínom s nízkym obsahom oxidu vápenatého, prevláda však svetlejšia zložka s vyšším obsahom zásaditých látok (CaO alebo MgO), ktorá mohla vzniknúť aj náhradou časti Fe^{+2} vo wüstite s Mg^{+2} a Ca^{+2} a následkom rozpúšťania v kremičitanovej tavenine. Na obr. 19 je celkový pohľad na kontaktnú zónu, kde vidno, až v akej vzdialenosti sa začína vyskytovať wüstit.

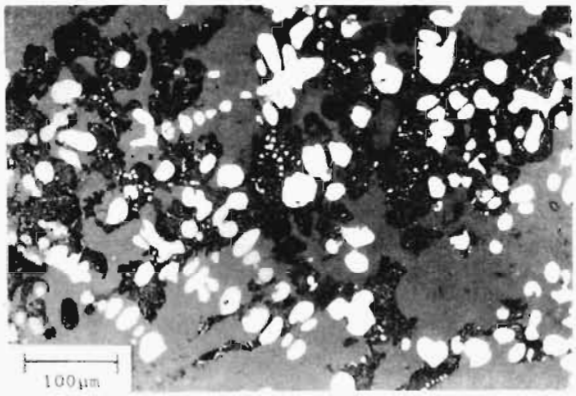
Aby sa dalo definovať zloženie pecných žiaruvzdorných materiálov, boli vzorky 6 a 20 analyzované röntgenovou difrakčnou štruktúrnou analýzou. Analýza vzorky 20, pozostávajúcej z dvoch rôzne sfarbených vrstiev, ukázala, že jedinou štruktúrnou zložkou bol veľmi čistý α-oxid kremičitý. Spojivová zložka nebola stanovená, pretože jej množstvo bolo zrejme pod prahom citlivosti prístroja. Teda pri stavbe stien pece sa používal zámerne vybratý materiál, ktorý dosahoval žiaruvzdorné vlastnosti v súčasnosti používaného veľmi čistého dinasu. Analýza vzorky 6 ukázala, že v zložení okrem čistého α-oxidu kremičitého, ktorý pochádzal zo základnej žiaruvzdornej vrstvy, bola aj ďalšia zložka, ktorá vo vzorke 20 chýbala. Bola to práve zložka majoritná v tmavej sklovitej vrstve, nachádzajúcej sa na hlavnom žiaruvzdornom materiáli. Táto zložka bola $MgO.SiO_2$, resp. $FeO.MgO.SiO_2$ s nízkym obsahom FeO. Takáto olivinická vrstva mohla byť pripravená z olivi-



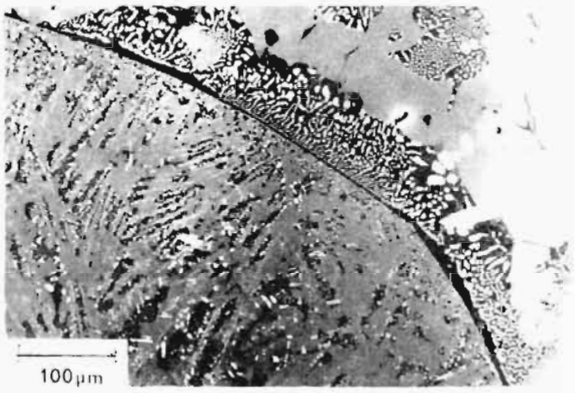
Obr. 8. Kysak. Štruktúra trosky ukazujúca dendrity wüstitu v dvojzložkovej kremičitanovej matrici. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - dve zložky kremičitanovej matrice.



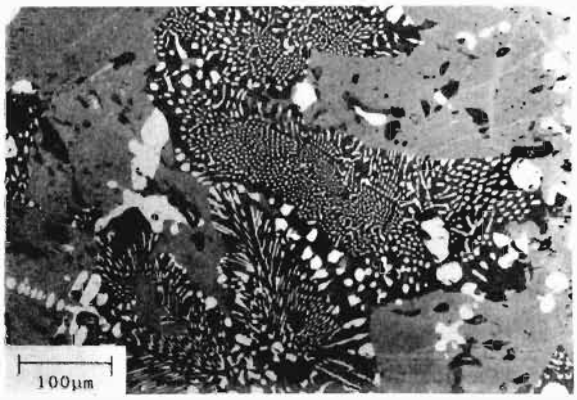
Obr. 9. Kysak. Štruktúra trosky v mieste, kde kremičitanovú matricu tvorí väčšinou len fajalit. Svetlá - wüstit; šedá - fajalit; tmavá - železnaté sklo.



Obr. 10. Kysak. Štruktúra trosky s veľkým množstvom železnatého skla. Svetlá - wüstit; šedá - fajalit; tmavošedá - železnaté sklo.

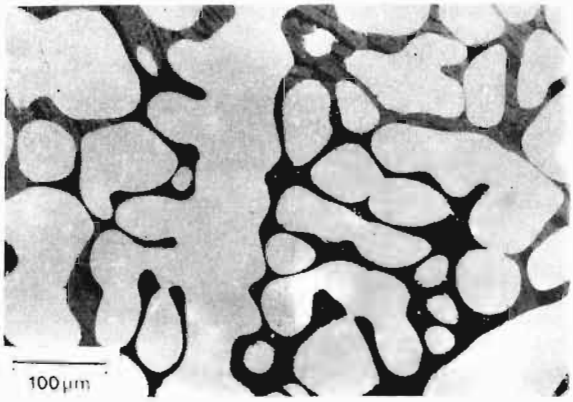


Obr. 11. Kysak. Rozhranie dvoch štruktúr v troske.

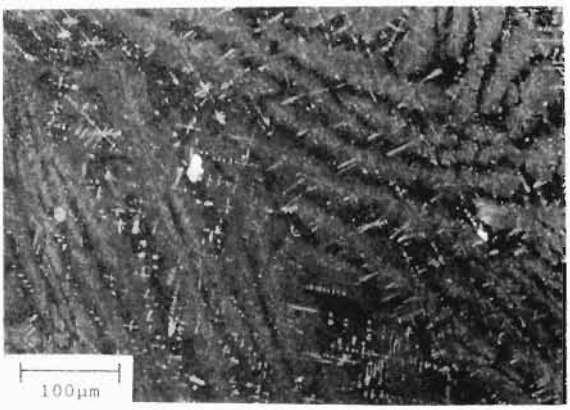


Obr. 12. Kysak. Forma vylúčenia železnatého skla v štruktúre trosky. Svetlá - wüstit; šedá - fajalit; tmavošedá - železnaté sklo; tmavá - póry.

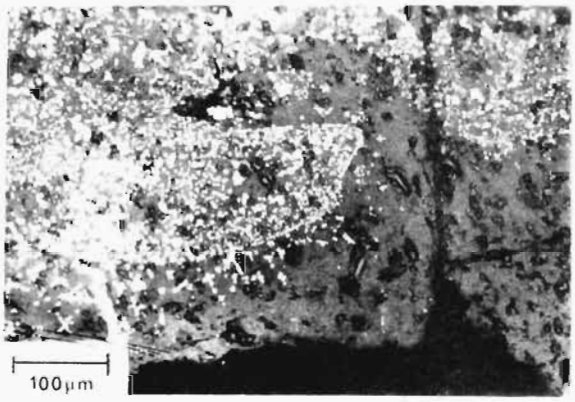
Obr. 13. Kysak. Dva železovápenaté olivíny v štruktúre trosky. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - póry.



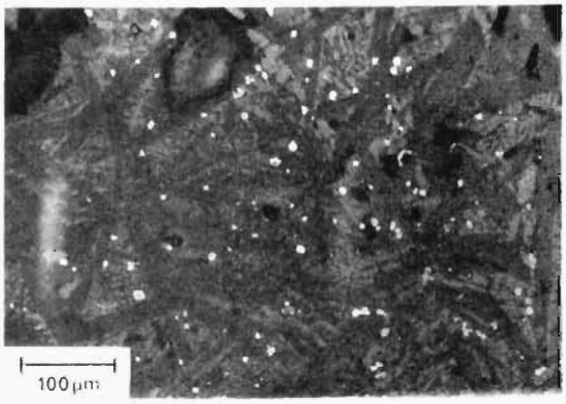
Obr. 14. Kysak. Štruktúra trosky s extrémne vysokým obsahom wüstitu. Svetlošedá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - póry.



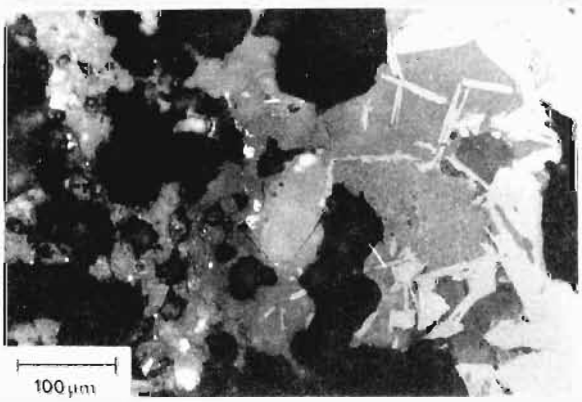
Obr. 15. Kysak. Štruktúra trosky s extrémne vysokým obsahom železovápenatých olivínov. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - dve zložky železovápenatých olivínov.



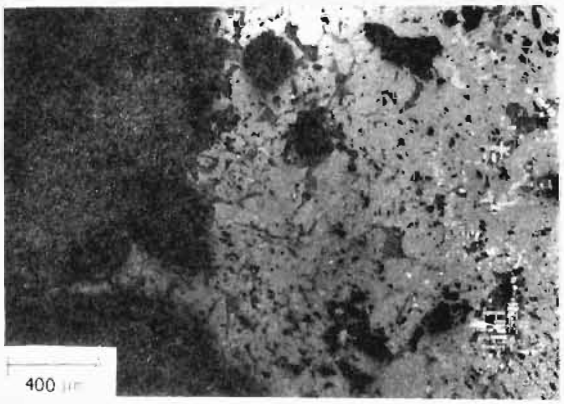
Obr. 16. Kysak. Jemné vylúčenia wüstitu v materiáli pecného žiaruvzdoru.



Obr. 17. Kysak. Štruktúra olivinického výmazu na pecných žiaruvzdoroch.

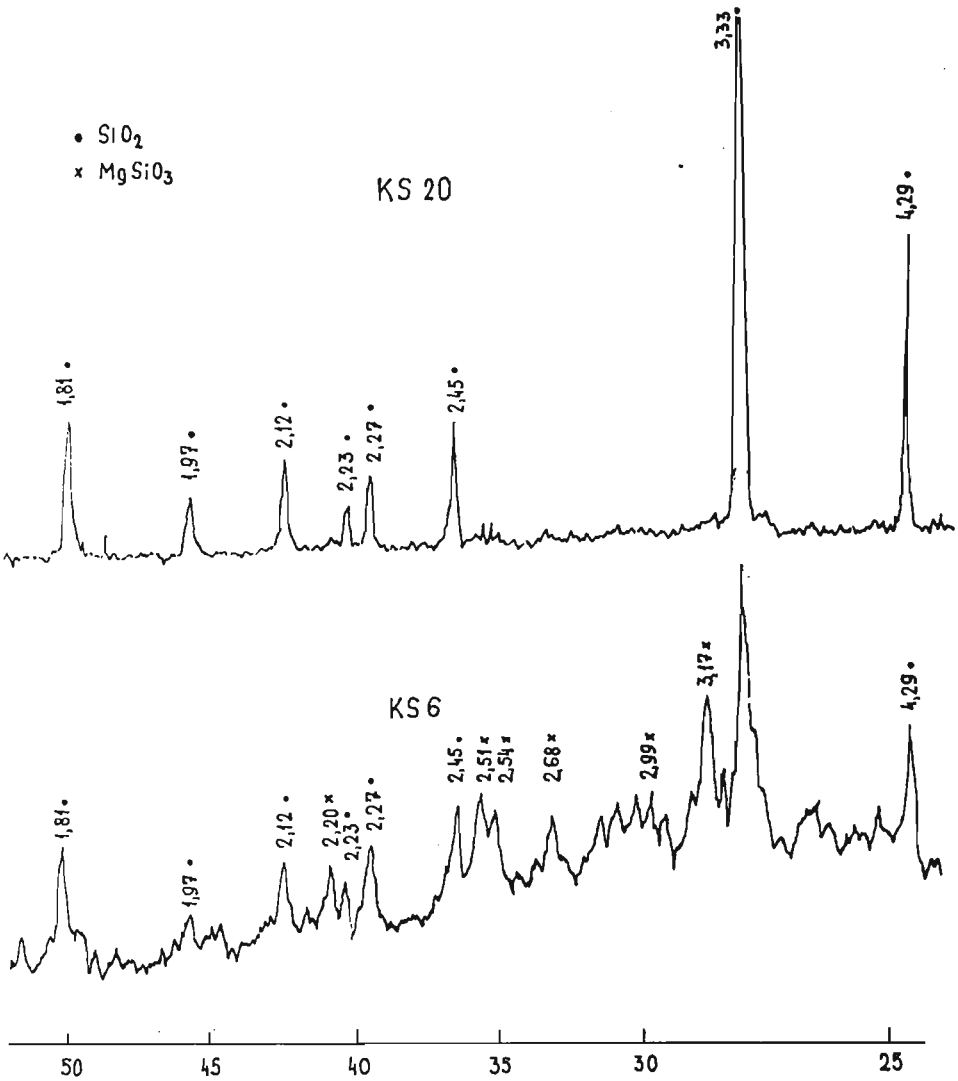


Obr. 18. Kysak. Štruktúra kontaktu trosky s olivinickým výmazom. Pórovitý materiál na ľavej strane obrázku je výmaz, kontaktujúca troska má len olivinický kremičitanový charakter.



Obr. 19. Kysak. Kontaktná zóna medzi troskou a olivinickým výmazom pri malom zväčšení. Troska na kontakte má len kremičitanový charakter, wüstit sa vyskytuje až vo väčšej vzdialenosti od kontaktu.

nického piesku; jeho zdroj v okolí lokality nie je jasný. Záznam röntgenštruktúrnej analýzy vzorky 20, obsahujúci čiary α-SiO_2, je na obr. 20, záznam röntgenštruktúrnej analýzy vzorky 6 je tiež na obr. 20 a obsahuje okrem čiar α-SiO_2 aj čiary $MgO.SiO_2$.



Obr. 20. Kysak. Záznam röntgenštruktúrnej analýzy vzorky 20, obsahujúci len čiary α -SiO_2, a vzorky 6, obsahujúci čiary α -SiO_2 a $MgO.SiO_2$.

VÝSLEDKY ANALÝZ (DISKUSIA)

Z výsledkov analýz vyplýva niekoľko závažných poznatkov o spôsobe a účinnosti tavenia železa v šachtovej peci s troskovou jamou. Hmotnosť trosky v troskovej jame dosahovala až 100 kg. Hoci nepoznáme pomer vsádzkových komponentov železná ruda - drevné uhlie, celková hmotnosť vsádzky bola niekoľko 100 kg. Z hmotnosti trosky môžeme usudzovať aj na hmotnosť výťažku železa z tavby, ktorá bola minimálne 5 až 10 kg. V porovnaní s halštatskými jamovými pieckami bola teda účinnosť tavby niekoľkonásobne vyššia.

Analýzy poskytujú údaje aj o funkčnosti konštrukcie šachtovej pece. Redukciou železorudnej vsádzky sa vytvorila železná huba - výťažok tavby, ktorá sa zachytila v nisteji v oblasti fúkačov. Troska pretekala cez póry železnej huby a zhromažďovala sa v troskovej jame pod pecou. Z analýz trosiek a výťažkov z iných typov malých redukčných piecok je známe, že troska v peci bola veľmi viskózna, málo pohyblivá, póry železnej huby skôr zapĺňala, než nimi pretekala. Je to pochopiteľné,

pretože išlo o kremičitanovú trosku s dlhými kremičitanovými reťazcami a k jej viskozite prispievala aj relatívne nízka teplota v nisteji. Hoci rozpustenie oxidu železnatého v troske pozitívne vplývalo na zníženie viskozity, vplyv zásaditých látok nenahradilo.

Trosky zo šachtových pecí s troskovou jamou mali tiež vyššie opísaný charakter, boli to kremičitany, rozpúšťajúce určité množstvo oxidu železnatého; zásadité prídavky do vsádzky robené neboli. Teda aj tieto trosky boli veľmi viskózne a nemohli cez železnú hubu ľahko pretekať. To znamená, že v nisteji musela byť vytvorená ďalšia podmienka znižujúca viskozitu, a tou je teplota.

Čo mohlo spôsobiť, že v priestoroch nisteje sa dosiahla teplota, pri ktorej si železná huba ešte zachovala pevnú štruktúru, ale viskozita trosky sa znížila na takú mieru, že troska voľne pretekala cez póry železnej huby? Tepelno-teplotné podmienky v peci významným spôsobom ovplyvnilo zloženie materiálu použitého na stavbu stien pece. Základom tohto materiálu bol čistý α-SiO_2, ktorý mal vysoké žiaruvzdorné vlastnosti, obdobné ako vysokokvalitný dinas, teda tepelné straty cez steny boli nižšie. V tejto súvislosti možno uvažovať aj o ďalších konštrukčných prvkoch podporujúcich zvýšenie teploty v nisteji. Mohlo to byť hlavne použitie dvoch fúkačov vzduchu, prípadne aj určité zúženie prierezu nisteje v rovine fúkačov. Tieto názory sú však len v kategórii dohadov, pretože neboli potvrdené nálezmi. Zvýšenie teploty v nisteji, a teda zníženie viskozity trosky a zlepšenie jej pohyblivosti, sú však jasne dokumentované relatívnou homogenitou trosky, ovela väčšou než pri troskách z iných prvotných taviacich jednotiek. Homogenita znamená nízku viskozitu a pohyb trosky v nisteji, zabezpečujúci jej premiešavanie.

Ďalším faktorom zvýšenia pohyblivosti trosky by mohla byť olivinická vrstva, nanesená na kremičitom žiaruvzdore. Ako bolo dokumentované na obrázkoch, táto vrstva zvýšila zásaditosť trosky, ktorá bola s ňou v kontakte, teda znížila sa viskozita. Je možné, že pri zachytení železnej huby v rovine fúkačov najväčší priestor na prechod trosky sa vytvoril pri stenách pece. Pri zvýšení zásaditosti a znížení viskozity trosky práve v týchto miestach mohlo pretekať veľké množstvo trosky. Potvrdením prechodu zásaditých látok na báze horčíka do trosky je chemická analýza na tabele 1.

VÝSKYTY Fe-ZRUDNENIA V OKOLÍ KYSAKU

Hutníci, ktorí tavili železo v študovanej lokalite v Kysaku, mohli železnú rudu dovážať zo vzdialenejších ložísk Spišsko-gemerského rudohoria a (alebo) mohli využívať miestne zdroje železných rúd. Počas základného geologického a ložiskového výskumu boli pracovníkmi katedry geológie a mineralógie Baníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach zaregistrované aj staré banské práce bez bližšieho datovania. Práce boli založené na kutanie na výskyt Fe-zrudnenia, v podradnej miere sa vyskytovala aj Cu-mineralizácia.

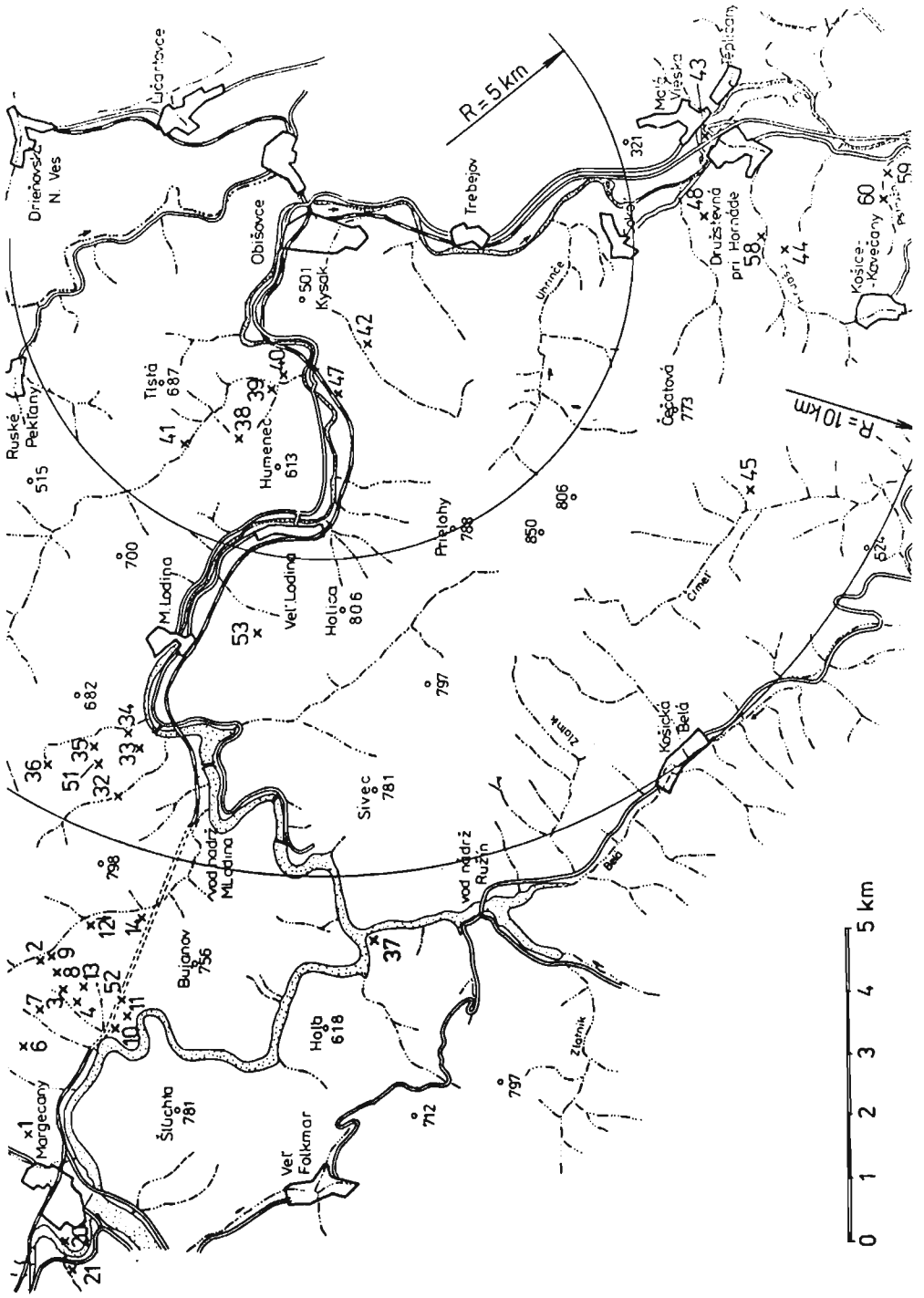
V bezprostrednom okolí Kysaku - vo vzdialenosti do 5 km - bolo zaznamenaných 5 výskytov, vo vzdialenosti do 10 km ďalších 15 výskytov (obr. 21). Väčšina je z hľadiska získavania železnej rudy v množstvách odpovedajúcich nálezom pecí bezvýznamná. V ďalšom budú opísané len tie lokality, kde sú známe stopy po kutaní a ťažbe a kde bol predpoklad ťažby väčšieho množstva rudy. Ide o výskyty 38, 39, 40 a 51 (obr. 21).

Výskyt 38

Veľká Lodina (okr. Košice-vidiek), katastrálna časť Vysoký vrch, na lesnej ceste klesajúcej od kóty 556 m Vysoký vrch do údolia Soputnice, vo výške 490 m asi 8 píng a 1 zavalená malá štôlňa. Prevládajúcim minerálom je spekularit. Je prítomný vo forme hniezd a žiliek od 2-3 mm až do 3 cm. Okrem spekularitu sa dajú miestami pozorovať pseudomorfózy limonitu po pyrite.

Výskyt 39

Veľká Lodina, asi 600 m severozápadne od vtoku Sopotnice do Hornádu na ľavom brehu posledného pravostranného prítoku Sopotnice, 5 píng. Tento výskyt má podobnú charakteristiku ako výskyt 38, hlavným minerálom je spekularit. Pri mikroskopickom štúdiu boli pozorované aj ďalšie minerály - limonit (goethit) a malachit, ktoré vznikli po pyrite, resp. chalkopyrite. Na jednom nábruse bol pozorovaný aj magnetit.



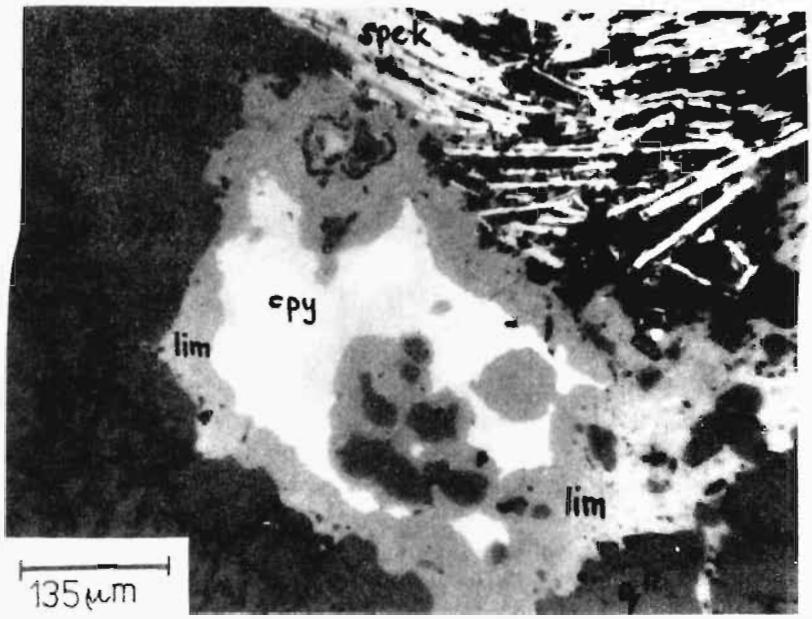
Obr. 21. Kysak. Lokalizácia výskytov Fe-zrudnenia v 5 a 10 km vzdialenosti od Kysaku.

Výskyt 40

Veľká Lodina, Sopotnica - dolný tok, 350 m severozápadne od sútoku s Hornádom, nadmorská výška 305 m, drobné kutacie jamy. Ide o povlaky spekularitu na puklinách lokálne epidotizovanej horniny, resp. o výplň drvených zón v hydrotermálne alterovanom granodiorite. Povlaky spekularitu na plochách puklín sú nesúvislé, dosahujú submilimetrové hrúbky. Spekularit tmeliaci drvené zóny sa vyskytuje vo forme hniezd až žiliek s rozmermi až do 2,5 cm. Na jednom nábruse sa nachádza kremeň - sideritová žilka. Miestami sú limonitizované allotriomorfné zrná chalkopyritu s lemom z limonitických zložiek. Spekularit uzatvára všetky predchádzajúce minerály, je jemne šupinkatý (obr. 22).

Výskyt 51

Sedlice (okr. Prešov), pod Ostrým hrbom, na hrebeni medzi potokmi Rakytina a Jelenč, vo výške 580 m asi 100 m od hrebeňovej lesnej cesty *pingové pole pozostávajúce z niekoľkých píng a* troch zavalených štôlní. Boli zistené úlomky kremencov zrudnené Fe-minerálmi, rozmery rudnej výplne sú v centimetroch. Pozorovateľný je spekularit, limonit, kremeň a psilomelán. V bezprostrednej blízkosti výskytu boli nájdené kusy rudy a troska.



Obr. 22. Veľká Lodina. Štruktúra minerálov s obsahom spekularitu a limonitu z výskytu 40. Chalkopyrit (spy) zmenený na limonit (lim), vpravo hore spekularit (spek), okolo kremeň II (q'') a siderit (sid).

Chemická analýza rudy: 29,60 % Fe celk.; 0,42 % FeO; 50,40 % SiO_2; 1,12 % CaO; 1,50 % MnO. Chemická analýza trosky: 44,68 % Fe celk.; 50,73 % FeO; 38,12 % SiO_2; 4,48 % CaO; 2,59 % MnO.

Z uvedeného vyplýva, že na spomínaných lokalitách sa nachádza aj limonit, typický sfarbením, teda tieto lokality mohli zaujať prospektorov už v protohistorických obdobiach. Väčšina Fe-mineralizácie je tvorená oxidmi, spekularitom a magnetitom. Je otázne, či dané ložiská mohli byť zdrojom železnej rudy pre metalurgické dielne v Kysaku, hlavne z hľadiska množstva a bohatosti rudy. Pri predpokladanom väčšom rozsahu dielní by množstvo spracovanej železnej rudy mohlo byť v množstve niekoľko desiatok ton. Ďalšie nálezy trosky, napr. pri výskyte 51, ale aj v katastri blízkej obce Obišovce, nasvedčujú, že v tejto oblasti mohla výroba železa prebiehať vo väčšom časovom rozmedzí a na viacerých lokalitách.

ZÁVER

V práci je hodnotený unikátny nález východokeltských pecí s troskovou jamou, používaných na tavenie železa z rúd. Rozbormi bolo zistené:

1. Trosková jama pod pecou mala priemer 50 až 60 cm, hĺbku okolo 40 cm.

2. Množstvo trosky v troskovej jame bolo až 100 kg. Podľa toho je možné predpokladať množstvo výťažku - železnej huby - až do 10 kg.

3. Výťažok sa vytvoril v nisteji v oblasti fúkačov. Cez póry železnej huby pretekala troska, ktorá sa hromadila v troskovej jame. Pred tavbou bola trosková jama vyplnená raždím.

4. Aby troska mohla pretekať cez póry železnej huby, musela byť dostatočne tekutá. To sa pravdepodobne dosiahlo vyššími teplotami v nisteji. Vyššia tekutosť trosky bola potvrdená aj jej relatívne vysokou homogenitou.

5. Vyššia teplota bola dosiahnutá konštrukčnými zlepšeniami nisteje a šachty pece. Steny pece boli vyrobené z vysokokvalitného žiaruvzdorného materiálu na báze SiO_2. Je predpoklad používania aspoň dvoch fúkačov vzduchu na jednu pec.

6. Tekutosť trosky mohlo zvýšiť aj použitie špeciálneho vnútorného výmazu stien pece z olivinického piesku.

7. Vsádzka do pece pozostávala zo železnej rudy a drevného uhlia. V okolí Kysaku je známych niekoľko v minulosti exploatovaných ložísk železných rúd na báze spekularitu a hematitu. Je otázne,

či tieto ložiská mohli poskytovať železnú rudu v dostatočnom množstve a kvalite pre väčšie metalurgické dielne, aké boli v Kysaku.

8. Rozmiestnenie troskových jám ponúka názor, že teleso pece po vybratí výťažku bolo celé premiestnené nad novú troskovú jamu v tesnej blízkosti a pripravené na ďalšiu tavbu.

Tab. 1. Výsledky chemickej analýzy trosiek, hm. %

Číslo vzorky	Fe_c	FeO	SiO_2	CaO	MgO	MnO	Al_2O_3
1	50,26	51,73	30,32	2,24	0	1,83	2,04
2	55,85	56,3	24,78	2,24	0	1,89	2,45
3	60,3	58,9	20,4	1,1	0	1,43	2,45
4	54,7	51,7	24,36	2,24	0	1,83	2,85
5	50,26	53,1	28,04	1,12	0	2,03	3,06
6	14,5	-	72,8	-	-	-	-
11	52,5	58,9	24	2,8	0	2,15	1,6
12	43,6	47,9	43	0,56	0	1,06	0,4
14	54,2	61,2	21,9	2,24	0	1,98	1,6
15	77,6	73,3	10,7	0,56	0	1,28	1,2
16	43,6	50,3	26,4	4,48	0	1,87	1,8
17	59,7	56,3	19,8	2,8	0	1,37	1,8
20	8,9	-	70,6	-	-	-	-
21	49,7	52,3	25,52	3,3	0,4	1,67	2,04
22	71,5	46,7	7,8	1,12	0,4	1,38	2,2
23	50,8	46,7	23	2,8	0	1,51	2,04
24	53	55,5	29	3,58	1,6	1,72	1,6
25	58,1	62,1	18,62	3,3	0,4	1,5	1,2
26	56,9	67,1	17,2	2,24	1,6	1,43	1,6

Tab. 2. Výsledky kvantitatívnej mikroskopickej analýzy trosiek, plošné %

Číslo vzorky	Wüstit	Kremičitany
1	23,05	76,95
2	26,07	73,93
3	33,64	66,36
4	26,89	73,11
5	21,94	78,06
11	30,91	69,09
12	23,85	76,15
14	36,88	63,12
15	41,72	58,28
16	18,67	81,33
17	17,86	82,14
21	11,94	88,06
22	54,72	45,28
23	29,25	70,75
24	8,62	91,38
25	35,37	64,63
26	37,64	62,36

L i t e r a t ú r a

BIELENIN, K. 1973: Shaft Iron Smelting Furnace of the Pit Type in Ancient Europe. Mater. archeol., 14, s. 5-101.

BIELENIN, K. 1974: Ancient Mining and Iron Metallurgy in Holy Cross Mountains. Warszawa - Kraków.

CENGEL, P. - MIHOK, Ľ. - JAVORSKÝ, F. 1982: Štúdium trosiek a vymuroviek starovekých železiarskych pecí. Hutn. Listy, č. 7, s. 522-525.

MIHOK, Ľ. - MIROŠŠAYOVÁ, E. 1993: Počiatky výroby železa na území Slovenska. Oceľové plechy, č. 3/4, s. 3-11.

MIROŠŠAYOVÁ, E. 1993: Stopy metalurgickej činnosti v Kysaku. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1993. Nitra, v tlači.

MIROŠŠAYOVÁ, E. - JAVORSKÝ, F. - MIHOK, Ľ. - HOLLÝ, A. 1991: Metalurgická činnosť na lokalite Pod zelenou horou v Hrabušiciach. In: Nové Obz. 32. Košice, s. 71-97.

PLEINER, R. 1980: Early Iron Metallurgy in Europe. In: The Coming of the Age of Iron. Red. T. A. Wertime a J. D. Muhly. London, s. 375-415.

PLEINER, R. - BIALEKOVÁ, D. 1982: The Beginnings of Metallurgy on the Territory of Czechoslovakia. Bull. of the Metals Museum, J. Inst. of Metals, 7. december 1982, s. 16-28.

TYLECOTE, R. F. 1992: A History of Metallurgy. London.

EAST-CELTIC FURNACES WITH A SLAG PIT FROM KYSAK

Summary

A topic of the work is an unique find of east-Celtic furnaces with slag pits in Kysak (district of Košice) used for smelting of iron from ores. A method of functioning of these furnaces and their construction is discussed here as well as reasons of high temperatures in the hearth of furnace causing flowing of a slag through pores of an iron sponge. The slag pits had diameters of 45 to 55 cm and weight of a caught slag was about 100 kg. Mass of iron sponge in the hearth of furnace could achieve even 10 kg. Overground construction of a furnace, a hearth and a shaft were made of refractory material with high content of SiO_2.

Usage of this material for construction of a furnace together with intensive air-driving to the hearth resulted in temperatures with which a slag viscosity was sufficiently low for flowing of a slag through pores of the iron sponge. The furnace interior was lined by material on the basis of olivine $MgO.SiO_2$. This material changed the slag character on the place of contact with the wall by that the slag became less viscous and just in this place the greatest mass of slag was flowing to a slag pit. In this work mines of iron ores around Kysak which were exploited also in the past are described.

Fig. 1. Kysak. The half of the slag cake.
Fig. 2. Kysak. The fragment of the slag cake.
Fig. 3. Kysak. A stalactite-shaped part of the slag.
Fig. 4. Kysak. A stalactite-shaped part of the slag.
Fig. 5. Kysak. A part of the slag with charcoal impresses.
Fig. 6. Kysak. A part of the slag with charcoal impresses.
Fig. 7. Kysak. Scraps of the furnace refractories.
Fig. 8. Kysak. The structure of the slag showing dendrites of wüstite in a double-parted silicate matrix. Light - wüstite, grey and dark grey - two parts of a silicate matrix.
Fig. 9. Kysak. The structure of a matrix in the place where the silicate matrix is created especially by fayalite. Light - wüstite, grey - fayalite, dark - a ferrous glass.
Fig. 10. Kysak. The structure of the slag with a great amount of a ferrous glass. Light - wüstite, grey - fayalite, dark grey - a ferrous glass.
Fig. 11. Kysak. A dividing line of two structures in the slag.
Fig. 12. Kysak. A separation of a ferrous glass in the slag structure. Light - wüstite, grey - fayalite, dark grey - a ferrous glass, dark - pores.

Fig. 13. Kysak. Two ferrous calcareous olivines in the slag structure. Light - wüstite, grey and dark grey - ferrous calcareous olivines, dark - pores.

Fig. 14. Kysak. The structure of the slag with extremely high content of wüstite. Light grey - wüstite, grey and dark grey - ferrous-calcareous olivines, dark - pores.

Fig. 15. Kysak. The structure of the slag with extremely high content of ferrous-calcareous olivines. Light - wüstite, grey and dark grey - two parts of the olivines.

Fig. 16. Kysak. Fine separations of wüstite in the material of the furnace refractory.

Fig. 17. Kysak. The structure of the olivine line on the furnace refractories.

Fig. 18. Kysak. The structure of the slag contact with the olivine line. The porous material on the left side of the figure is the line, contacting slag has only an olivine-silicate character.

Fig. 19. Kysak. A contacting zone of the slag and the olivine line in a small magnifying. The slag on the contacting place has only a silicate character, wüstite appears in the greater distance from it.

Fig. 20. Kysak. An X-ray picture of a structural analysis of sample 20, containing lines of α *-SiO, and that of sample 6, containing lines of* α *- SiO and MgO,* SiO_2.

Fig. 21. Kysak. A localization of Fe-ore mineralization occurences in 5 and 10 km distances from Kysak.

Fig. 22. Veľká Lodina. The structure of minerals with the content of specularite and limonite from occurence No. 40. Chalcopyrite (cpy) changed into limonite (lim), above right specularite (spek), around quartzite II (q") and siderite (sid).

KOVÁČSKA VÝROBA NA DÁCKOM HRADISKU MALÁ KOPAŇA

Ľubomír Mihok - Viačeslav Grigorievič Kotigoroško - Alojz Hollý -
Alena Pribulová - Peter Cengel

Rozvoj ľudskej civilizácie je úzko spojený s rozvojom výroby kovov a kovových predmetov. Týka sa to hlavne železa, ktoré je už viac než dve tisícročia dominujúcim kovom. Každá kultúra v tomto období priniesla nové prvky i metódy vo výrobe a spracovávaní železa. Je povinnosťou archeológov, archeometalurgov a historikov skúmať a hodnotiť tieto prínosy. Pozoruhodné sú otázky prenosu technologických informácií medzi susediacimi alebo následnými kultúrami. Kým metódy výroby železa aj napriek určitým modifikáciám majú ľahšie charakterizovateľné spoločné rysy, kováčske metódy výroby železných predmetov vykazujú väčšiu variabilitu v závislosti od osobnej invencie jednotlivých kováčov alebo od kováčskej výroby v špecializovaných skupinách. Túto remeselnícku činnosť preto možno charakterizovať len na základe výsledkov detailného metalografického výskumu.

Tento príspevok prezentuje výsledky metalografického výskumu železných predmetov, ktoré boli nájdené na dáckom hradisku Malá Kopaňa (Malaja Kopaňa) na Zakarpatskej Ukrajine. Na základe týchto výsledkov sú uvedené metódy, ktoré používali dácki kováči pri výrobe jednotlivých druhov predmetov, a sú špecifikované charakteristické rysy a zvláštnosti týchto metód. Výsledky slúžia aj na porovnanie s výrobnými metódami keltských kováčov, teda príslušníkov etnika, ktoré v danom regióne predchádzalo dácke etnikum, resp. koexistovalo s ním, hlavne z hľadiska prenosu informácií o týchto metódach.

DÁCKE HRADISKO MALÁ KOPAŇA

V 1. polovici 1. stor. pred n. l. sa kmene Dákov zjednotili a vytvorili štátny útvar ranootrokárskeho typu. Vojenskými výpravami rozšírili svoje územie až do severných Karpát a do oblasti stredného Dunaja.

Dácke hradisko Malá Kopaňa je archeologickej a historickej komunite známe už od konca 19. stor. Väčšia pozornosť sa venuje hradisku až od päťdesiatych rokov tohto storočia. Výsledkom systematického výskumu Užhorodskej štátnej univerzity bolo aj odstránenie nepresností v kultúrnochronologickom datovaní. Hradisko je datované do rokov 63 pred n. l. až 106 n. l.

Situované je na vrchole pahorka s výškou 80 m, ktorý z východu obteká Tisa. Opevnenie pozostávalo z troch valov a palisády. Celková obývaná plocha hradiska bola 3,5 ha, kultúrna vrstva mala hrúbku 0,2 až 1,2 m. Pri vykopávkach boli objavené a preskúmané obydlia, objekty hospodárskeho a iného charakteru vrátane jám. Kultúrna vrstva vydala veľký počet predmetov z kovov, kameňa, zo skla a fragmentov keramiky. Veľké množstvo železných aj neželezných predmetov svedčí o intenzívnej kováčskej produkcii na hradisku.

Len 7 km od hradiska sa nachádza oblasť, veľká okolo 30 km^2, ohraničená obcami Vovčenskoje - Ďjakovo - Novoklinovo - Julevcy - Chyža - Černa, charakteristická zdrojmi železných rúd a rozsiahlou produkciou čiernej metalurgie v dobe laténskej a rímskej. Je zrejmé, že kováčska výroba na hradisku Malá Kopaňa priamo súvisela s výrobou a spracovávaním železa v tejto oblasti. Dokumentovaná je nálezom kováčskej dielne v severovýchodnej časti lokality a veľkým množstvom železných predmetov.

Kováčska dielňa mala nadzemnú konštrukciu 8 x 3,4 m a bola postavená z dreva, kamenia a hliny. V strede dielne bola kováčska nistej, obložená kameňmi. Železný inventár podľa použitia možno rozdeliť do troch skupín, a to na predmety:

súvisiace s kováčskou výrobou,
ekonomického charakteru,
vojenského charakteru.

Ďalej boli nájdené predmety ozdobného charakteru, väčšinou z bronzu, a kovové mince.

Veľké množstvo fragmentov keramiky nasvedčuje na rozsiahlu a kvalitnú hrnčiarsku výrobu. Bola zistená aj sklárska dielňa s pecou. Dácke hradisko Malá Kopaňa predstavuje vysunutý post dáckeho etnika v hornom Potisí a súčasne najväčšie remeselnícke centrum v tejto oblasti na začiatku 1. tisícročia n. l. Detailná informácia o dáckom hradisku Malá Kopaňa je v prácach *Bidziľa 1971; Kotigoroško 1989.*

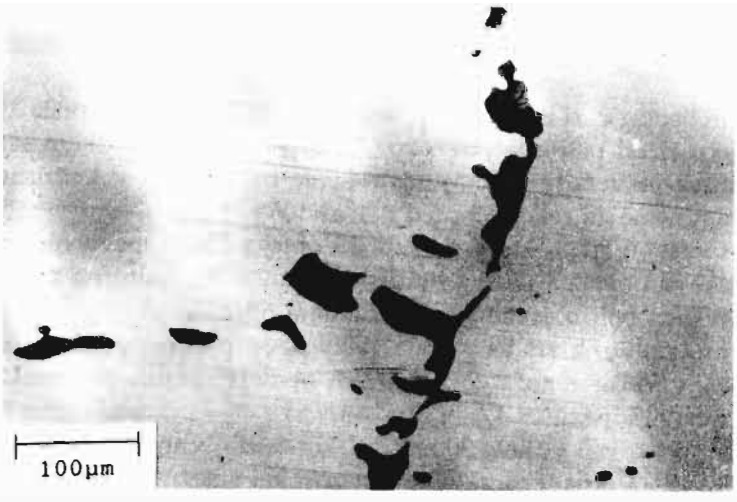
METALOGRAFICKÁ ANALÝZA ŽELEZNÝCH PREDMETOV

Z nálezového súboru bolo vybratých 16 predmetov, ktoré reprezentovali všetky tri skupiny. Boli to kosák, kosa, kladivo, sekera, kliešte, 3 nože, 2 dláta, 2 kopije, klin, náramok a 2 klince. Aby sa dala urobiť metalografická analýza, z predmetov sa odobrali rezom vzorky, umožňujúce študovať štruktúru kovu. Odber bol robený diamantovou pílou a deštrukcia bola robená tak, aby sa po skončení analýz dal predmet rekonštruovať do pôvodného stavu. Z každého predmetu boli odobraté 1 až 2 vzorky tak, aby charakterizovali hlavné konštrukčné prvky použité pri výrobe. Niektoré rezy ukázali úplnú koróziu predmetu v danom mieste, ktorá neumožnila odber použiteľnej vzorky.

Na vzorkách zaliatych do dentacrylu sa štandardným spôsobom brúsením a leštením pripravil metalografický výbrus. Vzorky boli potom prezerané v nenaleptanom stave pod metalografickým mikroskopom. Zaznamenali a fotograficky sa dokumentovali spojenia konštrukčných prvkov, nedokonalé zvary a nekovové inklúzie. Potom bola zviditeľnená štruktúra kovu na metalografickom výbruse leptaním v nitale. Ďalšou analýzou pod metalografickým mikroskopom sa zaznamenali a dokumentovali štruktúry a ich distribúcia na výbruse. Na základe výsledkov metalografických analýz boli potom urobené závery o kováčskych metódach výroby jednotlivých predmetov.

VÝSLEDKY ANALÝZ ŽELEZNÝCH PREDMETOV

Pri analýze výbrusov všetkých vzoriek v nenaleptanom stave boli na nich zistené dva druhy nekovových inklúzií, ktoré sú typické pre železné predmety vyrábané kováčmi v protohistorických obdobiach. Prvý druh predstavuje inklúzie pecnej trosky (obr. 1). Tieto inklúzie sú dôkazom výroby železa redukčným procesom v malej redukčnej piecke. Majú typickú skladbu pecnej trosky, zloženej z wüstitu Fe_xO a zo železnatých kremičitanov. Výťažok tavby v malej redukčnej piecke - železná huba - obsahuje veľké množstvo trosky, ktorá sa odstraňuje kovaním pri výrobe polotovarov. Určité množstvo trosky však vždy v štruktúre takto vyrobeného kovu zostáva.

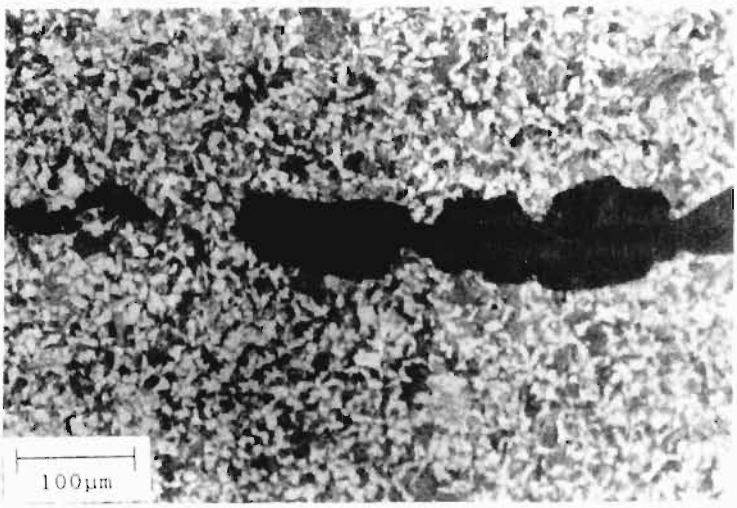


Obr. 1. Malá Kopaňa. Inklúzie pecnej trosky v železných predmetoch.

Druhým druhom boli tmavé sklovité inklúzie železnatého kremičitanu $FeO.SiO_2$, často vo forme väčších pásov (obr. 2) alebo kovaním rozbité na menšie častice. Tieto inklúzie vznikli z kremičitého piesku, ktorý použili kováči na rozpustenie okovín, vznikajúcich pri ohreve na povrchu polotovarov alebo hotových predmetov. Prítomnosť týchto inklúzií teda svedčí o použití ohrevu, resp. kováčskeho zvárania pri výrobe predmetov; ich množstvo aj vzájomný pomer v jednotlivých predmetoch sa javili rozdielne.

Vzorka 1 - kosa, inv. č. 1657

Kosa je znázornená na obr. 3 spolu so schematickým znázornením vzorkovania a metalografickou analýzou. Z kosy boli odobraté dve vzorky, jedna z chrbta a druhá z ostria. Pri metalo-



Obr. 2. Malá Kopaňa. Inklúzie železnatých kremičitanov, ktoré vznikli z kremenného piesku pridávaného kováčmi na rozpustenie okovín.

grafickej analýze vzorky 1A, odobratej z chrbta kosy, je na makroštruktúre vzorky dokumentované miesto, z ktorého sú ďalej prezentované snímky mikroštruktúry. Bola zistená jemná lamelárna perlitická štruktúra s ostrovčekmi feritu. Na chrbte kosy je asi 10 % feritu, smerom do vnútra tela kosy obsah feritu mierne narastá. Na makroštruktúre vzorky 1B, odobratej z ostria, sú vyznačené miesta snímkovania mikroštruktúr. Na ostrí (miesto 1) je jemnozrnná perlitická štruktúra s nízkym obsahom feritu. Veľmi jemné zrno je výsledkom intenzívneho kovania ostria. Smerom do vnútra tela kosy (miesta 2 a 3) narastá podiel feritu až na 35-40 %. Feritické zrno je veľmi jemné, polyedrické, perlit čiastočne sferoidizovaný.

Z výsledkov metalografických analýz možno určiť nasledujúci spôsob výroby: Kosa bola vyrobená zvarením niekoľkých polotovarov. Buď tieto polotovary, alebo kosa po zvarení boli podrobené miernemu nauhlíčeniu, čím sa dosiahla pomerne rovnomerná feriticko-perlitická štruktúra v celom objeme kosy. Následne bola kosa na strane ostria aj chrbta znovu hlbšie nauhlíčená. Tým sa v týchto miestach získala tvrdá perlitická štruktúra, ktorá na mieste ostria zabezpečila vhodné úžitkové vlastnosti kosy. Spôsob nauhlíčenia celého predmetu a ďalšieho douhlíčenia pracovných častí nepatrí medzi kováčske techniky bežné v protohistorických obdobiach.

Vzorka 2 - kladivo, inv. č. 822

Kladivo a jeho metalografická analýza sú na obr. 4. Bola odobratá jedna vzorka z plosky - pracovnej plochy. Z makroštruktúry vzorky vidno veľmi nehomogénny charakter štruktúry. Mikroštruktúra vzorky z kladiva je dokumentovaná na dvoch miestach. Hlavnú štruktúrnu zložku tvorí nízkouhlíkový martenzit, ďalej bol zistený sorbit a v malom množstve aj ferit. Z metalografickej analýzy vyplýva nasledujúci spôsob výroby kladiva: Kladivo bolo urobené kováčskym zvarením niekoľkých poloproduktov a kovaním. Pracovná časť bola mierne a veľmi nehomogénne nauhlíčená a zakalená. Aj napriek nedokonalému nauhlíčeniu zakalením vytvorila sa tvrdá štruktúra, pre použitie kladiva veľmi vhodná.

Vzorka 3 - sekera, inv. č. 603

Sekera je na obr. 5. Boli odobraté dve vzorky, jedna z ostria (3A), druhá z tuľajky (3B). V metalografickej analýze vzorky z ostria (3A) sú dokumentované dve miesta v štruktúre, jedno bližšie k ostriu (1), druhé viac vo vnútri sekery (2). Materiál sekery mal feriticko-perlitickú štruktúru, pochádzajúcu z mierneho nauhlíčenia. V oblasti ostria bolo viacej uhlíka, teda viac perlitu v štruktúre, a výskyt widmanstättenových štruktúr.

Podobný charakter distribúcie štruktúr bol zistený aj vo vzorke z tuľajky (3B). Aj zo zobrazenia makroštruktúry vidieť, že v strede prierezu je iná štruktúra než na okrajoch. Snímky mikroštruktúry dokumentujú štruktúru v strede (1) a na okraji (2) prierezu. Aj v strede tuľajky bola mierne nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra, na okraji nauhlíčená štruktúra s vyšším obsahom perlitu.

Z metalografických rozborov vyplýva, že pri výrobe sekery bola použitá podobná technológia ako pri výrobe kosy. Sekera bola vyrobená kováčskym zváraním nízkouhlíkových polotovarov, potom celá mierne nauhlíčená. Ako finálne spracovanie sa použilo hlbšie nauhlíčenie povrchu v ob-

lasti ostria aj tuľajky. Nauhlíčením sa dosiahla vyššia tvrdosť povrchovej vrstvy a dobré úžitkové vlastnosti sekery.

Vzorka 4 - kliešte, inv. č. 671

Kliešte sú na obr. 6. Vzhľadom na veľmi skorodovaný stav bolo možné odobrať len vzorku z konca ramena klieští. Tento stupeň skorodovania vidno aj zo zobrazenia makroštruktúry. Na celom priereze bola len nízkouhlíková feritická štruktúra. Na rameno klieští bol nízkouhlíkový, mäkší a húževnatý materiál vhodný. Či boli hroty klieští nauhlíčené, prípadne zakalené, nebolo možné vzhľadom na použité vzorkovanie zistiť.

Vzorka 5 - kosák, inv. č. 821

Kosák je na obr. 7. Boli odobraté dve vzorky, z ostria (5A) a z chrbta (5B). Zobrazené mikroštruktúry zo vzorky 5A reprezentujú miesto v tele kosáka (1) a na ostrí (2). Z mikroskopických pozorovaní a zobrazení vyplýva, že v tele kosáka bola feriticko-perlitická štruktúra s mierne zvýšeným obsahom perlitu. Na ostrí bola podobná štruktúra, ale s nižším množstvom perlitu, teda s nižším obsahom uhlíka.

Na metalografickej analýze vzorky z chrbta kosáka (5B) je zobrazená štruktúra blízko chrbta a štruktúra v tele. Štruktúry sú veľmi podobné tým, ktoré boli zistené vo vzorke ostria. Teda v tele kosáka bola viac nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra, blízko chrbta menej nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra s nízkym obsahom perlitu.

Z metalografických analýz vyplýva, že kosák bol vyrobený podobným spôsobom ako kosa, teda po zvarení z polotovarov celý mierne nauhlíčený. V tomto prípade však nebolo urobené ďalšie hlboké nauhlíčenie ostria, prípadne aj chrbta, v týchto miestach boli štruktúry s nižším obsahom uhlíka. Mohli vzniknúť sekundárne oduhlíčením pri žíhaní predmetu. Absencia hlbokého nauhlíčenia pracovných častí spôsobila nízke kvalitatívne vlastnosti tohto predmetu. Je predpoklad, že v tomto prípade išlo o technologickú chybu.

Vzorka 6 - nôž, inv. č. 492

Nôž je na obr. 8. Boli odobraté dve vzorky, jedna z čepele bližšie k hrotu (6A), druhá z rúčky (6B). Na metalografickej analýze vzorky 6A z čepele dve snímky mikroštruktúr z rôznych miest výbrusu ukazujú nauhlíčené štruktúry, zároveň dokazujú nerovnomerné nauhlíčenie. V mieste 1 bola zistená vysokouhlíková perlitická štruktúra s čiastočne sferoidizovaným perlitom a so sekundárnym cementitom po hraniciach pôvodných austenitických zŕn. V mieste 2 je o niečo menej nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra s lamelárnym perlitom a feritickým polyedrickým zrnom.

Pri metalografickej analýze vzorky 6B z rúčky noža pozorovanie mikroštruktúry v dvoch miestach výbrusu prinieslo podobné poznatky ako analýza vzorky z čepele. V mieste 1 bola zistená menej nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra s lamelárnym perlitom a widmanstättenovými štruktúrami, v mieste 2 hlboko nauhlíčená perlitická štruktúra s lamelárnym perlitom.

Z analýz vyplýva, že celý nôž po zvarení a kovaní bol nerovnomerne hlboko nauhlíčený. Na účely použitia bolo nauhlíčenie celého tohto menšieho predmetu vhodné. Forma perlitu nasvedčuje na žíhanie predmetu vo finálnej forme, od ktorého mohli kováči očakávať lepšiu trvanlivosť výrobku.

Vzorka 7 - dláto, inv. č. 1678

Dláto je na obr. 9. Boli odobraté dve vzorky, z hrotu dláta (7A) a z konca rúčky (7B). Ako vidno zo snímky makroštruktúry vzorky 7A, mikroštruktúra bola dokumentovaná na troch miestach. Zistené štruktúry boli veľmi nehomogénne, väčšinou spôsobené zakalením predmetu, teda martenzitické a troostitické. Okrem nich boli zistené aj štruktúry feriticko-perlitické s náznakmi widmanstättenovho usporiadania. To nasvedčuje na veľmi nerovnomerné nauhlíčenie pred zakalením.

Pri metalografickej analýze vzorky z konca rúčky bola na celom priereze objavená len hrubozrnná feritická štruktúra. Na rúčku dláta bol tento mäkký železný materiál vhodný.

Z analýzy vyplýva vyrobenie dláta zváraním z nenauhlíčených železných polotovarov a kovaním. Potom bol hrot dláta nauhlíčený a zakalený. Nauhlíčenie bolo nerovnomerné, takisto aj distribúcia zákalných štruktúr. Napriek tomu tento spôsob prípravy dláta na použitie bol vhodný,

hrot získal dostatočnú tvrdosť. Nízkouhlíkový húževnatý materiál v ostatnej časti dláta bol primeraný.

Vzorka 8 - nôž, inv. č. 812

Nôž je na obr. 10. Bola odobratá jedna vzorka z ostria. Metalografická analýza výbrusu ukázala, že nôž bol urobený nakovaním dvoch polotovarov, z ktorých jeden mal nízkouhlíkovú feritickú štruktúru s cementitom na hraniciach zŕn, druhý feriticko-perlitickú štruktúru, miestami s widmanstättenovým usporiadaním. Tieto dve rozdielne štruktúry sú viditeľné na snímke mikroštruktúry. Obidva polotovary zasahovali do oblasti ostria. Z analýzy ďalej vyplýva, že ostrie nebolo nauhlíčené. Všetky spomenuté fakty prispeli k tomu, že nôž nemal vysoké úžitkové vlastnosti.

Vzorka 9 - kopija, inv. č. 1821

Kopija je na obr. 11. Boli odobraté dve vzorky, z hrotu (9A) a z hrany listu (9B). Na výbruse vzorky z hrotu bola zistená v strede menej nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra, pri povrchu viac nauhlíčená perliticko-feritická štruktúra. Makroštruktúra vzorky 9B, odobratej z listu kopije, ukazuje veľmi nerovnomerné nauhlíčenie v tejto časti predmetu. Striedajú sa tam pásy s rozdielnym obsahom perlitu, ako je znázornené aj na snímke mikroštruktúry. Tieto pásy sú oddelené pásmi troskových aj kováčskych inklúzií. Deformácia inklúzií má pôvod v intenzívnom kovaní tenkého profilu listu kopije.

Z metalografických analýz vyplýva, že list kopije bol vyrobený z dvoch alebo viacerých polotovarov a vo finálnej forme mierne a nerovnomerne nauhlíčený. Hrot listu bol potom zámerne hlboko nauhlíčený, kalený však nebol. Tým sa dosiahla jeho dostatočne vysoká tvrdosť. Použitá technológia výroby bola vhodná.

Vzorka 10 - dláto, inv. č. 2034

Dláto je na obr. 12. Boli odobraté dve vzorky, z hrotu a z rúčky. Vzorka z hrotu dláta, úplne skorodovaná, neobsahovala žiadne kovové železo a na analýzu nemohla byť použitá. Rúčka dláta bola dutá, vzorka teda mala tvar prstenca a po rozpílení sa hneď rozpadla na dve časti - polotovary, z ktorých bola zvarená. Tento fakt súčasne naznačuje aj na nekvalitný zvar.

V ľavom polotovare na zobrazení makroštruktúry boli zistené veľmi rozdielne štruktúry: na povrchu štruktúra hlboko nauhlíčená, perlitická s lamelárnym perlitom (1), ktorá prechádzala do feriticko-perlitickej štruktúry (2) s nižším obsahom perlitu a s jemným feritickým zrnom (3). V pravom polotovare boli nízkouhlíkové feritické štruktúry s cementitom po hraniciach zŕn (4). Táto štruktúra prechádzala postupne na feriticko-perlitickú štruktúru s malým obsahom degenerovaného perlitu, vylúčeného po hraniciach zŕn (5), miestne až na feriticko-perlitickú štruktúru s vyšším obsahom perlitu a jemnejším feritickým zrnom.

Z výsledkov analýz nie je možné urobiť úvahy týkajúce sa pracovnej časti dláta. Na rúčku boli vybraté dva štruktúrne veľmi rozdielne polotovary, obidva nauhlíčené, jeden viac, druhý menej a veľmi nerovnomerne. Z toho vyplýva, že konštrukcii rúčky a výberu materiálov nevenovali kováči zvláštnu pozornosť. Tento jav je bežný a zaznamenal sa aj v iných analyzovaných súboroch (*Mihok - Soláriková - Hollý - Čilinská 1991; Mihok - Pribulová - Mačala 1995*). Je pravdepodobné, že na rúčku bol použitý odpadový materiál z kováčskej dielne.

Vzorka 11 - klin, inv. č. 1668

Klin je na obr. 13. Vzorka reprezentovala priečny prierez. Z makroštruktúry vzorky vidno zvarenie klina z troch pásov - polotovarov. Miesta zvarov sú indikované hlavne výraznými pásmi kováčskych inklúzií. Zvary sa porušili pri používaní klina. Výbrus svedčí o rozdielnej štruktúre použitých polotovarov. Boli zachytené štruktúry feriticko-perlitické s widmanstättenovým usporiadaním a s rôznym obsahom perlitu, ktoré prechádzali na štruktúry feritické s nízkym obsahom cementitu alebo degenerovaného perlitu po hraniciach zŕn (1). V okrajových častiach boli štruktúry perlitické, ktoré sú indikované svetlejšími miestami na zobrazení makroštruktúry. Rozhranie takejto štruktúry je znázornené v mieste 2. Z analýz je zrejmé, že klin po zvarení z troch polotovarov bol ešte hlboko nauhlíčený na povrchu. Tým sa dosiahla vysoká povrchová tvrdosť a vhodné vlastnosti klina.

Vzorka 12 - kopija, inv. č. 340

Kopija je na obr. 14. Vzorka bola odobratá z hrotu. Z obrazu makroštruktúry na výbruse vidno, že hrot kopije bol zvarený minimálne z dvoch polotovarov. Metalografická analýza ukázala v strede prierezu štruktúry feritické a feriticko-perlitické s nízkym obsahom perlitu. Je možné, že feritické štruktúry majú pôvod v žíhaní pri ohreve polotovarov pred kováčskym zváraním. Smerom k okraju pribúdalo perlitickej zložky a na okrajoch bola len vysokouhlíková perlitická štruktúra s lamelárnym perlitom. Toto rozloženie štruktúr nasvedčuje na výrobu hrotu kopije z polotovarov, ktoré boli mierne nauhlíčené, resp. na mierne nauhlíčenie celého hrotu po jeho zvarení. Nasledovalo hlboké nauhlíčenie hrotu na povrchu, čím kopija získala požadované vlastnosti. Použitá technológia bola vhodná.

Vzorka 13 - náramok, inv. č. 1664

Náramok je na obr. 15. Vzorka bola odobratá z priečneho prierezu. Na celom výbruse sa ukázali štruktúry, ktoré vznikli nauhlíčením. Štruktúry boli feriticko-perlitické a podstatné sú medzi nimi len malé rozdiely v množstve perlitickej zložky. Na celom priereze bolo zistené widmanstättenovo usporiadanie. Teda nauhlíčenie bolo relatívne veľmi rovnomerné. Riadky a pásy kremičitanových kováčskych inklúzií nasvedčujú na možnosť zvarenia predmetu z tenkých železných pásikov. Z hľadiska použitia náramku je účel nauhlíčenia tohto predmetu nejasný.

Vzorka 14 - nôž, inv. č. 212

Nôž je na obr. 16. Bol vzorkovaný priečnym rezom. Zo zobrazenia makroštruktúry vidno vyrobenie zvarením z troch polotovarov tzv. sandwichovou technikou, typickou už pre keltských kováčov (*Lang 1985*). Na všetkých troch častiach boli však zaznamenané podobné štruktúry, teda konečná úprava noža bola robená až po príprave jeho finálneho tvaru. Použité polotovary mali nízkouhlíkovú feritickú štruktúru. Po príprave noža zváraním a kovaním bol nôž nauhlíčený a zakalený. Výsledok tohto spracovania sa javí ako štruktúry martenzitické, troostitické, perlitické a feriticko-perlitické. Príčinou takejto zostavy štruktúr bolo nerovnomerné nauhlíčenie a nerovnomerné zakalenie. V tomto ohľade možno uvažovať o blokujúcom vplyve pásov kremičitanov v oblastiach zvarov. Pozoruhodné sú perlitické zrná s lamelárnym perlitom, ohraničené nízkouhlíkovým martenzitom (1). Napriek nehomogénnemu charakteru štruktúr technológia nauhlíčenia a zakalenia pri výrobe bola vhodná a nôž takto získal veľmi dobré úžitkové vlastnosti.

Vzorka 15 - klinec, inv. č. 152

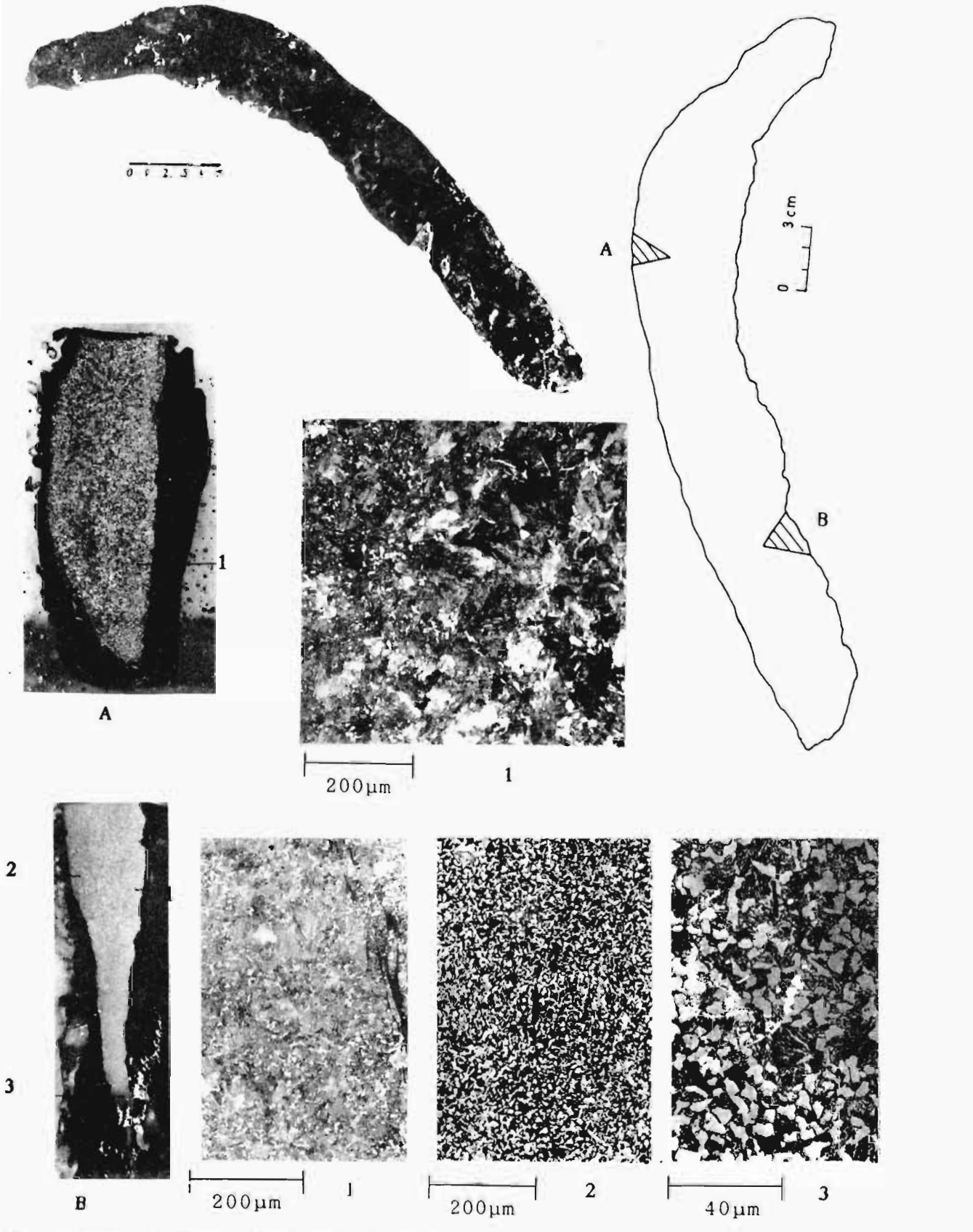
Klinec je na obr. 17. Priečnymi rezmi na obidvoch koncoch boli odobraté dve vzorky. Makroštruktúra vzorky 15A ukazuje, že klinec bol zvarený z dvoch železných pásikov - polotovarov. Obidve časti mali na priereze prakticky rovnakú feriticko-perlitickú štruktúru s jemne lamelárnym perlitom. Druhý koniec klinca bol veľmi skorodovaný. Na priereze bolo veľmi málo oddelených kúskov kovového železa. Tieto drobné miesta mali len hrubozrnnú nízkouhlíkovú feritickú štruktúru. Je však známe, že korózii viac podliehajú nauhlíčené štruktúry, teda je predpoklad, že aj v tomto mieste bola štruktúra nauhlíčená.

Z metalografických analýz vyplýva, že klinec bol vyrobený zvarením z dvoch nízkouhlíkových feritických polotovarov a vo finálnom tvare mierne nauhlíčený. Technológia výroby klinca bola vhodná, týmto spôsobom získal dostatočnú tvrdosť.

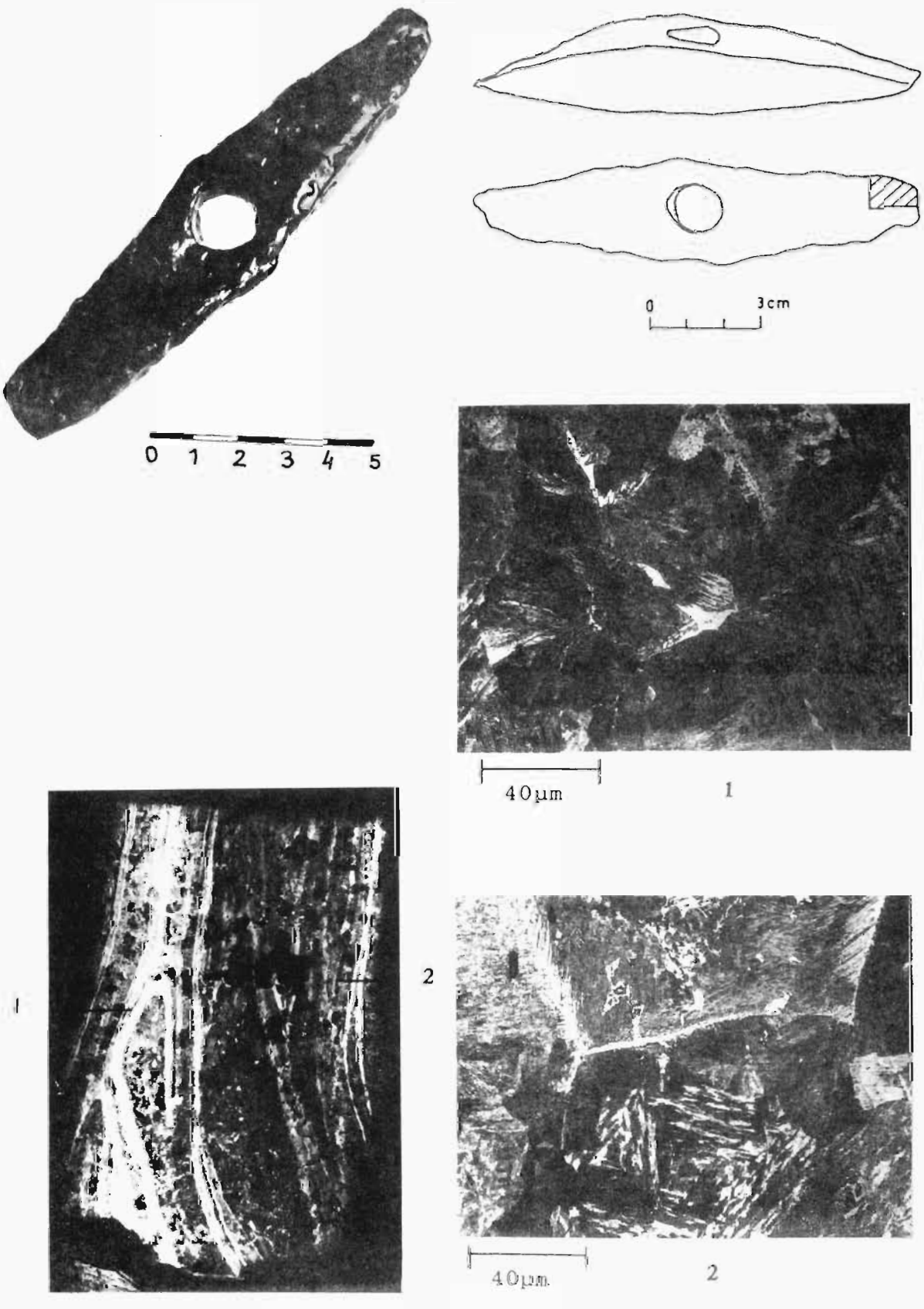
Vzorka 16 - klinec, inv. č. 620

Klinec je na obr. 18. Vzorka bola odobratá priečnym rezom pri hrote. Zo zobrazenia makroštruktúry je zrejmá veľmi homogénna štruktúra. Je to mierne nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra s widmanstättenovým usporiadaním na celom priereze. Perlit je vylúčený ako jemne lamelárny a čiastočne sferoidizovaný.

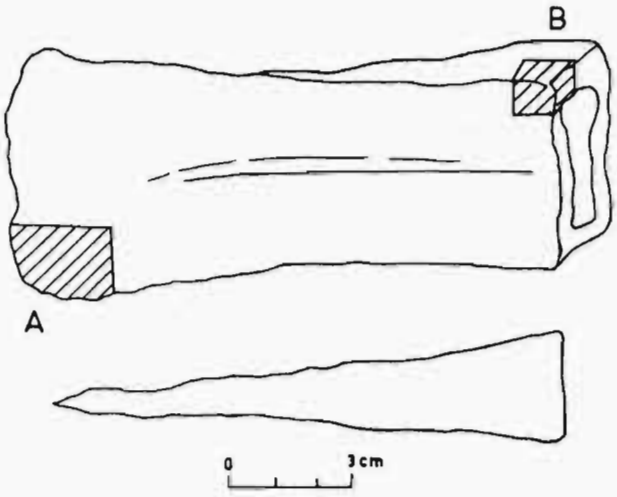
Metalografická analýza nasvedčuje na veľmi dokonalú technológiu použitú pri výrobe. Po príprave tvaru bol klinec veľmi rovnomerne mierne nauhlíčený. Tým sa dosiahli veľmi vhodné vlastnosti, tvrdosť a dostatočná húževnatosť.

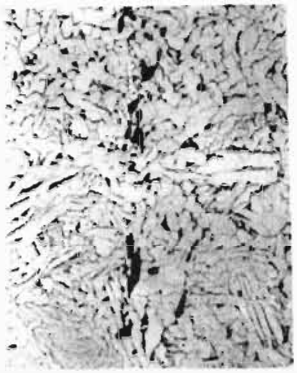


Obr. 3. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 1 - kosy, inv. č. 1657.

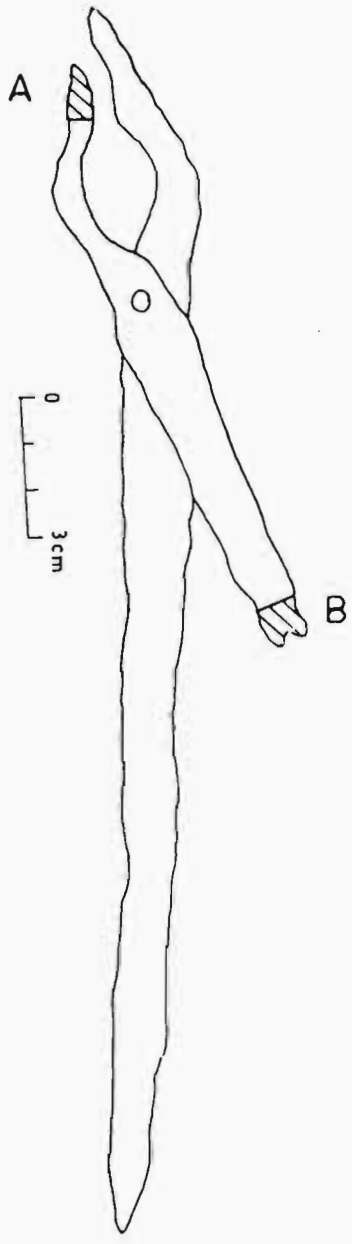


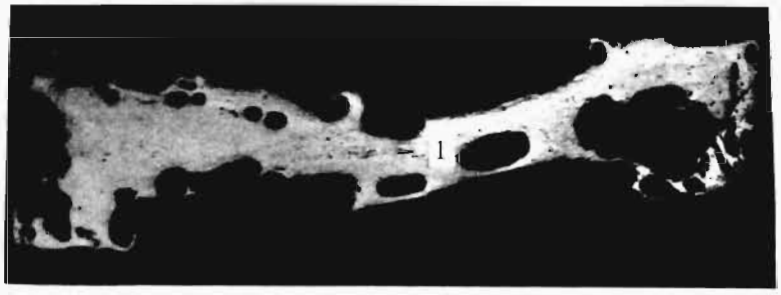
Obr. 4. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 2 – kladivo, inv. č. 622.

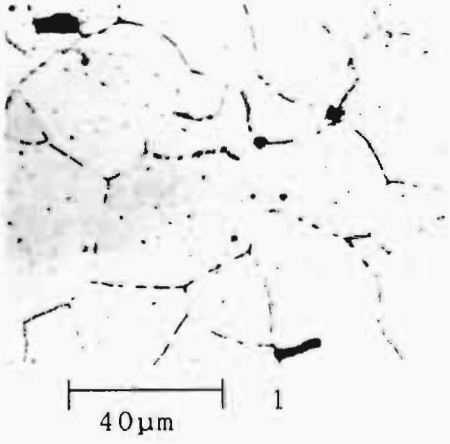




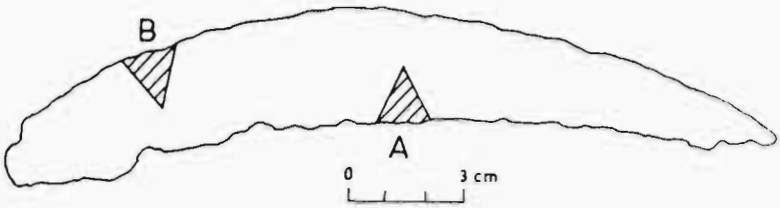
Obr. 5. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 3 - sekery, inv. č. 603.

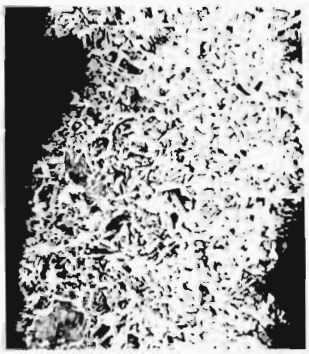


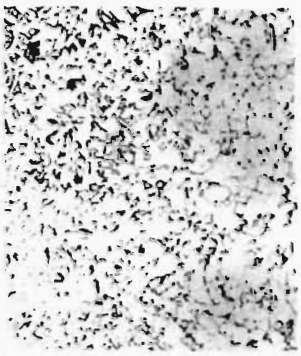


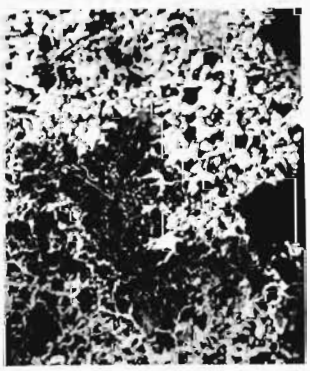


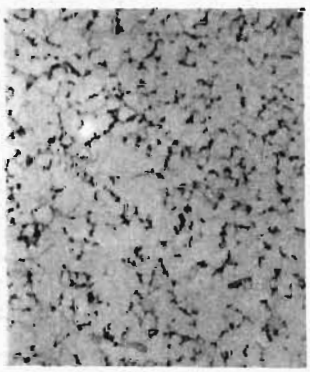
Obr. 6. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 4 - kliešť, inv. č. 671.



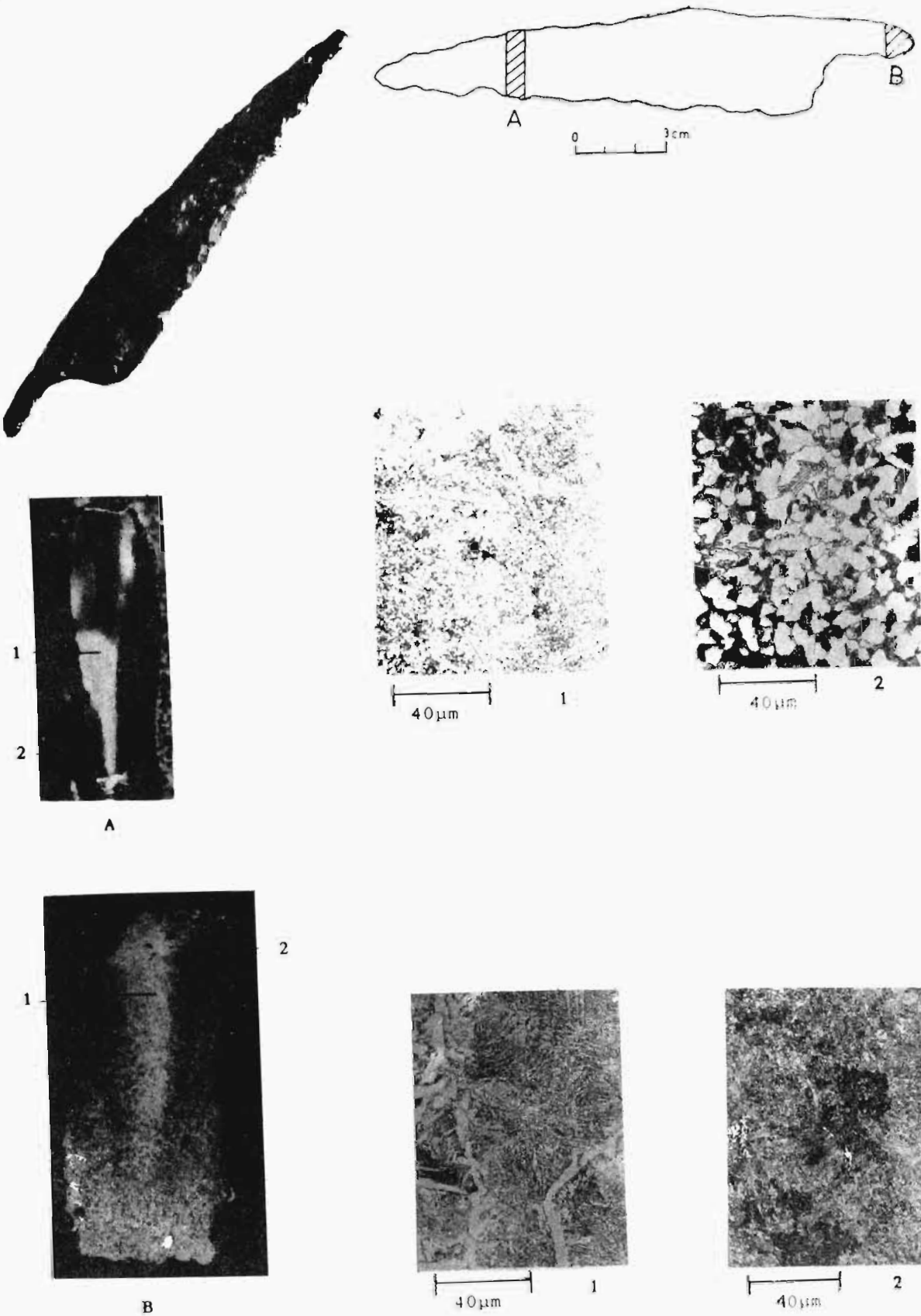




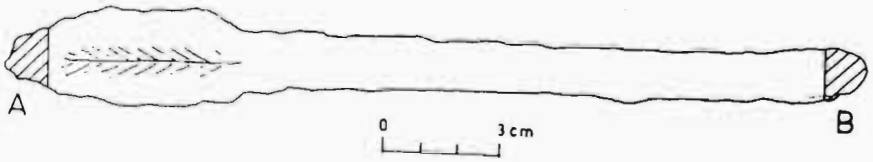


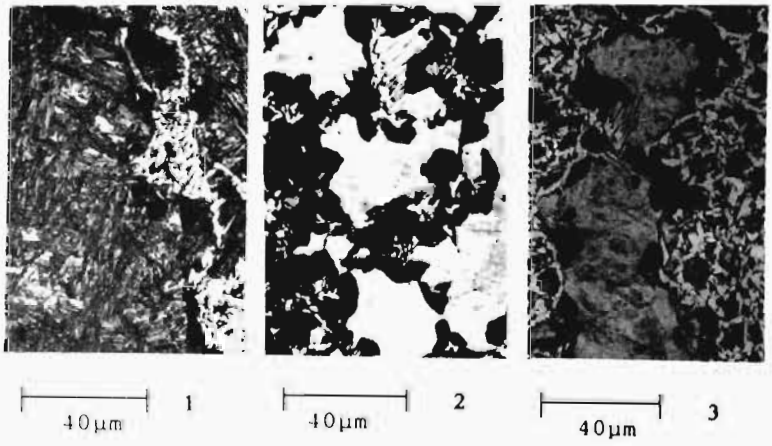


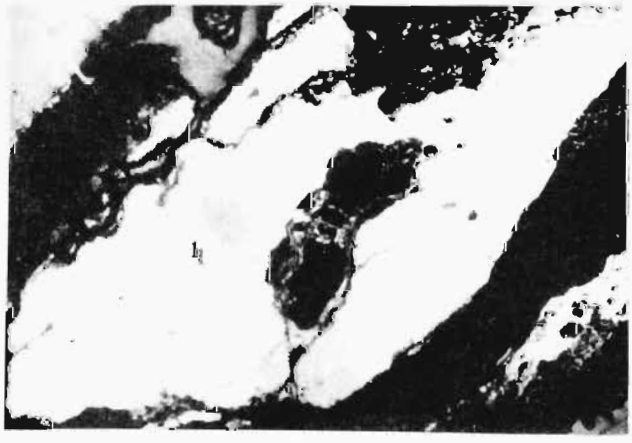
Obr. 7. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 5 - kosáka, inv. č. 821.

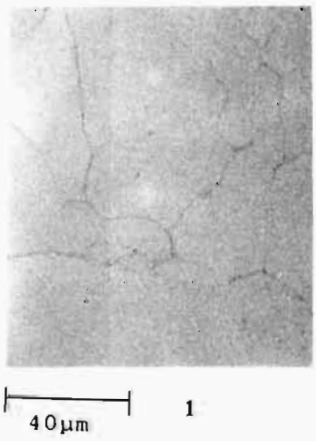


Obr. 8. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 6 - noža, inv. č. 492.

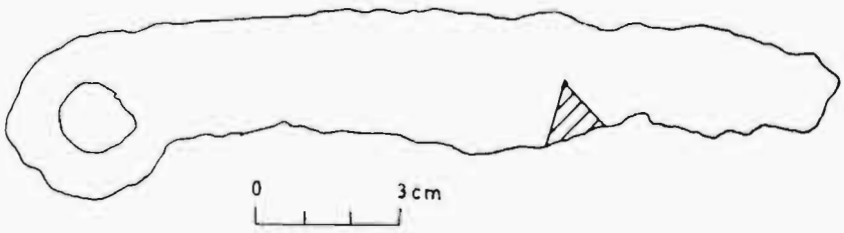


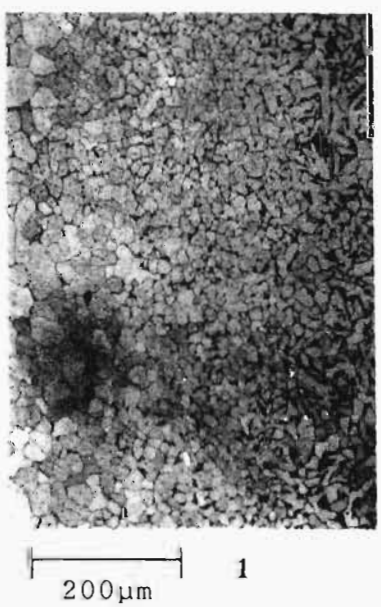




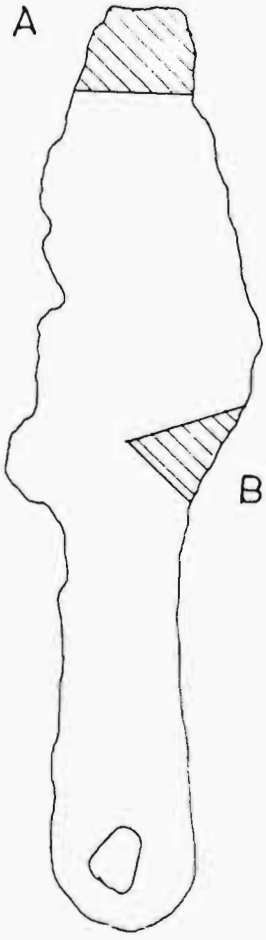


Obr. 9. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 7 - dláta, inv. č. 1678.

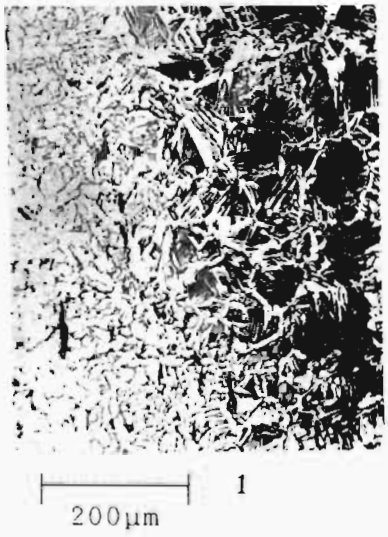




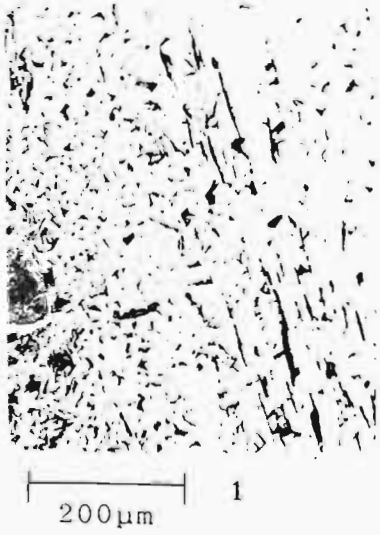
Obr. 10. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 8 - nože, inv. č. 812.



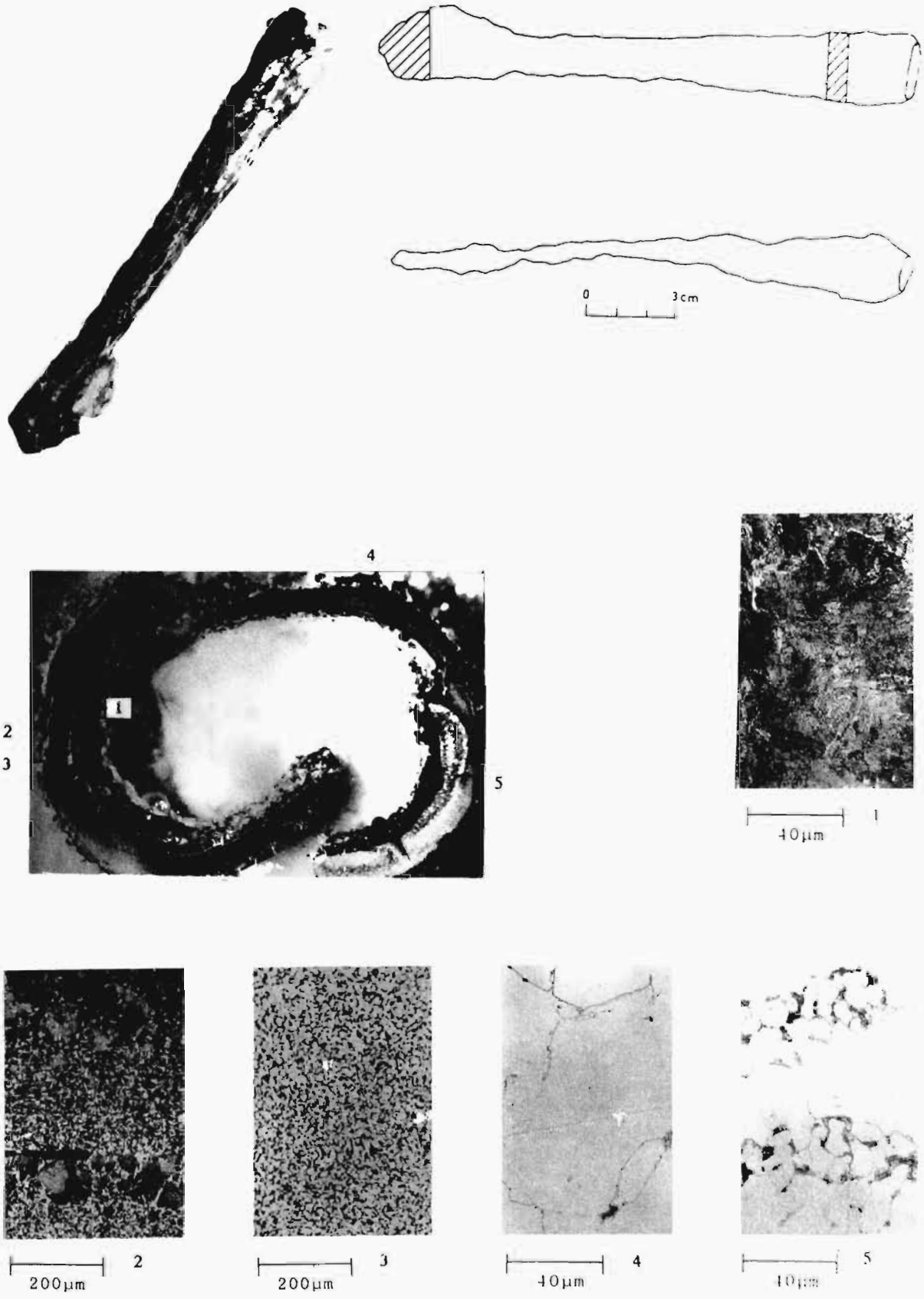
A



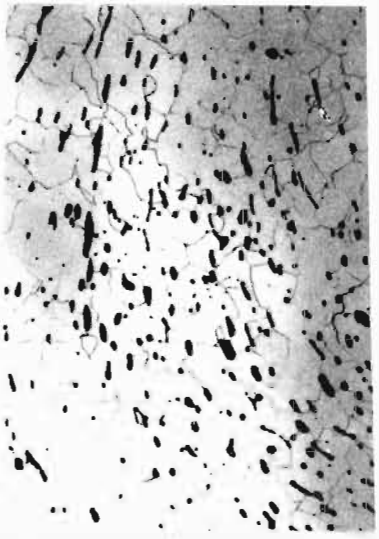
B

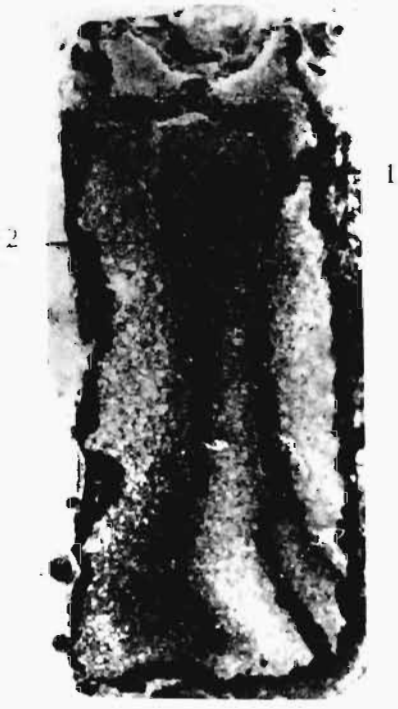


Obr. 11. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 9 - kopije, inv. č. 1821.

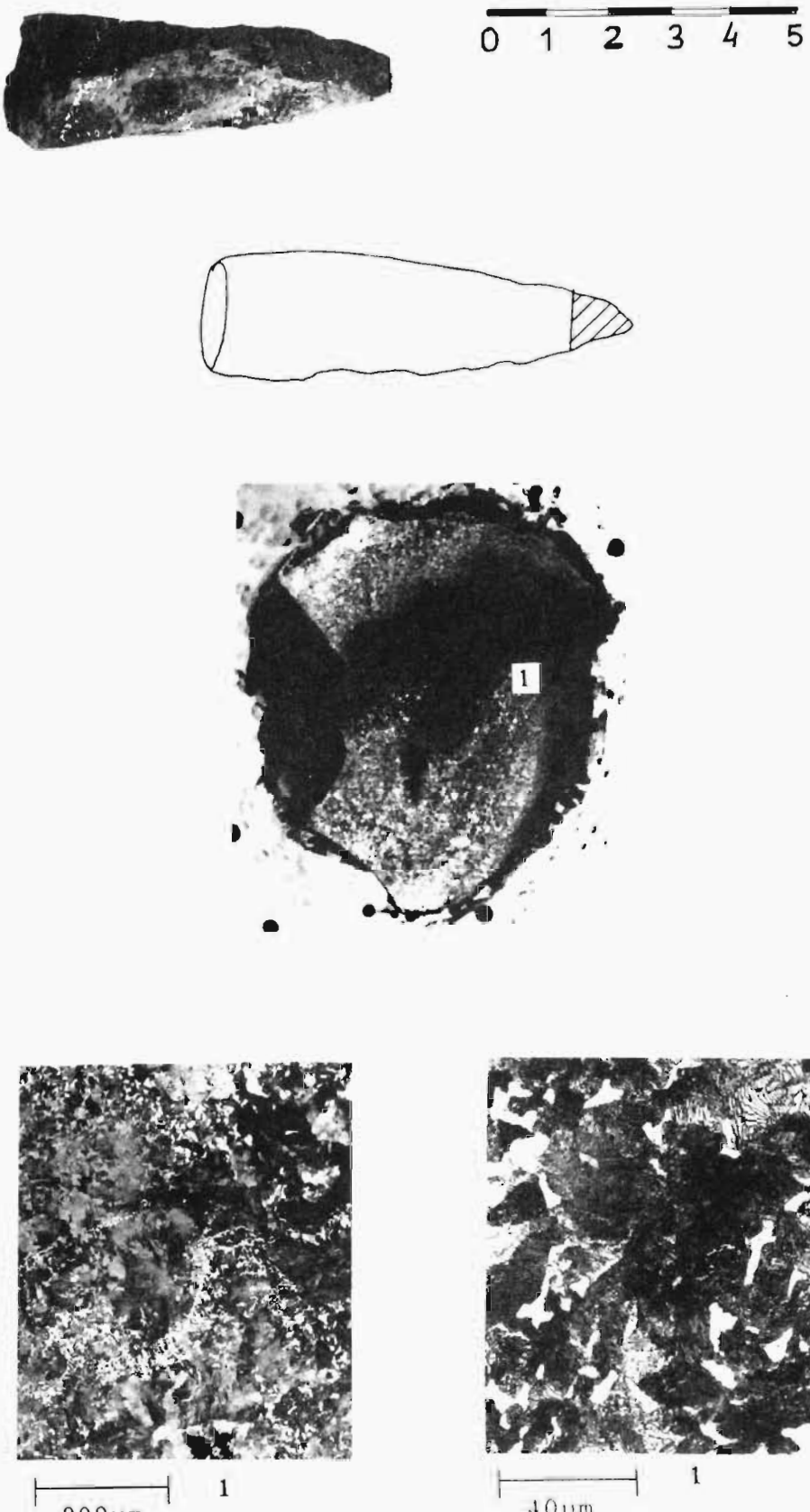


Obr. 12. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 10 - dláta, inv. č. 2034.

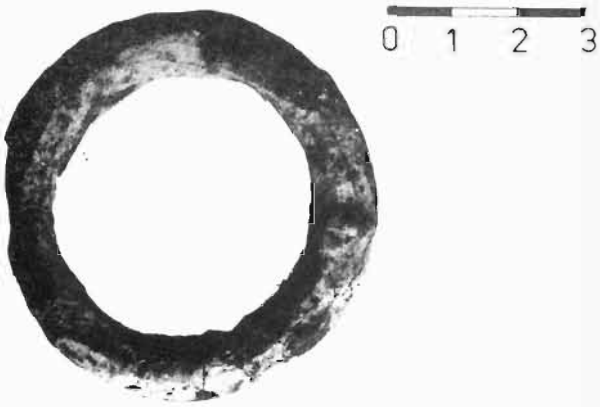


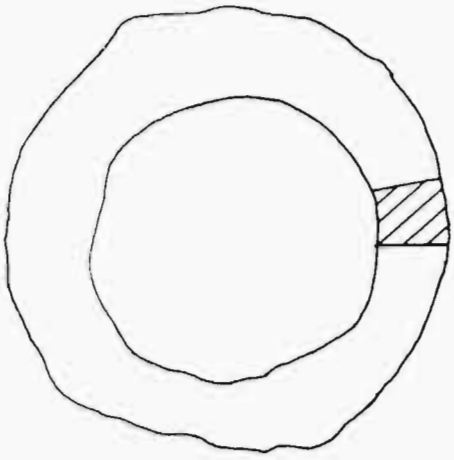


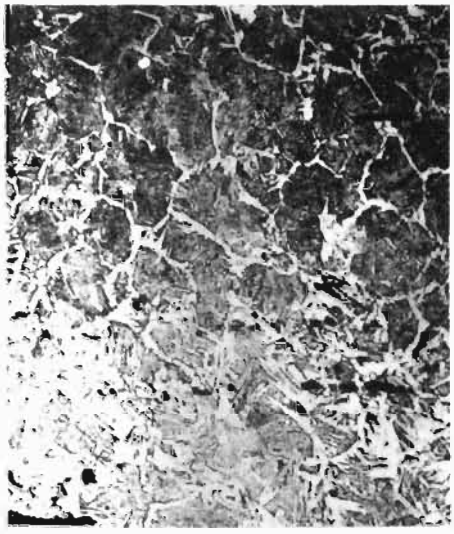
Obr. 13. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 11 - klína, inv. č. 1668.



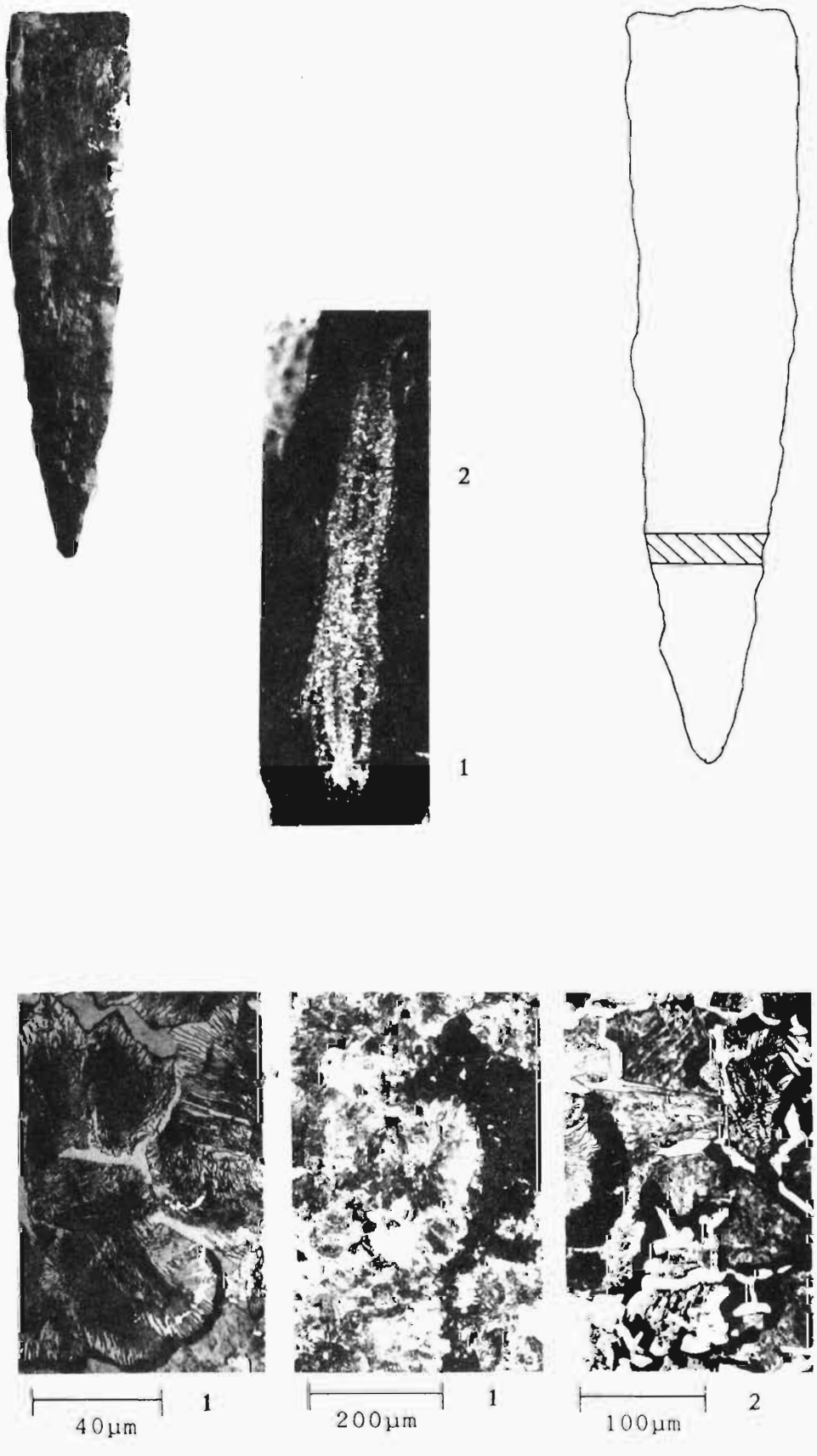
Obr. 14. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 12 - kopije, inv. č. 340.



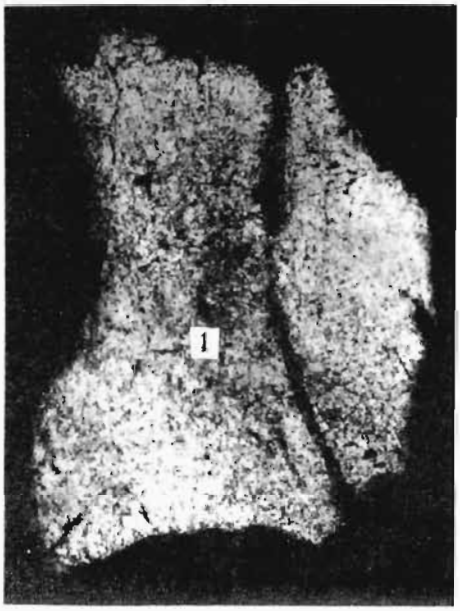




Obr. 15. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 13 - náramku, inv. č. 1664.



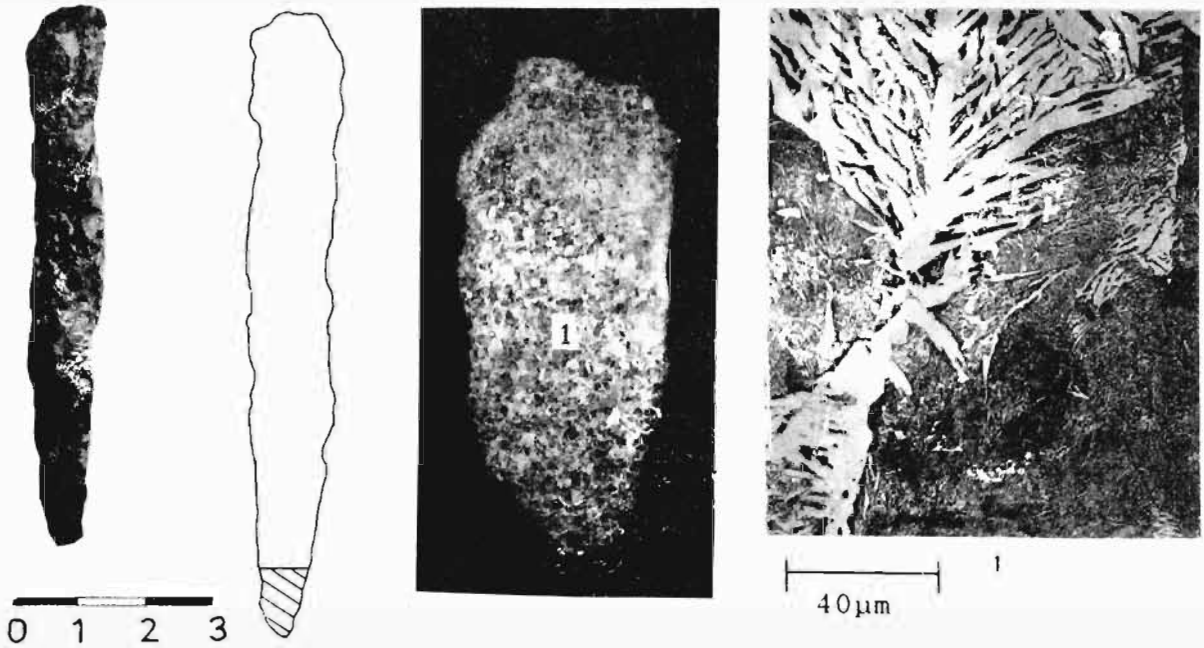
Obr. 16. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 14 - nože, inv. č. 212.



A

B

Obr. 17. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 15 - klinca, inv. č. 152.



Obr. 18. Malá Kopaňa. Metalografická analýza vzorky 16 - klinca, inv. č. 620.

VÝSLEDKY METALOGRAFICKÝCH ANALÝZ (DISKUSIA)

Pri hodnotení výsledkov metalografických analýz súborov železných predmetov v archeometalurgických výskumoch je zvlášť venovaná pozornosť dvom faktorom. Prvý sa zaoberá všeobecnou úrovňou kováčskych techník na určitom sídlisku a ich korešpondenciou s kováčskymi technikami používanými týmto etnikom v danom období. Ďalej porovnáva tieto techniky s technikami predchádzajúcich aj susediacich osídlení. Druhý faktor si všíma hlavne zvláštnosti, ktoré sú pre dané sídlisko, prípadne etnikum špecifické.

Ako bolo na začiatku tohto príspevku naznačené, dácke opevnené hradisko Malá Kopaňa bolo významným remeselníckym centrom, kde dôležitú rolu hrala kováčska výroba. Metalografický výskum ukázal, že miestni kováči ovládali a používali celú škálu kováčskych techník, ktoré im umožňovali vyrábaným predmetom dať vlastnosti najvhodnejšie na použitie.

Miestni kováči používali zváranie, kovanie, nauhlíčenie celého predmetu alebo polotovaru, lokálne nauhlíčenie, kalenie, konštrukciu sečných predmetov sandwichovou technikou, v prípade jedného z analyzovaných nožov pravdepodobne využili aj tepelné spracovanie. Je potrebné si uvedomiť, že vývoj metalurgických techník pri výrobe a spracovávaní železa v strednej Európe a v oblasti Karpát nemal v tomto období dlhú históriu. Mnohé z techník sa vyvinuli až v dobe laténskej, hlavne u keltského etnika. Uvedené rozbory nasvedčujú na rýchle šírenie znalostí o kováčskych technikách medzi následnými aj súčasnými osídleniami v dobe laténskej a na rýchly vznik kováčskych tradícií, prispievajúcich k zručnosti pri jednotlivých operáciách.

Pri rozbore súborov železných predmetov z keltských osád bolo zistené (*Pleiner 1974*), že napriek vysokej úrovni kováčskeho remesla časť predmetov mala priemernú alebo zlú kvalitu. Analýza 16 predmetov z hradiska Malá Kopaňa ukázala, že len jeden nôž a čiastočne kosák boli vyrobené technológiou, ktorá neposkytovala najvyššiu kvalitu a najlepšie úžitkové vlastnosti železných predmetov. V ostatných prípadoch bolo použité hlboké nauhlíčenie pracovných častí, prípadne aj zakalenie, pri klincoch sa vhodnou štruktúrou dosiahli optimálne vlastnosti. Tieto fakty svedčia o nadštandardnej úrovni kováčskej výroby na hradisku Malá Kopaňa.

Zvláštnym rysom techniky dáckych kováčov na hradisku bolo veľmi časté používanie nauhlíčenia. Viacerými metalografickými rozbormi súborov železných predmetov bolo zistené, že protohistorickí kováči vo väčšine prípadov vyrábali predmety zváraním z nízkouhlíkových železných polotovarov, pretože železo vyrobené v malej redukčnej piecke malo väčšinou nízkouhlíkový charakter. Po zhotovení tvaru predmetu potom nauhlíčovali, prípadne aj kalili pracovné časti. Ďalšou

používanou technikou bolo navarenie nauhlíčeného polotovaru na miesto pracovnej časti. Avarskí kováči vyrábali sečné zbrane zvarením polotovarov s už upravenou štruktúrou a vlastnosťami. Dácki kováči volili pri predmetoch s exponovaným používaním mierne nauhlíčenie celého predmetu. Až v tomto stave použili hlbšie douhlíčenie pracovných častí (ostria, hrotu), prípadne ich zakalenie.

Nauhlíčenie celého predmetu nepoužívali dácki kováči v prípade, kde to bolo výslovne nepotrebné. Napríklad pri výrobe dláta bol upravený len hrot, rúčka bola vyrobená z nízkouhlíkového železa. Na ďalšom dláte rúčka vyrobená pravdepodobne z odpadového železného materiálu svedčí o dôkladnej znalosti používaného materiálu a o výbere správneho materiálu na dané použitie. Veľkú pozornosť venovali dácki kováči aj výrobe a vlastnostiam drobných predmetov spotrebného charakteru. Veľmi dokonale bol vyrobený klin, povrchovo vytvrdený hlbokým nauhlíčením. Klince boli vyrobené z vopred mierne nauhlíčeného materiálu, na takéto použitie veľmi vhodného. Jeden z klincov (vzorka 16) mal takú vysoko homogénnu štruktúru s minimálnym množstvom inklúzií, že sme uvažovali aj o možnosti cudzieho zásahu a mladšieho datovania tohto predmetu.

Veľmi pozoruhodné je porovnanie výsledkov týchto rozborov s analýzou súboru železných predmetov z iného náleziska z keltsko-dáckeho kultúrneho horizontu. Ide o podobne datované keltské osídlenie v obci Zemplín, ktoré bolo na hranici keltského a dáckeho etnika (*Mihok - Miroššayová - Veselovská 1993*). Obidva súbory obsahovali podobné predmety a boli zaznamenané aj podobné techniky kováčskej výroby. Železná sekera a dva železné nože boli vyrobené podobným spôsobom ako celý rad predmetov z hradiska Malá Kopaňa. Tieto predmety po výrobe finálneho tvaru boli celé mierne nauhlíčené, pri nožoch bolo použité douhlíčenie ostria. Rúčka kopije je vyrobená z nízkouhlíkového feritického železa, podobne ako na dáckom dláte. Rozdielny spôsob výroby bol zistený pri kosákoch, keď kosák zo Zemplína mal nauhlíčenú len oblasť ostria.

Uvedené údaje svedčia, že dané techniky a spôsoby výroby železných predmetov mali širšiu platnosť v oblasti horného Potisia. Možno predpokladať, že hradisko Malá Kopaňa bolo centrom remeselníckej kováčskej výroby v neskorolaténskom období a na začiatku doby rímskej a výrazne ovplyvňovalo rozvoj tohto remesla v širšej oblasti dáckeho aj keltského osídlenia.

ZÁVER

Článok podáva metalografický rozbor železných predmetov nájdených pri výskume dáckeho hradiska Malá Kopaňa v severnom Potisí. Na základe rozborov boli urobené tieto závery:

1. Na hradisku bol získaný veľký počet železných predmetov vojenského aj hospodárskeho charakteru, niektoré z nich boli pomôckami pri kováčskej výrobe.

2. Dácki kováči na hradisku využívali všetky známe techniky používané v neskorej dobe laténskej, teda kováčske zváranie, kovanie, nauhlíčenie celého predmetu aj jeho detailov, kalenie a pravdepodobne aj tepelné spracovanie.

3. V rozboroch nie je doložené používanie techniky navarenia nauhlíčených oceľových britov a hrotov pri konštrukcii predmetov.

4. Špecifickým rysom techniky dáckych kováčov na hradisku bolo mierne nauhlíčenie celých predmetov s exponovanejším použitím, napr. kosy, kosáka, kladiva. Po takejto príprave boli pracovné časti predmetov hlboko douhlíčené na vyššie obsahy uhlíka.

5. Dácki kováči mali vysokú úroveň znalostí používaného kovového materiálu. Na menej exponované časti predmetov, prípadne celé predmety s menej náročným použitím využívali nenauhlíčený, prípadne aj odpadový materiál, nachádzajúci sa v kováčskej dielni.

6. Kováči venovali vysokú pozornosť aj výrobe niektorých predmetov spotrebného charakteru. Používali povrchové nauhlíčenie klinov a zámernú úpravu štruktúry klincov.

7. Pri porovnávaní rozborov železných predmetov z dáckeho hradiska Malá Kopaňa a z rovnako datovaného náleziska keltského etnika v Zemplíne boli zistené rovnaké alebo podobné kováčske metódy pri výrobe niektorých predmetov. To znamená, že dané metódy mali širšiu platnosť v celom hornom Potisí a boli predmetom intenzívnej výmeny skúseností medzi jednotlivými etnikami.

8. Archeologické nálezy a metalografické rozbory naznačujú, že dácke hradisko Malá Kopaňa bolo centrom remeselníckej činnosti a ovplyvňovalo rozvoj remesiel v celom hornom Potisí.

9. Príspevok je len malým ohnivkom v reťazi znalostí o rozvoji metalurgie železa v oblasti Karpát. Vytvorenie širšej bázy znalostí bude vyžadovať intenzívnu spoluprácu archeológov a metalurgov tohto regiónu.

Literatúra

BIDZILA, V. I. 1971: Istorija kuľtury Zakarpatťa na rubeži našoj ery. Kyjiv.

KOTIGOROŠKO, V. G. 1989: Remeslennoje proizvodstvo na dakijskom gorodišče Malaja Kopaňa. Sov. Archeol. č. 2, s. 182-200.

LANG, J. 1985: The Technology of Celtic Iron Swords. Craft of the Blacksmiths. Dublin, s. 61-89.

MIHOK, Ľ. - MIROŠŠAYOVÁ, E. - VESELOVSKÁ, J. 1993: Metalografický rozbor železných predmetov z neskorej doby laténskej zo Zemplína. In: Východoslov. Pravek. 4. Košice, s. 95-107.

MIHOK, Ľ. - PRIBULOVÁ, A. - MAČALA, P. 1995: Metallography of Slav-Avar Blacksmiths' Products. Acta Archaeol. Carpat., v tlači.

MIHOK, Ľ. - SOLÁRIKOVÁ, M. - HOLLÝ, A. - ČILINSKÁ, Z. 1991: Archeometalurgický výskum sečných zbraní z pohrebiska v Želovciach. In: K problematike osídlenia stredodunajskej oblasti vo včasnom stredoveku. Nitra, s. 67-101.

PLEINER, R. 1974: K otázce jakosti keltských zbraní na základě hrobového nálezu z Třebohostic. Archeol. Rozhl., 26, s. 461-467, 555-559.

THE SMITH PRODUCTION IN THE DACIAN HILLFORT OF MALÁ KOPAŇA

Summary

A topic of the article is a metallographical analysis of iron objects from Dacian hillfort of Malá Kopaňa (Ukraine) dated into 63 B. C. - 106 A. D. In the collection of finds objects of economical and military character were analysed. Dacian smiths in this hillfort used all techniques known in the Late La Tène period. A specific feature of their production was moderate carbonizing of whole objects for more exacting use. After such prepearing working parts of these objects were hardened by carbonizing or hardening. The smiths were very skillfull in metallurgy. For less exponated parts of objects, resp. for whole objects with less exacting use they used non-carbonized or waste materials. They paid a great attention to a production of some smaller utility objects, e. g. wedges and nails, too.

The results of analyses were compared with those of iron objects from a Celtic settlement in Zemplín dated to the same period. Equal or similar methods used in the production of some objects were found out. The finds and analyses allow us to presuppose that the Dacian hillfort of Malá Kopaňa was the centre of handicraft activity influencing development of handicrafts in the whole upper Tisza-river region.

Fig. 1. Malá Kopaňa. Inclusions of furnace slag in iron objects.
Fig. 2. Malá Kopaňa. Inclusions of ferrous silicates formed of flint sand.
Fig. 3. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 1 - the scythe.
Fig. 4. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 2 - the hammer.
Fig. 5. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 3 - the axe.
Fig. 6. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 4 - the tongs.
Fig. 7. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 5 - the sickle.
Fig. 8. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 6 - the knive.
Fig. 9. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 7 - the chisel.
Fig. 10. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 8 - the knive.
Fig. 11. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 9 - the lance.
Fig. 12. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 10 - the chisel.
Fig. 13. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 11 - the wedge.
Fig. 14. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 12 - the lance.
Fig. 15. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 13 - the bracelet.
Fig. 16. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 14 - the knive.
Fig. 17. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 15 - the nail.
Fig. 18. Malá Kopaňa. Metallographical analysis of samle 16 - the nail.

FRÜHGESCHICHTLICHES EISENHÜTTENWESEN IM HEILIG-KREUZ-GEBIRGE (GÓRY ŚWIĘTOKRZYSKIE) UND SEINE BEZIEHUNGEN ZU NOWOKLINOWO IN DER TRANSKARPATISCHEN UKRAINE

Kazimierz Bielenin

Die Forschungen auf dem Gebiet des frühgeschichtlichen Bergbaus und Eisenhüttenwesens im Heilig-Kreuz-Gebirge haben im Jahre 1955 angefangen und werden vom Archäologischen Museum in Krakau durchgeführt. Bis 1968 beteiligten sich an diesem Projekt die Gemeinschaft für Geschichte des Polnischen Hüttenwesens in Krakau.

Die Forschungen dauern immer noch an und konzentrieren sich zur Zeit auf Fragen des frühgeschichtlichen Siedlungswesens in dieser Region. Aufgrund dieser Arbeiten ist es heute möglich, die komplexe Problematik des Eisenhüttenwesens zu erfassen und es zeitlich einzuordnen.

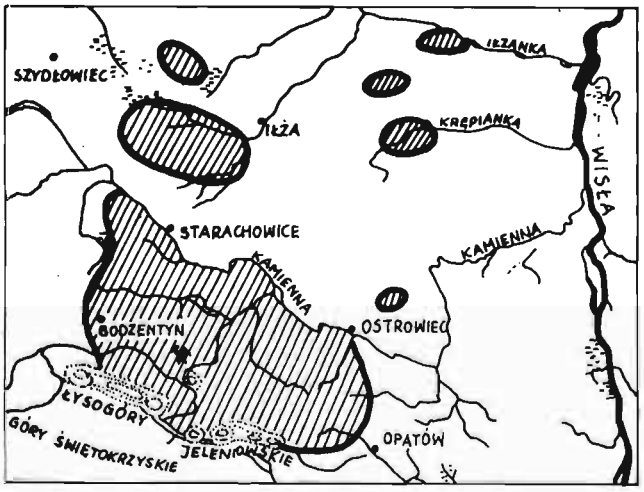


Abb. 1. Vorkommen frühgeschichtlicher Eisenschlackenfunde im Heilig-Kreuz-Gebirge (Góry Świętokrzyskie).✕ Eisenerzgrube in Rudki.

Bis jetzt konnte man die Größe des Rennofengebietes festlegen, in dem Schlackenspuren im nordöstlichen Teil des Heilig-Kreuz-Gebirges auf einer Fläche von 800 qkm vorkommen (Abb. 1). Auf der Anbaufläche dieser Region wurden in den Jahren 1979-1987 vollständige Registrierarbeiten von Eisenschlackenfundstellen durchgeführt (*Bielenin 1992*).

Jede Eisenschlackenfundstelle ist der Überrest einer hier im Altertum existierenden Rennofenwerkstatt. Innerhalb dieses Eisenverhüttungszentrums, gelegen zwischen Lysogory und dem Fluß Kamienna, wurden bis jetzt 5384 Eisenschlackenfundstellen registriert. Jede von ihnen steht jetzt im Register der Verhüttungsstellen und ist auf der Karte des Grundstücksverzeichnisses im Maßstab 1 : 5000 in den Grenzen des jeweiligen Grundstücks markiert (*Bielenin 1986*).

Es sind noch bewaldete Gebiete zu registrieren, die etwa 10-15 % der gesamten Geländefläche betragen. Die Gesamtanzahl der Eisenschlackenfundstellen in dieser Region wird auf etwa 6000 geschätzt.

Bis jetzt hat man mit Hilfe der Ausgrabungsmethode 139 archäologische Stellen, davon 114 Schlackenplätze und stichweise auch Spuren von 25 hier registrierten altertümlichen Siedlungen erforscht (*Bielenin 1992*, S. 31).

In den Jahren 1956-1959 wurden bergbauliche Untersuchungen der frühgeschichtlichen Verhaue im Eisenerzbergwerk in Rudki durchgeführt.

Im Altertum wurde hier der sog. eiserne Hut abgebaut, der von folgenden Eisenerzen gebildet wurde: Hämatit, Limonit, Siderit und teilweise auch Pyrit. An der Oberfläche war der eiserne Hut oxidiert und reichte hier bis über 20 m tief in den Grund. In den Schichten der alten Abbauräume (alten Verhaue) in 16-18 m Tiefe hat man Reste des damaligen hölzernen Grubenausbaus entdeckt und man ist auch auf den mit Holzbrettern ausgekleideten, senkrechten Schacht gestoßen. Es wurden große Mengen von Rund- und Spaltholz gefunden. Von Werkzeugen sind hier Fragmente von hölzernen Spaten und Keilen und Scheiten zu nennen. Die durchgeführten Untersuchungen haben es

ermöglicht, die damalige Eisenerzabbautechnik in diesem Eisenbergwerk zu rekonstruieren, die man an Hand der Radiokarbonanalyse des daraus herausgeholten Holzes an die Wende des 1. und 2. Jh. u. Z. datieren kann (*Bielenin 1978; 1992*).

Abb. 2. Heilig-Kreuz-Gebirge. Typischer Schlackenklotz am Rande des Feldes.

Der Rennofen dieser Region ist identifiziert worden. Er gehört zu dem sog. eingetieften Rennofentyp, der gelegentlich benutzt wurde und am Ort des Schmelzens Arbeitsspuren in Form einer Schlackengrube hinterlassen hat und die Gestalt eines zylindrischen, fast 100 kg oder noch mehr wiegenden Schlackenklotzes aufweist (Abb. 2).

Im eilig-Kreuz-Gebirge hat man zwei Arten dieses Rennofens unterschieden. In der ältesten Phase in der Spätlatènezeit wurde hier ein Ofen, mit den Symbol Kunow 1 bezeichnet, benutzt, dessen Durchmesser etwa 30 cm betrug. Der nach dem Schmelzprozeß entstandene Schlackenklotz wog ca. 10 kg. In der frührömischen Zeit wurde der kleine Ofen Kunow 1 bis zur Größe der sog. Świętokrzyska-Rennofengrube ausgebaut, deren Durchmesser etwa 45 cm betrug. Der Schlackenklotz hatte hier ein Gewicht von 100 kg.

Nach über dreißig Jahren der archäologischen Tätigkeit kann man im Heilig-Kreuz-Gebirge zwei frühgeschichtliche Eisenverhüttungsarten unterscheiden:

a) Eisenverhüttung der sog. ungeordneten Rennofenplätze

b) Eisenverhüttung der sog. geordneten Rennofenplätze. Die beiden Arten der Eisenverhüttung wären hier als einzelne Phänomene bezüglich ihrer Genese, Organisation der Eisenerzgewinnung, Rohstoffe, der Werkstatt und seiner Produktionsweise und des Abnehmers zu betrachten.

Die frühgeschichtliche Eisengewinnung der ungeordneten Werkstätte hat in der Spätlatènezeit begonnen. Die Rennofenplätze wurden zuerst innerhalb der Siedlungen angelegt. Die Schmelze wurde in kleinen Rennöfen vom Typ Kunow 1 durchgeführt, die ohne jede Anordnung im Bereich der kleinen Werkstätte lokalisiert wurden. Später vergrößerte man die Rennöfen bis zu den Ausmaßen der Świętokrzyska-Gruben (Abb. 3). Die Zahl der Schmelzen in diesen Werkstätten nimmt stark zu. Manche von ihnen erreichen bis 30 Rennöfen.

Abb. 3. Ostrowiec, Fst. 1. Ungeordnete Rennofenfundstelle mit vergrößerter Ofengrube bis ca. 45 cm.

Werkstätten wurden auch außerhalb der Siedlungen u. a. an Berghängen gebaut, was zweifellos mit dem Suchen nach kleinen, örtlichen Erzlagerstätten und deren Abbau verbunden war. Die Produktion der ungeordneten Rennofenplätze wurde wahrscheinlich für den lokalen Abnehmer einer Siedlung, einer Sippe und darunter auch für den Warenaustausch innerhalb der Stämme der Przeworsk-Kultur bestimmt. Diese Produktionsweise wurde auch in der Zeit der römischen Einflüsse in den ersten Jahrhunderten u. Z. fortgesetzt.

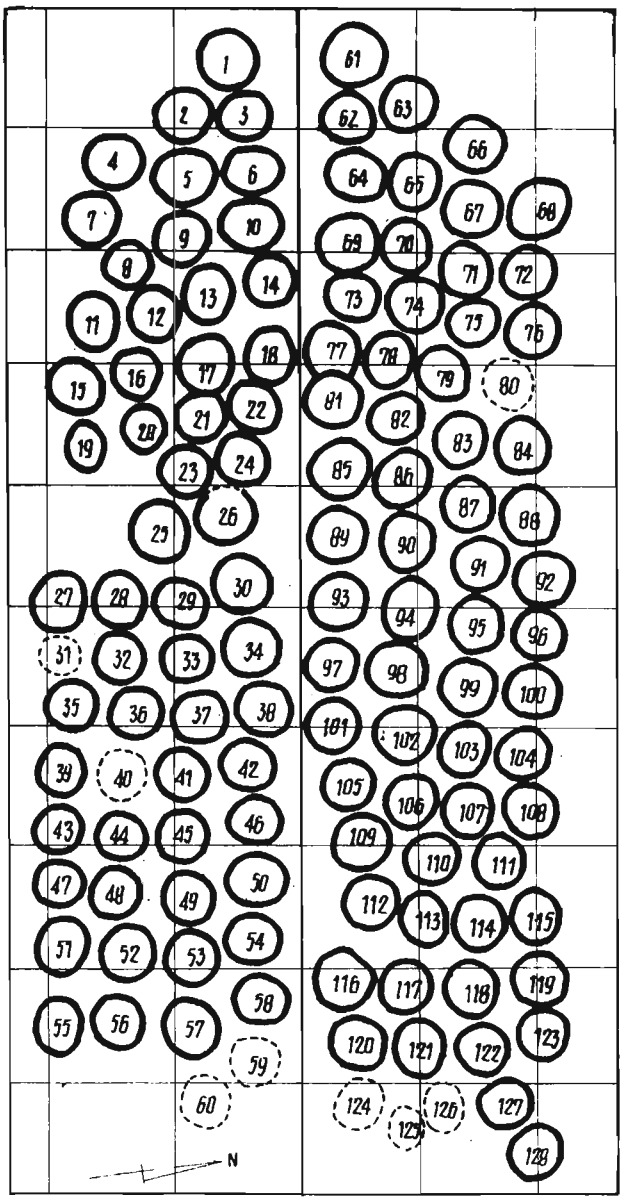


Abb. 4. Ambrozów, Gem. Pawłów, Fst. 2. Geordneter Rennofenplatz vom Typ 2 x 4.

Die frühgeschichtliche Eisenverhüttung der geordneten Rennofenplätze. Eines der typischen Merkmale der Eisenverhüttung im Heilig-Kreuz-Gebirge ist die geometrische Anordnung, die beim Bau der Rennöfen angewandt wurde. Bei der Analyse des Schmelzplans dieser Rennofenplätze sehen wir einen Leitgedanken: in das obligatorische (verbindliche) System der Rennofenplätze hat man Batterien der Öfen eingeführt, die aus zwei, drei oder vier nebeneinander gebauten Rennöfen zusammengesetzt sind. Die Rennofenwerkstatt wurde in zwei Teile geteilt, den linken und den rechten, die voneinander durch einen schmalen Gang getrennt sind (Abb. 4).

Man vermutet, daß dieses Phänomen auf wechselseitig verlaufender Produktion beruhte. Während man die Schmelze auf der rechten Seite durchführte, verliefen schon inzwischen Vorbereitungen auf der linken Seite, wie z. B. der Bau der Rennöfen und andere Tätigkeiten. Außerdem hat man hier auch eine Rationalisierung eingeführt. Für den Bau des oberen Rennofenteils (sog. Schachtteils) wurden vorher vorbereitete, flache Lehmziegel verwendet und dadurch konnte die Bauzeit der ganzen Ofenbatterie verkürzt werden. Im Bereich der sog. organisierten Rennofenplätze kann man bestimmte Anordnungstypen unterscheiden. Die meisten Rennofenplätze haben zweizügige Anordnung der Rennöfen (Abb. 5, 6). Die durchschnittliche Anzahl der Ofengruben für diese Rennofenplätze beträgt an Hand der 64 vollkommen untersuchten Fundstellen 92 Gruben. Der größte Rennofenplatz dieser Gruppe wurde in Świętomarz in der Gemeinde Bodzentyn entdeckt, wo man 231 mit Eisenschlacke gefüllte Rennofengruben freigelegt hatte.

Auffallend ist manchmal an bestimmten Abschnitten des Rennofenplatzes fast die gleiche Anzahl und Anordnung der Rennöfen auf der linken und rechten Seite als auch die gleiche Gesamtzahl der durchgeführten Schmelzen in diesen zwei parallelen Zügen. Der Unterschied beträgt manchmal kaum einige Rennöfen. Als Beispiel kann man hier den größten Rennofenplatz in Swiętomarz nennen, der aus 231 Rennöfen bei unterschiedlicher Placierungsweise besteht. In jedem dieser Züge bei der für die damalige Zeit riesigen Anzahl der durchgeführten Schmelzen beträgt der Unterschied nur einen Ofen zugunsten der rechten Seite. Dank der neuen Ergebnisse der Radiokarbonuntersuchungen der aus Ofengruben stammenden Holzkohle und des Holzes aus dem Eisenbergwerk

Abb. 5. Jeleniów, Gem. Nowa Słupia, Fst. 2. Geordneter Rennofenplatz vom Typ 2 x 4 während der Grabung.

Abb. 6. Łazy, Gem. Nowa Słupia, Fst. 7. Geordneter Rennofenplatz vom Typ 2 x 4 während der Grabung (alle Photo K. Bielenin).

in Rudki konnte man eine wesentliche Korrektur der Chronologie der frühgeschichtlichen Eisenverhüttung der geordneten Świętokrzyskie-Rennofenplätze durchführen und ihre Datierung von der Spät- auf die Frühzeit der römischen Einflüsse verschieben. Ähnlich sieht heute die Datierung des Eisenbergwerks in Rudki aus, dessen Ausbeutung sich zeitlich mit der Eisenverhüttung der geordneten Rennofenplätze deckt (Abb 7; *Bielenin 1992*).

Jeder der Rennofenplätze im Heilig-Kreuz-Gebirge repräsentiert eine Rennofen-Werkstatt, eine damalige Eisenhütte. Als Ausgangspunkt für die Analyse der Produktionsverhältnisse können hier

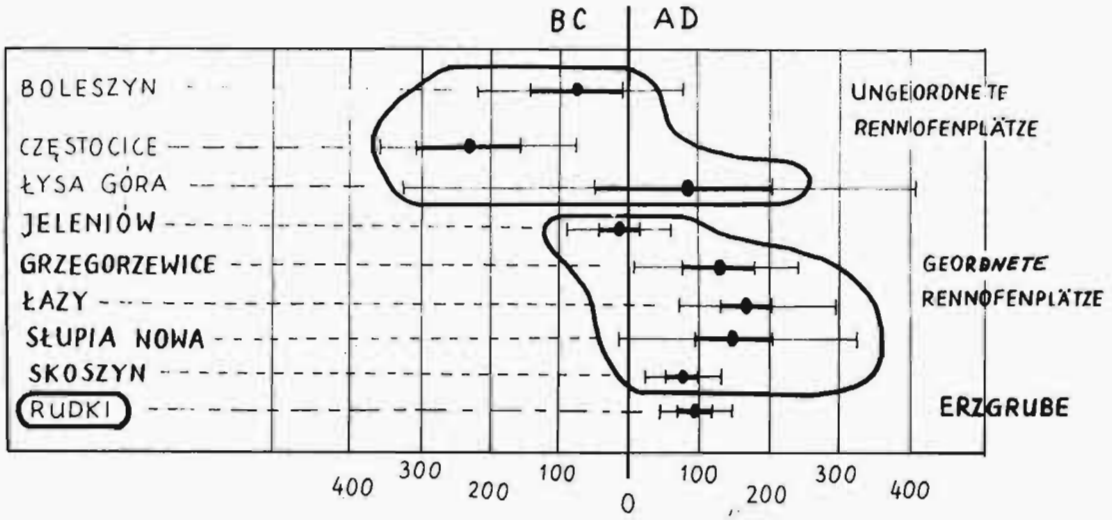


Abb. 7. Diagramm der C^{14} Analysen von den Rennöfenplätzen im Heilig-Kreuzgebirge, dazu von der untertägigen Erzgrube in Rudki.

ein Schlackenklotz, der eine bestimmte Rennofengrube füllte, und die Ergebnisse der in den Jahren 1960-1970 von *M. Radwans (1959)* Arbeitsgruppe durchgeführten Versuchsschmelzen dienen. Wir nehmen an, daß im Heilig-Kreuz-Gebirge das Gewicht eines Schlackenklotzes ca. 100 kg betrug. Aus den Untersuchungen ergibt es sich, daß zur Erzielung eines Schlackenklotzes von diesem Gewicht etwa 200 kg Erz von natürlicher Feuchtigkeit (Hämatit aus Rudki) verwendet werden mußte. Die dabei abfallende rohe Eisenluppe wog ca. 40 kg. Nach mehrmaligem Erhitzen und Umschmieden würde die dann handelsreife Eisenluppe - wie von uns angenommen wird - noch ca. 20 kg wiegen. Das ist der Ausgangspunkt für die Errechnung der Produktionsleistung sowohl der einzelnen Rennofenplätze selbst als auch der ganzen Verhüttung der ungeordneten und geordneten Rennofenplätze.

Im Bereich der ungeordneten Rennofenplätze finden wir kleine Rennöfen vom Typ der Kunow-Grube mit durchschnittlich 6 Rennöfen und ihrer Produktionsleistung von etwa 12 kg Eisen und die Świętokrzyska-Grube mit ca. 16 Rennöfen und der Produktion von ca. 300 kg Eisen (*Bielenin 1992*, S. 190). Eine geordnete Rennofenwerkstatt hingegen verbrauchte für durchschnittlich 90 Gruben etwa 18 t Erz und auch so viel Holzkohle für die Produktion von nahezu 2 t handelsreifer Eisenluppe (*Bielenin 1992*). Wenn wir jetzt die 6000 registrierten Schlackenplätze dieser Region und die 114 archäologisch untersuchten Rennofenplätze, in deren Gruppe (Anzahl) das Verhältnis der ungeordneten Rennofenplätze zu den geordneten 1 : 3 beträgt, in Betracht nehmen, und wenn wir sie der Zahl der 6000 registrierten Schlackenplätze zuordnen, so können wir in dieser Region die Zahl von 1500 ungeordneten zu 3500 geordneten Schlackenplätzen, also der damaligen Rennofenwerkstätte annehmen.

In dieser Situation könnte die Gesamtproduktion dieser Region im Altertum ca. 350 t handelsreifes Eisen für die ungeordneten Rennofenplätze und 8100 t von diesem Eisen für die geordneten Rennofenplätze betragen (*Bielenin* 1992, S. 192).

Wie es sich aus den letzten Radiokarbonanalysen ergibt, existierten grundsätzlich unterschiedliche Eisenverhüttungsarten zur gleichen Zeit und entwickelten sich unabhängig voneinander, wobei die Verhüttung der geordneten Rennofenplätze vom 1. bis zum 2. Jh. ihre Blütezeit hatte (Abb. 7).

Der geordnete Rennofenplatz als eine große Eisenproduktionswerkstatt beschäftigte sich nicht mit Eisenverarbeitung. Seine Rolle beruhte auf einer schnellen Produktion von möglichst großen Eisenmengen und ihrer Verarbeitung zum Halbprodukt.

Die Größe und Organisationform der Produktion, d. h. Inbetriebsetzung und Organisationsstruktur des Eisenbergwerks in Rudki, die große Produktion von Holzkohle und eine reibungslose Transportorganisation, weist darauf hin, daß sie die Möglichkeiten kleiner individueller Produzenten weit überstiegen.

Diese Tatsachen weisen auf äußere, überregionale Organisationsgründe dieser Produktionsweise hin, also auch auf den Abnehmer dieses Produktes, der von außerhalb der Region und wahrscheinlich auch von außerhalb der Gebiete der Przeworsk-Kultur stammte. Hier können zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen werden: die Abnehmer dieses Eisens waren germanische Stämme aus den Gebieten südlich der Karpaten (*Gardawski 1962; Łowmiański 1963; Woyda 1982*), oder befanden sich die Abnehmer in den Gebieten einer Donauprovinz (*Gardawski 1962; Jamka 1963; Pleiner 1965; Niewęgłowski 1965*).

Das Bestehen eines solchen Gebietes mit spezialisierter Bergbau- und Hüttenwesen-Produktion kann auf aktivere, als bisher angenommen wurde, Zusammenhänge des römischen Kaiserreiches mit den weit von den Grenzen des Imperiums entfernten Gebieten des europäischen Barbaricums hinweisen, als auch auf größere wirtschaftliche, politische und militärische Aktivität der Völker Europas, die seit den frühesten Anfängen des römischen Kaiserreiches eine nicht ganz friedliche Einstellung zu der römischen Macht hatten.

Die frühgeschichtliche Eisenverhüttung im Heilig-Kreuz-Gebirge ist ein großes Gebiet der Bergbau- und Hüttenindustrie, das weit entfernt von den Grenzen des römischen Imperiums liegt, und bildet heute ein neues und komplexes wissenschaftliches Problem. Seine Größe, Elemente der Arbeitsorganisation, technische Entwicklungen, Produktionskapazität fordern die sich für das Altertum interessierten Historiker zu Forschungen heraus, indem sie gleichzeitig ein Gebiet für interdisziplinäre Untersuchungen für mehrere Generationen der Wissenschaftler bilden.

Die frühgeschichtliche Eisenverhüttung der geordneten Rennofenplätze, die aus zwei parallel verlaufenden Ofenzügen bestehen und in denen sich reihenweise jeweils drei oder vier Rennöfen befinden, hat bis jetzt ihre einzige Entsprechung in der Transkarpatenukraine, östlich vom Dorf Nowoklinowo, Woiwodschaft-Winogradow.

Im Jahre 1962 wurde hier ein wesentliches Eisenverhüttungszentrum entdeckt, das in den Jahren 1962-1967 durch das Institut der Ukrainischen Archäologie der Akademie der Wissenschaften in Kiew untersucht wurde. Nach *W. I. Bidzilia (1970,* S. 32-47), dem Autor einer Veröffentlichung über die Forschungen, sind hier drei Schlackenplätze untersucht worden.

Die Fundstelle 1 befindet sich an einem Berghang im Ort Halom domb ca. 3-4 m oberhalb des Tales des kleinen Flusses Botara. Es wurden hier zwei Rennofenplätze freigelegt. Auf dem Rennofenplatz 1 hat man Reste von 59 Schlackengruben in zweizügiger Anordnung der Ofengruppen mit jeweils drei und vier nebeneinander liegenden und durch einen Gang getrennten Öfen festgestellt (Abb. 8). Der Rennofenplatz 2 befindet sich ca. 100 m südwestlich vom Rennofenplatz 1. Man hat hier 32 Schlackengrubenreste in ähnlicher Anordnung und von ähnlichem Charakter wie im Rennofenplatz 1, jedoch mehr durch Feldarbeiten zerstört, gefunden.

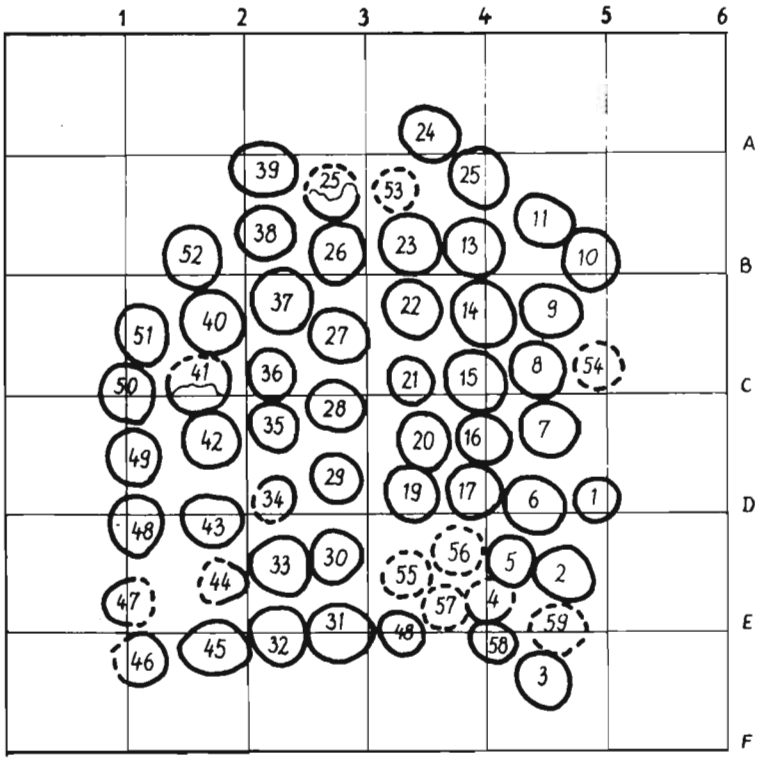


Abb. 8. Nowoklinowo, Transkarpatenukraine, Fst. 1 - Halom domb. Geordneter Rennofenplatz vom Typ 2x4, nach W. I. Bidzilia (1970, Abb. 2).

Der Rennofenplatz 3 befand sich ca. 300 m südlich vom Rennofenplatz Halom domb. Es wurden hier 42 in Reihen angelegte Schlackengruben auf einem Gelände von 80 qm vorgefunden.

Die Rennofengruben besaßen eine zylindrische Form und wurden nach unten immer breiter. Ihr Durchmesser betrug ungefähr 40-50 cm, davon sind ca. 30-35 cm erhalten geblieben. Manche Schlackengrubenfüllungen wurden durch Feldarbeiten zerstört. Manchmal kamen auf der Sohle der Schlackengrube Holzkohlenreste zum Vorschein.

Neben jedem Rennofenplatz befand sich ein eingetieftes Objekt von 2 m Durchmesser, in dem sich große Stücke von gebrannten Lehmwänden, 15-20 cm groß und 8-10 cm dick, befanden. An der Außenseite hatten sie stellenweise Schlackenspuren. Manche Fragmente weisen auf die rechteckige Form flacher Lehmziegel hin. Hier kamen auch Schlacken- und Holzkohlenreste und in einer der Ofengruben kleine Stücke von Eisenluppe vor.

Zwischen den Rennofenplätzen 1 und 2 entdeckte man auch 2 x 2 m große Gruben zum Holzverkohlen. In der Schicht der Rennofenplätze treten kleine Mengen von keramischem Material auf, das aus der Spätlatènezeit stammt, darunter Graphitkeramik mit senkrechten Rillen. *W. I. Bidzilia* datiert die Arbeit der Rennofenplätze im Nowoklinowo-Zentrum in die letzten Jahrhunderte vor u. Z.

An Hand der bisherigen Daten aus *W. I. Bidzilias* Veröffentlichungen können wir im Nowoklinowo-Zentrum einige sehr charakteristische Elemente feststellen, die einen direkten Bezug auf das Heilig-Kreuz-Gebirge haben.

Es sind hier folgende Merkmale zu nennen:

1. Rennofen vom eingetieften Grubentyp, der gelegentlich arbeitet und nach dessen Arbeit ein Schlackenklotz bleibt. Dieser hat - ähnlich wie der im Heilig-Kreuz-Gebirge - einen Durchmesser von 40-50 cm (bis ca. 35 cm erhalten geblieben) und ein Gewicht von 100 kg.

2.Die Organisation der Schmelzen verlief ähnlich wie im Heilig-Kreuz-Gebirge in zwei nebeneinander gelegenen Zügen in jeweils 2, 3 und 4 Rennöfen.

3. Zwei parallel verlaufende Züge (Reihen) waren durch einen Gang getrennt.

4. An der Außenseite der Rennofenzüge kommen runde oder ovale Objekte vor, in denen sich Fragmente der eingestürzten Lehmofenwände befinden. Oft sind an einer Seite Schlacken- oder Holzkohlen- und manchmal Erzreste.

5. Fragmente von verschlackten Rennofenwänden verweisen - ähnlich wie im Heilig-Kreuz-Gebirge - auf eine rechteckige Form flacher Lehmziegel, aus denen man den Ofenschacht baute. Nach *W. I. Bidzilias* Schätzung umfaßt das Transkarpatenzentrum eine Fläche von 25 qkm und erstreckt sich westlich vom Nowoklinowo-Berg am linken Ufer des Flusses Botara, dem Cisa-Zufluß.

Bis jetzt hat man hier 13 Schlackenplätze, die nicht weit voneinander entfernt sind, registriert (*Bidzilia 1970*). Die Rennofenplätze in Nowoklinowo waren keine Schmieden. Die Verarbeitung des geschmolzenen Eisens fand anderswo statt. Das nächste Schmiedezentrum befand sich etwa 50 km nordwestlich von Nowoklinowo, nördlich von Mukačewo und des Flusses Latorica, in der Siedlung Gališ-Lobačka. Es wurde hier das größte Handels- und Handwerkszentrum der Eisenverarbeitung in den Transkarpaten gefunden. Hier wurden 24 Wohnobjekte, viele Schmiedewerkzeuge und Eisengegenstände für die Landwirtschaft und Holzverarbeitung sowie Rennofenreste entdeckt. *W. I. Bidzilia* charakterisiert die Siedlung in Gališ-Lobačka als ein spezialisiertes Zentrum der Eisenverarbeitung, in dem man verschiedene Gegenstände hergestellt hatte, die dann auf dem Markt verkauft wurden. Aus den Schichten dieser Siedlung stammt auch eine Gußform für Münzen (*Bidzilia 1964*, Taf. III).

An Hand der Keramik kann man hier Spuren verschiedener Kulturen unterscheiden - von der örtlichen Kuštanowice-Kultur und deren Beeinflussung in der Mittellatènezeit durch Kulturen aus der Karpatoukraine und der Ostslowakei. Die Rohstoffbasis für das altertümliche Hüttenwesen in Nowoklinowo bildete nach *W. Bidzilias* Meinung Raseneisenerz, dessen reiche Lagerstätten im Sumpfgebiet des Flußtals Cisa und ihrer Zuflüsse vorkommen. Das Cisatal ist ein dichtes Netz von ehemaligen kleinen Flüssen, Seen und Sumpfgebieten, die ein gutes Gebiet für die Herausbildung von Raseneisenerzen sind.

Das ist der einzige wesentliche Unterschied zum Heilig-Kreuz-Gebirge, wo es keine Raseneisenerze gibt und wo das altertümliche Hüttenwesen in dieser Region die örtlichen Erzlagerstätten, wie Limonit benutzte. Die wichtigste Abbaustelle war jedoch die Erzlagerstätte in Rudki, wo man im Untertagebau den eisernen Hut abbaute.

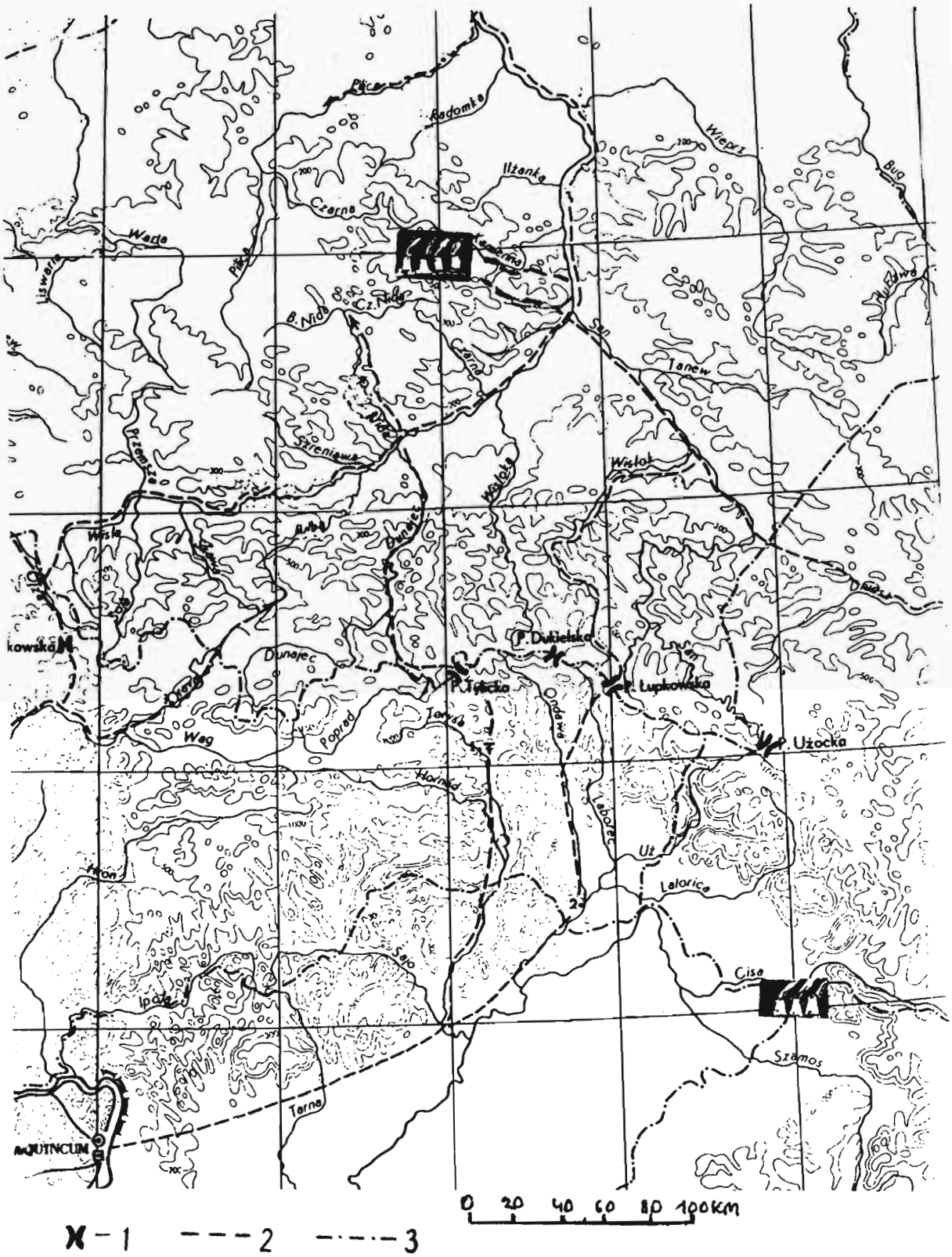


Abb. 9. Das Rennofenzentrum im Heilig-Kreuz-Gebirge im Weichselbogen (oben) und das Nowoklinowo-Zentrum am Nordufer des Theißflusses (unten). 1 - Karpatenpässe; 2 - Handelswege im Altertum; 3 - Staatsgrenze.

Noch zu wenig kennen wir die Gesamtheit der komplexen, geschichtlichen und technologischen Problematik des Nowoklinowo-Zentrums, seine Genese und seine direkte Abhängigkeit, die Einflüsse und die Rolle der Daker und Kelten. Aber schon an Hand der obenerwähnten Daten kann man schlußfolgern, daß das am Beispiel der Nowoklinowo-Rennofenplätze dargestellte Organisations- und Eisenschmelzsystem auf das Heilig-Kreuz-Gebirge übertragen werden konnte (Abb. 9; *Bielenin 1973; 1986; 1992*, S. 196 u. a.). In diesem Gebiet werden die frühesten, geordneten Rennofenplätze (Fundstelle Jeleniow 1) in den Anfang des 1. Jh. u. Z datiert (Abb. 7).

Im Heilig-Kreuz-Gebirge kam das Beispiel der eigenartigen Organisation der dako-keltischen Produktion in Nowoklinowo stärker (in größerem Umfang und in größerer Vielfalt der Typen der geordneten Rennofenplätze) zum Ausdruck. Der Grund war vielleicht die bessere Rohstoffbasis, günstigere Bedingungen für eine stabile und langdauernde Entwicklung (*Bielenin 1992*, S. 197).

Das Rennofenzentrum in Nowoklinowo kann ein überaus günstiges Gebiet der direkten wissenschaftlichen Zusammenarbeit der Archäologen aus den Nachbarländern sein.

Literatur

BIDZILIA, W. I. 1964: Posielenia Gališ Lobačka. Archeol., 27, S. 92-142.

BIDZILIA, W. I. 1970: Z istorii čornoj metalurgii karpatskogo uzgiria našej ery. Archeol., 23, S. 32-48.

BIELENIN, K. 1973: Dymarski piec szybowy zagłębiony (typu kotlinkowego) w Europie starożytnej. Mater. archeol., 14, S. 5-101.

BIELENIN, K. 1978: Der frühgeschichtliche Eisenerzbergbau in Rudki im Świętokrzyskie (Heilig-Kreuz) Gebirge. In: Eisen-Archäologie, Eisenerzbergbau und -verhüttung vor 2000 Jahren in Polen. Veröffen. aus dem Deutsch. Bergbau. 14. Bochum, S. 9-23.

BIELENIN, K. 1986: Rola wywiadu ustnego w inwentaryzacji archeologicznej stanowiszk dymarskich. Mater. archeol., 23, S. 283-299.

BIELENIN, K. 1992: Starożytne górnictwo i hutnictwo żeleza w Górach świętokrzyskich. Kielce.

GARDAWSKI, A. 1962: Polska południowa i kraje na południe od Karpat w 2 połowie I tysl. n. e. (500-900) - Referat.

JAMKA, R. 1963: Uwagi o prahistorycznym świętokrzyskim ośrodku przemysłowym. Studia z dziejów Górn. i Hutn., 6, S. 96-103.

ŁOWMIAŃSKI, W. 1963: Początki Polski. II. Warszawa.

NIEWEGŁOWSKI, A. 1965: Z badań nad moneta rzymską w Polsce w okresie środkowo rzymskim. Archeol. Polski, 10, Nr. 1, S. 257-273.

PLEINER, R. 1965: Przyczynek do problemu metalurgii wczesnohistorycznej i zagadnienia tzw. metalu świętokrzyskiego. Kwartal. Hist. Nauki i Techn., 1/2, S. 21-42.

RADWAN, M. 1959: Wzloty i upadki polskiego hutnictwa żelaznego. Przeg. naukowo techn. Akad. Górniczo Hutn. w Krakowie, 4, S. 7-40.

WOYDA, S. 1982: Diskussionsbeitrag. In: Znaczenie wojen markomańskich dla państwa rzymskiego i północnego barbaricum. Scripta Archeol., 2, S. 112-113.

VČASNOHISTORICKÉ ŽELEZIARSTVO V POHORÍ GÓRY ŚWIĘTOKRZYSKIE A JEHO VZŤAH K NOVOKLINOVU NA ZAKARPATSKEJ UKRAJINE

Resumé

V severovýchodnej časti pohoria Góry Świętokrzyskie bolo dosiaľ zistených 139 archeologických nálezísk, z ktorých 114 predstavujú miesta s výskytom trosky a 25 včasnohistorické sídliskâ (obr. 1). Výsledky doterajšieho výskumu umožňujú rekonštruovať vtedajšiu techniku ťažby železa a železiarskeho hutníctva.

Ťavba železa v dielňach s neusporiadanými pecami sa začala v neskorej dobe laténskej. Železiarske pece boli najprv umiestňované v rámci sídlisk. Tavba bola uskutočňovaná v malých peciach typu kunov 1, ktoré boli budované bez usporiadania v rámci malých dielní. Neskôr boli rozmery

pecí zväčšované (obr. 3) a počet tavieb prudko vzrástol. Dielne boli budované tiež mimo sídlisk, čo bezpochyby súviselo s vyhľadávaním malých miestnych zdrojov rudy. Charakteristickým znakom tavby železa v tomto regióne je geometrické usporiadanie železných pecí. Systém tvorili batérie pecí a dielne boli úzkou uličkou delené na dve časti (obr. 4). V celej činnosti je pozorovateľná snaha po rajonizácii.

V priestore s neusporiadanými železiarskymi pecami nachádzame v priemere 6 malých pecí typu kunov s produkciou asi 12 kg železa alebo približne 16 pecí swiętokrzyského typu s produkciou asi 300 kg železa. Oproti tomu usporiadané dielne vykazujú v priemere 90 pecí s produkciou asi 18 t železa. Podľa rádiokarbónovej analýzy zvyškov dreva existovali oba typy dielní vedľa seba a vyvíjali sa nezávisle, pričom tavba v usporiadaných dielňach prosperovala najmä v 1. až 2. stor. n. l. (obr. 7).

Včasnohistorické hutníctvo železa v usporiadaných dielňach na území pohoria Góry Świętokrzyskie má dosiaľ jedinú paralelu na zakarpatskej lokalite Novoklinovo (rajón Vinogradov). Tamojšie dielne boli však menšieho rozsahu.

Spracoval *J. Bujna*

Obr. 1. Výskyt včasnohistorických nálezov trosiek v pohorí Góry Świętokrzyskie. ✕ *jama železnej rudy na lokalite Rudki.*

Obr. 2. Góry Świętokrzyskie. Typický blok trosky na okraji poľa.

Obr. 3. Ostrowiec, nálezisko 1. Neusporiadané hrudkovacie pece so zväčšeným otvorom do ca. 45 cm.

Obr. 4. Ambrożów, obec Pawlów, nálezisko 2. Usporiadané hrudkovacie pece typu 2 x 4.

Obr. 5. Jeleniów, obec Nowa Słupia, nálezisko 2. Usporiadané hrudkovacie pece typu 2 x 4 počas výskumu.

Obr. 6. Łazy, obec Nowa Słupia, nálezisko 7. Usporiadané hrudkovacie pece typu 2 x 4 počas výskumu. (Obr. 2, 3, 5, 6 foto K. Bielenin.)

Obr. 7. Diagram analýz C^{14} z miest hrudkovacích pecí v pohorí Góry Świętokrzyskie a z podzemnej rudnej bane na lokalite Rudki.

Obr. 8. Novoklinovo, Zakarpatská Ukrajina, nálezisko 1 - Halom domb. Usporiadané hrudkovacie pece typu 2 x 4 (podľa Bidzilla 1970, obr. 2).

Obr. 9. Centrum hrudkovacích pecí v pohorí Góry Świętokrzyskie v oblúku Visly (hore) a v Novoklinove na severnom pobreží rieky Tisy (dole). 1 - karpatské priesmyky; 2 - obchodné cesty v staroveku; 3 - štátna hranica.

KOVÁČSKE DIELNE Z DOBY LATÉNSKEJ A RÍMSKEJ V ZAKARPATSKU

Jolana Čerkun

Trhová výroba železa v Zakarpatsku sa začína v dobe laténskej s príchodom Keltov a postupne sa rozvíja v nasledujúcich historických obdobiach.

Raná metalurgia železa je dobre doložená nálezmi z metalurgického centra v Novoklinove, ktorého produkcia počítala so širokým okruhom odbytu (*Bidziľa 1971*, s. 21-30). S metalurgiou je nerozlučne spojené spracovávanie kovu ako jedna z prvých výrobných činností, ktoré sa vyčlenili ako samostatné remeslo. K tomuto oddeleniu došlo nielen v dôsledku špeciálnych návykov a technických vedomostí, ale bolo i výsledkom zložitosti technológie výroby, ktorá viedla k úzkej špecializácii v tej či onej oblasti remesla (*Barceva - Voznesenskaja - Černych 1972*, s. 25).

Najväčším výrobným centrom nielen v Zakarpatsku, ale aj v celom hornom Potisí bolo v 2.-1. stor. pred n. l. keltské oppidum Galliš-Lovačka pri Mukačeve. Úroveň a charakter tunajšieho kováčskeho remesla sa dá posudzovať podľa kováčskeho náradia (*Bidziľa 1971*, obr. 20) a tiež podľa rozsiahleho súboru rôznorodých výrobkov zozbieraných koncom 19. stor. T. Lehoczkým (*Lehoczky 1892; 1901; 1906; 1912*).

Štúdium technológie výroby 136 kováčskych výrobkov z lokality Galliš-Lovačka sa realizovalo v Inštitúte archeológie AN USSR (*Bidziľa a kol. 1983*, s. 80-88). Na základe analýz boli všetky výrobky rozdelené na dve skupiny. Do prvej patria predmety vykované zo železa alebo z mäkkej surovej ocele bez doplňujúcich technologických operácií. Druhú skupinu tvoria predmety, pri ktorých sa použili výrobné postupy zvyšujúce kvalitu suroviny a zlepšujúce úžitkové vlastnosti výrobku. Bola to cementácia, kalenie a paketovanie kovu. Základný poznatok z výsledkov skúmania kovov dokumentuje, že výroba na oppide Galliš-Lovačka mala trhový charakter a počítalo sa pri nej so širokým medzikmeňovým odbytom.

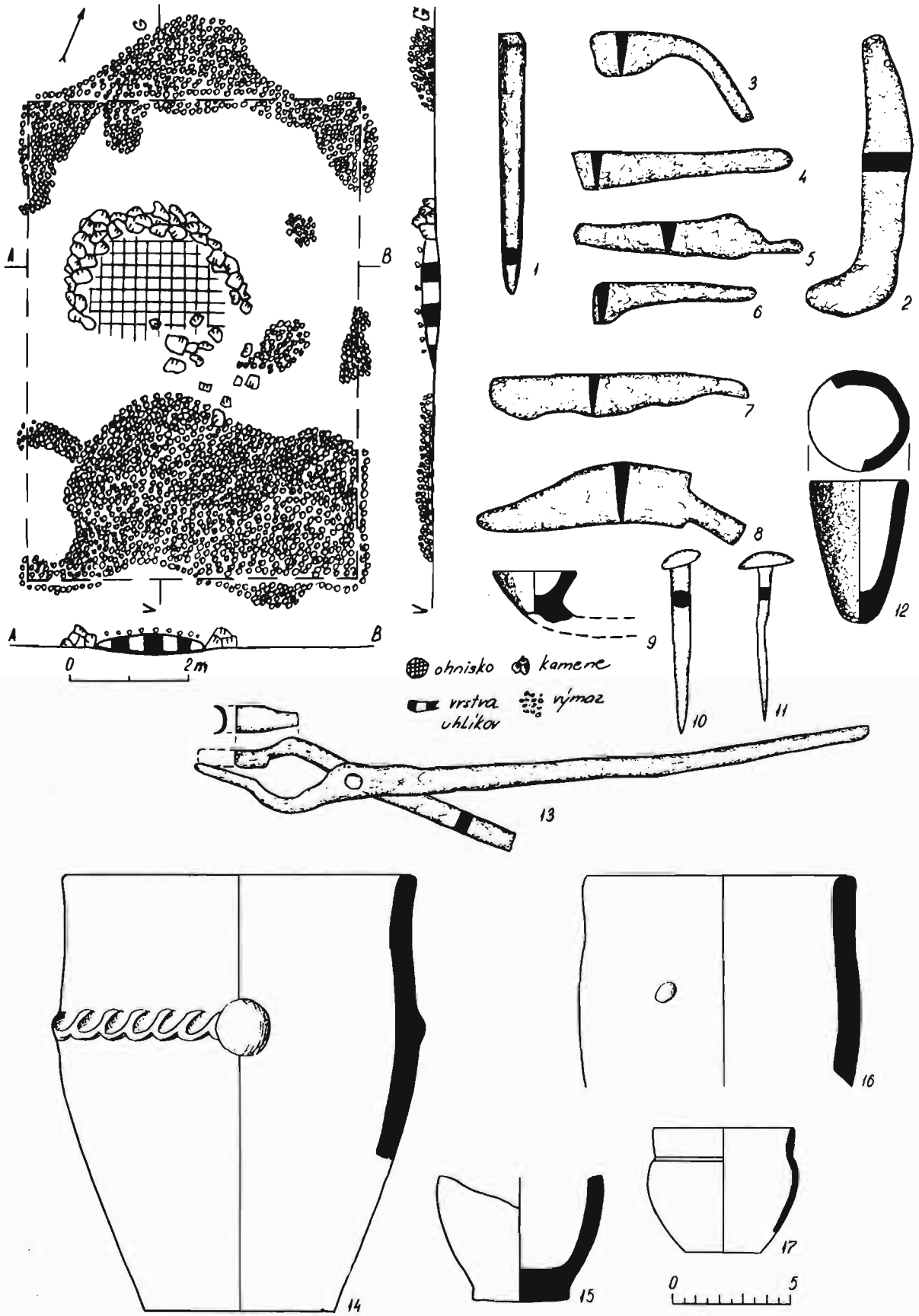
Napriek početne rozsiahlemu inventáru kovových predmetov neboli na lokalite odkryté objekty súvisiace s ich výrobou. Snahu *V. I. Bidziľu* (*1971*, s. 34, tab. I) členiť kováčske dielne podľa množstva náradia nájdeného v objektoch nemožno považovať za úspešnú, pretože hoci materiál pochádza z tunajšieho zberu, neviaže sa na konkrétne objekty. Ani bádateľ *T. Lehoczky* v žiadnej svojej práci nespomína nálezy kováčskych dielní. Táto otázka zostala otvorená aj po výskume, ktorý v Galliši-Lovačke robila expedícia Užhorodskej štátnej univerzity v r. 1986-1988. Medzi objektmi odkrytými počas výskumu ani jeden nemôže byť spájaný s nejakou výrobnou činnosťou alebo konkrétne s kováčstvom. Podobná situácia je charakteristická aj pre druhé regióny barbarského sveta juhovýchodnej Európy, napríklad pre kultúry laténsko-rímskeho obdobia Ukrajiny (*Voznesenskaja 1990*, s. 383).

V tomto smere je výnimkou územie zabraté nositeľmi dáckej kultúry v 2. stor. pred n. l. - 1. stor. n. l. V súčasnosti je známy rad objektov na sídliskách a hlavne na hradiskách, ktoré podľa nálezov špeciálneho náradia (kliešte, kladivá, nákovy atď.) možno klasifikovať ako kováčske dielne. Z územia Zakarpatska je nateraz známy len jeden objekt z prelomu letopočtu, ktorý možeme s istotou klasifikovať ako kováčsku dielňu. Bol odkrytý na dáckom hradisku pri dedine Malaja Kopaňa vo Vinogradovskom rajóne (*Kotigoroško 1989*, s. 38, tab. 14).

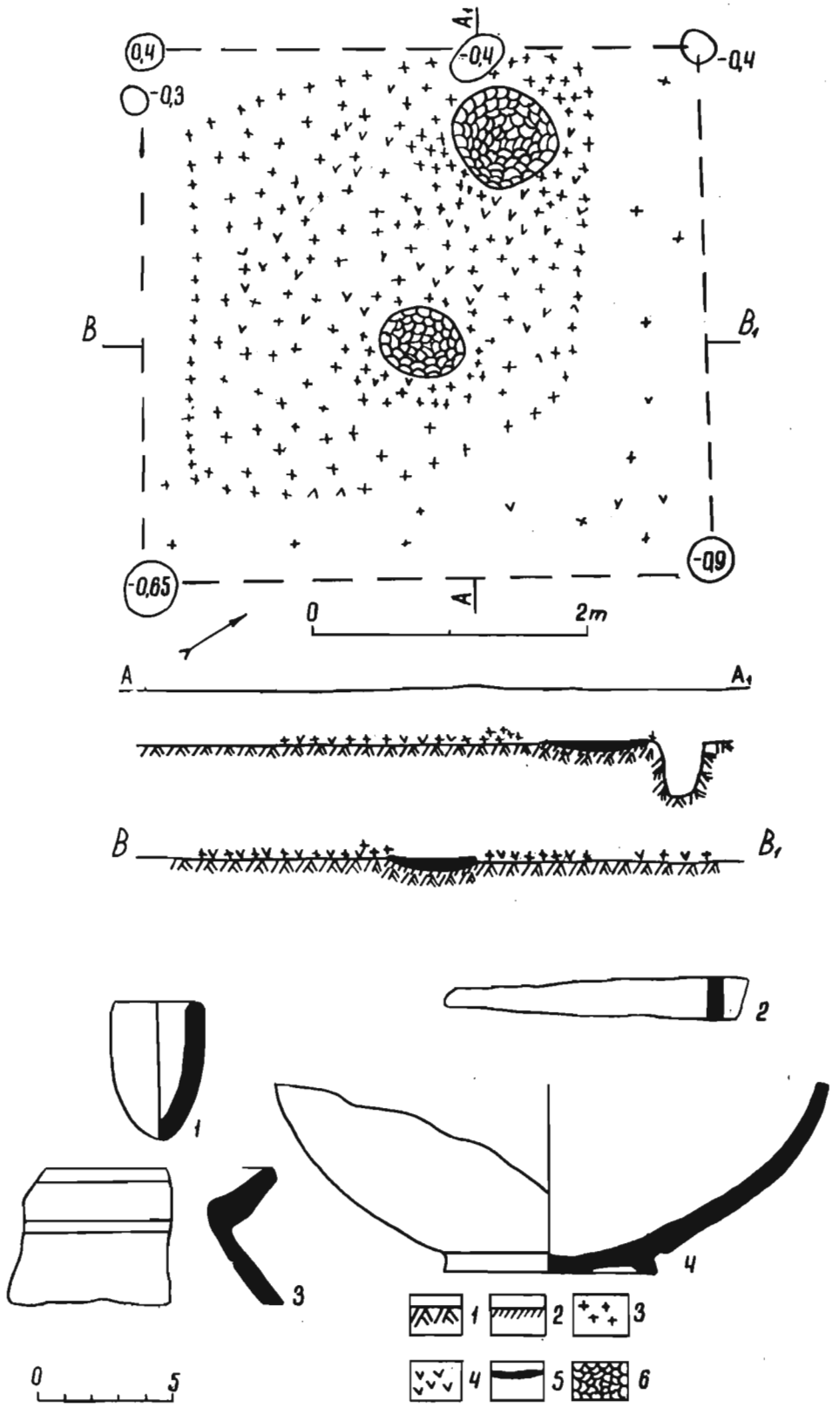
Kováčskou dielňou je stavba situovaná vedľa valu v severovýchodnej časti hradiska. Má nadzemnú konštrukciu s prúteno-hlinenými stenami a rozmery 8 x 3,4 m. V centrálnej časti dielne bola umiestnená pec oválneho pôdorysu (1,5 x 1 m), vyložená veľkými kameňmi. Zahĺbené dno pece (0,1 m) bolo pokryté súvislou vrstvou uhlíkov zmiešaných so železnou troskou (obr. 1).

Hmotné pamiatky sa koncentrovali v juhovýchodnej časti stavby pod závalom hlinených stien. Sú to kováčske kliešte, priebojník, päť nožov, svorník, klince, téglik, odlievacia lyžica a fragmenty keramiky (obr. 1).

Analogické stavby sú známe aj na iných lokalitách dáckej kultúry na území Rumunska. Sú to Cățselu Nou, Dealul - Cetății, Costeşti, Poiana, Grădiştea - Muncelului (*Glodariu - Jaroslavschi 1979*, s.



Obr. 1. Malaja Kopaňa. Plán a rezy kováčskej dielne. Inventár. (Podľa V. Kotigoroška).



Obr. 2. Matyjevo. Plán a rezy kováčskej dielne. Inventár. 1 - podložie; 2 - prepálená vrstva; 3 - železná troska; 4 - uhlíky; 5 - výmaz dna pece; 6 - pec.

37-40). Vo všetkých dielňach (zahĺbené i nadzemné stavby) sa našli pece na nahrievanie železných prútov na ich prvotné spracovanie a následnú výrobu konkrétnych predmetov.

Osobitnú pozornosť si zaslúži jedna z kováčskych dielní zo Sarmizegetusy - dáckeho hlavného mesta. Bola to veľká drevená stavba, v ktorej sa našli kováčske nástroje a pece spolu so skladom železných prútov s celkovou hmotnosťou 1000 kg (*Glodariu - Jaroslavschi 1979*, s. 40-41). Kováčska dielňa odkrytá na hradisku Tilişca bola vybudovaná z kameňa. Neďaleko sa nachádzala mincovňa, kde sa razili imitácie rímskych denárov (*Lupu 1989*).

Podľa súčasných poznatkov možno urobiť záver, že kováčske dielne na prelome nášho letopočtu mali nadzemnú i zahĺbenú konštrukciu s drevenými, prúteno-hlinenými alebo kamennými stenami. Stabilnou súčasťou bola pec vyložená kameňmi, kováčske náradie a ako doklad výrobnej činnosti drobná železná troska.

Dielňa odkrytá na sídlisku z 2.-3. stor. pri Matyjeve (Vinogradovský rajón) patrí do doby rímskej (*Kotigoroško 1980*, s. 288-289). Bola to pravouhlá nadzemná stavba so stĺpovou konštrukciou stien, s rozmermi 4,1 x 3,8 m. Vnútri sa nachádzali dve pece oválneho pôdorysu. Rozmery prvej boli 0,5 x 0,6 m, druhej 0,6 x 0,8 m (obr. 2). Ich dná boli vymazané vrstvou hliny prepálenej do červena. Na ploche dielne, hlavne v okolí pecí, sa koncentrovali drobné kusy železnej trosky. Ďalej sa našiel železný predmet, najskôr polotovar na výrobu noža, téglik kónického tvaru bez stôp použitia a niekoľko fragmentov keramiky vytočenej na kruhu z 3. stor.

Prítomnosť téglikov v odkrytých objektoch ukazuje na možnosť výroby šperkov v kováčskych dielňach.

Výskum technológie kováčskych výrobkov umožňuje priamo posudzovať úroveň spracovávania kovu. Metalografickej analýze bolo podrobených len 15 predmetov, ale i z rozboru tohto nevelkého množstva výrobkov sa získali dôležité poznatky o práci kováčov. Skúmané boli tieto predmety: 8 nožov, hrot kopije, 2 bodky, 2 sekery, dláto, tyč. Uvedených 15 predmetov je z dvoch pohrebísk (Iza, Bratovo), zo sídliska (Zabolotie) a z hradiska Malaja Kopaňa (*Bidziľa a kol. 1983*, s. 100).

Výskum štruktúry nožov ukázal, že všetky sú vyrobené z kujného železa a zo surovej ocele, dobre očistenej od troskových vtrúsenín. Jeden exemplár bol vykovaný z vysokonauhlíčenej ocele (analýza 1360). Drobnozrnná štruktúra nožov je svedectvom dobrého plastického spracovania kovu. Z jednotlivých kováčskych techník použitých pri výrobe nožov treba spomenúť cementáciu, t. j. dosiahnutie oceľovej vrstvy na povrchu pracovnej časti, a kalenie. Mikroštruktúra kalených častí je martenzitická. Kvalita kovania je vysoká. Trochu odlišnú štruktúru má nôž z Bratova, vykovaný z paketovaných polotovarov z mäkkej ocele (analýza 1349). Nože vyrobené z "paketovaného" kovu sa vyznačujú spravidla vysokou kvalitou kovania, veľmi malým množstvom troskových vtrúsenín, rovnomernou a drobnozrnnou štruktúrou kovu (*Barceva - Voznesenskaja - Černych 1972*, s. 17). Takéto výrobky majú zvýšenú pružnosť a elastickosť (*Voznesenskaja 1970*, s. 35). Analogická technológia sa používala aj v iných oblastiach "barbarského sveta" i na území rozšírenia čerňachovskej kultúry (*Barceva - Voznesenskaja - Černych 1972*, s. 16).

Kujné železo a mäkká surová oceľ sa používali na výrobu sekier, bodiek a hrotov kopijí. Dláto bolo vykované z mäkkej surovej ocele. Povrch bol súvisle upravený cementáciou. Zóna martenzitu s mikrotvrdosťou 642-724 kg/mm^2 zistená na ostrí dokladá úpravu kalením (analýza 1351).

Štúdium tvaru a technológie kováčskych výrobkov prinieslo svedectvo o vysokom profesionálnom majstrovstve kováčov a o úrovni sociálno-ekonomického rozvoja obyvateľov Zakarpatska v dobe rímskej.

Záverom treba poznamenať, že napriek pomerne dobrému poznaniu výrobkov kováčskeho remesla z laténsko-rímskeho obdobia základným prameňom svedčiacim o miestnej výrobe sú zvyšky kováčskych dielní. Objekty súvisiace s touto takou dôležitou výrobnou činnosťou boli odkryté na hradisku Malaja Kopaňa a sídlisku Matyjevo.

Preklad z ruštiny *E. Miroššayová*

Literatúra

BARCEVA, T. B. - VOZNESENSKAJA, G. A. - ČERNYCH, Je. N. 1972: Metall čerňachovskoj kultury. Moskva.

BIDZILA, V. I. 1971: Istorija kultury Zakarpatťa na rubeži našoji ery. Kyjiv.

BIDZILA, V. I. a kol. 1983: Istorija černoj metallurgii i metalloobrabotki na territorii USSR (III v. do n. e. - III v. n. e). Kijev.

GLODARIU, I. - JAROSLAVSCHI, E. 1979: Civilizaţia fierului la Daci. Cluj-Napoca.

KOTIGOROŠKO, V. G. 1980: Raskopki v Zakarpatskoj oblasti. In: Archeol. Otkr. 1979. Moskva, s. 288-289.

KOTIGOROŠKO, V. G. 1989: Gorodišča rubeža našej ery v Verchnem Potisie. Slov. Archeol., 37, s. 21-67.

LEHOCZKY, T. 1892: Adatok hazánk archaeológiájahoz különös tekintettel Beregmegyére és Környékére. 1. Munkács.

LEHOCZKY, T. 1901: Emlékek a régibb vaskorböl Munkács környéken. Archaeol. Ért., 21, s. 198-220, 335-344.

LEHOCZKY, T. 1906: Régibb vaskori emlékek Munkács környékén. Archaeol. Ért., 26, s. 337-346.

LEHOCZKY, T. 1912: Adatok hazánk archaeológiájahoz különös tekintettel Beregmegyére és Környékére. 2. Munkács.

LUPU, N. 1989: Tilişca. Aşezările arheologie de pe Căţănaş. Bucureşti.

VOZNESENSKAJA, G. A. 1970: Obrabotka železa u plemen čerňachovskoj kultury. In: Kratk. Soobšč. Inst. Archeol. AN SSSR. 121. Moskva, s. 34-38.

VOZNESENSKAJA, G. A. 1990: Kuznečnoje delo. In: Slaviane Jugo-Vostočnoj Jevropy v predgosudarstvennyj period. Kijev, s. 382-392.

SMITHIES OF LA TÈNE AND ROMAN PERIODS IN TRANSCARPATHIAN REGION

Summary

Market production of iron goods in Transcarpathian region started in La Tène period. Level of metallurgy advancement can be appreciated according to hundreds of smith's artefacts found in oppidum of Galliš-Lobačka from the 2nd - 1st cent. B.C. Results of metallographic analyses of 136 artefacts prove high professionality of local smiths. This professionalism had been started by the Celts and it lasted in next period, too. This fact is evidenced by results of studying on artefacts production technology and forms as well as by remains of smithies in Dacian hillfort of Malaja Kopaňa and settlement of Matyjevo from end of the 2nd - 3rd cent. A.D.

Fig. 1. Malaja Kopaňa. The smithy groundplan and its sections. Inventory. (After V. Kotigoroško).

Fig. 2. Matyjevo. The smithy groundplan and its sections. Inventory. 1 - underlying layer; 2 - burnt layer; 3 - iron slag; 4 - coal pieces; 5 - daub of the furnace bottom; 6 - the furnace.

METALURGIA ŽELEZA V DOBE LATÉNSKEJ A RÍMSKEJ NA SPIŠI

Peter Roth

Nerastné bohatstvo Slovenska vytvorilo priaznivé podmienky na rozšírenie ťažby a spracúvania železa, ktoré sa postupne stalo najrozšírenejším a najpoužívanejším kovom. Po staročia sa toto územie pokladalo za hlavnú železiarsku oblasť Uhorska. Zvlášť prekvitalo železiarstvo v Gemerskej stolici, v ktorej bola najbohatšia železná ruda, preto ju nazývali železiarskou stolicou (*Šarudyová 1989*, s. 10). S týmto regiónom susedí a svojou činnosťou úzko súvisí aj vedľajšia oblasť Spiša, na území ktorej sa nachádza časť Slovenského rudohoria, bohatého na ložiská železných rúd. Zo Spiša pochádza aj najstarší nález železného predmetu - dýky z kultovej studne v Gánovciach (naposledy *Novotný - Novotná - Kovalčík 1991*, s. 28).

Napriek uvedeným skutočnostiam sú naše informácie o počiatkoch metalurgie Spiša aj Gemera - a v širších súvislostiach aj Slovenska - pomerne skromné. Výrazne cítiť absenciu systematického prieskumu a výskumu zameraného na túto problematiku.

Významným prínosom pre riešenie tejto otázky je práca *F. Javorského* Súpis nálezov železnej trosky na Spiši, v ktorej zhrňuje všetky nálezy na území Spiša z obdobia od praveku po súčasnosť, známe jednak z vlastných početných prieskumov a jednak z dostupnej literatúry. Je na škodu, že táto pozoruhodná práca zostala iba v rukopise, a preto je aj odborníkom pomerne málo známa.

V spolupráci s *L. Mihokom* a *P. Cengelom* publikoval *F. Javorský* štúdiu o železiarskych artefaktoch zo Spišských Tomášoviec (*Cengel - Mihok - Javorský 1982*). Rozborom nálezov z Mlynice, Jánoviec-Machaloviec a Granča-Petroviec bola riešená otázka výroby železa v staršej dobe rímskej. Analýzou výsledkov získaných pri týchto rozboroch dospeli autori k záveru, že výroba železa prebiehala zvárkovým spôsobom v malých šachtových peciach, ktorých steny boli zo žiaruvzdorného materiálu s vysokým obsahom oxidu kremičitého. Tým, že bol použitý tento materiál, sa v peciach dosiahli vyššie teploty, v dôsledku ktorých sa vytvorili podmienky na dokonalý priebeh redukcie počas oddelenia vytaveného železa od trosky. Taktiež sa zistilo, že do vsádzky neboli pridávané žiadne troskotvorné prísady (*Mihok - Cengel - Javorský 1987*, s. 175).

Na túto prácu nadviazala ďalšia (*Mihok - Longauerová - Cengel - Javorský 1988*), venovaná otázkam výroby železa v mladšej dobe rímskej, v ktorej sa konštatuje, že výroba aj v tejto dobe prebiehala zvárkovým spôsobom v malých šachtových peciach s plášťom s vysokým obsahom oxidu kremičitého. Účinnosť tavby bola nízka a množstvo vytaveného železa bolo malé, veľká časť zostávala v troske. Dôležité je, že pri porovnávaní so staršou dobou rímskou badať určitý kvalitatívny rast výroby, odrážajúci sa vo vyššej účinnosti procesu (*Mihok - Longauerová - Cengel - Javorský 1988*, s. 422).

Spomínané práce sa venovali problematike metalurgie v určitom dejinnom období, avšak stále aktuálnejším sa javí rozbor jednotlivých lokalít so svojimi špecifikami, s akým sa stretávame napríklad pri hodnotení metalurgickej činnosti na lokalite Pod Zelenou horou v Hrabušiciach (*Mirošayová - Javorský - Mihok - Hollý 1991*).

Z uvedeného je zrejmé, že práce na riešení problematiky metalurgie železa na Spiši v dobe laténskej a rímskej sú ešte len v začiatočnom štádiu. V našom príspevku sa chceme venovať niektorým otázkam ťažby a spracovávania železnej rudy v tomto období. Myslíme si, že za súčasného stavu bádania by bolo veľmi obťažné - a asi aj predčasné - riešiť otázky kedy, kde a ako sa železo spracovávalo. Skôr je naším cieľom zhrnúť doterajšie poznatky o dobývaní a spracovávaní železa a nastoliť okruh problémov, na ktoré je potrebné upriamiť hlavnú pozornosť, aby bolo možné na niektoré z nich nájsť odpovede už v blízkej budúcnosti.

V prvom rade by sme sa chceli zamerať na problém nálezísk železnej rudy, pretože tie nám umožnia vytypovať lokality, na ktorých možno predpokladať ťažbu a spracovávanie železa. V súvislosti s tým považujeme za dôležité aspoň stručne načrtnúť geologickú stavbu regiónu a tiež uviesť mineralogické lokality železnej rudy.

Z tohto hľadiska zahrňuje územie Spiša tri z piatich pásiem Karpatskej sústavy:

1. Stredné (centrálne) pásmo Karpát. Tvoria ho jadrové pohoria, ku ktorým patria Tatry, Branisko a Slovenské rudohorie. Tvorené je horninami starohorného, prvohorného, druhohorného a treťohorného veku.

2. Bradlové pásmo. Oddeľuje od seba flyšové a stredné pásmo Karpát. Je to dlhá, úzka zóna, ktorá sa tiahne pozdĺž Váhu, severne od Tatier až k Humennému. Skladá sa z väčšieho množstva skál a skaliek, ktoré vznikli rozdrvením pôvodne súvislých komplexov vrstiev druhohorného veku.

3. Flyšové pásmo. Obsahuje usadeniny druhohorného a treťohorného veku, ktoré vytvorili predpolie Karpát. Patrí k nim Spišská Magura (*Habětín - Kočárek - Trdlička 1976*, s. 343-348).

K nim je potrebné priradiť ešte štvrtohorné útvary - hlavne travertíny a sedimentačné vrstvy, ktoré sa neustále tvoria.

Z hľadiska typu ložísk železných rúd v tejto oblasti ide z väčšej časti o hydrotermálne, metasomatické ložiská. Hydrotermálne ložiská vznikajú z rôznych plynných látok a pár, ktoré unikali z magmatu do puklín a trhlín v zemskej kôre, kde čiastočne ochladli, skondenzovali a vytvorili prehriate vodné roztoky. Ich teplota sa pohybovala v rozmedzí 373-1000 °C. Po dlhšom ochladení týchto roztokov nastáva kryštalizácia nerastov. Ak tieto roztoky prenikli hlboko do okolitej horniny, rozpúšťajú ju a v utvorenom priestore kryštalizovali nové nerasty,vznikli ložiská metasomatické, ktoré môžu mať tvar žilný, žilníkovitý alebo impregnačný (*Habětín - Kočárek - Trdlička 1976*, s. 362). Zvetrávaním východov týchto ložísk na zemský povrch sa vytvárajú tzv. železné klobúky, ktoré predstavujú surovinu ľahko dobývateľnú a spracovateľnú. Keďže tieto klobúky nezasahujú hlboko do zemského povrchu, nevytvárajú žiadne prekážky ani jednoduchej banskej ťažbe, nenáročnej na zabezpečenie banského diela proti závalu.

Medzi najvýznamnejšie minerály železných rúd patria tieto nerasty so svojimi odrodami: magnetit - Fe_3O_4 (ďalej len M), hematit - Fe_2O_3 (ďalej len H), limonit - $Fe_2O_3xH_2O$ (ďalej len L) a siderit - $FeCO_3$ (ďalej len S; *Němec 1973*, s. 69, 74, 76, 83).

NÁLEZISKÁ ŽELEZNÝCH RÚD

1. Gelnica (okr. Spišská Nová Ves) - H, S
2. Helcmanovce (okr. Spišská Nová Ves) - S
3. Hnilčík (okr. Spišská Nová Ves) - H
4. Hnilec (okr. Spišská Nová Ves) - M, H, S
5. Hozelec (okr. Poprad) - L
6. Hôrka (okr. Poprad) - L
7. Kluknava (okr. Spišská Nová Ves) - H, S
8. Kojšov (okr. Spišská Nová Ves) - M, H, S
9. Krompachy (okr. Spišská Nová Ves) - H, S
10. Margecany (okr. Spišská Nová Ves) - M, H, S
11. Mlynky (okr. Spišská Nová Ves) - S
12. Mníšek nad Hnilcom (okr. Spišská Nová Ves) - S
13. Nálepkovo (okr. Spišská Nová Ves) - M, H, S
14. Poprad, časť Kvetnica (okr. Poprad) - M, H, L
15. Poráč (okr. Spišská Nová Ves) - H, S
16. Rudňany (okr. Spišská Nová Ves) - H, L, S
17. Slovinky (okr. Spišská Nová Ves) - S, L
18. Smolník (okr. Spišská Nová Ves) - M, H, S
19. Spišská Nová Ves (okr. Spišská Nová Ves) - H, L, S
20. Spišské Vlachy (okr. Spišská Nová Ves) - L
21. Stará Voda (okr. Spišská Nová Ves) - S
22. Stráňany (okr. Stará Ľubovňa) - L
23. Švedlár (okr. Spišská Nová Ves) - M, H, S
24. Veľký Folkmár (okr. Spišská Nová Ves) - H
25. Závadka (okr. Spišská Nová Ves) - S
26. Žakarovce (okr. Spišská Nová Ves) - L, S

Súpis bol vypracovaný podľa práce *J. Jahna* Mineralogické lokality v slovenských geologických periodikách 1940-1970, kde je aj podrobná literatúra k jednotlivým lokalitám. Škoda, že aj táto významná práca sa nachádza iba v rukopise a taktiež je neprístupná širokej verejnosti.

K uvedeným základným minerálom železnej rudy patrí bezpochyby aj bahenná ruda. Vzniká v jazerách, barinách a rašeliniskách severských oblastí, a to i v súčasnej dobe tak, že spodné vody, bohaté na huminové látky, vyluhujú železo, ktoré je v humátovej alebo biokarbonátovej forme prinášané do jazier. Pri ich brehu, vo vode obvykle saturovanej kyslíkom, nastáva vylučovanie koloidného hydroxidu železitého i prímesi organických koloidov alebo uhličitanu železnatého (siderit). Tento hydrogent starnutím prechádza do tvrdých bôbov, konkrécií aj súvislých más (*Svoboda a kol. 1983*, s. 593). Tieto rudy v súčasnosti nepredstavujú základnú surovinu pre spracovávanie železa, i keď v starších dobách mohli byť, a zrejme aj boli, hojne spracovávané, hlavne pri malej potrebe železa.

Vzhľadom na obmedzený rozsah predkladanej práce sa nedali uviesť všetky okolnosti spojené s geologickou stavbou územia, ako ani minerály železa a ich ložiská, no dúfame, že sa k tejto kapitole, bezpochyby významnej pre poznanie ťažby a spracovávania železa v praveku a stredoveku Spiša, budeme môcť vrátiť v podrobnejšej štúdii, kde by bola geologická stránka rozobratá detailne a s prihliadnutím na jednotlivé lokality s artefaktmi súvisiacimi s metalurgickou činnosťou.

ARCHEOLOGICKÉ NÁLEZISKÁ SO STOPAMI METALURGIE

1. B u g l o v c e (okr. Spišská Nová Ves) - Pod krížikom
   Nález železnej trosky.
   Dat.: 1.-2. stor.
   Lit.: *Javorský 1982a*, s. 11.

2. D o m a n o v c e (okr. Spišská Nová Ves) - Na dlhom
   Nález železnej trosky.
   Dat.: mladšia doba rímska.
   Lit.: *Javorský 1982a*, s. 11; *1984*, s. 99.

3. D o m a n o v c e - Lány
   Nález železnej trosky.
   Dat.: mladšia doba rímska, veľkomoravské obdobie.
   Lit.: *Javorský 1980*, s. 123; *1982a*, s. 11.

4. D r a v c e (okr. Spišská Nová Ves) - Pod Skalicou
   Nález železnej trosky a téglikov.
   Dat.: mladšia doba rímska.
   Lit.: *Javorský 1982a*, s. 12.

5. D r a v c e - Pod dubom
   Nález železnej trosky v objekte a okolí.
   Dat.: mladšia doba rímska.
   Lit.: *Javorský 1982a*, s. 12.

6. G á n o v c e (okr. Poprad) - Hrádok
   Nález železnej trosky.
   Dat.: doba laténska - staršia doba rímska.
   Lit.: *Javorský 1982a*, s. 45.

7. G r a n č - P e t r o v c e (okr. Spišská Nová Ves) - kultúrny dom - Pod cestou
   Nález železnej trosky.
   Dat.: mladšia doba rímska, 9.-10. stor.
   Lit.: *Javorský 1986a*, s. 110.

8. G r a n č - P e t r o v c e - Na povrazoch
Nález železnej trosky v blízkosti splanírovaného valu - medze.
Dat.: púchovská kultúra - 1.-2. stor.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 13; *1982b*, s. 116; *Mihok - Cengel - Javorský 1987*, s.165-179.

9. G r a n č - P e t r o v c e - Za lúkami
Nález rozptýlenej železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 13-14; *1982b*, s. 117.

10. H ô r k a, časť P r i m o v c e (okr. Poprad) - Kapustnice
Nález železnej trosky.
Dat.: 1.-4., 8.-10., 11.-13. stor.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 45-46; *1983*, s. 100; *1990a*, s. 72.

11. H r a b u š i c e (okr. Spišská Nová Ves) - Zelená hora
Nález železnej trosky z výskumu r. 1962 a v minulosti za neobjasnených okolností.
Dat.: doba halštatská-doba laténska-staršia doba rímska, 10.-15. stor.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 14.

12. H r a b u š i c e - Pod Zelenou horou
Nález pece na spražovanie železnej rudy pod podlahou objektu 39/84, železnej trosky v objekte 51/85 a v blízkosti jamy s depotom 28 železných sekier z halštatsko-laténskeho obdobia. Možno predpokladať aj ďalšie objekty so špecializovanou výrobou.
Dat.: doba halštatská-doba laténska-staršia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 14-15; *1982b*, s. 117; *1985*, s. 115; *Miroššayová 1983*, s. 165; *Miroššayová - Javorský - Mihok - Hollý 1991*, s. 71-97.

13. H r a b u š i c e - Kohlseif
Nález jamovitej pece na spražovanie železnej rudy, zhruba štvorcovitého pôdorysu s rozmermi pri ústí 75 x 95 cm a na dne 55 x 75 cm.
Dat.: doba laténska.
Lit.: *Javorský 1985*, s. 115.

14. H u n c o v c e (okr. Poprad) - Pod Hôrkou
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1990a*, s. 72.

15. H u n c o v c e - pri železničnej stanici
Nález črepov z grafitových téglikov a železnej trosky.
Dat.: doba laténska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 46.

16. J a m n í k (okr. Spišská Nová Ves) - predajňa potravín
Nález narušenej šachtovej pece, taviacej pece, časti plášťa pece, železnej lupy a železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1990b*, s. 84-85.

17. J a m n í k - Pri krížiku
Nález železnej trosky na východnom okraji sídliska.
Dat.: staršia a mladšia doba rímska, 10.-11. stor.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 18; *1982b*, s. 117.

18. J á n o v c e , časť J á n o v c e (okr. Poprad) - Pod Chrasť
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska, 9. a 10. stor.
Lit.: *Javorský 1988*, s. 65.

19. J á n o v c e , časť M a c h a l o v c e - Hradisko
Nález železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra - staršia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 47.

20. J á n o v c e , časť M a c h a l o v c e - Pod Hradiskom
Nález železnej trosky a lupy; koncentrácia v blízkosti zaniknutého valu a pod úpätím kopca.
Dat.: púchovská kultúra, mladšia doba rímska, slovanské obdobie.
Lit.: *Javorský 1983*, s. 101; *1984*, s. 96; *Mihok - Cengel - Javorský 1987*, s. 165-179.

21. K e ž m a r o k (okr. Poprad) - medzi železničnou traťou Poprad - Kežmarok nad pravým brehom potoka Holgraben
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska, 13.-14. stor.
Lit.: *Javorský 1986a*, s. 109.

22. K e ž m a r o k - Jeruzalemský vrch
Nález narušenej železiarskej pece a železnej trosky.
Dat.: doba halštatská-laténska-rímska.
Lit.: *Budinský-Krička 1977*, s. 66; *Javorský 1982a*, s. 49; *1986a*, s. 109.

23. K e ž m a r o k , časť Ľ u b i c a
Nález železnej trosky a mazanice v troch polohách v blízkosti narušených ohnísk s kamenným obložením.
Dat.: mladšia doba rímska, 13. stor.
Lit.: *Javorský 1988*, s. 65.

24. K l č o v (okr. Spišská Nová Ves) - Pod horou
Nález železnej trosky.
Dat.: doba laténska.
Lit.: *Javorský 1985*, s. 116.

25. L e t a n o v c e (okr. Spišská Nová Ves) - Kláštorisko
Nález železnej trosky v deštruovanom vale a na ploche z vnútornej strany valu.
Dat.: doba laténska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 18.

26. L e t a n o v c e - Sedliská
Nález železnej trosky na celej ploche, na dvoch miestach väčšia koncentrácia, ktorá naznačuje existenciu hutníckych objektov.
Dat.: mladšia doba rímska, slovanské obdobie.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 19; *1983*, s. 105.

27. L e v o č a (okr. Spišská Nová Ves) - Zittenberg
Nález železnej trosky na podlahe objektu 1/85 a v objekte 2/85.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1986b*, s. 119.

28. L e v o č a - Pod Starou Levočou I
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska, 9.-10. a 13. stor.
Lit.: *Javorský 1986b*, s. 119.

29. L e v o č a - Burg
Nález železnej trosky pri vnútornej strane valu.
Dat.: doba laténska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 19.

30. M l y n i c a (okr. Poprad) - Červený kameň
Nález dvoch taviacich pecí a troch spražovacích pecí. Pri metalurgických objektoch nájdené aj väčšie množstvo železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra, mladšia doba rímska, 13.-15. stor.
Lit.: *Javorský 1985*, s. 112; *1988*, s. 65; *1990a*, s. 73; *Mihok - Cengel - Javorský 1987*, s. 165-179.

31. M l y n i c a - Vinice
Nález železnej trosky.
Dat.: staršia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1990a*, s. 73.

32. M l y n i c a - Medzi vodami I
Nález zvyškov jamovitej metalurgickej pece a bahennej rudy (lúčny limonit).
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1990a*, s. 73.

33. M l y n i c a
Nález železnej trosky v troch polohách.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1988*, s. 65.

34. N e m e š a n y (okr. Spišská Nová Ves) - Močiare
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska, 8.-10. stor.
Lit.: *Javorský 1990a*, s. 75.

35. O d o r í n (okr. Spišská Nová Ves) - Lučbach
Nález porušenej taviacej pece a železnej trosky v jej okolí.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1981a*, s. 110; *1982a*, s. 23.

36. P o p r a d , časť K v e t n i c a (okr. Poprad) - Zámčisko
Nález železnej trosky.
Dat.: doba laténska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 50.

37. P o p r a d , časť S t r á ž e p o d T a t r a m i - Peheng
Nález železnej trosky v troch polohách a mazanice z pece.
Dat.: mladšia doba rímska, 8.-10. stor.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 50; *1983*, s. 101-102; *1986a*, s. 113; *1988*, s. 65.

38. P o p r a d , časť S t r á ž e p o d T a t r a m i - Vinná jama
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska, 9.-10. stor.

Lit.: *Javorský 1982a*, s. 51; *1983*, s. 102.

39. P o p r a d , časť S t r á ž e p o d T a t r a m i - Na rázcestí
Nález železnej trosky, v blízkosti slovanské objekty.
Dat.: mladšia doba rímska, 8.-10. stor.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 51; *1983*, s. 102; *1988*, s. 65.

40. S m i ž a n y (okr. Spišská Nová Ves) - Štrkovisko IV
Nález jamy kruhovitého pôdorysu, širokej okolo 100 cm, hlbokej 60-80 cm, na dne železná troska a prepálené kamene.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 25.

41. S m i ž a n y - Pod Hradiskom I
Nález železnej trosky.
Dat.: staršia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1981b*, s. 77; *1982a*, s. 25-26.

42. S m i ž a n y - Hradisko I
Nález železnej trosky na akropole, v menšom množstve medzi druhým a tretím valom.
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 26.

43. S m i ž a n y - Pri kňazovej studni
Nález železnej trosky, rozptýlenej po celom sídlisku.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 26-27.

44. S p i š s k á N o v á V e s (okr. Spišská Nová Ves) - Pod skalou za Hornádom
Nález železnej trosky v blízkosti dvoch pretavovacích pecí, porušených výstavbou kanalizácie.
Dat.: púchovská kultúra - staršia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 29.

45. S p i š s k á N o v á V e s - Nižný Levočský potok - TOS
Nález železnej lupy a trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 33.

46. S p i š s k á N o v á V e s - Malé pole
Nález železnej trosky a železnej rudy.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1988*, s. 68.

47. S p i š s k á N o v á V e s - Smižianska roveň
Nález železnej trosky.
Dat.: staršia a mladšia doba rímska, 9.-10. a 13.-15. stor.
Lit.: *Javorský 1985*, s. 118; *1986a*, s. 113; *1990a*, s. 75.

48. S p i š s k á T e p l i c a (okr. Poprad) - Záhumnie
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1986a*, s. 110.

49. S p i š s k é P o d h r a d i e (okr. Spišská Nová Ves) - Pod Hradskou lúkou
Nález metalurgických pecí.
Dat.: nedatované.
Lit.: *Javorský 1990a*, s. 76.

50. S p i š s k é P o d h r a d i e - Pod hradom
Rozrušená taviaca pec a nález železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra - staršia doba rímska, mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 35; *1982b*, s. 121.

51. S p i š s k é T o m á š o v c e (okr. Spišská Nová Ves) - Pod hradiskom
Nález železiarskej dvojdielnej spražovacej pece (1/76). Pec mala dve ohniská (priemer 80 a 100 cm), dno a boky vyložené vápencovými kameňmi. Ďalej sa našla dymárka s priemerom menším ako 30 cm, spražovacia pec (2/76) vaňovitého tvaru (150 x 100 cm) a v nej až 85 kg železnej trosky. Druhá taviaca pec mala vnútorný priemer 25 cm a plášť z dvoch vrstiev (vnútorná viac ohňovzdorná). Z tretej taviacej pece sa našlo iba dno. Tretia spražovacia pec (3/76) mala rozmery 120 x 70 cm a v jej okolí sa našlo viac ako 100 kg trosky. Na základe terénnej situácie sa dá predpokladať, že dymárku po tavbe rozbili.
Dat.: púchovská kultúra - 1.-2. stor.
Lit.: *Javorský 1977b*, s. 155-156; *1982a*, s. 35-36; *Chropovský 1985*, s. 100.

52. S p i š s k é V l a c h y (okr. Spišská Nová Ves) - Roveň
Nález rozptýlenej železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 37; *1982b*, s. 121.

53. S p i š s k é V l a c h y - Pod Lazík
Nález narušených taviacich pecí, spražovacích pecí a 79 kusov železnej trosky s hmotnosťou niektorých 10-15 kg. Jedna šachtová pec mala nistej s priemerom cca 60 cm. Nález železnej rudy.
Dat.: staršia doba rímska, mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 37; *1983*, s. 111; *1984*, s. 102; *1990a*, s. 76.

54. S p i š s k é V l a c h y - Pod lipou
Nález narušených taviacich pecí a spražovacích pecí.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1978*, s. 114; *1982a*, s. 37; *1982b*, s. 121.

55. S p i š s k é V l a c h y - Nad novým mlynom II
Nález železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 38; *1982b*, s. 121.

56. S p i š s k é V l a c h y - Plantal
Nález troch taviacich pecí a železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska, 9.-10. stor.
Lit.: *Javorský 1986a*, s. 112; *1990a*, s. 76.

57. S p i š s k ý H r h o v (okr. Spišská Nová Ves) - Pod svätým Dzurom
Nález železnej trosky na ploche.
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 38.

58. S p i š s k ý H r h o v - Pod hradiskom
Nález železnej trosky.

Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 39; *1986a*, s. 114.

59. S p i š s k ý H r u š o v (okr. Spišská Nová Ves) - Dlhé hony
Nález železnej trosky, koncentrovanej pri potoku, kde možno predpokladať existenciu hutníckych objektov.
Dat.: mladšia doba rímska, veľkomoravské obdobie.
Lit.: *Javorský 1981a*, s. 118; *1982a*, s. 39.

60. S p i š s k ý Š t i a v n i k (okr. Poprad) - Rybník (Rybník II)
Nález neporušenej spražovacej pece a železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 53; *1983*, s. 102.

61. S p i š s k ý Š t v r t o k (okr. Spišská Nová Ves) - Nižné Garhalovské (Nižné Garhalovské I)
Na ploche sa črtali železiarske objekty; nález železnej trosky a železnej rudy.
Dat.: mladšia doba rímska, predveľkomoravské a veľkomoravské obdobie.
Lit.: *Javorský 1977a*, s. 148-149; *1978*, s. 115; *1981b*, s. 83; *1982a*, s. 40-41; *1983*, s. 111.

62. S p i š s k ý Š t v r t o k - Nižné Garhalovské II (pôvodná lokalita Nižné Garhalovské neskôr, na základe nových poznatkov, rozdelená na dve polohy)
Nález železnej trosky a lupy z pece.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 41; *1983*, s. 111.

63. S p i š s k ý Š t v r t o k - Pod gelendrami, na brehu Rurového potoka
Nález 21 ohnísk s prepálenými stenami. Železná troska v ohniskách aj v ich okolí.
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1977a*, s. 148; *1982a*, s. 41.

64. S p i š s k ý Š t v r t o k - Pod šibeničnou horou
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1984*, s. 103.

65. V e ľ k á L o m n i c a (okr. Poprad) - Vlčie hony
Nález železnej trosky na brehu mlynského potoka.
Dat.: doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 54-55.

66. V e ľ k á L o m n i c a - Šibeničná hora
Nález dvoch narušených metalurgických pecí.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1990a*,, s. 74.

67. V e ľ k ý S l a v k o v (okr. Poprad) - Burich
Nález železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 55.

68. V e ľ k ý S l a v k o v - Pod piesky
Nález železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra, 12.-13. stor.
Lit.: *Javorský 1985*, s. 113.

69. V e l k ý S l a v k o v - Za Červený potok
Nález narušenej metalurgickej pece.
Dat.: pravdepodobne doba rímska.
Lit.: *Javorský 1985*, s. 113.

70. V e l k ý S l a v k o v - Na matejovskú cestu
Nález železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra - staršia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1985*, s. 113.

71. V l k o v á (okr. Poprad) - Pri prednej priekope
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska, 9.-10. stor.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 55-56; *1983*, s. 103.

72. V l k o v á - Pod Orlovcom
Nález železnej trosky na mieste spražovacej pece.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 56-57; *1983*, s. 103; *1986a*, s. 116.

73. V l k o v á - Pod Kosovým kruhom
Nález železnej lupy a sporadicky aj trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 57; *1983*, s. 103.

74. V r b o v (okr. Poprad) - Dubový chrbát
Nález železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: Javorský 1990a, s. 74.

75. Ž e h r a (okr. Spišská Nová Ves) - Hlinky I
Nález narušenej taviacej pece a železnej trosky.
Dat.: mladšia doba rímska.
Lit.: *Javorský 1982a*, s. 43; *1982b*, s. 122; *1986a*, s. 114.

76. Ž e h r a - Koniarňa
Sporadický nález železnej trosky.
Dat.: púchovská kultúra.
Lit.: *Javorský 1981b*, s. 89-90; *1982a*, s. 43.

77. Ž e h r a - Hlinky Ia
Nález porušenej pece na tavenie rudy a železnej trosky.
Dat.: doba rímska, 9.-10. stor.
Lit.: *Javorský 1982b*, s. 122; *1986a*, s. 114.

ZHODNOTENIE A ZÁVER

V predloženom súpise sme sa pokúsili zmapovať lokality na území Spiša, na ktorých sa našli stopy po rôznej metalurgickej činnosti. Ide o nálezové celky rôznej kvality a vypovedacej schopnosti. Keďže z väčšej časti pochádzajú z prieskumu alebo krátkodobých záchranných výskumov (chýbajú systematické výskumy), je potrebné uvážiť ich vypovedaciu hodnotu. Pri kritickom pohľade na tieto lokality musíme sa zastaviť hlavne pri probléme trosky. Železná troska, pokiaľ sa nachádza bez bližšie charakterizujúcich sprievodných nálezov, môže pochádzať jednak z metalurgickej činnosti a jednak z následného kováčskeho spracovávania. Pri ohreve kovu kováčskym spôsobom totiž odpadá-

vajú z neho modrošedé odtavky, ktoré sa pri vyšších teplotách topia, kvapkajú do popola a drevného uhlia a tvoria škvarovitú hmotu - kováčsku trosku (*Pleiner 1962*, s. 23). Táto troska je vzhľadom veľmi podobná metalurgickej troske a voľným okom je veľmi ťažké - ba skôr nemožné - rozhodnúť, či ide o trosku metalurgickú, či kováčsku. Tento dôležitý fakt spochybňuje veľkú časť lokalít, avšak bez podrobnej chemickej analýzy, ktorá môže presne určiť druh trosky, nie je možné určiť, o akú trosku ide. Preto sme sa rozhodli zahrnúť do súpisu všetky nálezy trosky, i keď nevylučujeme, že v budúcnosti dôjde, po vykonaní príslušných analýz, k spresneniu charakteru či vylúčeniu tejktorej lokality z daného zoznamu. Ďalším sporným bodom je určovanie absolútnej chronológie železnej trosky pochádzajúcej zo zberu, v ktorom sa na tangovanej lokalite našli okrem materiálu z doby laténskej či rímskej aj nálezy z iných, hlavne neskorších období. Vyskytuje sa tu otázka, či možno datovať túto trosku jednoznačne do doby laténskej, alebo rímskej. Samozrejme, že to nie je s istotou možné, ale takisto sa dá spochybniť datovanie do niektorého iného obdobia. Aj tu sme však volili ten istý postup ako pri posudzovaní charakteru trosky - zahrnuli sme všetky nám známe a dostupné nálezy, nevylučujúc možnosť, že aj tu sa situácia po prehodnotení a spresnení datovania zmení.

Aj keď si uvedomujeme tieto skutočnosti, máme metalurgickú činnosť doloženú na viacerých lokalitách. Za najpozoruhodnejšiu z nich považujeme Spišské Tomášovce - Pod hradiskom, kde sa našli tri komplexy železiarskych pecí. Každý komplex pozostával z jamovitej pece na spražovanie železnej rudy a zo šachtovitej taviacej pece. Z taviacich pecí sa našli iba spodné časti a zvyšky plášťov s časťou otvoru na okysličovanie trosky. Komplex zabezpečoval celú metalurgickú činnosť od času, keď sa vyťažená ruda dostala na lokalitu, až po získanie železa. Podobné komplexy, resp. taviace pece spolu so spražovacími, sa nachádzajú ešte na lokalitách Mlynica-Červený kameň a Spišské Vlachy-Pod lipou. V ďalších prípadoch doklad o tavbe železa tvoria taviace pece z lokalít Spišské Vlachy-Pod Lazík, Spišské Vlachy-Plantal, Spišská Nová Ves-Pod skalou za Hornádom, Jamník-predajňa potravín, Odorín-Lučbach, Spišské Podhradie-Pod hradom, Žehra-Hlinky I, Žehra-Hlinky Ia, Poprad, časť Stráže pod Tatrami-Peheng a tiež pece na spražovanie železnej rudy na náleziskách Hrabušice-Pod Zelenou horou, Hrabušice-Kohlseif, Spišský Štiavnik-Rybník, Vlková-Pod Orlovcom. Pri týchto lokalitách sa dá absencia jedných či druhých objektov vysvetliť z väčšej časti nedostatočnou preskúmanosťou plochy. Skoro s určitosťou možno tvrdiť, že na lokalite, kde boli spražovacie pece, sa nachádzali aj taviace pece. Ich absencia je vysvetliteľná tak stavom výskumu (neboli doposiaľ objavené), ako aj možnosťou, že boli zničené (napr. orbou, eróznou činnosťou vody a pod.). K týmto lokalitám musíme samozrejme priradiť aj tie, z ktorých sa uvádzajú metalurgické pece bez bližšieho určenia. Sú to Veľký Slavkov-Za Červený potok, Veľká Lomnica-Šibeničná hora, Spišské Vlachy-Lazík, Mlynica-Medzi vodami I, Kežmarok-Jeruzalemský vrch. K lokalitám dokazujúcim bezprostredne metalurgickú činnosť radíme aj tie, na ktorých sa našla železná lupa z taviacej pece, pretože prítomnosť lupy naznačuje existenciu pece, i keď to nemusí byť vždy pravda, ale dá sa to skoro s istotou predpokladať. Patria k nim Vlková-Pod Kosovým kruhom, Spišský Štvrtok-Nižné Garhalovské II, Spišská Nová Ves-Nižný Levočský potok-TOS, Jánovce, časť Machalovce-Pod hradiskom.

Ďalšiu skupinu lokalít tvoria tie, na ktorých sa síce metalurgické objekty nezachytili, ale vzhľadom na nálezy trosky, terénnu situáciu, prípadne iné indície môžeme na nich túto činnosť predpokladať. Patria sem lokality Spišský Štvrtok-Nižné Garhalovské (resp. Nižné Garhalovské I), Spišský Hrušov-Dlhé hony a Letanovce-Sedliská. Nálezy grafitových téglikov na lokalitách Huncovce-Pri železničnej stanici a Dravce-Pod Skalicou môžeme tiež dávať do súvisu s metalurgickou činnosťou. Určitý, aj keď nie veľmi spoľahlivý doklad tvorí kus rudy nájdený v sprievode železnej trosky na lokalite Spišská Nová Ves-Malé pole.

Z uvedeného vidieť, že metalurgickú činnosť môžeme doložiť na 30 z uvedeného počtu 77 lokalít, pričom nie je vylúčené, že aj na mnohých ďalších zostávajúcich sa neskôr nájdu doklady potvrdzujúce túto činnosť.

Uvádzané metalurgické objekty sú všeobecne známe, čo sa týka tvaru, významu a funkcie pri spracovávaní železa. Zastavme sa preto iba pri dvoch zoskupeniach objektov zo Smižian a Spišského Štvrtka, ktoré *F. Javorský (1977a*, s. 142, 148) dáva do súvisu s metalurgiou, avšak ich účel nie je známy. Ide o jamy kruhovitého pôdorysu s priemerom okolo 100 cm, hlboké 60-80 cm, na dne ktorých sa nachádzali prepálené kamene. Podobné objekty, i keď štvorcovitého tvaru, poznáme z viacerých lokalít na území Slovenska. Patria k nim objekty z Pedera (*Lamiová-Schmiedlová 1969*, s.

412-424), Medzian (*Lamiová-Schmiedlová 1984*, s. 147; *1987*, s. 29), zo Zemplínskych Kopčian (*Roth - Kolník 1986*, s. 203), z Ondrochova (*Kolník 1962*), Ostrovian (*Lamiová-Schmiedlová 1990*, s. 105), zo Stupavy (*Turčan 1991*, s. 119-120) a z Pobedima (*Kolník - Roth 1985*, s. 130-131; *Roth - Kolník 1986, s. 203; Roth 1990*, s. 37-42). Pôdorysom a štruktúrou dna podobné objekty zo Šebastoviec a z Barce (*Lamiová-Schmiedlová 1962*, s. 806-814; *1963*, s. 64-68; *1969*, s. 433-455) podľa ústnej informácie *M. Lamiovej* nemožno stotožňovať s objektmi skúmanými nami. Podobný objekt s rozmermi 1 x 1 m a na dne s popolom a väčšími vápencovými a zlepencovými kameňmi, ktorý, žiaľ, nemožno datovať, pochádza z Levoče (*Javorský 1980*, s. 127). Analógie poznáme najmä z výskumu v Poľsku, kde sa na sídlisku Wólka Lasiecka zachytilo vyše 80 takýchto objektov (*Bender - Barankiewicz 1962*, s. 31-33; *Bender - Balke 1964*, s. 88-91).

F. Javorský (*1977a*, s. 142, 148) popri domnienke, že ide o metalurgické objekty, pripúšťa aj alternatívu, že mohlo ísť aj o žiaroviská.

Do súvisu s metalurgickou činnosťou dávali objekty v prvej fáze výskumu v Pobedime aj *T. Kolník* a *P. Roth* (*Kolník - Roth 1985*, s. 130-131), ktorí sa domnievali, že mohli slúžiť ako primitívne sádzačky na rozdružovanie železnej rudy mechanickým spôsobom (*Žabka 1972*, s. 108). Taktiež objekt z Medzian bol dávaný do súvisu s metalurgiou (*Lamiová-Schmiedlová 1984*, s. 147; *1987*). *M. Lamiová* v tejto súvislosti uvádza aj mladšiu paralelu, zobrazenú na baníckom pohári z Bernu (*Pittioni 1972*).

Pozoruhodným príspevkom k tejto interpretácii je nález piatich objektov z Jamníka-Panského dvora, ktoré sa nápadne podobajú nami uvádzaným objektom. V nich sa našla aj železná troska. Ako uvádza autor výskumu *F. Javorský* (*1978*, s. 105), na základe črepového materiálu ich možno datovať do doby bronzovej (pilinská kultúra). To by aj napriek skoro úplnej typologickej zhode objektov úplne vylučovalo možnosť spájať tieto objekty s metalurgickou činnosťou súvisiacou s výrobou železa.

Autori výskumov vo Wólke Lasieckej sa domnievali, že ide o hospodársko-kuchynské zariadenie pre návštevníkov prichádzajúcich do osady pri rôznych príležitostiach. Túto interpretáciu však nepovažujeme za dostatočnú, a skôr predpokladáme, že ide o objekty výrobného charakteru.

J. Herrmann (ústne *1985*) vyslovil názor, že mohli slúžiť ako garbiarske jamy pri prvotnej úprave kože (*Kolník - Roth 1985*, s. 131).

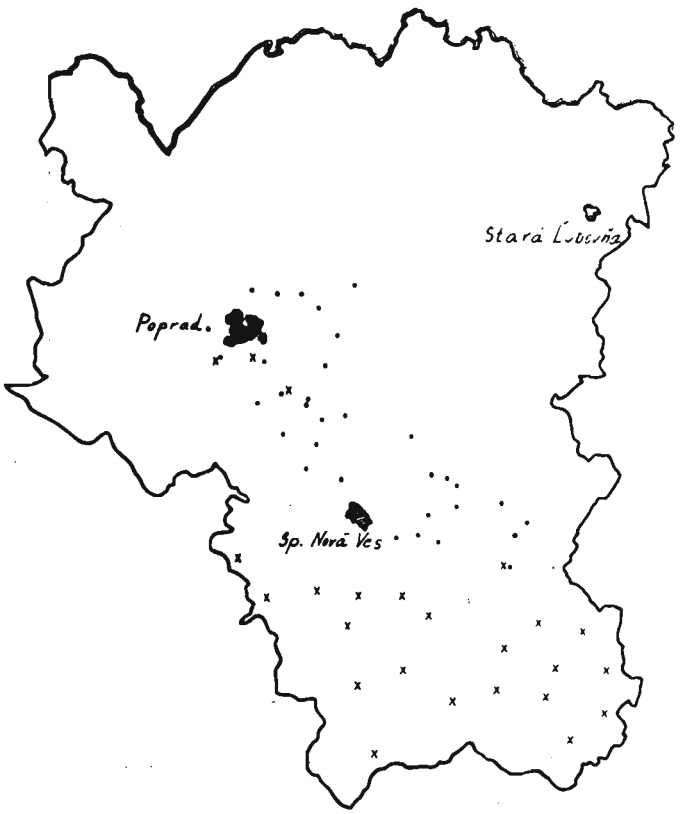
M. Lamiová a *B. Tomášová* (ústne) predpokladajú, že mohlo ísť o pozostatky milierového pálenia dreva, resp. drevného uhlia, tiež nevylučujú možnosť ich využitia pri garbiarskom procese.

Domnievame sa, že mohlo ísť aj o milierový spôsob pálenia vápna (*Merta 1980*, s. 37). Podrobnejšie sa touto otázkou zaoberáme pri spracovávaní výskumu v Pobedime, ktoré zatiaľ nie je skončené.

Z uvedeného vidieť, že na území Spiša máme pomerne dobre doloženú existenciu metalurgie železa, ale čo je dôležité, absentujú doklady ťažby železnej rudy. Chýbajú jednak lokality, ktoré by dokumentovali miesta, kde sa železná ruda ťažila, jednak doklady o spôsobe a metodike ťažby, ako sú napríklad v Poľsku (*Gula 1981*, s. 337). Zostáva neznáme, či sa železná ruda získavala iba povrchovou ťažbou zvetraných východov ložísk, či sa dobývala v nejakých podzemných baniach, či bola využívaná len bahenná ruda. V tejto otázke sa odráža veľká medzera v poznaní metalurgie a myslíme si, že hlavne týmto smerom by sa malo uberať bádanie v najbližšom období. Taktiež by sa mali urobiť pokusné analýzy s cieľom určiť pôvod železnej rudy, t. j. nájsť primárny zdroj.

Na vytypovanie možnosti banskej činnosti spájanej s metalurgiou železa mal slúžiť aj krátky exkurz do geológie v úvode tejto práce. Ak však porovnáme súpis mineralogických a archeologických lokalít, zistíme, že k zhode dochádza iba na lokalite Spišské Vlachy, Spišská Nová Ves a Poprad-Kvetnica. S určitou toleranciou by sa dalo uvažovať o zhodnosti pri lokalite Hôrka-Kišovce a Hôrka-Primovce. Teda zdá sa, že archeologicky dokázaná metalurgická činnosť akoby nemala nič spoločné s mineralogicky doloženým výskytom železnej rudy (obr. 1). Tu sa výrazne ukazuje nedostatok systematického a komplexného terénneho prieskumu, ktorý sa v mnohom zameral iba po jednej línii bádania, pričom sa nechávala bokom interdisciplinárna spolupráca s odborníkmi z iných vedných odborov. V budúcnosti sa treba zamerať na systematický výskum založený na rozsiahlejších, hlavne plošných odkrývkach, ktorým by predchádzali konzultácie, či aj terénne prieskumy s geológmi a mineralógmi. Taktiež by bolo potrebné využiť skúsenosti s ťažbou železnej rudy v stredoveku, alebo, a to pokladáme za vhodnejšie, skúsenosti s metalurgiou na iných územiach. V ďal-

šom je samozrejme potrebné udržiavať začaté kontakty s odborníkmi na analýzu železnej trosky. Cieľom tejto spolupráce by mala byť snaha o získanie vedomostí o mieste a spôsobe ťažby, tavby a spracovávaní železa. Treba zistiť, aký druh železnej rudy z hľadiska mineralogicko-geologického sa v danom období využíval, kde a akým spôsobom sa ťažil, či sa nachádzal v blízkosti metalurgických objektov, alebo bol dovážaný z okolia, či inej oblasti.



Obr. 1. Situovanie mineralogických (x) a archeologických (•) lokalít na území Spiša.

Ak chceme získať úplný obraz o spracovávaní železa, nemali by sme zabúdať na finálnu činnosť - výrobu úžitkových predmetov. V tomto smere by bolo potrebné zamerať sa aj na výskum kováčskych vyhní na sídliskách z doby laténskej a rímskej. Tieto otázky si však vyžadujú, ako sme už spomínali, rozsiahle systematické terénne, ale aj laboratórne výskumy.

Pri hodnotení geologických podkladov pre posúdenie lokalít spomínaných v texte je potrebné vziať do úvahy skutočnosť, že sme vybrali iba hlavné minerály železnej rudy. Bolo by bývalo vhodné zaradiť aj menej významné náleziská rúd, ako sú oolity, oxidy a pod., ktoré sa nachádzajú v pohorí Belianskych Tatier, Braniska či Spišskej Magury a v minulosti mohli tiež tvoriť surovinovú bázu aspoň pre lokálnu metalurgickú činnosť malého rozsahu. Praktické využitie týchto rúd je však veľmi ťažké dokázať, pretože mohlo ísť o ťažbu časove krátku, ktorá mohla úplne vyexploatovať celé ložisko, prípadne nezanechala po sebe stopy preukázateľné po rokoch.

Pozoruhodné je chronologické členenie lokalít. Z celkového počtu sú iba dve lokality datované od doby halštatskej až po dobu rímsku. Do doby laténskej, bez bližšieho kultúrneho či chronologického určenia, je zaradených šesť lokalít, taký istý počet lokalít patrí do doby rímskej bez bližšieho spresnenia, resp. ide o lokality, pri ktorých sa uvádza staršia i mladšia doba rímska. K púchovskej kultúre všeobecne je zaradených dvanásť lokalít, dve lokality sú začlenené do jej úseku z doby laténskej a štyri do úseku z doby rímskej. Jedna z nami uvádzaných lokalít je nedatovaná a zostávajúcich štyridsať sa radí do mladšej doby rímskej.

Táto skutočnosť nás núti vyjadriť sa aj k otázke galských Kotínov, ktorí, ako píše vo svojom diele rímsky historik Tacitus, sídlia za chrbtom Markomanov a Kvádov a ťažia železo (*Tacitus 1980*, Germania 43). Z jeho kusých správ sa však nedá presne určiť, kde boli sídla týchto hutníkov. O interpretáciu sa pokúšalo viacero odborníkov a ich lokalizácie sa rôznili od Moravy cez slovenské Pohronie, Gemer, Spiš až do Poľska. Naposledy sa v našej literatúre touto otázkou zaoberal pracovník Ústredného banského archívu v Banskej Štiavnici *J. Gindl* (*1974*), ktorý podrobne zhrnul aj všetky predchádzajúce teórie o lokalizácii Kotínov. (Pozn. redakcie: Pozri tiež príspevok *R. Pleinera* v tomto zborníku.)

Pri sumarizovaní svojich poznatkov uvádza *J. Gindl* skutočnosti, že sídliská Kotínov ležali v susedstve Kvádov a Sarmatov, že v oblasti Štiavnického pohoria a Pohronského Inovca bolo mnoho ložísk železných rúd. Predpokladá, že západná hranica oblasti sídiel Kotínov prebiehala v blízkosti Hrona a v nie príliš veľkej vzdialenosti od rímskeho limitu. Tieto skutočnosti spolu s archeo-

logickými nálezmi, ako aj prírodnými ložiskovými pomermi ho vedú k záveru, že Štiavnické pohorie, prípadne Pohronský Inovec hypoteticky považuje za najzápadnejší výbežok sídelnej oblasti prvých písomne doložených baníkov a hutníkov na Slovensku (*Gindl 1974*, s. 85).

V súvislosti s Tacitovou správou možno súhlasiť s názorom, že sídla Kotínov boli v susedstve Kvádov a Sarmatov. Kde presne ležala hranica medzi Kvádmi či Sarmatmi a Kotínmi je v súčasnosti ťažko určiteľné. Nemožno vylúčiť, že sa touto otázkou bude potrebné zaoberať aj pri riešení problému tzv. dlhých či spečených valov, i keď zatiaľ nie je bezpečne dokázané, že pochádzajú z doby rímskej (*Janšák 1938*, s. 94-96, obr. 18; *Kolník 1978; Kolník - Roth 1984*).

K otázke zhutňovania železa sa *J. Gindl* vyjadril v tom zmysle, že v danom období bola dôležitá požiadavka ľahkého zhutňovania rudy a až na poslednom mieste jej väčšie zásoby. Preto sa zdá oprávnená domnienka, že lokality pravekého zhutňovania nie je potrebné hľadať na miestach, ktoré sa v historickej dobe stali významnými centrami železiarstva, ale zamerať sa treba na zistenie podmienok železiarskej výroby, najmä miestnych zdrojov na prevádzku (*Gindl 1974*, s. 85).

Tento predpoklad prakticky neodporuje nášmu zisteniu, že nedochádza ku krytiu jednotlivých geologických a archeologických lokalít. Naopak, potvrdzuje našu domnienku o možnosti krátkodobého či úplného vyexploatovania ložísk menej významných, ale s kvalitnejšou rudou. Napriek tejto skutočnosti si myslíme, že je potrebné v budúcnosti využívať poznatky geológie, stredovekej či novovekej hutníckej činnosti, aj keď nemusia viesť k pozitívnemu výsledku. Ako príklad takejto metódy práce môžeme uviesť prieskumy vykonávané na lokalitách s metalurgiou neželezných kovov (*Točík - Bublová 1985; Žebrák 1986; 1990a; 1990b; Roth - Hunka - Žebrák* b. r.).

Čo sa týka počtu ložísk železnej rudy, možno na základe uvedeného tvrdiť, že sa ich na území Spiša nachádza tiež dosť a takisto môžu vytvárať dobrú surovinovú základňu pre rozsiahlu metalurgickú činnosť, ktorá je tu v mnohých prípadoch doložená.

Rímske importy či kontakty oblasti Spiša s územím rímskeho impéria možno doložiť viacerými nálezmi zo staršej doby rímskej. Ako príklad uvádzame nálezy terry sigillaty zo Spišskej Novej Vsi (*Kuzmová - Roth 1988*, s. 99-101), Smižian (*Kuzmová - Roth 1988*, s. 101) a z Letanoviec (*Kuzmová - Roth 1988*, s. 66), prípadne nález spôn typu Okorág a Almgren 45/47 (*Chropovský 1985*, s. 100) a taktiež väčší počet mincí z doby laténskej a zo staršej doby rímskej (*Ondrouch 1964*, citácie strán nasledujú za lokalitami) z Matiašoviec (10), zo Spišskej Belej (37, 242), z Kežmarku (18, 22, 34), Huncoviec (109, 217), Hôrky (5), Levoče (35), zo Spišského Hrhova (7), Spišskej Novej Vsi (16, 31, 111), z Veľkej Lomnice (118, 305), Popradu (170), Nového Smokovca (278), zo Smižian (247) a z Markušoviec (267).

Z uvedeného je zrejmé, že existovali kontakty medzi regiónom Spiša a rímskym impériom. Čo sa týka územia v údolí Hrona, môže k týmto kontaktom niečo napovedať aj nález Hadriánovej mince pri Hranovnici v priesmyku, ktorý spája Hornádsku kotlinu s údolím Hrona po trase Poprad - Hranovnica - Vernár - Telgárt (*Roth 1987*).

V spomínanej Tacitovej práci sa hovorí, že po markomanských vojnách boli Kotíni presídlení zo svojich sídiel na územie impéria. Z tohto pohľadu je dôležitý chronologický rozbor spišských lokalít. Z neho vyplýva, že do obdobia púchovskej kultúry, resp. úseku doby laténskej až staršej doby rímskej, môžeme zaradiť 18 lokalít, k nim samozrejme ešte patria niektoré z 12, ktoré sú zaraďované do doby laténskej alebo rímskej všeobecne, či lokality patriace do staršej i mladšej doby rímskej. Ak však uvážime, že z mladšej doby rímskej pochádza 40 lokalít, a ako sa zmieňujeme v úvode, technológia mladšej doby rímskej je dokonalejšia ako v staršej dobe rímskej, malo by to viesť k názoru, že výroba železa v dobe rímskej na Spiši prebiehala nepretržite a stále sa skvalitňovala. Teda, že nemožno tu vidieť taký veľký násilný zákrok, akým bezpochyby je vysťahovanie celého kmeňa. No musíme zobrať do úvahy, že za súčasného stavu bádania ešte nie je chronológia mladšej doby rímskej na Spiši vypracovaná na takej úrovni, aby sa dali jednotlivé lokality spoľahlivo datovať na niekoľko desiatok rokov. Táto skutočnosť naznačuje alternatívu, aj keď špekulatívnu, či na začiatku mladšej doby rímskej nedošlo k prerušeniu osídlenia, resp. metalurgickej činnosti na niekoľko rokov či desaťročí a či skvalitnenie tavby nemožno spájať s príchodom nového obyvateľstva. To by zase vyvolalo diskusiu o tom, do akej hĺbky nášho územia sa môžeme stretávať s rímskym vplyvom, o otázkach vojenských táborov, či tzv. pochodových táborov, ktoré vytvárajú predpoklad na zabezpečenie odsunu celého kmeňa, o komunikáciách a pod. Samozrejme, že tieto otázky o problémoch zo začiatku mladšej doby rímskej sa zatiaľ nachádzajú vysoko v hypotetickej rovine. Vyžiadali by si podrobné zhodnotenie daných lokalít a ich presné časové zaradenie.

Ako vidieť z uvedeného náčrtu problematiky metalurgie železa na Spiši v dobe laténskej a rímskej, zostáva veľa problémov nezodpovedaných, ba k niektorým otázkam sa nemôžeme vyjadriť vôbec. Táto problematika si vyžiada ešte veľa úsilia pri zbieraní najzákladnejších terénnych poznatkov o ťažbe a tavbe železa. V budúcnosti bude potrebné vykonávať špecializovaný terénny prieskum a výskum danej oblasti a plne rozvinúť spoluprácu s geologickými, mineralogickými a hutníckymi vedami, ktoré by mali zhotoviť špecializované analýzy územia a získaného materiálu. Bez nich sa asi táto otázka nebude dať uspokojivo riešiť.

Literatúra

BENDER, W. - BALKE, B. 1964: Winiki badań osady z okresu rzymskiego w Wólce Lasieckej, pow. Lowicz w 1961 roku. Archeol. Polski, 9, s. 72-124.

BENDER, W. - BARANKIEWICZ, B. 1962: Osada z okresu rzymskiego w Wólce Lasieckej, pow. Lowicz. Archeol. Polski, 7, s. 7-98.

BUDINSKÝ-KRIČKA, V. 1977: Nálezy z prieskumu na východnom Slovensku. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1976. Nitra, s. 65-80.

CENGEL, P. - MIHOK, L. - JAVORSKÝ, F. 1982: Štúdium trosiek a výmuroviek starovekých železiarskych pecí. Hutn. Listy, 7, s. 522-525.

GINDL, J. 1974: Na margo lokalizácie sídiel galských Kotínov. Slov. Archeol., 22, s. 83-88.

GULA, K. 1981: Metalurgia. In: Prahistoria ziem Polskich V. Późny okres lateński a okres rzymski. Wrocław - Warszawa - Kraków - Gdańsk, s. 335-355.

HABĚTÍN, V. - KOČÁREK, E. - TRDLIČKA, Z. 1976: Geologické vědy. Praha.

CHROPOVSKÝ, B. 1985: Pokračovanie výskumu v Spišských Tomášovciach. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1984. Nitra, s. 100-101.

JAHN, J. b r.: Mineralogické lokality v slovenských geologických periodikách 1940-1970 (rukopis), b. m.

JANŠÁK, Š. 1938: Staré osídlenie Slovenska. Dolný Hron a Ipeľ v praveku. Turčiansky Sv. Martin.

JAVORSKÝ, F. 1977a: Výsledky archeologického prieskumu v okrese Spišská Nová Ves. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1976. Nitra, s. 138-152.

JAVORSKÝ, F. 1977b: Výsledky archeologického výskumu v Slovenskom raji. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1976. Nitra, s. 153-166.

JAVORSKÝ, F. 1978: Výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Spiš v okrese Spišská Nová Ves. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1977. Nitra, s. 103-120.

JAVORSKÝ, F. 1980: Výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Archeologického ústavu SAV na Spiši. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1978. Nitra, s. 123-129.

JAVORSKÝ, F. 1981a: Výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Spiš Archeologického ústavu SAV. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1980. Nitra, s. 108-126.

JAVORSKÝ, F. 1981b: Výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Spiš v roku 1979. In: Štud. Zvesti Archeol. Úst. SAV. 19. Nitra, s. 67-93.

JAVORSKÝ, F. 1982a: Súpis nálezov železnej trosky na Spiši (rukopis v knižnici Slovenskej archeologickej spoločnosti v Nitre).

JAVORSKÝ, F. 1982b: Prieskumy Výskumnej expedície Spiš. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1981. Nitra, s. 110-133.

JAVORSKÝ, F. 1983: Výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Spiš Archeologického ústavu SAV. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1982. Nitra, s. 99-123.

JAVORSKÝ, F. 1984: Záchranné výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Spiš. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1983. Nitra, s. 96-111.

JAVORSKÝ, F. 1985: Záchranné výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Spiš. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1984. Nitra, s. 110-124.

JAVORSKÝ, F. 1986a: Záchranné výskumy a prieskumy Výskumnej expedície Spiš Archeologického ústavu SAV. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1985. Nitra, s. 108-118.

JAVORSKÝ, F. 1986b: Výskumy a prieskumy v mestskej pamiatkovej rezervácii Levoča a jej okolí. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1985. Nitra, s. 118-121.

JAVORSKÝ, F. 1988: Prieskumy a záchranné výskumy v okresoch Poprad a Spišská Nová Ves. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1987. Nitra, s. 64-71.

JAVORSKÝ, F. 1990a: Prieskum v okresoch Poprad, Spišská Nová Ves, Stará Ľubovňa. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1988. Nitra, s. 72-80.
JAVORSKÝ, F. 1990b: Záchranné výskumy na stavbách, melioráciách a pri opravách sakrálnych objektov. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1988. Nitra, s. 84-89.
KOLNÍK, T. 1962: Nové sídliskové nálezy z doby rímskej na Slovensku. Archeol. Rozhl., 14, s. 344-368, 371-380, 385-397.
KOLNÍK, T. 1978: Zisťovací výskum tzv. spečeného valu v Žemberovciach. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1977. Nitra, s. 139-144.
KOLNÍK, T. - ROTH, P. 1984: Zisťovací výskum tzv. dlhého valu v Novom Tekove. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1983. Nitra, s. 119-124.
KOLNÍK, T. - ROTH, P. 1985: Záchranný výskum na diaľnici v Pobedime, okr. Trenčín. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1984. Nitra, s. 130-132.
KUZMOVÁ, K. - ROTH, P. 1988: Terra sigillata v barbariku. Nálezy z germánskych sídlisk a pohrebísk na území Slovenska. Nitra.
LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ, M. 1962: Hrnčiarska dielňa z doby rímskej v Šebastovciach. Archeol. Rozhl., 14, s. 800, 806, 809-814.
LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ, M. 1963: Dve sídliská z doby rímskej na východnom Slovensku. Slov. Archeol., 11, s. 59-86.
LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ, M. 1969: Römerzeitliche Siedlungskeramik in der Südostslowakei. Slov. Archeol., 17, s. 403-501.
LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ, M. 1984: Výskum sídliska z doby rímskej v Medzanoch. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1983. Nitra, s. 147.
LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ, M. 1987: Evidence of iron-working during the roman period in Medzany. Slov. Archeol., 35, s. 27-40.
LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ, M. 1990: Pokračovanie výskumu v Ostrovanoch. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1988. Nitra, s. 105-106.
MERTA, J. 1980: Výskumy vápenických pecí. In: Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami. Brno, s. 27-55.
MIHOK, Ľ. - CENGEL, P. - JAVORSKÝ, F. 1987: Rozbor výroby železa v staršej dobe rímskej na Spiši. In: Nové Obz. 29. Košice, s. 165-179.
MIHOK, Ľ. - LONGAUEROVÁ, M. - CENGEL, P. - JAVORSKÝ, F. 1988: Rozbor výroby železa v mladšej dobe rímskej na Spiši. Slov. Archeol., 36, s. 415-423.
MIROŠŠAYOVÁ, E. 1983: Zisťovací výskum v Hrabušiciach. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1982. Nitra, s. 165.
MIROŠŠAYOVÁ, E. - JAVORSKÝ, F. - MIHOK, Ľ. - HOLLÝ, A. 1991: Metalurgická činnosť na lokalite Pod Zelenou horou v Hrabušiciach. In: Nové Obz. 32. Košice, s. 71-97.
NĚMEC, F. 1973: Klíč k určování nerostů a hornin. Praha.
NOVOTNÝ, B. - NOVOTNÁ, M. - KOVALČÍK, R. M. 1991: Popradská kotlina v dávnej minulosti. Košice.
ONDROUCH, V. 1964: Nálezy keltských, antických a byzantských mincí na Slovensku. Bratislava.
PITTIONI, R. 1972: Der Berner Steiger-Becher. In: Studien zur Industrie-Archäologie. 4. Wien.
PLEINER, R. 1962: Staré evropské kovářství. Praha.
ROTH, P. 1987: Za skrýšami bohatstva. Ozveny histórie, príloha Podtatranských novín, č. 5.
ROTH, P. 1990: Výrobné objekty z Pobedimu. In: Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami. Brno, s. 37-42.
ROTH, P. - HUNKA, J. - ŽEBRÁK, P. b. r.: Výsledky prieskumu zaniknutých banských prác v okolí Banskej Bystrice (rukopis). Nitra.
ROTH, P. - KOLNÍK, T. 1986: Pokračovanie výskumu na diaľnici v Pobedime. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1985. Nitra, s. 203-204.
SVOBODA, J. a kol. 1983: Jezerní železné rudy. In: Encyklopedický slovník geologických věd. 1. Praha, s. 593.
ŠARUDYOVÁ, M. 1989: Topografia železiarní na Slovensku v 19. storočí. Košice.
TACITUS, P. C. 1980: Agricola, Anály, Germánia, História. Bratislava.
TOČÍK, A. - BUBLOVÁ, H. 1985: Príspevok k výskumu zaniknutej ťažby medi na Slovensku. In: Štud. Zvesti Archeol. Úst. SAV. 21. Nitra, s. 47-135.
TURČAN, V. 1991: Germánske hrnčiarske pece v Skalici. Vlastiv. Čas. č. 3, s. 118-120.

ŽABKA, M. 1972: Separácia minerálov a prehľad úpravníctva. Bratislava.
ŽEBRÁK, P. 1986: Další doklady pravěké těžby mědi v Španí Dolině-Piescích. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1985. Nitra, s. 256-257.
ŽEBRÁK, P. 1990a: Revizní průzkum dobývání arzénových rud v okolí Králiků u Banské Bystrice. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1988. Nitra, s. 176-177.
ŽEBRÁK, P. 1990b: Stopy po montánní činnosti v Španím Poli. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1988. Nitra, s. 177-178.

EISENMETALLURGIE IN DER LATÈNE- UND RÖMISCHEN ZEIT IN DER ZIPS

Resümee

Das Gebiet des Zipser Komitates, das gegenwärtig in die Bezirke Poprad, Spišská Nová Ves und teilweise auch Stará Ľubovňa aufgeteilt ist, gehört zusammen mit dem Komitat Gemer zu den wichtigsten Regionen der Slowakei, in denen der Abbau und die Verarbeitung des Eisens verläuft. Trotz des großen Mineralreichtums und des gegenwärtigen Abbaues in dieser Region ist das Wissen über die Anfänge der Metallurgie verhältnismäßig bescheiden. Deswegen wird im Beitrag angestrebt, die bisherigen Erkenntnisse über den Abbau und die Verarbeitung des Eisens zusammenzufassen und den Problemkreis aufzutischen, auf den die Hauptaufmerksamkeit gerichtet werden muß.

Es wurden 77 Fundstellen festgestellt, in denen sich Spuren von metallurgischer Tätigkeit befanden (Produktionsobjekte, Eisenschlacke, Eisenerz). Aus chronologischer Sicht sind es: 2 Fundstellen mit der Datierung von der Hallstatt- bis zur römischen Zeit, 6 aus der Latènezeit ohne nähere kulturelle oder chronologische Bestimmung, dieselbe Zahl aus römischer Zeit ohne nähere Präzisierung, bzw. handelt es sich um Fundstellen, auf denen die ältere und jüngere römische Zeit vertreten ist. Zur Púchov-Kultur sind ohne Präzisierung 12 Fundorte gereiht, weitere 2 zur Púchov-Kultur - Latènezeit und 4 zur Púchov-Kultur - römische Zeit. Eine Fundstelle ist undatiert und die verbleibenden 40 entfallen in die jüngere römische Kaiserzeit. Es handelt sich um Fundverbände verschiedener Qualität und Aussagefähigkeit. Größtenteils stammen die Funde aus Geländebegehungen oder kurzfristigen Rettungsgrabungen. Systematische Grabungen fehlen. Die zeitliche Einstufung eines Teiles der Fundstellen kann durch die Tatsache bezweifelt werden, daß die Eisenschlacke, sofern sie keine näher charakterisierenden Mifunde aufweist, aus metallurgischer Tätigkeit oder aus nachfolgender Schmiedeverarbeitung stammen kann. Ein weiterer strittiger Punkt ist die Bestimmung der absoluten Chronologie der Eisenschlacke, die aus Lesefunden stammt, unter denen auf der betreffenden Fundstelle außer dem Material aus dem gegebenen Zeitabschnitt auch Funde aus anderen Epochen vertreten sind. Metallurgische Tätigkeit ist auf 30 von 77 Lokalitäten nachgewiesen. Daraus ist zu sehen, daß auch im Gebiet der Zips verhältnismäßig gut die Existenz von Eisenmetallurgie nachgewiesen ist, doch völlig fehlen Belege, die den Abbau von Eisenerz dokumentieren, d. h. Fundstellen, wo Eisenerz gefördert wurde, und Belege zur Art und Methodik des Abbaues. Es bleibt unbekannt, ob das Eisen nur durch Tagebau an Stellen des verwitterten Ausstreichens einer Lagerstätte gewonnen wurde, oder in irgendwelchen Gruben untertags abgebaut wurde, oder ob man lediglich Sumpfeisenerz ausgenutzt hat.

Zur Möglichkeit der Bestimmungsart der Bergbautätigkeit, verbunden mit metallurgischer Tätigkeit, wurde auch ein kurzer Exkurs in die Geologie und Mineralogie gemacht. In seinem Rahmen verfolgte man Fundstellen der bedeutendsten Eisenerze (Magnetit, Hämatit, Limonit und Siderit mit ihren Abarten). Insgesamt wurden 26 solcher Fundstellen in dieser Region festgestellt. Hinzuzurechnen sind noch die Lagerstätten von Sumpfeisenerzen, die gegenwärtig keinen Rohstoff zur Eisengewinnung darstellen, aber in älterer Zeit reichlich ausgenutzt werden konnten und offenbar auch wurden. Beim Vergleich des Verzeichnisses der mineralogischen und archäologischen Fundstellen (Abb. 1) kommt es zur Übereinstimmung nur auf den Fundstellen Spišské Vlachy, Spišská Nová Ves und Poprad, Teil Kvetnica. Mit gewisser Toleranz könnte über die Möglichkeit des Zusammentreffens auf den Fundstellen Hôrka-Kišovce und Hôrka-Primovce erwogen werden. Bei der Auswertung geologischer Unterlagen für die Beurteilung der im Text erwähnten Lokalitäten

muß die Tatsache in Betracht gezogen werden, daß lediglich die Hauptmineralien des Eisenerzes erwähnt wurden. Hier wäre es angebracht, auch weniger bedeutende Erzlagerstätten einzubeziehen, wie es Oolithe, Oxide u. ä. sind. Die praktische Ausnutzung dieser Erze ist jedoch sehr schwer beweisbar, weil es sich um einen zeitlich kurzen Abbau handeln konnte, bei dem etwa das ganze Erzlager ausgebeutet wurde, evtl. keine nachweisbaren Spuren hinterließ.

Die reichen Erzlager brachten manche Forscher auf den Gedanken, in dieses Gebiet die keltischen Kotiner zu lokalisieren. Aus der dargebotenen Analyse der metallurgischen Tätigkeit ergab sich deutlich die Lückenhaftigkeit der Forschung auf diesem Fachgebiet. Obwohl auch Belege über Kontakte der Zips mit dem römischen Imperium gefunden wurden, muß zu dieser Frage ein zurückhaltender Standpunkt eingenommen werden, und es ist notwendig, auf das Thema im breiteren Kontext der Geschichte der römischen Zeit in der Slowakei zurückzukommen.

Abb. 1. Situierung mineralogischer (x) und archäologischer (•) Fundstellen in der Zips.

ŽELEZIARSTVO Z POHĽADU ARCHEOBOTANIKA

Eva Hajnalová

Drevo ako jedna zo surovín poslúžilo človeku v minulosti v mnohých výrobných činnostiach. Na spotrebu vybraných druhov driev boli najnáročnejšie primitívne technológie spracovávania medi, bronzu, železa. Dreva surového, vysušeného alebo upraveného suchou destiláciou na drevné uhlie sa spotrebovalo pri spracovávaní kovov niekoľkonásobne viac, ako vážila ruda. Poznáme údaje, ktoré hovoria, že v železiarstve sa použilo 2 až 3krát viac dreva ako železnej rudy a pomer hmotnosti vytaveného železa a drevného uhlia bol v konečnom dôsledku 1 : 8 až 1 : 10, pri výrobe ocele dosiahol hodnotu až 1 : 15 (*Pleiner 1958*). Ruda, ktorá v technológii predstavovala menší podiel hmotnosti suroviny, sa za dostatočným zdrojom vyhľadávaného druhu dreva a vody niekedy vozila aj na väčšie vzdialenosti. Bolo to napríklad v 12. stor. medzi Slanou a Bodvou, kde sa železná ruda vozila na spracovávanie 10-20 km (*Halaga 1980*). Predpokladáme, že vo včasnej dobe dejinnej ťažba železnej rudy a jej tavba prebiehali v pohoriach, prípadne na ich okrajoch, a to v lesnej zóne vegetácie, kde bol dostatok dreva. Archeologické nálezy zvyškov železiarskych pecí z prelomu letopočtu u nás, ale aj v Poľsku (*Bielenin*, v tomto zborníku) dokladajú sústredenú tavbu na malom území. Uvažujúc v naznačených súvislostiach, môžeme si položiť otázku, či nadmerne skoncentrovaná výroba železa a jej jednoduché technológie nemohli vo včasnohistorickom období v určitom geografickom prostredí a za daných klimatických podmienok viac-menej ovplyvniť charakter prirodzeného vývoja vegetácie.

Vo svojom príspevku poukážeme na doterajšie archeobotanické poznatky spojené so železiarstvom na Slovensku. V súvislosti s otázkou vyslovenou vyššie rozoberieme pôsobenie železiarov okolo zlomu letopočtov v malom regióne severovýchodnej časti Žilinskej kotliny. Záverom poukážeme na problémy, ktoré by bolo vhodné riešiť v spolupráci archeobotanikov s inými odborníkmi, a to plošne, pre určité regióny Slovenska, ale aj do hĺbky - sledovaním konkrétnych technologických problémov, kde drevo zohrávalo významnú úlohu.

Archeologickej aj archeobotanickej literatúry, ktorá by sa zaoberala drevom ako surovinou v železiarstve z pohľadu technikov aj botanikov, je v strednej Európe málo. Iba ojedinele sa vyskytujú v archeologických štúdiách zmienky o druhovom zložení dreva, ktoré sa našlo spolu s troskou alebo s blokmi rozbúraných pecí (súborne *Pleiner 1958*). Z novších prác je výnimkou príspevok *E. Opravila (1986)*, v ktorom sa hodnotia nálezy uhlíkov z 8.-11. stor. zo západnej Moravy. Konštatuje sa používanie drevného uhlia z hrubých kmeňov i vetví širokého sortimentu listnatých aj ihličnatých stromov. Pozoruhodné poznatky prinášajú výsledky experimentov s tavbou rudy, napodobňujúcich dávnoveké technológie. Z pohľadu archeobotanika sú dôležité tie údaje, ktoré poukazujú na stopy v troske po dreve, drevnom uhlí a iných rastlinných materiáloch použitých pri tavbe (*Espelund 1989*).

Archeobotanik v spolupráci s archeológom získava počas archeologických výskumov zvyšky driev rôzneho charakteru súvisiacich so železiarskou výrobou. Archeologickými metódami sa nález driev aj datuje. V Archeologickom ústave SAV v Nitre pracujeme na analýze rastlinných makrozvyškov z archeologických lokalít na Slovensku už viac ako 25 rokov. Počas tohto obdobia sme sa niekoľkokrát stretli s drevom použitým pri železiarskej výrobe z neskorej doby laténskej a doby rímskej zo západného, severného aj z východného Slovenska (tab. 1; lokality Bratislava-Dúbravka, Varín - polohy Železná studňa, Varínske lúky, Lúky pod Jedľovinou, Varín, časť Nezbudská Lúčka, ďalej Žilina, časť Strážov - poloha Tomanová, Kysak). Uhlíky zo včasnohistorického obdobia sú zvyškami po tavbe. V laboratóriu sme analyzovali aj uhlíky zo stredovekej kováčskej dielne na Strečne. V súvislosti so železiarskou výrobou možno spomenúť aj uhlíky z milierov. Do stredoveku až novoveku datuje zvyšok miliera z Varína z polohy Rudy *O. Šedo* (prieskum r. 1975) a do tohto obdobia patria zrejme aj zvyšky milierov v lesoch obklopujúcich Hornádsku kotlinu, kde spracovávanie železa dokladajú aj historické pramene. Uhlíky pri lesníckom mapovaní porastov vo Volovských vrchoch získal *M. Hušťak* (tab. 1).

Sortiment driev, ktorý je spojený na Slovensku s tavením rudy vo včasnohistorickom období, reprezentuje predovšetkým dub a buk. Toto drevo prevládalo nielen v počte zistených uhlíkov, ale najmä v zastúpení na lokalitách. Duby a buky majú najväčšiu výhrevnosť spomedzi našich listnatých drevín. Kilogram suchého dreva vydá pri horení 4200-4800 kal. (*Kavina 1932*). Dôležitejšie ako výhrevnosť bolo pre technologické potreby starých železiarov spalné teplo 1 dm^3 použitého dreva. Pretože uvedené dreviny patria k našim najťažším, aj hodnoty spalného tepla tohto objemu sú, v porovnaní s inými drevinami, relatívne vysoké. Na haldách železnej trosky, hliny a úlomkov z pecí na lokalite Varín-poloha Železná studňa v Žilinskej kotline sme preplavením zistili prítomnosť aj ďalších drevín zo siedmich botanických taxónov (tab. 1). Časť z nich - napríklad suchá borievka, konár tisu alebo borovice - mohli tvoriť zápalný zdroj pri zakladaní ohňa v peci. Iné, napr. konáre duba, ihličín, mohli slúžiť ako upchávka otvoru pre trosku. Z ostatných včasnohistorických lokalít sme mali k dispozícii pri archeobotanických analýzach iba uhlíky vybraté archeológmi v teréne. Skúsenosť hovorí, že sú to najväčšie uhlíky a vždy také, ktoré sú pri následnom preplavovaní hlín z miesta nálezu prítomné v najvyššom počte. Zámerné preplavovanie hliny, prostredníctvom ktorého možno nájsť aj veľmi malé úlomky ďalších, na lokalite v menšom množstve zastúpených zvyškov drevín, sa nerobili. Takáto metóda terénnej praxe u nás zatiaľ nie je docenená. Sortiment driev zistený doteraz v spojitosti so železiarskou výrobou vo včasnohistorickom období na území západného, severného aj východného Slovenska ukazuje, že sa používal miestny zdroj najvýhrevnejších drevín v skladbe okolitých porastov. Tento fakt, ako si ukážeme v ďalšej časti príspevku, nemožno doložiť len porovnávaním súčasnej vegetácie zistiteľnej na danej lokalite, ale je potrebné hlbšie štúdium vývoja prirodzenej vegetácie a antropogénnej činnosti v regióne.

Vo zvyškoch stredovekého až novovekého miliera vo Varíne prevládali uhlíky buka, prítomná bola aj jedľa. V stredovekej vyhni na Strečne bolo prednostne používané drevo (drevné uhlie) z buka (tab. 1). Ostatné zistené dreviny (javor, jedľa, smrek) mohli pochádzať z drevného uhlia pripravovaného spolu s uhlím z buka. Uvažujeme tak za predpokladu spoločného výskytu drevín v tom istom lesnom poraste a spoločného spálenia v milieri.

Širší sortiment drevín sme analýzou zistili aj v milieroch zo Spiša z Volovských vrchov (tab. 1). V tomto prípade sa nedá jednoznačne povedať, či drevné uhlie bolo použité iba v železiarstve. Uhlíky sa v teréne vyberali z viacerých od seba vzdialených polôh na rysujúcom sa pôdoryse miliera. Pôdorys mal veľkosti 10 x 7 a 14 x 9 m, priemer 8 m. Drevo, z ktorého uhlíky zostali do dnešných dní, mohlo mať pri stavbe miliera a postupe spaľovania rôznu funkciu. Môžeme konštatovať, že miliere sa stavali a pálili v bukových lesoch, ale aj v ovela vyšších polohách v pásme smrekových porastov. Zrejme rozhodovala technologická požiadavka na zloženie dreva a z toho vyplývajúce vlastnosti drevného uhlia.

Na základe archeobotanických analýz uhlíkov sa nedá zodpovedať otázka, či pri železiarskych peciach v rôznych historických obdobiach pracovali s vysušeným drevom, alebo používali drevné uhlie. Archeobotanik má pri analýze v rukách iba uhlík, ktorý zostane pri nedokonalom zhorení dreva aj drevného uhlia. Rozdielne znaky v pletivách dreva vysušeného a dreva upravovaného suchou destiláciou (drevné uhlie) možno zistiť pravdepodobne iba vo zvyškoch blokov pecí a na výrobkoch z nich (lupa, troska). Predpokladá sa používanie drevného uhlia nielen v stredoveku, čo dokladajú písomné pramene i existencia zvyškov veľkoplošných milierov, zisťovaných lesníkmi a archeológmi, ale aj v dobe slovanskej, keď sa drevné uhlie pripravovalo spaľovaním dreva vo vyhĺbených jamách. Jamy rôznej konštrukcie boli po naplnení suchým drevom pred zapálením zakryté mačinou a omazané mokrou hlinou s výnimkou vzduchových otvorov, ktoré sa upchávali až na konci horenia (*Pleiner 1958*). Pri výrobe drevného uhlia je dôležité postrehnúť čas vhodný na prerušenie horenia suchého dreva v momente, keď dohoreli organické prchavé látky a ešte nezačal horieť uhlík, najviac obsiahnutý v celulóze dreva. Vo vysušenom dreve sa suchá destilácia za obmedzeného prístupu vzduchu začína pri teplote 100 °C a končí sa pri teplote 400 °C (*Kavina 1932*). Pri suchej destilácii sa získava aj z dreva s menšou výhrevnosťou drevo výhrevné. Tým sa stávajú v technológii železiarstva jednotlivé dreviny zameniteľné, ak sa nevyžadujú ďalšie špecifické vlastnosti charakteristické iba pre určitú drevinu. Platí to najmä v kováčstve.

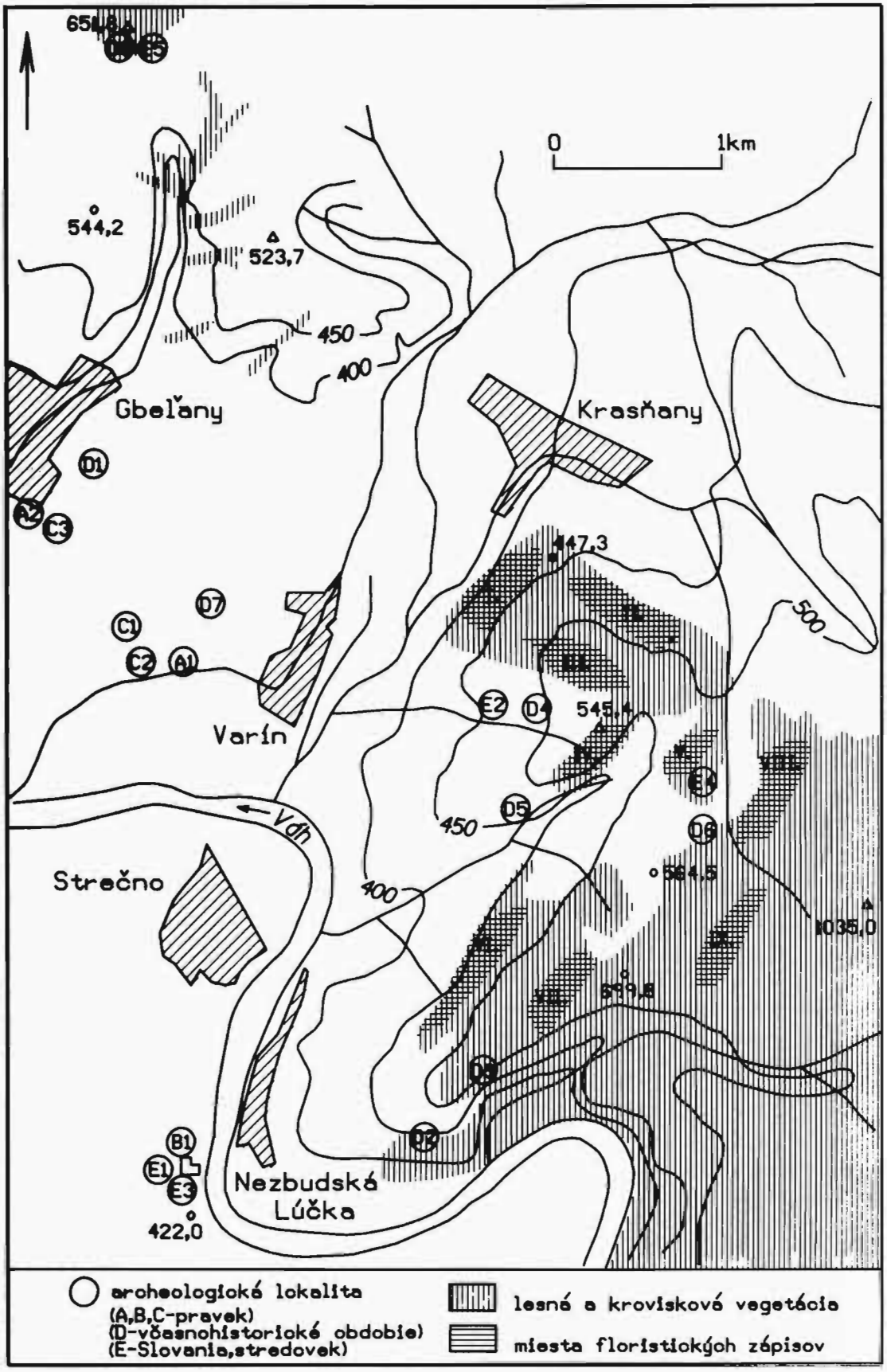
Pre celý pravek i včasnú dobu dejinnú nie sú spoľahlivé archeologické pramene, ktoré by doložili spôsob úpravy dreva v procese tavenia a spracovávania rúd, prípadne v kováčstve. Akosi automaticky sa v archeologických prácach z celej Európy uvádza nález zvyšku drevného uhlia v blíz-

kosti železiarskych pecí a v kováčskych dielňach. Archeologicky zistiteľných objektov, ktoré by bolo možné označiť za jamy používané pri suchej destilácii dreva, niet. Etnografické poznatky z Indie (*Prakash 1989*) dokladajú znalosť prípravy drevného uhlia z veľmi tvrdých driev aj na otvorenom ohnisku. Možno predpokladať takúto znalosť aj u obyvateľov strednej Európy? Hypoteticky sa dá dedukovať, že všeobecnú skúsenosť s rôznou výhrevnosťou dreva mohli ľudia praveku získať pri bežnej manipulácii s tlejúcim - redukovaným ohňom a prípadne aj pri žiarovom pochovávaní na hraniciach. Archeobotanické poznatky zo Slovenska ukazujú, že prednosť na pohrebných hraniciach v dobe bronzovej a halštatskej malo drevo duba a buka (*Hajnalová 1978a; 1986; 1989*). Možno sa domnievať, že pozornosti dávnovekých experimentátorov-hutníkov bronzu aj železa neušla výhoda manipulácie s drevným uhlím, ktoré je oproti suchému drevu objemovo menšie najmenej 3krát a hmotnostne ľahšie 8-9krát (*Kavina 1932*). Úmerne vyššia je aj relatívna výhrevnosť.

Železiarska výroba, sústredená na malom území pri použití technológie s veľkou spotrebou miestneho dreva, sa mohla teoreticky odzrkadliť aj v zmene prirodzeného vývoja vegetácie okolia lokality. Podklady k úvahám o tomto probléme možno získať z archeologických prepočtov založených na údajoch o technologickej náročnosti na drevnú surovinu pri predpokladanom objeme výroby. Prepočty sa robia iba na archeologických lokalitách so zachovanými zvyškami pecí. Archeobotanik môže problém predpokladaného zvratu vo vývoji vegetácie ozrejmovať predkladaním faktov dokumentujúcich antropogénny vplyv na vegetáciu územia, v ktorom železiarska výroba prebiehala. K takýmto úvahám nás podnietili poznatky z analýz zvyškov driev z východnej časti Žilinskej kotliny (územie obcí Gbeľany, Varín, Varín-časť Nezbudská Lúčka, Strečno) z rôznych archeologických období.

Železiarska činnosť zo včasnohistorického obdobia sa na lokalitách v tomto regióne prejavuje haldami oválneho tvaru s plochou 15 x 23 m a výškou 1,5 m, ktoré obsahujú zmiešané úlomky stien taviacich pecí, hlinené bloky, veľké kusy železiarskej trosky, kusy hematitu i uhlíky (*Hajnalová 1978b; Pieta 1989*). Na jednej z lokalít - Varín, poloha Železná studňa - bolo pri meliorácіách porušených sedem háld so železiarskou troskou (*Pieta - Moravčík 1984; 1985*) a z jednej sa uhlíky získali nielen vyberaním počas archeologického výskumu, ale aj zámerným vyhľadávaním, a to metódou preplavovania hlinitých zásypov (*Hajnalová 1985a*). Železiarska výroba v katastri obce Varín bola vo včasnohistorickom období nie zanedbateľná vďaka prítomnosti rudy, dreva a vody. Zmeny vegetácie sú postrehnuteľné na základe bohatého archeobotanického materiálu. O jeho získanie sa pričinili *O. Šedo* a *J. Moravčík*, ktorí v 70-tych rokoch robili prieskumy, viedli archeologické záchranné výskumy, ako aj *K. Pieta* a *J. Moravčík*, ktorí sa železiarskej výrobe v danom regióne venovali systematickým výskumom v rokoch 1982-1984 (*Pieta 1989; Moravčík 1991*). So železiarskou výrobou zo včasnohistorického obdobia bolo spojených v tomto regióne 291 uhlíkov z 20 archeologických nálezových situácií na 4 lokalitách. Z toho istého archeologického obdobia pochádza 76 uhlíkov zo 6 archeologických nálezových situácií bez železiarskej trosky na 4 lokalitách. Územie, na ktorom sa nachádzajú tieto lokality, má výmeru okolo 6 km^2 (obr. 1; pri vypracúvaní mapy spolupracovala *E. Hanzelyová*). Zo západnej časti Žilinskej kotliny z nadmorských výšok zhodných s predchádzajúcou skupinou nálezov, vzdušnou čiarou vzdialených 14-15 km a pochádzajúcich z toho istého obdobia, máme k dispozícii 513 uhlíkov zo 40 archeologických nálezových situácií na 3 lokalitách (tab. 2). Keďže poznáme väčší súbor nálezov uhlíkov z tohto územia aj z predchádzajúcich (7 lokalít), ale aj nasledujúcich archeologických období (7 lokalít), domnievame sa, že môžeme zásah človeka do vývoja vegetácie dokumentovať.

Pravekí ľudia územie Varína, Gbelian a Strečna osídľovali počas neolitu, eneolitu a na sklonku doby bronzovej. Archeologicky zistené sídliská a pohrebiská sa nachádzali v nadmorskej výške 300-400 m. V tejto výške možno predpokladať aj prítomnosť polí, ktoré človek získaval žiarením a kľčovaním lesnej pôdy. V takejto nadmorskej výške pravdepodobne pásol aj dobytok. Do väčších výšok zasahoval človek vtedy, keď potreboval získať drevo určitých stromov, ktoré v doline nerástli, alebo pri zbere lesných plodov. Archeológovia zaznamenávajú intenzívnejšiu činnosť v nadmorskej výške 400-550 m na pahorkatine vyčnievajúcej do doliny Váhu až okolo zmeny letopočtov a v prvých storočiach n. l. Činnosť je spojená s ťažbou a spracovávaním rudy. Zaujímavé je konštatovanie *K. Pietu* (*1989*), že dobovo súčasné sídliská a hradiská sa nachádzali až vo vzdialenosti 14 km, v okolí Žiliny (jej časti Strážov, Závodie a hradisko v Divinke). Môžeme teda predpokladať, že vo včasnohistorickom období v zalesnenej krajine, ktorá dovtedy nebola ľudskou činnosťou výrazne pozme-



Obr. 1. Rozmiestnenie archeologických lokalít v časti Žilinskej kotliny.

nená, pracovali železiari iba sezónne. Sídliská a pohrebiská zo slovanského obdobia a zo stredoveku sú roztrúsené v rôznych nadmorských výškach a dokladajú zasahovanie človeka do rastlinných spoločenstiev na širšom území. To znamená, že tieto rastlinné spoločenstvá mohli ovplyvňovať rôznou intenzitou.

Prirodzený vývoj vegetácie podlieha vplyvom rôznych nepremenlivých aj premenlivých faktorov v toku času a ľudskej histórie. K premenlivým patrí aj vplyv klímy a zásahy človeka. Aký podiel mohla mať klíma na zmene vegetácie vo východnej časti Žilinskej kotliny, je problém, ktorý si musíme uvedomiť, ak chceme doložiť výrazný antropogénny vplyv železiarov. Rozdiel približne 2000 rokov, ktorý je medzi dneškom a včasnohistorickým obdobím, určite nie je zanedbateľný. V histórii klímy našich zemepisných šírok tieto hraničné obdobia, teda dnešok a rozhranie letopočtov, spadajú do jedného stupňa, a to je subatlantik (800 rokov pred n. l. až súčasnosť). Počas tohto klimatického obdobia, ktoré je v teplote, zrážkach, nástupe vegetačných období v poľnohospodárstve na jednej úrovni, sa formovalo usporiadanie nášho typu vegetácie a jej výšková stupňovitosť. Dá sa konštatovať, že klíma nemohla mať rozhodujúci vplyv na zistené výrazné rozdiely v prítomnosti lesných drevín na lokalitách v katastroch obcí Varín, Gbelany, Strečno za posledných 2000 rokov.

Pri hodnotení uhlíkov spojených so železiarskou výrobou zo včasnohistorického obdobia vo Varíne je nápadná rozdielnosť medzi zisteným sortimentom driev a pochádzajúcim z tohto územia z nasledujúcich dôb (slovanskej - stredoveku), ale najmä nachádzajúcim sa tam dnes. Podľa archeobotanických nálezov spojených so železiarstvom sa domnievame, že okolo rozhrania letopočtov prevládajúcou drevinou v nadmorských výškach 400-600 m bol dub. Z tohto obdobia sa našiel v železiarskych haldách, na sídliskách Varín-polohy Pri háji a Varínske lúky, Gbelany-poloha Pod Chmelinec, ale aj v nadmorskej výške okolo 650 m na lokalite Gbelany-poloha Hradisko ako zvyšok rozsiahleho opevnenia. V širšom okolí to bola tiež lokalita pri Žiline (Divinka, poloha Veľký vrch). Spolu s dubom sa našli na sídliskách aj uhlíky z ďalších listnatých drevín (hrab, jaseň, lipa, javor, buk). Ihličnaté dreviny sa vyskytovali zastúpené nie vo vysokom percente (tab. 2). Aj keď sa nedá presne lokalizovať zdroj, odkiaľ, z akej nadmorskej výšky, priniesol človek tú-ktorú drevinu hodiacu sa práve pre určitú remeselnú činnosť, domnievame sa, že pôvodné lesy v pahorkatine východnej časti Žilinskej kotliny na rozhraní letopočtov boli dubovo-hrabové. Mali výraznejšie zastúpenie buka, hraba, ale prítomné v nich mohli byť tiež v hraničných nadmorských výškach, prípadne vo vhodne exponovaných polohách, aj ihličnaté stromy. Lesy boli podľa dnešnej klasifikácie (*Michalko a kol. 1986*) na rozhraní podzväzov dubovo-hrabových lesov karpatských a dubovo-hrabových lesov lipových s väčším podielom drevín zastúpených z prvých vymenovaných.

Po skončení činnosti železiarov ostali pravdepodobne lesy podstatne preriedené a ochudobnené najmä o duby, a to asi v takej miere, že regenerácia pôvodného dubovo-hrabového lesa nebola možná.

Ako sa vegetácia správala od konca 2. stor. n. l., nevieme už zrekonštruovať, zdá sa však, že prevahu získavali postupom času buky a jedle (tab. 2).

V slovanskom až stredovekom období sa z nálezov uhlíkov úplne vytratil dub, na ploche, kde sa predtým využívala na spracovanie železa najmä táto drevina, zostali ostatné listnaté dreviny, predovšetkým buk. Výraznejší podiel nadobudli ihličnaté dreviny (tab. 2; obr. 1). Dub sa našiel iba v polohách vzdialených od železiarskej výroby, napr. na lokalite Gbelany-poloha Hradisko, a to aj v nadmorskej výške 650 m. Miliere, ktoré sa pálili na území exploatovanom železiarmi o trinásť storočí skôr, sa stavali z dreva buka a jedle (tab. 2, plocha E_4).

Dnes sa na území, kde pôsobili pred sedemnástimi storočiami železiari, nachádzajú predovšetkým ihličnaté stromy, už od nadmorskej výšky 400 m v západných a severných expozíciách. Veľká plocha je bez drevinového porastu, a kde sa zvyšky lesa na tejto ploche nachádzajú, pochádzajú zo zámernej lesníckej výsadby uprednostňujúcej ihličnatý porast, prípadne z náletu semien v rôzne exponovaných polohách neprístupných pre pasúci sa dobytok. Floristické zápisky, ktoré sme na ploche urobili v r. 1982 v nadmorských výškach 450-550 m (obr. 1, plochy I-IX; tab. 3), ukazujú, že borovicové porasty stromov v presvetlených polohách obsahujú okrem ihličnatých drevín jedľa, smrek, smrekovec a vo vyšších polohách aj tis i listnaté stromy zväčša kríčkového a nízkeho stromového vzrastu.

Zo skutočnosti zisťovanej počas archeobotanických analýz vyplynul poznatok, že výrazný antropogénny vplyv na lesy v pahorkatine východnej časti Žilinskej kotliny nepochádza zo začiatku

Tab. 1. Zvyšky dreva spojené so železiarstvom na Slovensku, zistené archeologicky a lesnícky

Pôvod uhlíkov	Archeologická lokalita	Datovanie	Počet nálezov	Počet uhlíkov	Quercus sp. (dub)	Fagus sylvatica (buk lesný)	Acer sp. (javor)	Ulmus sp. (brest)	Carpinus betulus (hrab obyčajný)	Tilia sp. (lipa)	Picea abies (smrek obyčajný)	Abies alba (jedľa biela)	Pinus sp. (borovica)	Taxus baccata (tis obyčajný)	Pinopsida (ihličiny)	Juniperus communis (borievka obyčajná)	Pomoideae (jabloňokveté)	Corylus avellana (lieska obyčajná)	Salix sp. (vŕba)	Populus sp. (topoľ)	Alnus sp. (jelša)	Betula sp. (breza)
tavba rudy	Bratislava, časť Dúbravka	2. stor.	1	67	xx	x	+										+					
	Kysak	d. rím.	4	32	x	x																
	Žilina, časť Strážov, poloha Tomanová	púchovská kultúra	1	15	+															x		
	Varín, poloha Varínske Lúky		2	12	+																	
	Varín, poloha Železná studňa		15	258	xx	+				+		+		+	+	+	+	+	+			
	Varín, poloha Lúky pod Jedľovinou		2	13	xx																	
	Varín, časť Nezbudská Lúčka, poloha Hradské		1	8						+	+		+		x							
kováčstvo	Strečno, poloha Hrad	16. stor.	20	281		xx	+				+	+				+		+		+	+	
miliere	Varín, poloha Rudy	stredovek - novovek	1	14		xx						+										
	Spišská Nová Ves, LHC Sp. N. Ves, dielec 461a		1	36			+				xx											
	Spišská Nová Ves, LHC Sp. N. Ves dielec 342A		1	24		x					xx										+	

Tab. 1. Zvyšky dreva spojené so železiarstvom na Slovensku, zistené archeologicky a lesnícky - pokračovanie

Pôvod uhlíkov	Archeologická lokalita	Datovanie	Počet nálezov	Počet uhlíkov	Quercus sp. (dub)	Fagus sylvatica (buk lesný)	Acer sp. (javor)	Ulmus sp. (brest)	Carpinus betulus (hrab obyčajný)	Tilia sp. (lipa)	Picea abies (smrek obyčajný)	Abies alba (jedľa biela)	Pinus sp. (borovica)	Taxus baccata (tis obyčajný)	Pinopsida (ihličiny)	Juniperus communis (borievka obyčajná)	Pomoideae (jabloňokveté)	Corylus avellana (lieska obyčajná)	Salix sp. (vŕba)	Populus sp. (topoľ)	Alnus sp. (jelša)	Betula sp. (breza)
miliere	Spišská Nová Ves, LHC Sp. N. Ves, dielec 342B	stredovek - novovek	1	31		+					xx											
	Spišská Nová Ves, LHC Sp. N. Ves, dielec 416		1	22			+				xx											
	Spišská Nová Ves, LHC Mlynky, dielec 228		1	25		+	x				xx											
	Spišská Nová Ves, LHC Mlynky, dielec 255		1	37		xx					+											
	Hnilec, LHC Mlynky, dielec 85, 86		8	50		xx	+	+			+								+			
	Hnilec, LHC Mlynky, dielec 64		1	25		xx					+								+			

Poznámky: xx - zastúpenie nad 50 % v počte uhlíkov, x - zastúpenie 10-49 %, + - zastúpenie do 10 %
LHC - lesný hospodársky celok

Tab. 2. Zbytky dreva od praveku po stredovek získané archeologicky v Žilinskej kotline

| Datovanie | pravek | | |

Tab. 2. Zvyšky dreva od praveku po stredovek získané archeologicky v Žilinskej kotline - pokračovanie

Datovanie	Označenie archeologickej lokality (poloha na obr. 1)	Pinus sp. (borovica)	Picea abies (smrek obyčajný)	Abies alba (jedľa biela)	Taxus baccata (tis obyčajný)	Pinopsida (ihličiny)	Fagus sylvatica (buk lesný)	Quercus sp. (dub)	Carpinus betulus (hrab obyčajný)	Fraxinus sp. (jaseň)	Tilia sp. (lipa)	Acer sp. (javor)	Ulmus sp. (brest)	Betula sp. (breza)	Alnus sp. (jelša)	Salix sp. (vŕba)	Populus sp. (topoľ)	Pomoideae (jabloňokveté)	Prunus spinosa (trnka obyčajná)	Juniperus communis (borievka obyčajná)	Corylus avellana (lieska obyčajná)	Clematis vitalba (plamienok plotný)	Euonymus sp. (brslen)	Nadmorská výška archeologickej lokality
Slovania stredovek	E_1				o					o														400
	E_2		o			o	o							o										450
	E_3		o	o			o			o														400
	E_4			o			o																	500
	E_5			o				o																650
	E_x			o				o		o														380
	E_y	o	o	o												o								360

Poznámky: + - A_1 - Varín-Dubovec (*Moravčík 1985*), 2 objekty, eneolit; A_2 - Gbelany-Nad cintorínom (*Moravčík 1985*), kultúrna vrstva, neolit; B_1 - Strečno-Hrad (*Moravčík 1991*), kultúrna vrstva, doba bronzová; C_1 - Varín-Hájiky (*Moravčík 1991*), 1 objekt, lužické pohrebisko; C_2 - Varín-Šošinský potok (*Moravčík 1985*), 2 objekty a 2 kultúrne vrstvy, lužické sídlisko; C_3 - Gbelany-Klin (*Moravčík 1985*), 1 objekt, lužické pohrebisko; C - Žilina, časť Strážov-Podháj (prieskum *O. Šedo*, r. *1977, 1978*), 2 objekty a 4 kultúrne vrstvy, 5.-3. stor. pred n. l.; D_1 - Gbelany-Pod Chmelinec (*Moravčík 1985*), kultúrna vrstva, púchovská k.; D_2 - Varín, časť Nezbudská Lúčka-Pri Háji (*Šedo 1977*), kultúrna vrstva, púchovská k.; D_3 - Varín, časť Nezbudská Lúčka-Hradské (*Šedo 1977*), kultúrna vrstva, púchovská k.; D_4 - Varín-Železná studňa (*Moravčík 1991*), 15 kultúrnych vrstiev, púchovská k.; D_5 - Varín-Varínske lúky (*Šedo 1980*), kultúrna vrstva, púchovská k.; D_6 - Varín-Lúky pod Jedľovinou (*Šedo 1977*), 2 kultúrne vrstvy, staršia doba rímska; D_7 - Varín-Hrádok (*Moravčík 1985*), 3 kultúrne vrstvy, púchovská k.; D_8 - Gbelany-Hradisko (*Moravčík 1985*), 1 objekt, púchovská k.; D_x - Divinka-Veľký vrch (*Moravčík 1980*), 20 nálezových komplexov (*Hajnalová 1985b*), púchovská k.; D_y - Žilina, časť Strážov-Tomanová (výskum *O. Šedo*, r. *1963*), kultúrna vrstva, púchovská k.; D_z - Žilina-Šefranica (*Moravčík 1972*), 1 objekt, púchovská k.; E_1 - Strečno-Hrad (*Moravčík 1991*), kultúrna vrstva, slovanské obdobie; E_2 - Varín-Železná studňa (*Moravčík 1991*), dechtárska halda, slovanské obdobie; E_3 - Strečno-Hrad, kováčska dielňa, 16. stor. (*Moravčík 1991*); E_4 - Varín-Rudy (*Šedo 1977*), zvyšky miliera, stredovek-novovek; E_5 - Gbelany-Hradisko (*Moravčík 1985*), opevnenie, 15. stor.; E_x - Žilina, časť Porúbka (*Moravčík 1985*), objekty, 9. stor.; E_y - Žilina, časť Závodie-Skalka (*Šedo 1977*), kultúrna vrstva, stredovek až novovek (*Hajnalová 1978b*).

Tab. 3. Súčasný výskyt drevín na území Varín, časť Nezbudská Lúčka

Polohy z obr. 1	Pinus sp. (borovica)	Picea abies (smrek obyčajný)	Abies alba (jedľa biela)	Larix decidua (smrekovec opadavý)	Taxus baccata (tis obyčajný)	Fagus sylvatica (buk lesný)	Quercus sp. (dub)	Carpinus betulus (hrab obyčajný)	Fraxinus sp. (jaseň)	Tilia sp. (lipa)	Acer sp. (javor)	Betula sp. (breza)	Alnus sp. (jelša)	Salix sp. (vŕba)	Frangula alnus (krušina jelšová)	Sorbus sp. (jarabina)	Sambucus nigra (baza čierna)	Prunus spinosa (trnka obyčajná)	Swida sanquinea (svíb krvavý)	Rosa canina (ruža šípová)	Juniperus communis (borievka obyčajná)	Crataegus sp. (hlôh)	Corylus avellana (lieska obyčajná)	Nadmorská výška
I	++		+			:	•			:	•			:		•	•	•				•		400-450
II		++		+																				480 (S)
III	++		+				•				•			:		•	•	•				•		500 (J)
IV							•				•				:			•	•	•	•	•		500 (V)
V		+											•	•										550 (Z)
VI	++		+	+		:	:	+	+			+				•				•		•	•	450
VII		++																						600
VIII	+	++	+														•						•	650
IX	+	++	+	+		+																		700

Poznámky: ++ - stromy zaberajúce v lese plochu nad 85 %; + - stromy zaberajúce v lese plochu pod 15 %; : - malé stromy v podraste; • - kríková forma v podraste lesa a prítomné v kroviskách

stredoveku, ako sa to predpokladá pri úrodných kotlinách Karpát (*Krippel 1986*), ale už z doby o niekoľko storočí skôr, a to v súvise so železiarskou výrobou náročnou na spotrebu dreva a skoncentrovanou na malé územie. Podobné procesy sa odohrávali aj v iných regiónoch Slovenska, ak nie vo včasnohistorickom období, tak v dobe slovanskej. Je otázkou budúcnosti a zámernej odbornej práce ich prítomnosť a rozsah archeologicky a archeobotanicky sledovať.

Zameraný odborný záujem si zasluhujú tiež problémy spojené s určovaním botanického druhu dreva používaného ako surovina počas tavby aj spracovávania železa. Pri riešení týchto otázok sa musia spojiť snahy archeológov a archeobotanikov.

Dodnes otvorenou zostáva aj otázka úpravy dreva pred použitím v taviacom procese. Keďže archeologických poznatkov z jednotlivých archeologických období pribúda veľmi pomaly, bolo by potrebné spojiť prácu technikov - analyzátorov železiarskych produktov - a archeobotanikov, ktorí by sa v stopách dreva v troske snažili zistiť technológiu a čas, odkedy sa v našich geografických podmienkach používalo drevné uhlie.

Literatúra

ESPELUND, A. 1989: The Operation of Bloomery Furnace AD 0-500 in Mid-Norway. In: Archaeometallurgy of Iron. R. Pleiner ed. Praha, s. 169-190.

HAJNALOVÁ, E. 1978a: Nálezy rastlín na pohrebiskách v pravekom a včasnohistorickom období Slovenska a ich úloha v pohrebnom ríte. Archeol. Rozhl., 30, s. 123-132.

HAJNALOVÁ, E. 1978b: Prehľad nálezov a analýz z rastlinných makrozvyškov z archeologických výskumov. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1977. Nitra, s. 78-90.

HAJNALOVÁ, E. 1985a: Paleobotanické nálezy zo sídlisk, jaskýň a objektov výrobného charakteru. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1984. Nitra, s. 89-95.

HAJNALOVÁ, E. 1985b: Zvyšky pestovaných rastlín a uhlíky z lokality Divinka-Veľký Vrch. In: Vlastiv. Zbor. Považia. 15. Martin, s. 51-63.

HAJNALOVÁ, E. 1986: Holzkohlenstückchen aus dem Gräberfeld in Krásna Ves. In: Budinský-Krička, V. - Veliačik, L.: Krásna Ves. Gräberfeld der Lausitzer Kultur. Nitra, s. 137-138.

HAJNALOVÁ, E. 1989: Súčasný stav paleobotanického výskumu doby bronzovej na Slovensku. Archeol. Rozhl., 41, s. 182-192.

HALAGA, O. R. 1980: Historicko-ekonomický význam Karpatských lesov. In: Zbor. Lesn., drev. a poľov. Múz. 10. Martin, s. 73-78.

KAVINA, K. 1932: Anatomie dřeva. Praha.

KRIPPEL, E. 1986: Postglaciálny vývoj vegetácie Slovenska. Bratislava.

MICHALKO, J. a kol. 1986: Geobotanická mapa ČSSR. Bratislava.

MORAVČÍK, J. 1972: Najnovšie prírastky v archeologických zbierkach Považského múzea a Galérie v Žiline. In: Vlastiv. Zbor. Považia. 11. Martin, s. 19-39.

MORAVČÍK, J. 1980: Archeologické nálezy v Považskom múzeu v rokoch 1971-1975. In: Vlastiv. Zbor. Považia. 14. Martin, s. 15-63.

MORAVČÍK, J. 1985: Archeologické nálezy v Považskom múzeu v rokoch 1976-1980. In: Vlastiv. Zbor. Považia. 15. Martin, s. 5-49.

MORAVČÍK, J. 1991: Archeologické nálezy v Považskom múzeu v rokoch 1981-1985. In: Vlastiv. Zbor. Považia. 16. Martin, s. 5-42.

OPRAVIL, E. 1986: Paleobotanické expertizy. In: Souchopová, V.: Hutnictví železa v 8.-11. století na západní Moravě. Praha, s. 89-93.

PIETA, K. 1989: Frühkaiserzeitliche Eisenverhüttungsanlagen in Varín, Slowakei. In: Archaeometallurgy of Iron. R. Pleiner ed. Praha, s. 213-227.

PIETA, K. - MORAVČÍK, J. 1983: Železiarske objekty z doby rímskej a stredoveká dechtárska výroba vo Varíne. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1982. Nitra, s. 205-208.

PIETA, K. - MORAVČÍK, J. 1984: Výskum železiarní z doby rímskej vo Varíne. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1983. Nitra, s. 180-181.

PIETA, K. - MORAVČÍK, J. 1985: Železiarne z doby rímskej vo Varíne. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1984. Nitra, s. 193-194.

PLEINER, R. 1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích. Praha.

PRAKASH, B. 1989: Methods of Iron-making in Early India. In: Archaeometallurgy of Iron. R. Pleiner ed. Praha, s. 307-333.

ŠEDO, O. 1977: Stopy ťažby a spracovávania železnej rudy v chotári Varína. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1976. Nitra, s. 267.

ŠEDO, O. 1980: Železná troska v polohe Varínske lúky vo Varíne. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1978. Nitra, s. 263.

EISENMETALLURGIE AUS DER SICHT DES ARCHÄOBOTANIKERS

Resümee

Die Autorin des Beitrags bietet ein Verzeichnis archäologischer Funde von Holzresten im Zusammenhang mit der Eisengewinnung (Schmelzen des Erzes, Schmiedeverarbeitung des Eisens, Holzkohlenmeiler) aus verschiedenen archäologischen Epochen in der Slowakei. Sie macht auf die festgestellte Tatsache aufmerksam, daß in den Funden aus frühhistorischen Zeitabschnitten, aus denen heute die zahlreichsten Kenntnisse vorhanden sind, die Eisenerzverarbeitung mit der Verwendung von heizkräftigsten Gehölzen aus Laubwäldern verknüpft war (Tab. 1), und zwar der Eiche (Quercus sp.) und Rotbuche (Fagus sylvatica).

Im Beitrag wird auch auf die ungenügenden archäologischen und archäobotanischen Kenntnisse über den Herstellungsprozeß und die Verwendung von Holzkohle bei der Metallverarbeitung in den verschiedenen vor- und frühgeschichtlichen Zeitabschnitten hingewiesen. Es wird darin auf die Notwendigkeit aufmerksam gemacht, dieses Problem auch durch archäobotanische Methoden in Zusammenarbeit von Technikern - der Analysatoren von Metallschlacke - und Archäobotanikern zu lösen. Die Autorin erblickt den Weg dazu in der Spurenanalyse der Abdrücke von Pflanzengeweben des verwendeten Holzes. Sie setzt voraus, daß es möglich ist, Unterschiede zwischen den Gewebeabdrücken von trockenem Holz und auf in Stückchen zerbrochener Holzkohle festzustellen, mit welcher die Öfen zusammen mit dem Erz vor dem Schmelzen beschickt wurden.

Der Beitrag enthält einen umfangreicheren Teil, in welchem die Autorin versucht, die Veränderung in der natürlichen Entwicklung der Waldvegetation aufzuzeigen, die von den Eisenmetallurgen von der Wende der Zeitrechnung im östlichen Teil des Žilina-Beckens beeinflußt wurde (Abb. 1). Es dienten ihr dazu zahlreichere und an Holzkohlenstückchen reichere archäobotanische Funde aus 25 archäologischen Fundstellen des gegenständlichen Gebietes aus der Zeitspanne vom Neolithikum bis zum Mittelalter (Tab. 2) wie auch Erkenntnisse über die gegenwärtige Vegetation (Tab. 3). Die Autorin belegt durch Funde, daß der bis zur Wende der Zeitrechnung sehr wenig vom Menschen beeinflußte Eichen-Rotbuchen-Wald nach Abschluß der saisonweisen, aber umfangreichen Eisenmetallurgietätigkeit verändert wurde. Die an Bedarf vor allem von Eichenholz anspruchsvollen Technologien veränderten den Wald dermaßen, daß er im 2. Jh. u. Z. nicht imstande war, den ursprünglichen Stand zu erlangen. In den späteren Zeitabschnitten trugen auch weitere anthropogene Eingriffe dazu bei. Der Impuls zur Unterbrechung der natürlichen Entwicklung des Waldes entstand 9-10 Jahrhunderte früher, als im allgemeinen in der Slowakei für die fruchtbaren Becken in den Karpaten und die Hügelländer in ihnen angenommen wird.

Der Beitrag hat das Ziel, über die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse im Zusammenhang mit der Eisenmetallurgie in der Slowakei zu informieren. Zugleich wird damit angestrebt, die Archäologen aus breiterem Gebiet bei der Auswertung der archäologischen Erkenntnisse anzuregen, auch über die Folgen der Nutzung des Holzrohstoffes in der Eisenmetallurgie innerhalb der Mikroregionen zu erwägen.

Abb. 1. Verteilung der archäologischen Fundstellen im Teil des Žilina-Beckens.

6000 YEARS OF METALLURGY IN CROATIA

Ilija Mamuzić

INTRODUCTION

In contrast to the division of history in three stages: savageness, barbarism (at the beginning - earthenware; at the end - literacy) and civilization, development stages in archeology have been known as Stone-, Copper-, Bronze- and Iron Age for more than 150 years. That means that the stages of humankind have been named according to the metallurgical products (*Kirilin 1986*). Table 1 presents the approximate time sequence of the metallurgical procedures (*Wubbenhorst 1984*).

Copper- and Bronze Age are not named so by chance. The metal, mainly copper and bronze, was used as a substitute for stone - the basic material for making of tools and weapons. People noticed metals, learned many of their properties, managed to obtain pure metal from ore (as it is known, only gold, copper, platinum and silver exist in pure state in nature (*Kirilin 1986*). The man's possibilities were increased. Metal tools are elastic and they are repairable. Metals and alloys are more workable than stone. Metal axes, daggers, spears, knives and many other products were made (*Kirilin 1986; Tylecot 1976*).

Table 1. Approximate time sequence of metallurgical procedures beginnings (*Wubbenhorst 1984*)

	Procedure	Time (B. C.)
1.	Making of ceramics	about 10000 years
2.	Gold: melting, casting, forging	about 7000 years
3.	Copper: melting, casting, forging	about 7000 years
4.	Melting of lead ore: casting of lead	about 6000 years
5.	Melting of copper ore: copper - casting, forging	about 5000 years
6.	Melting of copper alloys (arsenic, lead), copper (As, Pb) - casting, forging	about 4000 years
7.	Melting of tin: casting of tin	about 3000 years
8.	Alloying of copper with tin * Bronze: casting, forging	about 2500 years
9.	Processing of iron ore, steel forging **	about 1500 years
10.	Treatment of copper and zinc carbonate ZnCo by carbon Brass: casting, forging ***	about 1000 years

* also copper melting with cassiterite
** products of cast iron in China about 500 years B. C., in Europe about the year 1400
*** galena procedure known in the later period of the Roman Empire

The Bronze Age was from the year 3000 - 1000 B. C., although the first experiments with the copper ore were carried out about 7000 years B. C. (Asia Minor) and in the Near East copper casting started about the year 4000 B. C. (*Schmidt - Dickmann 1958; Kaysers 1958; Trbižan 1993a-c*). It was estimated that about 10 000 tons of copper were extracted in the period from the year 2800 - 1300 B. C.

About the year 1400 B. C. spongy iron was produced in Anatolia (1300 B. C. in Greece, 1200 B. C. others) (*Predel 1977*).

Homer mentioned in his IX book of Odyssey steel quenching of swords but the other sources document that the knowledge of steel was empirically ample, first of all because of its significance for harnesses and swords. In the temple Balgala (Asia Minor) was found a document from the same period as the Homer's Odyssey and there was an instruction for hardening of steel swords

(quenching) (*Pantelić 1976; Bonefačić 1985*): "Anneal the cutting edge of the sword until it shines like the Sun that arises over the desert and cool it then in order to achieve a purple colour, sticking it into the body of a strong, muscular slave. The strength of the slave is transmitted to the sword". This tragic way of heat treatment - quenching of the sword by sticking it into the slave's body insured the constant quenching temperature with deviations less than 0,5 °C (36-37 °C - human temperature). The plastic processing - hammer forging provided these swords with a special cutting edge. The silk scarf, falling freely owing to its wieght on the cutting edge, was cut in few parts.

In the early Middle Ages was made progress and the sabre was given, while red-hot, to the rider who had to gallop waving with it. Samurai's swords were known owing to their high quality (*Bonefačić 1985*).

The later prescriptions from the Middle Ages demostrated as much misunderstanding of the matter, abnormality, although the contemporary experts point to some accuracies in the procedure. In one of such prescriptions e.g. "urine of a red-haired boy" was used for cooling while quenching the sword. The water solution of the kitchen salt is better in many cases than pure water for quenching of some steels and according to the current scientific comprehensions (*Pantelić 1976*). Practically, the heat treatment method for steel quenching is still used today, but quenching in oil, water, salts and in the air is used on the basis of the scientific comprehensions (*Pantelić 1976*).

In the period of the Roman Empire the particular attention was paid to making of the steel arms concerning the numerousness of the Roman army (about 500 000 soldiers). (Besides it is stated that the fall of the Roman Empire some researchers assigned to the constant poisoning by lead because in that time it was modern to use in the household lead glazed dishes) (*Kirilin 1986*). About the year 1371 the first detailed description of the iron melting was given by the French archbishop Henry de Poitier and the first blast furnace was constructed in Europe in the middle of the 14th century. In 1450 Filarete, the Italian sculptor and constructor described the "blast" furnace in the book "Trattato d' architettura" (*Črnko 1993*). Leonardo da Vinci made the project of the first rolling mill for the plastic processing that was not realized in practice. The written details on the iron melting by means of the charcoal were given by Vannaccio Biringnecio (the book "De la Pirotechnia") in 1540 as well as Georg Bauer Agricola (the book De re metallica Libri XII - 1556) (*Črnko 1993*).

It is estimated that in the 15th century the iron production in Europe amounted 60 000 tons; 30 000 of that quantity in Germany and 10 000 in France (*Predel 1977*). Because of the use and cutting down of the forests for production of charcoal, it was forbidden in England in order to prevent destruction of forests. Coke was produced from coal. The first blast furnace for melting with special prepared coal was constructed by D. Dudley in 1619. In 1735 the use of coke was introduced by A. Darby (*Črnko 1993*). Later on, James Watt (1736-1819) invented a steam engine and it was of particular significance (until the end of the 19th century the steam engine was practically the only driving engine in the world (*Kirilin 1986*). In the year 1815 the first rail was produced and the first railway was made in 1819. The rail was exhibited at the world fair in London 1824. (The shape of the rail has practically not been changed to this day.)

The blast furnace process for iron production was improved (use of heated air, oxygen etc.) and it was necessary to construct a new equipment for steel production from the liquid iron. (The first modern blast furnace in this region was put into operation in Jesenice in 1892 and a few years later in Zenica.) In 1856 the new method of manufacturing steel by converters was invented by H. Bessemer and the method was improved by O. Tomas in 1878. In 1864 the French metallurgist P. Martin invented the first furnace for melting and production of steel. Although this process was slower and less economic than the converter process, in the first half of the 20th century about 80 % of steel in the world was produced by the open hearth furnace (*Kirilin 1986*).

Steel production was increased and the existing primitive rolling mills for the plastic processing of steel into final products (e. g. rolling speed 1 m/min.) were not satisfactory. More modern rolling mills were developed and the rolling process was improved. The today's rolling mills have the rolling speed up to 150 m/s.

Regarding the significance of production and processing of aluminium and Al-alloys for Croatia it is stated that aluminium was invented in 1820 (Davy) and industrial production started at the beginning of the 20th century.

These, only partially informations substantiate that metallurgy is the oldest trade and technologies have developed empirically for a long time (*Bonefačić 1985*).

Many occurences which determined the way of production, behaviour and properties of metals have been discovered during the last 50 years and that confirms that metallurgy is one of the newest scientific disciplines. For the scientific explanation of the plastic metal processing, E. Orawan and G. I. Taylor proposed separately the dislocation theory and P. Hirsch proved it by the electronic microscope (*Bonefačić 1985*).

Thanks to the various research professions (chemists, physicists, mechanical engineers etc.) it is possible to program in advance, on the scientific basis, the required metal and alloy properties as well at to produce them by the contemporary achievements (*Hrivnak - Zrnik 1993*).

The purpose of this paper is to present development and achievements of metallurgy in Croatia which has existed on these territories for more than 6000 years. The complete presentation is not feasible, not only due to the shortage of the relevant data in Croatia but metallurgy is a comprehensive field that includes various metals and their alloys and the methods of their production and processing by: casting, plastic deformation etc. Concerning the comprehensiveness of these fields, development and achievements can be given for every of this field, e. g. iron and steel production, plastic deformation processing, casting, etc. as well as for the sub-fields. This paper comprises the complete metallurgy as a profession and the collected informations are an adequate basis for expansion resp. supplementation.

DEVELOPMENT OF METALLURGY BEFORE THE ARRIVAL OF THE CROATS

It is not easy to give a complete presentation of the early metallurgy developments on the territory of Croatia. Concerning the development of the European and the world metallurgy have to be mentioned two stages that had their significant basis in Croatia.

- Copper and bronze metallurgy (arsenic bronze) in the culture of Vučedol
- Siscia as one of the largest metallurgical centers of the Roman Empire

The mining residues from the prehistorical times have not been noticed but in Rude near Samobor was found the oldest type of a copper axe (fig. 1) which was used in the copper mines (4000 years B. C.).

These areas were rich deposits of native copper. This finding from the period 4000 B. C. can be considered (although as accidental) as an evidence of existence of mining and metallurgy on the territory of today's Croatia in that time.

An abrupt development of metallurgy dates from Vučedol, an archeological locality near Vukovar. This period, from the year 3000 to 2200 B. C. can be named a daybreak of Europe and an introduction to the written history.

The culture of Vučedol was the contemporary of the first writings in Mesopotamia and the first Pharaohs in Egypt (*Durman 1983; 1988a; 1988b; Sorić 1988; Dimitrijević 1988*).

It was a great improvement because metal as a landmark was a substitution for stone.

The economic importance of the culture of Vučedol, in the classic period based on the cattle breeding and hunting, caused the higher need for metal. Copper ore was demanded more and more and in the later phase the culture of Vučedol was expanded from the original region (in the Eastern Slavonia) to the areas rich in ores in Middle and Southeast Europe. This is a kind of a new "antiindustrial revolution" in Europe because a part of population of the rich cattle breeding society decided for the more prosperous profession of metallurgy.

Fig. 1. Copper axes - 4000 years B. C.

Devoted to the ore processing and standardized metal production they included in metallurgy of the Copper- and Bronze Age all the significant innovations (... cupola furnaces, two- and multi-piece clay moulds, bellow, alloying etc.).

The process of copper treatment in the Late Eneolitic period can be reconstructed on the basis of the clay moulds, furnaces and the metallurgical tools found on several localities from the various stages of the culture of Vučedol.

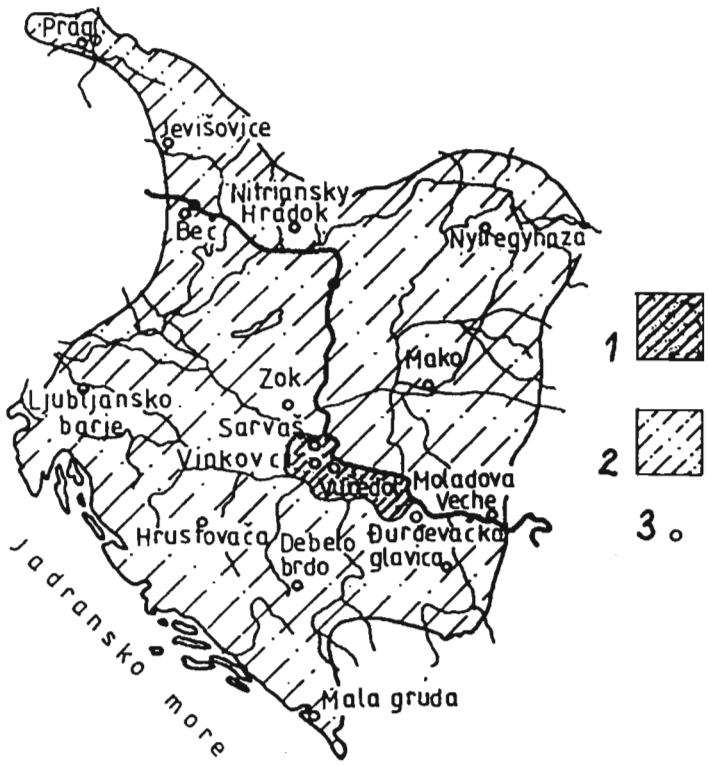


Fig. 2. A range map of Vučedol culture. 1 - mother region of the classic Vučedol culture; 2 - extended region of the classic Vučedol culture; 3 - important finding-places.

It can be particularly stated that casting was also known. Two types of casting cupola furnaces from Gradac near Vučedol (with semicircular bottom and with flat bottom) prove that ore was processed to the final products in that region (*Durman 1983; 1988a; 1988b*).

Two-piece moulds were a substitute for one-piece ones that caused thorough changes in metallurgy. The need for the ore was so increased that it could not be transported to the remote workshops. Therefore in order to obtain the first cast semi-product - copper charge, a part of population displaced to the ore deposits.

The culture of Vučedol expanded from the original area very quickly to the great part of Western Balkan and Middle Europe (fig. 2).

The technique of casting into two-piece moulds resulted in a new type of tool - weapons: one cutting edge axe with the cylindrical prolongation for a handle. There are several such axes that belong to the found deposits (8 deposits) or to the individual findings. Particularly interesting deposits are those where beside the several examples of this axe type are found also fanlike flat axes (fig. 3).

Initially was used only oxide- and in the later phase oxide and sulphide ore were blended, first of all antimony tetraedit (*Durman 1988a*).

The advantage of the technological application of this ore must be particularly pointed out. The oxide copper ore is only a thin layer on the deposits of the sulphide copper.

The application of two-piece moulds and the assembly-line production of the copper articles forced the metallurgists to procure large quantities of copper (a few tens of kilos - examples of Brekinjske and Griče) and to find new rich mines in order to meet the requirements of production. As there was not enough oxide ore for such demand due to its variable quantities, a new technology was required (*Durman 1983; 1988a*).

Later on it was realized that impure copper had better properties (fluidity and hardness) and efforts were made to retain certain quantities of secondary metals (arsenic, antimony) that are usually separated at temperatures lower than the melting temperatures of copper.

The characteristic of the Bronze Age is a deliberate addition of tin to copper and of the late stage of Vučedol culture is occupation of ore deposits in order to live near them.

The year 2200 B. C. defines the end of the Vučedol culture and that is the time of the third migration of Indo-Europeans (*Durman 1988a*). It is necessary to state again that the Vučedol culture moved from the rich regions of Slavonia and Srijem to the mountainous districts and had to change

its economy as well. This culture was not displaced or expelled from its native region but instead of cattle breeding and agriculture more profitable were the exploitation of ore and copper metallurgy.

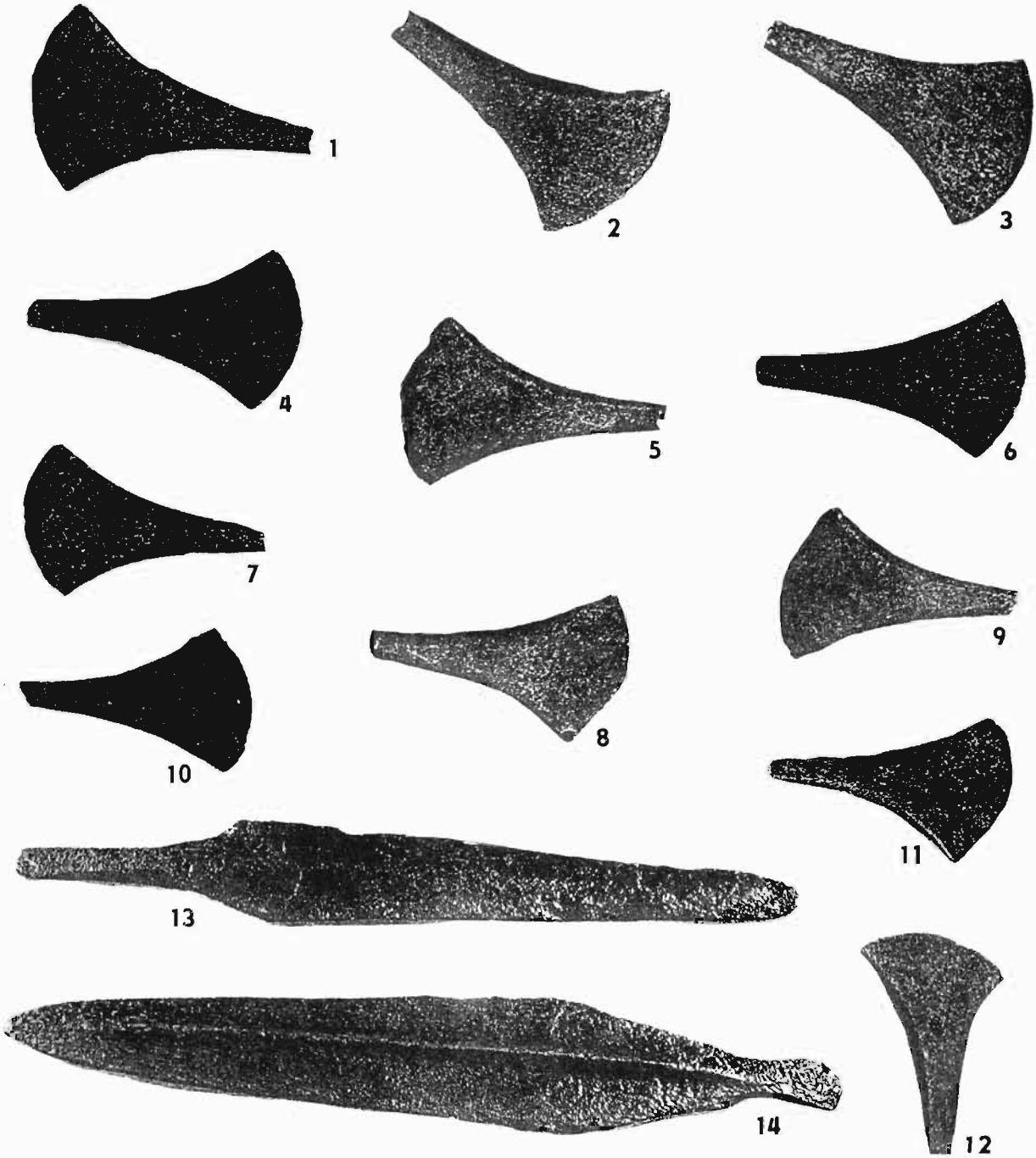


Fig. 3. A part of deposit from Vučedol.

The Vučedol culture expanded also to the territories of Banija and Sisak (*Durman 1991*). According to the opinion of Lipold, a geologist from Vienna, Trgovska gora as a mine, was more profitable than any other copper mine in Austria (*Durman 1991*). The reason was that even native copper could be found.

No findings have been registered from the early and middle Bronze Age up to now but it must be supposed that the inhabitants of Vučedol lived on this territory for a long time. The ruins of Gorička and Unčani date maybe from that period of time (*Durman 1991*).

These areas were settled more intensively in the late Bronze Age, when the peoples connected to the culture of glowing fields broke in this region. In spite of assigning it generally to the territory of Balkan most of the findings of the late Bronze Age can be located to the workshop centers of the district among the Drava, the Danube and the Sava river. Two very important deposits from the late Bronze Age are Javornik and Matijevići. The deposit commonly means a finding and several metal

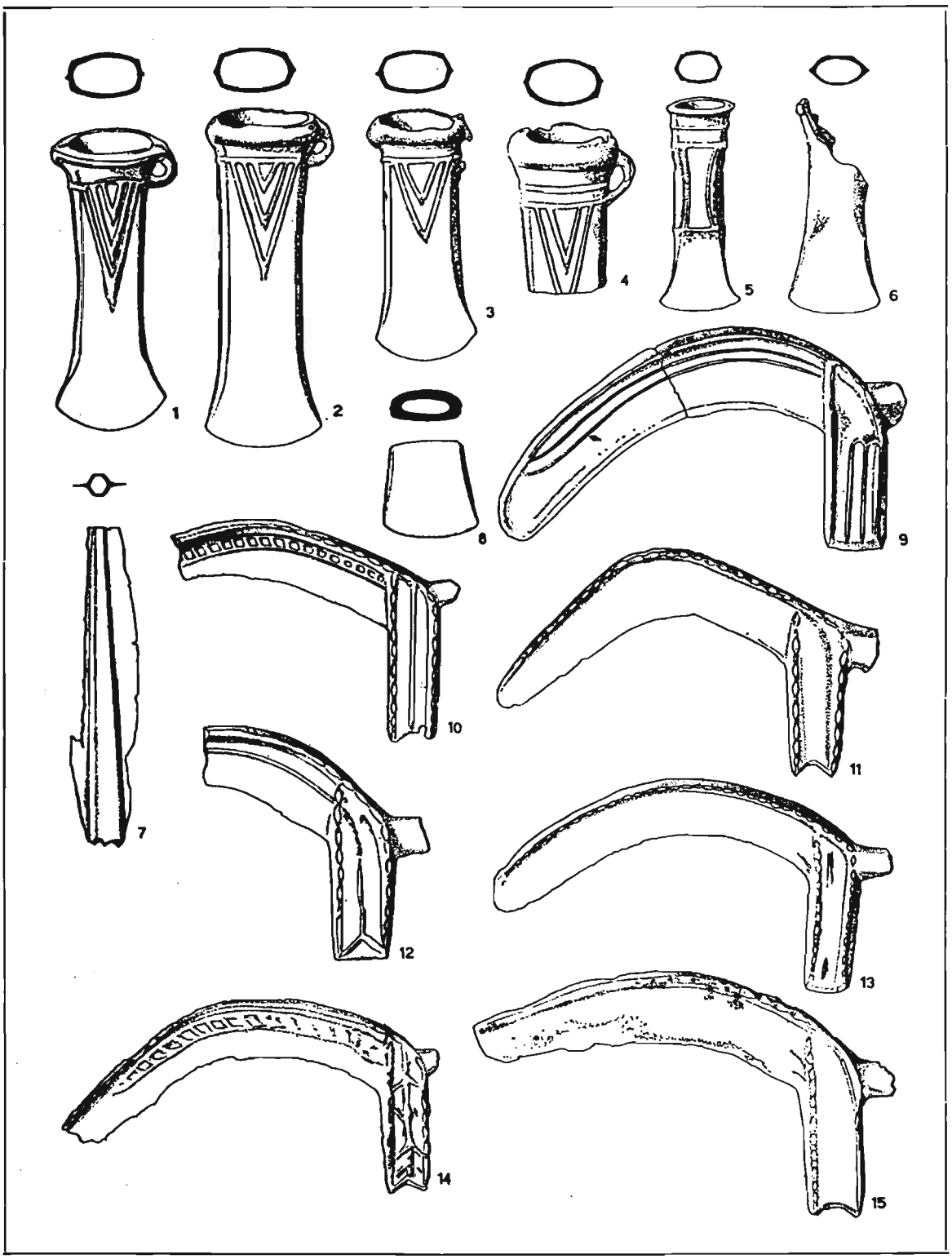


Fig. 4. A part of deposit from Javornik.

articles - of one or more different kinds of tool or weapon. The deposit Javornik includes 27 copper articles - spears, 7 hollow axes, 17 sickles and 2 pieces of crude bronze (fig. 4).

It is considered that this development period of metallurgy was from the 11th century B. C. to the year 750 B. C., immediately before the advent of the Iron Age.

According to *A. Durman (1991)* Banija was more colonized in the late Bronze Age, particularly the region northwards from Zrinska gora to the Kupa river and the question is whether the river valleys were the only possible contact-regions in that period of time. There are numerous ruins on the northern mountain sides of Zrinska gora: the Budim ruin in Mali Gradac, Veliki Gradac, the ruin in Martinovići and the ruin of Klinac village behind which there is a way toward the Sava river and the Panonija valley. It is supposed that the way through Zrinska gora was opened in that time and it was controlled from the castle in Mali Gradac from the northern side and from Osječenica from its southern side. That was one of the most important historical directions for connecting the Adriatic coast with Panonija. Therefore Sisak was built, as the key point in this encounter of cultures. Probably is that the way in the earlier Iron Age for break-through of the Celts to these territories. As the remarkable metallurgists who conquered by their improved iron processing the huge region of Europe they oriented, after building of Segestica their most important strategic position in Panonija, to the iron production. It can be concluded that in the later Iron Age iron processing was already developed as well as the trade with iron articles at the location of the later Segestica or somewhere near it and the iron ingots or finished products were brought from the adjacent iron mines. The nearest iron mines were in Trgovska gora. Therefore it is supposed that the Celts only took over and enlarged the existing system. There are some Celtic findings in Osjenčica and Gradac and even two Celtic silver tetradrahmas of the so-called Samobor type and it can be said that it was an important point. The region Segestica - Osječenica was very important for iron production in Panonija (*Durman 1991*).

This used production was taken over by the Romans in the year 35 B. C. when Octavius Augustus had destroyed Segestica and built on its foundations a new settlement Siscia (*Hoti 1992; Durman 1992*). During the Roman predominance in Panonija and Siscia at the bank of the Kupa river there were large production workshops for weapons.

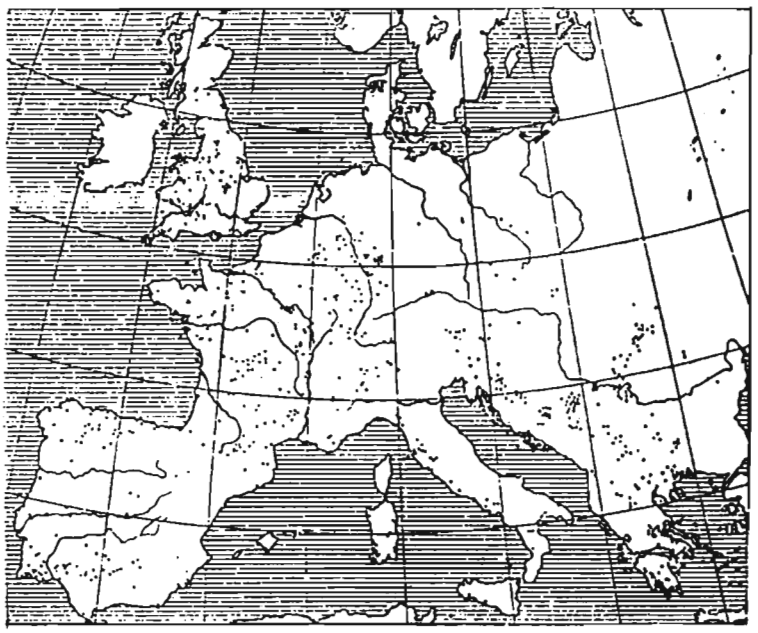


Fig. 5. Disposition of mines in Europe during the Roman Empire (Derry - Williams 1960).

In the Roman time remarkable attention was paid to metallurgy concerning the demands for weapons. Figure 5 presents the mines disposition in Europe. Even the poor iron ore mines in Dalmatia were exploited (*Derry - Williams 1960*).

In the time of the emperor Galien a mint was opened in Siscia. Later on the Roman metallurgists started to exploit the iron mines in Ljubija and the water way of the Japra - the Sana - the Una - the Sava and the Kupa river was open.

In the hinterland of Siscia, as the metallurgical centre, it can be estimated on the basis of the gravel residues that the Romans exploited more than a million of tons of iron ore. It was usually sent to Siscia in the form of ingots and the finished iron products were sent from there to the most important Roman border, at the Danube.

Owing to the names Segestica - Siscia - Sisak the long continuity connected to the iron ore processing can be noticed at the location of Sisak, from the prehistorical times through the Roman civilization to this day.

The mint in Siscia was working permanently. The eyes of the Roman Empire were fixed upon Pannonia and the Danube and the evidence were coins from the mint in Milan (about the year 271) PANONIA, GENIVS ILLURICI and DACIA FELIX. In the time of the emperor Probus the mint was enlarged to 7 officines and its loyalty was proved by coins SISCIA PROBI AVG. The emperor Probus was the first in Siscia who forged the copper medallions (*Hoti 1992*).

The mint worked to the time of the emperor Theodosius (408-450) (*Kuntić-Makvie 1993*).

This is only a partial presentation of the development of metallurgy in these regions. There are numerous findings and residues, e. g. in the old town of Zagreb, where in the floor of a house was found a small metallurgical furnace for melting and processing of bronze, in the layer belonging to the Celtic Age.

INSTEAD OF THE CONCLUSION

9000 years of metallurgy in the world and more than 6000 years on the territories of today's Croatia is an evidence that metallurgy is the oldest trade. The metallurgical achievements influenced the civilization development.

In Croatia, at the location of Gradac-Vučedol was found the metallurgical workshop from the prehistorical time, for the first metal production in series, the oldest one in Europe up to now (3000-2200 B. C.).

Metallurgy was very prosperous then and it expanded from Vučedol over the great part of Europe. It is important to mention the developed metallurgy of the Celts and the Romans. In the Roman Age Sisak (Siscia) and its hinterland was one of the largest metallurgical centers of the whole Empire (the metallurgical workshops for making of weapon and tool and the mints) with the water and road communications for transportation of ingots and finished products.

After the fall of the Roman Empire metallurgy had been forgotten and it was revived at the end of the 10th century, at the time of the Saxons's arrival. It can be concluded that it was not possible to give the complete presentation of the historical development of metallurgy on the territory of today's Croatia because this development was not systematically studied. I appreciate the assistance and support of Dr. *Aleksandar Durman* and I am very greatful to him for giving his written materials at my disposal because without them this paper would be more incomplete.

However, the significance of this paper is that for the first time were collected informations on the development and achievement of the 6000 years old metallurgy in Croatia. It can be a useful basis for supplementation and expansions.

Bibliography

BONEFAČIĆ, A. 1985: Metalurgija i fizika-medusobna povezanost u znanosti i obrazovanju. In: Obrazovanje za vlastiti tehnološki razvoj. Zagreb, pp. 131-139.

ČRNKO, J. 1993: Metalurgija, 32, pp. 117-121.

DERRY, T. - WILLIAMS, T. 1960: A short history of technology. Oxford, pp. 122, 124.

DIMITRIJEVIĆ, S. 1988: Vučedolski kulturni kompleks, geneza i podjela. In: Vučedol - treće tisućljeće p. K. Zagreb, pp. 21-23.

DURMAN, A. 1983: Metalurgija vučedolskog kulturnog kompleksa. Opuscula Archaeol., 8, pp. 1-75.

DURMAN, A. 1988a: Vučedolskom kulturnom kompleksu. In: Vučedol - treće tisućljeće p. K. Zagreb, pp. 13-20.

DURMAN, A. 1988b: Vučedolska kultura. Vučedol - treće tisućljeće p. K. Zagreb, pp. 13-20.

DURMAN, A. 1991: Prilog za rekonstrukciju najnovije povijesti. In: Zbornik naučnih i publicističkih radova od prijeslavenskih doba do naših dana. Dvor na Uni, pp. 89-93.

DURMAN, A. 1992: O geostrateškom položaju Siscije. Opuscula Archaeol., 16, pp. 117-131.

HOTI, M. 1992: Sisak u antičkim izvorima. Opuscula Archaeol., 16, pp. 133-163.

HRIVNAK, I. - ZRNIK, J. 1993: Metalurgija, 32, pp. 157-165.
KAYSERS, H. 1958: Gießerei, 19, pp. 582-587.
KIRILIN, V. A. 1986: Stranici istorii nauki i techniki. Moskva, pp. 12, 13, 276, 277.
KUNTIC-MAKVIE, B. 1993: Katančićev opis Siscije. Opuscula Archaeol., 16, pp. 165-181.
PANTELIĆ, I. 1976: Tehnologija termičke obrade čelika. I knjiga, Opća termička obrada. Novi Sad, pp. 7-9.
PREDEL, B. 1977: Höverscriptum zur Vorlesung, Metallkunde I. Stuttgart, pp. 1-3.
SCHMIDT, H. - DICKMANN, H. 1958: Bronze- und Eisengruß. Düsseldorf, p. 10.
SORIĆ, A. 1988: Vučedol praskozorje europske povijesti. In: Vučedol - treće tisućljeće p. K. Zagreb, p. 9.
TRBIŽAN, M. 1993a: Livarstvo večeraj, danes in jutri. Delo, 35/113, p. 6.
TRBIŽAN, M. 1993b: Livarstvo večeraj, danes in jutri. Delo, 35/119, p. 7.
TRBIŽAN, M. 1993c: Livarstvo večeraj, danes in jutri. Delo, 35/125, p. 6.
TYLECOTE R. F. 1976: A History of Metallurgy. London, p. 12.
WUBBENHORST, H. 1984: 5000 Jahre Gießerei. Düsseldorf, p. 5.

6000 ROKOV METALURGIE V CHORVÁTSKU

Resumé

Metalurgia je najstarším remeslom. Dokazuje to 9000 rokov jej trvania vo svete a viac než 6000 rokov na území dnešného Chorvátska.

V Chorvátsku na lokalite Gradac-Vučedol bola objavená metalurgická dielňa z protohistorického obdobia, v ktorej sa po prvý raz vyrábal kov. Bola prvou tohto druhu v Európe (3000-2200 pred n. l.).

Metalurgia veľmi prosperovala a rozšírila sa z Vučedolu do veľkej časti Európy. Je dôležité zmieniť sa o vývoji metalurgie u Keltov a Rimanov. V dobe rímskej Sisak (Siscia) a jeho zázemie boli jedným z najväčších metalurgických centier celého impéria (metalurgické dielne na výrobu zbraní a nástrojov a mincovne) s vodnými a cestnými komunikáciami na transport ingotov a finálnych výrobkov.

Po páde rímskeho impéria bola metalurgia zanedbaná a ožíva až na konci 10. stor. v dobe príchodu Sasov.

V predloženom príspevku nebolo možné podať úplný prehľad historického vývoja metalurgie na území dnešného Chorvátska, pretože nebol systematicky študovaný. Po prvý raz sú však v ňom zozbierané informácie o vývoji a úspechoch 6000 rokov starej metalurgie v Chorvátsku.

Obr. 1. Medená sekera - 4000 rokov pred n. l.
Obr. 2. Stratigrafická mapa vučedolskej kultúry. 1 - materská oblasť klasickej vučedolskej kultúry; 2 - oblasť rozšírenia klasickej vučedolskej kultúry; 3 - významné náleziská.
Obr. 3. Vučedol. Časť depotu.
Obr. 4. Javornik. Časť depotu.
Obr. 5. Rozšírenie baní v Európe v dobe rímskeho impéria (Derry - Williams 1960).

METALOGRAFICKÝ VÝSKUM ŽELEZNÝCH PREDMETOV Z POHREBISKA Z DOBY AVARSKEJ RÍŠE V ŠEBASTOVCIACH

Ľubomír Mihok - Alena Pribulová - Pavol Mačala

POHREBISKO Z DOBY AVARSKEJ RÍŠE

Pohrebisko z doby avarskej ríše v polohe Lapiše v Šebastovciach pri Košiciach, ktoré bolo skúmané v r. 1966 až 1977 *V. Budinským-Kričkom*[1], patrí k najväčším pohrebiskám z tohto obdobia na Slovensku. Odkrylo sa na ňom 370 hrobov, z toho 46 jazdeckých. Aj keď zatiaľ nebolo analyticky spracované, v odbornej literatúre boli publikované predbežné informácie o jednotlivých výskumných sezónach a nálezová správa (*Budinský-Krička 1968; 1978);* zvláštna pozornosť bola venovaná jazdeckému hrobu 94 (*Budinský-Krička - Točík 1984*).

Pokiaľ ide o pohrebný rítus, hrobové jamy mali obdĺžnikový a len výnimočne lichobežníkový alebo štvorcový pôdorys. Pochovaní ležali na chrbte vo vystretej polohe s orientáciou V-Z. Pre jazdecké hroby je charakteristické stupňovité hĺbenie jám a opačná orientácia konských kostier (Z-V). Vo veľkom počte hrobov sa zistilo vkladanie zvieracích lebiek a kostí končatín zvierat, v ktorých majú prevahu ovce.

V nálezovom materiáli prevláda keramika - nádoby patriace k podunajskému typu. V kovovom inventári dominujú nože, nachádzajúce sa predovšetkým v mužských hroboch. Početné sú nálezy zbraní. Ich majitelia, jazdci bojovníci, patrili k veľmi dobre vyzbrojeným vojenským družinám v mladšej dobe avarskej v rámci Karpatskej kotliny. Najčastejšou zbraňou jazdca bola železná kopija (22 hrobov), početné zastúpenie majú aj sekery (26 hrobov). Šable (4) sa našli len v jazdeckých hroboch, kým ostatné zbrane patrili aj do inventára nejazdeckých hrobov. Strelky sa objavili v 30 hroboch. Typologicky medzi kopijami nachádzame tvary s listovitým alebo trojuholníkovým hrotom, výnimočným bol dlhý tŕňový hrot kosoštvorcového prierezu. Pri sekerách prevládajú tvary s úzkym ostrím a lalokmi po bokoch ucha. Strelky majú väčšiu typologickú variabilitu, zastúpené sú exempláre so spätnými krídelkami a s tuľajkou alebo tŕňom.

Málo boli zastúpené pracovné nástroje. Unikátny je nález asymetrického železného lemeša, dokladajúci roľníctvo, podobne ako nález železného kosáka.

Z 38 jazdeckých hrobov bol len v 14 opasok s garnitúrou liatych kovaní, predovšetkým z bronzu, výnimočne z bieleho kovu. Tepané kovania v garnitúrach opaskov nie sú. Šperk je zastúpený náušnicami, predovšetkým bronzovými, výnimočne zlatými (hrob 52), náhrdelnými kruhmi a korálikmi najčastejšie zo sklovitej pasty.

Všetky kone v jazdeckých hroboch mali v papuli železné zubadlá, len jeden hrob neobsahoval strmene. Zubadlá majú väčšinou esovite prehnuté alebo rovné bočnice, exempláre bez bočníc sa našli len výnimočne. Strmene sa nachádzali spravidla po dva, sú poloelipsovité, oválne, kruhovité, výnimočne aj trojuholníkové alebo lichobežníkové. Najfrekventovanejšie sú strmene so slučkovým uchom a so stúpadlom vytvoreným ohnutím ramien, menej je strmeňov s rovným stúpadlom. Bežné nálezy z jazdeckých hrobov predstavuje pracka zo sedla.

Slovansko-avarské pohrebisko v Šebastovciach patrilo k strážnej osade nachádzajúcej sa na severovýchodnej periférii avarského kaganátu. Dokladá vysokoorganizovanú spoločnosť, vnútorne diferencovanú. Podľa nálezov možno existenciu pohrebiska datovať do obdobia od druhej tretiny 7. stor. do prelomu 8. a 9. stor.

SPÔSOB ANALÝZY ŽELEZNÝCH PREDMETOV

Inventár hrobov bol bohatý na železné predmety vojenského aj hospodárskeho charakteru. Okrem posúdenia typologických znakov a ich porovnania s podobnými predmetmi z iných nálezo-

---

Predložený príspevok využíva materiál z tohto výskumu.

vých súborov hlavnou informáciou, ktorú predmety môžu poskytnúť, je spôsob ich výroby. Takéto informácie prispievajú k pochopeniu celkovej kultúrnej a ekonomickej úrovne daného osídlenia.

Výskum výroby železných predmetov pozostáva z makroskopického pozorovania, ktoré určuje, akým spôsobom vytvorili kováči daný tvar predmetu, a z metalografickej analýzy, určujúcej, z akého materiálu alebo materiálov bol predmet vyrobený, ako boli polotovary pred výrobou upravené, pri výrobe použité, a konečne, aká bola finálna úprava už hotového výrobku. Výsledky makroskopického pozorovania a metalografickej analýzy sa často vzájomne dopĺňajú. Cennou doplnkovou informáciou pre metalografickú analýzu je určenie chemického zloženia.

Z bohatého inventára hrobov bolo na analýzu vybratých 21 železných predmetov. Výber bol robený tak, aby bol charakteristický pre druhy predmetov prevládajúcich v inventári a aby boli zastúpené tak zbrane, ako aj predmety hospodárskeho charakteru. Zoznam analyzovaných nálezov je na tabele 1.

Po fotografickej dokumentácii bol urobený odber vzoriek. Vzorky sa odoberali rezaním diamantovou pílou tak, aby umožnili štúdium spôsobu konštrukcie predmetov. Z tohto dôvodu boli z väčšiny odobraté dve vzorky. Určité obmedzenie pri výbere vzorkovaného miesta spôsobovala snaha o čo najmenšie poškodenie predmetu a rozsah korózie.

Odobraté vzorky boli zaliate do samotuhnúcej živice a štandardným spôsobom brúsením a leštením bol na nich pripravený metalografický výbrus. Na výbruse v neleptanom stave sa pozorovali a fotograficky dokumentovali nekovové inklúzie, trhliny a iné nespojitosti.

Zloženie nekovových inklúzií pomáha charakterizovať spôsob výroby železa aj železného predmetu. Kujné železo vyrobené v prvotných redukčných pieckach obsahovalo veľké množstvo rozptýlenej, neseparovanej pecnej trosky. Hoci kováči pri výrobe polotovarov podstatnú časť trosky z kovu odstránili, určité množstvo vždy v kove zostalo, a takto vlastne identifikovalo spôsob výroby kovu. Takáto troska je charakteristická obsahom wüstitu Fe_xO a železnatých kremičitanov (*Mihok - Cengel - Wyderko 1987*).

Okrem tohto druhu trosky v protohistorických a stredovekých železných predmetoch sa nachádzajú aj tmavé sklovité inklúzie železnatých kremičitanov. Pôvod takýchto inklúzií je sekundárny, vznikli pri kováčskom zvarovaní. Pri ohreve dvoch konštrukčných prvkov pred zvarením dochádza k oxidácii ich povrchu a ku vzniku okovín na báze Fe_xO. Pretože tieto okoviny by boli zabránili vytvoreniu trvalého zvaru, kováči ich rozpúšťali prídavkom oxidu kremičitého - kremenného piesku $2FeO + SiO_2 = 2FeO.SiO_2$ (*Pleiner 1962*). Vznikol fajalit s nízkou teplotou tavenia, ktorý sa z povrchu zváraných polotovarov odstránil, časť takýchto inklúzií zostala v kove. Pretože kováči pri takomto spracovávaní dali do kontaktu s vrstvou kremenného piesku celý ohrievaný polotovar, nie iba zváranú plochu, kremičitanové inklúzie sa vyskytovali v celom kove, a nielen v mieste zvaru. Sú teda indikáciou kováčskeho zvárania pri výrobe predmetu.

Trhliny a iné necelistvosti v kovovom materiáli môžu mať niekedy príčinu v nedokonalom zvare, a takto vlastne môžu identifikovať jeho miesto. Je samozrejmé, že tento spôsob identifikovania miesta zvaru nemožno zovšeobecňovať a je potrebné ho doplniť ďalšími pozorovaniami. Po skončení pozorovania výbrusov vzoriek v nenaleptanom stave boli potom štruktúry nachádzajúce sa na výbrusoch zviditeľnené leptaním v nitale a fotograficky dokumentované. Na základe výskytu jednotlivých štruktúr možno charakterizovať úpravu polotovarov, spôsob výroby predmetu a jeho finálnu úpravu, teda nauhlíčenie, kalenie, popúšťanie, hlboké kovanie, počet použitých polotovarov.

Po skončení metalografickej analýzy boli vzorky vybraté zo zalievacej živice a niektoré z nich podrobené polokvantitatívnej spektrálnej analýze. Jej výsledky sú na tabele 2.

VÝSLEDKY METALOGRAFICKÝCH ROZBOROV

Výsledky metalografických rozborov sú názorne prezentované na obrázkoch, ktoré sú zostavené tak, aby poskytli úplnú informáciu o všetkých vykonaných rozboroch. V spodnej časti obrázku je umiestnená fotografia analyzovaného predmetu a jeho náčrt s vyznačením miest odberu vzoriek. V hornej časti v strede je znázornený tvar plochy rezu vzorkou, na ktorej bol pripravený metalografický výbrus. Na ľavej strane od znázornenia plochy výbrusu sú dokumentované nekovové inklúzie, zistené na výbruse v neleptanom stave. Na pravej strane od znázornenia plochy výbrusu sú dokumentované jednotlivé štruktúry, zistené na výbruse po naleptaní v nitale. V prípade, že z predmetu

boli odobraté dve vzorky, je fotografia predmetu a schéma s vyznačením vzorkovania len na obrázku analýzy vzorky s indexom "a".

Predmet 1 - železný nôž

Metalografická analýza noža je na obr. 1. Železný nôž mal dĺžku 160 mm, vzhľadom na čiastočnú koróziu najväčšia šírka bola 17 mm. Vzorka bola odobratá tak, aby reprezentovala celý priečny prierez nožom. Tvar priečneho prierezu ukazuje masívnejší chrbát a telo noža a hlboko vykované ostrie.

Na výbruse v neleptanom stave boli zistené primárne inklúzie pecnej trosky aj sekundárne kremičitanové kováčske inklúzie. Sú to malé inklúzie v pomerne veľkom množstve, usporiadané do pásov zasahujúcich celý prierez. Rozbitie inklúzií na menšie častice a ich usporiadanie do pásov naznačuje veľmi intenzívne kovanie pri výrobe finálneho tvaru noža.

Na pravej strane od znázornenia tvaru výbrusu na obr. 1 je osem fotografií štruktúr v naleptanom stave. Takýto vysoký počet fotografií bol vynútený veľmi pozoruhodnými a rozdielnymi štruktúrami na výbruse. Na hrubšej časti prierezu, teda na chrbte a časti tela noža, bola nízkouhlíková feritická štruktúra. Na okraji na chrbte noža bola zistená jemnozrnnejšia feritická štruktúra, znázornená na štvrtej, spodnej fotografii v lavom rade. Táto štruktúra je výsledkom intenzívnejšieho kovania pri tvorbe plochého chrbta. Ďalej v tele noža bola hrubozrnná feritická štruktúra, znázornená na tretej fotografii v lavom rade, ktorá zasahovala asi do polovice prierezu. Od feritickej štruktúry smerom k ostriu bol vytvorený damaskový vzor, ktorý sa pripravil striedavým nakovaním tenkých pásikov nauhlíčeného a nenauhlíčeného železa. Táto jemná kováčska technika, dávajúca predmetu umelecký charakter, je znázornená na druhej fotografii v lavom rade a na všetkých fotografiách v pravom rade. Zaujímavý je aj fakt, že nauhlíčené pásy bližšie k stredu prierezu mali perliticko-feritickú štruktúru a nižší obsah uhlíka než pásy bližšie k ostriu, ktoré mali perlitickú štruktúru. Nenauhlíčené feritické pásy sú na fotografiách biele, nauhlíčené sú šedé a tmavé. Rozbitie inklúzií na malé častice odpovedalo hlbokému kovaniu pri príprave tenkých pásikov vzoru.

Pásy nakovaného vzoru nezasahovali až po ostrie. Blízko ostria bola nie veľmi rozsiahla oblasť nenauhlíčenej feritickej štruktúry, samotné ostrie bolo nauhlíčené a zakalené, čo je dokázané martenzitickou štruktúrou na hornom obrázku v lavom rade. Išlo o lokálne hlboké nauhlíčenie pomerne malej oblasti ostria, pred nauhlíčením bola celá táto oblasť feritická.

Opísaným spôsobom výroby vytvorili kováči umelecký predmet, ktorý však spĺňal náročné úžitkové požiadavky, keďže mal tvrdé, nauhlíčené a zakalené ostrie.

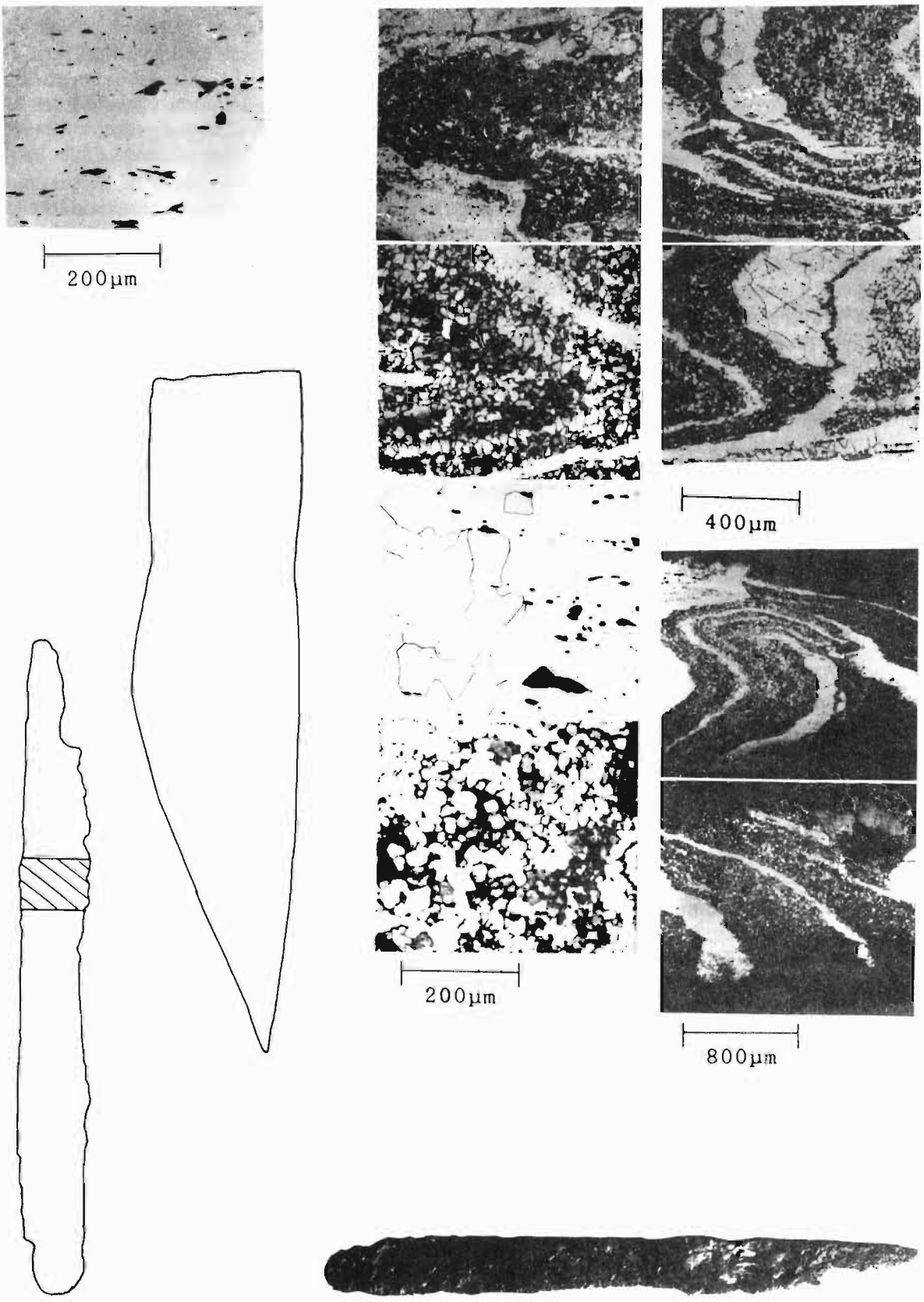
Predmet 2 - železná strela

Metalografická analýza strely je na obr. 2. Na analýzu boli k dispozícii dve strely, jedna s dĺžkou 59 mm, druhá 71 mm. Pretože išlo o veľmi tenké predmety, obidve poškodila rozsiahla korózia. Miesto na analýzu bolo možné vybrať len na jednej strele, odber bol urobený z celého prierezu.

Na výbruse v neleptanom stave boli zistené pásy aj väčšie častice pecnej trosky, sekundárne kováčske inklúzie železnatého kremičitanu sa vyskytovali len veľmi zriedkavo ako samostatné častice. Okrem typických inklúzií pecnej trosky boli na výbruse zistené aj inklúzie, ktoré sú na fotografii na obr. 2 na lavej strane od znázornenia plochy výbrusu. Nie sú to kováčske inklúzie, ale inklúzie trosky s fajalitickým charakterom, v ktorom sú vylúčené veľmi jemné častice wüstitu.

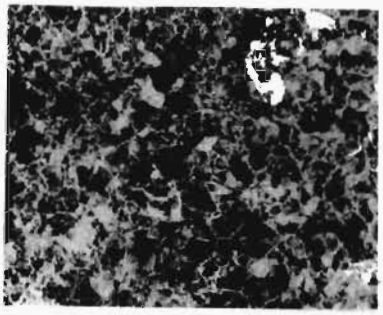
Po naleptaní výbrusu boli zistené na okrajoch priečneho prierezu strelou perlitické až eutektoidné štruktúry, teda v týchto miestach bola strela hlboko nauhlíčená na obsahy uhlíka okolo 0,80 hm. %. Štruktúry po nauhlíčení sú na hornej a dolnej fotografii na pravej strane od znázornenia plochy výbrusu. V strede priečneho prierezu boli len štruktúry feritické alebo mierne nauhlíčené na kontakte s nauhlíčenými miestami. Táto štruktúra je znázornená na strednej fotografii. Typické je jemné zrno feritickej štruktúry, odpovedajúce intenzívnemu tvárneniu kovaním pri výrobe strely.

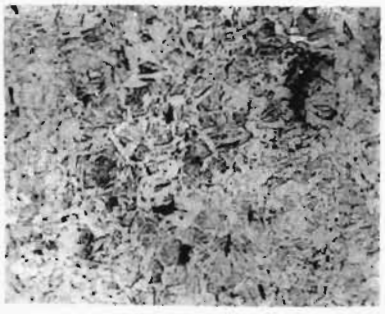
Z metalografických analýz vyplýva, že strela bola vyrobená kovaním z jedného kusa železného polotovaru, zváranie nebolo zistené. Po vytvorení finálneho tvaru boli obidve ostré strany a s najväčšou pravdepodobnosťou aj hrot hlboko nauhlíčené, čím sa dosiahla vysoká tvrdosť týchto častí.

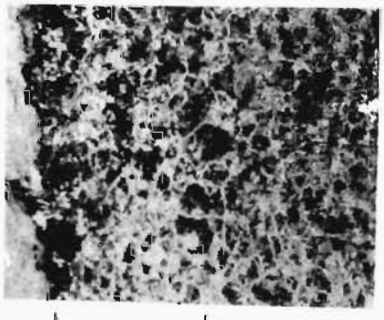


Obr. 1. Šebastovce. Metalografická analýza železného noža, predmet 1.

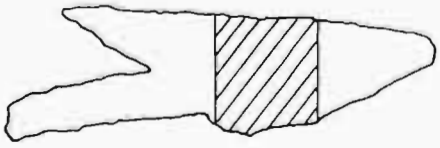
100µm



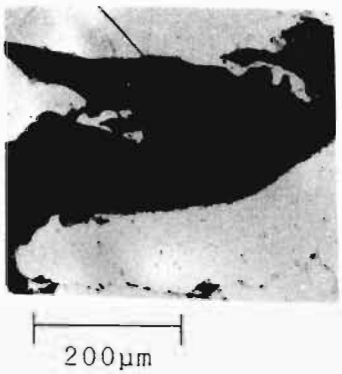


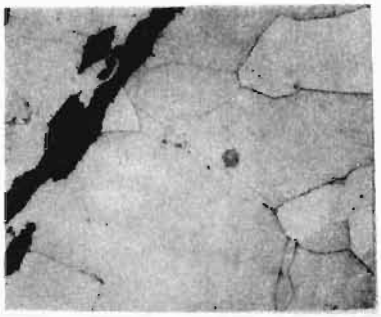


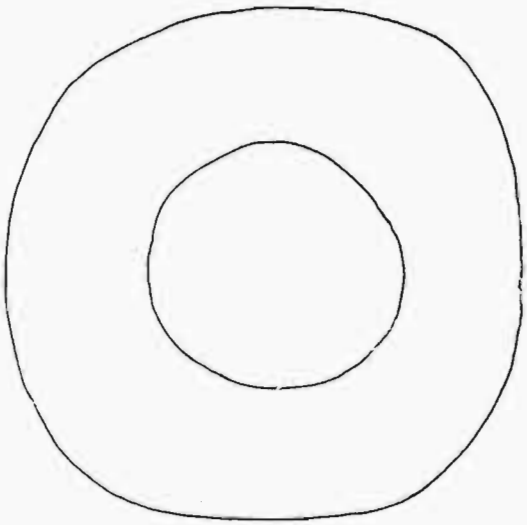
200µm

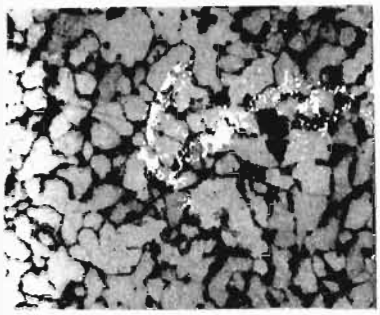


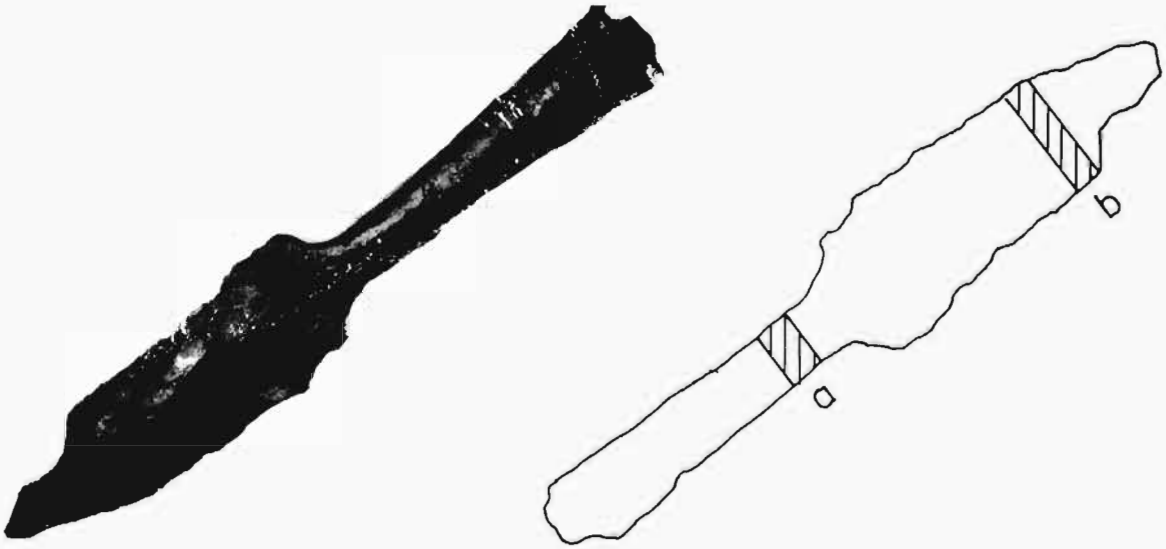
Obr. 2. Ščbastovce. Metalografická analýza železnej strely, predmet 2.







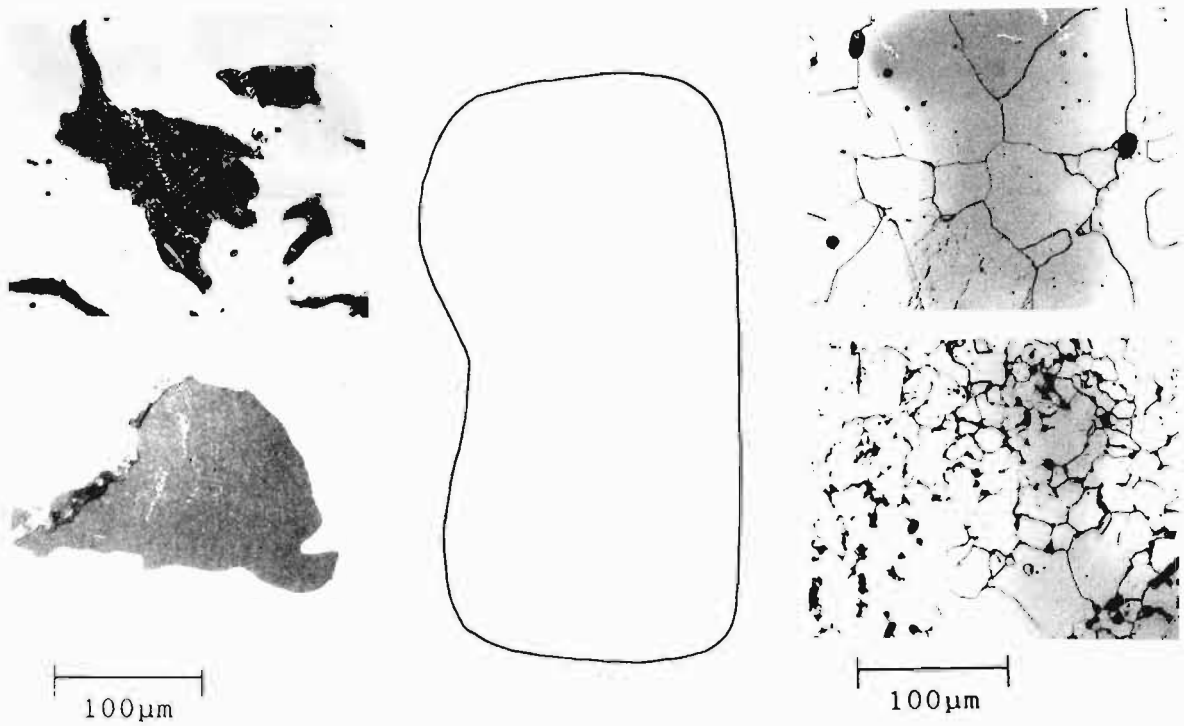




Obr. 3. Šebastovce. Metalografická analýza železnej kopije, predmet 3, vzorka a.

Predmet 3 - železná kopija

Metalografická analýza vzorky odobratej z drieku kopije je na obr. 3 a vzorky odobratej z hrotu na obr. 4. Kopija bola 241 mm dlhá, na hrote poškodená koróziou.

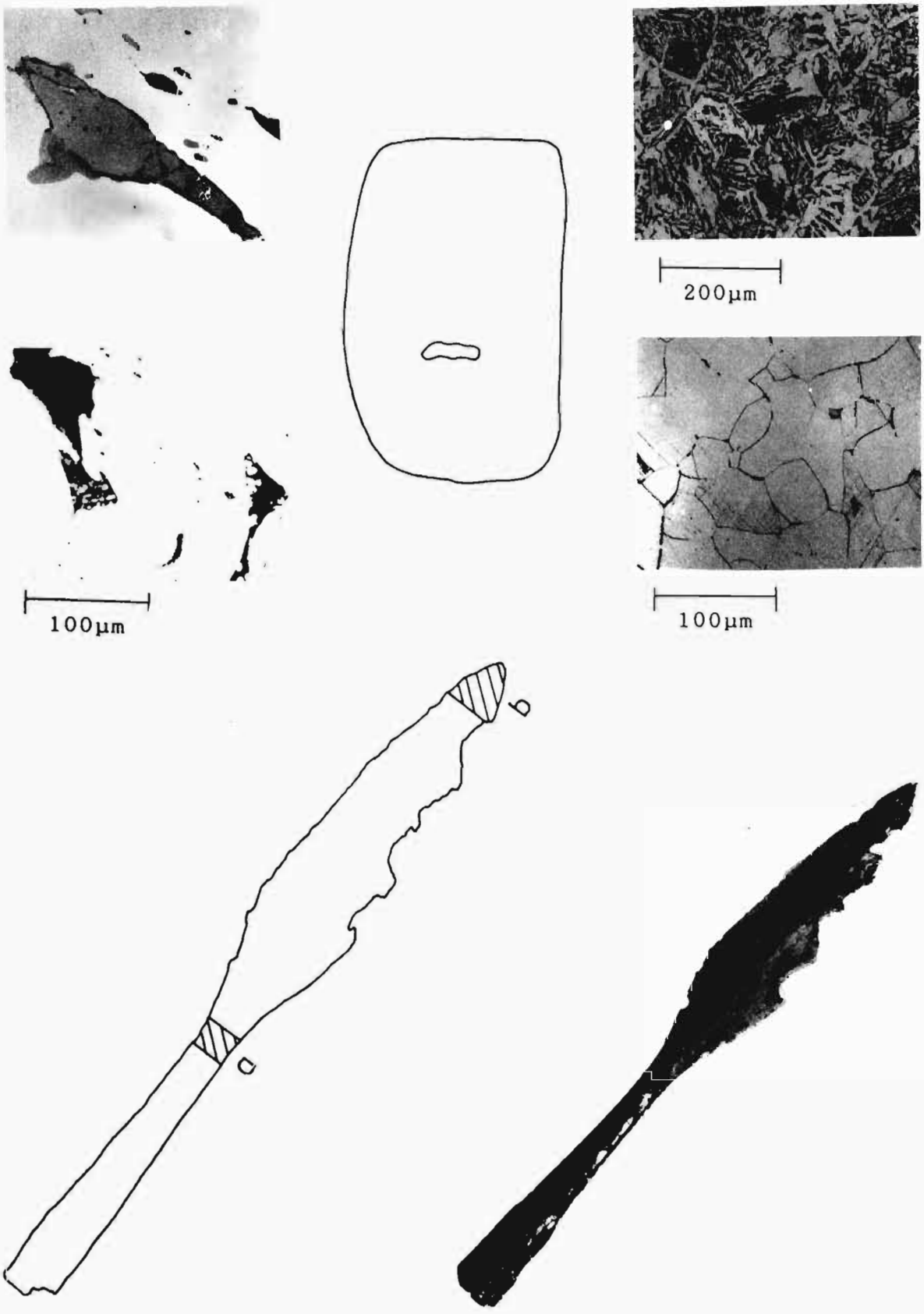


Obr. 4. Šebastovce. Metalografická analýza železnej kopije, predmet 3, vzorka b.

Vzorka mala tvar prstenca. Na priečnom priereze boli viditeľné dva veľmi nedokonalé zvary, okolo nich vznikli rozsiahle korózne oblasti. Korózne inklúzie FeO boli však zistené v kovovom materiáli aj mimo miest zvarov. Na výbruse neboli prítomné inklúzie pecnej trosky, len kremičitanové kováčske inklúzie, jedna z nich je zobrazená na fotografii na ľavej strane. Použitie dvoch polotovarov na výrobu drieku kopije bolo potvrdené aj štruktúrami po naleptaní. Jeden z polotovarov mal nízkouhlíkovú hrubozrnnú feritickú štruktúru, znázornenú na hornej fotografii na pravej strane. Druhý z polotovarov mal síce tiež nízkouhlíkovú feritickú štruktúru, ale s jemnejším zrnom a určitým malým podielom perlitu.

Vzorka odobratá z hrotu kopije je na obr. 4. Ako vidno zo schémy odberu na obr. 3, ani táto vzorka nereprezentovala úplne hrot kopije, ktorý bol skorodovaný a na analýzu nevhodný. Celý prierez, husto posiaty inklúziami pecnej trosky, je znázornený na fotografiách na ľavej strane. Žiadne kremičitanové kováčske inklúzie neboli na výbruse zistené. Po naleptaní boli na výbruse objavené len nízkouhlíkové feritické štruktúry, väčšinou hrubozrnné, len na jednom mieste sa vyskytla aj jemnozrnnejšia štruktúra, zrejme výsledok lokálneho tvárnenia. Možno predpokladať, že v tomto vzorkovanom mieste bol list kopije vyrobený z jedného kusa polotovaru, zváranie nebolo zistené. V týchto miestach by bolo možné očakávať nauhlíčené, prípadne aj zákalné štruktúry, ktoré by dali požadovanú tvrdosť hrotu, nezistili sa však. Je síce možné, že hrot, ktorý pre koróziu nebol vzorkovaný, mohol byť nauhlíčený, ale toto nauhlíčenie by bolo čiastočne badateľné aj na analyzovanej vzorke.

Vyššie opísané metalografické analýzy naznačujú hrubú kováčsku prácu pri výrobe kopije, výsledkom ktorej neboli požadované vlastnosti tohto predmetu. Kopija bola nekvalitne zvarená z niekoľkých kúskov nízkouhlíkových polotovarov, ani pretvárnenie železa v oblasti listu nebolo veľké. Pretože v oblasti listu a hrotu sa nezistilo nauhlíčenie, tieto časti boli mäkké, na vojenské alebo lovecké použitie nie veľmi vhodné. Možno predpokladať, že výroba nebola skončená, alebo že tento predmet bol vyrobený len na účely pohrebného rítu.



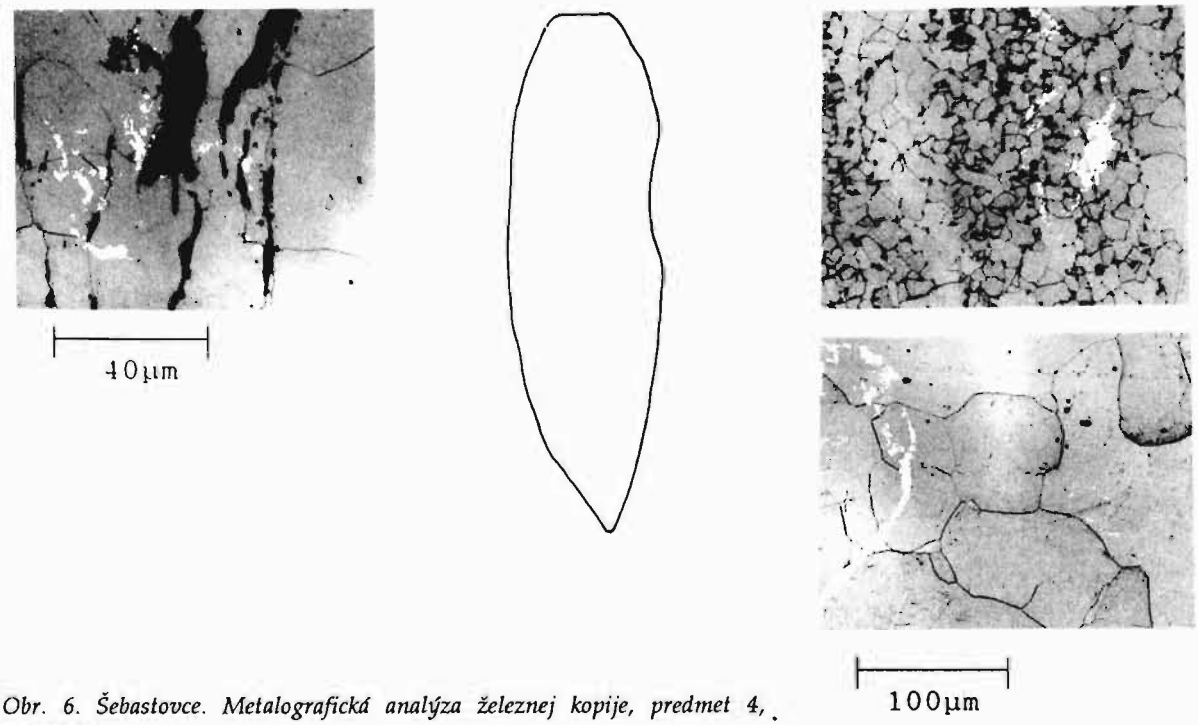
Obr. 5. Šebastovce. Metalografická analýza železnej kopije, predmet 4, vzorka a.

Predmet 4 - železná kopija

Podobne ako z predmetu 3 boli z kopije odobraté dve vzorky, jedna z drieku, druhá z hrotu. Kopija mala dĺžku 314 mm, na liste bola poškodená koróziou.

Vzorka z drieku je na obr. 5. Bola odobratá tesne pred začiatkom listu, preto nemala typický tvar prstenca, iba malý otvor v strede. Na výbruse v neleptanom stave bolo zistené veľké množstvo kóroznych splodín, ktoré sú znázornené na hornej fotografii na lavej strane. Tieto inklúzie sa vyskytovali hlavne v miestach zvaru. Na výbruse bol pás pecných troskových inklúzií, znázornený na spodnej fotografii na lavej strane, a niekolko ojedinelých kováčskych kremičitanových inklúzií. Po naleptaní bola zistená prakticky na celom priereze len hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra, iba na jednom mieste blízko stredového otvoru bola štruktúra s vyšším obsahom uhlíka okolo 0,20 až 0,30 % vo forme widmanstättenových štruktúr (horná fotografia na pravej strane). Táto štruktúra mohla vzniknúť lokálnym nauhlíčením pri spracovávaní polotovaru, ale skôr to bolo miesto nauhlíčené priamo v železnom výťažku (*Mihok - Miroššayová 1993).*

Vzorka odobratá z hrotu kopije je na obr. 6. Na nenaleptanom výbruse boli zistené len inklúzie pecnej trosky, ktoré by naznačovali použitie zvárania, na výbruse chýbali. Po naleptaní bol na celom



Obr. 6. Šebastovce. Metalografická analýza železnej kopije, predmet 4, vzorka b.

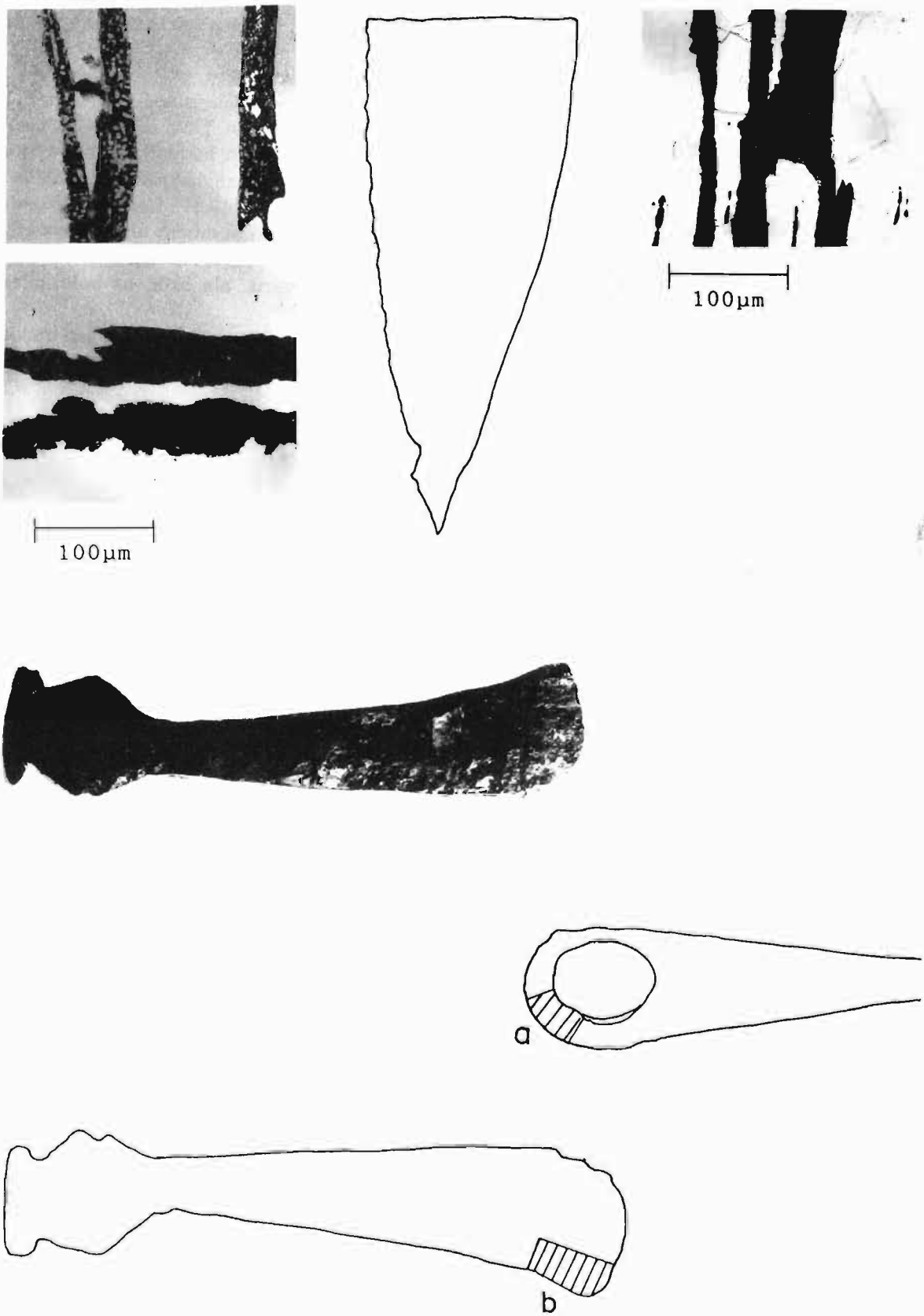
priereze zistený len hrubozrnný ferit, iba v úzkom páse v strede prierezu bol ferit jemnozrnnejší s menším množstvom perlitu, teda s vyšším obsahom uhlíka (horná fotografia na pravej strane). Tento pás však v žiadnom prípade nemohol dať požadovanú tvrdosť hrotu alebo listu kopije, hlavne preto, lebo na ostrí bol mäkký hrubozrnný ferit.

Táto kopija bola konštruovaná prakticky úplne rovnako ako kopija - predmet č. 3 a nemohla spĺňať požiadavky kladené na ňu ako na zbraň alebo lovecký nástroj. Rovnaký spôsob konštrukcie obidvoch kopijí však značí, že nešlo o náhodnú nekvalitnú výrobu, ale tento spôsob bol zámerný.

Predmet 5 - železná sekera

Sekera mala dĺžku 150 mm a bola nezvyčajne tenká, najväčšia šírka v oblasti ostria dosiahla 30 mm. Mohla byť používaná na jemnejšie práce pri výrobe drevených predmetov. Vzorky na metalografickú analýzu boli odobraté z dvoch miest, z tulajky a ostria.

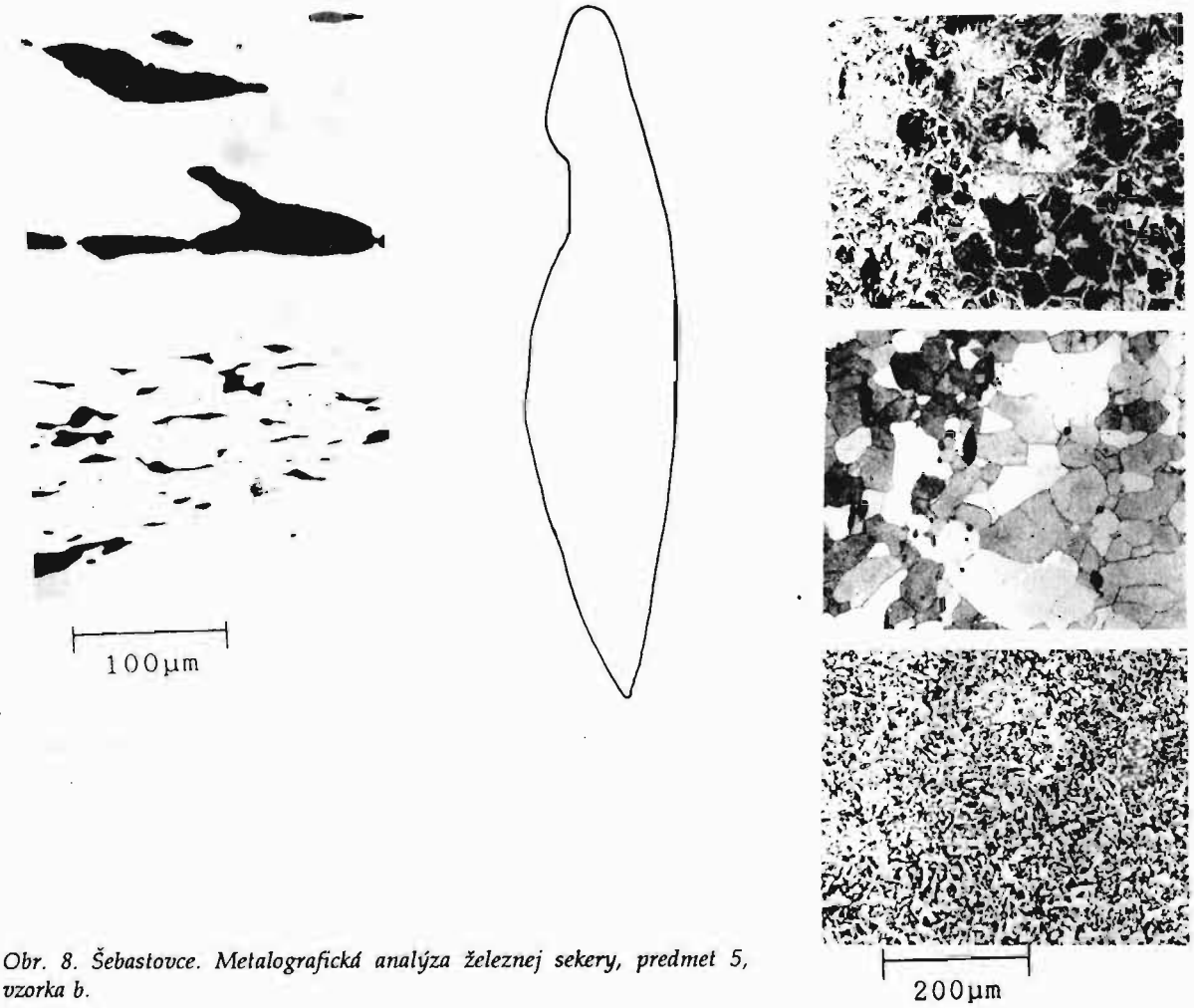
Vzorka z tulajky je na obr. 7. Na výbruse v nenaleptanom stave bolo zistené veľké množstvo inklúzií pecnej trosky, väčšinou vo forme pásov, ktoré vznikli pri tvárnení tejto časti sekery. Tvárnenie však nebolo také intenzívne, aby sa tieto pásy rozbili na menšie inklúzie. Pásy inklúzií sú na



Obr. 7. Šebastovce. Metalografická analýza železnej sekery, predmet 5, vzorka a.

fotografiách na lavej strane. Po naleptaní bola na výbruse zistená len hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra. Takýto mäkký a húževnatý materiál bol na tuľajku vhodný.

Vzorka odobratá z oblasti ostria je na obr. 8. Na výbruse v nenaleptanom stave bolo zistené veľké množstvo nekovových inklúzií obidvoch druhov, t. j. pecnej trosky a inklúzií železnatých kremičitanov z pridaného kremenného piesku. Inklúzie pecnej trosky sú na hornej fotografii vľavo od



Obr. 8. Šebastovce. Metalografická analýza železnej sekery, predmet 5, vzorka b.

znázornenia plochy výbrusu, inklúzie kremičitanov na spodnej fotografii. Typické pre ne bolo, že sa vyskytovali v pásoch, ktoré vznikli deformáciou pri kovaní. Prítomnosť takýchto inklúzií naznačuje, že železo na výrobu sekery bolo vytavené v malej redukčnej piecke a že v oblasti ostria bol urobený zvar.

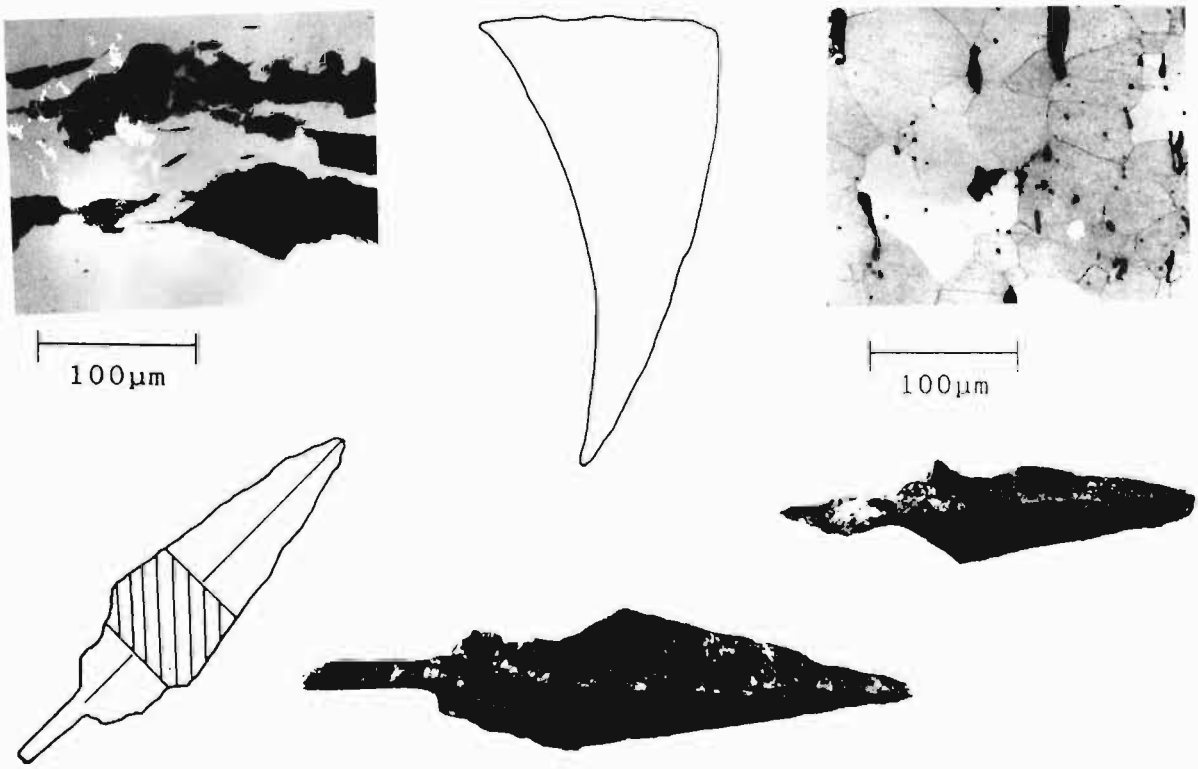
Po naleptaní sa zistilo, že ostrie sekery bolo nauhlíčené, čím získalo dostatočnú tvrdosť. Nižšie pod ostrím boli na výbruse dve štruktúry, hrubozrnnejšia feritická s nízkym obsahom uhlíka a jemnozrnná feriticko-perlitická s trochu vyšším obsahom uhlíka. Nauhlíčená oblasť ostria prechádzala do týchto štruktúr cez widmanstättenove štruktúry. Nauhlíčená štruktúra ostria je na hornej fotografii na pravej strane, hrubozrnná feritická štruktúra na strednej fotografii a jemnozrnná feriticko-perlitická štruktúra na spodnej fotografii. Z rozloženia štruktúr vyplýva, že táto časť sekery bola vyrobená nakovaním dvoch polotovarov a potom v mieste ostria lokálne nauhlíčená.

Tento spôsob výroby sekery nasvedčuje na bežnú, štandardne používanú techniku. Sekera mala výborné úžitkové vlastnosti, na ostrí bola tvrdá, nenauhlíčené štruktúry v tele jej dávali húževnatý charakter.

Predmet 6 - železná strela

Na metalografickú analýzu boli k dispozícii dve strely, jedna mala dĺžku 86 mm, druhá 59 mm. Vzhľadom na veľmi korózny stav bolo možné odobrať z nich len jednu vzorku z hrubšej strely a ani táto vzorka nezasahovala do oblasti hrotu.

Metalografická analýza vzorky je na obr. 9. Na výbruse pred naleptaním bolo zistené extrémne vysoké množstvo inklúzií pecnej trosky, väčšina z nich mala čisto fajalitický charakter. Kováčske inklúzie na výbruse neboli objavené, čo vylučuje zvar v danom mieste. Po naleptaní bola na výbruse zistená len hrubozrnná feritická štruktúra s nízkym obsahom uhlíka, znázornená na fotografii na pravej strane. Ak by strela bola vyrobená z takého nízkouhlíkového materiálu, jej vlastnosti potrebné na vojenské alebo lovecké použitie by neboli najlepšie. Vzorka však necharakterizuje hrot, teda nauhlíčenie v tomto mieste nie je možné vylúčiť. Podobným spôsobom odobratá vzorka zo strely - predmetu 2 však ukázala aj hlboké nauhlíčenie bočných hrán, čo v tomto prípade zistené nebolo.



Obr. 9. Šebastovce. Metalografická analýza železnej strely, predmet 6.

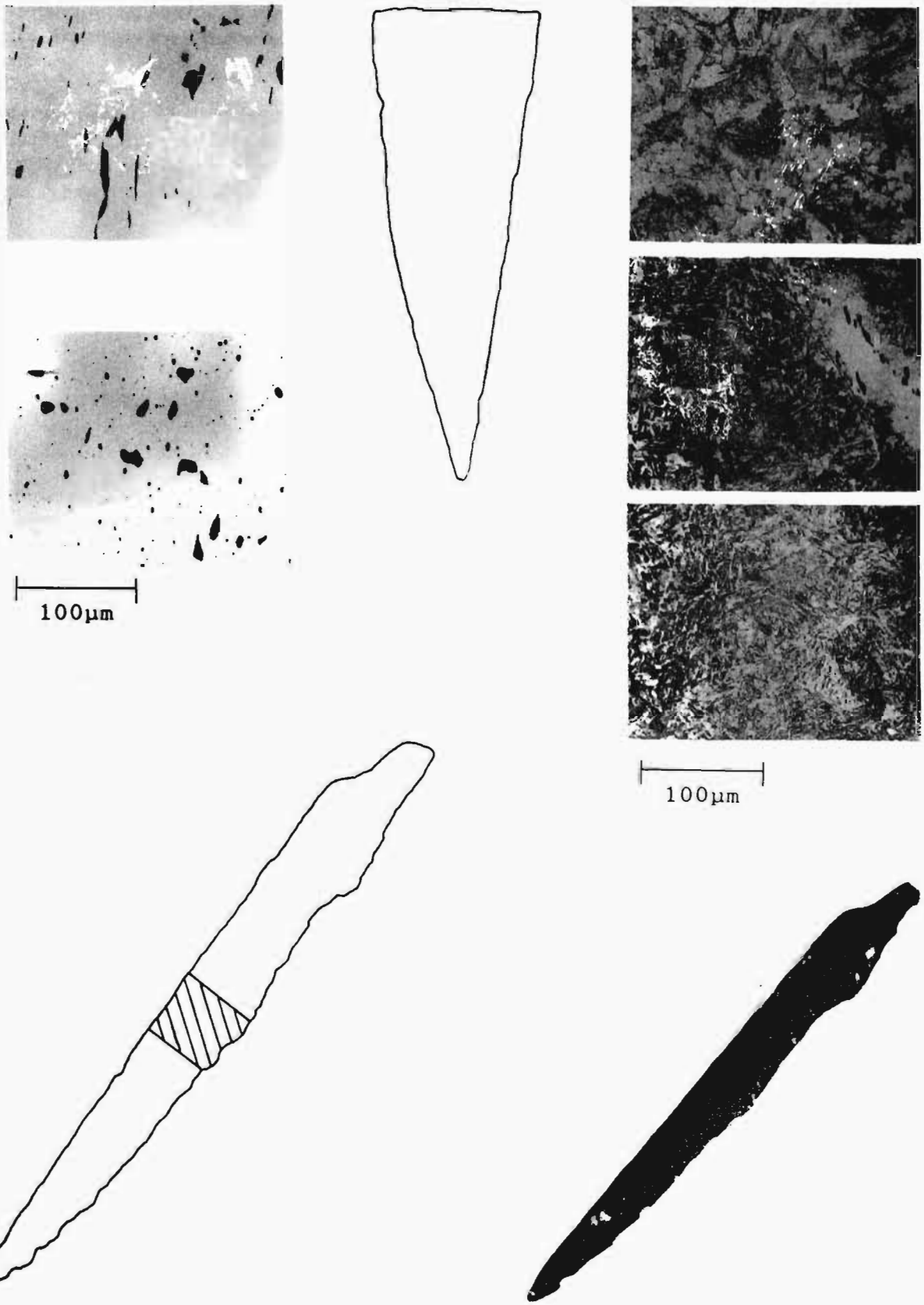
Predmet 7 - železný nôž

Nôž, dlhý 170 mm, bol vzorkovaný priečnym rezom, teda vzorka reprezentovala chrbát, stred aj ostrie. Z ostria, dosť poškodeného koróziou, bola vzorka odobratá na relatívne lepšie zachovanom mieste.

Metalografická analýza vzorky je na obr. 10. Na výbruse v nenaleptanom stave bolo zistené veľké množstvo inklúzií. Tieto inklúzie boli na výbruse neusporiadane rozmiestnené a pri kovaní rozdrobené na menšie častice. Obidva druhy inklúzií sú na fotografiách na ľavej strane od znázornenia tvaru výbrusu.

Po naleptaní bolo zistené, že na výbruse dominovala martenzitická štruktúra, teda štruktúra, ktorá vznikla kalením. Na výbruse boli aj malé miesta s nenauhlíčenou feritickou štruktúrou, za trhlinou v strede prierezu sa objavila aj väčšia oblasť feritickej alebo mierne nauhlíčenej feriticko-perlitickej štruktúry. Možno predpokladať blokujúci vplyv trhliny pri postupe nauhlíčenia. Martenzitické štruktúry sú na všetkých troch fotografiách na pravej strane.

Z metalografických analýz vyplýva, že nôž bol vyrobený z dvoch alebo viacerých polotovarov, potom kovaním dostal konečnú formu. V takom stave bol celý nôž nauhlíčený a zakalený. Nauhlí-

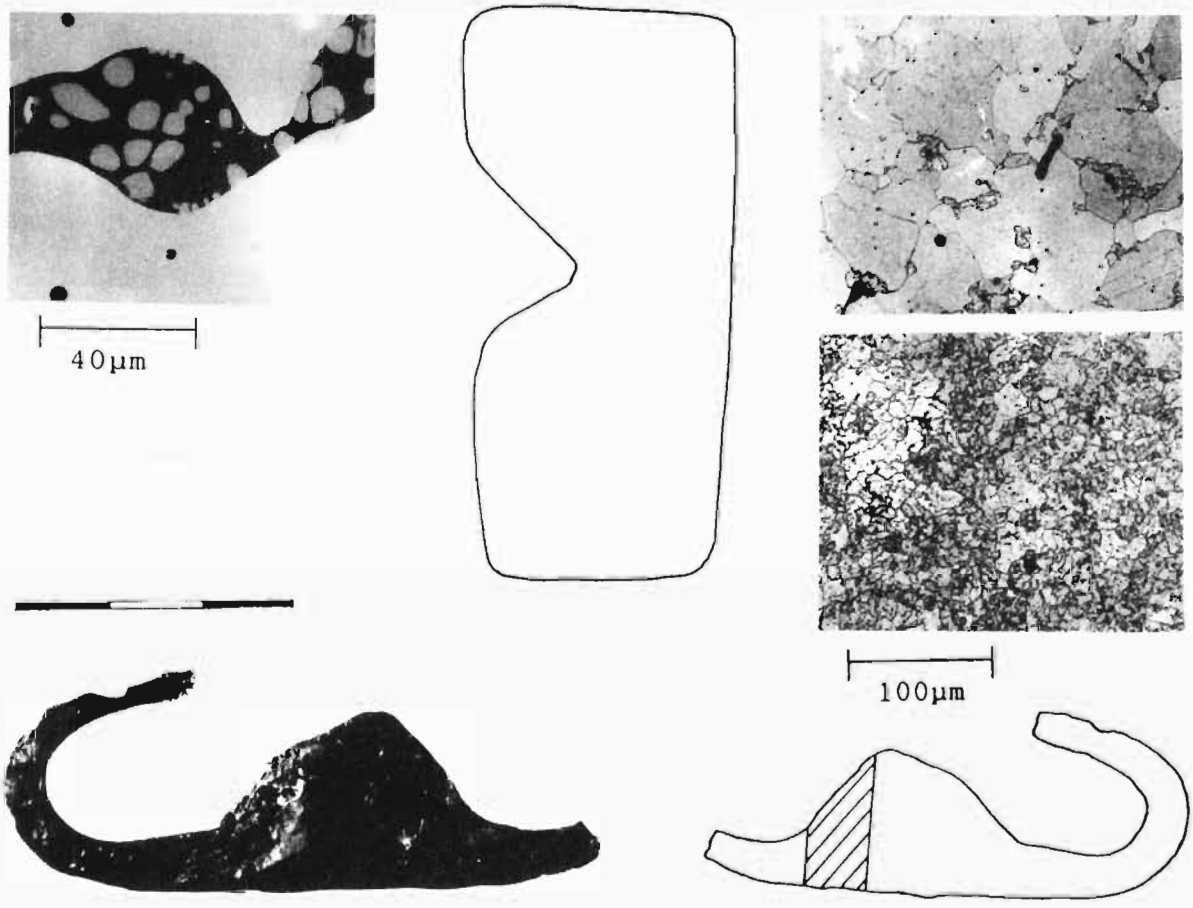


Obr. 10. Šebastovce. Metalografická analýza železného noža, predmet 7.

čenie noža nebolo rovnomerné, tým aj distribúcia martenzitickej štruktúry nebola na celom priereze rovnomerná. Martenzitická štruktúra dodala nožu vysokú tvrdosť a vhodné úžitkové vlastnosti.

Predmet 8 - železné kresadlo

Tento zlomok, dlhý 64 mm, bol vzorkovaný priečnym rezom. Metalografická analýza vzorky je na obr. 11. V nenaleptanom stave boli na výbruse zistené obidva druhy inklúzií. Príklad inklúzie pecnej trosky, kde sú veľmi dobre viditeľné zrná wüstitu vo fajalite, je na fotografii na ľavej strane od znázornenia plochy výbrusu. Kováčske inklúzie sa vyskytovali len vo forme tenších dlhých častíc a bolo ich relatívne málo.



Obr. 11. Šebastovce. Metalografická analýza železného kresadla, predmet 8.

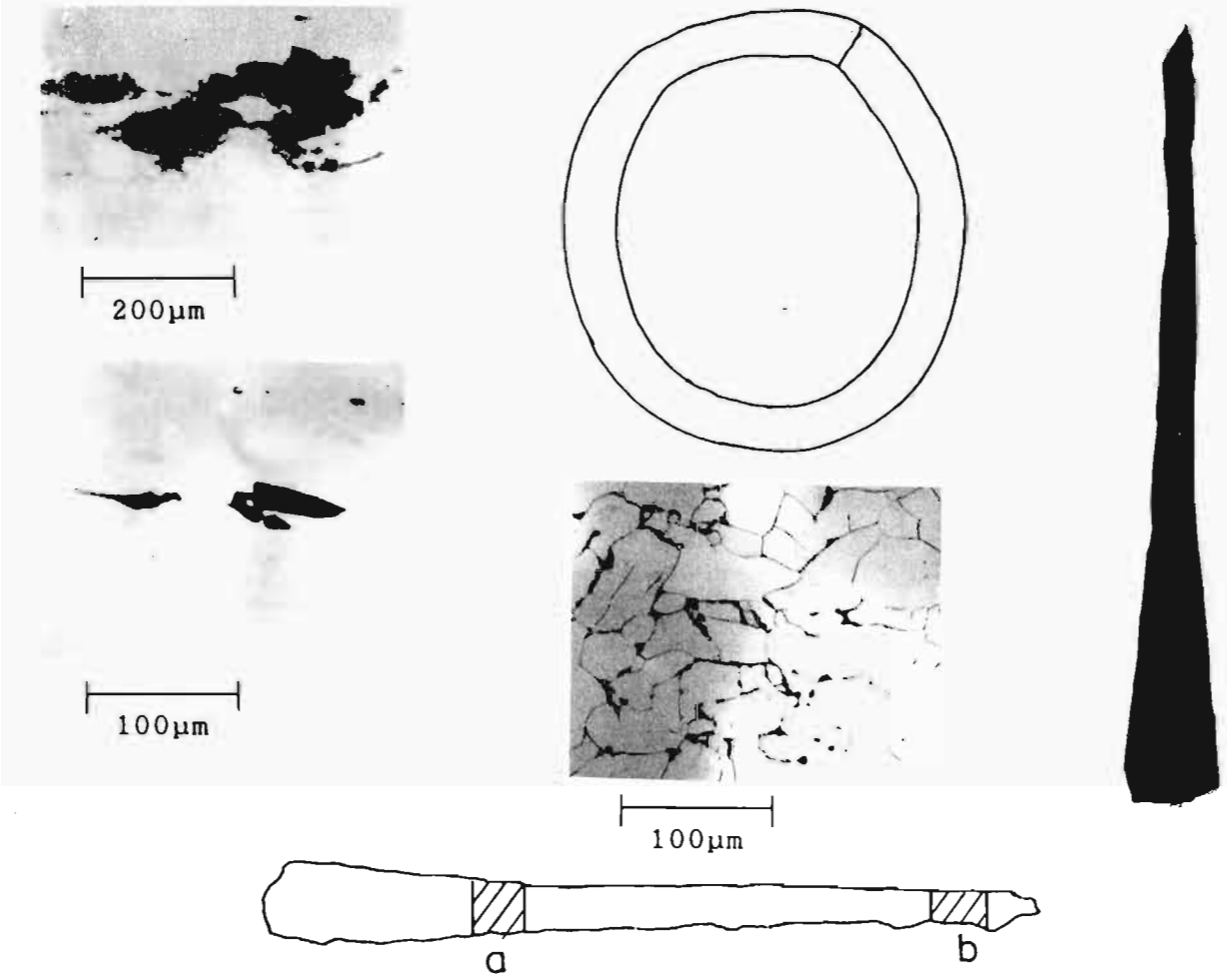
Po naleptaní bol na jednej časti výbrusu až po zúžené miesto zistený len hrubozrnný ferit, teda mäkké železo s nízkym obsahom uhlíka. Na druhej časti bola dosť jemnozrnná nauhlíčená bainitická štruktúra, ktorá vznikla po vyžíhaní takto upraveného predmetu a po rýchlejšom ochladení, ale nie kalení.

Aj pri tomto predmete metalografická analýza ukázala na dobrú kováčsku techniku a znalosť vlastností použitých materiálov. Húževnatá a mäkká feritická štruktúra bola na telo kresadla vhodná. Pracovná časť získala nauhlíčením a rýchlejším ochladením dostatočnú tvrdosť na úspešné používanie.

Predmet 9 - železná kopija

Táto kopija mala iný tvar než dve skôr opísané kopije - predmety 3 a 4. Driek kopije v tomto prípade neprechádzal do listu, ale zužoval sa do hrotu. Zužujúca sa časť od miesta, kde už netvorila prstenec, bola štvorhranná. Hrot chýbal. Celá kopija mala dĺžku 240 mm a bola vzorkovaná priečnymi rezmi v oblasti prstencovitého drieku a pred hrotom.

Metalografická analýza vzorky odobratej z drieku je na obr. 12. Na nenaleptanom výbruse boli zistené inklúzie pecnej trosky aj kremičitanové kováčske inklúzie. Obidva druhy, usporiadané do



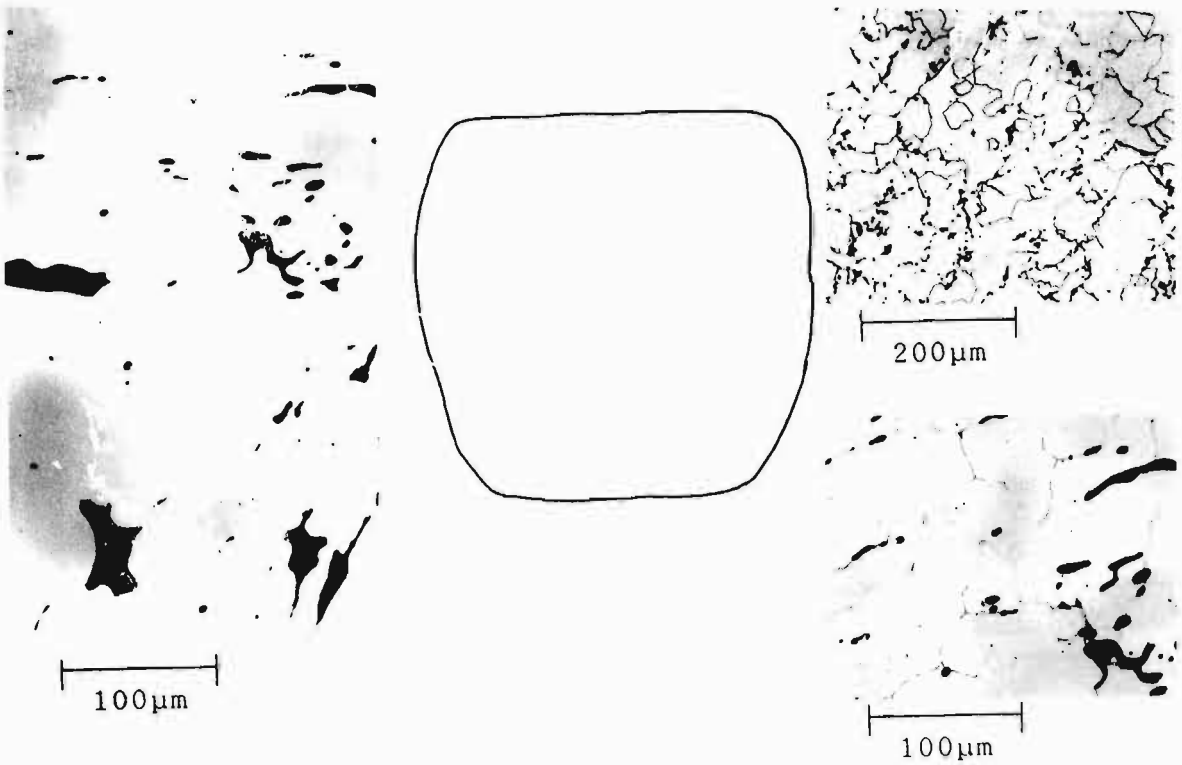
Obr. 12. Šebastovce. Metalografická analýza železnej kopije, predmet 9, vzorka a.

pásov pri spracovávaní polotovarov, sú znázornené na fotografiách na ľavej strane. Po naleptaní bola na celom priereze zistená hrubozrnná feritická štruktúra, len v strede prstenca sa našlo niekoľko miest so zvýšeným obsahom perlitu, ako ukazuje fotografia na pravej strane.

Metalografická analýza vzorky odobratej z oblasti pri hrote je na obr. 13. Podobne ako vo vzorke z drieku kopije aj tu boli v nenaleptanom stave zistené inklúzie pecnej trosky aj kremičitanové kováčske inklúzie, len v tomto prípade neboli usporiadané do riadkov. Tieto druhy inklúzií sú znázornené na fotografiách na ľavej strane.

Po naleptaní boli na výbruse zistené dva druhy štruktúr. Prevládala hrubozrnná nenauhlíčená feritická štruktúra, ako je znázornená na dolnej fotografii na pravej strane. Do tejto štruktúry však zasahovali vždy od okraja miesta s feriticko-perlitickou štruktúrou, ako vidieť na hornej fotografii na pravej strane. Je pravdepodobné, že tieto miesta so zvýšeným obsahom uhlíka zasahovali do tejto oblasti z nauhlíčeného hrotu. Pretože tieto nauhlíčené miesta sa začínali vždy na povrchu, možno predpokladať, že hrot kopije a povrch v okolí hrotu boli nauhlíčené.

Z metalografických analýz vzoriek z kopije vyplýva, že celá bola vyrobená z nenauhlíčených polotovarov z kujného železa. Takáto konštrukcia dala kopiji húževnatosť, hrot bol potom vytvrdený nauhlíčením. Tento spôsob výroby bol pre charakter použitia daného predmetu vhodný.



Obr. 13. Šebastovce. Metalografická analýza železnej kopije, predmet 9, vzorka b.

Predmet 10 - železný strmeň

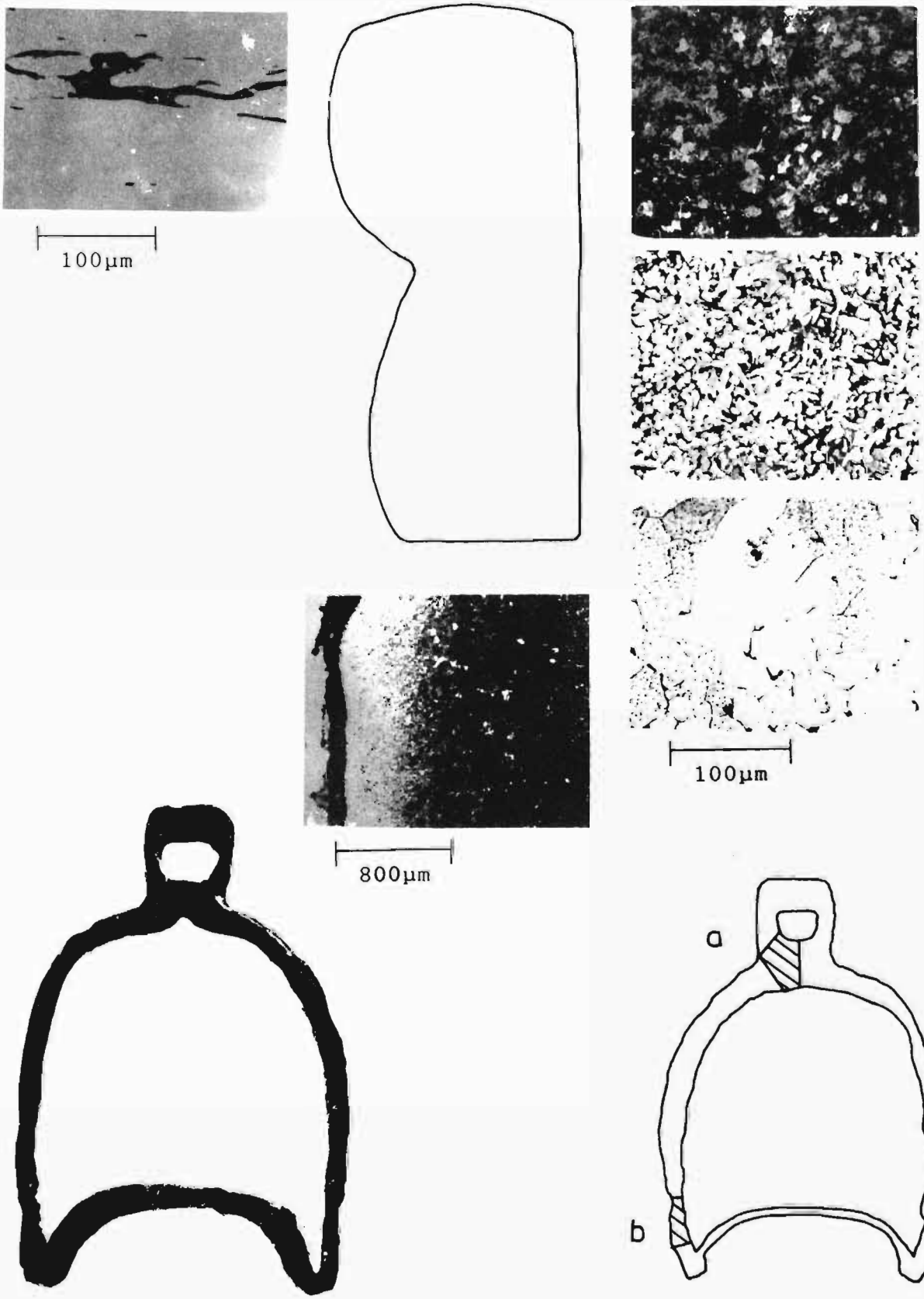
Tento predmet bol vyrobený formovaním a zvarením polotovarov - železných prútov. Dĺžka strmeňa bola 163 mm. Jedna vzorka bola odobratá z oblasti oka v mieste, kde bol urobený zvar, druhá z ramena.

Metalografická analýza vzorky odobratej z oka strmeňa je na obr. 14. Na výbruse v nenaleptanom stave boli zistené len sekundárne kováčske inklúzie, usporiadané do pásov, znázornené na fotografii na ľavej strane od ukážky tvaru výbrusu. Okrem nich bolo na výbruse mnoho pásov oxidov FeO, ktoré mohli vzniknúť v mieste alebo v okolí zvarov.

Po naleptaní boli na výbruse zistené tri rozdielne štruktúry, zreteľne oddelené a vytvárajúce pásy po celej dĺžke. Štruktúra, ktorá tvorila pás vedľa zúženého miesta, bola hrubozrnná feritická, znázornená je na spodnej fotografii na pravej strane. Medzi týmto pásom a stredovým, ktorý mal jemnozrnnú feriticko-perlitickú štruktúru s vyšším obsahom uhlíka a je znázornený na strednej fotografii na pravej strane, bol výrazný oxidický pás, vyznačujúci miesto zvaru. Tretí pás, zobrazený na hornej fotografii na pravej strane, mal nauhlíčenú perlitickú štruktúru so sekundárnymi ihlicami cementitu, teda s obsahom uhlíka nad 0,80 hm. %. Toto rozloženie štruktúr je znázornené pri malom zväčšení na fotografii pod zobrazením plochy výbrusu.

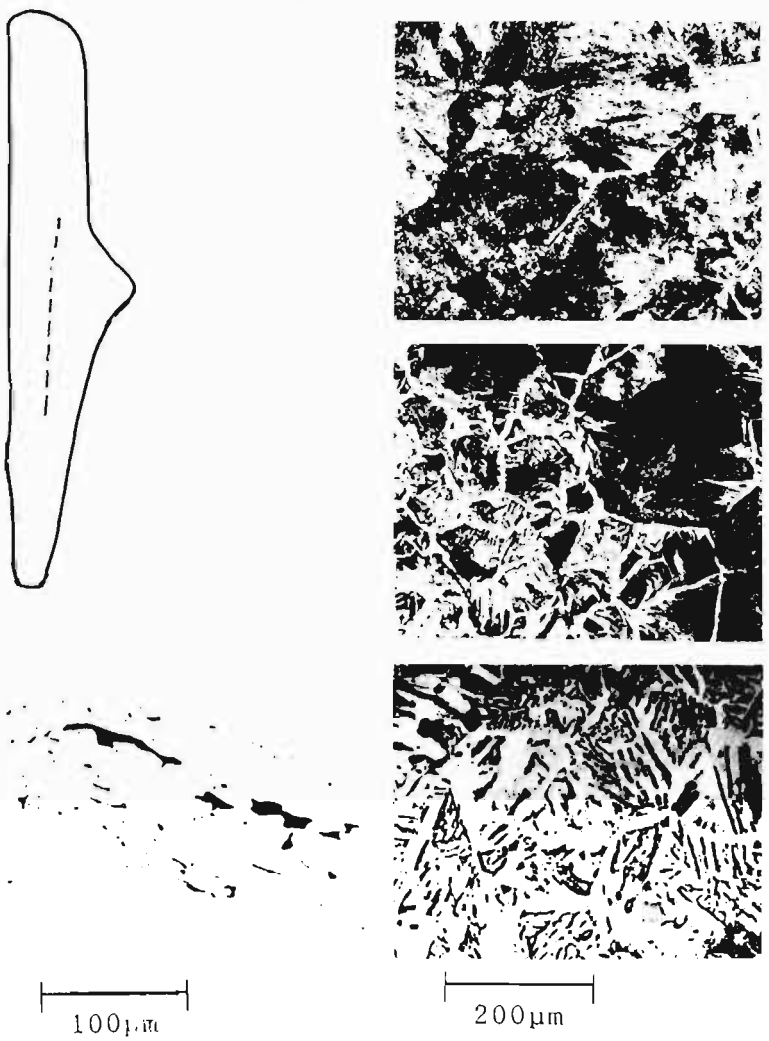
Metalografická analýza vzorky odobratej z ramena strmeňa je na obr. 15. Na výbruse v nenaleptanom stave boli zistené inklúzie pecnej trosky aj kováčske kremičitanové inklúzie, usporiadané do pásov, ako je znázornené na fotografii na ľavej strane. Na ploche výbrusu je zakreslená trhlina - nespojitosť, vyplnená kováčskymi kremičitanovými inklúziami. Táto nespojitosť jasne vyznačuje miesto zvaru.

Vyššie podané zistenie bolo potvrdené štruktúrami po naleptaní. Dva rozdielne druhy štruktúr pochádzali z dvoch navarených polotovarov. Jedna štruktúra zasahovala od tenšieho konca až do stredu plochy výbrusu a bola z jednej strany ohraničená opísanou necelistvosťou, vytvárala vlastne tvar hrotu do stredu výbrusu, ktorý sa smerom k spodnej strane rozširoval. Táto štruktúra bola feriticko-perlitická, miestami s widmanstättenovými štruktúrami, ako je znázornené na spodnej fotografii na pravej strane. Okolo nej až po hornú stranu plochy výbrusu bola hlboko nauhlíčená perlitická štruktúra, zobrazená na hornej a strednej fotografii na pravej strane.



Obr. 14. Šebastovce. Metalografická analýza železného strmeňa, predmet 10, vzorka a.

Na základe výsledkov metalografických analýz strmeň nepôsobí dojmom starostlivo a kvalitne vyrobeného predmetu. Na účely použitia bolo možné strmeň vyrobiť z mäkšieho a húževnatého nenauhlíčeného železa, prípadné mierne zvýšenie obsahu uhlíka a tvrdosti by bolo jeho kvalite prospešné. V tomto prípade bol však strmeň vyrobený nakovaním kratších železných prútov, ktoré mali rozdielnu štruktúru. Takéto nesystematické nakovanie prútov nebolo prostriedkom na dosiahnutie vysokej kvality strmeňa. Skôr to vzbudzuje dojem, že na výrobu strmeňa bol použitý zvyškový materiál. Nízku úroveň práce potvrdzuje aj zlá kvalita zvarov.



Obr. 15. Šebastovce. Metalografická analýza železného strmeňa, predmet 10, vzorka b.

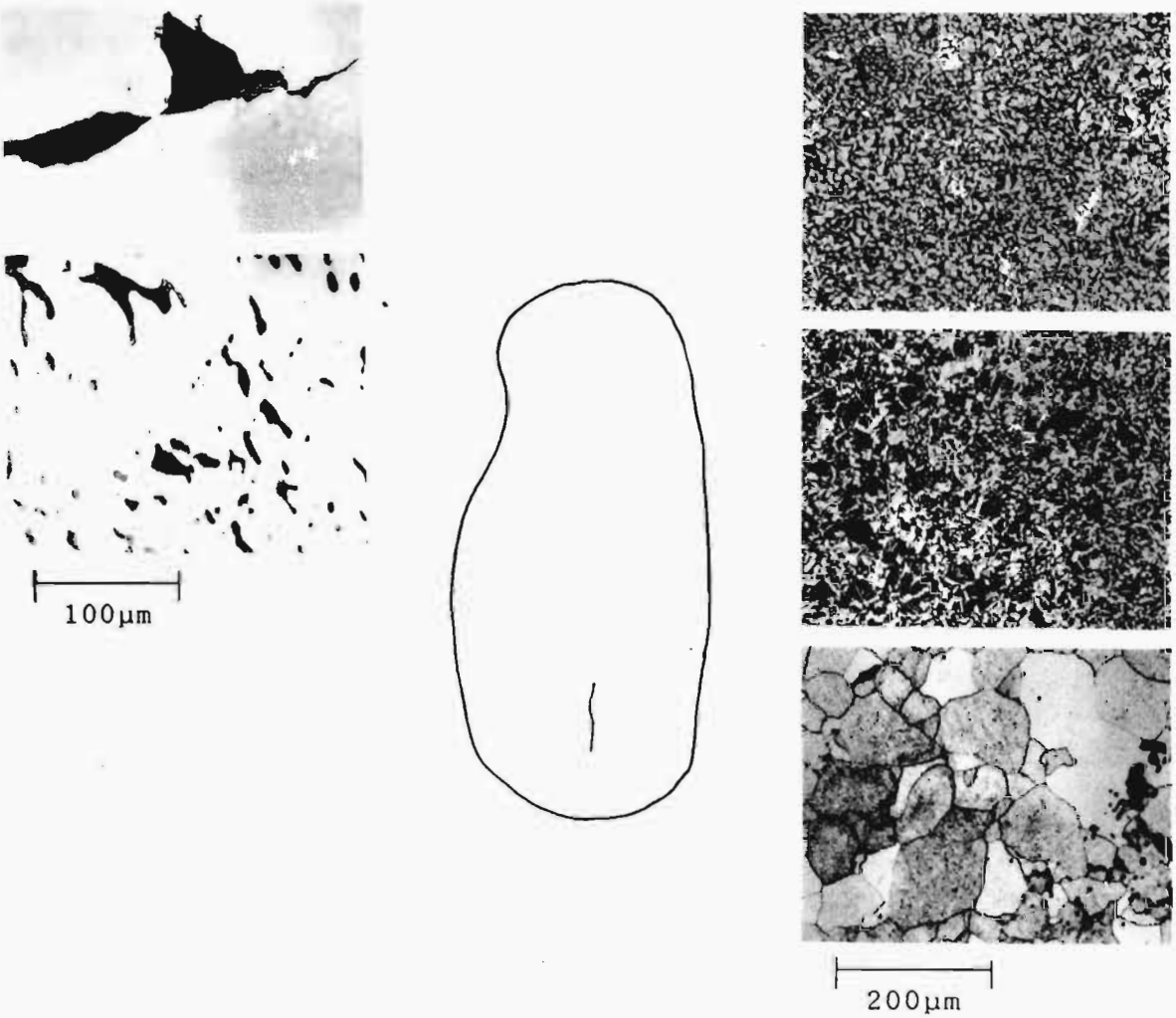
Predmet 11 - železný strmeň

Strmeň bol vyrobený nakovaním železných prútov. Na rozdiel od predmetu 10 bol zvar v mieste oka strmeňa rozpojený, oko bolo odlomené. Strmeň mal dĺžku 159 mm. Jedna vzorka bola odobratá z konca odlomeného oka, druhá zo zvaru na konci ramena.

Metalografická analýza vzorky odobratej z oka je na obr. 16. Na nenaleptanom výbruse boli zistené veľké zhluky menších inklúzií pecnej trosky, ako je to znázornené na dolnej fotografii na ľavej strane od zobrazenia plochy výbrusu. Na hrubšom konci bola menšia oblasť s hrubozrnnou nízkouhlíkovou feritickou štruktúrou, ako je znázornené na spodnej fotografii na pravej strane. Táto oblasť sa rozprestierala až po trhlinu, zachytenú na obrázku. Je pravdepodobné, že niekde v týchto miestach sa končil polotovar s feritickou štruktúrou. Väčšina prierezu obsahovala jemnozrnnú feriticko-perlitickú štruktúru, na niektorých miestach so zvýšeným obsahom perlitu. Takéto štruktúry sú na horných dvoch fotografiách na pravej strane. Oblasti so zvýšeným podielom perlitu boli tesne pri povrchu a pravdepodobne predstavujú výsledok nerovnomerného nauhlíčenia polotovaru.

Metalografická analýza vzorky odobratej z ramena strmeňa je na obr. 17. Z tvaru výbrusu je viditeľné oddelenie obidvoch častí ramena a nie je možné usúdiť, či obidve časti boli spolu zvárané, alebo len na seba nakované. V nenaleptanom stave boli na výbruse zistené inklúzie pecnej trosky aj kremičitanové kováčske inklúzie, obidva druhy sa vyskytovali vo forme pásov, deformovaných kovaním.

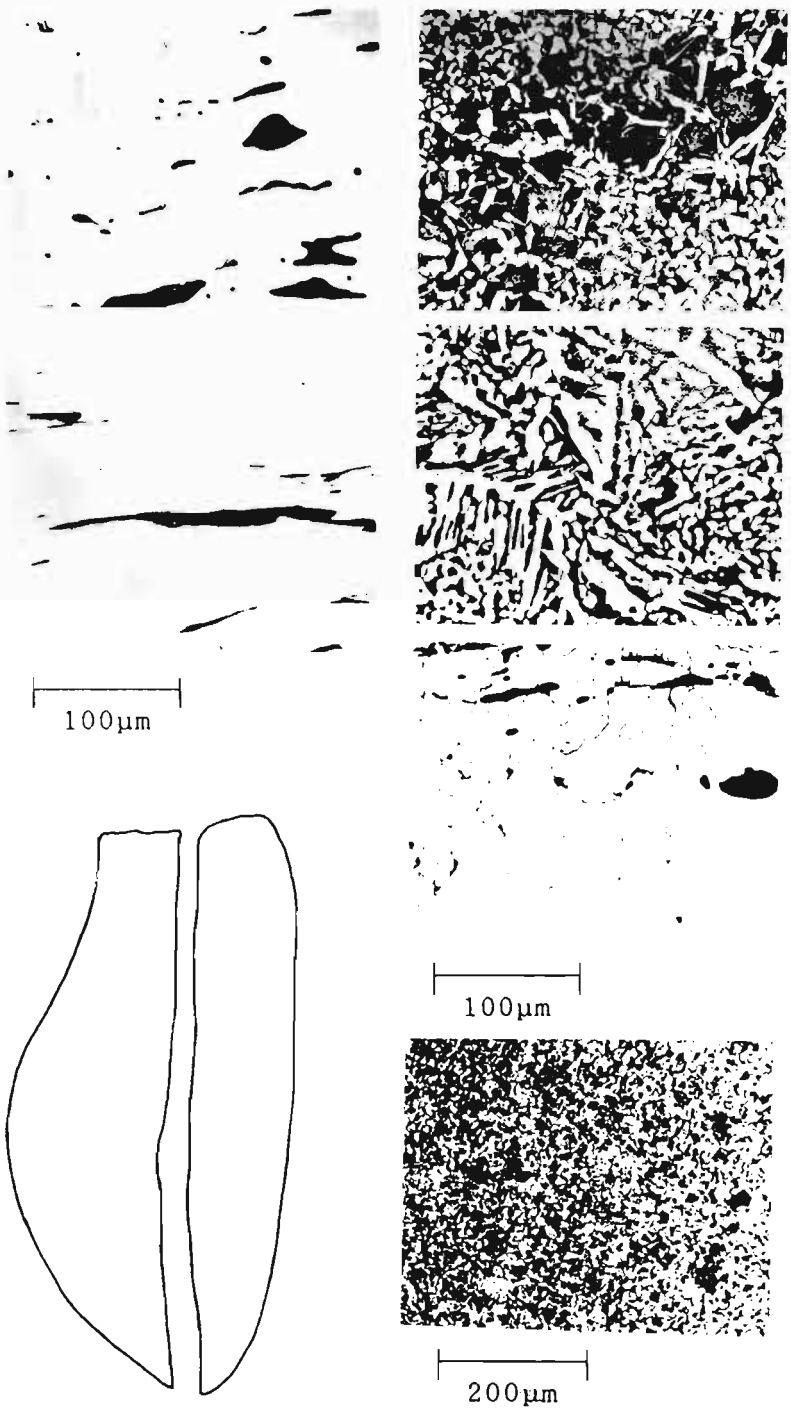
Po naleptaní sa ukázalo, že obidve oddelené časti mali rovnakú štruktúru. V strede obidvoch častí bola hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra, znázornená na tretej fotografii na pravej strane, okolo nej smerom k povrchu sa nachádzali nauhlíčené perliticko-feritické a feriticko-perlitické štruktúry, v spodnej časti jemnozrnné. Tieto štruktúry sú na ostatných fotografiách na pravej strane. Je zrejmé, že sú výsledkom dosť nerovnomerného nauhlíčenia polotovaru. Nauhlíčenie ne-



Obr. 16. Šebastovce. Metalografická analýza železného strmeňa, predmet 11, vzorka a.

preniklo až do vnútra polotovaru. Ďalej je zjavné, že obidve časti vzorky reprezentovali rovnaký polotovar. Pretože vzorka bola odobratá z konca ramena, možno predpokladať, že polotovar vo forme železného prúta bol ohnutý a nakovaním spojený.

Z metalografických analýz vyplýva podobné hodnotenie kvality výroby strmeňa ako pri predmete 10. To znamená, že bol vyrobený zvarením železných prútov s rozdielnou štruktúrou bez zjavného zámeru. Pravda, rameno strmeňa bolo nauhlíčené v takom rozsahu, že to zabezpečilo dostatočnú tvrdosť, a len ďalší odber vzoriek by ukázal, či obidve ramená aj priečka boli takto upravené, čím by bol strmeň získal väčšiu kvalitu než strmeň - predmet 10.

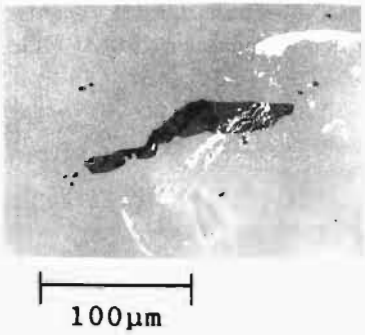


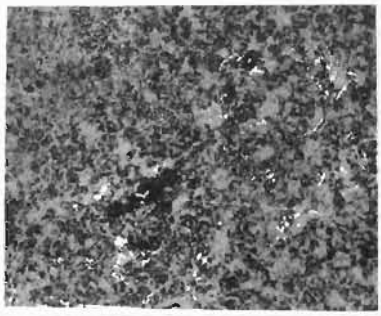
Obr. 17. Šebastovce. Metalografická analýza železného strmeňa, predmet 11, vzorka b.

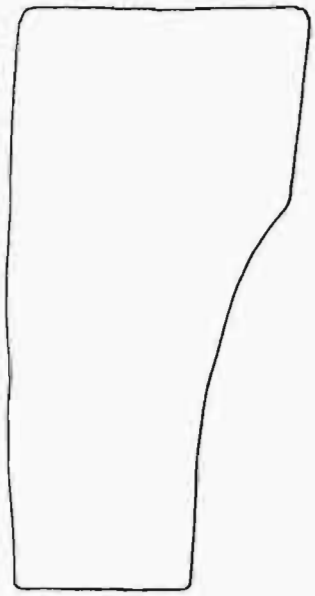
Predmet 12 - železná pracka

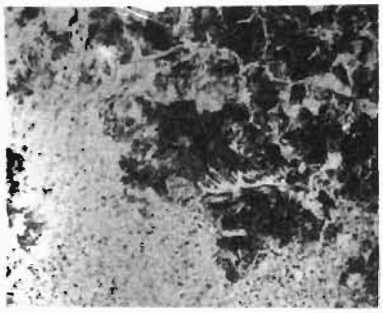
Tento predmet pozostával z dvoch častí, z oka a tŕňa. Dĺžka pracky bola 64 mm. Boli odobraté dve vzorky, z oka aj z tŕňa.

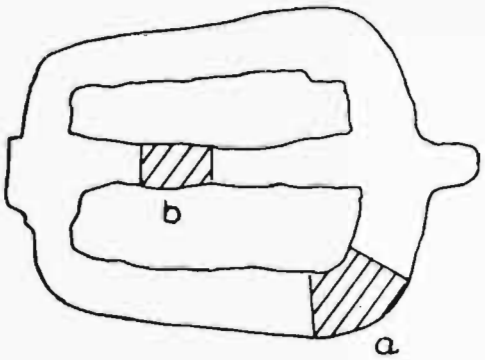
Metalografická analýza vzorky odobratej z oka pracky je na obr. 18. Na výbruse v nenaleptanom stave bolo zistené väčšie množstvo kremičitanových kováčskych inklúzií, deformovaných do pásov, a len jedna inklúzia pecnej trosky, ktorá je znázornená na fotografii vlavo od zobrazenia plochy výbrusu. Po naleptaní na výbruse boli zistené po okrajoch perlitické vysoko nauhlíčené štruktúry a v strede veľmi jemnozrnné feriticko-perlitické štruktúry s menším obsahom uhlíka. V hornej časti výbrusu bola zistená bainitická štruktúra, ktorá vznikla rozpadom perlitu po ohreve materiálu a následnom rýchlejšom ochladení. Bainitická štruktúra je na hornej fotografii na pravej strane, nauhlíčené perlitické štruktúry a jemnozrnné feriticko-perlitické štruktúry sú na ďalších fotografiách na pravej strane. Oko pracky bolo teda vyrobené z nízkouhlíkového feriticko-perlitického polotovaru, štruktúra bola po intenzívnom kovaní jemnozrnná. Následne bol materiál nauhlíčený v povrchovej oblasti.

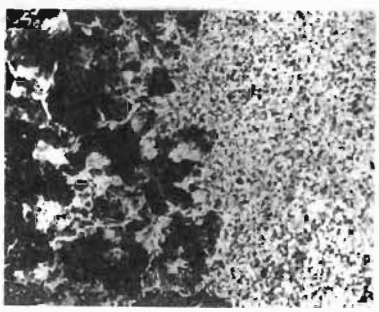


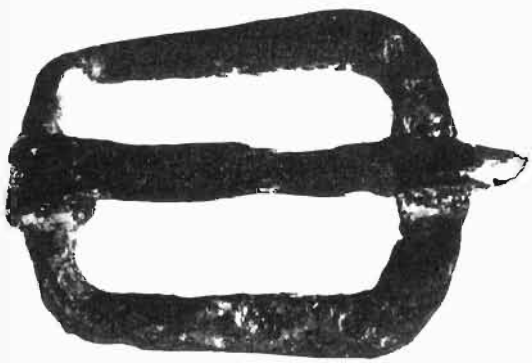






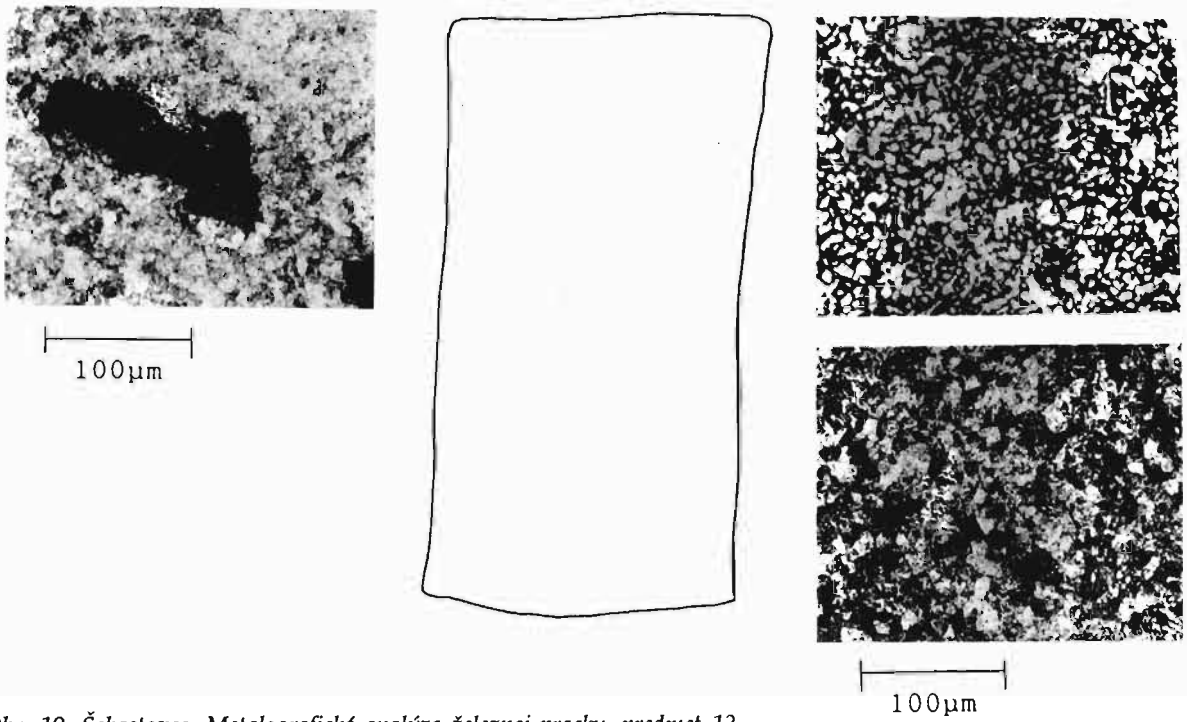






Obr. 18. Šebastovce. Metalografická analýza železnej pracky, predmet 12, vzorka a.

Metalografická analýza vzorky odobratej z tŕňa pracky je na obr. 19. Na nenaleptanom výbruse boli zistené len kremičitanové kováčske inklúzie. Po naleptaní sa zistila na väčšine výbrusu jemnozrnná feriticko-perlitická štruktúra so zvýšeným obsahom uhlíka, znázornená na hornej fotografii na pravej strane. Pozdĺž jednej z dlhších strán bol na priereze zistený pás nauhlíčenej perlitickej štruktúry s náznakmi bainitickej premeny. Táto štruktúra je na spodnej fotografii na pravej strane.



Obr. 19. Šebastovce. Metalografická analýza železnej pracky, predmet 12, vzorka b.

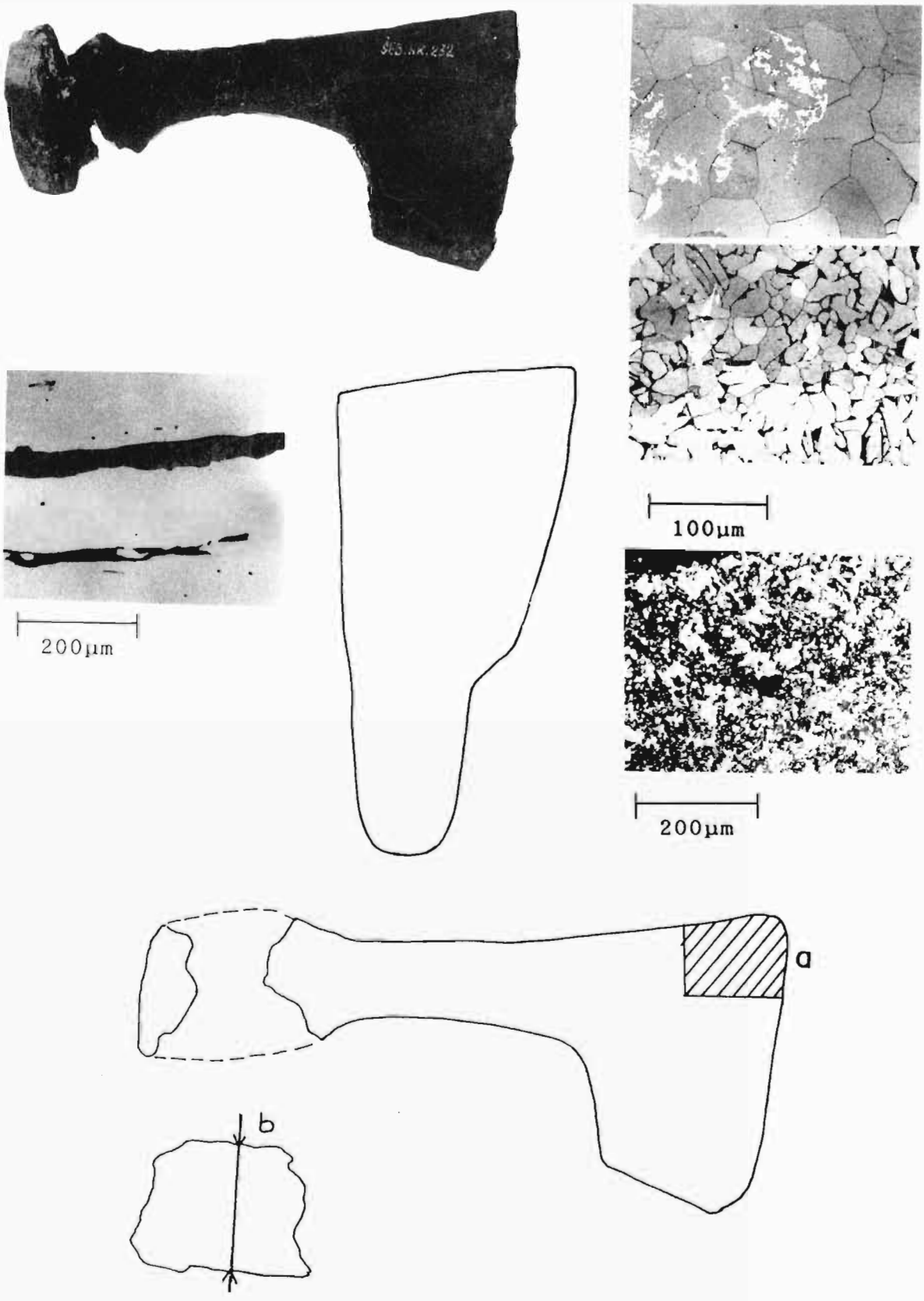
Z metalografických analýz vyplýva pomerne kvalitná a dômyselná výroba železnej pracky z mierne nauhlíčených polotovarov, ktoré boli pred konečným spracovaním do jej tvaru ešte ďalej povrchovo nauhlíčené. Pri napojení tŕňa na oko boli tieto diely vyžíhané a potom po dosiahnutí finálneho tvaru bola pracka rýchlejšie ochladená. To spôsobilo vznik bainitickej štruktúry v nauhlíčenej povrchovej vrstve. Takto vyrobená pracka mala vysokú povrchovú tvrdosť a výbornú trvanlivosť.

Predmet 13 - železná sekera

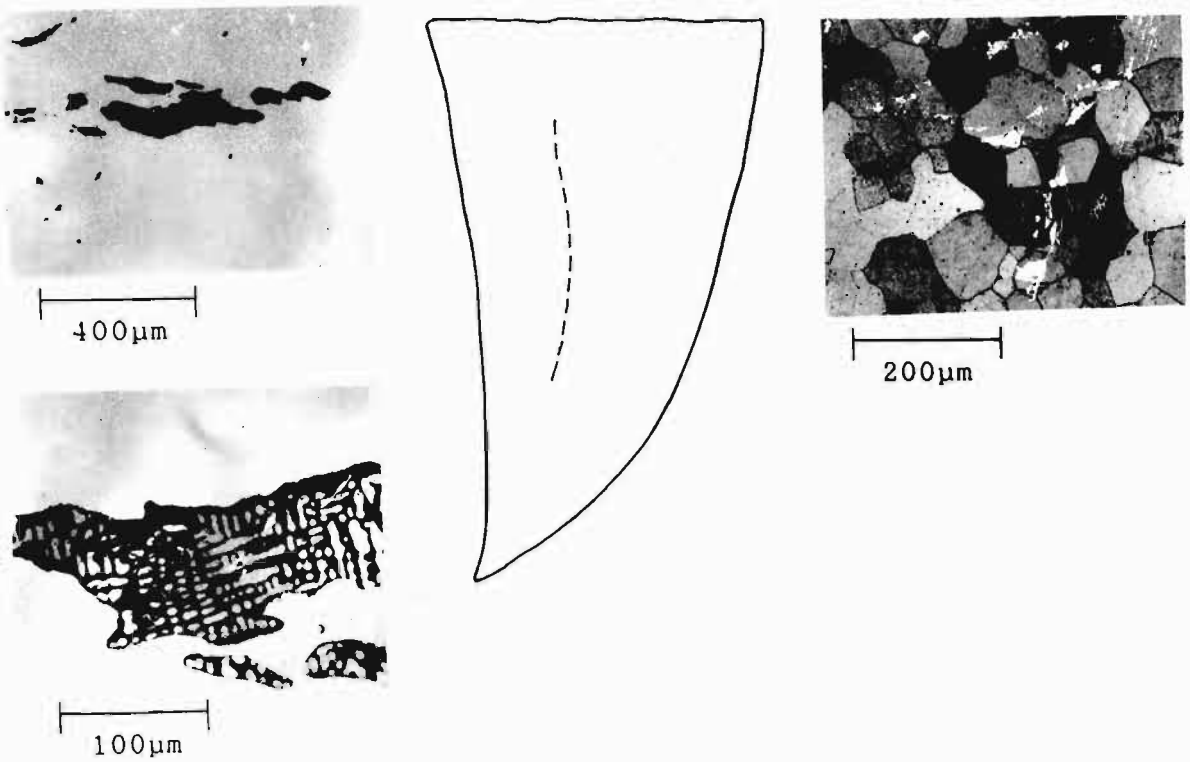
Sekera mala dĺžku 157 mm, tulajka bola vo veľmi skorodovanom stave. Boli odobraté dve vzorky, jedna z oblasti ostria, druhá z priečneho rezu tulajkou.

Metalografická analýza vzorky z ostria je na obr. 20. Na nenaleptanom výbruse boli zistené pásy inklúzií pecnej trosky, znázornené na fotografii na ľavej strane. Po naleptaní bola na hrubšej časti prierezu, teda smerom do tela sekery, objavená hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra, zobrazená na hornej fotografii na pravej strane. Pod ňou smerom k ostriu bola feritická štruktúra s jemnejším zrnom, odpovedajúcim stupňu tvárnenia tejto časti. V tejto štruktúre bol aj malý obsah perlitu, teda mierne zvýšený obsah uhlíka. Takáto štruktúra je znázornená na strednej fotografii na pravej strane. V oblasti ostria bola nauhlíčená štruktúra, úplne na ostrí bola veľmi úzka oblasť martenzitickej štruktúry, jej rozsah však mohol byť stenčený koróziou. Oblasť ostria mala väčšinou troostitickú štruktúru, zobrazenú na dolnej fotografii na pravej strane.

Metalografická analýza vzorky z priečneho prierezu tulajkou je na obr. 21. Na výbruse v nenaleptanom stave boli len pásy inklúzií pecnej trosky, jeden výrazný pás je zaznamenaný aj na znázornení plochy výbrusu. Inklúzie pecnej trosky sú na fotografiách na ľavej strane. Po naleptaní bola na celom výbruse zistená len hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra, zobrazená na fotografii na pravej strane.



Obr. 20. Šebastovce. Metalografická analýza železnej sekery, predmet 13, vzorka a.



Obr. 21. Šebastovce. Metalografická analýza železnej sekery, predmet 13, vzorka b.

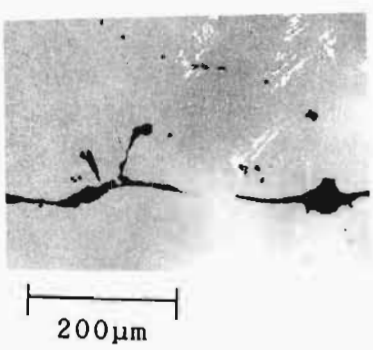
Z metalografických analýz vyplýva, že sekera bola vyrobená z nenauhlíčeného mäkkého a húževnatého kujného železa. Na pracovnom ostrí bola hlboko nauhlíčená a zakalená. Týmto spôsobom výroby získala výborné úžitkové vlastnosti. Nízkouhlíkové húževnaté železo prakticky v celom tele sekery jej poskytlo veľmi dobrú trvanlivosť a odolnosť proti mechanickému namáhaniu. Pracovné ostrie bolo vytvrdené nauhlíčením a zakalením v dostatočnej hrúbke, čím získala sekera výborné pracovné vlastnosti. Tento spôsob konštrukcie sekery bol štandardným už od doby laténskej (*Mirošayová - Javorský - Mihok - Hollý 1991*).

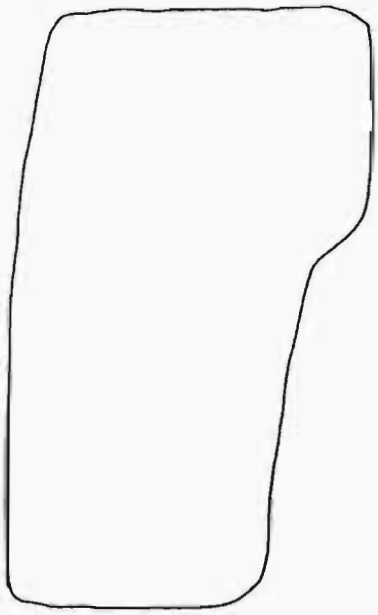
Predmet 14 - železné zubadlo

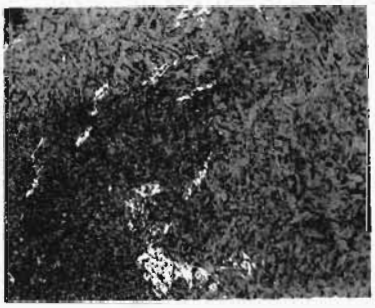
Dĺžka zubadla bola 225 mm, jedna vzorka bola odobratá z oka, druhá z ramena.

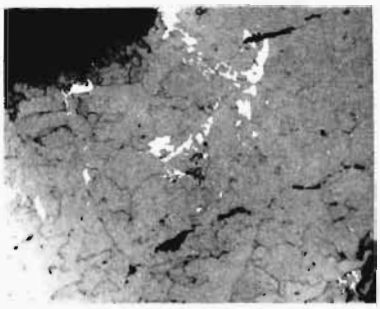
Metalografická analýza vzorky z oka zubadla je na obr. 22. V nenaleptanom stave boli na výbruse zistené len kremičitanové kováčske inklúzie, ktoré sa dostali do kovu počas zvárania oka. Inklúzie boli usporiadané do pásov vplyvom tvárnenia. Po naleptaní sa na väčšine plochy výbrusu ukázala hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra, len na menšom mieste, zaberajúcom horný ľavý roh znázornenia na obrázku, bola zistená veľmi jemnozrnná štruktúra, v malej časti nauhlíčená, perliticko-feritická a prechádzajúca do obklopujúcej feriticko-perlitickej štruktúry. Toto rozloženie naznačuje nakovanie dvoch rôznych materiálov a ich spojenie do tvaru oka v oblasti odberu vzorky. Vzhľadom na to, že išlo o malé železné oko, nakovanie dvoch polotovarov pri jeho výrobe je dosť nepravdepodobné, skôr možno predpokladať, že polotovar, z ktorého bolo vyrobené, bol na jednom konci nauhlíčený. Toto nauhlíčenie môže byť aj pozostatkom nerovnomerného nauhlíčenia výťažku tavby v malej redukčnej piecke. Jemnozrnná štruktúra je na hornej fotografii na pravej strane, hrubozrnná feritická štruktúra na dolnej fotografii.

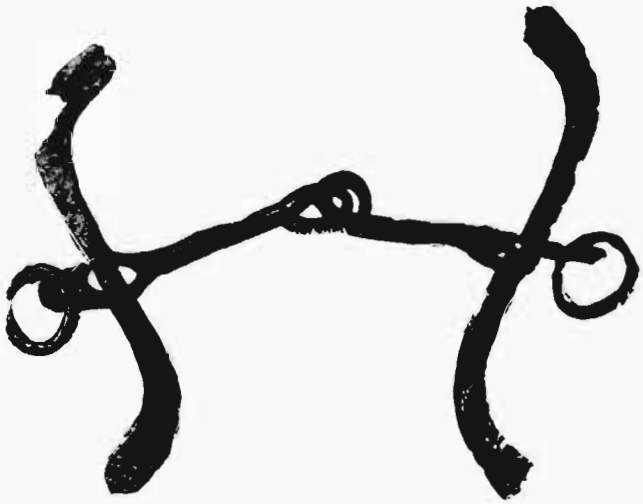
Metalografická analýza vzorky odobratej z ramena zubadla je na obr. 23. Na výbruse v nenaleptanom stave boli zistené len inklúzie pecnej trosky, znázornené na fotografii na ľavej strane pod zobrazením plochy výbrusu. Po naleptaní boli prakticky na celej ploche výbrusu zistené len nízkouhlíkové feritické štruktúry s rôznou veľkosťou zrna podľa stupňa pretvárnenia. Tieto štruktúry sú na strednej a spodnej fotografii na pravej strane. Len v oblasti výčnelka na pravej strane znázornenia bola feritická štruktúra s malým podielom perlitu, teda s mierne zvýšeným

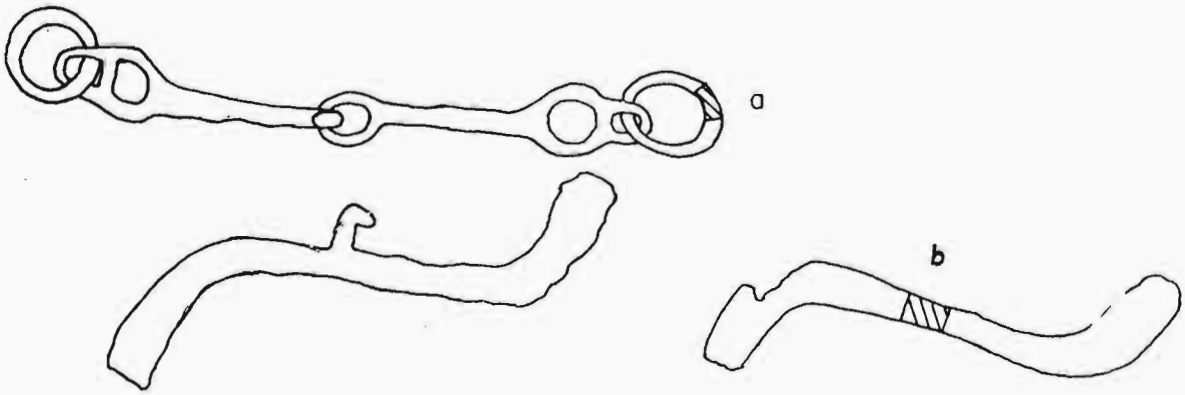




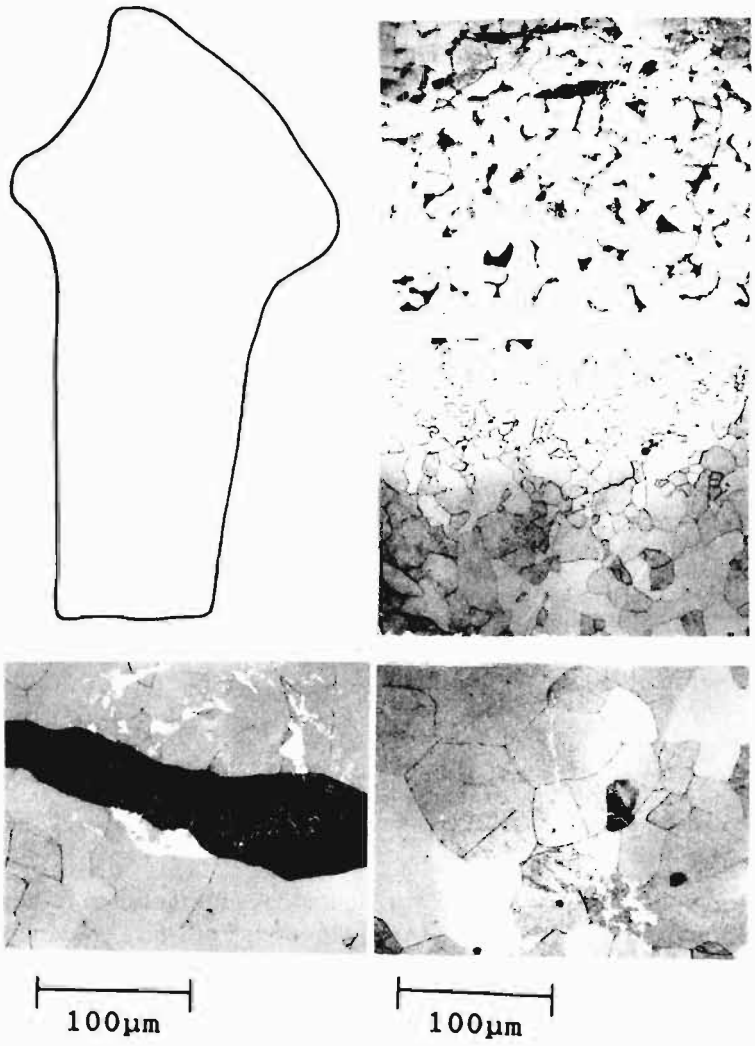








Obr. 22. Šebastovce. Metalografická analýza železného zubadla, predmet 14, vzorka a.



Obr. 23. Šebastovce. Metalografická analýza železného zubadla, predmet 14, vzorka b.

obsahom uhlíka, dokumentovaná na hornej fotografii na pravej strane. Táto štruktúra mohla byť zvyškom háčika navareného v tomto mieste, ako je to zrejmé z tvaru druhého ramena.

Z metalografických analýz vyplýva, že prakticky celé zubadlo bolo vyrobené z nenauhlíčeného kujného železa. Pretože pri zubadle nebola potrebná zvýšená tvrdosť a použitím feritického železa získalo dostatočnú húževnatosť a odolnosť proti mechanickému namáhaniu, výber nenauhlíčeného kujného železa na jeho konštrukciu bol vhodný.

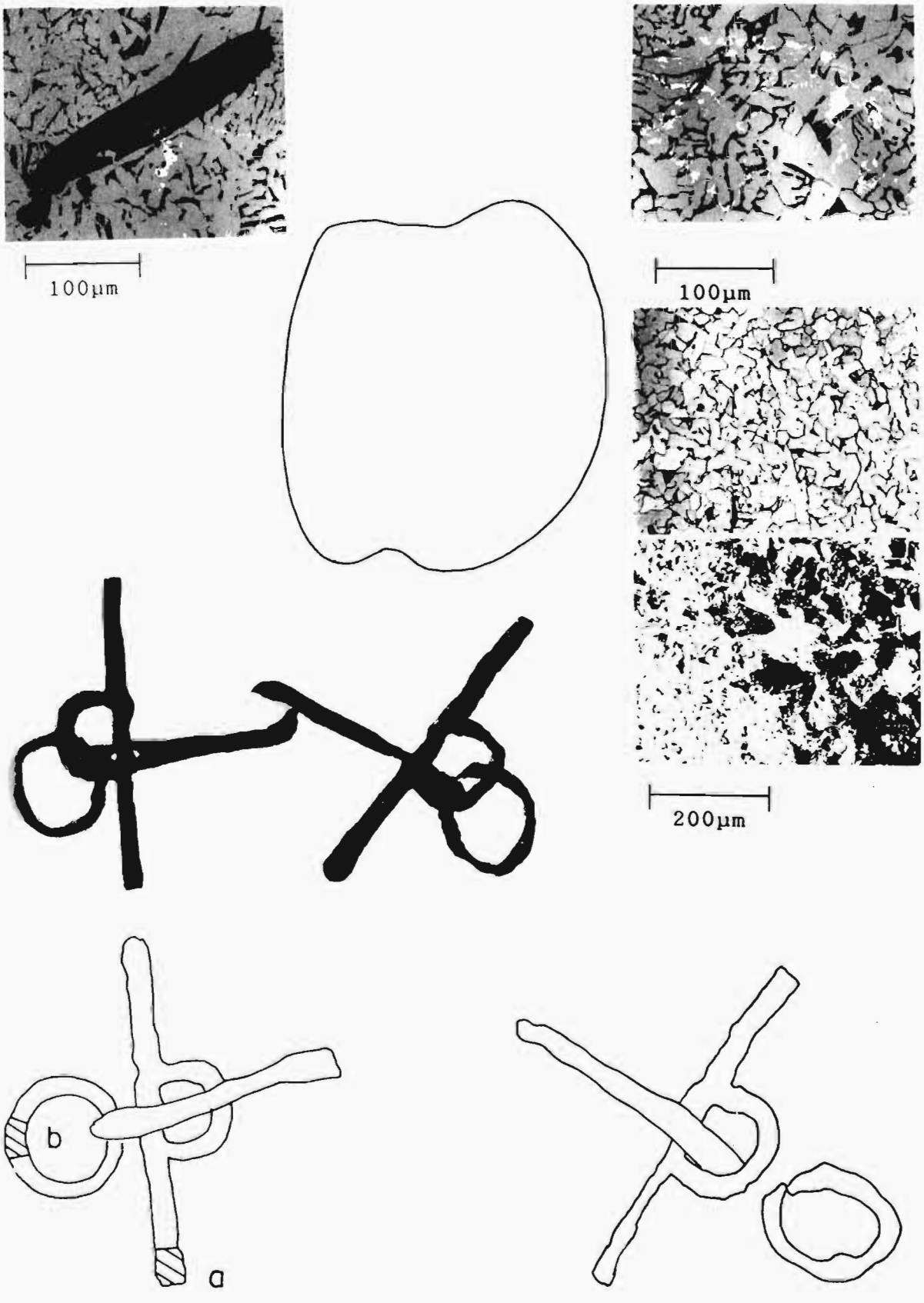
Predmet 15 - železné zubadlo

Toto zubadlo malo zložitejšiu konštrukciu než zubadlo - predmet 14. Celková dĺžka zubadla bola 296 mm. Boli odobraté dve vzorky, z konca ramena a z oka.

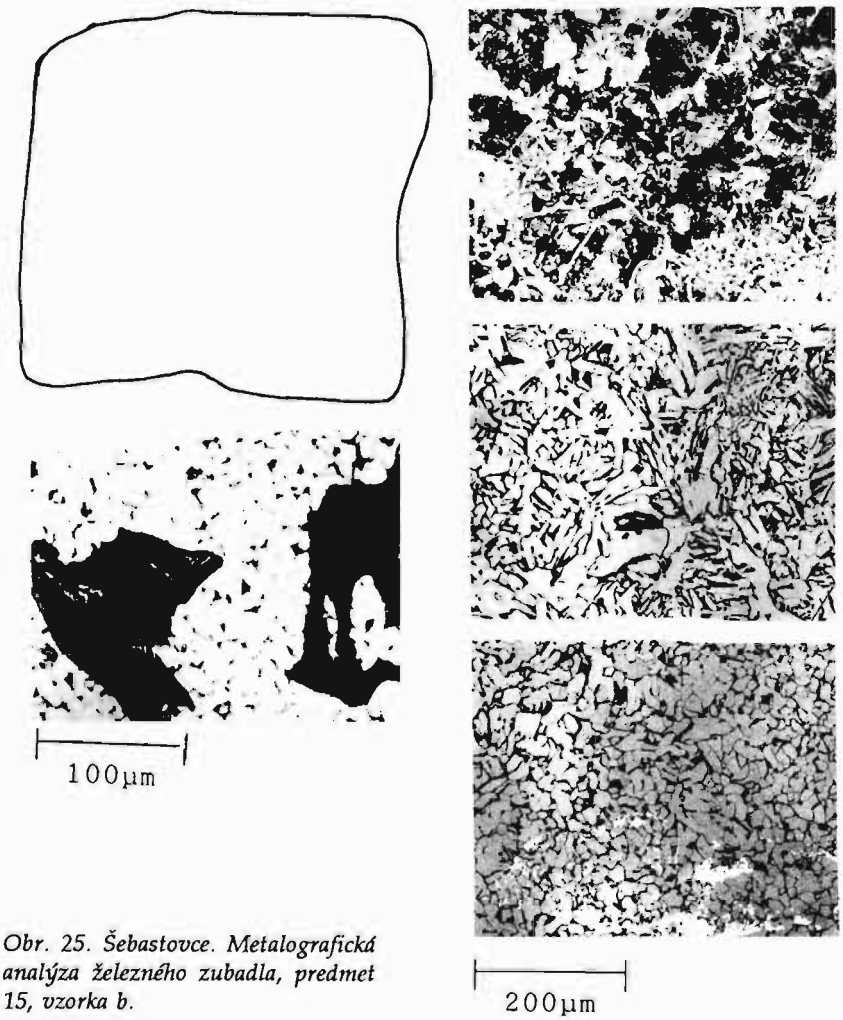
Metalografická analýza vzorky z ramena je na obr. 24. Na nenaleptanom výbruse boli zistené len kremičitanové kováčske inklúzie. Po naleptaní bola na výbruse objavená feriticko-perlitická štruktúra s rozdielnou veľkosťou zrna a s lokálne zvýšeným obsahom uhlíka, ktorý rezultoval v tvorbe widmanstättenových štruktúr. Takéto feriticko-perlitické štruktúry sú znázornené na hornej a strednej fotografii na pravej strane. Na dvoch miestach na priereze, vždy pri povrchu, boli zistené nauhlíčené perlitické štruktúry. Je obťažné určiť, či išlo o zámerné nauhlíčenie v tomto mieste, pretože účel takéhoto spracovania tejto časti zubadla nie je jasný.

Metalografická analýza vzorky odobratej z oka zubadla je na obr. 25. Na výbruse boli zistené len pomerne veľké kremičitanové kováčske inklúzie, zobrazené na fotografii na ľavej strane. Po naleptaní sa na výbruse zachytili väčšinou feriticko-perlitické štruktúry jemnozrnné a so stredným zrnom, na jednom mieste pri povrchu bola hlboko nauhlíčená perlitická štruktúra s vylúčeným sekundárnym karbidom Fe_3C.

Pri porovnaní metalografických analýz obidvoch vzoriek vynikne úplná podobnosť štruktúr ramena aj oka zubadla. To znamená, celé zubadlo bolo pripravené z materiálu upraveného rovnakým spôsobom, teda bol mierne nauhlíčený na obsahy uhlíka okolo 0,20 %. Hlboko nauhlíčené miesta boli zistené len lokálne, a zdá sa, že nemajú žiadny súvis s funkciou zubadla. Technika veľmi rovnomerného nízkeho nauhlíčenia svedčí o vysokej zručnosti výrobcov. Vzhľadom na štruktúru malo toto zubadlo vyššiu kvalitu než zubadlo - predmet 14, mierne zvýšenú tvrdosť a zachovalo si aj dostatočnú húževnatosť a odolnosť. Vhodnosť veľmi mierneho nauhlíčenia materiálu na výrobu zubadla svedčí o vysokých znalostiach miestnych kováčov o vlastnostiach železného materiálu.



Obr. 24. Šebastovce. Metalografická analýza železného zubadla, predmet 15, vzorka a.



Obr. 25. Šebastovce. Metalografická analýza železného zubadla, predmet 15, vzorka b.

Predmet 16 - veľký železný nôž

Nôž s rúčkou bol v užšej časti značne skorodovaný. Mal dĺžku 251 mm. Vzorka bola odobratá z priečneho prierezu v mieste minimálnej korózie ostria.

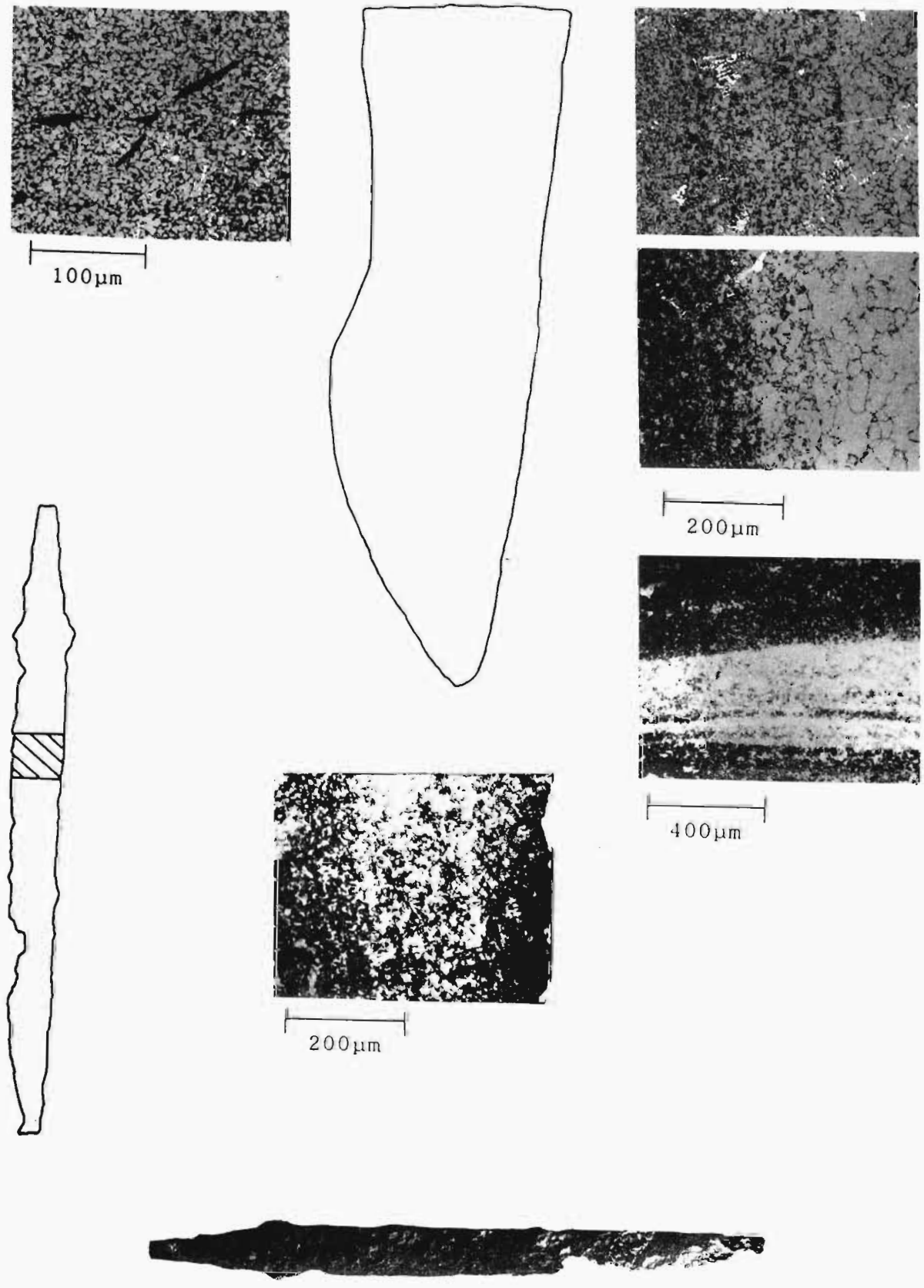
Metalografická analýza noža je na obr. 26. Na výbruse boli zistené drobné, kovaním rozbité inklúzie pecnej trosky aj kremičitanové kováčske inklúzie, tvárnením usmernené do pásov. Príklad kremičitanových kováčskych inklúzií je na fotografii na ľavej strane od znázornenia plochy výbrusu. Po naleptaní bolo na výbruse zistené veľmi pozoruhodné rozloženie štruktúr. Celú plochu výbrusu, ako je na obr. 26, bolo možné rozdeliť do troch pásov. Ľavý pás od vrchu až skoro po ostrie obsahoval nauhlíčenú perlitickú štruktúru s množstvom uhlíka okolo 0,7 až 0,8 hm. %. Pás v strede plochy výbrusu od vrchu až po oblasť ostria mal nízkouhlíkovú, dosť hrubozrnnú feritickú štruktúru. Pás na pravej strane plochy prierezu mal jemnozrnnú, nie veľmi hlboko nauhlíčenú štruktúru s obsahom uhlíka okolo 0,40 hm. %. Prechod medzi stredovým feritickým pásom a pásom s menej nauhlíčenou perliticko-feritickou štruktúrou je na hornej fotografii na pravej strane, prechod medzi stredovým feritickým pásom a pásom s hlboko nauhlíčenou perlitickou štruktúrou na strednej fotografii na pravej strane, pozícia všetkých troch pásov blízko oblasti ostria na spodnej fotografii na pravej strane. Celá oblasť ostria bola hlboko nauhlíčená a zakalená, ako je znázornené prítomnosťou martenzitu na fotografii pod zobrazením plochy výbrusu.

Z metalografických analýz vyplýva veľmi dômyselná konštrukcia veľkého železného noža, ktorá mu zabezpečuje vysokú kvalitu. Nakovaním dvoch nauhlíčených pásov po obidvoch stranách získal nôž dostatočne vysokú tvrdosť. Použitím mäkkého feritického pásu v strede prierezu nadobudol húževnatosť a trvanlivosť. Samotné ostrie bolo ešte viac vytvrdené hlbokým nauhlíčením a zakalením. Konštrukcia veľkého noža pripomína konštrukciu analyzovaných avarských šablí z pohrebiska v Želovciach (*Mihok - Soláriková - Hollý - Čilinská 1991*).

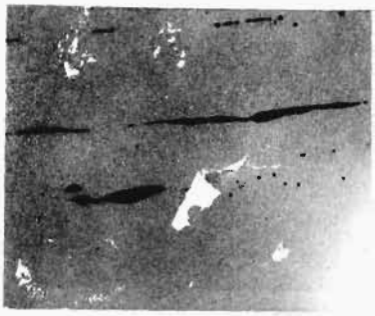
Predmet 17 - železný nôž

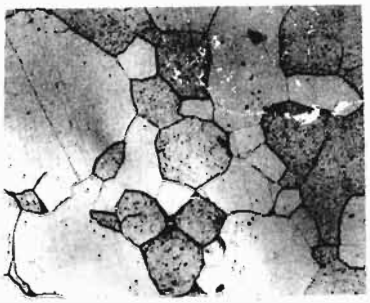
Tento predmet mal dĺžku 111 mm a bol hlavne v oblasti ostria dosť skorodovaný. Vzorka bola odobratá priečnym rezom v časti blízko rúčky.

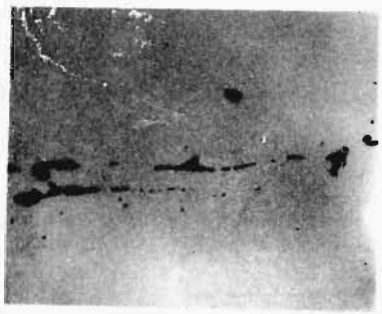
Metalografická analýza noža je na obr. 27. Na výbruse v nenaleptanom stave boli zistené tenké pásy inklúzií pecnej trosky a kremičitanových kováčskych inklúzií. Ich tvar a usporiadanie do pásov

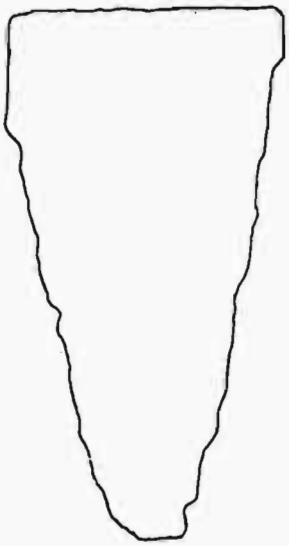


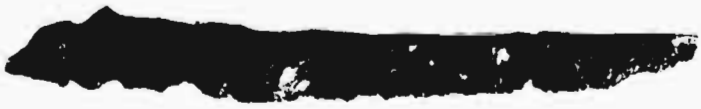
Obr. 26. Šebastovce. Metalografická analýza veľkého železného noža, predmet 16.



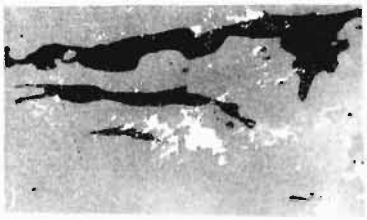


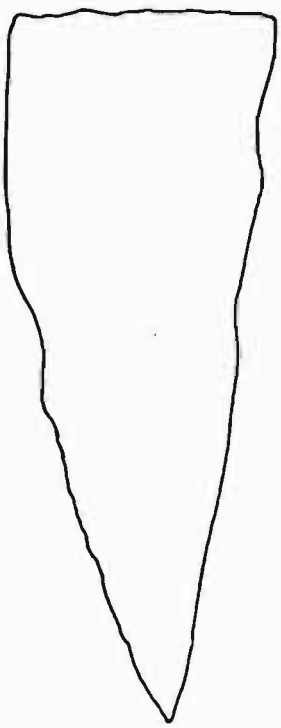


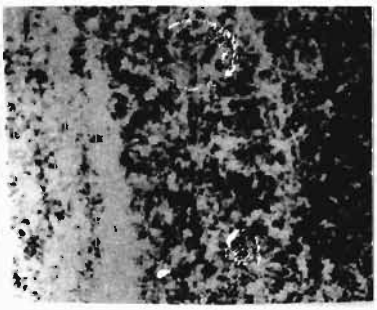


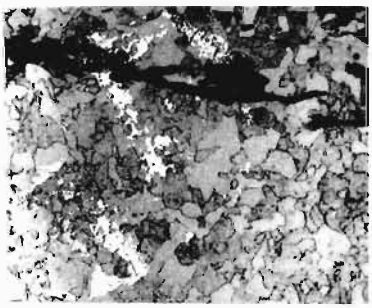


Obr. 27. Šebastovce. Metalografická analýza železného noža, predmet 17.

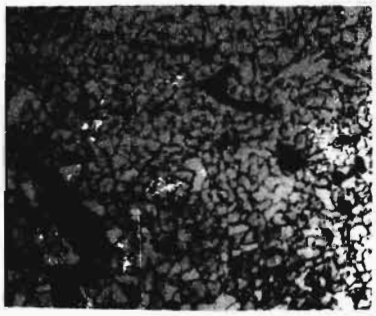


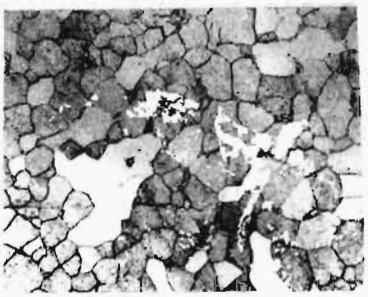


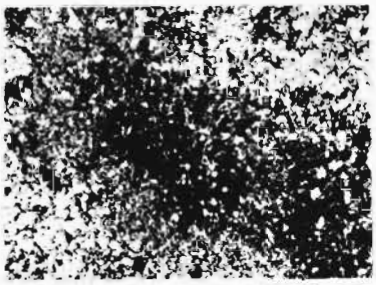


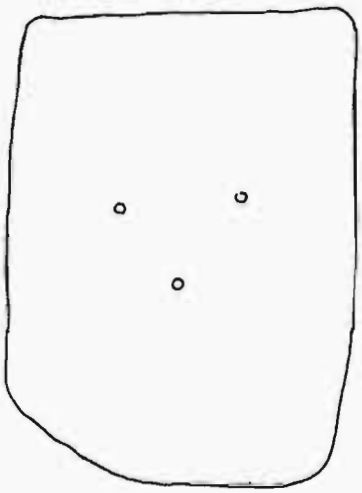


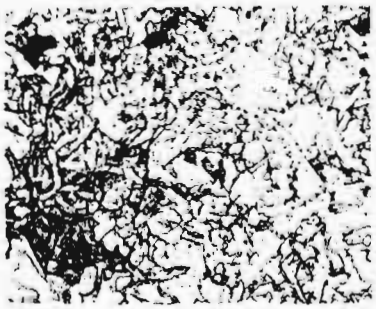
Obr. 28. Šebastovce. Metalografická analýza železného noža, predmet 18.

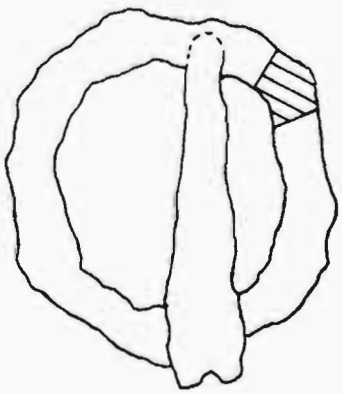




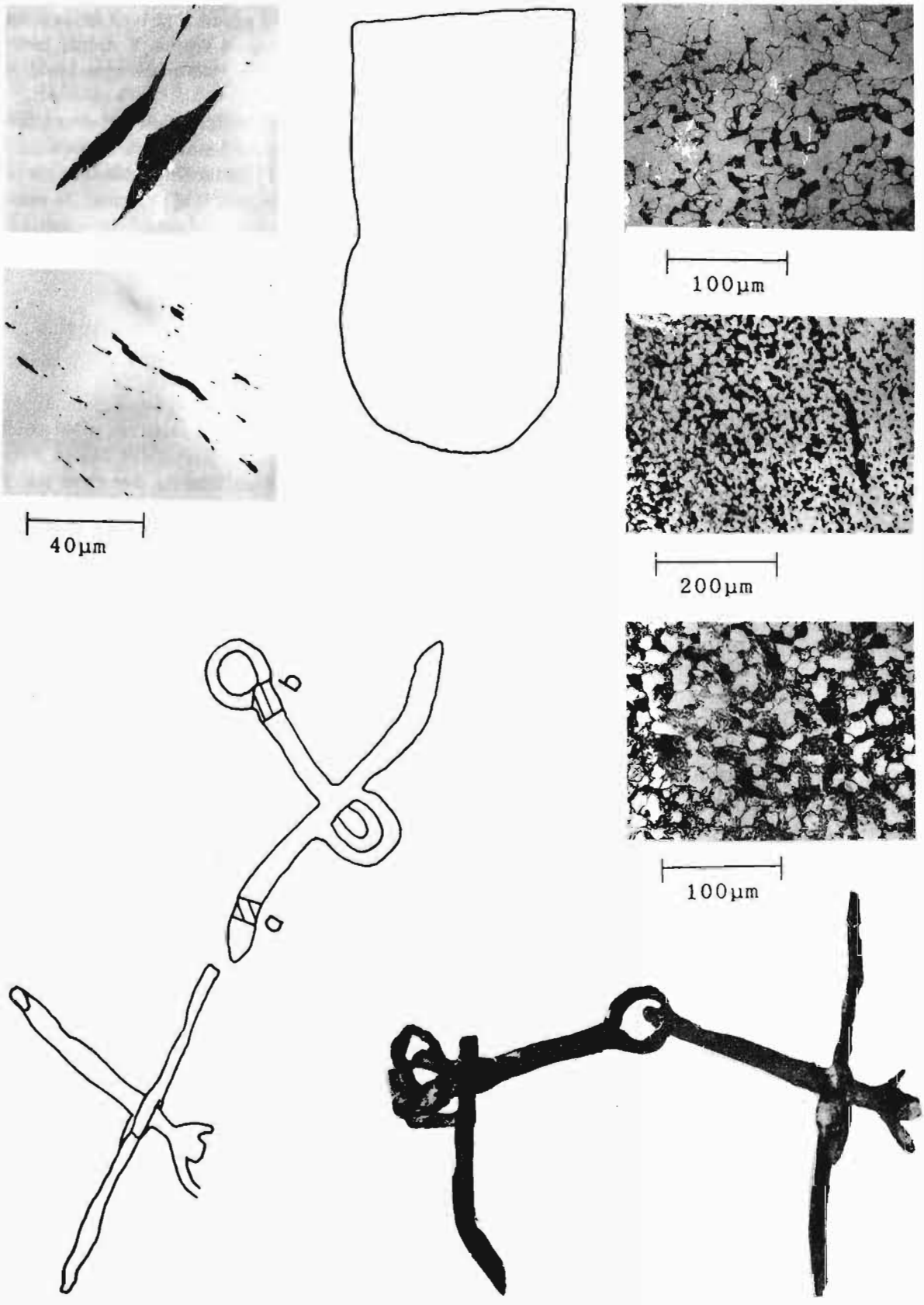








Obr. 29. Šebastovce. Metalografická analýza železnej pracky, predmet 19.



Obr. 30. Šebastovce. Metalografická analýza železného zubadla, predmet 20, vzorka a.

sú výsledkom intenzívneho tvárnenia polotovaru pri výrobe noža. Tvary nekovových inklúzií sú znázornené na fotografiách na lavej strane. Po naleptaní bola na celom priereze zistená hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra, zobrazená na hornej fotografii na pravej strane. V dolnej tretine plochy prierezu smerom k ostriu boli v tejto hrubozrnnej štruktúre pásy so zvýšeným obsahom perlitu, ako je znázornené na dolnej fotografii na pravej strane.

Z metalografických analýz vyplýva nižšia kvalita noža než v predchádzajúcich prípadoch. Oblasť ostria bola len veľmi mierne nauhlíčená. Pravdepodobne segregačnou tendenciou fosforu došlo k vytvoreniu riadkovitej štruktúry s koncentráciou perlitickej zložky v riadkoch. Vzhľadom na pomerne mäkké ostrie nemal nôž vysoké úžitkové vlastnosti. Je potrebné zvážiť aj možnosť, že oblasť ostria ďalej smerom k hrotu bola intenzívnejšie nauhlíčená, no aj nerovnomerné nauhlíčenie ostria by nasvedčovalo na nízku kvalitu nožа.

Predmet 18 - železný nôž

Nôž s dĺžkou 128 mm mal veľmi skorodované ostrie. Vzorka bola odobratá priečnym rezom v oblasti relatívne menšej korózie, aj tak však nebolo možné predpokladať, že reprezentuje celé ostrie.

Metalografická analýza noža je na obr. 28. V nenaleptanom stave bolo na výbruse zistené veľké množstvo inklúzií pecnej trosky, znázornených na fotografii na lavej strane, a relatívne malé množstvo kremičitanových kováčskych inklúzií. Po naleptaní boli na výbruse objavené dve oblasti s rozdielnymi štruktúrami. Vo forme pásov rozdeľovali plochu prierezu pozdĺžne na dve časti tak, že celá oblasť ostria patrila do pravej časti. Tieto dve časti predstavovali polotovary, z ktorých bol nôž zvarený. V lavej bola nerovnomerne nauhlíčená štruktúra, tvorená martenzitom a feritom, teda nôž bol zakalený. V hornej časti bola táto štruktúra rovnomernejšie nauhlíčená, čo rezultovalo vo väčšom množstve martenzitu, ako je znázornené na hornej fotografii na pravej strane. Ďalej smerom k ostriu boli zistené pásy feritickej a nauhlíčenej martenzitickej štruktúry, resp. troostitickej štruktúry, ktoré sú na strednej fotografii na pravej strane. K takejto segregácii a tvorbe pásov s feritickou štruktúrou mohlo dôjsť aj segregačným správaním fosforu, ako udáva *J. Piaskowski (1985)*. Druhá časť, ktorá zasahovala až do oblasti ostria, mala nízkouhlíkovú feritickú štruktúru, znázornenú na dolnej fotografii na pravej strane. V tejto štruktúre v oblasti ostria boli znaky nauhlíčenia, ostrovčeky martenzitu.

Z metalografických analýz vyplýva, že na výrobu noža použili kováči techniku, ktorá mu dáva vysokú tvrdosť po kalení, ako aj húževnatosť z feritickej štruktúry. Chybné sa zdá usporiadanie polotovarov, z ktorých bol nôž vyrobený. Takýto záver však nemusí byť oprávnený, pretože vzorka nereprezentovala celé ostrie. Výskyt malého množstva nauhlíčených a zakalených martenzitických štruktúr v najužšej oblasti prierezu umožňuje predpokladať, že pôvodné ostrie, rozprestierajúce sa ešte ďalej, bolo nauhlíčené a zakalené. Ostrovčeky martenzitu môžu znamenať prienik nauhlíčenia do miest tesne nad ostrím.

Predmet 19 - železná pracka

Pracka mala priemer 49 mm. Značná korózia umožnila odobrať vzorku len z oka pracky, tŕň nebol vzorkovaný.

Metalografická analýza vzorky z oka je na obr. 29. Na výbruse boli zistené len kováčske inklúzie železnatého kremičitanu, rozbité tvárnením na menšie častice. Na naleptanom výbruse bola na skoro celom priereze objavená nízkouhlíková feritická štruktúra so stredným zrnom. Okrem toho bol zistený pás jemnozrnnej štruktúry, zreteľne z iného materiálu, ktorý zaberal asi pätinu prierezu. Feritická štruktúra so stredným zrnom je na hornej fotografii na pravej strane, pás s jemnozrnnou štruktúrou na strednej fotografii na pravej strane. Táto jemnozrnná štruktúra bola charakteristická tým, že v strede mala nauhlíčené miesto, obklopené menej nauhlíčenou feritickou štruktúrou s nízkym podielom perlitu. Pri detailnom pohľade na tieto štruktúry pri výraznejšom zväčšení (dolná fotografia na pravej strane) bolo zistené, že nauhlíčené miesto tvorila bainitická štruktúra, nenauhlíčené miesto acikulárny ferit. Obidve tieto štruktúry vznikli pri vyžíhaní materiálu na nie príliš vysoké teploty a jeho rýchlejšom ochladení, nie kalení.

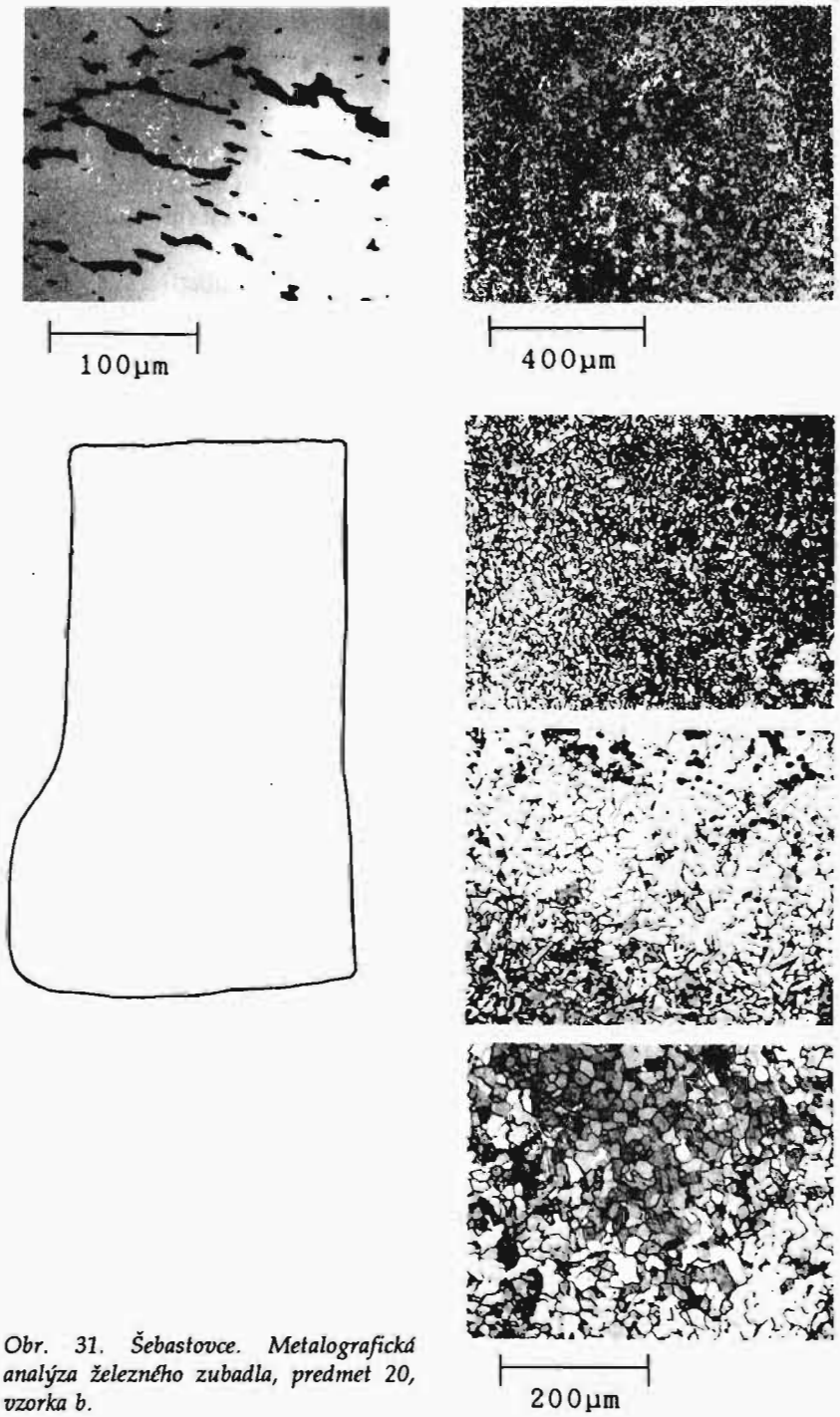
Z metalografických rozborov vyplýva, že oko pracky bolo vyrobené nakovaním dvoch tenkých polotovarov s rozdielnymi štruktúrami. Použitie týchto materiálov na výrobu pracky bolo vhodné.

Pri napojení tŕňa na oko pracky bolo použité žíhanie materiálu, ktoré sa odrazilo na zmene štruktúry.

Predmet 20 - železné zubadlo

Zubadlo malo dĺžku 221 mm. Boli odobraté dve vzorky z jednej časti, a to z ramena a zo stredového oka, v tomto prípade v mieste predpokladaného zvaru.

Metalografická analýza vzorky odobratej z ramena je na obr. 30. Na nenaleptanom výbruse boli zistené tak inklúzie pecnej trosky, ako aj kremičitanové kováčske inklúzie. Obidva tieto druhy sú znázornené na fotografiách vlavo od zobrazenia plochy výbrusu. Po naleptaní bolo na základe pozorovania distribúcie štruktúr zistené, že rameno bolo vyrobené nakovaním dvoch materiálov. Jeden z nich, znázornený na hornej fotografii na pravej strane, mal feriticko-perlitickú štruktúru so stredným zrnom a s nízkym obsahom perlitu. Druhý materiál mal jemnozrnnejšiu perliticko-feritickú štruktúru s obsahom uhlíka okolo 0,40 hm. %. Táto štruktúra je na strednom obrázku na pravej strane. Nesiahala až po povrch, ale prechádzala do štruktúry znázornenej na spodnom obrázku. Vznikla z perliticko-feritickej štruktúry pri žíhaní a bola typická globularizáciou a koaguláciou feritu.



Obr. 31. Šebastovce. Metalografická analýza železného zubadla, predmet 20, vzorka b.

Metalografická analýza vzorky zo stredového oka zubadla je na obr. 31. Na nenaleptanom výbruse boli zistené väčšinou len kremičitanové kováčske inklúzie, inklúzií pecnej trosky bolo málo. Po naleptaní sa na výbruse objavilo niekoľko charakterom veľmi rozdielnych štruktúr, ktoré naznačili, že v

mieste odberu vzorky boli nakované aspoň tri polotovary. Na časti plochy prierezu, rozprestierajúceho sa od pravého dolného rohu znázornenia na obrázku 31, bola hrubozrnná nízkouhlíková feritická štruktúra. Pomerne náhle prešla do jemnozrnnejšej feritickej štruktúry s nízkym obsahom perlitu, ktorá sa rozkladala v ľavej dolnej časti prierezu. Prechod týchto dvoch štruktúr bol na páse kremičitanových inklúzií, spodný okraj tohto pásu a začiatok jemnozrnnejšej štruktúry sú na tretej fotografii odvrchu na pravej strane, jemnozrnnejšia feritická štruktúra však nesiahala až po povrch, ale plynule prechádzala do veľmi jemnozrnnej štruktúry so zvyšujúcim sa podielom perlitu, až pri povrchu bola len nauhlíčená perlitická štruktúra. Prechod do veľmi jemnozrnnej štruktúry je viditeľný už na tretej fotografii odvrchu, samotná veľmi jemnozrnná štruktúra a jej prechod do nauhlíčenej vrstvy je na druhej fotografii odvrchu. Tieto štruktúry vznikli modifikáciou jemnozrnnejšej feritickej štruktúry hlbokou deformáciou a nauhlíčením. Typickým pre veľmi jemnozrnnú štruktúru je acikulárny ferit a v nauhlíčenej vrstve bainit, t.zn. vyžíhanie a rýchlejšie ochladenie predmetu. Tretí materiál s úplne rozdielnym výzorom bol zistený v hornej časti znázornenia plochy výbrusu, štruktúra je ukázaná na hornej fotografii na pravej strane. V tomto prípade bol veľmi jemnozrnný feritický pás s acikulárnym feritom obklopený feriticko-perlitickou jemnozrnnou štruktúrou s množstvom widmanstättenových štruktúr. Táto feriticko-perlitická štruktúra prechádzala plynule z miesta s jemnozrnnou feritickou štruktúrou.

Z metalografických analýz vyplýva, že na rozdiel od skôr analyzovaných zubadiel bol v tomto prípade na výrobu použitý rôznorodý materiál. Rameno bolo vyrobené nakovaním dvoch železných pásikov s rôznou štruktúrou, podobne stredové oko, vyrobené nakovaním dvoch pásikov s hrubozrnnou a jemnozrnnou feritickou štruktúrou a nakované na stredové rameno s veľmi jemnozrnnou feritickou štruktúrou. Takéto rozloženie štruktúr nebolo pre úžitkové vlastnosti zubadla potrebné, hoci nauhlíčené vrchné časti vždy na rovnakej strane by mohli znamenať prínos. Skôr sa zdá, že pri výrobe zubadla použili kováči zvyškový železný materiál.

Predmet 21 - železná šabľa

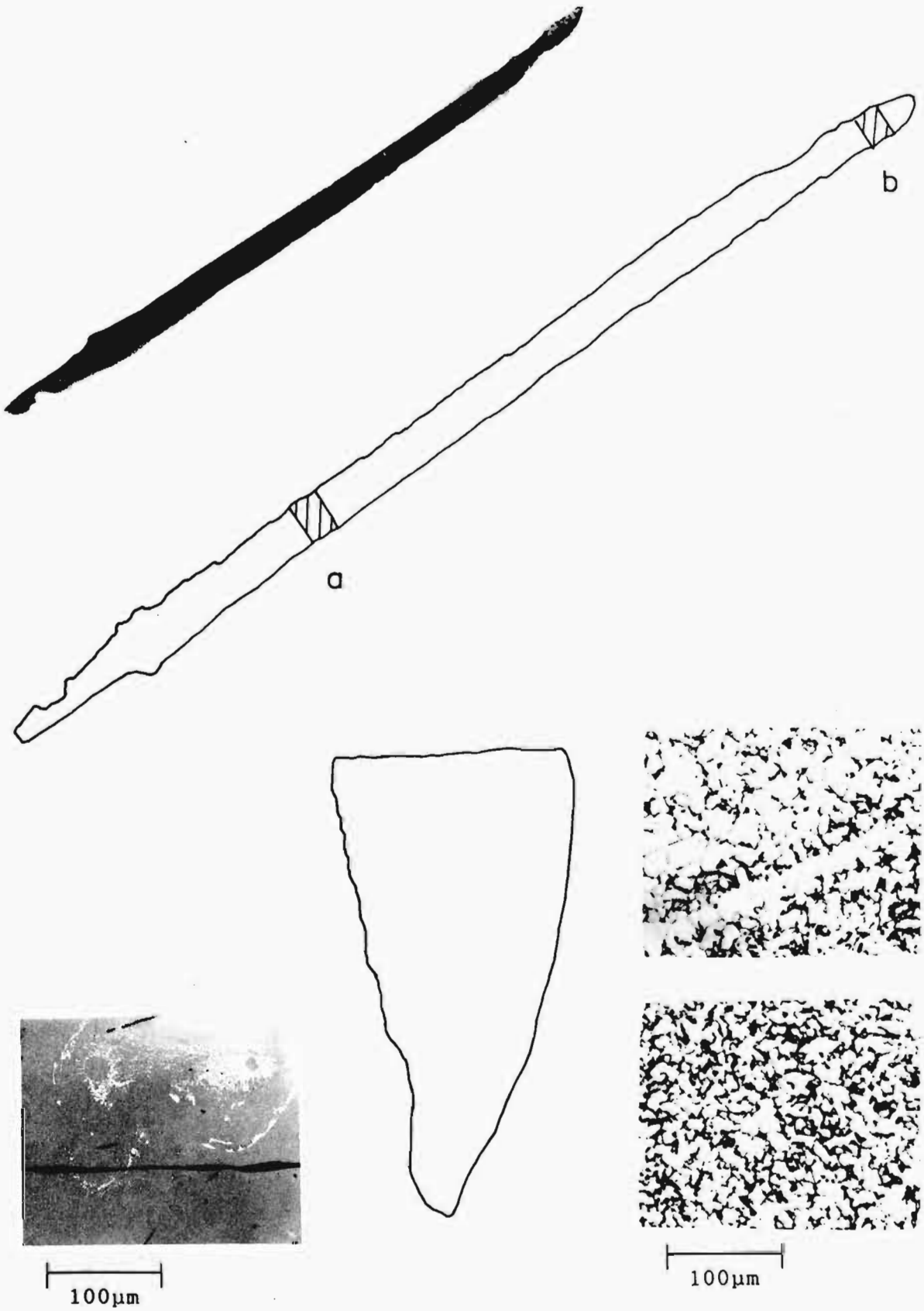
Šabľa, dlhá 740 mm, mala šírku čepele 25 až 27 mm, pod rukoväťou až 37 mm. Boli odobraté vzorky priečnym rezom, jedna bližšie k rukoväti, druhá blízko hrotu šable.

Metalografická analýza vzorky z priečneho prierezu pod rukoväťou je na obr. 32. Pri analýze výbrusu v nenaleptanom stave upútala relatívne vysoká čistota materiálu, vyskytovalo sa v ňom len niekoľko inklúzií pecnej trosky a kremičitanových kováčskych inklúzií. Jeden pás kováčskej inklúzie, nasvedčujúci na hlboké tvárnenie, je na fotografii vľavo od znázornenia plochy výbrusu. Po naleptaní boli na výbruse zistené dve štruktúry, zreteľne oddelené, naznačujúce v tomto mieste použitie dvoch polotovarov na výrobu šable. Materiály mali veľmi podobnú feriticko-perlitickú štruktúru. Obidve štruktúry delili priečny rez smerom od chrbta šable k ostriu na dve časti, pričom oblasť ostria zasahovala len jedna z nich, jemnozrnnejšia s vyšším podielom perlitu, teda mala vyššiu tvrdosť. Táto štruktúra je znázornená na dolnej fotografii na pravej strane. Druhá štruktúra, ktorá nezasahovala oblasť ostria, bola hrubozrnnejšia a mala nižší podiel perlitu, teda nižší obsah uhlíka.

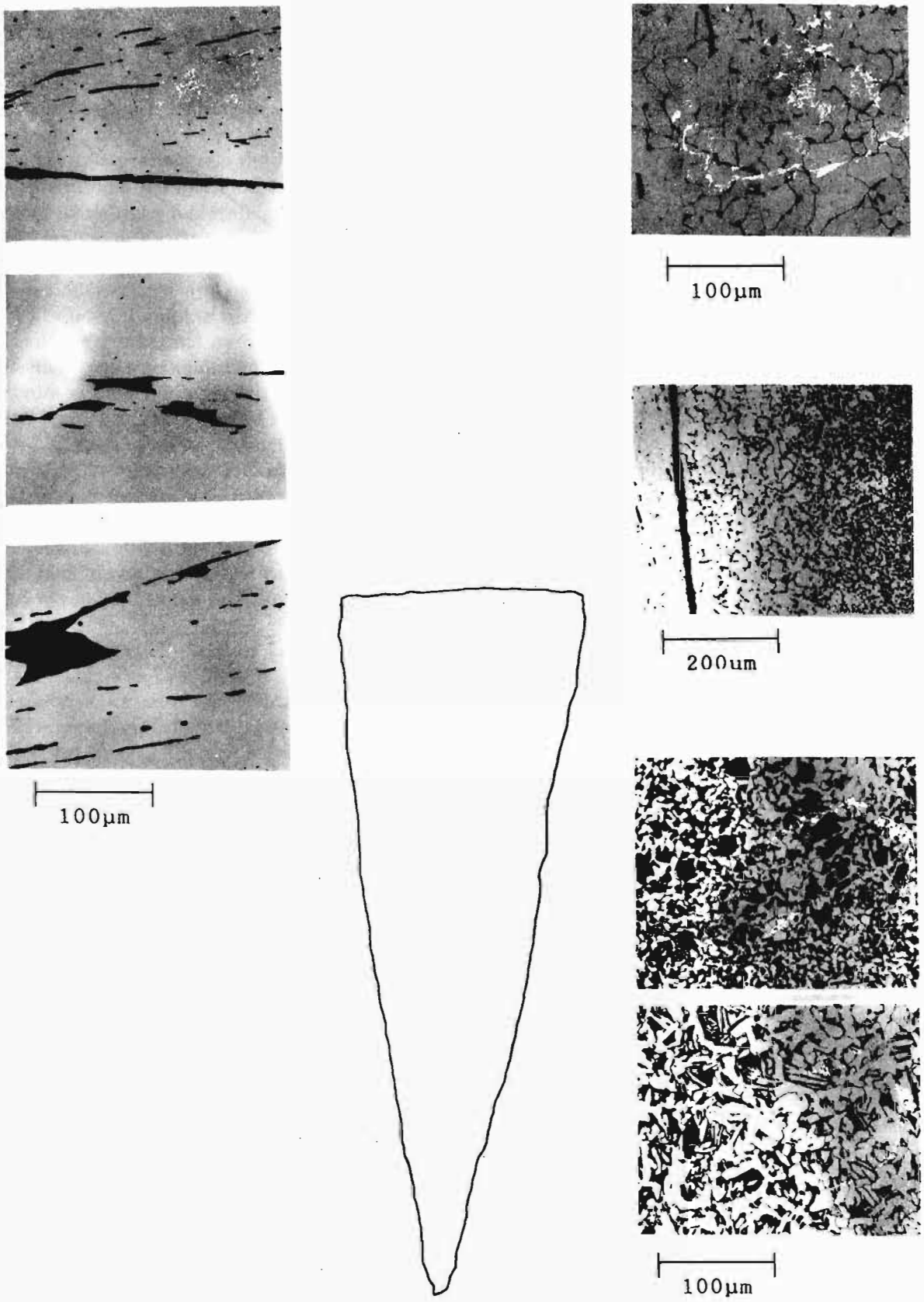
Metalografická analýza vzorky odobratej z priečneho prierezu v oblasti hrotu je na obr. 33. Na rozdiel od vzorky z miesta pod rukoväťou bolo v nej väčšie množstvo inklúzií pecnej trosky aj kremičitanových kováčskych inklúzií. Tieto inklúzie boli tvárnením usporiadané do riadkov. Príklady sú na strednej a spodnej fotografii na ľavej strane. Na hornej fotografii je znázornený pás v mieste zvaru, typické je, že od neho ďalej pokračoval pás kováčskych inklúzií.

Po naleptaní výbrusu sa dalo aj voľným okom pozorovať, že šabľa v tomto mieste bola vyrobená z troch polotovarov, nakovaných pozdĺžne od chrbta po ostrie. Stredný pás bol vyrobený z mierne nauhlíčeného feriticko-perlitického jemnozrnného materiálu. Obidva krajné pásy boli z nízkouhlíkového hrubozrnného feritického materiálu. Hrubozrnná feritická štruktúra krajných pásov je na hornom obrázku na pravej strane, feriticko-perlitická štruktúra stredného pásu na tretej fotografii odvrchu na pravej strane. Na druhej fotografii odvrchu na pravej strane je znázornené rozhranie medzi stredným a krajným pásom so zreteľným miestom zvaru. Celá oblasť ostria šable bola vytvrdená nauhlíčením na asi 0,30 hm. % uhlíka. Štruktúra ostria je na dolnej fotografii vpravo. Ostrie nebolo kalené.

Z metalografických analýz vyplýva, že šabľa bola vyrobená tzv. sandwichovou technikou, typickou pre avarské šable, teda navarením tenkých železných plátov po hrúbke. V porovnaní s inými



Obr. 32. Šebastovce. Metalografická analýza železnej šable, predmet 21, vzorka a.



Obr. 33. Šebastovce. Metalografická analýza železnej šable, predmet 21, vzorka b.

avarskými šablami, ktoré už analyzoval Ľ. *Mihok* (*Mihok - Soláriková - Hollý - Čilinská 1991*), bolo v tomto prípade rozmiestnenie plátov nie najvhodnejšie. Šable z pohrebiska v Želovciach mali obyčajne menej nauhlíčený plát v strede prierezu a viac nauhlíčené pláty na okrajoch, čím získali tvrdosť na povrchu a húževnatosť. Šabla zo Šebastoviec mala nauhlíčený plát v strede prierezu a mäkké nízkouhlíkové pláty na povrchu. Vytvrdenie ostria nauhlíčením však zabezpečilo pre šablu vhodné vlastnosti.

SPÔSOBY VÝROBY ŽELEZNÝCH PREDMETOV

Hodnotenie spôsobu výroby železných predmetov kováčskymi technikami na základe metalografických analýz je ovplyvnené množstvom obmedzení. Okrem niekoľko málo špecifických prípadov je veľmi obťažné určenie miesta kováčskeho zvaru. Kremičitanové inklúzie z kremenného piesku pridaného na rozpustenie okovín bývajú distribuované v celom materiáli. Rozhranie medzi štruktúrami je často výrazne ovplyvnené difúziou prvkov, hlavne uhlíka (*Pleiner 1983*). Ďalším výrazným obmedzením je spôsob vzorkovania. Len málo železných predmetov je vzorkovaných tak, že viacnásobným odberom vzoriek je charakterizovaná konštrukcia celého predmetu, pretože takýto spôsob vedie k úplnej deštrukcii. Vo väčšine prípadov sa volí spôsob vzorkovania tak, aby bolo možné predmet po skončení analýz rekonštruovať. To hlavne pri predmetoch s komplikovanejším tvarom zapríčiňuje, že rozdiely v konštrukcii nevzorkovaných častí sa nepostrehnú. Častým obmedzením pri metalografických analýzach je rozsiahla korózia, ktorá môže vylúčiť analýzu celých konštrukčných prvkov a viesť k neúplným záverom. Tieto faktory môžu v negatívnom zmysle ovplyvniť posudok metalografa.

Kováčske metódy výroby železných predmetov sú také staré, ako je samotná výroba železa z rúd. Ako uvádza *R. F. Tylecote* (*1992*), najstaršie predmety neboli kalené, ale väčšinou kované za studena, niektoré žíhané na 600 až 700 °C. Rozmach výroby železných predmetov v dobe laténskej priniesol vývoj mnohých kováčskych techník, využívajúcich spájanie materiálov s rozličnými vlastnosťami pri výrobe predmetov (*Pleiner 1980*). Sú známe rôzne spôsoby nakovania tenkých železných polotovarov pri výrobe železných zbraní v keltskej civilizácii (*Lang 1985*). Súčasne sa rozvíja aj delikátna kováčska technika výroby nakovaného vzoru (pattern welding), veľmi populárna v dobe rímskej (*Tylecote 1992*). Bežne sa používa nielen technika kalenia, ale aj popúšťania, odstraňujúceho niektoré negatívne vplyvy kalenia (*Rehder 1992*).

Pri výskume metód výroby železných predmetov v ranom stredoveku je potrebné si uvedomiť, že toto obdobie už neprinieslo žiadne nové štandardne používané kováčske techniky. Špecifické pre jednotlivé kultúry a vplyvy môžu byť spôsoby použitia týchto techník a hlavne znalosti o vlastnostiach materiálov a spôsoboch ich použitia tak, aby vyrobené predmety mali vysoké úžitkové vlastnosti.

V súbore predmetov boli analyzované dve železné strely. Jedna z nich bola po výrobe finálneho tvaru povrchovo nauhlíčená, druhá vyrobená z mäkkého nenauhlíčeného kujného železa; indície o možnom nauhlíčení hrotu neboli presvedčivé. Podľa *R. F. Tylecota* (*1992*) boli strely až do 14. stor. vyrábané z nenauhlíčeného železa. Je to pochopiteľné, pretože použitie nauhlíčenia, spôsobu veľmi náročného, pri predmetoch s malou návratnosťou je neadekvátne. Z tohto pohľadu sa práve vytvrdenie povrchu strely nauhlíčením, udávané v tejto práci, javí ako špecifické. Podobný problém zistil aj *J. Gömöri* (*1985*) pri železných strelách z konca 11. stor. Jedna z dvoch analyzovaných striel bola vyrobená len z nenauhlíčeného železa, druhá bola nauhlíčená aj kalená.

Analyzovaný súbor obsahoval aj tri kopije, dve z nich mali listovitú a jedna trojuholníkovitú formu hrotu. Kopije s listovitým hrotom boli vyrobené veľmi nekvalitne. Použitým materiálom bolo nenauhlíčené železo, známky systematického nauhlíčenia neboli zistené. Spôsob výroby potvrdzujú veľmi nekvalitné zvary. Ťažko predpokladať, že sa týmto predmetom pripisovala rovnaká váha dôležitosti a kvality ako železným strelám, je viac pravdepodobné, že tieto kopije boli vyrobené len na účely pohrebného rítu. Kopija s trojuholníkovým hrotom mala úplne iný charakter. Bola vyrobená z húževnatého nenauhlíčeného materiálu, ale koniec hrotu bol nauhlíčený, čím získal dostatočnú tvrdosť a celá kopija dostala požadované vlastnosti.

Analýza jednej z dvoch sekier ukázala štandardnú kováčsku techniku výroby tohto predmetu, používanú už od doby laténskej. Telo sekery spolu s oblasťou tulajky bolo vyrobené z húževnatého

nenauhlíčeného železa, resp. zo železa s nízkym obsahom uhlíka. Ostrie bolo nauhlíčené a získalo tak dostatočnú tvrdosť. Húževnatá feritická štruktúra v tele sekery jej dala trvanlivosť, teda mala schopnosť adsorbovať rázy a pnutia, pri používaní časté. Druhá sekera mala iný tvar a trochu rozdielny spôsob výroby. V tomto prípade bolo ostrie hlboko nauhlíčené a zakalené. Telo sekery bolo takisto vyrobené z nenauhlíčeného húževnatého železa. Štandardné vlastnosti tejto sekery boli zlepšené ešte intenzívnejším vytvrdením ostria. Je potrebné uviesť, že kalenie tohto druhu predmetu nebolo bežne používanou technikou, skôr sa uplatňovalo pri sečných zbraniach, nožoch, kosách a kosákoch. Vzhľadom na odlišný tvar obidvoch sekier možno predpokladať, že boli určené na rozdielne účely a na základe toho volili kováči aj rôznu techniku výroby. Ani na jednej zo sekier neboli pozorované výrobné metódy využívajúce navarenie nauhlíčených oceľových britov a navyše cementáciu povrchu v oblasti ostria, ako bolo bežné napr. pri mladšie datovaných kladivách (*Guillot - Fluzin - Benoit - Béranger 1987*).

Dva analyzované strmene nepatrili medzi predmety, ktorých výrobe venovali kováči zvýšenú pozornosť. Boli vyrobené z kratších železných prútov, resp. z ich zlomkov. Nebol zistený systematický prístup ku konštrukcii strmeňov z hľadiska použitých polotovarov. Pri výrobe boli zvarením pospájané železné prúty s rozdielnymi štruktúrami, ktoré v takomto zložení kvalitu predmetu nemohli zvyšovať. Možno predpokladať použitie zvyškového materiálu. Ak zoberieme do úvahy vzácnosť železných materiálov v skúmanom období a nenáročnú funkciu strmeňa z hľadiska namáhania, opísaný spôsob konštrukcie sa javí ako prijateľný.

Rovnaké konštatovanie ako pri vyššie opísaných strmeňoch bolo urobené aj pri hodnotení spôsobu výroby jedného z troch analyzovaných zubadiel, teda i tento predmet bol vyrobený zo zvyškového železného materiálu. Aj tu vzhľadom na charakter použitia zubadla bol takýto spôsob výroby prijateľný. Ďalšie dve zubadlá boli však vyrobené z cieľavedome vybratého materiálu s požadovanými vlastnosťami. Pre charakter použitia zubadla je najvhodnejší húževnatý nenauhlíčený železný materiál alebo materiál s nízkym obsahom uhlíka. Vytvrdenie častí zubadla nauhlíčením alebo zakalením nie je nutné. Práve z takýchto materiálov boli vyrobené ďalšie dve zubadlá, jedno z nenauhlíčeného feritického materiálu, druhé z mierne nauhlíčeného feriticko-perlitického materiálu. Rovnomernosť, dosiahnutá pri miernom nauhlíčení polotovarov, svedčí o vysokej zručnosti kováčov. Takýto spôsob výroby patril pravdepodobne do všeobecných znalostí kováčov v danom období, pretože pri analýze železných predmetov z nie veľmi vzdialenej slovanskej osady z rovnakého obdobia v Blatných Remetách bolo zistené, že zubadlo bolo vyrobené z čisto feritického materiálu (*Mihok - Soláriková - Hollý 1991*). Je dosť obťažné komentovať nekvalitný spôsob výroby jedného zo zubadiel. Môže súvisieť s importom predmetu, nedostatočnými znalosťami a so zručnosťou kováča, ale aj s postavením alebo solventnosťou zákazníka.

Súbor analyzovaných železných predmetov obsahoval aj dve pracky. Na obidvoch bol zistený vhodný spôsob výroby, zaručujúci požadované vlastnosti. Jedna z praciek bola vyrobená nakovaním nízkouhlíkových feritických materiálov, z ktorých jeden bol lokálne nauhlíčený, čo pravdepodobne nesúviselo s výrobou samotnej pracky. Druhá pracka bola vyrobená náročnejším spôsobom, bol použitý mierne nauhlíčený materiál, na povrchu na jednej strane hlbšie nauhlíčený. Aj keď sa takto získal tvrdší povrch, účel takéhoto spôsobu výroby pri predmete typu pracky je nejasný. Pri napojení tŕňa na oko pracky boli obidve časti vyžíhané a rýchlejšie ochladené, čo malo pozitívny vplyv na tvrdosť.

V súbore analyzovaných predmetov boli v najväčšom množstve zastúpené nože. Práve nože sú veľmi častým objektom archeometalurgických analýz, ktoré poskytujú informáciu mnohokrát o veľmi rozdielnych spôsoboch výroby na tej istej lokalite. *R. F. Tylecote* (*1992*) uvádza príklady výroby stredovekých nožov, keď bol použitý spôsob nakovania polotovarov vo forme pásov alebo navarenie nauhlíčeného ostria a prípadné zakalenie. Nože z Maďarska z 11. stor. (*Gömöri 1985*) vykazujú nauhlíčené, prípadne aj zákalné štruktúry v oblasti ostria a nenauhlíčené alebo nízkonauhlíčené konštrukčné materiály v telách. Analýza nožov zo slovanskej osady v Blatných Remetách doložila tiež niekoľko spôsobov výroby nožov (*Mihok - Soláriková - Hollý 1991*), najčastejšie sa používalo nauhlíčenie celého predmetu, resp. polotovarov, z ktorých bol nôž vyrobený. Bolo zaznamenané aj kalenie jedného z nožov.

V súbore nožov zo Šebastoviec sa vyskytli dva nože nauhlíčené a kalené tak, že bol zakalený celý predmet. Rozdiel sa javil v hĺbke nauhlíčenia a hlavne v jeho rovnomernosti. Z tohto dôvodu

mal jeden z nožov rovnomernú martenzitickú štruktúru, v druhom noži sa takáto štruktúra vyskytovala len lokálne. Ďalší nôž bol v porovnaní s týmito kvalitnými výrobkami menej vhodný. Bol vyrobený z mäkkého nenauhlíčeného železa, len v oblasti ostria veľmi mierne nauhlíčený. Veľký železný nôž bol vyrobený spôsobom, akým sa vyrábajú sečné zbrane, a to z troch polotovarov, nakovaných po hrúbke priečneho prierezu. Stredný polotovar bol z nízkouhlíkového mäkkého a húževnatého železa, krajné polotovary z nauhlíčeného železa. Tým sa získala povrchová tvrdosť aj húževnatosť noža. Tieto vlastnosti boli ešte ďalej zlepšené hlbokým nauhlíčením a zakalením ostria.

Analýzy ukázali vysokú úroveň kováčskej techniky a znalosť používaných materiálov pri výrobe nožov. Najkrajším príkladom tejto techniky bol nôž s nakovaným vzorom. Na chrbte z mäkkého nenauhlíčeného železa bol vytvorený vzor nakovaním tenkých pásikov nauhlíčeného a nenauhlíčeného železa, ostrie bolo hlboko nauhlíčené a zakalené. Tento nôž mal vysokú umeleckú aj úžitkovú hodnotu. Podobný nôž analyzoval *Ľ. Mihok* v súbore nálezov zo stredovekej lokality na Sitne (*Mihok - Hollý - Žebrák 1993*).

Pretože analýza slovansko-avarských sečných zbraní z rovnakého obdobia už bola urobená (*Mihok - Soláriková - Hollý - Čilinská 1991*), analýza šable zo Šebastoviec len potvrdila štandardnú techniku výroby týchto zbraní nakovaním tenkých železných polotovarov tzv. sandwichovou technikou. Spôsob umiestnenia polotovarov podľa ich štruktúry nebol identický s nálezmi zo Želoviec.

Výsledky semikvantitatívnej spektrálnej analýzy dokumentujú veľké množstvo stopových prvkov v analyzovaných predmetoch. Predmety sa odlišujú, časť dosť výrazne, práve v prítomnosti vedľajších a stopových prvkov. Železo bolo vyrábané buď priamo na sídlisku v Šebastovciach, alebo na niektorej blízkej lokalite. Zdroje železných rúd sa nachádzali v blízkych výbežkoch Slovenského rudohoria. Veľké množstvo prímesových a stopových prvkov je pre tieto ložiská typické. Z analýz ďalej vyplýva, že bolo naraz exploatovaných viacej ložísk železných rúd, čo je pochopiteľné, lebo mali len veľmi limitovaný rozsah. Napriek tomu badať, že niektoré predmety boli vyrobené zo železa, pri tavení ktorého sa použila ruda z rovnakého ložiska. Ide napr. o obidve sekery - predmety 5 a 13 alebo o kopiju a strmeň - predmety 9 a 10. Z celého súboru sa vymyká len kresadlo - predmet 8, ktoré mohlo byť importom.

SÚHRNNÉ POZNATKY O VÝROBE ŽELEZNÝCH PREDMETOV NÁJDENÝCH NA SLOVANSKO-AVARSKOM POHREBISKU V ŠEBASTOVCIACH

Z metalografických analýz 21 železných predmetov boli odvodené tieto poznatky:

- Prítomnosť inklúzií pecnej trosky v kove a ich zloženie dokazuje, že kov bol vyrobený v malej redukčnej piecke zo vsádzky pozostávajúcej zo železnej rudy a z drevného uhlia.
- Z výťažku železa v redukčnej piecke boli pripravené polotovary, ktoré slúžili na výrobu železných predmetov.
- Kováči, výrobcovia analyzovaných predmetov, poznali všetky v tej dobe používané štandardné kováčske techniky, ktoré využívali pri výrobe predmetov tak, aby získali ich najlepšie úžitkové vlastnosti.
- Niektoré predmety, ktorých použitie nebolo náročné na vysoké namáhanie, vyrábali zo zvyškov železných polotovarov.
- Dve analyzované kopije boli vyrobené z mäkkého nenauhlíčeného železa a ich kvalita bola nízka. Je predpoklad, že boli vyrobené len na účely pohrebného rítu.
- Boli zistené rôzne spôsoby výroby železných nožov, ktoré používali kováči v osade. Bežnou technikou bolo nauhlíčenie celého noža a zakalenie. Na jednom z nožov bol zistený spôsob výroby ozdobného vzoru nakovaním tenkých polotovarov z nauhlíčeného a nenauhlíčeného železa. Veľký železný nôž bol konštruovaný spôsobom používaným pri výrobe väčších sečných zbraní.
- Analýza šable potvrdila spôsob výroby východného pôvodu tzv. sandwichovou technikou.
- Opísané rozbory sú malým príspevkom k znalostiam o bohatých tradíciách výroby a spracovávania kovov v Karpatskej kotline, teda aj na území dnešného Slovenska.

Tab. 1. Zoznam železných predmetov vybratých na metalografickú analýzu

Porad. číslo	Číslo hrobu	Číslo nálezu	Predmet
1	221	102/69	nôž
2	232	220, 221	2 strely
3	221	105/69	kopija
4	238	298	kopija
5	132	202 (27/68)	sekera
6	161	316	2 strely
7	164	337 (27/68)	nôž
8	83	361	kresadlo
9	161	321 (12/68)	kopija
10	254	61/70	strmeň
11	232	256/69	strmeň
12	233	268/69	pracka
13	232	242/69	sekera
14	289	186/70	zubadlo
15	254	59/70	zubadlo
16	254	47/70	veľký nôž
17	300	223/70	nôž
18	307	235/70	nôž
19	293	207/70	pracka
20	230	193/69	zubadlo
21			šabľa

Tab. 2. Výsledky polokvantitatívnej spektrálnej analýzy, hm. %

Číslo vzorky	Hlavné komponenty 100-1 %	Vedľajšie komponenty 1-0,01 %	Stopové komponenty 0,01-0,0001 %
5	Fe	Si, Mn, Cu, Al, Ti, Mg, Ni, Pb	Sb, V, Zr, Mo, Ag, Zn
6	Fe, Si	Mn, Pb, Cu, Al, Co, Ni, V, Mg	Sn, In, Ag, Zn, Bi
7	Fe	Si, Mn, Ti, Al, Cu, Sb, Cr, Mg	Ni, V, Zr, Mo, Ag, Zn, Sn
8	Fe	Si, Mg	Sn, Cu, Mn, Ni, Co, Ag, Zn, In, Bi
9	Fe	Si, Ti, Al, Ni, Mg	Mn, V, Zr, Cu, Mo, Ag, Zn
10	Fe	Si, Ti, Al, Cu, Mg	Mn, Ni, V, Zr, Mo, Ag, Zn, In
11	Fe, Si	Mn, Cu, Ni, V, Mg	Sn, In, Ag, Zn, Bi
12	Fe	Si, Cu, Mg, Mn, Ni	Sn, Co, In, Ag, Zn, Bi
13	Fe	Si, Mn, Ti, Cu, Al, Ni, Sb, Mg	V, Co, Zr, Mo, Ag, Zn
15	Fe, Si	Pb, Cu, Co, Ni, V, Al, Mg, Mn	Sn, In, Ag, Zn, Bi
21	Fe	Si, Ti, Cu, Al, Sb, Mg	Mn, Ni, V, Pb, Co, Zr, Mo, Ag, Zn, Sn

Literatúra

BUDINSKÝ-KRIČKA, V. 1968: Výskum eneolitického a slovansko-avarského pohrebiska v Šebastovciach. Archeol. Rozhl., 20, s. 213-219.

BUDINSKÝ-KRIČKA, V. 1978: Šebastovce. In: Významné slovanské náleziská na Slovensku. Bratislava, s. 208-214.

BUDINSKÝ-KRIČKA, V. - TOČÍK, A. 1984: Jazdecký hrob 94/1967 z doby avarskej ríše v Košiciach, časť Šebastovce. In: Zborník prác Ľudmile Kraskovskej (k životnému jubileu). Bratislava, s. 172-195.

GÖMÖRI, J. 1985: Some Relics of the Early Hungarian Blacksmith's Craft. In: The Craft of Early Blacksmiths. Dublin, s. 131-145.

GUILLOT, I. - FLUZIN, P. - BENOIT, P. - BÉRANGER, G. 1987: Mise en forme et utilisation de marteaux de mineurs du XVIème siècle. In: Archaeometallurgy of Iron. Liblice, s. 459-474.

LANG, J. 1985: The Technology of Celtic Iron Swords. In: The Craft of Early Blacksmiths. Dublin, s. 61-89.

MIHOK, Ľ. - CENGEL, P. - WYDERKO, M. 1987: Hodnotenie štruktúry zvárkových trosiek. Hutn. Listy, č. 5, s. 371-374.

MIHOK, Ľ. - HOLLÝ, A. - ŽEBRÁK, P. 1993: Hutnícka výroba na hradisku na Sitne. Hutn. Listy, č. 2, s. 46-50.

MIHOK, Ľ. - MIROŠŠAYOVÁ, E. 1993: Počiatky výroby železa na území Slovenska. Oceľové plechy, č. 3/4, v tlači.

MIHOK, Ľ. - SOLÁRIKOVÁ, M. - HOLLÝ, A. 1991: Výroba železných predmetov v slovanskej osade v Blatných Remetách. Hutn. Listy, č. 1/2, s. 103-107.

MIHOK, Ľ. - SOLÁRIKOVÁ, M. - HOLLÝ, A. - ČILINSKÁ, Z. 1991: Archeometalurgický výskum sečných zbraní z pohrebiska v Želovciach. In: K problematike osídlenia stredodunajskej oblasti vo včasnom stredoveku. Nitra, s. 67-101.

MIROŠŠAYOVÁ, E. - JAVORSKÝ, F. - MIHOK, Ľ. - HOLLÝ, A. 1991: Metalurgická činnosť na lokalite Pod zelenou horou v Hrabušiciach. In: Nové Obz. 32. Košice, s. 71-97.

PIASKOWSKI, J. 1985: Proposals for a Standardization of the Criteria for Determining Technological Processes in Early Iron and Steel Metallurgy. In: The Craft of Early Blacksmiths. Dublin, s. 157-168.

PLEINER, R. 1962: Staré evropské kovářství. Praha.

PLEINER, R. 1980: Early Iron Metallurgy in Europe. In: The Coming of the Age of Iron. Ed. T. A. Wertime a J. D. Muhly. Yale, s. 375-415.

PLEINER, R. 1983: Třicet let archeometalurgického výzkumu k dějinám železa v Československu. In: Dějiny věd a techniky 83. 16. Praha, s. 97-113.

REHDER, J. E. 1992: Iron Versus Bronze for Edge Tools and Weapons. JOM, 8, s. 42-46.

TYLECOTE, R. F. 1992: A History of Metallurgy. London.

METALLOGRAPHIC ANALYSES OF IRON OBJECTS PRODUCTION FROM CEMETERY OF AVAR EMPIRE PERIOD IN ŠEBASTOVCE

Summary

The paper presents metallographic analysis of 21 iron objects found in a Slav-Avar cemetery in Šebastovce dated to the 7th - 8th centuries A. D. Following the analyses results methods of iron objects manufacturing were derived and discussed. Blacksmiths, producers of analyzed iron objects, mastered all contemporary standard smithy techniques and knew properties of iron material used for manufacturing. Their knowledge and skills led to high utility values of the objects. Blacksmiths produced some objects that were applied in conditions not demanding high strain resistance, from waste iron material in the smithy. A pattern-welding technique was also studied in analysis of one of the knives. Similarities in production methods of iron objects from a Slav-Avar cemetery in Šebastovce, a Slav-Avar cemetery in Želovce and a Slav settlement in Blatné Remety were found.

Fig. 1. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron knife, object 1.

Fig. 2. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron arrowhead, object 2.

Fig. 3. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron spearhead, object 3, sample a.
Fig. 4. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron spearhead, object 3, sample b.
Fig. 5. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron spearhead, object 4, sample a.
Fig. 6. Šebastovce. A metallographic analysis of an rion spearhead, object 4, sample b.
Fig. 7. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron axe, object 5, sample a.
Fig. 8. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron axe, object 5, sample b.
Fig. 9. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron arrowhead, object 6.
Fig. 10. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron knife, object 7.
Fig. 11. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron steel, object 8.
Fig. 12. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron spearhead, object 9, sample a.
Fig. 13. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron spearhead, object 9, sample b.
Fig. 14. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron stirrup, object 10, sample a.
Fig. 15. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron stirrup, object 10, sample b.
Fig. 16. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron stirrup, object 11, sample a.
Fig. 17. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron stirrup, object 11, ample b.
Fig. 18. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron buckle, object 12, sample a.
Fig. 19. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron buckle, object 12, sample b.
Fig. 20. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron axe, object 13, sample a.
Fig. 21. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron axe, object 13, sample b.
Fig. 22. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron snaffle-bit, object 14, sample a.
Fig. 23. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron snaffle-bit, object 14, sample b.
Fig. 24. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron snaffle-bit, object 15, sample a.
Fig. 25. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron snaffle-bit, object 15, sample b.
Fig. 26. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron knife, object 16.
Fig. 27. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron knife, object 17.
Fig. 28. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron knife, object 18.
Fig. 29. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron buckle, object 19.
Fig. 30. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron snaffle-bit, object 20, sample a.
Fig. 31. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron snaffle-bit, object 20, sample b.
Fig. 32. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron sabre, object 21, sample a.
Fig. 33. Šebastovce. A metallographic analysis of an iron sabre, object 21, sample b.

ŠTUDIJNÉ ZVESTI ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU SAV, 31, 1995

VYUŽITIE VÝSLEDKOV ARCHEOMETALURGICKÝCH ANALÝZ V HISTORICKEJ INTERPRETÁCII

Zlata Čilinská

Názov tohto príspevku je nutné doplniť o časové vymedzenie, a tým je 7.-8. stor., ktoré v slovenských národných dejinách predstavuje obdobie všestranného, intenzívneho rozvoja slovanských kmeňov na našom území, obdobie, do ktorého patrí aj vytvorenie prvého politického útvaru Slovanov - Samovej ríše (*Čilinská 1992*, s. 7-22). Preto je pochopiteľné, že slovenská archeológia venovala tejto dobe značnú pozornosť. V posledných desaťročiach realizovala rozsiahle terénne výskumy, ktorými získala solídnu pramennú bázu ako východisko pre štúdium historického vývoja spoločnosti. Použila som výraz solídnu pramennú bázu, nie dostačujúcu, pretože, ako dnešný stav bádania ukazuje, ani tento súbor početných a rôznorodých nálezov nie je dostačujúci na vyriešenie celej škály problémov, ktoré sú postavené pred historické bádanie.

Archeologické pramene zo 7.-8. stor. pochádzajú predovšetkým z pohrebísk (sídliská sú ojedinelé), čo znamená, že ich typologické rozpätie je neobyčajne široké. Predpokladá sa, že len železných predmetov je niekoľko desiatok druhov; ďalšie nálezy sú z bronzu, zo zlata, striebra, skla, z kostí, hliny, kameňa a iných surovín. Vyrobené boli rozdielnou technológiou, pri ktorej bola použitá rôzna technika. Pojem technika sa vzťahuje predovšetkým na pracovné prostriedky, ktorými nie sú len výrobné prostriedky, nástroje a zariadenia, ale aj všetky materiálne podmienky potrebné k výrobnému procesu (*Kolčin 1978*, s. 31). Poznanie tohto všetkého umožňuje bádateľovi vytvoriť hlbší, širší a komplexnejší historický obraz skúmanej doby.

Za súčasného stavu bádania je vypracovaná typologicko-chronologická schéma, ktorá je podkladom pre ďalšie štúdium vývoja spoločnosti v chronologickom slede, jej kultúrneho, politického a ekonomicko-sociálneho stavu. Výsledky však ukazujú, že napriek snahe archeologického bádania sa nevyriešili všetky otázky (*Čilinská 1986*, s. 27-32), ale že sa dospelo do štádia, keď je potrebné prehlbovať štúdium novými metodickými postupmi, založenými na exaktnom výskume archeologických nálezov viacerými vednými disciplínami, nevynímajúc technické vedy. Ich intenzívne prenikanie do analytického štúdia spôsobilo kvalitatívne zmeny vo vypovedacej schopnosti pramennej bázy. Archeologické nálezy samy o sebe neprehovorili veľmi zreteľne, preto sa musia využiť objektívne metódy, ktoré odhalia ich rôzne vlastnosti. Inými slovami povedané, historický rámec doby vypracovaný archeologickým štúdiom je potrebné zaplniť mozaikou poznatkov získaných spoluprácou archeológie s inými vednými odbormi.

Pri výskume 7.-8. stor. spolupráca s technickými vedami trvá už niekoľko desaťročí, ale žiaľ, nie v potrebnej miere. Z desaťtisícov nájdených železných predmetov bolo archeometalurgicky skúmaných sotva niekoľko desiatok. Už prvé analýzy však ukázali, že ich výsledky môžu, resp. musia byť zaradené k historickým prameňom, akými sa v procese bádania stávajú.

Doteraz boli analyzované rôzne druhy výrobkov. Najčastejšie zbrane, ale aj nástroje a úžitkové predmety. Na začiatku spolupráce sa dávali na rozbor nálezy vybrané viac-menej náhodne, dnes je to už výber systematický, podľa problematiky, ktorá má byť osvetlená (napr. pri štúdiu technológie výroby u jednotlivých národov sa skúmajú predmety rôznej proveniencie). Nie je účelom tohto príspevku podať súhrn doteraz realizovaných archeometalurgických analýz, ktoré sú takmer všetky publikované (*Pleiner 1967*, s. 77-188; *1979*, s. 625-628; *Mihok - Solariková - Hollý - Čilinská 1991*, s. 67-101; *Mihok - Hollý - Čilinská 1993*, s. 232-236; *Longauerová - Kocich 1993*, s. 254-259 a ď.), ale rada by som poukázala práve na prínos metalurgických analýz pre historické štúdium.

Analyzované nálezy boli pozorované makro- a mikroskopicky, zisťovala sa čistota kovu, určoval sa typ nemetalických prímesí, merala sa tvrdosť a mikrotvrdosť a robila sa spektrálna a chemická analýza. Výsledky sa stali, ako som už uviedla a opäť zdôrazňujem, historickými prameňmi, ktoré významom nezaostávajú za ostatnými historickými prameňmi. Ich využitie ponúklo nové možnosti pre štúdium dejinného vývoja spoločnosti, najmä niektorých okruhov problémov.

Prvým je problém stavu remeselnej výroby. Metalurgické rozbory potvrdili vysoký stupeň rozvoja železiarskej výroby. Ukázali, že spracovanie železa patrilo už v 7.-8. stor. k najvyspelejším remeslám a niektoré výrobky boli produktmi už špecializovaných remeselníkov. Zatiaľ čo pri archeologickom štúdiu možno rozlíšiť iba typologické rysy, metalurgické analýzy doložili technológiu výroby, od ktorej závisela kvalita výrobkov, a tým umožnili hlbšie poznanie výroby, napr. že výrobcovia mali značné odborné znalosti, že používali zložité technologické postupy v špecializovaných dielňach a ich produkty boli určené pre trh (*Pleiner 1967*, s. 138). Z doterajších analýz vyplýva, že celkovo jednoduchšími postupmi bolo vyrobené poľnohospodárske náradie (*Pleiner 1967*, s. 138), zatiaľ čo zbrane a remeselnícke nástroje vyrobili na túto dobu neobyčajne zložitými technologickými postupmi.

Tieto závery sú podkladom pre ďalšie štúdium ekonomicko-sociálneho stavu spoločnosti. Je nepochybné, že špecializáciu remesla a jeho samostatné postavenie v hospodárskej sústave umožnila len dostatočne vyspelá poľnohospodárska výroba s vysokou produkciou (*Beranová 1980*). A tak sledovanie problematiky poľnohospodárstva sa odvíja aj od výsledkov metalurgických analýz. Napriek predchádzajúcemu konštatovaniu o menej kvalitnej výrobe poľnohospodárskych nástrojov treba povedať, že niektoré z nich, napr. kosa z hromadného nálezu z Gajár (*Pleiner 1967*, s. 116), boli zhotovené náročnou technikou, zaručujúcou kvalitu nástroja, ktorá zase podmieňovala kvalitu poľnohospodárskych prác, a tým aj výšku produkcie. Je nutné zvýšiť počet metalurgických analýz nálezov vrátane poľnohospodárskeho náradia, aby sa zistila celá škála kvality technológie ich výroby, a tak sa precizovalo poznanie stavu poľnohospodárskej výroby, výšky produkcie a zodpovedala otázka, či bola dostatočná na uživenie aj tej časti spoločnosti, ktorá sa už poľnohospodárstvom nezaoberala.

V súvise s riešením ekonomických problémov sú metalurgické analýzy využiteľné aj pri štúdiu ďalších problémov. Poznatok o výške a kvalite produkcie špecializovaných remeselníkov - kováčov nastoľuje otázku distribúcie ich produktov, t. j. obchodu. Zložitý obeh železných výrobkov potvrdzujú okrem hromadných nálezov aj výsledky metalurgických analýz, podľa ktorých sa produkty vyrobené rovnakou technológiou nachádzajú v rôznom prostredí. Pokiaľ ide o hroby, neobyčajne kvalitné výrobky sú niekedy vo veľmi chudobnom hrobe, niekedy sú dokonca jedinou prílohou pri mŕtvom, ako to bolo napr. v hrobe 588 v Devínskej Novej Vsi, v ktorom bol nôž prvotriednej kvality, vyrobený z tvrdej ocele (*Eisner 1952*, s. 131; *Pleiner 1967*, s. 117). Nebudem uvádzať príklady, keď naopak v hrobe s bohatým inventárom, svedčiacim o zámožnom jedincovi, sa nachádzali artefakty nekvalitnej výroby, pretože nie sú ojedinelé. Ich význam pri štúdiu pohybu tovaru však nebol doteraz docenený.

Archeologické bádanie sa nezaobíde bez pomoci archeometalurgie ani pri skúmaní stavu výroby v širšom geografickom prostredí, t. j. u viacerých etník či národov. Obdobie, o ktorom hovoríme, sa na strednom Dunaji vyznačovalo zvýšenými aktivitami v rôznom smere, ktoré čiastočne spôsobil aj príchod Avarov do Karpatskej kotliny (*Avenarius 1974; Pohl 1988*). Početné vojnové ťaženia, ale aj zvýšený obchodný ruch, sú pre tento časový úsek charakteristické. Následkom toho sa na archeologických lokalitách nachádzajú popri domácich produktoch aj výrobky cudzej proveniencie, získané obchodom alebo ako vojnová korisť, či dar. Posúdiť úroveň výroby v tej-ktorej oblasti patrí k úlohám, aké sa môžu riešiť len spoluprácou s metalurgickým výskumom. Výsledky, ktoré sa doteraz v tomto smere získali, napr. pri štúdiu zbraní východného typu (považované za domáci produkt vyrobený v avarskom kaganáte) a zbraní západného - franského pôvodu prekvapili, pokiaľ ide o technológiu výroby, faktmi, ktoré sa neočakávali. Západné zbrane, pochádzajúce zo všestranne vyspelej Franskej ríše, sa aj v našom prostredí považovali za prvotriedne výrobky. Metalurgické analýzy dvoch sečných zbraní západného pôvodu zo Želoviec (*Mihok - Solariková - Hollý - Čilinská 1991*, s. 90) ukázali, že opak je pravdou. Išlo o zbrane zhotovené nekvalitnou výrobou, a také nekvalitné zbrane vlastnili bojovníci strážiaci v 7. stor. strategicky dôležitú oblasť v Poiplí (*Čilinská 1983*, s. 253-258). Túto skutočnosť však nemožno generalizovať, pretože výskum dvoch exemplárov z jedného pohrebiska nie je dostačujúcim podkladom pre konečné závery. Na tie bude potrebné počkať až do získania dostatočného počtu analýz. Pred archeológmi teraz stojí úloha účelovo vybrať na metalurgické analýzy ďalšie zbrane západnej proveniencie, a tým rozšíriť pramennú bázu. Terajšia situácia si vyžaduje analýzy západných zbraní:

1. z ďalších pohrebísk južného Slovenska tvoriaceho severný okraj kaganátu,
2. z centrálnej oblasti kaganátu,

3. z materskej oblasti výroby, t. j. z územia Franskej ríše.

Tým by sa vytvorila základňa údajov umožňujúcich urobiť závery so širšou platnosťou. Dovtedy všetky úvahy o tom, že nekvalitné zbrane sa importovali pre ich cenovú prístupnosť, alebo o tom, že Franská ríša nemala v úmysle zásobovať kvalitnými zbraňami svojich potenciálnych nepriatelov, či ďalšie závery, ostávajú len v rovine hypotéz.

Istým podnetom pre archeologické štúdium boli aj výsledky metalurgických analýz mečapaloša, typologicky patriace k zbraniam domáceho pôvodu. Ukázalo sa, že paloš sa konštrukciou podobal západným zbraniam so všetkými znakmi nekvalitnej výroby (*Mihok - Solariková - Hollý - Čilinská 1991*, s. 89). Tento fakt nás upozornil na komplikovanú situáciu vo výrobnej i v distribučnej sfére v avarskom kaganáte, ale žiaľ, neumožnil nám ju pochopiť a vysvetliť. Preto si budeme opäť musieť počkať na analýzy ďalších analogických zbraní.

Cieľom tohto príspevku je predovšetkým upozorniť na nedozierny význam archeometalurgických analýz pre historické bádanie jednej etapy vývoja spoločnosti, ale za predpokladu, že ich kvantita vzrastie. Je to popri kvalite analýz prvoradá podmienka, pretože rozbory ojedinelých exemplárov nie sú smerodajné pre konečné historické závery v širších súvislostiach. Ojedinelý prameň, a takými sú doterajšie analýzy, je síce podnetný, prípadne aj upozorňuje na chybný smer štúdia, ale neusmerňuje ho správnym smerom a neumožňuje robiť konečné závery. Tým nechcem povedať, že doterajšie nepočetné analýzy nemajú význam. Nimi sa môžu spochybniť tradované nedostatočne overené závery, v našom prípade napr. o vynikajúcom avarskom kováčstve, keď viaceré z analyzovaných šablí sú nekvalitné a neboli vyrobené špičkovou technikou (*Pleiner 1979*, s. 627). Je možné, že do hrobov sa dávali z rituálnych dôvodov aj nekvalitné zbrane vyrobené na pohrebné účely? Boli zbrane iba spoločenským symbolom, ktorý predstavovali aj nekvalitné exempláre? Interpretačných možností je viac, konečné závery bude však možné robiť po ďalšom štúdiu, v ktorom nie zanedbateľnú úlohu bude mať archeometalurgia.

Literatúra

AVENARIUS, A. 1974: Die Awaren in Europa. Bratislava.

BERANOVÁ, M. 1980: Zemědělství starých Slovanů. Praha.

ČILINSKÁ, Z. 1983: The Development of the Slav North of the Danube during the Avar Empire and their Social-Cultural Contribution to Great Moravia. Slov. Archeol., 31, s. 237-275.

ČILINSKÁ, Z. 1986: Južné Slovensko v dobe avarského kaganátu. In: Štud. Zvesti Archeol. Úst. SAV. 22. Nitra, s. 27-32.

ČILINSKÁ, Z. 1992: Slovania a avarský kaganát. Bratislava.

EISNER, J. 1952: Devínska Nová Ves. Bratislava.

KOLČIN, B. A. 1978: Interpretácia vied a archeológia. In: Leninské myšlienky v skúmaní dejín prvotnospolnej, otrokárskej a feudálnej spoločnosti. Nitra, s. 30-42.

LONGAUEROVÁ, M. - KOCICH, J. 1993: Structure of the early-medieval steel sickles from Pobedim and Šebastovce. In: Actes du XIIe Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques. Bratislava, 1-7 Septembre 1991. Bratislava, s. 254-259.

MIHOK, L. - HOLLÝ, A. - ČILINSKÁ, Z. 1993: Archeometallurgy of Slav iron objects. In: Actes du XIIe Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques. Bratislava, 1-7 Septembre 1991. Bratislava, s. 232-236.

MIHOK, L. - SOLARIKOVÁ, M. - HOLLÝ, A. - ČILINSKÁ, Z. 1991: Archeometalurgický výskum sečných zbraní z pohrebiska v Želovciach. In: K problematike osídlenia stredodunajskej oblasti vo včasnom stredoveku. Nitra, s. 67-102.

PLEINER, R. 1967: Die Technologie des Schmiedes in der Grossmährischen Kultur. Slov. Archeol., 15, s. 77-188.

PLEINER, R. 1979: Zur Technik der Säbel aus den slawisch-awarischen Gräberfeldern der Südslowakei. In: Rapports du IIIe Congrès International d' Archéologie Slave. Bratislava 7-14 Septembre 1975. Bratislava, s. 625-628.

POHL, W. 1988: Die Awaren. München.

USING OF ARCHAEOMETALLURGICAL ANALYSES RESULTS IN HISTORICAL INTERPRETATION

Summary

In the process of studying past results of archaeometallurgical analyses became historical sources usable in some spheres of historical research. In the framework of studies of historical development in the 7th - 8th cent. A. D. in the middle-Danubian territory, especially weapons as well as tools and utility objects were analysed. Results of analyses has extended the source basis and became essential for knowledge on handicraft and agricultural production levels as well as exchange contacts not only in the territory of the Avar khaganate but also in the wider geographical context.

Conclusions built on the basis of existing results in an interdisciplinary cooperation between archaeology and archaeometallurgy are only on a level of hypotheses - it is not possible to generalize them considering small number of analysed objects which cannot be the basis for definitive theories.

The task of the next research will be to increase the number of analyses of archaeological finds selected systematically according to a topic needed to be enlightened.

PÔVOD POVRCHOVÝCH VRSTIEV ŽELEZNEJ SEKERY Z POHREBISKA V BOROVCIACH

Danica Staššíková-Štukovská

(Apendix 1 - Peter Brziak)

V centre záujmu výskumu, ktorého výsledkami sa zaoberá tento príspevok, bolo riešenie otázky, či sa na povrchu železnej sekery z hrobu 221 zo včasnostredovekého pohrebiska v Borovciach (okr. Trnava) nachádza prirodzene vzniknutá bežná korózna vrstva, prípadne nalepené vrstvy pochádzajúce z pôdneho prostredia, napr. v podobe nerozpustných kremičitanov, alebo úmyselne nanesené vrstvy. Riešenie tejto otázky si vyžadovalo interdisciplinárnu spoluprácu viacerých odborov a rôzne analýzy. (Chemické analýzy, ktoré boli zhotovené vo Výskumnom ústave zváračskom v Bratislave, tvoria samostatnú časť - apendix 1.) Pri všetkých analýzach sa stanovila zásada nepoškodzovať sekeru deštruktívnym spôsobom.

OKOLNOSTI NÁLEZU

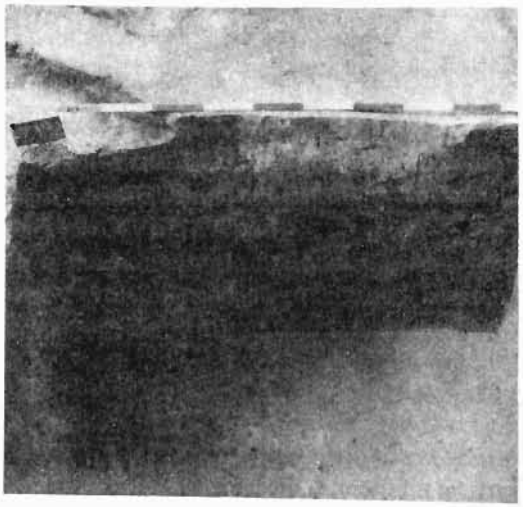
Borovce sa nachádzajú 10 km juhozápadne od Piešťan. V južnej časti intravilánu je situované včasnostredoveké kostrové pohrebisko (rámcovo datované do 8.-11. stor.), ktoré je predmetom systematického, zatiaľ neskončeného archeologického výskumu od r. 1986, s dvojročnou prestávkou v r. 1990 a 1991. Pohrebisko bolo v superpozícii so sídliskom kultúry s lineárnou keramikou a čiastočne i so sídliskovými objektmi maďarovskej a velatickej kultúry. Z pohrebiska sme doteraz preskúmali 350 kostrových hrobov, z toho 94 výklenkových, čo je v prostredí Slovanov zatiaľ unikát. Podľa doterajších výsledkov výskumu sa zdá, že pohrebisko sa rozprestieralo na ploche skoro obdĺžnikového tvaru s rozmermi 100 x 80 m. Hĺbka hrobov a ich rozmery boli rôzne, najväčšie a najhlbšie boli výklenkové hroby (priemerná hĺbka 220 cm), ktoré sa nachádzali v južnej a západnej polovici plochy pochovávania. Z časového hľadiska ide o staršiu časť pohrebiska s niekoľkými horizontmi.

Sekera pochádza z hrobu 221, ktorý patrí k mladším hrobom staršej časti a nachádzal sa v severozápadnom úseku pohrebiska. Pri výskume hrobu a jeho okolia sme získali poznatky a nálezy, ktoré dovoľujú predpokladať, že v hrobe bol pochovaný sociálne mimoriadne vysokopostavený člen vtedajšej spoločnosti. Okolo hrobu sa nachádzala kolová konštrukcia v tvare kruhu s vonkajším priemerom 6 m, s hĺbkou kolov 90-110 cm od dnešného povrchu a so zisteným priemerom cca 20 cm (obr. 1: 1). Interpretácia nálezovej situácie okolo hrobu je v štádiu výskumu. Ako pracovnú hypotézu možno vysloviť domnienku, že išlo o stavbu, a nie iba kolovú ohradu.

Hrob bol výklenkový a rozmermi šachty 120 x 275 cm a výklenku 90 x 300 cm s hĺbkou 281 cm patrí k väčším hrobom na pohrebisku. Šachta (ako väčšina na pohrebisku) neobsahovala nálezy a bola vyplnená zmiešanou hlinou (obr. 1: 2), vo výklenkovej časti bol zával intaktnej spraše, ktorý pokrýval kostru a nálezy (obr. 1: 3).

Pri rôznych príležitostiach sme robili chemické a röntgenové analýzy intaktnej spraše z lokality, ktoré sú publikované v rôznych odborných časopisoch (*Staššíková-Štukovská 1989*, s. 651; *Illášová 1993*, s. 262 a i.). Mineralogické zloženie na rôznych miestach lokality i v blízkom okolí hrobu v rôznych hĺbkach je analogické všeobecnej charakteristike (*Šajgalík - Modlitba 1983*). Z hľadiska chemického zloženia pozostáva lokalita z SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO, SO_3, Na_2O a K_2O, z mineralogického hľadiska (na základe rtg. analýzy) z kremeňa, kalcitu, dolomitu, živca, ilitu, kaolinitu.

Kostra ležala na dne výklenkovej časti hrobu vo vystretej polohe, vedľa lebky sa nachádzala kostra kohúta a pri dolných končatinách nádoba (obr. 1: 4). V okolí prstových článkov dolných končatín boli ostrohy v takej polohe, že sa dá predpokladať ich pôvodné umiestnenie na nohách. Pozdĺž oboch píšťal sa nachádzali kovania remeňov. Na ľavej strane panvy sme našli skupinu predmetov pozostávajúcu zo železného noža, kresadla, hrotu a z kamenných úštepov, ktoré boli pôvodne zrejme v nejakom vrecku. Pri pravej hornej končatine sa nachádzala sekera, obrátená tylovou časťou



Obr. 1. Borovce. Hrob 221. 1 - kruhová konštrukcia a šachta hrobu pri prvom zistení; 2 - priečny rez šachtou a výklenkom hrobu; 3 - začistenie výplne výklenku tesne nad kostrou; 4 - kostra in situ s nálezmi po vypreparovaní.

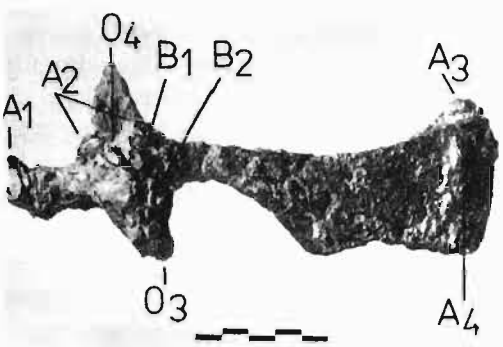
k telu a ostrím k stene výklenku, teda javorové porisko pôvodne ležalo pod pravou hornou končatinou (určenie dreva *E. Hajnalová* z AÚ SAV v Nitre). Podľa stôp v hrobe a zachovaných železných kovaní rakvy sa dá predpokladať, že pôvodne sa tu nachádzala drevená rakva.

Sekera patrí k typom známym z veľkomoravských pohrebísk. Je to slovanská bradatica s ostňami okolo ucha a otvoru na porisko (terminológia podľa *Ožďáni a kol. 1992*, s. 44), s úzkym tylom a mierne vejárovitým ostrím. Podobné sa našli napr. v Starom Městě, Uherskom Hradišti, Ladiciach a inde (*Hrubý 1955*, tab. 33: 12, 80: 2; *Dostál 1966; Pleiner 1967*, tab. XVIII: 1 a pod.).

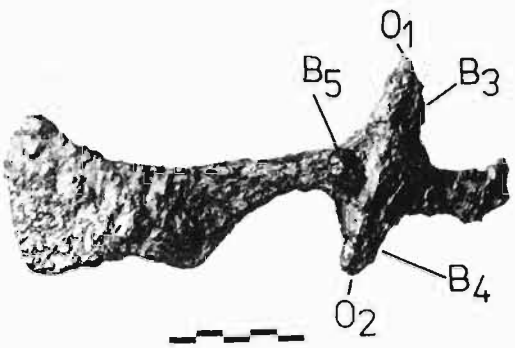
Po očistení sekery od nánosov, destilovanou vodou a mechanicky, konzervátorka *M. Baštová* upozornila, že na povrchu sa nachádzajú útvary, ktoré akoby tvorili jej súčasť, pracovne ich označujeme ako látka A (obr. 2: 1), a aj povrch sekery nie je pokrytý bežnou hrdzou, túto látku označujeme ako B (obr. 2: 1, 2).

OPIS LÁTOK A, B

Strany sekery sme pre pracovné potreby označili termínmi reverz (plocha obrátená v hrobe ku dnu; obr. 2: 1) a averz (plocha obrátená k otvoru z hrobu; obr. 2: 2). Látka A sa nachádzala na štyroch miestach sekery, viditeľnejšie na averznej strane.



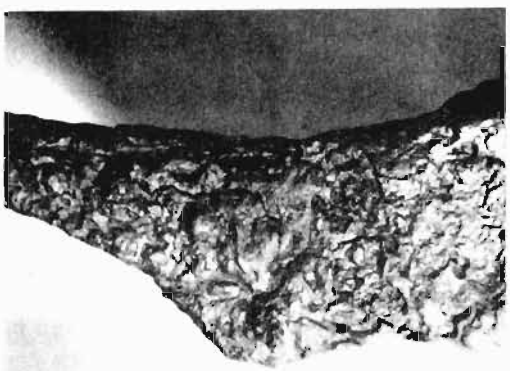
1



2

3

4



5

6

Obr. 2. Borovce. Sekera z hrobu 221: 1 - averz s vyznačením miest látky A1-A3, B1-B2 a označenia ostňov 3 a 4 (O3 a O4); 2 - reverz s vyznačením miest látky B3-B5 a označením ostňov 1 a 2 (O1-O2); 3 - detail v mieste tyla a štvrtého ostňa; 4 - detailný pohľad do otvoru na porisko v mieste štvrtého a prvého ostňa; 5 - detail látky A3.

1. Na tyle sekery (obr. 2: 3) bola látka v podobe nepravidelne formovaného útvaru, vzdialene pripomínajúceho ulitu slimáka rodu turitella; ďalej je označovaná ako A1. Hladký povrch bol sivohnedý, lesklý, v pravidelných rozstupoch mierne hrboľatý. Pri manipulácii sa táto látka odlomila i s časťou sekery. Na lome vidno časť pôvodného železného jadra obucha červenavej farby, okolo ktorého bola látka A1 rozložená tak, že jadro obucha bolo do nej vtlačené. Takéto spojenie železného obucha sekery s látkou A1 teoreticky mohlo vzniknúť iba vtedy, ak látka A1 bola mäkká. Povrch látky A1 i na hrboľatých častiach bol hladký, nevykazoval ostré rozstrapkané hrany ako odlomená časť obucha, na lome bola látka kompaktná, bez pórov, na ohmat tvrdá. Rozmery mala 25 x 10 mm.

2. Látka v mieste chýbajúceho tretieho ostňa (ďalej označovaná A2) mala podobu dvoch častí: hrudky formovanej do vajcovitého tvaru s miernymi výstupkami, s povrchom bez ostrých hrán, lesklým, sivohnedým, a druhej, menšej hrudky s viditeľne okrúhlymi hrboľčekmi umiestnenými pravidelne po stranách. Obe hrudky sú od seba oddelené úzkou medzerou a pokrývajú okraje otvoru na porisko sekery v mieste chýbajúceho štvrtého ostňa. Štruktúra látky je podobná ako pri A1. Látka vyčnieva nad vlastné pravdepodobne železné jadro sekery 5-10 mm (obr. 2: 3).

3. Tesne nad hornou časťou ostria sekery sa nachádzala látka označená A3. Má tvar hrudky s pravidelne rozmiestnenými drobnými hrboľčekmi (obr. 2: 1, 6). Na rtg. zábere vidno medzi touto látkou a železným jadrom sekery úzky pásik bližšie neidentifikovateľného ťažkého kovu. Hrudka na sekere drží veľmi pevne, podobne ako látka A2 a v podstate i látka A1, čo možno vidieť i zo skutočnosti, že pri nešetrnej manipulácii sa neodlomila látka A1, ale vlastné železné jadro sekery. Štruktúra látky A3 je analogická látke A1. Rozmery sú 10 x 18 mm.

4. Celý povrch ostria na averznej strane je pokrytý látkou ďalej označovanou A4. Farba i lesklý povrch sú totožné s látkami A1-A3. Miestami, na opäť mierne hrboľatom povrchu, možno rozoznať pravidelnú štvorčekovú štruktúru, pripomínajúcu petrifikovaný zvyšok textílie. Na rozdiel od doteraz zachovaných petrifikovaných zvyškov textílií nájdených v Borovciach, ktoré boli prikorodované, v tomto prípade išlo o odtlačok textílie. Látka A4 prečnieva nad jadro sekery 3-5 mm, miestami je popukaná.

Obidve strany sekery (averz a reverz) sú pokryté v súvislých plochách, miestami do výšky až 10 mm nad povrch (obr. 1: 1-3, 5), látkou B. Podobne ako látka A je kompaktná, lesklá, ale netvorí hrudky, je skôr plošne roztiahnutá po povrchu sekery. Miestami, zvlášť v okolí látky A2, má tvary, ktoré len ťažko mohli vzniknúť náhodne. Pre pracovné potreby sme označili jednotlivé časti látky B číselným kódom. Látka B1 sa nachádza pod látkou A2, B2 pokrýva povrch tretieho ostňa (O3 na obr. 2: 1), látka B3 pokrýva povrch prvého ostňa (O1 na obr. 2: 2), látka B4 pokrýva povrch druhého ostňa (O2 na obr. 2: 2), látka B5 sa nachádza tesne pri uchu sekery na reverznej strane (obr. 2: 2).

METÓDY VÝSKUMU

Sekeru sme po očistení destilovanou vodou a zbavení sekundárnych nánosov podrobili rtg. analýze - celkovo sme zhotovili desať rôznych pohľadov. Pri zaužívanom spôsobe interpretácie rtg. záberov archeologických predmetov sme mohli len konštatovať, že na záberoch nevidno zreteľnú výzdobu farebným kovom, i keď prítomnosť iného kovu ako železa vidieť na rozhraní látky A3 a jadra sekery. Látka A i B sa na rtg. záberoch štruktúrou zobrazenia javí ako oxidická forma hmoty, miestami s prekvapujúco pravidelnými tvarmi, zvlášť na brade sekery.

Potom sme sekeru posúdili makroskopicky so zameraním na látku A i B v porovnaní s bežnými korozívnymi vrstvami archeologických predmetov pri zväčšení lupou 4-16x. Cieľom tohto pozorovania bolo porovnať znaky látky A i B s bežne známymi vlastnosťami skorodovaných častí železa (*Roneš - Baroš 1955*, s. 123-124), ako i vylúčiť pôvod látky A1-A4 ako nálepov z výbavy hrobu. Týmto pozorovaním sa zistili nasledujúce rozdiely medzi makroskopickými vlastnosťami látky A a B a produktmi korózie na iných predmetoch z archeologického výskumu v Borovciach: Bežné produkty korózie sú krehké, porézne, nevykazujú pravidelné tvary, ľahko sa odlupujú od vlastného predmetu, majú červenohnedú farbu, nie sú lesklé na väčšej ploche ako 2-3 mm. Toto pozorovanie sa zhoduje i s inými opismi produktov korózie (*Roneš - Baroš 1955*, s. 123-124; *Págo 1989*, s. 364-365). Látka A a B je na rozdiel od bežných produktov korózie pevná, nedrobí sa, nie je porézna ani krehká, má lesklý povrch a kovovú farbu na plochách viac ako 2 cm, miestami má tvar, ktorý pripomína ornament (obr. 2: 3). Pri látke A možno vylúčiť nálepy z okolia hrobu, lebo sa nepodobá žiadnym

nálezom nielen v samotnom hrobe, ale ani v ďalších tristo hroboch na pohrebisku, ako ani iným nálezom známym zo súdobých pohrebísk. Poslednou možnosťou vzniku látky A i B by mohol byť proces reakcie povrchu sekery na okolité prostredie hrobu. V takom prípade by zostával bez vysvetlenia lesklý a kovový povrch látky A i B, nehovoriac o tvaroch, ktoré sú miestami v látke A i B viditeľné (obr. 2: 1-6).

Po vizuálnom posúdení bolo potrebné získať predstavu o chemickom zložení látky A i B. Za týmto účelom sa nadviazala spolupráca s Výskumným ústavom zváračským v Bratislave (doc. Ing. *V. Magula*, CSc., a Ing. *P. Brziak*). V prve j etape výskumu sekera, ako i ďalšie železné predmety z hrobu 221 a zo susedného hrobu 224 boli analyzované v rastrovacom elektrónovom mikroskope JSM 50 A, vybavenom bez porušenia ich povrchu energiovodisperzným analyzátorom EDAX 9100. Výsledky tohto výskumu sú uložené v dokumentácii Archeologického ústavu SAV v Nitre a boli podnetom na rozšírenie spolupráce na riešení spomínanej otázky o odborníkov na chémiu silikátov z Chemickotechnologickej fakulty STU v Bratislave a Ing. *A. Moravčíka*, CSc., z výskumu smaltov vo Filakove, ako i odborníka na technológiu výroby skla Ing. *A. Plška*, CSc., s ktorými boli konzultované výsledky a perspektívy ďalšieho výskumu. Keďže sekera nebola konzervovaná, pokračovali procesy oxidácie na nej do tej miery, že sa niektoré časti oddelili (zvlášť ostne a ucho, ako i látka A1 na tyle; obr. 2: 1). To umožnilo ďalšie analýzy plôch dovtedy neprístupných, ktoré sme robili cielene na problematiku najmä hmoty A1-3 a B1 a B2 (obr. 2: 1, 2; tab. 1). (Podrobnejšie *P. Brziak*.) Cieľom týchto analýz bolo definitívne potvrdenie alebo vylúčenie umelého pôvodu látky A i B na povrchu sekery. Zároveň sme doplnili makroskopické pozorovania, uvedené vyššie, o objav ostrovčekov zelenej látky na rozhraní železného jadra sekery a látky B v mieste B1 a B2 (analýza 12). Súčasne s týmito analýzami sme podrobili metalografickému výskumu ďalších šesť sekier z pohrebiska v Borovciach (*Mitter 1994*). Metalografická analýza sa urobila aj z ostria sekery z hrobu 221. Cieľom týchto analýz bola snaha získať poznatky o kvalite sekier na pohrebisku v Borovciach s ohľadom na ich úžitkové vlastnosti. (O výsledkoch chemickej i metalografickej analýzy podrobnejšie *P. Brziak*.)

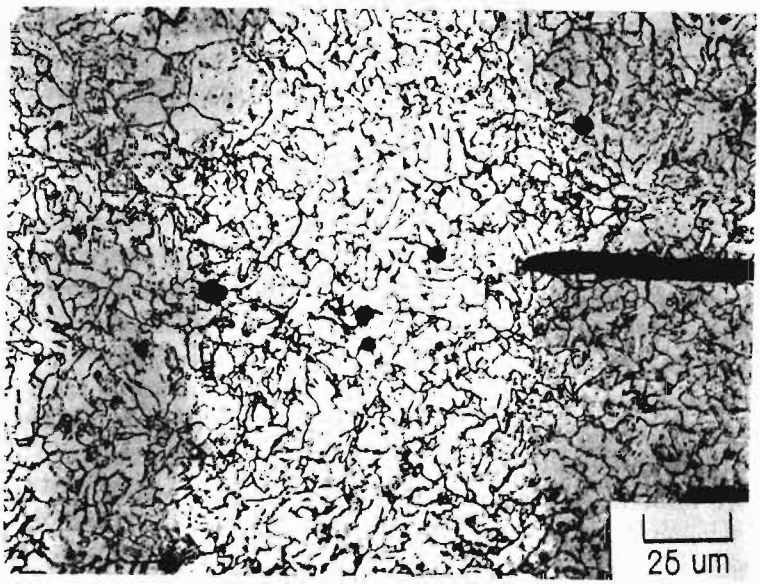
DISKUSIA

V dostupnej odbornej literatúre sme sa nestretli s riešením podobnej otázky. Doterajší záujem o železné predmety z archeologických nálezísk sa sústreďoval na zachovalé železné jadro predmetu a oxidickým povlakom na železe nevenoval žiadnu pozornosť alebo sa nimi zaoberal len okrajovo (*Pleiner 1962; 1967; 1984; 1993* a i.; *Bialeková 1981; Bialeková - Obr 1989; Mihok 1986; Mihok a kol. 1991*). Z tohto dôvodu pri sledovanom probléme sme odkázaní na vlastné výsledky pozorovania a súčasné poznatky o oxidácii železa. Vzhľadom na to, že ide o archeologický nález, ktorý ležal v zemi cca 1000 rokov, je nutné prihliadať na túto okolnosť.

Morfologicky sa látky A i B odlišujú od bežných korozívnych vrstiev v hrúbke, hutnosti, lesku i vo farbe povlaku. Ak by malo ísť o skorodované časti pôvodne železného materiálu, ostáva bez vysvetlenia ich pevná štruktúra, lesk na relatívne veľkých plochách a nerovnaká hrúbka, ktorá nie je vždy výsledkom vypadnutia niektorých častí povrchu sekery. Nedá sa predpokladať, najmä v prípade látky A1-A3, že ide o pôvodné, analýzami doložené železné jadro sekery, pretože situovanie týchto častí je i podľa vizuálneho posúdenia dodatočné, netvorí súčasť železného jadra sekery (obr. 2: 1). Toto pozorovanie významne dopĺňa chemická analýza (tab. 1), podľa ktorej sú v zložení látky A a B rozdiely v obsahu Si, Al a v prítomnosti Pb (analýza 12), rozdiely v porovnaní so železným jadrom. Zvlášť analýza 12 je ťažko vyvrátiteľným dôkazom o pôvodne inom ako železnom zložení látky B. V prípade látky A treba okrem morfológie ešte poukázať na vysoké obsahy Si (17-34 %). V doterajších publikovaných chemických analýzach železných predmetov sme sa s podobným zložením nestretli. Treba však zdôrazniť, že doterajší výskum železných predmetov sa sústreďuje na železné jadro predmetu a nevšíma si oxidické povlaky na archeologických nálezoch, teda hrdzu alebo nerozpustné kremičitany. V konzervátorských dielňach sú dokonca z predmetov odstraňované často bez toho, aby niekto skúmal ich pôvod.

Ďalšou alternatívou, ktorú je potrebné vziať do úvahy, je možnosť, že povlak na sekere vznikol nálepmi z okolia predmetu. Výplň hrobu tvorila spraš v intaktnej podobe, pretože ide o výklenkový hrob a výplň dutiny výklenku v hrobe 221 tvoril zával jeho klenby z intaktnej spraše (obr. 1: 3). Pri závale sa klenba nerozbila na prach, ale sa len popukala. Do vzniknutých puklín vnikali postupne

tmavšie časti pôdy, čo vysvetluje mozaikový vzhľad výplne výklenku (obr. 1: 2, 3). Intaktná spraš tvorila výplň výklenku až do výšky 170 cm, kde ju vystriedala černozem,.vypĺňujúca jamu po závale v hornej časti, čo dobre dokumentuje priečny rez hrobom (obr. 1: 2). Z tohto pozorovania vyplýva predpoklad, že sekera prišla do styku len s obsahom hrobu a nemohli sa sem dostať sekundárne predmety zo zásypu. Zistené predmety výbavy (ostrohy, sekera, nádoba atď.) tvoria len časť pôvodného obsahu hrobu. Nevieme presne identifikovať pôvodný odev pochovaného, ako ani vzhľad rakvy, po ktorej sme našli kovania a negatívne odtlačky v pôde, nie vždy jasne čitateľné, ale podľa nálezových okolností ich predpokladáme. Na základe absencie A-dekompozície kostry (*Staššíková-Štukovská 1993*) môžeme považovať za pravdepodobné, že vo výklenku nebolo sústredené väčšie množstvo predmetov organického pôvodu. Ak vychádzame z týchto úvah, tak sekera okrem intaktnej spraše mohla v hrobe prísť do styku s drevom rakvy, so šatami a s telom pochovaného. Teda povrchové vrstvy sekery teoreticky mohli vzniknúť ako petrifikované časti spomenutých organických látok, ako sú (s ohľadom na obdobie, z akého hrob pochádza - 8.-9. stor.) drevo, textil, koža, ktoré ako petrifikované súčasti poznáme na iných archeologických nálezoch v Borovciach alebo na ďalších súdobých a kultúrne blízkych náleziskách. Látka A i B však postráda charakteristickú štruktúru niektorej zo spomínaných organických látok, nehovoriac o tom, že pri 4-25 mm nálepoch textílie, dreva alebo kože by muselo ísť o viacnásobné zvrstvenie materiálu, čo by sa malo na reze hmoty prejavovať charakteristickou štruktúrou a pórovitosťou. Rez látkou A i B sme mohli pozorovať na viacerých miestach na uchu sekery pri lomoch vzniknutých ako výsledok vzdušnej korózie nereštaurovanej sekery a v dvoch prípadoch na umelo vytvorených vybrúsených plochách na látke A1 a A4. V oboch prípadoch vidno na rezoch kompaktnú, jednoliatu a neporéznu štruktúru látky A alebo B a zároveň výrazné fázové rozhranie medzi látkou A i B a železným jadrom sekery (výskumná správa AÚ SAV, metalografický výbrus - obr. 3). Významnou oporou týchto úvah sú i samostatné výsledky chemických analýz, ktoré by v prípade petrifikovaných textílií alebo kože boli iné. Chemické zloženie látky A i B sa však približuje skôr zloženiu keramiky, skla alebo železných okují (*Riederer 1987*, s. 145, 163, 173, 174, 193, 214-222). Tieto pozorovania spochybňujúce pôvod látky A a B v petrifikovanej textílii, koži alebo dreve podporuje i skutočnosť, že na povrchu sekery, okrem už spomínanej časti ostria (látka B4) a petrifikovaných zvyškov javorového poriska na stenách otvoru na porisko, sme našli iné miesta s odtlačkami látok organického pôvodu. K "odtlačku textílie" v mieste látky B4 (averz sekery) treba opätovne dodať, že ostrie sekery v hrobe bolo pôvodne situované k stene výklenku, a nie k pochovanému, teda je málo pravdepodobné, že by bolo ležalo priamo na šatách mŕtveho. To však samozrejme nevylučuje, že sekera, respektíve jej ostrie nemohli dôjsť v hrobe do styku s inou textíliou. Vlastná interpretácia, či ide skutočne o odtlačok textílie na látke A4, si vyžaduje ďalší výskum vzhľadom na štruktúru nezvyklú pre archeologické predmety.



Obr. 3. Borovce. Metalografický výbrus ostria sekery z hrobu 221. Foto P. Brziak.

Poslednou možnosťou vzniku látky A i B prírodnou cestou sú nálepy z pôdy a jej kremičitanov. Tento predpoklad veľmi spochybňuje analýza 13, pretože pôda neobsahuje Pb a takisto má iné percentuálne zastúpenie Fe a Si, ako ukazujú výsledky našich analýz (tab. 1). Analýzy (13, i ostatné uvedené na tabele 1) sú výsledkom viacerých meraní na vnútornej strane látky B3, teda tej, ktorá sa

nachádzala bližšie k železnému jadru, a nie k okoliu sekery. Táto skutočnosť obracia našu pozornosť na dva fakty. V prípade nálepov z pôdy by sme očakávali vyššie percento Si na vonkajšej strane látky ako na jej vnútornej, styčnej strane so železným jadrom. Rozdiely obsahov Si a Fe sú však na vnútornej i vonkajšej strane látky (analýza 8, tab. 1). V prospech pochybností, že látka A i B sú nálepy z pôdy, hovoria i pomery kysličníkov namerané našimi analýzami v porovnaní so skutočnými obsahmi pôvodnej spraše. Druhý fakt, na ktorý obsah Pb v analýze 13 a Al v analýze 8 upozornil, zachytáva rtg. záber látky A3, kde vidíme prítomnosť farebného kovu takisto na rozhraní látky A a jadra sekery. Teda nielen obsahom, ale i situovaním z vnútornej strany látky A i B (vzdialenosť od vrchnej časti vrstvy A3 a B3 je 4-10 mm) sa javí nepravdepodobné, že Pb, ako i samotná látka sú odtlačkom niečoho neznámeho v hrobe, prípadne výsledkom doteraz neznámej reakcie korozívnych procesov železnej sekery a spraše v hrobe. V prospech určenia látky A i B ako vrstvy úmyselne nanesenej na povrch sekery hovorí aj zloženie zelených ostrovčekov na rozhraní látky B a železného jadra, ktoré takisto nezodpovedá železu ani pôde (analýza 12, tab. 1). Ak by sme aj predpokladali, že zelené ostrovčeky sú minerály nalepené z pôdy, zostávala by bez vysvetlenia ich prítomnosť pod 10 mm hrubou vrstvou látky s obsahom olova, teda zrejme vrstvy umelého pôvodu.

Pri skutočnosti, že sekera bola pôvodne z kovového, a nie oxidického materiálu, poukazujú koncentrácie SiO_2, Na_2O a MnO na fakt, že povrch sekery alebo časť z neho mohli mať pôvodne oxidický charakter. Tento záver je podporovaný aj skutočnosťou, že v prípade obohatenia vzorky o SiO_2, Na_2O a MnO kontamináciou okolitou pôdou by museli byť koncentrácie Al_2O_3, CaO a MgO ovela vyššie. Zároveň to čiastočne vysvetľuje skutočnosť, že na sekere sa nachádzala časť povrchu, ktorá mala odlišné správanie. Jediným vysvetlením pôvodu látky A i B na železnej sekere z hrobu 221, ktoré sa javí pravdepodobné, je teda predpoklad, že látka bola zhotovená i pôvodne ako oxidická forma na báze SiO_2-Fe_2O_3 alebo SiO_2-Fe_2O_3-PbO a aplikovaná na železný povrch sekery. Na podklade konzultácií s *A. Moravčíkom* (odborník na smalty) by chemické zloženia látky A i B na sekere vyhovovali zloženiu aplikovaným sklenými systémom, pričom prítomnosť PbO_2 treba považovať za veľmi logickú, pretože znižuje bod topenia celej hmoty, zvyšuje adhéziu sklenej vrstvy na podkladovom kove a môže sa využiť i pri farbení (ústna informácia, za ktorú ďakujem). Ak bola látka A i B aplikovaná na povrch sekery, muselo sa to diať za tepla. Toto by nám vysvetľovalo skutočnosť, prečo metalografický výbrus sekery ukazuje, že bola dlho zahrievaná (*P. Brziak*, s. 205). Hlbšie poznanie tohto v našom prostredí neskúmaného technologického postupu si vyžaduje ďalší výskum, ktorý už prebieha a bude publikovaný. Za zvlášť dôležité pri tomto výskume považujeme vypracovanie metodiky, ktorá by zabraňovala zámene prirodzených oxidických vrstiev na archeologických predmetoch s umelo nanášanými oxidickými vrstvami, ktoré môžeme považovať za aplikované sklené systémy.

Dôležitou skutočnosťou, ktorou sa v prípade interpretácie látky A i B ako aplikovaných sklených systémov na železnej sekere v Borovciach treba zaoberať, je dôvod takejto nezvykle náročnej úpravy sekery - tvarom bojovej -, ktorá ju síce zdobila, ale ako zbraň alebo pracovný predmet znehodnocovala. Látka A4 na ostrí ju robila úplne nefunkčnou pri využití na sekanie. Pri týchto úvahách si predovšetkým treba uvedomiť, že sekera sa našla v hrobe nie bežnom, ale z hľadiska veľkosti, hĺbky, nadzemnej stavby a výbavy výnimočnom. Predpokladáme, že v takýchto hroboch sa nachádzali sociálne mimoriadne postavení jedinci súdobej spoločnosti, čo dokladajú i symboly, ktoré v hrobe predstavujú napr. ostrohy. Sekera je nielen dôležitý pracovný i bojový nástroj, ale predovšetkým predstavuje od mladšej doby kamennej významný symbol zobrazených božstiev a vládcov bojujúcich proti nepriateľským silám (*Biedermann 1992*, s. 267-268). Jej prítomnosť v hrobe 221 v Borovciach nevylučuje, skôr podčiarkuje možnosť iného významu ako bojového predmetu, ktorý by aplikovaný sklený systém v konkrétnej podobe výzdoby symbolického významu ešte zdôrazňoval. Keďže môžeme považovať za dokázané, že látka A i B bola i je v oxidickej forme, pravidelné tvary zobrazení oxidických povlakov na rtg. záberoch sekery nás motivujú na pokus o získanie pôvodného tvaru výzdoby použitím vhodnejších zobrazovacích metód, čo je otázkou ďalšieho výskumu. Rozpoznanie formy výzdoby na železnej sekere i na iných predmetoch by umožnilo nahliadnuť do takého sveta predstáv a kultúry slovanskej spoločnosti predveľkomoravského a veľkomoravského obdobia, ktorý nám zostáva doteraz málo známy.

Dôležitou otázkou, ku ktorej treba zaujať stanovisko, je i náročnosť technológie výroby aplikovaných sklených systémov na sekere vo vzťahu k obdobiu, z ktorého pochádza. Vytvorenie apliko-

Tab. 1. Borovce. Výsledky chemických analýz sekery z hrobu 221 (vypracoval P. Brziak)

Vzorka			hm. %									
			Na	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe	Pb
A1	1	základný materiál sekery (stred)			2,76			1,06		0,94	94,21	
	2	vonkajšia strana			7,96	0,8	0,27			3,28	87,62	
	3	vonkajšia strana		10,51	34,05		1,21	2,39	2,11	1,68	48,07	
	4	vonkajšia strana			37,45			1,64	2,41	2,15	56,35	
A2	5	prach			16,61		1,03		1,16	0,54	80,63	
A3	6	prach			17,70				1,05	0,50	80,67	
B1	7	vonkajšia strana		3,20	8,69						88,1	
	8	vnútorná strana		14,09	17,25			14,83	1,425	1,285	52,11	
B2	9	vonkajšia strana		5,12	10,83			1,83	0,9	1,453	79,84	
	10	vnútorná strana		9,98	10,94				0,88		77,86	
B3	11	vonkajšia strana	3,84		10,49		0,23		0,70	1,51	83,20	
	12	vonkajšia strana		20,43	29,77					42,952	6,84	
	13	vnútorná strana			7,03					2,8	73,67	16,48
B4	14	vonkajšia strana			25,43					9,2	65,26	
B5	15	vonkajšia strana		1,39	5,18	0,39			0,91	1,54	90,57	
	16	vonkajšia strana		7,53	3,05	0,39		0,85	0,64	0,99	86,92	
	17	vnútorná strana	2,17		4,295		0,377		0,27	0,37	92,5	

vaného skleného systému si vyžaduje dobrú úroveň poznatkov o spracovávaní skla i kovových predmetov. V podobe, v akej sa nachádza na sekere z hrobu 221, sme sa doteraz s týmto systémom nestretli, ale poznáme aplikované sklené systémy na emailovaných predmetoch z kultúrne analogického prostredia, kde nie sú ojedinelé (pošva dýky zo Starého Města, náušnice s emailovými ozdobami a pod.). Okrem toho je známe zo včasnostredovekých nálezísk v strednej Európe, a to tak veľkomoravských, ako aj predveľkomoravských, množstvo sklených korálikov, ktoré nepriamo dokladajú spracovávanie skla v stredoeurópskom prostredí, a teda zvládnutie vytvorenia oxidických systémov. Úroveň kováčskeho remesla a výroby železných predmetov u Slovanov v predveľkomoravskom a vo veľkomoravskom období netreba zvlášť zdôrazňovať. Preto využitie odpadu pri spracovávaní železa a jeho obohatenie ďalšími látkami, ktoré by znižovali teplotu tavenia získanej zmesi a umožňovali by jej ľahké formovanie do žiadaných tvarov, spolu so želaným sfarbením a s priľnutím na železný povrch v technológii výroby veľkomoravského a predveľkomoravského obdobia nie je vylúčené.

ZÁVER

Počet meraní, ako i výsledky najmä analýzy 12 a 13 (tab. 1) dovolujú vysloviť nasledujúci záver: Je nelogické, aby sme pri bežných železných predmetoch našli také prvky, ako je napr. olovo. Takisto nie je pravdepodobné, aby sa pod povrchom železného predmetu po istom čase začala objavovať zelená korózia s vysokým obsahom kremíka a hliníka (analýza 12). To spolu s makroskopickým posúdením tvarov a vlastností látky A i B na rôznych miestach sekery vylučuje, že sú to nánosy z okolitého prostredia alebo bežná železná korózia, ale možno považovať za pravdepodobné, že ide o zušľachtenie povrchu železnej sekery s cieľom dosiahnuť optický efekt umelo zhotovenou masou na báze oxidov kovov, ktorý môžeme s ohľadom na jeho zloženie a účel pracovne nazvať aplikovaným sklenným systémom. Dá sa predpokladať, že tento systém sa na historických predmetoch môže vyskytovať aj na iných lokalitách, a teda i na iných predmetoch. V archeologickej literatúre je doteraz neznámym pojmom, čo môže byť zapríčinené stavom súčasného výskumu, ktorý sa pri železných predmetoch zameriava na posúdenie železného jadra v zachovaných miestach predmetov a oxidickým povlakom nevenuje pozornosť. Podrobnejšiemu poznaniu vlastností aplikovaného skleného systému na sekere a ďalších predmetoch v Borovciach bude venovaný ďalší výskum.

Literatúra

BIALEKOVÁ, D. 1981: Dávne slovanské kováčstvo. Martin.

BIALEKOVÁ, D. - OBR, F. 1989: Pokus o využitie semikvantitatívnej spektrálnej analýzy pri určovaní proveniencie železných predmetov z 9. stor. z niektorých nálezísk juhozápadného Slovenska. In: Geofyzika v archeologii a moderní metody terénního výzkumu a dokumentace. Brno, s. 317-335.

BIEDERMANN, H. 1992: Lexikon symbolov. Bratislava.

DOSTÁL, B. 1966: Slovanská pohřebiště ze střední doby hradištní na Moravě. Praha.

HRUBÝ, V. 1955: Staré Město - Velkomoravské pohřebiště "Na valách". Praha.

ILLÁŠOVÁ, Ľ. 1993: Knochendekomposition in Verknüpfung mit Bodenbedingungen. Appendix 5 in: D. Staššíková-Štukovská: Neue Erkenntnisse zur Dekomposition menschlicher Skelette am Beispiel des frühmittelalterlichen Gräberfeldes von Borovce, Slowakei. Prähist. Z., 68, s. 262.

MIHOK, Ľ. 1986: Rozbory nálezov výroby železa z doby rímskej a raného stredoveku v oblasti Prešova. Archeol. Rozhl., 38, s. 596-597.

MIHOK, Ľ. a kol. 1991: Archeometalurgický výskum sečných zbraní z pohrebiska v Želovciach. In: K problematike osídlenia stredodunajskej oblasti vo včasnom stredoveku. Nitra, s. 67-95.

MITTER, M. 1994: Metalografický rozbor a stanovenie spôsobu výroby železných sekier z archeologického náleziska Borovce pri Piešťanoch. Diplomová práca. Výskumný ústav zváračský. Bratislava.

OŽĎÁNI, O. a kol. 1992: Militária - Konský postroj - Voz. Nitra.

PÁGO, L. 1989: Použité plasmachemické metody při konzervaci archeologických kovů. In: Geofyzika v archeologii a moderní metody terénního výzkumu a dokumentace. Brno, s. 364-369.

PLEINER, R. 1962: Staré evropské kovářství. Praha.

PLEINER, R. 1967: Die Technologie des Schmiedens in der großmährischen Kultur. Slov. Archeol., 15, s. 77-188.
PLEINER, R. 1984: Dějiny hutnictví železa v Československu. Praha.
PLEINER, R. 1993: Die Technologie der Messerherstellung in der frühmittelalterlichen Fürstenburg von Budeč, Böhmen. Památ. archeol., 84, s. 69-92.
RIEDERER, J. 1987: Archäologie und Chemie - Einblicke in die Vergangenheit. Berlin.
RONEŠ, J. - BAROŠ, M. 1955: Moření oceli a litiny. Praha.
STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D. 1989: Pôsobenie tepla na spraš. Archeol. Rozhl., 41, s. 650-653.
STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D. 1993: Neue Erkenntnisse zur Dekomposition menschlicher Skelette am Beispiel des frühmittelalterlichen Gräberfeldes von Borovce, Slowakei. Prähist. Z., 68, s. 242-263.
ŠAJGALÍK, J. - MODLITBA, I. 1983: Spraše Podunajskej nížiny a ich vlastnosti. Bratislava.

HERKUNFT DER OBERFLÄCHENSCHICHTEN DER EISENAXT AUS DEM GRÄBERFELD IN BOROVCE

Resümee

Die Axt stammt aus dem Nischengrab 221 auf der Fundstelle Borovce (Bez. Trnava; bisher nicht abgeschlossene Grabung des frühmittelalterlichen Gräberfeldes), rund um welches der Rest wahrscheinlich eines kreisförmigen Baues von 6 m Durchmesser festgestellt wurde (Abb. 1). Die Konservatorin machte auf besondere Gebilde auf der Oberfläche der Axt aufmerksam, die den gebräuchlichen Korrosionsprodukten nicht ähnelten. Als Arbeitsbehelf wurde dieser Stoff als A und B bezeichnet und die Seiten der Axt (Abb. 2) als Avers (die zur Graböffnung gerichtete Seite) und Revers (die zum Grabinneren gewandte Seite). Das Ziel der Grabung war es festzustellen, ob dieser Stoff das Produkt der Korrosion oder von Anhaftungen aus dem Grab oder künstlichen Ursprungs ist. Die Axt wurde mit Hilfe von Röntgenaufnahmen, eines Vergrößerungsglases zum Vergleich mit gebräuchlichen Korrosionsprodukten auf archäologischen Gegenständen, ferner von chemischen Analysen (Tab. 1, Appendix 1) und einer metallographischen Analyse untersucht (Abb. 3), welchen auch die übrigen sieben Äxte aus dem Gräberfeld in Borovce unterzogen wurden (*Mitter 1994*). Die Ergebnisse wurden mit Fachleuten für Email, Silikate und Glasmasse konsultiert. Man gelangte zur Schlußfolgerung, daß der Stoff A und B auf der Axt künstlichen Ursprungs ist, mit welchem die Oberfläche zwecks Verzierung veredelt wurde, wodurch die Axt als Werkzeug oder Kampfwaffe entwertet wurde. Den Stoff hält man für eine bisher unbekannte Applikationsform des Glassystems, mit dessen Zusammensetzung wie auch Verzierungsart sich die weitere Forschung befassen wird.

Abb. 1. Borovce. Grab 221. 1 - Kreiskonstruktion und Schacht des Grabes bei der ersten Feststellung; 2 - Querschnitt durch den Schacht und die Grabnische; 3 - Beseitigung der Füllerde der Nische dicht über dem Skelett; 4 - das Skelett in situ mit Funden nach der Präparierung.
Abb. 2. Borovce. Axt aus Grab 221: 1 - Avers mit Bezeichnung der Stellen des Stoffes A1-A3, B1-B2, und Bezeichnung der Schachtlochzipfel 3 und 4 (O3 und O4); 2 - Revers mit Bezeichnung der Stelle des Stoffes B3-B5 mit Bezeichnung der Schaftlochzipfel 1 und 2 (O1-O2); 3 - Detail an der Stelle des Nackens und des vierten Schaftlochzipfels; 4 - Detailansicht in das Schaftloch an der Stelle des vierten und ersten Schaftlochzipfels; 5 - Details des Stoffes auf dem Bart der Axt von der Aversseite; 6 - Detail des Stoffes A3.
Abb. 3. Borovce. Metallographischer Schliff der Axtschneide aus Grab 221. Photo P. Brziak.

Apendix 1

ANALÝZY POVRCHU SEKERY Z HROBU 221 V BOROVCIACH

Peter Brziak

Cieľom tejto časti informácie je dokumentovať chemické zloženie sekery. Výber miest určených na chemickú analýzu prebiehal so zámerom:

A) Určiť chemické zloženie materiálu sekery.

B) Pokúsiť sa zistiť, či je na povrchu sekery nanesená okrem oxidov nejaká iná vrstva, ak áno, stanoviť jej chemické zloženie.

S ohľadom na uvedené ciele boli na sekere vybrané miesta, z ktorých boli odobraté malé množstvá materiálu na chemickú analýzu.

VZORKA

A1: látka A1 na tyle sekery (obr. 2: 1, 3)
A2: časť z miesta chýbajúceho štvrtého ostňa (obr. 2: 1)
A3: časť z ostria v dolnej partii sekery (obr. 2: 1)

O1: osteň 1 na reverze sekery (obr. 2: 2)
O2: osteň 2 na reverze sekery (obr. 2: 2)
O3: osteň 3 na averze sekery (obr. 2: 1)
O4: miesto chýbajúceho ostňa na averze sekery (obr. 2: 1, 4)

B1: látka prekrývajúca plochu 3. ostňa
B2: látka s reliéfom nad chýbajúcim 4. ostňom
B3: látka pokrývajúca O1
B4: látka pokrývajúca O2
B5: malý lupienok na reverze.

METODICKÉ POZNÁMKY

Vzorky boli analyzované v rastrovacom elektrónovom mikroskope JSM 50 A, ktorý je vybavený energiovodisperzným analyzátorom EDAX 9100. Rastrovací mikroskop umožňuje snímať charakter povrchu pri zväčšení od 50 do 50 000x. Analyzátor EDAX pracuje na základe charakteristického rtg. žiarenia, ktoré je vybudené dopadom zväzku elektrónov na povrch skúmanej vzorky.

Jednotlivé prvky sú identifikované podľa charakteristickej energie rtg. žiarenia. Uvedený typ analyzátora umožňuje zistiť prvky od atómového čísla 11, čo znamená, že nie je možné merať obsah kyslíka, resp. uhlíka a dusíka.

Všetky výsledky majú semikvantitatívny charakter. Výpočet kvantity jednotlivých prvkov predpokladá definované podmienky tak dopadu elektrónového lúča, ako aj snímania vybudeného rtg. žiarenia, čo v našom prípade nemohlo byť vzhľadom na tvar vzoriek splnené. Pri prepočte intenzity rtg. žiarenia na hmotnostné percentá bola použitá korekcia ZAF. Na základe tejto korekcie boli výsledky korigované podľa atómového čísla, absorbcie a fluorescencie. Percento jednotlivých prvkov bolo dopočítané do 100 hm. % bez uvažovania o prípadnom príspevku prvkov s atómovým číslom menším ako 11. To znamená, že sa nebral do úvahy kyslík v oxidoch.

Výsledky meraní (tab. 1) predstavujú priemerné hodnoty namerané na vyššie uvedených miestach. Analýza sa robila pri minimálnom zväčšení, t. j. 50x.

CHEMICKÁ ANALÝZA SEKERY

Základný materiál

Základný materiál sekery je stanovený analýzou 1. Skladá sa z Fe, Si a prímesí v podobe nečistôt. Chemické zloženie zodpovedá železu.

Vzorka Al

Vzorka A1 sa odlomila zo sekery pri manipulácii v mikroskope. Jadro vzorky (základný materiál sekery) má chemické zloženie určené analýzou 1. Obal má chemické zloženie 2-4. Chemické zloženie jadra a povrchovej vrstvy sa smerom k ich vzájomnej hranici nemení a na hranici sa mení skokom. To znamená, že neexistuje nejaký plynulý prechod v chemickom zložení jadra a povrchovej časti. Chemické zloženie jadra zodpovedá chemickému zloženiu železa. Treba pripomenúť, že prístrojové vybavenie neumožňovalo sledovať obsah ľahkých prvkov (kyslík, dusík, kremík). V povrchovej vrstve vzorky sa vyskytoval sodík, ale jeho podiel bol na hranici pozorovania. Koróziu možno vylúčiť, lebo ani po podrobnom prehľadávaní vzorky neboli nájdené typické korózne splodiny (v našom prípade by to mali byť častice s približne 100 % obsahom Fe). Prikláňame sa k názoru, že výskyt pôdy s takým veľkým podielom Al (hliníka) je nepravdepodobný.

Vzorka A2

Vzorka A2 bola zoškrabaná z miesta chýbajúceho ostňa O4. Bola snaha zistiť, či má koniec "kýpťa" zloženie podobné základnému materiálu sekery, alebo či je na ňom nejaká povrchová vrstva. Typické chemické zloženie je dané analýzou 5. Farebne sa prach podobá vonkajšej povrchovej vrstve vzorky Al. Zloženie povrchovej vrstvy nanesenej na sekeru v mieste chýbajúceho ostňa nezodpovedá zloženiu základného materiálu sekery.

Vzorka A3

Vzorka A3 bola z daného miesta zoškrabaná v podobe prachu. Typické chemické zloženie udáva analýza 6. Prach sa farebne podobá vonkajšej vrstve vzorky 1, podiel Si je však vyšší. Chemické zloženie vzorky nezodpovedá chemickému zloženiu základného materiálu sekery.

Vzorka B1

Vzorku B1 tvorí látka, ktorá pokrýva oblasť ostňa O3. Účinkom pokračujúcich korozívnych procesov sa odlúpla a na jej vnútornej strane boli objavené oblasti, ktoré obsahovali čisté železo, ako aj oblasti s chemickým zložením stanoveným analýzou B.

Vzorka B2

Vzorku B2 tvorí látka v blízkosti chýbajúceho 4. ostňa. Z jej hornej časti je chemická analýza B2. Vnútorná časť, hraničiaca s telesom sekery, má zloženie 10. V obidvoch prípadoch bol v látke stanovený pomerne vysoký obsah Al a zvýšený obsah Si a Na.

Vzorka B3

Vzorku B3 tvorí osteň O1. Jej typické zloženie je dané analýzou B3. Na vnútornej strane, asi 0,5 mm pod povrchom, boli nájdené oblasti so zvýšeným podielom Pb (analýza 13). Ďalej sa na vnútornej strane pozorovali zelené ostrovčeky, ktorých zloženie ukazuje analýza 12.

Vzorka B4

Vzorku B4 tvorí látka na O2. Jej zloženie určuje analýza 14.

Vzorka B5

Vzorku B5 tvorí odlúpnutá časť s veľkosťou 5-haliernika. Analýza 15 a 16 vykazuje typické chemické zloženie vonkajšej strany vzorky. Chemické zloženie vnútornej strany je dané analýzou 17. Pozoruhodný je pomerne vysoký obsah Na.

METALOGRAFICKÁ ANALÝZA SEKERY

Metalografická analýza bola zameraná na zhodnotenie stavu štruktúry ostria sekery s ohľadom na jeho funkčnosť. Metalografický výbrus bol urobený zo vzorky odobranej z ostria (obr. 2: 1). Bol pripravený bežnými metalografickými postupmi (brúsenie, leštenie, chemické leptanie v 4 % roztoku HNO_3 v etylalkohole). Mikroštruktúru materiálu sekery v blízkosti ostria dokumentuje obr. 3. Ide o acikulárnu feriticko-perlitickú štruktúru. Perlit sa v štruktúre nachádza v podobe globulárnych častíc. Takto zglobularizovaný perlit vzniká len pri dlhodobom vystavovaní materiálu teplote okolo 700 °C. Treba poznamenať, že takéto tepelné spracovanie degeneruje vlastnosti očakávané od ostria bojovej sekery. Z materiálových rozborov súboru siedmich sekier z archeologického náleziska Borovce (*Mitter 1994*) vyplýva, že výrobcovia sekier zhotovovali kvalitné železné výrobky (vedomé nauhlíčovanie hrotu sekery, kalenie). Sekera z hrobu 221 má úžitkové vlastnosti v porovnaní so sekerami z ostatných hrobov znížené jej dlhodobým vystavením teplu. Keďže sekera sa nachádzala v hrobe, o ktorom nálezové okolnosti hovoria, že bol v ňom pochovaný sociálne vyššie postavený jedinec, a s ohľadom na spomenutú vysokú technologickú úroveň výrobcov sekier možno takmer s určitosťou vylúčiť, že bola nepodarkom. Je možné, že sekera nebola určená na boj (prácu?). V tom prípade, ak vylúčime, že ide o nepodarok, je otázkou, prečo bola tak dlho vystavená pôsobeniu tepla. S ohľadom na vyššie uvedené indície možno predpokladať, že bola dlhodobo vystavená vysokej teplote v procese nanášania aplikovaných sklených systémov na jej povrch.

ZÁVER

Vzhľadom na chemické analýzy povrchových vrstiev sekery (látka A a B), ich tvar, miesto nálezu a stav mikroštruktúry môžeme vylúčiť, že povrchové vrstvy na nej sú produktom korózie alebo nálepov z okolia. Na základe výsledkov chemických analýz 2-17 (tab. 1) nie je možné presne stanoviť pôvodné zloženie umelo pripravenej látky, ale dá sa predpokladať, že bola vytvorená na báze železných trosiek (SiO_2-Fe_2O_3 alebo SiO_2-Fe_2O_3-PbO) a môžeme ju považovať za aplikovaný sklený systém.

Literatúra

MITTER, M. 1994: Metalografický rozbor a stanovenie spôsobu výroby železných sekier z archeologického náleziska Borovce pri Piešťanoch. Diplomová práca. Výskumný ústav zváračský, Bratislava.

ANALYSE DER OBERFLÄCHE DER AXT AUS GRAB 221 IN BOROVCE

Resümee

Die Analyse sollte außer der chemischen Zusammensetzung der Axt feststellen, ob auf ihrer Oberfläche irgendeine Schicht aufgetragen war und wie ihre Zusammensetzung ist. Die Proben wurden einer chemischen und metallographischen Analyse unterzogen. In Anbetracht der chemischen Analysen der Axtoberflächenschichten, ihrer Form, des Fundplatzes und des Befundes der Mikrostruktur kann ausgeschlossen werden, daß die Oberflächenschichten auf ihr das Produkt der Korrosion oder Anhaftungen aus der Umgebung sind. Aufgrund chemischer Analysen kann nicht genau die ursprüngliche Zusammensetzung des künstlich hergestellten Stoffes festgestellt werden, doch kann vorausgesetzt werden, daß sie auf der Basis von Eisenschlacke gebildet wurde und man kann sie für ein appliziertes Glassystem halten.

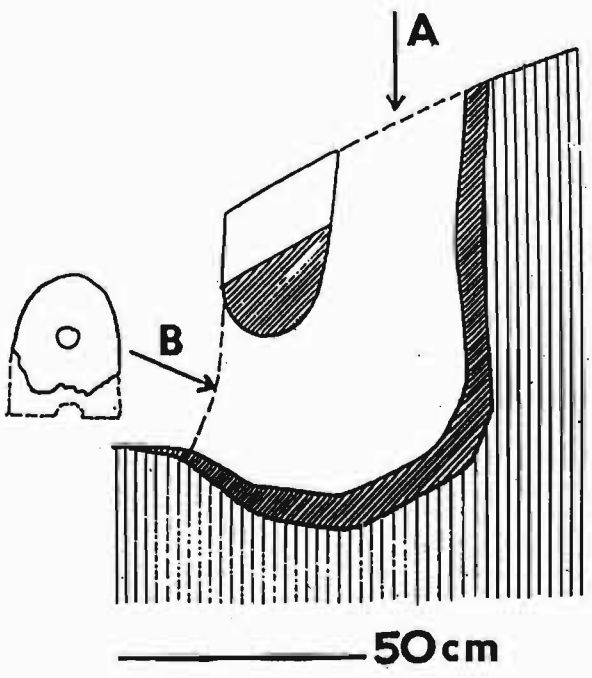
EXPERIMENTÁLNÍ TAVBY ŽELEZA V BLANSKU V REKONSTRUKCÍCH ŽELEZÁŘSKÝCH PECÍ Z 9. STOLETÍ N. L.

Karel Stránský - Věra Souchopová - Jiří Merta

ÚVOD

Přímá výroba železa z rud představuje až dosud časově nejdelší období výroby železa a v českých zemích pokrývá rozpětí od konce pravěku do začátku 17. stol., kdy je vystřídána mnohem produktivnější výrobou **nepřímou**. Na území Moravského krasu je doloženo zpracování železa od údobí halštatu (t. j. od 6. až 5. stol. před n. l.) až po současnost, i když vysoké pece v Adamově a Blansku vyhasly ve třetí čtvrtině minulého století. Oblast Moravského krasu je mimo jiné též známá četnými archeologickými nálezy slovanských hutnických dílen a pecí z 8. až 11. stol., které sloužily k přímé výrobě železa z rud. Je proto přirozené, že podobně jako v jiných zemích s obdobnou železářskou tradicí, tak i u nás, a to přímo v brněnském a blanenském regionu, vznikaly pokusy o oživení starých, dávno zaniklých hutnických technologií v hutnických pecích rekonstruovaných na základě místních archeologických nálezů. Takto byly uskutečněny pokusné tavby v šachtových pecích podle nálezů spadajících do 11. stol. na Olomučansku (*Souchopová - Stránský 1983)* a následně také pokusné tavby ve vestavěných pecích s tenkou hrudí podle nálezů datovaných do 9. stol. a pocházejících rovněž z olomučanského polesí (*Stránský - Souchopová - Král - Čípek 1985; Stránský - Souchopová 1993).*

Ve střední části Moravského krasu, v polesí Olomučany, bylo v posledních letech archeologicky zkoumáno několik lokalit železářského hutnictví, datovaných do 8. až 11. stol. Z výsledků výzkumu (*Souchopová 1991)* plyne, že hutě z 8. a 9. stol. se vyznačovaly plánovitým uspořádáním vlastních areálů pracovišť, podle něhož a též podle velké hmotnosti strusek a množství dyzen, lze usuzovat na vysokou produktivitu práce. Zřejmě již tehdy šlo o specializované hutní výrobní útvary, čímž se tyto dílny odlišovaly, a to velmi výrazně, od hutnických pracovišť následujícího 10. a 11. stol.



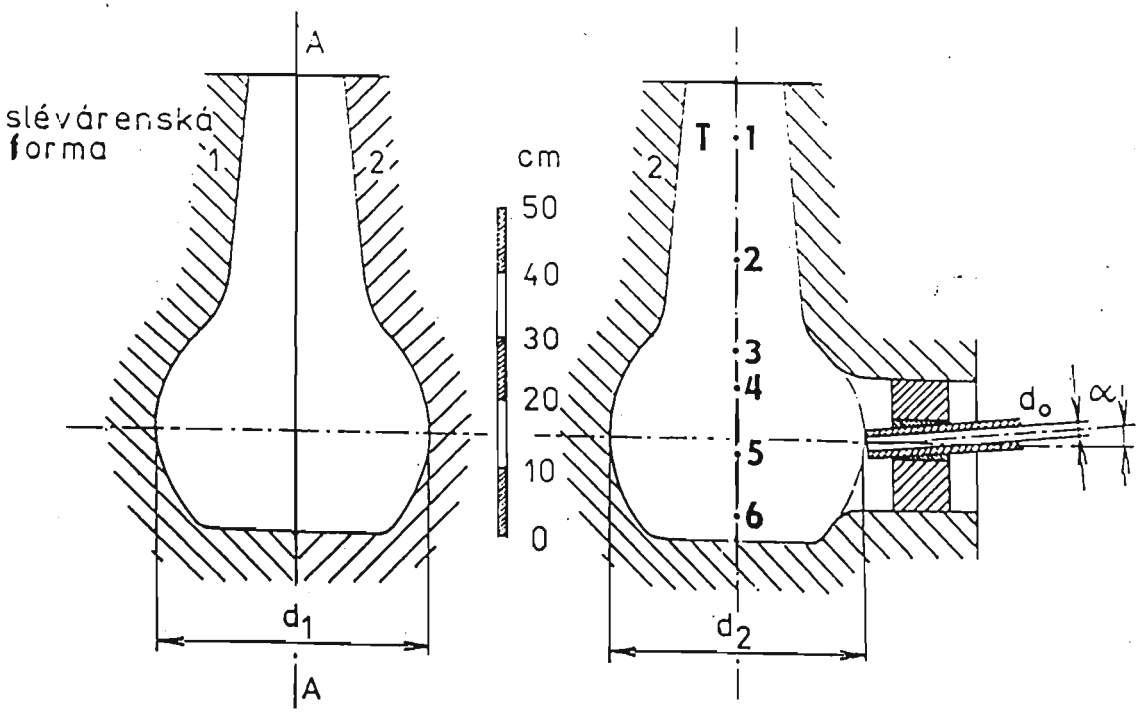
Obr. 1. Olomučany. Vestavěná pec s tenkou hrudí. A - směr přisazování vsázky, B - směr dmýchání vzduchu.

Například plošně zkoumaná dílna z 9. stol. se nachází na jižní terase, upravené ve strmém svahu nad potokem (lesní odd. 98/1 - Olomučany). Její okraj je lemován odpadovými haldami železářských strusek, dyzen a zbytků nezpracovaných železných rud, o celkové délce asi 7 m a výšce asi 0,9 m. Přitom je pozoruhodné, že v této dílně byly zjištěny dva typy pecí. Byly to nadzemní šachtové pece s mělce zahloubenými nístějemi (celkem 5 pecí) a do rostlé zeminy vestavěné pece s tenkou hrudí, s dvěmi variantami tvaru nístějí (celkem 5 pecí). Nadzemní šachtové pece se dochovaly jen ve tvaru nístějí mělce zahloubených do plošiny terasy. Čtyři z vestavěných pecí s tenkou hrudí byly zapuštěny do šikmých stěn jedné obslužné jámy a jejich nístěje byly poněkud zahloubeny (obr. 1). Pátá pec byla postavena odděleně, byla také zapuštěna do lavice rostlé hlíny, a její hrudní partie, s výrazným a pečlivě provedeným formovým otvorem, byla modelována jen ze žáruvzdorné hlíny. Její nístěj se mírně skláněla ve směru k formě.

V rekonstrukcích, modelech postavených podle zachovaných tvarů vestavěných pecí s tenkou hrudí, bylo v letech 1980 až 1986 uskutečněno celkem devět pokusných taveb, jejichž průběh i výsledky byly postupně popsány a stručně zhodnoceny (*Stránský - Souchopová - Král - Čípek 1985; Stránský - Souchopová 1985).* V předložené práci jsou hlavní výsledky experimentálních taveb přímé výroby železa z rud ve vestavěných pecích s tenkou hrudí poprvé souhrnným způsobem zhodnoceny a je poukázáno na ty metalurgické parametry, které v hlavní míře spoluurčují, popřípadě významně ovlivňují výtěžek metalurgického pochodu.

CHARAKTERISTIKA PRŮBĚHŮ A VÝSLEDKŮ EXPERIMENTÁLNÍCH TAVEB

Základní tvar pece použité k pokusným tavbám je na obr. 2. Vidíme, že vnitřní prostor pece má tvar hrušky s rovně odříznutým vrchlíkem. Výška pece od dna nístěje po ústí šachty se pohybovala v rozmezí 650 až 750 mm a rozměry eliptického průřezu nístěje v rovině ústí dyzny kolísaly v intervalech: d_1 = 370 až 400 mm a d_2 = 340 mm. Průměr vnitřního otvoru dyzny byl u prvních šesti taveb 26 mm, u zbývajících 18 mm a úhel odklonu dyzny od horizontální roviny se pohyboval kolem 2 až 4 °. Průměr otvoru pece při ústí šachty činil 140 až 160 mm.



Obr. 2. Schema modelové pece s tenkou hrudí, rekonstruované podle nálezů z 9. stol.

První série taveb (sestávající ze tří taveb) v rekonstrukcích vestavěných pecí proběhla na nádvoří blanenského zámku v r. 1980 a pec byla zhotovena přímo v terase terénu blanenského zámku, a to z žáruvzdorných jílů. Teplota byla průběžně měřena termočlánkem typu chromel-alumel, umístěným v rovině ústí dyzny na její protilehlé straně. Vzduch byl do pece dmýchán ventilátorem a regulován škrtící klapkou. Železná houba byla po ukončeném pochodu vyjímána kleštěmi tak, že se nejdříve vylomila dyznová cihla. Základní údaje této série pokusných taveb jsou uvedeny v tab. 1.

Druhá série taveb (zahrnující čtyři tavby) se uskutečnila v letech 1982 až 1983 ve slévárně ČKD Blansko a pec byla zhotovena pomocí předem připraveného děleného modelu. Tento model a upravený formovací rám s otvory pro ústí šachty a dyznovou cihlu pak sloužily k výrobě dělené slévárenské formy. Dělící rovina je představována řezem AA na obr. 2. K zaformování modelu bylo použito šamotové směsi. Vysušená forma s dutinou pece byla poté sevřena svěrkami s klíny a postavena tak, aby hruška pece měla svislou polohu. Do boční stěny byly zabudovány po její výšce termočlánky typu chromel-alumel k průběžnému snímání teplot šestibodovým zapisovačem. Do vstup-

ního otvoru pece byla zasazena šamotová dyznová cihla s kovovou dyznou, do níž byl vzduch zaváděn přímo z ústředního rozvodu ze sítě. Výhoda takového uspořádání spočívala v tom, že po ukončené tavbě mohla být pec pomocí jeřábu skloněna do vodorovné polohy a po uvolnění klínů a svěrek bez porušení snadno otevřena. Vyjímání železné houby i stanovení její polohy v peci po ukončení tavby bylo v tomto případě neobyčejně usnadněno. Základní údaje o této sérii taveb jsou uspořádány v tab. 2.

Třetí série taveb (zahrnující dvě tavby) se uskutečnila v roce 1986 rovněž ve slévárně ČKD Blansko ve stejně připravené peci pouze s tím rozdílem, že k zaformování modelu bylo využito nevazné, křemičité, chemicky tvrzené formovací směsi (CT směsi). Základní údaje o této sérii taveb jsou uvedeny v tab. 3.

Ve všech případech byla vsázka složena z komerčního bukového uhlí o velikosti vlašského ořechu až dětské pěsti a z jakostní indické, nebo brazilské železné rudy, jež obsahovala 60, výjimečně až 66 hm. % Fe. Železná ruda byla drcena na velikost hrachu až lískového ořechu a upravena pražením. Pro všechny pokusné tavby byl přitom rovněž společný základní režim, který sestával ze tří údobí:

1. zapálení a předehřívání pece zaplňované pouze dřevěným uhlím (přípravné údobí);
2. rovnoměrného přisazování dřevěného uhlí a železné rudy při zachování konstantního poměru obou složek (aktivní údobí);
3. dohořívání a chladnutí pece až po vyjmutí železné lupy (pasivní údobí).

ARCHEOMETALURGICKÉ ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTÁLNÍCH TAVEB

Z porovnání výtěžků železné houby vztažených na rudnou vsázku (m_{Fe}/m_{rudy}, resp. m_{Fe}/bm_r), uvedených v tab. 1-3 a též v přehledné tab. 4, je zřejmé, že první série taveb poskytla nejnižší výtěžky železa, v průměru 2,7 %, zatímco nejvyšší výtěžky byly získány u poslední, třetí série pokusných taveb, v průměru 39,1 %. Druhá série taveb poskytla výtěžky v rozmezí 1,8 až 44 %, se střední hodnotou normovanou prostřednictvím parametru b (u tavby BS 3), jež obnáší 15,5 %.

V tab. 4 jsou uspořádány hlavní parametry redukčního pochodu ve vestavěných dýmáčkách s tenkou hrudí, které se při souhrnném zpracování výsledků jevily jako významné. Patří k nim parametr označený jako "průchodnost paliva (dřevěného uhlí) pecí" a obdobně označený parametr "průchodnost rudné vsázky pecí". Tyto dva parametry se ukázaly jako statisticky silně významné již u pokusných taveb v rekonstrukcích šachtových pecí (*Pleiner 1958*) a proto byly při pokusných tavbách ve vestavěných dýmačkách udržovány přibližně konstantní, a zvoleny podle analogie s dřívějšími pokusy (*Pleiner 1958*). Parametry udávají množství paliva (železné rudy), které se spotřebuje (nebo zpracuje) za jednu hodinu na jeden decimetr čtvereční normovaného průřezu pece v rovině dyzen. Je zřejmé, že se u jednotlivých sérií taveb významně neměnily a jejich vliv na výtěžek se též neprojevil jako statisticky významný.

Ve srovnání s tím mají dva další parametry, to znamená "doba aktivního chodu pece" (t. j. doba rovnoměrného přisazování paliva a železné rudy - 2. údobí) a "doba pasivního chodu pece" (to znamená doba dohořívání a chladnutí pece až do vyjmutí železné lupy - 3. údobí) na výtěžek železné houby statisticky silně významný vliv. Z tab. 4 je patrno, že výtěžek roste jak s dobou aktivního chodu pece, která se zvyšovala u jednotlivých sérií taveb s posloupností 1,55; 2,82; 3,68 h, tak i s dobou pasivního chodu pece, která rostla u jednotlivých taveb s posloupností 1,14; 6,45; 10,56 h.

Vliv doby pasivního chodu pece na výtěžek železné houby vyplývá z porovnání průběhů taveb druhé série. U prvních tří taveb v tab. 2 byla železná lupa vyjmuta z pece krátce po ukončení 2. údobí tavby (nejdéle do dvou hodin po poslední přísadě paliva a rudy), zatímco u čtvrté tavby téže série (tavba BS 4) byla železná houba ponechána v peci přes noc, to znamená asi 22 hodin. Vidíme, že první tři tavby poskytly nevelké výtěžky v rozsahu asi 2 až 7 %, zatímco čtvrtá tavba, u níž se prodloužila především doba pasivního chodu pece, poskytla výtěžek kolem 44 % (tab. 2).

Účinky doby aktivního a pasivního chodu pece na výtěžek železné houby byl ještě ověřen u poslední, třetí série taveb. U první z nich (BS 5) byla poněkud prodloužena doba aktivního chodu pece, avšak především se zvětšila doba pasivního chodu pece, a to asi na 20 hodin. Přitom bylo dosaženo výtěžku 47 procent. U druhé z těchto taveb (BS 6) byla významně prodloužena doba ak-

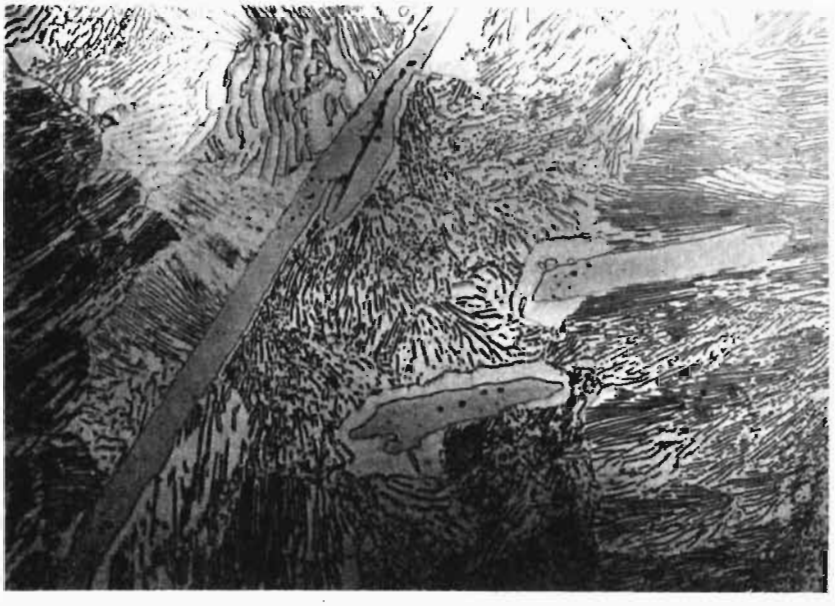
tivního chodu pece na více než čtyři hodiny a při zachování přibližně konstantních hodnot zbývajících parametrů bylo dosaženo relativně dobrého výtěžku železné houby 32 % i při poměrně krátké pasivní době chodu pece 1,2 hodiny.

Prodloužení aktivní doby chodu pece, to znamená druhého údobí, při zachování přibližně stejné průchodnosti paliva a železné rudy pecí, zároveň značí, že se současně zvětšuje množství zpracované železné rudy i spotřebovaného paliva. Například u poslední, třetí série taveb se vsázka zvýšila z 20 kg na 30 kg rudy, popřípadě paliva. To ukazuje, že u vestavěných pecí s tenkou hrudí bylo zapotřebí také zpracovat jisté minimální množství železnorudné vsázky, aby se zajistil optimální výtěžek. Z pokusných taveb zároveň plyne, že prodloužení doby, po níž setrvává železná houba v peci, má příznivý vliv na zvýšení výtěžku železné houby.

Měrná spotřeba paliva, dřevěného uhlí, je do značné míry svázána s výtěžkem železné houby, t.j. s parametry v tab. 4, k nimž patří - doba aktivního chodu pece - doba pasivního chodu pece - průchodnost paliva pecí a - průchodnost rudné vsázky pecí. Z uskutečněných experimentů plyne, že u první série taveb byla spotřeba dřevěného uhlí nejvyšší (86 kg paliva na jeden kg železné houby), přičemž s ní koreluje nejnižší výtěžek železné houby 2,7 %. U poslední série taveb byla měrná spotřeba paliva nejnižší, a to 4,7 kg dřevěného uhlí na jeden kg železné houby, při výtěžku 39,1 %.

Již dřívější experimentální tavby ukázaly, že u vestavěných pecí s tenkou hrudí je vyrobená železná houba nauhličena tím více, čím větší je výtěžek a čím celistvější (kompaktnější) kus se vyrobí (*Stránský - Souchopová - Král - Čípek 1985*). I když je velmi obtížné podat vskutku objektivní metalografické charakteristiky železné houby, neboť je téměř vždy strukturně heterogenní s proměnlivým obsahem uhlíku a s velkým podílem strusky (15 až 25 i více objemových procent), byla zmíněná tendence k nauhličení potvrzena též při vzájemném porovnávání struktur vzorků železné houby z taveb BS 5 a BS 6 (*Stránský - Souchopová 1993*).

Vzorky odebrané z houby po dlouhodobém setrvání v redukční atmosféře nístěje pece jsou více nauhličeny a mají převážně perliticko-cementitickou strukturu nadeutektoidní oceli, s četnými částicemi cementitu uvnitř původních austenitických zrn i po jejich hranicích (obr. 3). Naproti tomu vzorky odebrané z houby po předčasném vyjmutí z pece jsou méně nauhličeny a mají převážně feriticko-perlitickou strukturu odpovídající podeutektoidní oceli a měkkému železu (obr. 4).



Obr. 3. Struktura vzorku železné houby z tavby třetí série - tavba BS 5. Převážně lamelární perlit s ostrůvky feritu a cementit vyloučený po hranicích původních austenitických zrn i uvnitř těchto zrn. Leptáno nitalem, zvětšeno 400x.

Ukazuje se tedy, že prodloužení údobí rovnoměrného přisazování paliva a železné rudy, spojené se zpracováním většího množství železné rudy i paliva a dlouhodobé setrvání železné houby za vysokých teplot v redukční atmosféře nístěje vestavěné pece po ukončení tavby, vede k většímu výtěžku, k větší celistvosti vyrobené železné houby a též k jejímu celkově většímu nauhličení, takže produktem může být v takovém případě jakostní eutektoidní až nadeutektoidní ocel.

Obr. 4. Struktura vzorku železné houby z tavby třetí série - tavba BS 6. Jehlicovitý ferit zachovávající uspořádání podle Widmannstättena s nevelkým podílem perlitu. Leptáno nitalem, zvětšeno 400x.

ZÁVĚR

Na podkladě zhodnocení průběhu a výsledků experimentálních taveb bylo možno usoudit, že vestavěné pece s tenkou hrudí měly díky svému zabudování v rostlé půdě výbornou izolační schopnost a mohly tím plnit funkci vyhřívacích pecí i po zastavení dmýchání vzduchu. Dlouhým setrváním železné houby v redukční atmosféře nístěje vestavěné pece při poměrně vysoké teplotě mohli tehdejší hutníci dosáhnout u těchto pecí kompaktní a nauhličenou železnou houbu - ocel, a to poměrně úsporným způsobem. Tím se vestavěné pece také odlišovaly od nadzemních šachtových pecí bez zahloubené nístěje, u nichž byla tepelná izolace nepoměrně horší. Zatímco u šachtové pece bylo zpravidla nutno železnou houbu (kus, plik) vylomit krátce po ukončení dmýchání, neboť rychle chladla, u vestavěných pecí mohla tato houba setrvat v nístěji pece díky její výborné tepelné izolaci nepoměrně déle za vysokých teplot, přičemž docházelo k jejímu spékání, slinování a nauhličování.

Výsledky experimentálních taveb rovněž potvrzují možnost výroby jakostní železné houby v uvedeném typu pecí, které pracovaly na Blanensku v době existence Velké Moravy a jsou zároveň příspěvkem k rozsáhlým a četným pracím *R. Pleinera*, specializovaným na oblast slovanského železářského hutnictví (*1958; 1971; 1978a; 1978b*).

Tab. 1. Základní údaje pokusných taveb v modelech vestavěných pecí s tenkou hrudí z 9. stol. n. l. - série 1 (1980)

Poř. čís.	Charakteristika režimu tavby	Parametry		Označení tavby / Datum		
				BZ 1 22. 6. 1980	BZ 2 24. 6. 1980	BZ 3 19. 7. 1980
1	zapálení a předehřátí pece (teplota měřena na konci údobí)	čas	(h)	2,0	1,33	1,5
		palivo	(kg)	2,0	10,5	7,0
		ruda	(kg)	0,0	0,0	0,0
		teplota	(°C)	-	1000	-
2	rovnoměrné přisazování paliva a železné rudy (udána střední teplota a její směrodatná odchylka)	čas	(h)	1,4	1,42	1,83
		palivo	(kg)	9,0	4,5	5,0
		ruda	(kg)	11,0	8,0	5,8
		teplota	(°C)	-	1156 ±151	-

Tab. 1. Základní údaje pokusných taveb v modelech vestavěných pecí s tenkou hrudí z 9. stol. n. l. - série 1 (1980) - pokračování

Poř. čís.	Charakteristika režimu tavby	Parametry		Označení tavby / Datum		
				BZ 1 22. 6. 1980	BZ 2 24. 6. 1980	BZ 3 19. 7. 1980
3	dohořívání a chladnutí pece až do vyjmutí lupy z nístěje (teplota na začátku a konci údobí)	čas	(h)	0,85	0,83	1,75
		palivo	(kg)	3,0	1,5	0,0
		ruda	(kg)	0,0	0,0	0,0
		teplota	(°C)	-	800 až 600	-
4	hmotnost železné houby	m_{Fe}	(kg)	0,43	0,22	0,075
	výtěžek	m_{Fe}/m_{rudy}		0,039	0,028	0,013
5	tlak dmýchaného vzduchu před vstupem do pece (vodní sloupec)	δh	(mm)	-	-	-
6	rozměry eliptického průřezu nístěje v rovině dyzen	d_1	(dm)	4,0	4,0	4,0
		d_2	(dm)	3,4	3,4	3,4

Tab. 2. Základní údaje pokusných taveb v modelech vestavěných pecí s tenkou hrudí z 9. stol. n. l. - série B (1982-1983)

Poř. čís.	Parametry		Označení tavby / Datum			
			BS 1 23. 6. 1982	BS 2 24. 6. 1982	BS 3 22. 11. 1983	BS 4 23. 11. 1983
1	čas	(h)	1,07	1,50	0,43	0,92
	palivo	(kg)	13,0	14,0	14,0	18,0
	ruda	(kg)	0,0	0,0	0,0	0,0
	teplota	(°C)	960	980	960	1010
2	čas	(h)	2,32	0,95	1,73	2,28
	palivo	(kg)	16,0	10,5	14,0	20,0
	ruda	(kg)	16,0	14,0	17,5	20,0
	teplota	(°C)	1155	1158	1 175	1 146
			±66	±69	±74	±36
3	čas	(h)	1,58	1,48	0,77	21,97
	palivo	(kg)	6,0	4,0	5,0	6,0
	ruda	(kg)	0,0	0,0	0,0	0,0
	teplota	(°C)	1200	1200	1 200	1 180
			až	až	až	až
			920	920	1 060	750
4	m_{Fe}	(kg)	1,072	1,002	0,315	8,80
	m_{Fe}/m_{rudy}		0,067	0,0716	0,018	0,440
5	δh	(mm)	-	-	-	-
6	d_1	(dm)	3,7	3,7	3,7	3,7
	d_2	(dm)	3,4	3,4	3,4	3,4

Tab. 3. Základní údaje pokusných taveb v modelech vestavěných pecí s tenkou hrudí z 9. stol. n. l. - série C (1986)

Poř. čís.	Charakteristika režimu tavby	Parametry		Označení tavby / Datum BS 5 5. 11. 1986	BS 6 6. 11. 1986
1	zapálení a předehřátí pece (teplota měřena na konci údobí)	čas	(h)	0,50	0,75
		palivo	(kg)	12,0	14,0
		ruda	(kg)	0,0	0,0
		teplota	(°C)	1 037	990
2	rovnoměrné přisazování paliva a železné rudy (udána střední teplota a její směrodatná odchylka)	čas	(h)	3,13	4,23
		palivo	(kg)	20,0	30,0
		ruda	(kg)	20,0	30,0
		teplota	(°C)	1 068	1 070
				±30	±57
				n = 20	n = 30
3	dohořívání a chladnutí pece až do vyjmutí lupy z nístěje (teplota na začátku a na konci údobí)	čas	(h)	19,92	1,2
		palivo	(kg)	7,0	5,0
		ruda	(kg)	0,0	0,0
		teplota	(°C)	1 115	1 200
				~750	~1070
4	hmotnost železné houby	m_{Fe}	(kg)	9,3	9,5
	výtěžek	m_{Fe}/m_{rudy}		0,465	0,317
5	tlak dmýchaného vzduchu před vstupem do pece (vodní sloupec)	δh	(mm)	37,1	43,8
				±15,6	±10,6
				n = 25	n = 37
6	rozměry eliptického průřezu nístěje v rovině dyzen	d_1	(dm)	3,7	3,7
		d_2	(dm)	3,4	3,4

Tab. 4. Souhrnná bilance pokusných taveb v modelech vestavěných pecí s tenkou hrudí z 9. stol. n. l. (1980-1986)

Parametr	Rozměr	Serie taveb		
		A (1980)	B (1982 až 1983)	C (1986)
průchodnost paliva (dřevěného uhlí) pecí $m_p/t_1.d_1.d_2$	kg / (h.dm^2)	0,3022	0,6919	0,5369
		±0,1485	±0,1389	±0,0395
průchodnost rudné vsázky pecí $bm_r/t_1.d_1.d_2$	kg / (h.dm^2)	0,4083	0,6927	0,5369
		±0,1724	±0,3488	±0,0395
doba aktivního chodu pece t_1	h	1,55	1,82	3,68
		±0,24	±0,64	±0,78

Tab. 4. Souhrnná bilance pokusných taveb v modelech vestavěných pecí s tenkou hrudí z 9. stol. n. l. (1980-1986) - pokračování

Parametr	Rozměr	Serie taveb		
		A (1980)	B (1982 až 1983)	C (1986)
doba pasivního chodu pece t_2	h	1,14 ±0,53	6,45* +10,35	10,56* +13,24
spotřeba paliva na 1 kg železné houby $\Sigma m_p/m_{Fe}$	kg / kg	89,19 ±64,89	20,12* +37,09	4,675 ±0,686
výtěžek železné houby vztažený na rudnou vsázku m_{Fe}/bm_r	(kg/kg) . 100 %	2,67 ±1,31	15,49* +19,06	39,10 ±10,47

Poznámka: - hodnoty označené hvězdičkou (*) nemají normální (Gaussovo) rozdělení
- parametr b - udává relativní poměr železa v použité rudné vsázce vzhledem k obsahu železa v rudě indické

Literatura

PLEINER, R. 1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích. Praha.

PLEINER, R. 1971: Archeologický výzkum středověkých železáren u Radětic. Vlastiv. Sbor. Podbrdska. 5. Příbram, s. 42-63.

PLEINER, R. 1978a: Comments on Classification of Iron-smelting Furnaces. N.A.R., 11, No.1, s. 37-39.

PLEINER, R. 1878b: The introduction and conclusions from the report on metallographical examinations of tools, knives and arrow/heads. In: Excavations at Helgö. Workshop-Part II. Stockholm.

SOUCHOPOVÁ, V. 1991: Otázky počátků hutnictví železa u západních Slovanů. Kandidátská disertační práce. Masarykova universita. Brno.

SOUCHOPOVÁ, V. - STRÁNSKÝ, K. 1983: Poznatky z experimentálních taveb železa v rekonstrukcích nadzemních šachtových pecí z Blanenska. Památ. archeol., 74, s. 527-544.

STRÁNSKÝ, K. - SOUCHOPOVÁ, V. 1993: Experimentální tavby železa v rekonstrukcích vestavěných pecí s tenkou hrudí z 9. století n. l. In: Seminář Z dějin hutnictví. Praha (přijato k publikaci).

STRÁNSKÝ, K. - SOUCHOPOVÁ, V. - KRÁL, J. - ČÍPEK, K. 1985: Tavby v rekonstrukcích vestavěných dýmaček z období Velké Moravy. Slévárenství, 33, č. 9, s. 393-399.

EXPERIMENTAL IRON MELTING IN RECONSTRUCTIONS OF METALLURGICAL FURNACES FROM THE 9TH CENT. A.D. IN BLANSKO

Summary

Evaluation of a process and results of nine experimental meltings allows us to presuppose that built-in furnaces with a thin breast had a very good insulation thanks to its position in land and so they could function as heating ovens also when air blasting had been stopped. Contemporary

metallurgists could reach compact and carburized spongy iron - a steel in these furnaces in a relatively economical manner by its long remaining in reducing atmosphere of a built-in furnace hearth in a relatively high temperature. By this quality built-in furnaces differed from surface shaft ones without sunk hearths heat insulation of which was much more worse.

Fig. 1. Olomučany. A built-in furnace with a thin breast. A - direction of charging the furnace. B - direction of air blasting.
Fig. 2. Scheme of a modelled furnace with a thin breast reconstructed according to finds of the 9th cent.
Fig. 3. Structure of the spongy iron sample from the third series of melting - the melting B S 5. Mostly lamelar perlite with ferrite islands and cementite deposited on boundaries of original austenitic grains and inside them. Nitale-etched; enlargement 400x.
Fig. 4. Structure of the spongy iron sample from the third series of melting - the melting B S 6. Needle-like ferrite with Widmannstatten's arrangement with small share of perlite. Nitale-etched; enlargement 400x.

POROVNANIE ŠTRUKTÚRY KOSÁKOV Z RÔZNYCH HISTORICKÝCH OBDOBÍ

Margita Longauerová - Jaroslav Kocich - Svätoboj Longauer

Životne dôležitú úlohu pre človeka od najstarších dôb mali poľnohospodárske nástroje. Uľahčovali mu prácu, predovšetkým pri zbere obilia, chove dobytka a pri spracovávaní dreva. Osobitné miesto medzi nimi majú kosáky. Prešli niekoľkotisícročným vývojom, pričom sa zásadne menil ich materiál a technologické spracovanie, ale ich funkcia a čiastočne i základný tvar zostali do dnešných čias nezmenené. Z hľadiska názvoslovia (*Hyčko 1973*) sa rozlišujú pri žatevnom náradí srpy a kosáky. Srpy sa používali v prvom rade na žatie obilia, najmä chlebového. Ich charakteristickým znakom je šikmé, dozadu smerujúce ryhovanie spodnej strany ostria, robené sekáčom. Kosáky nemajú zúbky a pri žatve sa používali na zberanie stebiel a len v menšej miere na žatie obilia, podobne ako srpy. Druhotne sa využívali na vyžínanie trávy, osekávanie repy a pod. Uvedené rozlíšenie nie je však bežne používané. Pre staršie obdobie bol zaužívaný názov kosáky bez ohľadu na funkčné zameranie.

V najstarších dobách nástroje tvaru kosáka boli vyrobené z kameňa. Potom sa vyrábali tieto nástroje z medi alebo bronzu a neskôr z ocele.

V predloženom príspevku sa zaoberáme porovnávaním oceľových kosákov a srpov z rôznych historických období z hľadiska štruktúry a spracovania ich materiálov. Ide o nálezy z týchto historických dôb a lokalít:

Doba halštatská
Nižná Myšľa (okr. Košice-vidiek), 5. stor. pred n. l.:
široký kosák č. IV-6068-2,
stredný kosák č. IV-6068-1,
úzky kosák č. IV-6068-4.

Včasný stredovek
Šebastovce (časť Košíc), slovansko-avarské pohrebisko, 8.-9. stor. n. l.:
dva zlomky veľkého kosáka;
Pobedim (okr. Trenčín), slovanské hradisko, prvá tretina 9. stor. n. l.:
veľký kosák č. 791 PH-DZ/3-II-11 P,
poloha Hradištia, malý kosák č. 791 PH-DX/3-II-11 P,
poloha Podhradištia, fragment kosáka č. 604.

Stredovek
Sebeslavce (bývalá obec, dnes Blatnica, okr. Martin), 14. stor. n. l.:
kosák č. 1,
kosák č. 2,
kosák č. 3.

Novovek
Martin, okolo r. 1920:
srp č. 38 299;
Horné Rykynčice (časť obce Rykynčice, okr. Zvolen), okolo r. 1900:
srp č. 22 995;
Staré (okr. Michalovce), okolo r. 1925:
srp č. 32 808.

Metalografická analýza uvedených nástrojov sa robila na vzorkách starostlivo odobratých z nálezov, väčšinou v podobe trojuholníka vyrezaného z oblasti ostria. Výbrusy sme pripravili bežnou metodikou, brúsením za mokra, mechanickým leštením a chemickým leptaním v dvojpercentnom nitale. Predpokladaná zložitosť a rozmanitosť štruktúrnej stavby nálezov na ich priereze nedovolila použiť výhodnú nedeštruktívnu metódu prípravy výbrusov elektrolytickou pipetou priamo na nálezoch (*Kocich - Leukaničová 1980*, s. 289). Na dokumentáciu mikroštruktúr sme použili svetelný mikroskop Metalloplan Leitz a rastrovací elektrónový mikroskop JEOL JSM 35 CF. Na štúdium subštruktúry sa použila transmisná elektrónová mikroskopia tenkých fólií na elektrónovom mikroskope JEOL JEM7. Mikrotvrdosť niektorých štruktúrnych zložiek sa stanovila mikrotvrdomerom Hanemann pri zaťažení 0,1N, O,2N, resp. 0,5N a dobe zaťaženia 10 s.

DOBA HALŠTATSKÁ

Z podrobného metalografického rozboru kosákov z Nižnej Myšle (obr. 1: 1), datovaných do doby halštatskej (*Kocich - Leukaničová 1980*, s. 395-400), vyplynulo, že boli vyrobené z viacerých polotovarov. Pri širokom a úzkom kosáku stredová oblasť je tvorená húževnatejším materiálom a ostrie je z tvrdšieho a menej húževnatého vysokouhlíkového materiálu. Zmena štruktúry od povrchu do stredu prierezu nálezov je dokumentovaná na obr. 1: 2 - široký kosák - a na obr. 1: 3 - úzky kosák. Ostrie širokého kosáka i povrchové oblasti majú väčšinou bainitickú mikroštruktúru s mikrotvrdosťou 500 HV 0,02 (obr. 1: 4) a povrchové oblasti úzkeho kosáka v oblasti ostria vykazujú martenzitickú štruktúru (obr. 1: 3). Stred oboch kosákov je húževnatejší, prevažne feriticko-perlitický.

Usporiadanie polotovarov a tiež štruktúr je v strednom kosáku zásadne odlišné od predchádzajúcich. Ostrie je mäkké a zosilnená zadná časť i stred prierezu sú tvrdšie. V blízkosti ostria je mikroštruktúra tvorená polyedrickými zrnami mäkkého feritu a zosilnená zadná časť prierezu kosáka vykazuje tvrdšiu feriticko-perlitickú mikroštruktúru (obr. 1: 5).

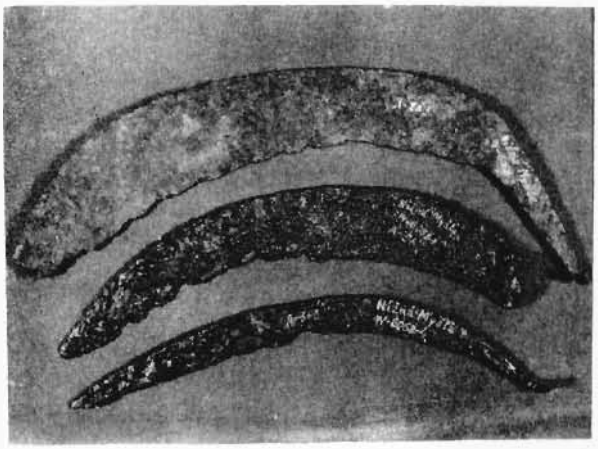
Styčné zvarové spoje medzi polotovarmi sú väčšinou lemované oxidickou troskou, ako to vidieť na obr. 1: 2, 3, 5. Rozloženie a tvar oxidov naznačujú smer plastickej deformácie pri kovaní za tepla.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že pri najstarších kosákoch z Nižnej Myšle nemožno jednoznačne stanoviť súlad medzi štruktúrou a funkčnými vlastnosťami, ktoré sa pri danom výrobku vyžadujú, ak nepripustíme zámenu kovaných strán pri jednom kosáku. Treba však zdôrazniť, že ide o historicky najstaršie datovanú aplikáciu tepelného spracovávania ocelí kalením na východnom Slovensku. Pretože použitie kalenia je v súlade s požadovanými funkčnými vlastnosťami, predstavuje vyšší stupeň technológie výroby oceľových nástrojov, a preto ho možno považovať za úmyselné. Zo štruktúrnych rozborov vyplýva, že ani v jednom z kosákov nedošlo k úplnému prekaleniu cez celý prierez, čo súvisí jednak s obsahom uhlíka, jednak s rýchlosťou ochladzovania, ako aj s výškou austenitizačnej teploty. Preto možno predpokladať, že kalenie sa robilo priamo z kovacej teploty.

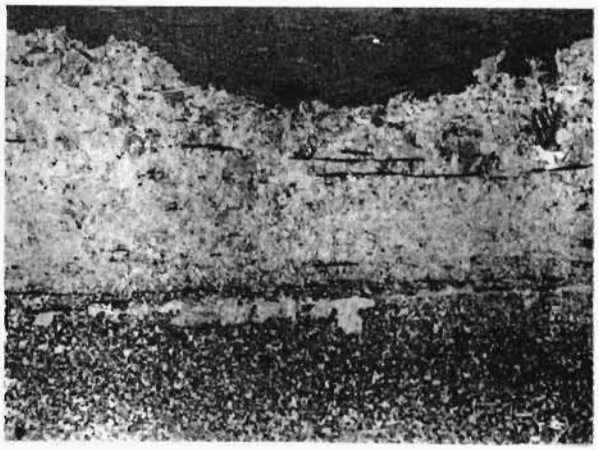
VČASNÝ STREDOVEK

Fragmenty veľkého kosáka zo Šebastoviec

Povrch veľkého kosáka (obr. 2: 1), ako aj ostatných kosákov zo včasného stredoveku, ktoré už prv detailne analyzovali (*Longauerová - Kocich 1993*, s. 254-259), bol pokrytý súvislou vrstvou zmesi tehlovočervených oxidov typu $Fe_2O_3.nH_2O$. Špička ostria je tvorená martenzitickou štruktúrou so známkami popustenia, ktorej mikrotvrdosť činí 417 HV 0,01. Oblasť vzdialenejšia od špičky ostria je tvorená zmesou popusteného martenzitu a troostitu. Rozhranie uvedených mikroštruktúr dokumentuje obr. 2: 2. Stred prierezu kosáka vo vzdialenejších miestach od špičky je tvorený húževnatejšou, prevažne feriticko-perlitickou štruktúrou, ako to ilustruje rozhranie štruktúr na obr. 2: 3. Makroskopická analýza (obr. 2: 4) i štúdium svetelným mikroskopom dokumentujú, že výrobca použil dva i viac polotovarov s rôznym obsahom uhlíka a uskutočnil úmyselné kalenie. Materiál je pomerne čistý, len miestami sa vyskytujú sírnikové inklúzie a troska na rozhraní zváraných polotovarov.



1



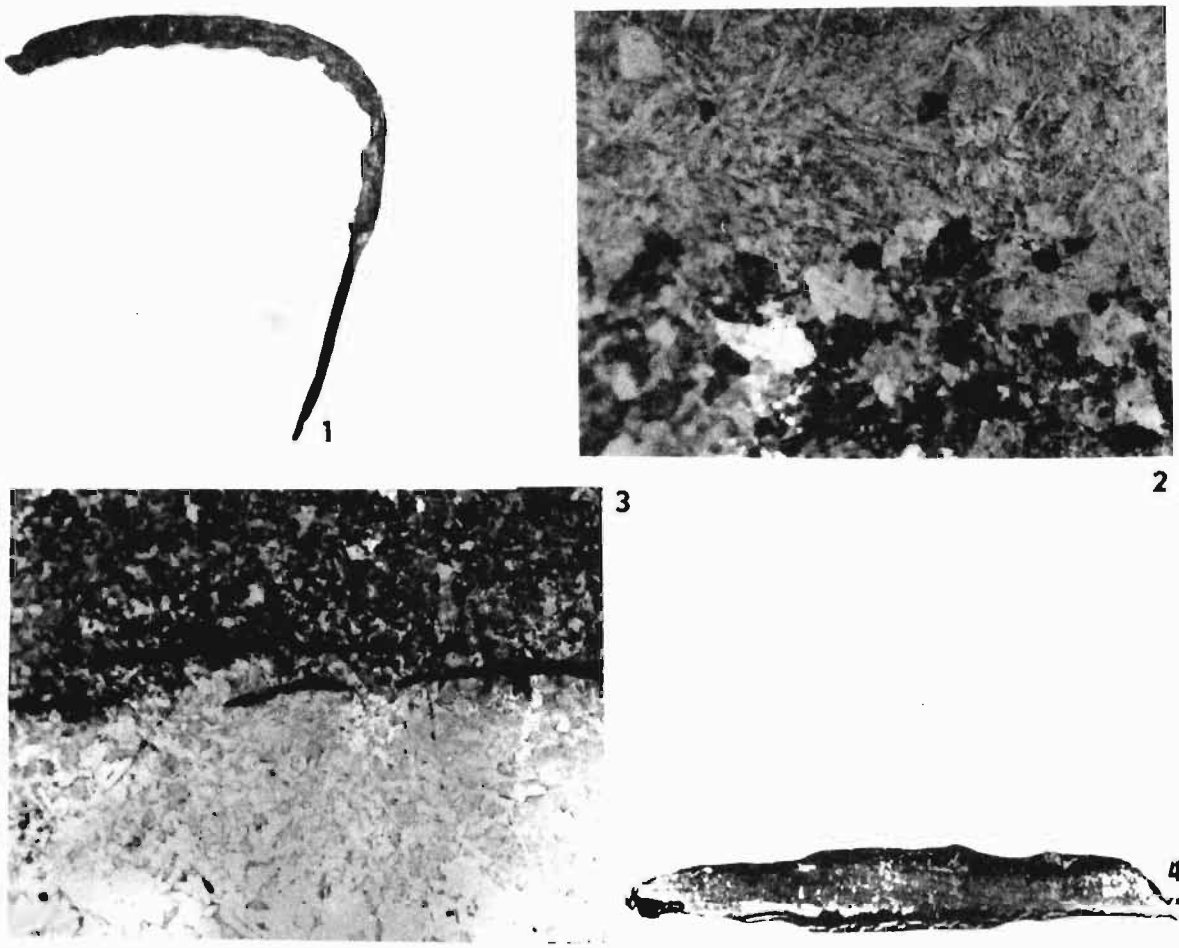
2

3

4

5

Obr. 1. Nižná Myšľa. Kosáky. 1 - makroskopická snímka: a - široký kosák, b - stredný kosák, c - úzky kosák; 2 - zmena štruktúry od povrchu do stredu prierezu širokého kosáka, zväčš. 50x; 3 - zmena štruktúry od povrchu do stredu prierezu úzkeho kosáka, zväčš. 200x; 4 - bainitická štruktúra v oblasti ostria širokého kosáka, zväčš. 200x; 5 - zvarový spoj dvoch typov materiálov, lemovaný troskou v strednom kosáku, zväčš. 50x.



Obr. 2. Šebastovce. Veľký kosák. 1 - makroskopická snímka; 2 - rozhranie mikroštruktúry popusteného martenzitu a troostitu v oblasti ostria, zväčš. 700x; 3 - rozhranie mikroštruktúr v oblasti vzdialenejšej od špičky ostria, zväčš. 300x; 4 - makroštruktúra vzorky.

Veľký kosák z Pobedima

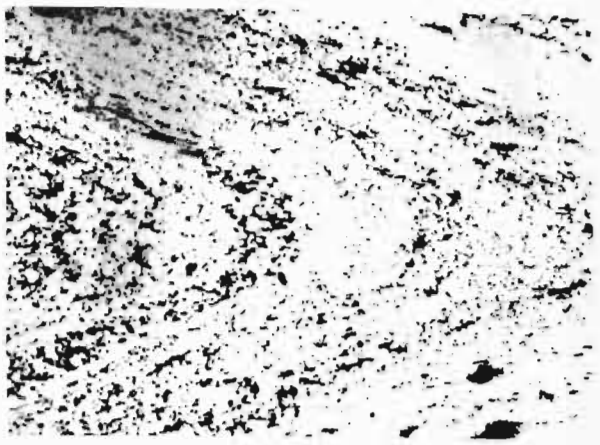
Tento nález (obr. 3: 1) je pozoruhodný preto, že nebol tepelne spracovaný. V porovnaní s ostatnými kosákmi má najvyšší stupeň znečistenia, t. j. mimoriadne vysoký obsah inklúzií - sírnikov a oxidov (obr. 3: 2, 3). Štruktúra v oblasti ostria je feritická s veľmi malým obsahom čiastočne sferoidizovaného perlitu. Zvláštne je usporiadanie štruktúry a inklúzií do tvaru klina, ako to dokumentuje mikroskopická (obr. 3: 2) i makroskopická analýza (obr. 3: 4). Niektoré veľké inklúzie sú dvojfázové (obr. 3: 3). V mikroštruktúre nie sú stopy po deformácii za studena.

Na základe metalografického rozboru konštatujeme, že kosák bol vyrobený skovaním viacerých polotovarov z nízkouhlíkovej mäkkej ocele, ktoré sú medzi sebou oddelené väčšími inklúziami na báze trosky. Tepelné spracovanie na zvýšenie tvrdosti ostria sa neaplikovalo a materiál nebol spevnený ani deformáciou za studena.

Malý kosák z Pobedima

Tento kosák bol skúmaný podobne ako ostatné nálezy v oblasti ostria z miesta vyznačeného šípkou na obr. 4: 1. Štúdiom makroštruktúry (obr. 4: 2) i mikroštruktúry (obr. 4: 3) sa zistilo, že na jeho výrobu sa použilo viacero polotovarov, ktoré sú navzájom oddelené troskou. Materiálom je mäkká nízkouhlíková oceľ s feritickou mikroštruktúrou s mikrotvrdosťou 115 HV 0,01, ktorá obsahuje ihlicové častice, vylúčené v určitých kryštalografických smeroch. Dokumentuje to obr. 4: 4, získaný svetelnou mikroskopiou, a obr. 4: 5, urobený rastrovacou elektrónovou mikroskopiou. Výskyt častíc je v blízkosti povrchu ostria zvýšený a v strede prierezu kosáka nižší. Transmisná elektrónová mikroskopia tenkých fólií podľa morfológie a usporiadania častíc ukázala, že ide o nit-

1



2

3

4

Obr. 3. Pobedim. Veľký kosák. 1 - makroskopická snímka; 2 - distribúcia inklúzií v oblasti ostria, zväčš. 70x; 3 - detail inklúzií, zväčš. 300x; 4 - makroštruktúra vzorky.

rídy Fe typu Fe_4N (obr. 4: 6). V oblasti špičky kosáka sme pozorovali lokálne bunkovú subštruktúru feritu, ktorá svedčí o jeho deformácii za studena (obr. 4: 7). Transformačné spevnenie v tomto náleze nebolo aplikované.

Fragment kosáka z Pobedima

Štúdium mikro- i makroštruktúry v priečnom reze kosáka (obr. 5: 1) v oblasti ostria nasvedčuje, že tiež bol vykovaný z viacerých polotovarov (obr. 5: 2). V celom priereze špičky ostria, podobne ako pri náleze zo Šebastoviec, sa nachádza štruktúra popusteného martenzitu s priemernou mikrotvrdosťou 381 HV 0,01 (obr. 5: 3). Štruktúra v oblasti vzdialenejšej od špičky sa v priečnom reze mení od popusteného martenzitu na bainit, resp. acikulárny ferit so známkami sferoidizácie perlitu. V strede prierezu najďalej od špičky sa vyskytuje polyedrický ferit.

Predpokladáme, že pri tomto kosáku sa realizovalo úmyselné tepelné spracovanie kalením a s následným popustením, vedúce k zvýšeniu tvrdosti ostria. Materiál nálezu bol skovaný minimálne z dvoch polotovarov.

STREDOVEK

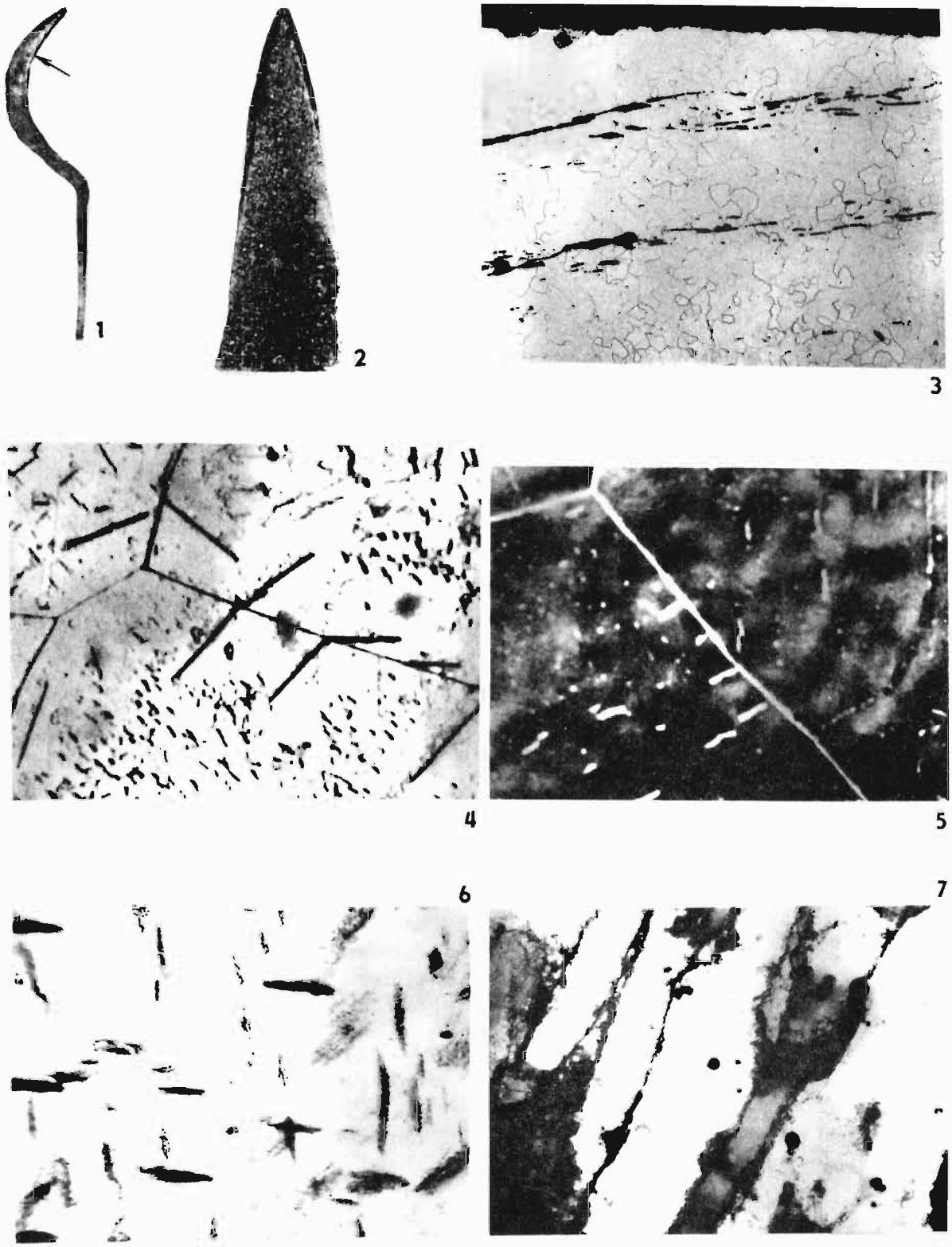
Kosák 1 zo Šebastoviec

Tvar kosáka vidieť na obr. 6: 1. Pre štruktúrnu analýzu sa použili vzorky trojuholníkovitého tvaru, vyrezané z oblasti ostria. Schematické rozdelenie štruktúr po priereze výbrusu ilustruje obr. 6: 2 a makroštruktúru obr. 6: 3. Povrch a špica nástroja sú z nízkouhlíkového materiálu s feritickou štruktúrou (obr. 6: 4). Smerom do vnútra vzorky pribúda perlitická štruktúrna zložka (obr. 6: 5). Materiál je pomerne znečistený. Vyskytujú sa sírnikové a oxidické inklúzie.

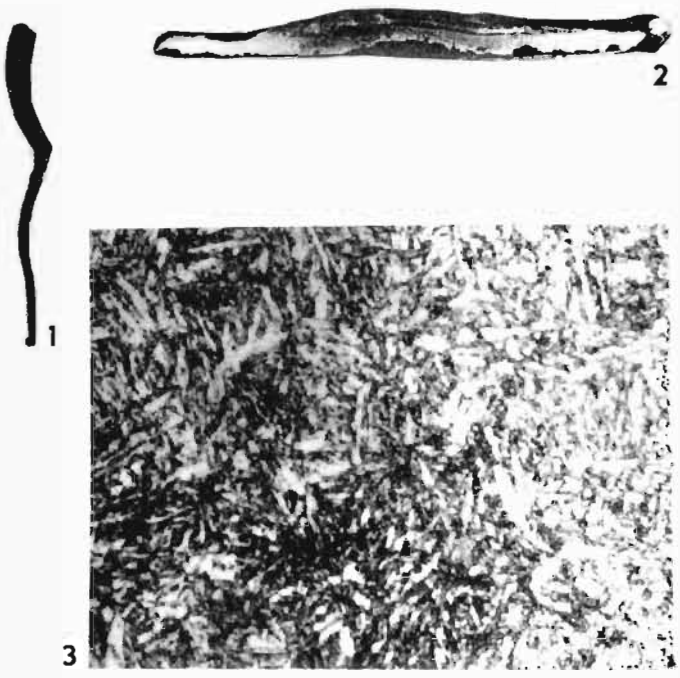
Zo štruktúrnej analýzy vyplýva, že materiál nebol podrobený tepelnému spracovaniu na zvýšenie tvrdosti ostria, ani nebol deformačne spevnený. Takéto spevnenie povrchovej vrstvy však nemožno úplne vylúčiť, pretože nález bol značne korózne poškodený.

Kosák 2 zo Sebeslaviec

Obrázok 7: 1 dokumentuje tvar kosáka s vyznačením odberu vzorky na metalografický rozbor z oblasti ostria a na obr. 7: 2 je makroštruktúra vzorky. Štruktúra na priereze odobratej vzorky je rovnaká, ako to



Obr. 4. Pobedim. Malý kosák. 1 - makroskopická snímka; 2 - makroštruktúra vzorky; 3 - zvarový spoj polotovarov z nízkouhlíkovej ocele, lemovaný troskovými inklúziami v oblasti ostria, zväčš. 70x; 4 - feritická mikroštruktúra s ihlicovitými časticami - nitridmi v oblasti ostria, zväčš. 1400x; 5 - charakter ihlicovitých častíc v emisii sekundárnych elektrónov, zväčš. 4000x; 6 - morfológia nitridov Fe_4N, pozorovaná transmisným elektrónovým mikroskopom, zväčš. 2200x; 7 - bunková subštruktúra feritu, lokálne pozorovaná v špičke kosáka, zväčš. 12 000x.



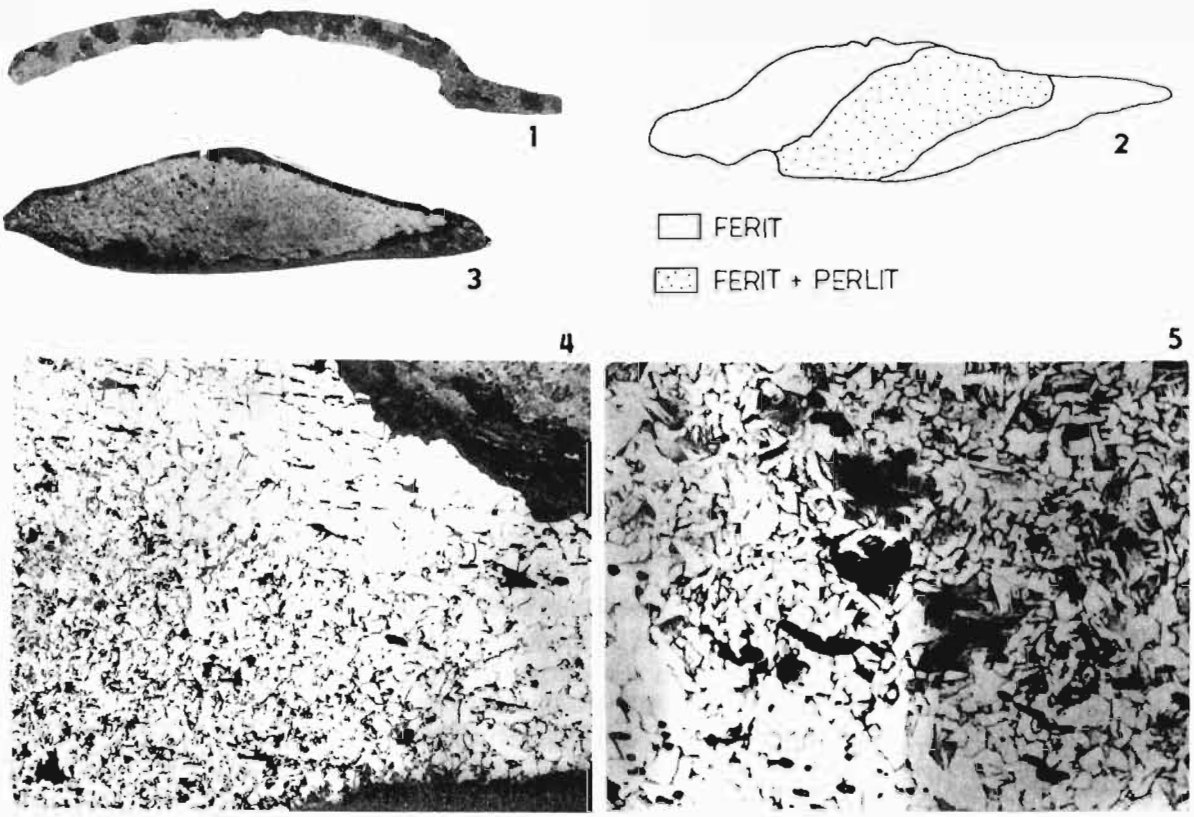
Obr. 5. Pobedim. Fragment kosáka. 1 - makroskopická snímka; 2 - makroštruktúra vzorky; 3 -mikroštruktúra popusteného martenzitu v špičke ostria kosáka, zväčš. 700x.

schematicky znázorňuje obr. 7: 3 i makroštruktúra (obr. 7: 2). Ide o feritickú štruktúru, ktorá v strede kosáka má hrubozrnnú morfológiu a smerom k povrchu sa zjemňuje (obr. 7: 4). Z obrázku vyplýva, že materiál je skovaný z viacerých polotovarov, oddelených troskou. Pozorujú sa tiež inklúzie, väčšinou oxidické, preferujúce hranice zŕn.

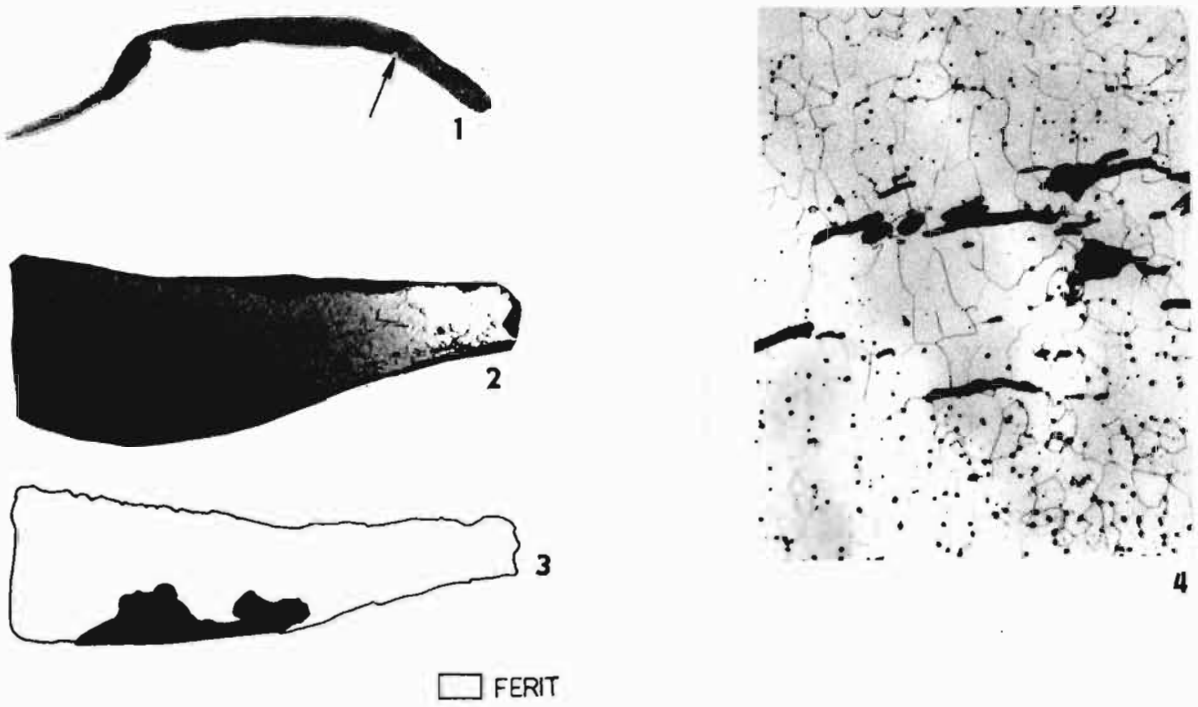
Jemnejšia feritická štruktúra na povrchu nástroja svedčí o istom, hoci malom spevnení, napr. opakovaným kovaním za tepla, v blízkosti transformačnej teploty.

Kosák 3 zo Sebeslaviec

Charakter kosáka vidieť na obr. 8: 1, makroštruktúru na obr. 8: 2 a schému rozloženia štruktúr po priereze vzorky z oblasti ostria ilustruje obr. 8: 3. Štruktúra sa mení nasledovne: špic je tvorený martenzitom (obr. 8: 4, 5), prechodová zóna medzi martenzitom a feritom je baini-



Obr. 6. Sebeslavice. Kosák. 1 - makroskopická snímka; 2 - schematické rozdelenie štruktúr po priereze výbrusu; 3 - makroštruktúra vzorky; 4 - zmena štruktúry od povrchu smerom do stredu v blízkosti ostria, zväčš. 70x; 5 - feriticko-perlitická štruktúra v strede kosáka, zväčš. 300x.



Obr. 7. Sebeslavice. Kosák. 1 - makroskopická snímka; 2 - makroštruktúra vzorky; 3 - schéma rozloženia štruktúr po priereze vzorky z oblasti ostria; 4 - hrubozrnná feritická štruktúra v strede prierezu, zväčš. 70x.

tická (obr. 8: 6), zosilnená zadná časť vzorky je z nízkouhlíkovej ocele s feritickou štruktúrou. Prítomnosť trosky nasvedčuje, podobne ako pri kosáku 2, že na výrobu nástroja sa použili najmenej dva polotovary.

Z analýzy štruktúr vyplýva použitie tepelného spracovania kalením na spevnenie ostria kosáka.

NOVOVEK

Srp 38 299

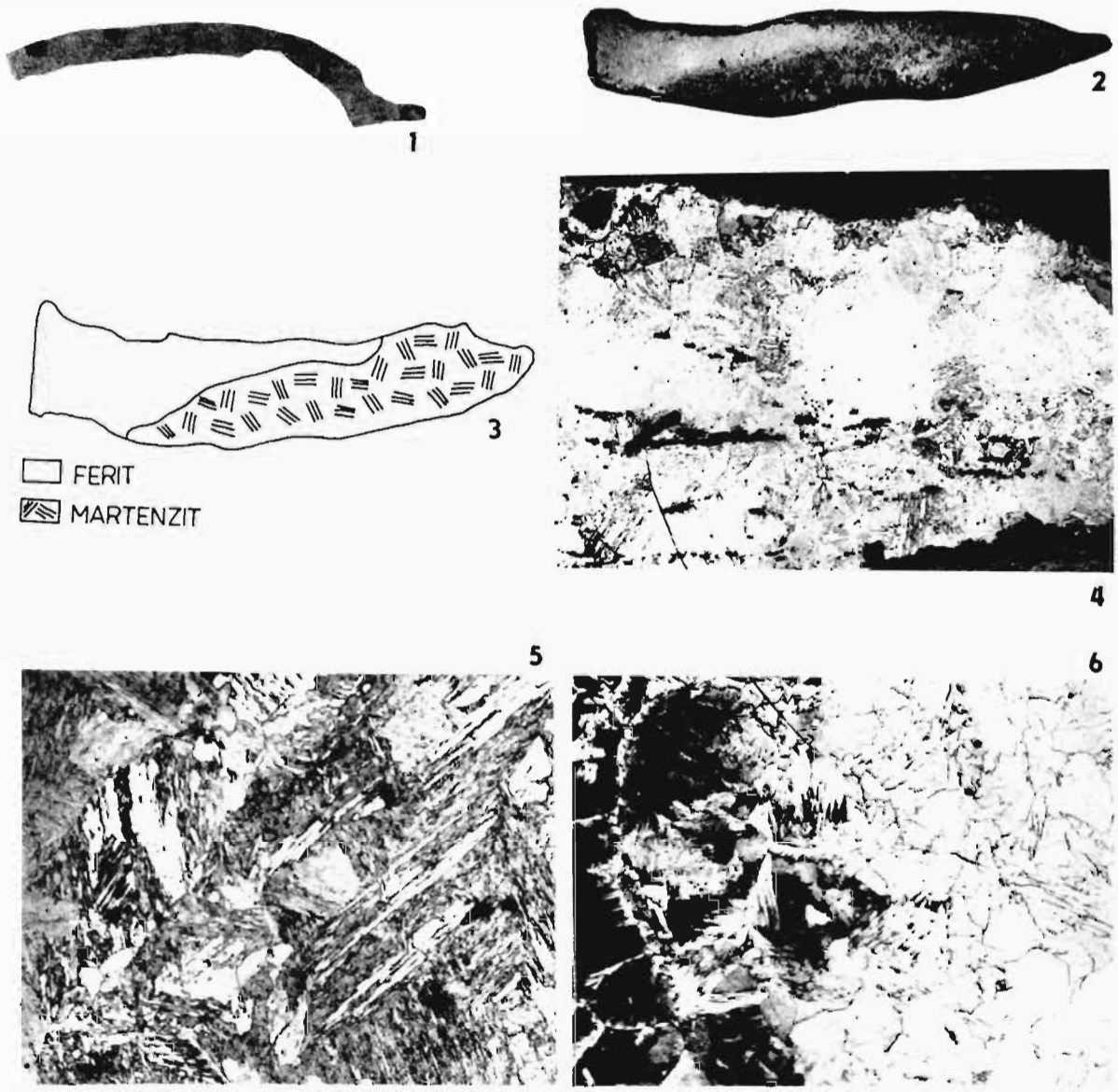
Tvar srpu dokumentuje obr. 9: 1 a obr. 9: 2 detailne ilustruje pásmo šikmo uložených rýh po obvode ostria so šírkou cca 5 mm. Schematické rozloženie štruktúry po priereze vzorky odobratej z ostria vidieť na obr. 9: 3 a jej makroštruktúru dokumentuje obr. 9: 4. Štruktúra po priereze sa nemení. Ide o popustený jemnozrnný martenzit s mikrotvrdosťou 408 HV 0,05 (obr. 9: 5, 6). Materiál obsahuje vysoký podiel inklúzií na báze oxidov a sírnikov (obr. 9: 5, 6).

Na základe štruktúrnej analýzy možno povedať, že získanie pevného a tvrdého ostria sa dosiahlo spracovaním výrobku kalením a následným popustením.

Srp 22 995

Makrosnímka srpu je na obr. 10: 1, rozloženie štruktúry po priereze výbrusu z oblasti ostria dokumentuje obr. 10: 2 a obr. 10: 3 ilustruje makroštruktúru vzorky. Aj tento srp vykazuje pásmo rovnobežných rýh po obvode ostria. Špica a väčšinou i povrch sú martenzitické (obr. 10: 4). Stredová oblasť je nízkouhlíková feriticko-perlitická s malým obsahom perlitu (obr. 10: 5). Rozhranie medzi martenzitickým špicom a feriticko-perlitickou štruktúrou zadnej, zosilnenej časti prierezu dokumentuje obr. 10: 6.

Výskyt martenzitickej štruktúry v exponovaných častiach nástroja potvrdzuje, že výrobca aplikoval na spevnenie ostria kalenie.



Obr. 8. Sebeslavice. Kosák. 1 - makroskopická snímka; 2 - makroštruktúra vzorky; 3 - schéma rozloženia štruktúr po priereze vzorky z oblasti ostria; 4 - martenzitická štruktúra v špici nástroja, zväčš. 70x; 5 - detail martenzitickej štruktúry, zväčš. 300x; 6 - prechodová zóna medzi martenzitickým povrchom a feritickým stredom vzorky, zväčš. 300x.

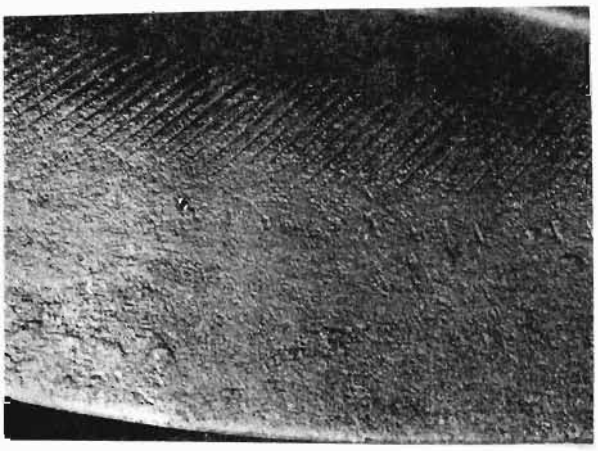
Srp 32 808

Posledný zo série analyzovaných nástrojov sa skúmal na vzorke nielen z oblasti ostria s pásmom rýh, ale aj z opačnej, zosilnenej oblasti čepele. Tvar srpu ilustruje obr. 11: 1, schematické rozloženie štruktúry je na obr. 11: 2 a makroštruktúru dokumentuje obr. 11: 3. Ide o vysokouhlíkovú oceľ blízko eutektoidného zloženia so štruktúrou perlitu a feritického sieťovia (obr. 11: 4). V blízkosti špica vykazuje náznaky deformácie za tepla po neúplnej rekryštalizácii v podobe deformovaných pretiahnutých zŕn (obr. 11: 5).

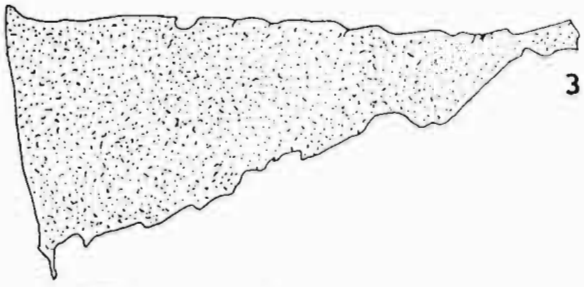
Metalografický rozbor vzorky z opačnej strany čepele vo vzťahu k ostriu ukázal, že oceľ je tiež vysokouhlíková, ale s rôznou morfológiou perlitu (obr. 11: 6). V jednej časti je perlitická so sieťovím feritu, podobne ako v oblasti ostria. Na túto štruktúru nadväzuje veľmi jemnozrnná feriticko-perlitická štruktúra s prevažne sferoidizovaným perlitom (obr. 11: 7).

Na základe štruktúrneho rozboru možno konštatovať, že spevnenie ostria srpu sa získalo použitím vysokouhlíkovej ocele s aplikáciou kovania za tepla pri teplotách blízko nad Ac_1 s neúplnou rekryštalizáciou zŕn.

1



2

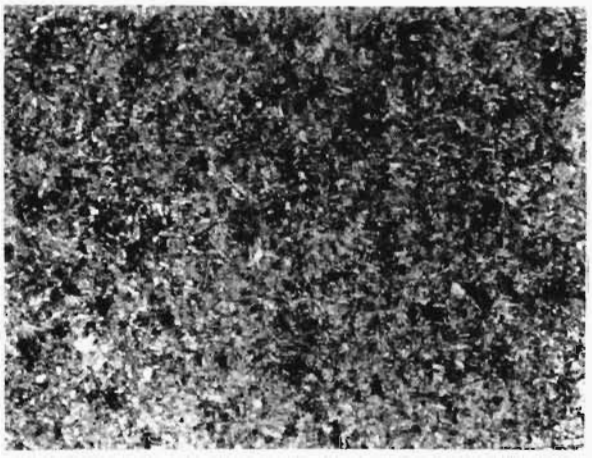


3

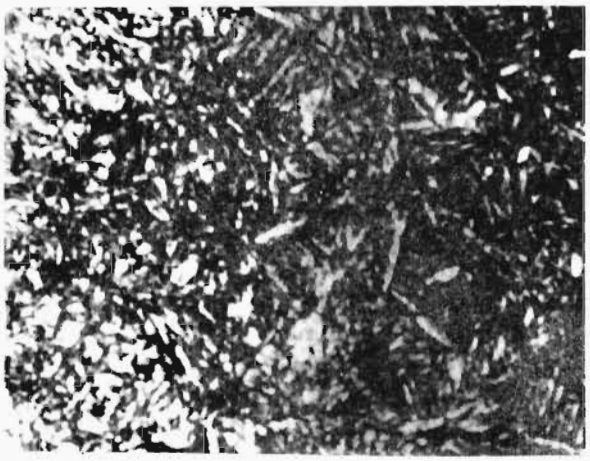
POPUSTENÝ MARTENZIT

4

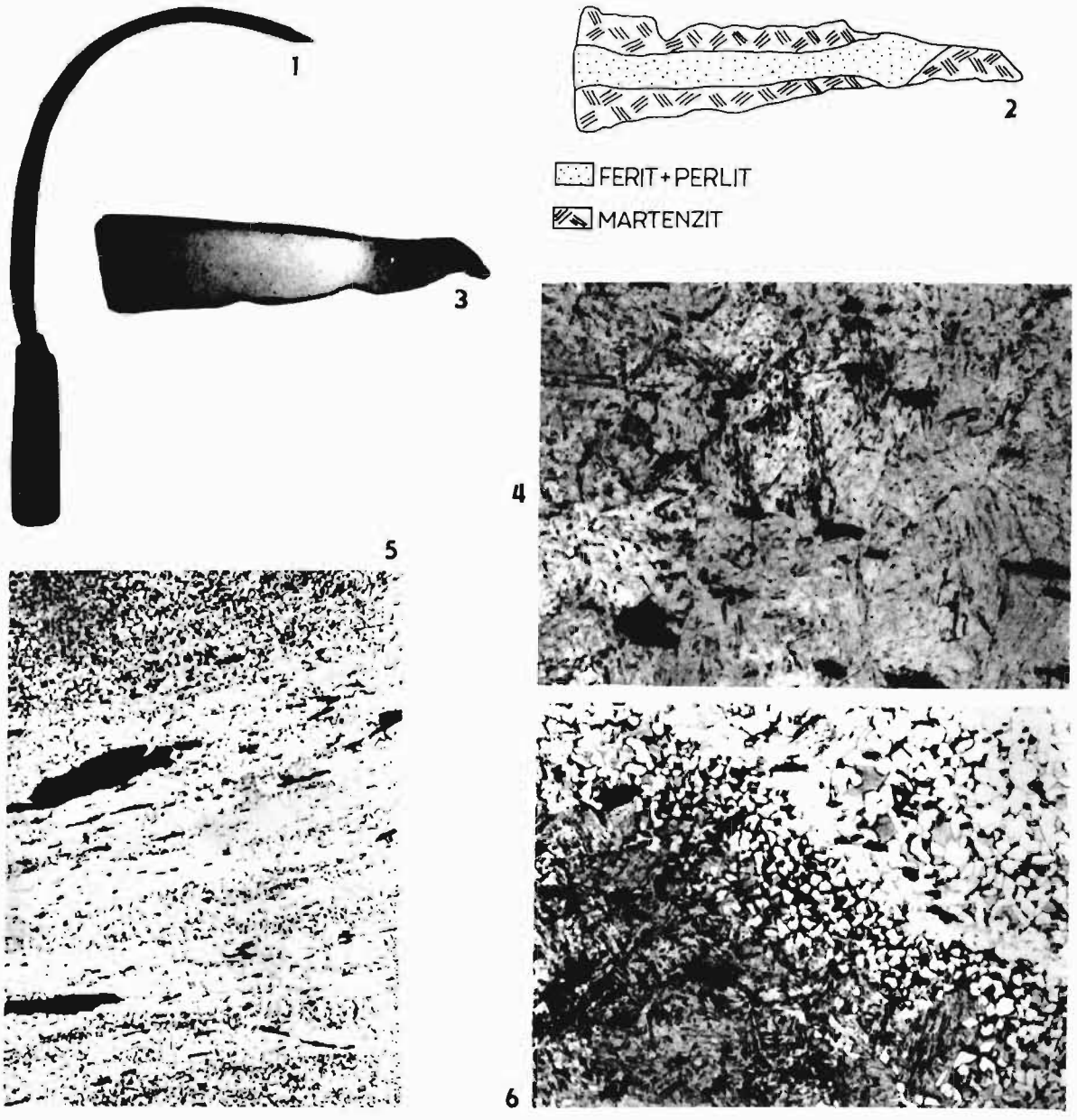
5



6



Obr. 9. Martin. Srp 38 299 (etnografický predmet). 1 - makroskopická snímka; 2 - detail rovnobežného pásma rýh po obvode ostria; 3 - schéma rozdelenia štruktúr po priereze vzorky z oblasti ostria; 4 - makroštruktúra vzorky; 5 - štruktúra popusteného martenzitu, zväčš. 300x; 6 - detail popusteného martenzitu, zväčš. 1000x.

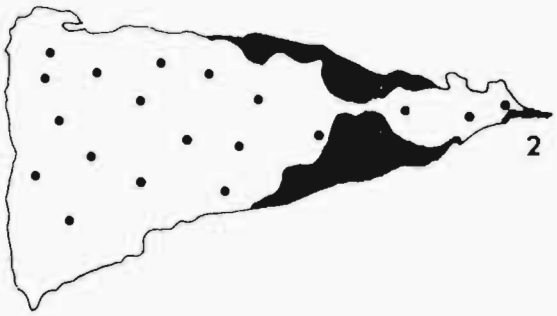


Obr. 10. Horné Rykynčice. Srp 22 995. 1 - makroskopická snímka; 2 - schéma rozdelenia štruktúr po priereze vzorky z oblasti ostria; 3 - makroštruktúra vzorky; 4 - martenzitická štruktúra v špici nástroja, zväčš. 300x; 5 - feriticko-perlitická štruktúra v strede prierezu, zväčš. 70x; 6 - rozhranie medzi martenzitickým špicom a feriticko-perlitickou štruktúrou ďalej od špica, zväčš. 300x.

ZHRNUTIE

Z makroskopického rozboru všetkých analyzovaných kosákov a srpov od 5. stor. pred. n. l. až po začiatok nášho storočia vyplynulo, že ich dizajn, bez ohľadu na nálezisko a obdobie, je v podstate rovnaký. Majú hákovitý tvar s rôznym zaoblením. Pracovná časť nástroja - ostrie - je na všetkých kosákoch hladká. Srpy zo začiatku 20. stor. sa vyznačujú pásmom rovnobežných rýh so šírkou cca 5 mm po obvode lícnej strany ostria (obr. 9: 2). Ryhy sú orientované pod určitým uhlom k oblúku ostria. Ďalším spoločným znakom všetkých kosákov je, že sú výrazne korózne poškodené, zatiaľ čo srpy zo začiatku nášho storočia sú v zachovalom stave.

Analyzované oceľové nástroje boli väčšinou vyrobené z viacerých polotovarov kováčskym zváraním a vykovaním do konečného tvaru. Po vzájomnom porovnaní štruktúry nástrojov možno

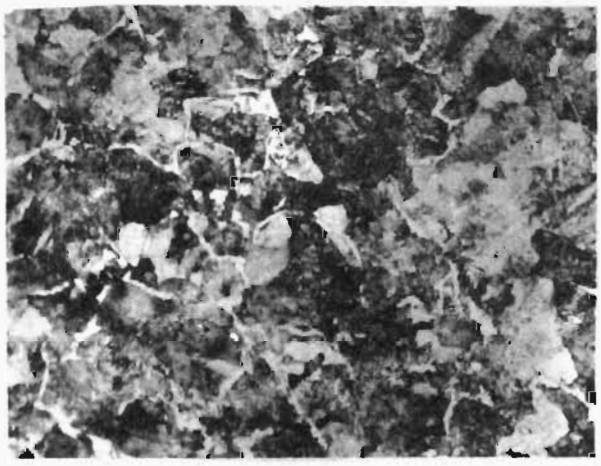


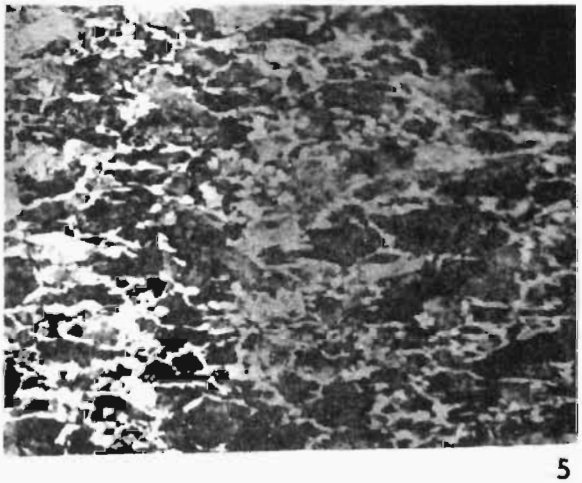
PERLIT + FERITICKÉ SIEŤOVIE

1

2

3

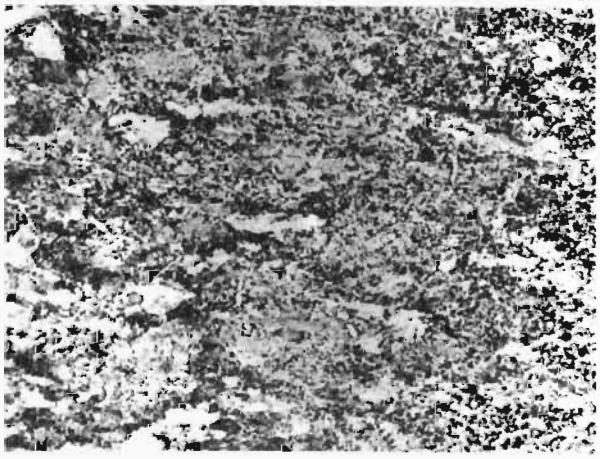




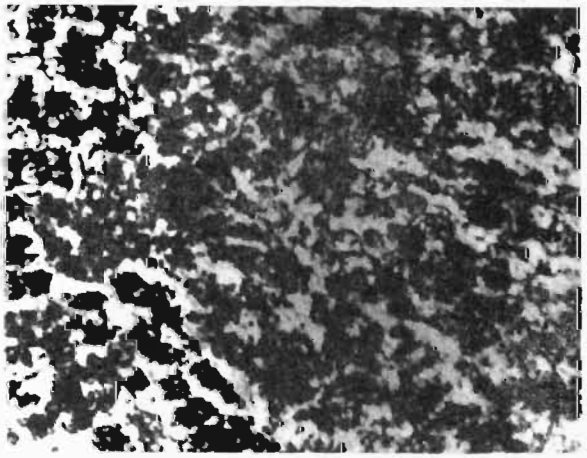
4

5

6



7



Obr. 11. Staré. Srp 32 808. 1 - makroskopická snímka; 2 - schematické rozloženie štruktúr po priereze vzorky z oblasti ostria; 3 - makroštruktúra vzorky; 4 - perlitická štruktúra so sieťovím feritu v oblasti ostria, zväčš. 300x; 5 - deformované pretiahnuté zrná v blízkosti špica, zväčš. 300x; 6 - štruktúra zosilnenej časti čepele, zväčš. 150x; 7 - detail predchádzajúcej štruktúry so sferoidizovaným perlitom, zväčš. 700x.

konštatovať, že pri relatívne novších kosákoch (z 8.-9. stor. n. l.) výrobca začal používať menší počet polotovarov väčších rozmerov (dva-tri kusy). Je tiež evidentné, že difúzne spojenie medzi polotovarmi, vytvorené kováčskym zváraním, bolo pri novších nálezoch, počínajúc včasným stredovekom, dokonalejšie a s menším troskovým znečistením. Pozorovalo sa však vyššie znečistenie materiálov polotovarov inklúziami, ktoré pri najstarších nálezoch (z 5. stor. pred n. l.) bolo minimálne. Podrobný rozbor srpov z najmladšieho obdobia, zahrňujúceho 20-te roky nášho storočia, preukázal použitie tiež prevažne manufaktúrnej výroby ocele kováčskym zváraním. Ide o obdobie s početnými vynálezmi v metalurgii, ktoré prispeli k zavedeniu priemyselnej výroby plávkovej ocele aj na území Slovenska (*Danihelka a kol. 1986*, s. 217). Napriek tomu na dedinách a v osídlených oblastiach pôsobili miestni kováči, ktorí ešte využívali zvárkovú, resp. pudlovaciu techniku výroby ocele, aby uspokojili bežné potreby miestneho obyvatelstva, predovšetkým pri výrobe poľnohospodárskych nástrojov.

Pri niektorých najstarších kosákoch z Nižnej Myšle z 5. stor. pred n. l. sa potvrdila aplikácia tepelného spracovávania ocelí kalením na zvýšenie tvrdosti ostria. Treba zdôrazniť, že ide o historicky najstaršie použitie kalenia na východnom Slovensku (*Kocich - Leukaničová 1980*, s. 395-400).

Použitie úmyselného tepelného spracovania, ktoré vedie k zvýšeniu pevnosti a tvrdosti pracovnej časti nástroja, sa potvrdilo aj v ďalších sériách nálezov zo stredoveku i začiatku nášho storočia. Ide o včasnostredoveký veľký kosák zo Šebastoviec a kosák z Pobedima, stredoveký kosák 3 zo Sebeslaviec a dva srpy zo začiatku tohto storočia, a to s číslom 38 299 z Martina a 22 995 z Horných Rykyníc. Dôkazom je prítomnosť buď martenzitu, alebo popusteného martenzitu, resp. iných nerovnovážnych štruktúr v oblasti špičky ostria. Popustenie materiálu, t. j. jeho ďalšie tepelné ovplyvnenie pod teplotou Ac_1, dovoľuje vysloviť úvahu, že výrobca už vo včasnom stredoveku (veľký kosák zo Šebastoviec) poznal a použil ďalšiu technologickú operáciu. Táto technológia vedie k funkčnému skvalitneniu nástroja, pretože jej aplikáciou sa znižujú vnútorné pnutia a materiál síce vykazuje mierne zníženie tvrdosti, ale stáva sa húževnatejším, t. j. menej náchylným na predčasné porušenie pre krehkosť. Podľa usporiadania a charakteru štruktúr po priereze nástroja možno predpokladať, okrem už spomínaného úmyselného použitia tepelného spracovania, že výrobca zrejme poznal základné vlastnosti polotovarov, t. j. vedel ich triediť a cielene používať.

Tepelné spracovanie pri ďalších nálezoch nebolo aplikované. Ide o halštatský stredný kosák z Nižnej Myšle, včasnostredoveký veľký a malý kosák z Pobedima, stredoveké kosáky 1, 2 zo Sebeslaviec a srp 32 808 zo Starého zo začiatku nášho storočia. Pri kosáku z Nižnej Myšle, ktorý má mäkké ostrie a tvrdšiu, zosilnenú zadnú časť, nemožno jednoznačne stanoviť súlad medzi štruktúrou a funkčnými vlastnosťami, keď nevylúčime zámenu kovaných strán. V prípade včasnostredovekého malého kosáka z Pobedima boli v subštruktúre zo špičky nálezu potvrdené prejavy lokálneho deformačného spevnenia za studena. Výraznejšie ovplyvnenie štruktúry ostria deformačným spevnením sa však neidentifikovalo. Pretože stopy po deformácii boli potvrdené, možno predpokladať, že deformovaná spevnená vrstva bola vplyvom korózie deštruovaná. Domnievame sa, že výrobcovia v období včasného stredoveku sa už pokúšali o spevnenie ostria novým technologickým postupom, bez aplikácie transformačného spevnenia, resp. použitia vyššieuhlíkového tvrdšieho materiálu, a to deformáciou za studena, ako sa aplikuje v súčasnosti. Tieto úvahy možno pripustiť aj pri hodnotení ďalších kosákov, ktoré neboli tepelne spracované. V prípade srpu 32 808 zo začiatku nášho storočia, ktorý nevykazoval tepelné spracovanie, možno však hovoriť o súlade medzi výberom materiálu a funkčnými vlastnosťami. Výrobca tu vhodne aplikoval vysokouhlíkovú oceľ, ktorá samotná je dostatočne tvrdá, hoci zďaleka nedosahuje parametre kalených stavov.

Literatúra

DANIHELKA, A. a kol. 1986: Dějiny hutnictví železa 2. Praha.

HYČKO, J. 1973: Žatevné a mlatobné náradie. Martin.

KOCICH, J. - LEUKANIČOVÁ, M. 1980: Metalografický rozbor kosákov z Nižnej Myšle. Slov. Archeol., 28, s. 395-400.

KOCICH, J. - LEUKANIČOVÁ, M. 1981: Použitie elektrolytickej pipety Elygres v metalografii archeologických nálezov. In: Hist. Carp. 11. Košice, s. 289-295.

LONGAUEROVÁ, M. - KOCICH, J. 1993: Structure of the early-medieval steel sickles from Pobedim and Šebastovce. In: Proceedings of XII. Congress UISPP. Bratislava, s. 254-259.

COMPARISON OF SICKLES STRUCTURE FROM DIFFERENT HISTORICAL PERIODS

Summary

The comparison of sickles microstructure from different historical periods such as Hallstatt period (the 5th cent. B.C.), early medieval age (the 8 th-9th cent. A.D.), medieval age (the 14th cent. A.D.) and beginning of the 20th century has been done and the development of production technology was observed in analysed findings. It was shown, that the functional strengthening of the tools edge by quenching was known yet in Hallstatt period and it was also applied still in the beginning of the 20th century. Other technology of heat treatment - tempering has been identified in some sickles from early medieval age. The tempering process means functional improvement of the sickle material. Results indicate that the work hardening as other way of increasing the edge hardness was locally confirmed in one sickle from early medieval age. It is technological method which is applied nowadays, too.

Fig. 1. Nižná Myšľa. Sickles. 1 - macroscopic picture: a - a wide sickle, b - a middle sickle, c - a narrow sickle; 2 - a structural change from the surface to the centre of the wide sickle section, enlargement 50x; 3 - a structural change from the surface to the centre of the narrow sickle section, enlargement 200x; 4 - a bainitic structure in the edge of the wide sickle, enlargement 200x; 5 - a welded joint of the two types of material edged by a slag in the middle sickle, enlargement 50x.

Fig. 2. Šebastovce. A big sickle. 1 - a macroscopic picture; 2 - microstructural boundary of a tempered martensite and a troostite in the edge, enlargement 700x; 3 - a microstructural boundary in a distance of the edge point, enlargement 300x; 4 - the sample macrostructure.

Fig. 3. Pobedim. A big sickle. 1 - a macroscopic picture; 2 - an inklusions distribution in the edge, enlargement 70x; 3 - an inclusions detail, enlargement 300x; 4 - the sample macrostructure.

Fig. 4. Pobedim. A small sickle. 1 - a macroscopic picture; 2 - the sample macrostructure; 3 - a welded joint of semi-products from a low-carbon steel, edged by slag inclusions, enlargement 70x; 4 - a ferritic microstructure with acicular particles - nitrides in the edge, enlargement 1400x; 5- acicular particles character in a secondary electrons emission, enlargement 4000x; 6 - a morphology of nitrides Fe_4N observed by a transmissive electron-tube microscope, enlargement 2200x; 7 - a ferrite cellular substructure locally observed in the sickle point, enlargement 12000x.

Fig. 5. Pobedim. A fragment of a sickle. 1 - a macroscopic picture; 2 - the sample macrostructure; 3 - a microstructure of a tempered martensite in the sickle edge point, enlargement 700x.

Fig. 6. Sebeslavce. Sickle 1. 1 - a macroscopic picture; 2 - a scheme of a structural distribution along a cut section; 3 - the sample macrostructure; 4 - a structural change from the surface to the centre near the edge, enlargement 70x; 5 - a ferritic-pearlitic structure in the middle of the sickle, enlargement 300x.

Fig. 7. Sebeslavce. Sickle 2. 1 - a macroscopic picture; 2 - the sample macrostructure; 3 - a scheme of a structural distribution along the sample cut near the edge; 4 - a coarse-grained ferritic structure in the middle of the section, enlargement 70x.

Fig. 8. Sebeslavce. Sickle 3. 1 - a macroscopic picture; 2 - the sample macrostructure; 3 - a scheme of a structural distribution along the sample cut near the edge; 4 - a martensitic structure in the edge point, enlargement 70x; 5 - a detail of the martensitic structure, enlargement 300x; 6 - a transition zone between the martensitic surface and a ferritic centre of the sample, enlargement 300x.

Fig. 9. Martin. Sickle 38 299 (an ethnographical object). 1 - a macroscopic picture; 2 - a detail of a parallel circumferential band of grooves; 3 - a scheme of a structural distribution along the sample cut near the edge; 4 - the sample macrostructure; 5 - a structure of a tempered martensite, enlargement 300x; 6 - a detail of the tempered martensite, enlargement 1000x.

Fig. 10. Horné Rykynčice. Sickle 22 995. 1 - a macroscopic picture; 2 - a scheme of a structural distribution along the sample cut near the edge; 3 - the sample macrostructure; 4 - a martensitic structure in the edge point, enlargement 300x; 5 - a ferritic-pearlitic structure in the cut centre, enlargement 70x; 6 - a boundary between the martensitic point and a ferritic-pearlitic structure, enlargement 300x.

Fig. 11. Staré. Sickle 32 808. 1 - a macroscopic picture; 2 - a scheme of a structural distribution along the sample cut near the edge; 3 - the sample macrostructure; 4 - a pearlitic structure with a ferrite network in the edge, enlargement 300x; 5 - deformed elongated grains near the point, enlargement 300x; 6 - a structure of a reinforced part of a blade, enlargement 150x; 7 - a detail of the mentionbed structure, enlargement 700x.

ŠTUDIJNÉ ZVESTI ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU SAV, 31, 1995

NOVŠIE ARCHEOLOGICKÉ VÝSKUMY NÁLEZÍSK TROSKY Z VÝROBY ŽELEZA V MAĎARSKU

János Gömöri

Veszprémska pracovná skupina pre výskum technických pamiatok pri MTA (Maďarskej akadémii vied) s finančnou podporou fondu OTKA (Štátny fond pre vedecký výskum) zmapovala doteraz viac ako 1500 rôznych nálezísk pamiatok technického charakteru na území Maďarska.

Zoznam nálezísk obsahuje miesta súvisiace s technickou, resp. remeselnou činnosťou od praveku až po stredovek. Tieto lokality dokladajú ťažbu rúd a ich spracovávanie: niektoré sú prezentované ojedinelými nálezmi zlomených kadlubov alebo nástrojmi, prípadne niekoľkými kúskami trosky, inde sa odkryli celé dielne alebo batérie taviacich pecí.

Každá lokalita - bez ohľadu na množstvo odkrytých nálezov - je na mape rozšírenia tej-ktorej výrobnej činnosti vyznačená rovnako (bodkou). Napríklad haldy trosky z výroby železa na lokalite Nemeskér s odkrytými pôdorysmi milierov na pálenie drevného uhlia, taviacimi pecami a kováčskymi dielňami spolu s náradím majú takisto jediné číslo v katastri nálezísk ako sarmatská osada na Veľkej uhorskej nížine, kde našli jediný kus trosky. Po zhodnotení nálezov (obr. 1) na základe doterajších poznatkov sa dá uviesť, že na 287 miestach sa vykonávala v uvedenom období železiarska výroba. Pomerne vysoký počet železiarskych lokalít pripisujeme skutočnosti, že troska obsahujúca železo je na povrchu oráčiny viditeľnejšia ako zvyšky iných výrobných objektov. Iba počet nálezísk so stopami výroby alebo spracovávania iných kovov (spracovávanie medi, odlievanie bronzu, kovotepecké dielne atď.) je väčší: 468 vrátane nálezov chybných odliatkov, bronzových trosiek a skládok bronzových koláčov pochádzajúcich z doby bronzovej a halštatskej.

Ak železiarske náleziská delíme so zreteľom na jednotlivé obdobia, vidíme, že najviac - 91 nálezísk - poznáme z arpádovského obdobia z 10.-12. stor. (obr. 2).

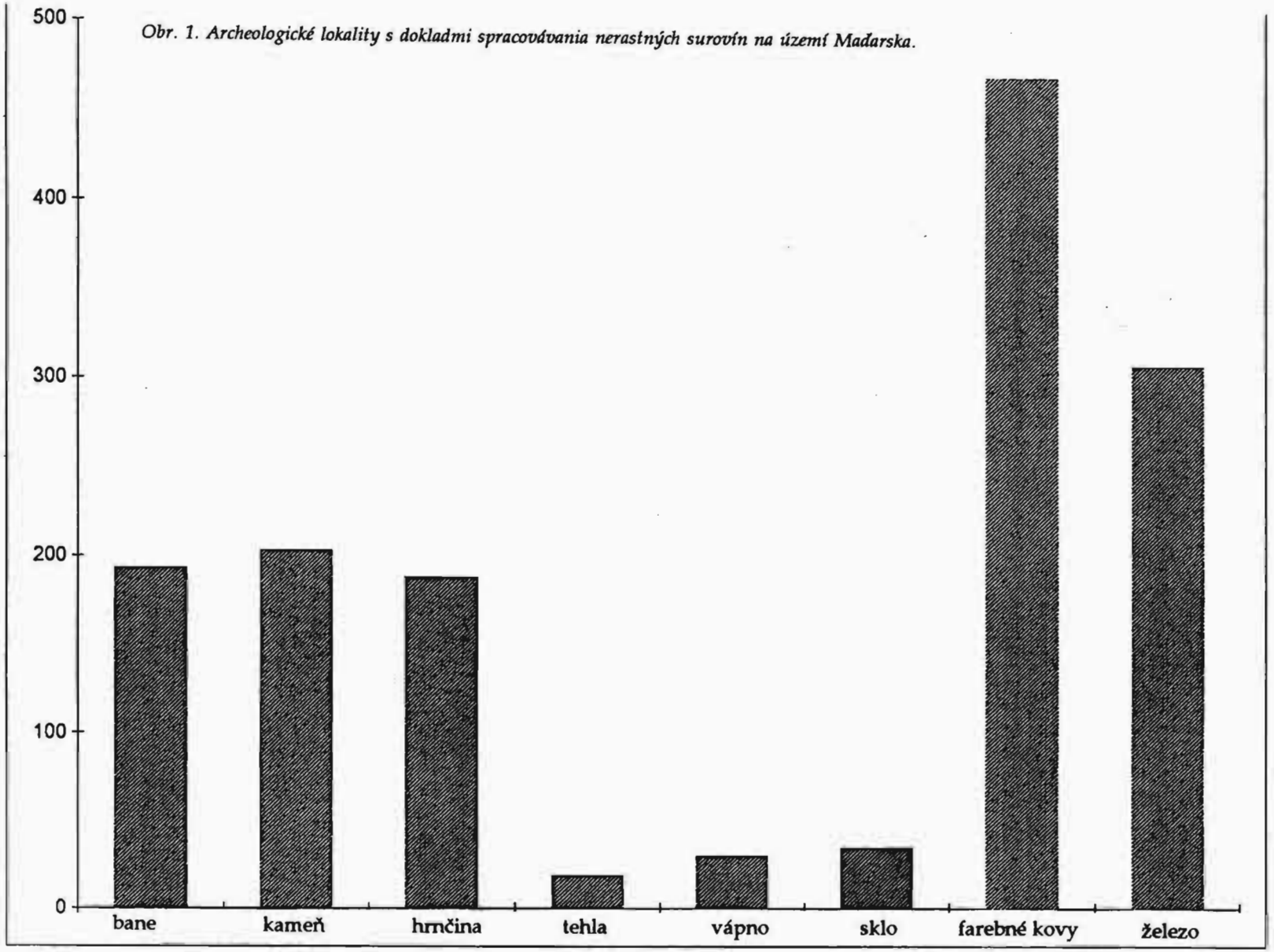
Najviac nálezísk s pamiatkami železiarstva (obr. 3) sa nachádza na území žúp Vas (44), Borsod (39) a Győr-Moson-Sopron (38). Za terajšieho stavu bádania sa v týchto údajoch odráža aj intenzita výskumu na jednotlivých územiach. Napríklad na území župy Békés, kde výskum v rámci archeologickej topografie už pokročil, objavili doteraz 26 lokalít s nálezmi trosky z výroby alebo spracovávania železa.

Otázku, na ktorých lokalitách máme do činenia s hutníctvom a na ktorých iba s kováčstvom, môžu riešiť aj nálezy z povrchových zberov. Ak sa popri roztavenej troske a kúskoch železnej rudy nájdu aj fragmenty výfuční a úlomky výmazu pecí, môžeme predpokladať na danom mieste činnosť hutníka.

Obrázok 4 predstavuje rozšírenie nálezov železiarskej trosky aj z hľadiska datovania. Tieto údaje nie sú celkom spoľahlivé, lebo často sa časové zaradenie určilo iba podľa črepov nájdených na povrchu, čo v prípade polykultúrnych lokalít môže spôsobiť mylné datovanie. Zvlášť nálezy trosiek na lokalitách z doby rímskej treba skúmať dôkladnejšie. Viackrát sa prišlo na to, že troska nachádzajúca sa medzi ruinami rímskej vily pochádza z taviacich pecí, ktoré tam vybudovali v 8.-12. stor. Danú skupinu pecí v niektorých prípadoch používali veľmi krátko, preto sa pri nich črepový materiál z ranostredovekého obdobia na povrchu takmer nevyskytuje. V takýchto prípadoch sa dá vyriešiť otázka datovania iba archeologickým výskumom.

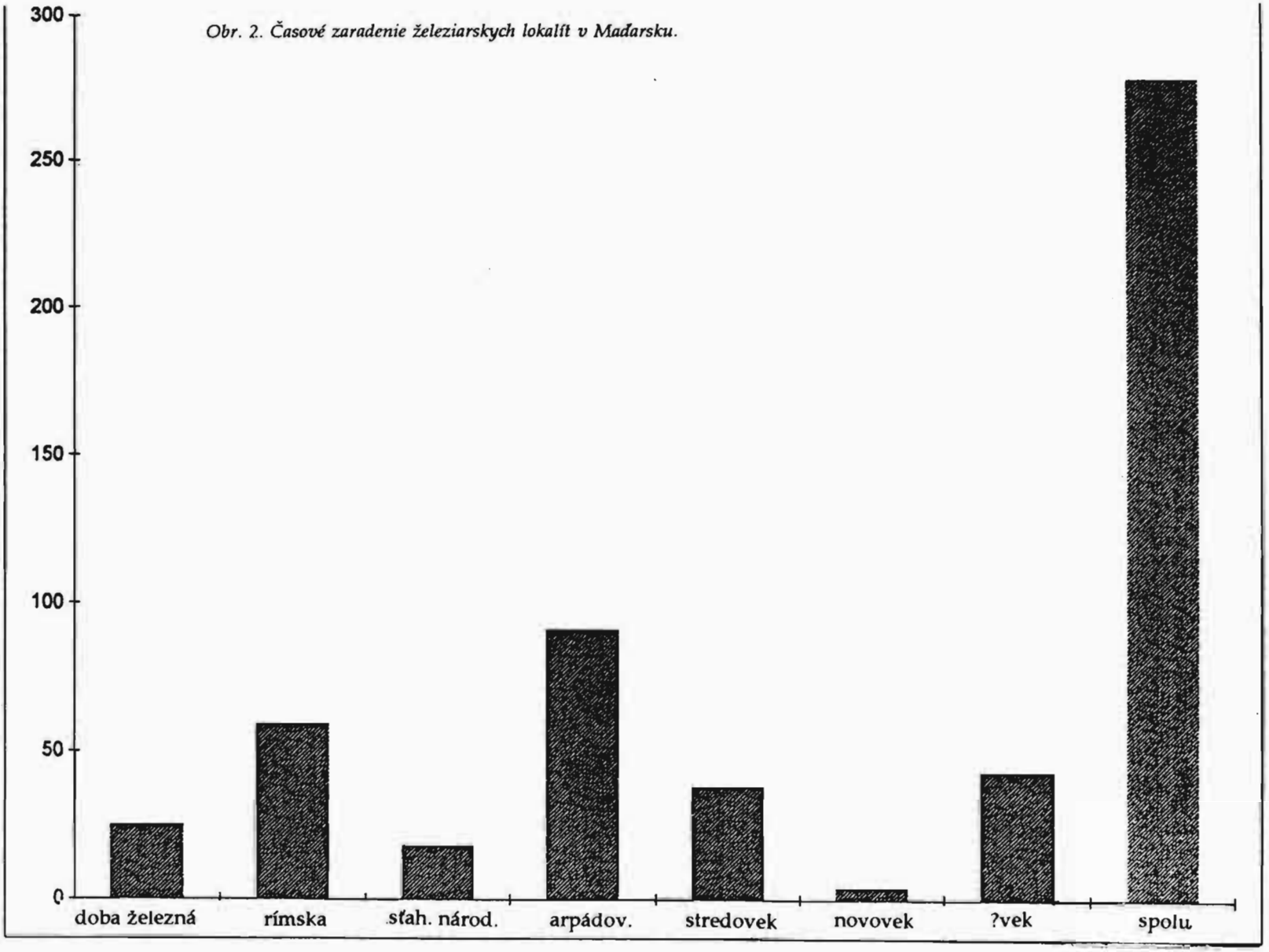
Na laboratórny rozbor boli vybraté trosky charakteristické pre jednotlivé typy taviacich pecí. Cieľom bolo rozpoznať na základe výsledkov tejto analýzy použitú technológiu tavby na tej-ktorej lokalite už podľa trosiek pochádzajúcich z povrchového zberu.

Na mape (obr. 5) sú vyznačené miesta výskumov, odkiaľ pochádzajú trosky a rudy, ktoré analyzoval *B. Török* na Hutníckej fakulte univerzity v Miskolci. Vzorky na analýzu boli vybraté z rozličných typov dielní, nachádzajúcich sa často pri známych stredovekých osadách. Hoci bezprostredný súvis nálezísk a blízkych osád ešte nie je dokázaný, bude potrebné, popri sledovaní technického vývoja, vykresliť aj vývoj osídlenia príslušného regiónu. Nesmieme pritom zanedbať ani také miestne názvy, ktorých pôvod nie je jasný.

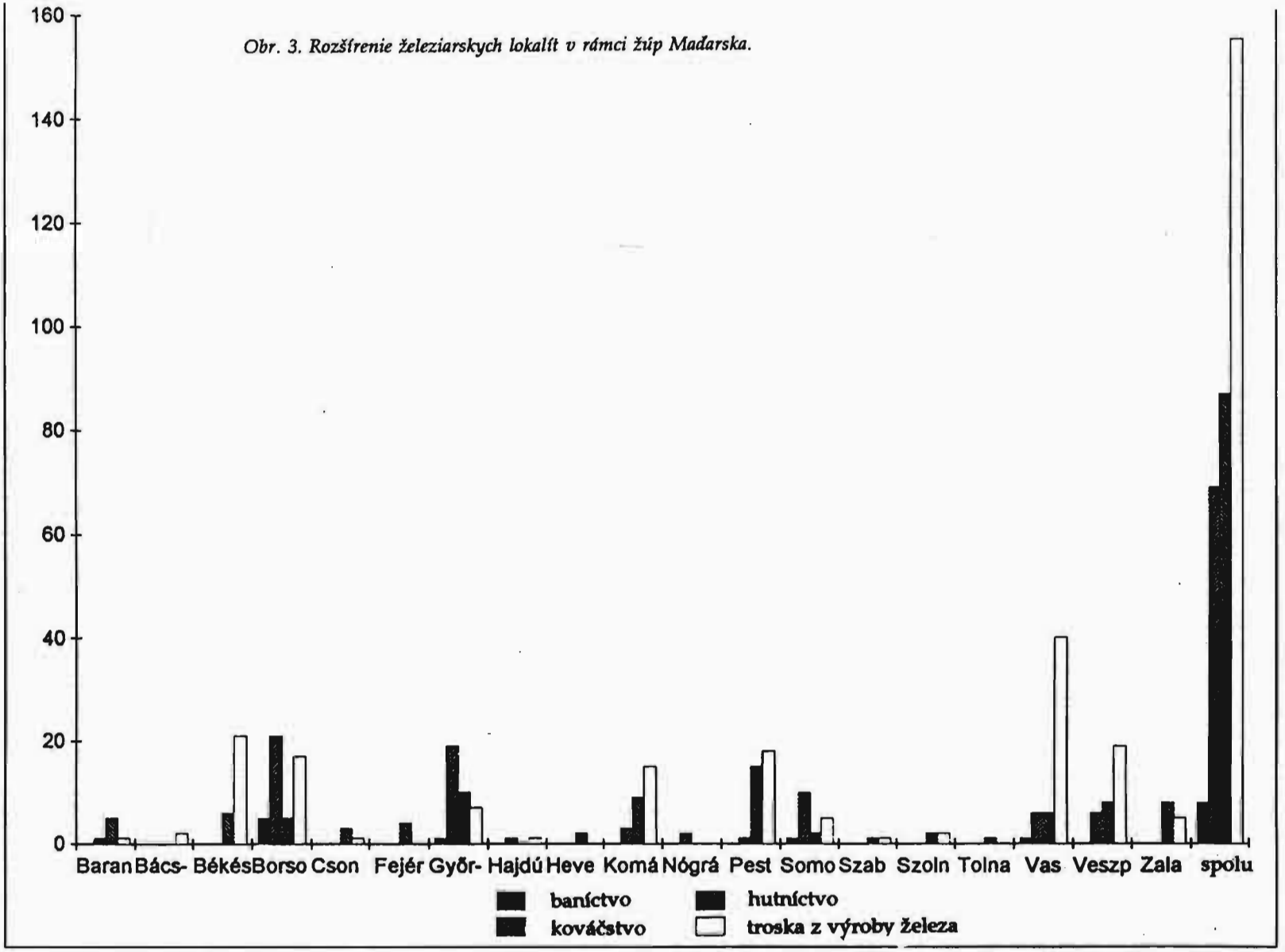


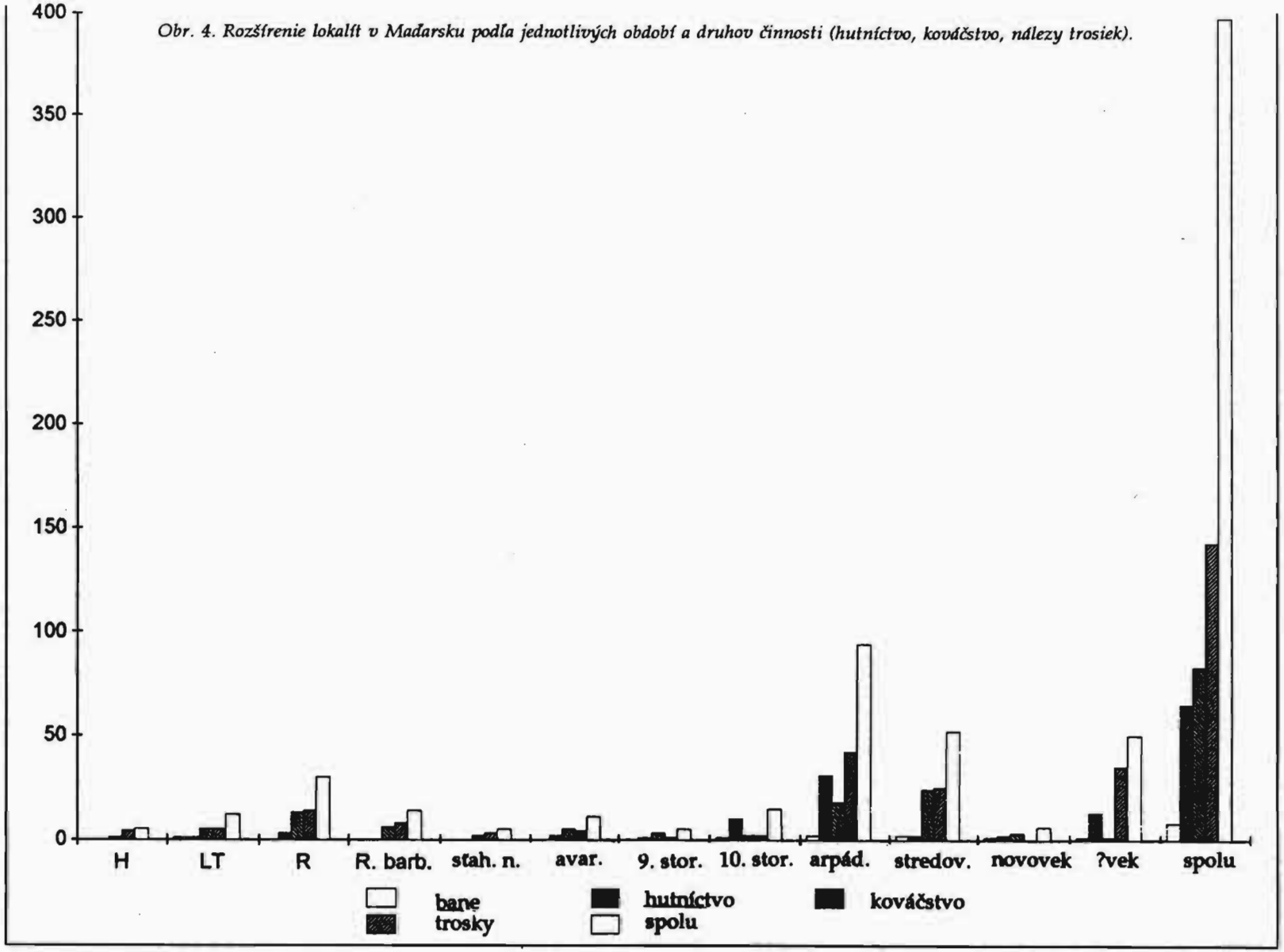
Obr. 1. Archeologické lokality s dokladmi spracovávania nerastných surovín na území Maďarska.

Obr. 2. Časové zaradenie železiarskych lokalít v Maďarsku.

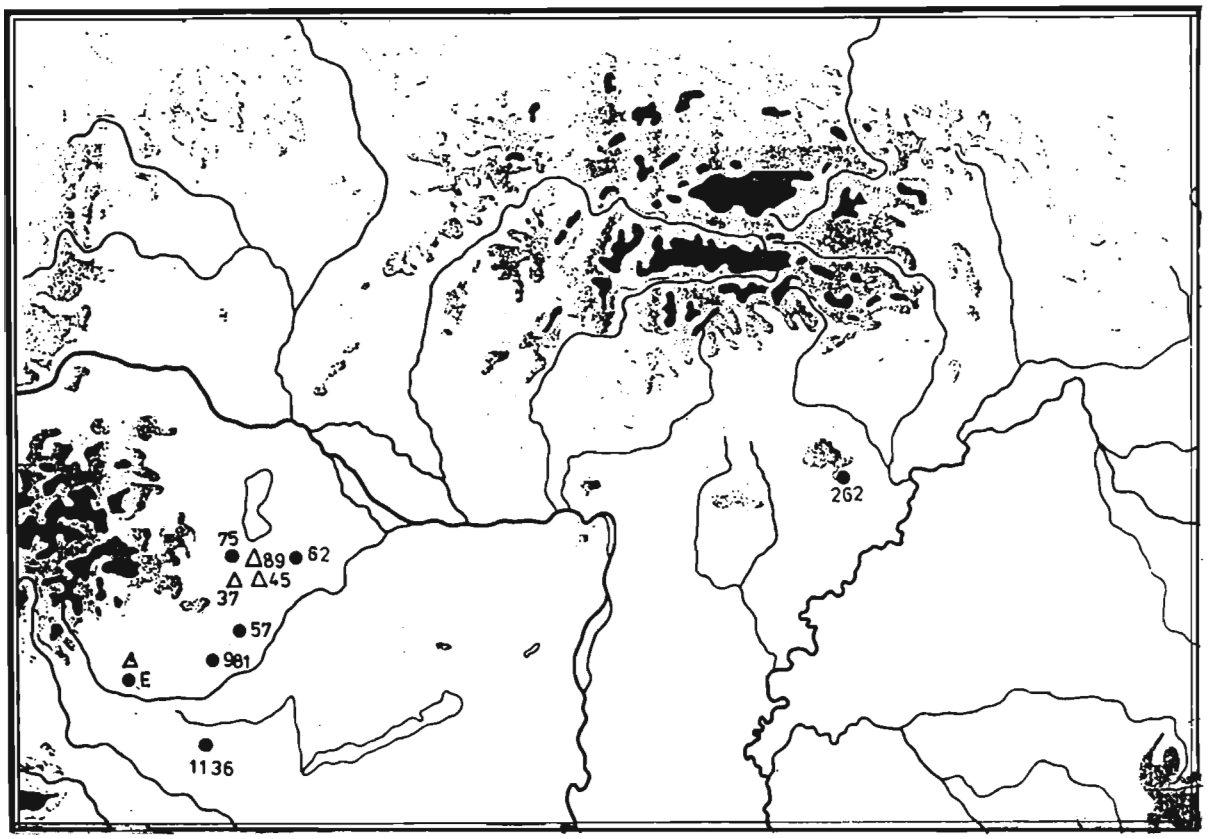


Obr. 3. Rozšírenie železiarskych lokalít v rámci žúp Maďarska.





Obr. 4. Rozšírenie lokalít v Maďarsku podľa jednotlivých období a druhov činnosti (hutníctvo, kováčstvo, nálezy trosiek).



Obr. 5. Náleziská analyzovanej železnej rudy a trosiek. Δ - železná ruda, ● - troska z výroby železa. E - Eisenzicken (Varsverőszék, Kendszék), Rakúsko, ruda, trosky; 37 - Harka-Kányaszurdok, taviace pece; 45 - Kópháza, pingové polia; 57 - Nemeskér-Tüskésrét, taviace pece; 62 - Petőháza-Lésalja, kováčska dielňa; 75 - Sopron-Deák tér, taviace pece; 89 - Sopron-Potzmann dűlő, taviace pece; 262 - Sály, kováčska dielňa; 981 - Tömörd, miesto hutníckej činnosti; 1136 - Csonkahegyhát, zahĺbený pracovný objekt so železiarskou troškou.

Zo severozápadnej časti Maďarska poznáme šesť typov taviacich pecí (*Gömöri 1989*, s. 129; *1994*, s. 262, obr. 2), v južnej časti na území župy Somogy sú zatiaľ známe náleziská len dvoch typov (obr. 6; 7: 1, 4; *Gömöri 1994*, obr. 1).

Na východ od Balatonu sa našli iba pece typu imola, aké sa vo veľkom počte objavujú aj v západnej časti krajiny (obr. 7: 5).

V severovýchodnej časti železiarskej oblasti Maďarska sa zatiaľ nedali vierohodne preukázať stopy hutníctva železa zo starších období. Napriek veľkému počtu nálezov trosiek v juhovýchodnej časti krajiny na území župy Békés a v Zadunajsku v župe Komárom nepoznáme taviace pece.

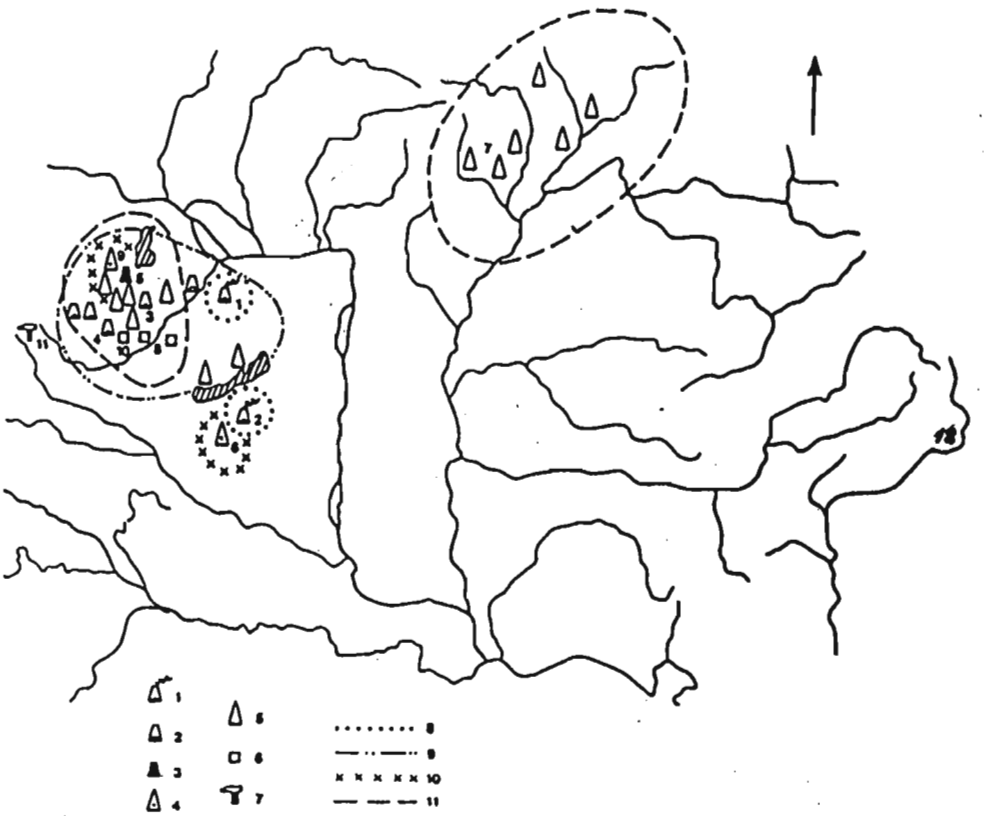
Analýze boli podrobené rudy pochádzajúce z lokalít Kópháza, Harka (poloha Potzman dűlő) a Eisenzicken (Rakúsko, Burgenland - *Bielenin 1977*). Eisenzicken sa objavuje v listinách z r. 1352-1355 pod názvom Vasverőszék (Wosureuzek), z r. 1358 ako Wosvereuzek alio nomine Kendzek (*Heckenast - Nováki - Vastagh - Zoltay 1968*, s. 138).

V katastri obce Kópháza pri Soproni boli zmapované všetky zaniknuté šachty po dobývaní železnej rudy. Z 227 jám lievikovitého tvaru na pingových poliach sme odkryli jednu 6 m hlbokú pingu. Dolovali tam limonity neogénneho pôvodu z 8-10 cm hrubo prevrstvených rudných ložísk (*Gömöri - Verő - Ivancsics - Csongor - Szende 1992*). Z toho istého rudného ložiska pochádzajú rudy - nájdené už pražené - pri taviacich peciach v Harke v polohe Kányaszurdok (*Gömöri 1979; 1980*). Tu v peciach vybudovaných z kameňa tavili železo s použitím dvojice dúchacích mechov. Harka Bulcsu bol jedným z kmeňových náčelníkov z čias maďarských výpadov na západ od polovice 10. stor.

Železiarsku trosku z 9.-10. stor. sme dôkladnejšie analyzovali z nasledujúcich lokalít:

Tömörd, názov lokality sa odvádza od slova tureckého pôvodu temír, čo znamená železo. Na základe charakteristických úlomkov dýzových panelov súdime, že tu pracovali voľne stojace pece

vybudované z hliny (tzv. typ nemeskér; obr. 7: 2). Roztečená troska nasvedčuje, že tavba sa uskutočňovala pri vysokej teplote, dosiahnutej dúchaním dvoma mechmi naraz.



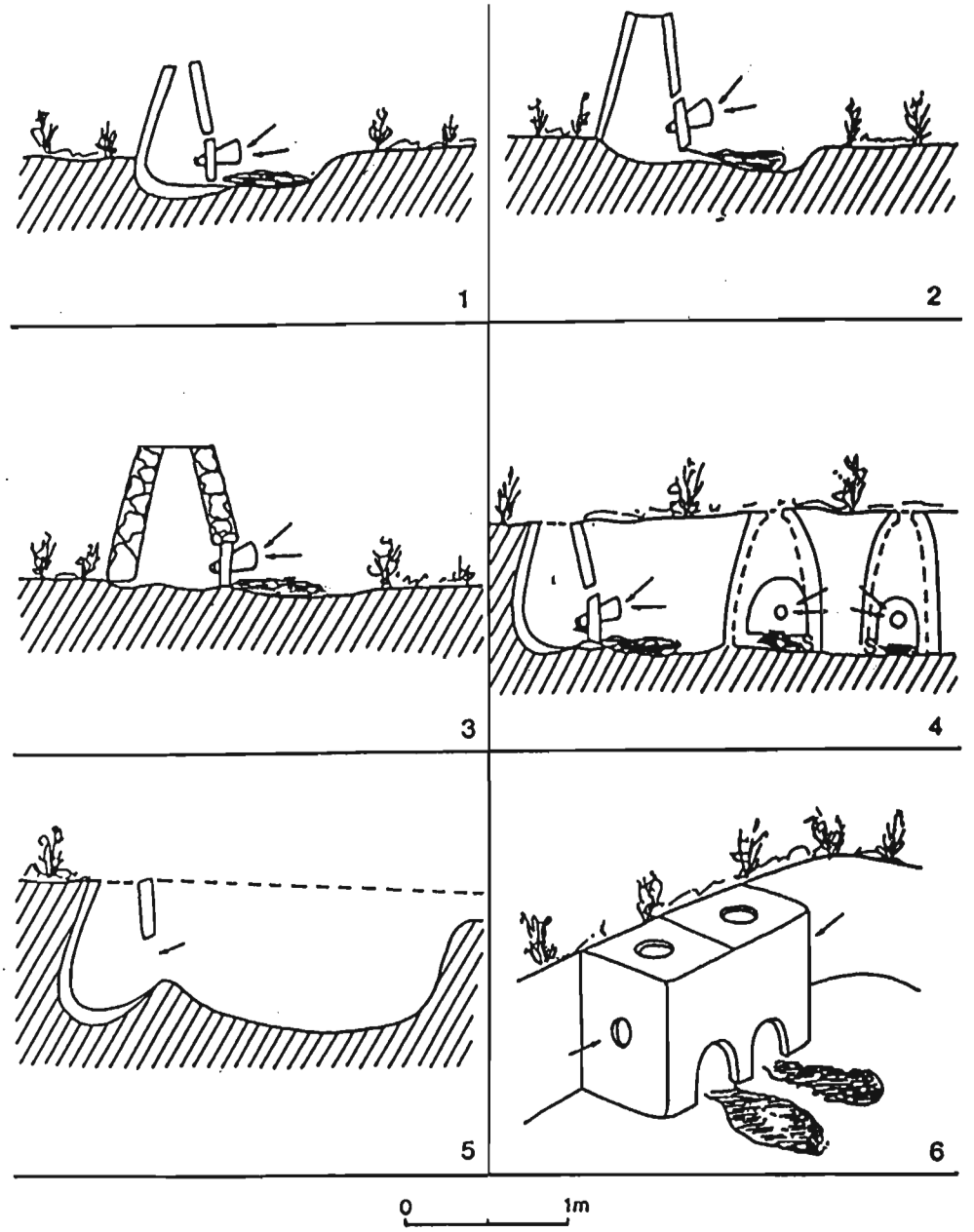
Obr. 6. Ranostredoveké typy taviacich pecí na avarských a staromaďarských sídelných územiach.
Legenda: Označenie jednotlivých typov taviacich pecí a hraníc súvislých území: 1 - avarský typ (I), 7.-8. stor.; 2 - typ nemeskér (II), 9.-10. stor.; 3 - variant harka (typ III); 4 - typ fajsz (IV), 10. stor.; 5 - typ imola (V), 2. polovica 10.-12. stor.; 6 - typ vasvár (VI), 11.-12. stor.; 7 - Eisenzicken (Vasverőszék), typ VII; 8 - avarské centrum v 7.-8. stor.; 9 - železiarska oblasť v 9. stor.; 10 - kniežacie centrum z 1. polovice 10. stor.; 11 - železiarska oblasť z obdobia vzniku štátu od 2. polovice 10. po koniec 12. stor.
Náleziská zo 7.-8. stor.: 1 - Ravazd (ž. Győr-Moson-Sopron) - Tarjánpuszta, Vasasföld, typ I; 2 - Zamárdi (ž. Somogy), typ I;
z 9.-10. stor.: 3 - Nemeskér (ž. Győr-Moson-Sopron), typ II; 4 - Tömörd (ž. Vas), typ IV;
z 10. stor.: 5 - Magyarfalva (ž. Győr-Moson-Sopron) - Harka, typ III; 6 - Somogyfajsz (ž. Somogy), typ IV; 9 - Sopron (ž. Győr-Moson-Sopron), typ IV;
z 11.-12. stor.: 7 - Imola (ž. Borsod-Abaúj-Zemplén), typ V; 8 - Vasvár (ž. Vas), typ VI.; 10 - Olmód (ž. Vas) - "Wygna potoka", typ VI.;
1350: 11 - Eisenzicken, typ VII; 12 - Sedmohradsko (dýzový panel), typ II.

Nemeskér (pohraničná strážna obec, nesúca názov jedného z maďarských kmeňov) vznikol pri predpokladanom železiarskom stredisku karolínskej doby. Nálezisko charakterizuje popri zvyškoch voľne stojacich pecí z 9.-10. stor. i väčšie množstvo roztečenej trosky (*Gömöri 1977-78*, s. 141).

Na nálezisku Sopron-Potzman dúlő sme v r. 1992-1993 odkryli štyri taviace pece spolu s jamami na praženie rudy. Pece boli vstavané do steny dielne, v čom sa podobali peciam v Imole. Spôsobom tavby boli však bližšie predchádzajúcemu typu nemeskér. Tavba sa konala pri vysokej teplote, s použitím pravdepodobne dvoch mechov, pričom roztavená troska vytekala z nisteje samočinne. Takýto spôsob tavby je charakteristický pre pece zo Somogyfajszu (obr. 7: 4). Južne od Balatonu, na bývalom území kniežaťa Fajsz, boli odkryté veľké dielenské jamy z 10. stor. s viac ako dvadsiatimi taviacimi pecami a v priemere 2-3 kg vážiacimi železnými lupami (*Gömöri 1994*, tab. XVI: 4).

Pece typu fajsz tvarovo, rozmermi a zrejme aj technikou tavenia sa najviac podobajú peciam nájdeným v Olomučanoch (Česká republika). Táto podobnosť vstavaných pecí sa prejavuje najmä v tvare nisteje, zošikmenom smerom k pracovnému otvoru, teda v spôsobe odpichu trosky a v pou-

žívaní dýzových panelov. Nástroje hutníka z Olomučian, slúžiace na otĺkanie a na vyťahovanie trosky (železný dlátovitý nástroj s dĺ. 19 cm a železná lyžica - lopatka), z veľkomoravského obdobia



Obr. 7. Typy taviacich pecí v 7.-12. stor. v Maďarsku. 1 - (I) avarský typ: Ravazd-Tarjánpuszta, 7.-8. stor.; 2 - (II) typ nemeskér: Nemeskér, 9.-10. stor.; 3 - (III. typ) variant harka: Harka, 8.-10. stor.; 4 - (IV) typ fajsz: Somogyfajsz, polovica 10. stor.; 5 - (V) typ imola: Szakony, 2. polovica 10. stor.-12. stor; 6 - (VI) typ vasvár: Olmód, 11.-12. stor.

(*Souchopová 1986*, obr. IX: 1, 4) sú veľmi podobné nástrojom nájdeným v severovýchodnej časti Maďarska na lokalite Trizs v dielni 3, datovanej do 11.-12. stor. (*Novák 1968*, tab. III: 10, 11). Dlátovité nástroje na otĺkanie trosky sú tvarovo rovnaké. Lyžicovitý nástroj z lokality Trizs je podobne ohnutý ako olomučiansky, ale miesto roztepaného zakončenia má štvoruholníkový prierez, pričom funkciu mal zrejme tú istú. Pri peciach na nálezisku Kőszegfalva v západnej časti Maďarska našli aj tretí druh nástroja (*Novák 1968*, tab. VI: 9a, b). Náradie s tvarom medzi čakanom a motykou používali na budovanie pecí a dielní.

Okrem trosiek pochádzajúcich z hutníckych lokalít podrobili metalografickej analýze aj vzorky trosiek pochádzajúcich z kováčskych dielní.

V Csonkahegyháte v župe Zala odkryli zahĺbené dielne pochádzajúce z 9.-10. stor. (*Müller 1971*, s. 18). Z územia župy Zala nepoznáme zatiaľ hutnícke pece. Ani to nie je ešte jasné, či tavili železo pri podobných zahĺbených dielňach odkrytých na lokalitách Csatár a Zalaszabar (*Valter 1979; 1981*).

Železiarska troska nájdená pri Soproni v Petőháze pochádza z kováčskej dielne s kolovou konštrukciou, ktorú odkryli pri výskume rímskej vily. V blízkosti dielne sa našli spolu s kováčskym náradím aj železné lupy, vážiace 10,55 kg, vykované do tehlového tvaru.

Na lokalite Sály pod hradom Örsúr (župa Borsod) v kováčskej dielni osady z 10.-11. stor. okrem trosiek našli aj vypálené hlinené výfučne (*Mesterházy 1986*).

O výsledkoch analýz vzoriek z uvedených lokalít referoval na seminári *B. Török*.

Porovnávací archeometalurgický výskum nálezov z priestoru mnohokultúrnej Karpatskej kotliny môže priniesť prijateľné výsledky len v tom prípade, ak sa zmapujú nálezy technických pamiatok v rámci jednotlivých regiónov z historicko-geografického hľadiska bez ohľadu na hranice štátov a zberateľské územie jednotlivých múzeí.

Treba vyzdvihnúť skutočnosť, že kým v zadunajskej - panónskej časti Maďarska a v priľahlom rakúskom Burgenlande sa objavujú najrozličnejšie typy pecí na tavenie železa a od doby avarskej až po arpádovské obdobie sa tu uplatňovali viaceré technologické postupy výroby, zatiaľ vo východnej časti krajiny poznáme iba náleziská taviacich pecí typu imola z arpádovského obdobia. Nemalo tamojšie hutníctvo železa slovanské alebo avarské korene? Túto otázku môže zodpovedať až ďalší archeologický výskum.

Preklad z maďarčiny *K. Fűryová*

Literatúra

BIELENIN, K. 1977: Einige Bemerkungen über das altertümliche Eisenhüttenwesen im Burgenland. In: Wiss. Arbeiten Bgld. 59. Eisenstadt, s. 49-62.

GÖMÖRI, J. 1977-78: Jelentés a nyugat-magyarországi vasvidék régészeti kutatásáról I. Arrabona, 19/20, s. 109-158.

GÖMÖRI, J. 1979: Jelentés a nyugat-magyrországi vasvidék régészeti kutatásáról II. Arrabona, 21, s. 59-86.

GÖMÖRI, J. 1980: Frühmittelalterliche Eisenschmelzöfen von Tarjánpuszta und Nemeskér. Acta Archaeol. Hung., 32, s. 317-345.

GÖMÖRI, J. 1989: The Hungarian Bloomeries. In: Archeometallurgy of Iron 1967-1987. R. Pleiner ed. Symposium Liblice 1987. Prague, s. 125-138.

GÖMÖRI, J. 1994: 9-10. századi vaskohászat. In: Honfoglalás és régészet. Kovács L. ed. Budapest, s. 159-169.

GÖMÖRI, J. - VERŐ, J. - IVANCSICS, J. - CSONGOR, É. - SZENDE, K. 1992: Une mine de fer et des fourneaux médiévaux sur le territoire de Kópháza. In: 113 Congrès International Strassbourg 1988. Techniques minières. Paris, s. 149-165.

HECKENAST, G. - NOVÁKI, Gy. - VASTAGH, G. - ZOLTAY, E. 1968: A mygyarországi vaskohászat története a korai középkorban. Budapest.

MESTERHÁZY, K. 1986: Az Őrsúr nemzetség váralja faluja. Az Arany János Múz. Közl. 4, s. 85-104.

MÜLLER, R. 1971: Régészeti terepbejárások a göcseji "Szegek" vidékén és településtörténeti tanulságaik. Zalaegerszeg.

NOVÁKI, Gy. 1968: = HECKENAST - NOVÁKI - VASTAGH - ZOLTAY.

SOUCHOPOVÁ, V. 1986: Hutnictví železa v 8.-11. století na západní Moravě. Praha.

VALTER, I. 1979: Árpád-kori kovácsműhely Csatáron. Zalai Gyűjtemény, 12, s. 43-74.

VALTER, I. 1981: Árpád-kori kovácsműhely Csatáron (Zala megye). Iparrégészet I. Egetőkemencék. Veszprém, s. 123-131.

NEUE ARCHÄOLOGISCHE FORSCHUNGEN VON EISENSCHLACKENFUNDSTELLEN IN UNGARN

Resümee

Das Komitee für Industriearchäologie hat in Ungarn - mit finanzieller Unterstützung der OTKA-Stiftung - über 1500 verschiedene Fundstellen mit Überresten von alten Abbauanlagen und Werkstätten kartiert, wo von der Urzeit bis Ende des Mittelalters an 287 Orten irgendeine Industrietätigkeit ausgeübt wurde. Die Zahl der Metallindustrie-Überreste (Kupfer-, Bronze-, Goldschmiede- usw.) aufweisenden Fundorte beträgt 468 (Abb. 1).

Werden die Fundorte der Eisenproduktion und -verarbeitung in zeitlicher Aufschlüsselung aufgezeigt, so stammen die meisten Funde aus der Árpádenzeit, aus dem 10.-12. Jh. Bekannt sind 91 Fundorte (Abb. 2).

Untersucht man die Verarbeitung der archäologisch identifizierten Fundorte der Eisenindustrie in der Aufschlüsselung nach Regionen, so zeigt die 3. Abbildung, daß die meisten in den Komitaten Vas (44), Borsod (39) und Győr-Moson-Sopron (38) zu finden sind. Es wird auch die Intensität der Forschungen aufgezeigt, da in einem Komitat der Tiefebene, in Békés, bis jetzt 26 Fundstellen entdeckt wurden. Wo an den Eisenschlacken-Fundstellen einst eine Eisenverhüttungsanlage gearbeitet hat und wo nur eine Schmiedewerkstatt stand, wird auf der nächsten Abbildung sowohl nach Regionen als auch nach zeitlicher Einstufung gezeigt, aber das sind - vor der - Anfertigung des Verzeichnisses noch unsichere Angaben. Auf der Abbildung nach Regionen scheint das Vorkommen von Eisenproduktionsschlacke häufiger zu sein.

Wenn man das auf der Abbildung nach der zeitlichen Einstufung kontrolliert, so fällt auf, daß oft aufgrund der auf den Fundstellen gefundenen Oberflächenscherben angenommen wird, daß die Eisenschlacken mit den Scherben zeitgleich sind (Abb. 4).

Die Schmiedeschlacken auf der Oberfläche sind meistens schon dem Aussehen nach zu unterscheiden, aber nur für den geübten Archäometallurgen. Eine Untersuchungsreihe hatte gerade das Ziel, die Schlackenarten einzelner Fundorte besser kennenzulernen und die typischen Schlacken der verschiedenen Rennofentypen voneinander unterscheiden zu können, auch durch tiefgreifendere Materialuntersuchungen.

Auf der Karte (Abb. 5) sind die bekannten Eisenschlacken-Fundstellen, Eisenschmelzöfen und Schmiedewerkstätten eingezeichnet, aus denen die untersuchten Eisenerze oder Eisenschlacken stammen. Im nordwestlichen Teil des Landes kennen wir sechs Rennöfentypen (Abb. 6), im Süden, in Somogy, sind von ihnen Fundorte mit zwei Typen bekannt (Abb. 7: 1, 4). Östlich des Balaton kennen wir nur die Reduktionsöfen (Abb. 7: 5) des sog. Imola-Typs (diese sind auch im Westen des Landes in großer Anzahl auffindbar).

Eisenerz-Untersuchungen wurden an Limonit- und Hermaliterzen von Kópháza, Harka (Fundort Kányaszurdok neben Sopron) und Eisenzicken (Österreich, Burgenland) durchgeführt. In Kópháza wurden von den Bergwerkgruben Pingen erschlossen. Hier hat man 8-10 cm dicke neogene Erzschichten abgebaut. Das gleiche Erz ist bei den Schmelzöfen in Harka (Kányaszurdok) gefunden worden. Hier hat man das Eisen mit Doppelbeblasung, in aus Stein gebauten Öfen verhüttet. Harka war bis zur Mitte des 10. Jahrhunderts einer der Anführer der Streifzüge nach dem Westen.

Der Name des Fundortes Tömörd bedeutet im Türkischen Eisen (Temír). Hier waren ähnlich freistehende hochgebaute Eisenreduktionsöfen in Betrieb, die mit hohen Temperaturen gearbeitet haben. Nemeskér (mit dem Stammes-Ortsnamen bezeichnete Grenzwachtsiedlung) hatte ebenfalls freistehende Öfen aus dem 9.-10. Jh. Die dünn geflossenen Schlacken lassen auf hohe Temperaturen und die Bauart der Düsen für Doppelbeblasung schließen.

Im Fundort Sopron-Potzmannflur wurden 1992-93 vier Eisenschmelzöfen und neben ihnen Erzröstgruben entdeckt. Die Öfen gehören zum Typ der Schmelzöfen von Somogyfajsz. Südlich vom Balaton, im Komitat Somogy, haben wir im ehemaligen Landsitz des Großfürsten Fajsz von der Mitte des 10. Jh. eine große Grubenwerkstatt mit über 20 ähnlichen Eisenschmelzöfen, mit durchschnittlich 2-3 kg schweren Eisenluppenfunden erschlossen. Der Ofentyp von Fajsz steht sowohl der Form als auch der Größe und vermutlich auch der Funktion nach den im mährischen Olomučany (Tschechische Republik) gefundenen Schmelzöfen nahe.

Was als Abschluß zu unterstreichen wäre, ist die Tatsache, daß während im transdanubischen Teil Ungarns die abwechslungsreichsten Formen der Eisenproduktionswerkstätten und eine Vielfalt der technologischen Verfahren aufzuweisen sind, ist aus dem Zeitabschnitt vor den Awaren bis zu den Árpáden im östlichen Teil des Landes einzig allein der Schmelzofentyp Imola aus der Árpádenzeit bekannt. Hatte hier die Verhüttung der Árpádenzeit keine slawischen oder awarischen Vorgänger?

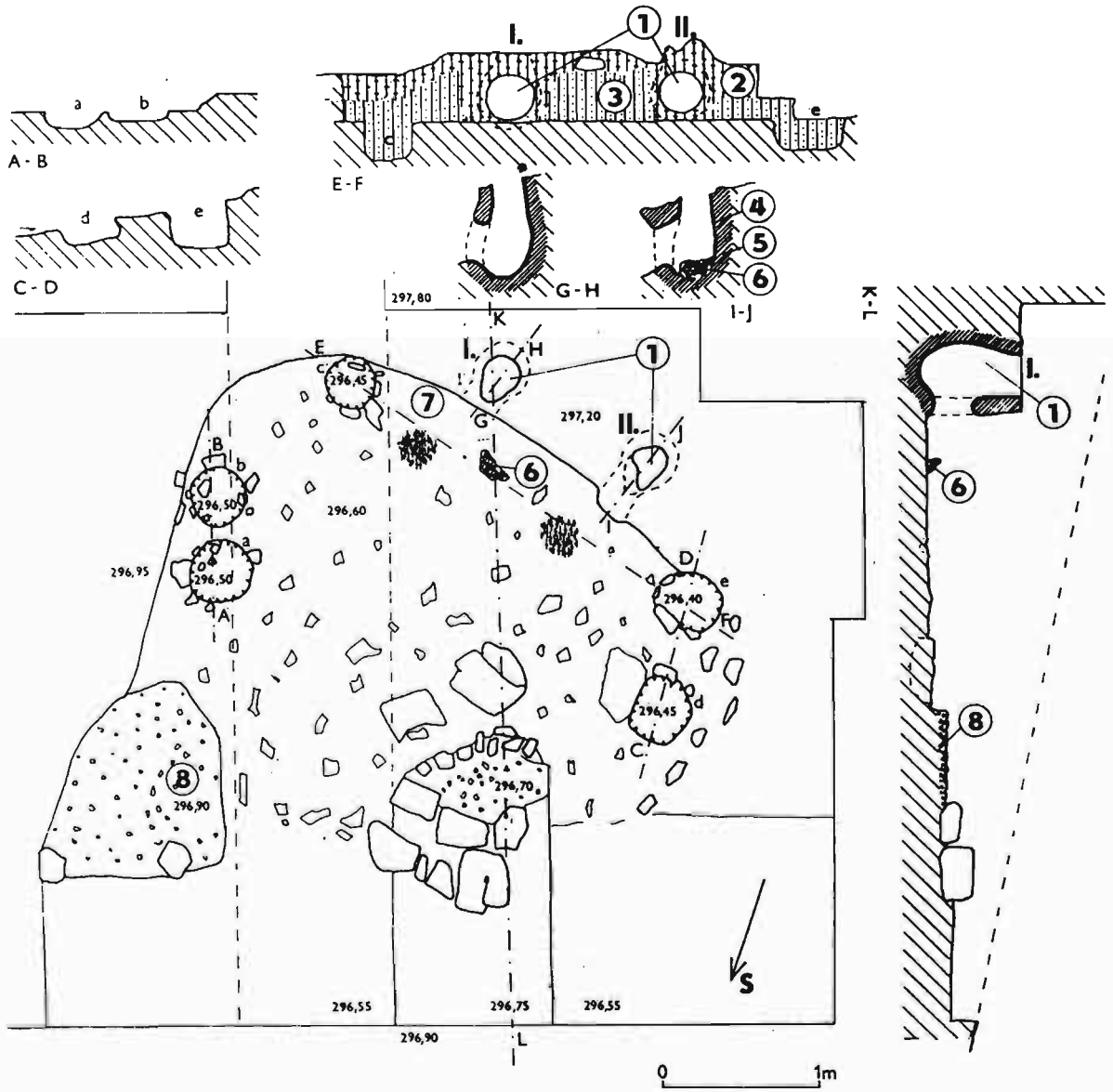
Diese Frage kann nur durch weitere Ausgrabungen beantwortet werden.

Abb. 1. Archäologische Fundstellen mit Belegen der Verarbeitung von Mineralrohstoffen im Gebiet Ungarns.
Abb 2. Zeitliche Einstufung der Eisenverhüttungsfundstellen in Ungarn.
Abb. 3. Verbreitung der Eisenverhüttungsfundstellen im Rahmen der Komitate Ungarns.
Abb. 4. Verbreitung der Fundstellen in Ungarn nach den einzelnen Zeitabschnitten und den Arten der Tätigkeiten (Verhüttung, Schmiedewerkstätten, Schlackenfunde).
Abb. 5. Fundstellen von analysiertem Eisenerz und Schlacke. △ - Eisenerz, ● - Eisenschlacke, E - Eisenzicken (Vasverőszék, Kendszék) Österreich, Erz, Schlacke; 37 - Harka-Kányaszurdok, Schmelzöfen; 45 - Kópháza, Pingenfelder; 57 - Nemeskér-Tüskésrét, Schmelzöfen; 62 - Petőháza-Lésalja, Schmiedewerkstatt; 75 - Sopron-Deák tér, Schmelzöfen; 89 - Sopron-Potzmann dűlő, Schmelzöfen; 262 - Sály, Schmiedewerkstatt; 981 - Tömörd, Ort der Verhüttungstätigkeit; 1136 - Csonkahegyhát, eingetiefte Arbeitsstelle mit Eisenschlacke.
Abb. 6. Frühmittelalterliche Schmelzöfentypen in awarischen und altmagyarischen Siedlungsgebieten.
Legende: Bezeichnung der einzelnen Schmelzöfentypen und der Grenzen zusammenhängender Gebiete: 1 - awarischer Typ (I), 7.-8. Jh.; 2 - Typ Nemeskér (II), 9.-10. Jh.; 3 - Variante Harka (Typ III); IV - Typ Fajsz (IV), 10. Jh.; 5 - Typ Imola (V), zweite Hälfte des 10.-12. Jh.; 6 - Typ Vasvár (VI), 11.-12. Jh.; 7 - Eisenzicken (Vasverőszék), Typ VII; 8 - awarisches Zentrum im 7.-8. Jh.; 9 - Eisenverarbeitungsgebiet im 9. Jh.; 10 - fürstliches Zentrum aus der ersten Hälfte des 10. Jh.; 11 - Eisenverarbeitungsgebiet aus der Entstehungszeit des Staates von der zweiten Hälfte des 10. bis Ende des 12. Jh.
Fundstellen aus dem 7.-8. Jh.: 1. Ravazd (Kom. Győr-Moson-Sopron) - Tarjánpuszta, Vasasföld, Typ I; 2 - Zamárdi (Kom. Somogy), Typ I;
aus dem 9.-10. Jh.: 3 - Nemeskér (Kom. Győr-Moson-Sopron), Typ II; 4 - Tömörd (Kom. Vas), Typ IV;
aus dem 10. Jh.: 5 - Magyarfalva (Kom. Győr-Moson-Sopron) - Harka, Typ III; 6 - Somogyfajsz (Kom. Somogy), Typ IV; 9 - Sopron (Kom. Győr-Moson-Sopron), Typ IV;
aus dem 11.-12. Jh.: 7 - Imola (Kom. Borsod-Abaúj-Zemplén), Typ V; 8 - Vasvár (Kom. Vas), Typ VI; 10 - Ólmod (Kom. Vas) - "Wygna potoka", Typ VI;
1350: 11 - Eisenzicken, Typ VII; 12 - Siebenbürgen (Düsenpaneel), Typ II.
Abb. 7. Schmelzofentypen im 7.-12. Jh. in Ungarn. 1 - (I) awarischer Typ: Ravazd-Tarjánpuszta, 7.-8. Jh.; 2 - (II) Typ Nemeskér: Nemeskér 9.-10. Jh.; 3 - (III. Typ) Variante Harka: Harka, 8.-10. Jh.; 4 - (IV) Typ Fajsz: Somogyfajsz, Mitte des 10. Jh.; 5 - (V) Typ Imola: Szakony, zweite Hälfte des 10. Jh.-12. Jh.; 6 - (VI) Typ Vasvár: Olmód, 11.-12. Jh.

ZAČIATKY STREDOVEKÉHO ŽELEZIARSTVA V GEMERI

Klára Fűryová

Rudné bohatstvo a nadväzujúce hutníctvo drahých kovov a železa značne prispeli k hospodárskemu rozvoju východnej časti Gemera v stredoveku. Písomné správy spomínajú osady tejto oblasti síce až od 13. stor., nepriame správy, ako miestne názvy, toponymie a jazykové pamiatky z oblasti banskej a hutníckej terminológie, však jednoznačne dokazujú starší pôvod početných osád. Z niektorých z nich vďaka výhodnej geografickej a strategickej polohe a bezprostrednej blízkosti bohatých rudných ložísk sa už v 13. stor. vyvinuli strediská svojho okolia: Rožňava, Dobšiná, Štítnik, Revúca, Jelšava. Takéto postavenie mal aj Plešivec, na ktorého území k r. 1243 spísali päť menších osídlených miest, medzi nimi aj Somkút. Počas výskumu tejto zaniknutej osady sa podarilo odkryť celý súbor šachtových pecí, v ktorých sa v 11.-12. stor. tavilo železo. Typickým príkladom z týchto



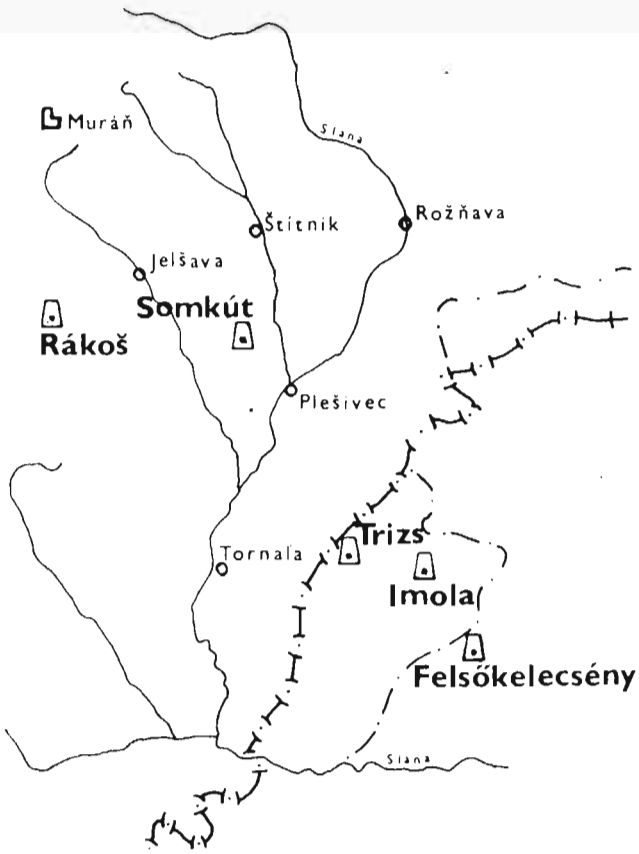
Obr. 1. Gemerský Sad, poloha Somkút. Dielňa s dvoma pecami. 1 - šachtové pece; 2 - zmiešaný íl; 3 - flovité podložie; 4 - výmaz pece; 5 - spečená flovito-piesčitá vrstva; 6 - troska; 7 - prepálená plocha; 8 - vrstva rudy.

objektov je dielňa štvoruholníkového pôdorysu, zapustená do mierneho svahu (obr. 1). Do vyššej steny objektu boli vstavané dve pece s veľmi kvalitne vymazaným vnútorným priestorom hruškovitého tvaru. Predný pracovný otvor v tvare kruhu meral v priemere 30 cm. Po obvode dielne boli vyhĺbené jamy kruhového pôdorysu. Vo výplni sa nachádzalo množstvo drevného uhlia, železnej trosky a fragmenty použitých hlinených výfuční mechov. Jamy mali úlohu zrejme vo výrobnom procese - praženie rudy alebo znovuohrievanie, rozžeravovanie produktu pecí. S veľkou pravdepodobnosťou to môžeme predpokladať o jamách a, b. V ich výplni sa nachádzalo drevné uhlie, popol, drobné kúsky železnej trosky i niekoľko poškodených výfuční. Po ich obvode boli kamene na dne dielne sfarbené do červena. Výrobnej funkcii nasvedčuje aj ich umiestnenie tesne vedľa seba a blízko k peciam. Ostatné jamy mali inú profiláciu, kolmé steny a rovné dno. Nemôžeme celkom vylúčiť podobnú funkciu, ako mali predchádzajúce, ale práve na základe ich profilácie, výplne a rozmiestnenia v objekte predpokladáme, že sú to kolové jamy, do ktorých boli zapustené stĺpy nesúce konštrukciu na obsluhu mechov alebo akejsi strechy.

Obr. 2. Gemerský Sad, poloha Somkút. Pohľad do druhej dielne.

S podobnou situáciou sme sa stretli aj v prípade ďalšej dielne, s tým rozdielom, že kým vyššie opísaný objekt bol po vybudovaní i počas používania nezmenený a nenarušený, druhú dielňu počas používania niekoľkokrát prestavali (obr. 2). Aj v nej pracovali naraz dvoma pecami, ale ako to aj nálezová situácia ukazuje, po čase doslúženú dvojicu pecí zrušili a o niečo ďalej južným smerom (cca 30-50 cm), zrejme ako to konfigurácia terénu dovoľovala, vybudovali novú dvojicu. Pomerne dobre sa zachovala práve posledná, štvrtá dvojica pecí, vo vzájomnej osovej vzdialenosti 150 cm.

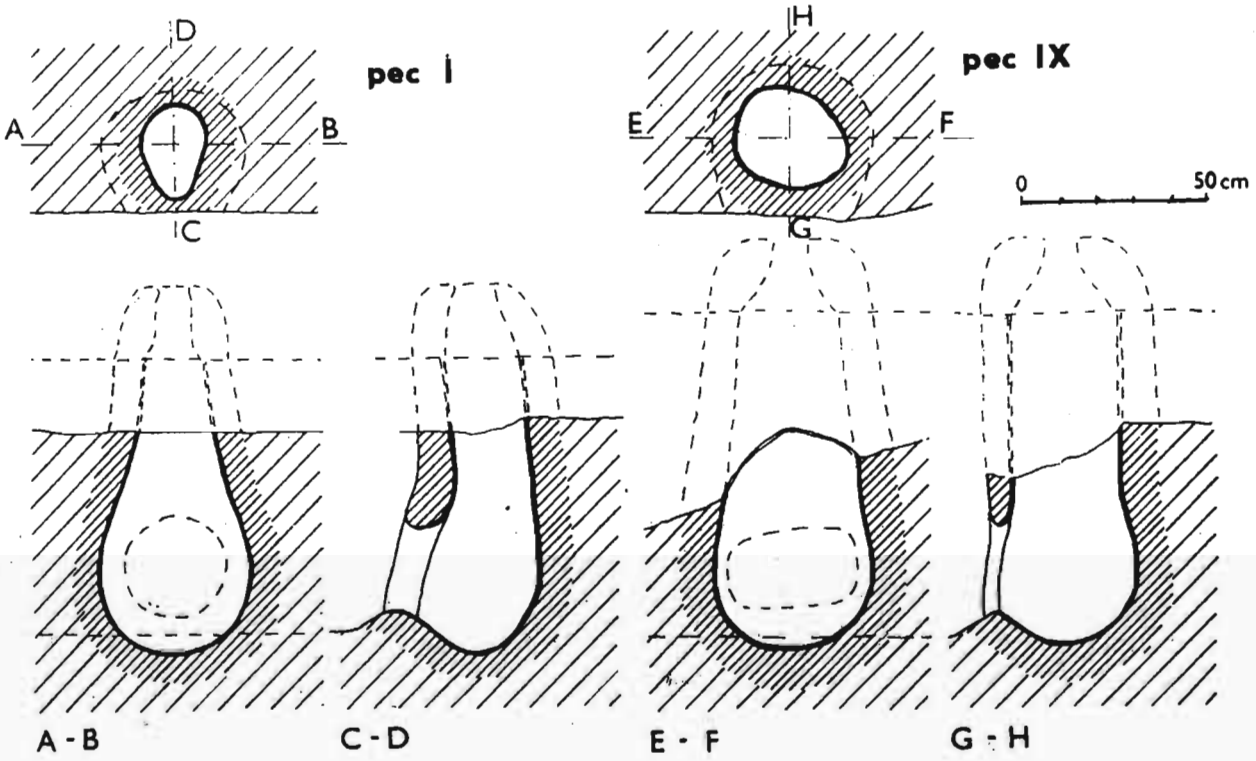
Ako najvhodnejšie analógie k našim objektom sa ukazujú pece odkryté v prilahlej časti Gemerskej župy patriacej k územiu Maďarskej republiky (obr. 3). Tieto pece, odkryté v šesťdesiatych rokoch na lokalitách Imola, Trizs a Felsőkelecsény, datovali maďarskí bádatelia globálne do 9.-12. stor. (*Heckenast - Nováki - Vastagh - Zoltay 1968*). Vychádzali z toho, že vývoj šachtových pecí pred vznikom vlastnej kusovej pece a neskôr vysokej pece smeroval od menšej k väčšej štíhlosti ich profilu. Tento vývoj vyplýval pravdepodobne z empirických poznatkov starých hutníkov, že takto



Obr. 3. Mapa východnej časti Gemera. Náleziská stredovekých šachtových pecí.

dosahovali postupne lepšie výsledky redukčného procesu výroby železa a menšiu spotrebu paliva. Vtedajší nedokonalý a nepravidelný prívod vzduchu do pece pomocou dúchacích mechov zabezpečoval totiž v užšej šachte dokonalejšie rozdelenie vzduchu po priereze šachty než v šachte širšej, a tým samozrejme aj lepšie podmienky pre technologický proces. Tento nedostatok sa dal odstrániť použitím dvoch výfuční pod určitým uhlom a výkonnejších dúchacích mechov.

V prípade gemerskosadských pecí sa nedá určiť žiadna časová postupnosť ani na základe stratigrafie, ani na základe nálezov keramiky. Keď však porovnáme jednotlivé pece z dvoch dielní, zrejmá je ich rozdielna veľkosť i štíhlosť (obr. 4). Pozoruhodné je, že práve širšia pec má širší pracovný otvor. Keď to porovnáme s pravidelne okrúhlym otvorom štíhlejšej pece, vidíme, že širší otvor bol prispôsobený tak, aby sa tam dali vložiť a ľahšie fixovať aj dve výfučne, čo by bolo v okrúhlom otvore problematickejšie. Bola tým zabezpečená väčšia kapacita pece a jej maximálna efektívnosť.



Obr. 4. Gemerský Sad, poloha Somkút. Rekonštrukcia pôvodnej veľkosti pecí z prvej a druhej dielne.

Na výrobu výfuční bola použitá hlina toho istého zloženia ako výmazová hmota pece (obr. 5). Podľa sfarbenia ich vonkajšieho plášťa a šikmo skoseného ústia niektorých možno predpokladať, že pri používaní boli k horizontále sklonené pod uhlom 20-30 stupňov. Ich rozmery, tvar, pomerná štíhlosť a tenké steny dovoľujú predpokladať použitie relatívne výkonných dúchadiel pri množstve vzduchu asi 3-4 m^3/hod.

V nálezovom súbore sa objavilo niekoľko druhov železnej rudy, ktorá slúžila ako vsádzkový materiál na tavby v peciach. Väčšinu trosiek tvoril limonit, ktorý mohol mať pôvod v povrchových nálezoch, tzv. gossanoch, alebo sa nachádzal vo forme bahennej rudy. Všetky tieto limonitové rudy vyžadovali úpravu pražením pred vsádzkovaním do pece. Ďalšou skupinou zistených rúd boli hematitové rudy. Menšie lokality s výskytom hematitových rúd sú známe v okolí. Tretia skupina rúd bola mineralogicky určená ako hematit so sideritom. Chemická analýza zistila, že ide o veľmi bohatý druh železnej rudy. Nálezy týchto rúd sú v súčasnosti veľmi vzácne, a teda ich pôvod na lokalite Gemerský Sad nemožno spoľahlivo určiť.

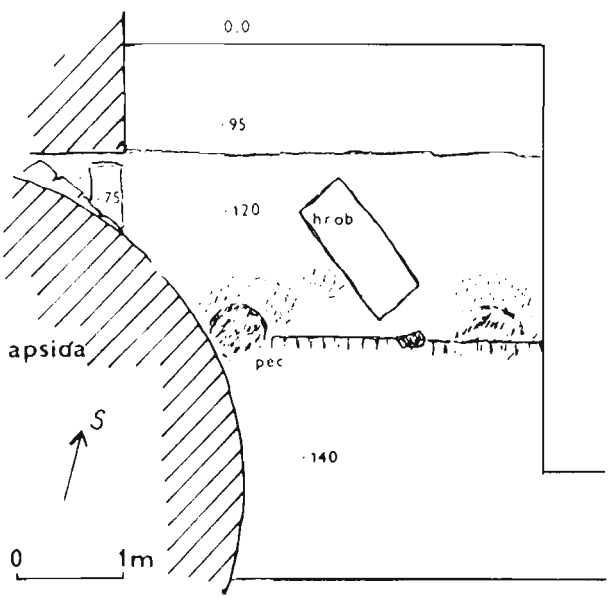
Z výsledkov chemických, mikroskopických a mineralogických rozborov, ktoré spracoval *Ľ. Mihok* na Hutníckej fakulte STU v Košiciach, sa dalo urobiť niekoľko záverov týkajúcich sa spôsobov výroby železa na lokalite.

Železo sa vyrábalo redukciou železných rúd v malých šachtových peciach vstavanej konštrukcie. Používalo sa pritom drevné uhlie, ktoré sa vsádzkovalo spolu so železnou rudou do

šachty. Pred vsádzkovaním bola ruda upravená pražením. Horenie paliva v peci bolo intenzifikované vháňaním vzduchu. Vzhľadom na konštrukciu pece predpokladáme použitie jednej i dvoch výfuční naraz. Pece boli využívané na tavbu opakovane. Celá pec bola vybudovaná v zemi, teda veľmi dobre izolovaná, a straty tepla z jej šachty boli nízke. Na základe uvedených poznatkov tieto pece radíme medzi najvýkonnejšie daného typu a obdobia. Ide tu zrejme o najdokonalejší typ dymárky, ktorá vlastne dosiahla vrchol svojich kapacitných možností a nebola už schopná ďalšieho konštrukčného zlepšenia alebo zdokonalenia technológie výroby. Datovanie doby používania tohto typu pecí do 11.-12. stor. potvrdzuje aj rozbor keramiky pochádzajúcej zo skúmaných objektov (*Fűryová - Míček - Mihok - Tomčo 1991*).

Obr. 5. Gemerský Sad, poloha Somkút. Hlinené výfučne.

Datovanie konca používania tohto typu pecí sa potvrdilo na výskume dodnes stojaceho románskeho kostola v obci Rákoš (okr. Rožňava). V exteriéri objektu na východnej strane, pri odkrývaní miesta, kde je sakristia pribudovaná k apside, v hĺbke 100 cm sme narazili na ílovité podložie, ktoré južným smerom mierne klesalo. Vo vzdialenosti 190 cm južne od spojenia sakristie s apsidou sme zachytili 20 cm vysoký schod, umelo vytvorený v podloží. Na rozhraní tohto schodu sa objavila batéria železiarskych pecí, resp. ich spodných častí (obr. 6). Z troch boli dve pomerne dobre zachované, tretia, stredná však bola veľmi narušená novovekým hrobom. Z pecí sa zachovali spodné časti šachty, nisteje, plné železnej hmoty. Okolo nich bola do vzdialenosti 50 cm ílovitá zemina sfarbená do červena, vypálená pod vplyvom vysokej teploty. Takýto oblúk spáleného ílu podchádzal aj pod základy apsidy, z čoho súdime, že ďalšia, štvrtá pec tejto batérie, resp. jej zvyšky sa nachádzajú priamo pod základmi apsidy. Južne od pecí siahala vrstva sivej zmiešanej zeminy až do hĺbky 140 cm. Základy apsidy boli všade iba do hĺbky 110 cm, to znamená, že v severnej časti spočívali na pevnom ílovitom podloží, ale južný úsek základov bol zapustený do zmiešanej zeminy. V tejto vrstve sa nachádzali úlomky hutníckej železnej trosky, množstvo drevného uhlia a popol. Mohla vzniknúť iba postupným vyplnením pracovného priestoru pred pecami. Kostol postavili najneskoršie v 2. polovici 13. stor. a určite bol vybudovaný až po zániku železiarskej činnosti na tomto mieste. Toto zistenie je závažným príspevkom k určeniu doby zániku spôsobu výroby železa v šachtových peciach typu imola, za ktorú môže-



Obr. 6. Rákoš. Zvyšky šachtových pecí pri apside románskeho kostola.

me označiť začiatok 13. stor. Zhoduje sa to aj so skutočnosťou, že 1. polovica 13. stor. aj v iných oblastiach výrobnej činnosti priniesla veľké premeny.

Predložený príspevok je uverejnený v obšírnejšej podobe: FÜRYOVÁ, K. 1993: Nové poznatky o stredovekom železiarstve v Gemeri. In: Archaeol. Technica. 8. Brno, s. 35-47.

Literatúra

FÜRYOVÁ, K. - MÍČEK, M. - MIHOK, Ľ. - TOMČO, Š. 1991: Začiatky železiarstva vo východnej časti Gemera v stredoveku. In: Zbor. Slov. nár. Múz. 85. Archeol. 1. Bratislava, s. 107-144.

HECKENAST, G. - NOVÁKI, Gy. - VASTAGH, G. - ZOLTAY, E. 1968: A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban. Budapest.

ANFÄNGE DER MITTELALTERLICHEN EISENMETALLURGIE IN DER GEMER-REGION

Resümee

Bei der Erforschung der mittelalterlichen Siedlungswüstung Somkút im Gemeindekataster von Gemerský Sad (Bez. Rožňava) wurde ein Verband von Schachtöfen freigelegt, in denen im 11.-12. Jh. Eisen verhüttet wurde. Ein typisches Beispiel aus diesen freigelegten Objekten ist eine Werkstatt mit viereckigem Grundriß, die in einen mäßigen Hang eingetieft war (Abb. 1). In die höhere Wand des Objektes war ein Ofenpaar eingebaut. Am Umfang der Werkstatt waren ausgehobene kreisförmige Gruben, die offenbar ihre Aufgabe im Aufbereitungsprozeß erfüllten - beim Erzrösten.

Eine ähnliche Situation herrschte auch im Falle einer weiteren Werkstatt, mit dem Unterschied, daß während das höher beschriebene Objekt nach der Errichtung und während der Nutzung unverändert und ungestört blieb, die zweite Werkstatt hingegen mehrmals umgebaut wurde (Abb. 2). Auch in dieser Werkstatt wurde gleichzeitig mit zwei Öfen gearbeitet, aber wie es die Fundsituation erwies, wurde das Ofenpaar nach Beendigung seiner Funktion liquidiert und etwas weiter von ihm ein neues Paar errichtet.

Analoge Objekte zu jenen in Gemerský Sad sind Öfen, die im anliegenden Teil des Komitates Gemer freigelegt wurden und zum Gebiet der Ungarischen Republik gehören (Abb. 3), und zwar in den Fundorten Imola, Trizs und Felsőkelecsény.

Im Falle der Öfen aus Gemerský Sad ist es beachtenswert, daß gerade der breitere Ofen die Öffnung so angepaßt hat, daß dort auch zwei Winddüsen eingesetzt und leichter fixiert werden konnten. Damit war eine größere Kapazität des Ofens und seine maximale Effektivität gesichert (Abb. 4). Zur Herstellung der Winddüsen wurde Lehm von derselben Zusammensetzung wie die Verputzmasse des Ofens verwendet (Abb. 5).

Aus den Ergebnissen der chemischen, mikroskopischen und mineralogischen Analysen (*Ľ. Mihok*) ergeben sich Rückschlüsse hinsichtlich der Gewinnungsart des Eisens auf der Fundstelle:

Das Eisen gewann man durch Reduktion von Eisenerzen in kleinen Schachtöfen mit eingebauter Konstruktion. Benützt wurde dabei Holzkohle, mit welchem das Eisenerz im Schachtofen beschickt wurde. Vor der Beschickung wurde das Erz durch Röstung aufbereitet. Das Brennen des Brennstoffes im Ofen wurde durch Einblasen von Luft gesteigert. Die Öfen wurden wiederholt zum Schmelzen verwendet. Der ganze Ofen war in die Erde eingebaut, er war also sehr gut isoliert und die Temperaturverluste aus dem Schacht waren minimal.

Die Datierung der Verwendungszeit dieses Ofentyps in das 11.-12. Jh. ist auch durch die Analyse der Keramik aus den untersuchten Objekten bestätigt. Die Datierung des Endes der Nutzung dieses Ofentyps hat sich bei der Ausgrabung der bis heute stehenden romanischen Kirche in der Gemeinde Rákoš (Bez. Rožňava) bestätigt. Im Exterieur auf der Ostseite kam bei der Freilegung der Verbindungsstelle des Anbaues der Sakristei an die Apsis der Kirche eine Batterie von Schachtöfen zum Eisenschmelzen, bzw. die Schachtunterteile zum Vorschein (Abb. 6). Die Bauzeit der Kirche

entfällt in die zweite Hälfte des 13. Jh. und erfolgte mit Sicherheit erst nach dem Abbruch der Eisenverhüttungstätigkeit an der betreffenden Stelle. Diese Feststellung bedeutet einen schwerwiegenden Beitrag zur Bestimmung des Aufhörens dieser Gewinnungsart des Eisens in Schachtöfen des Typs "Imola" zu Beginn des 13. Jh. Dies steht auch mit der Tatsache im Einklang, daß es in der ersten Hälfte des 13. Jh. auch auf anderen Gebieten der Produktionstätigkeit zu großen Veränderungen kam.

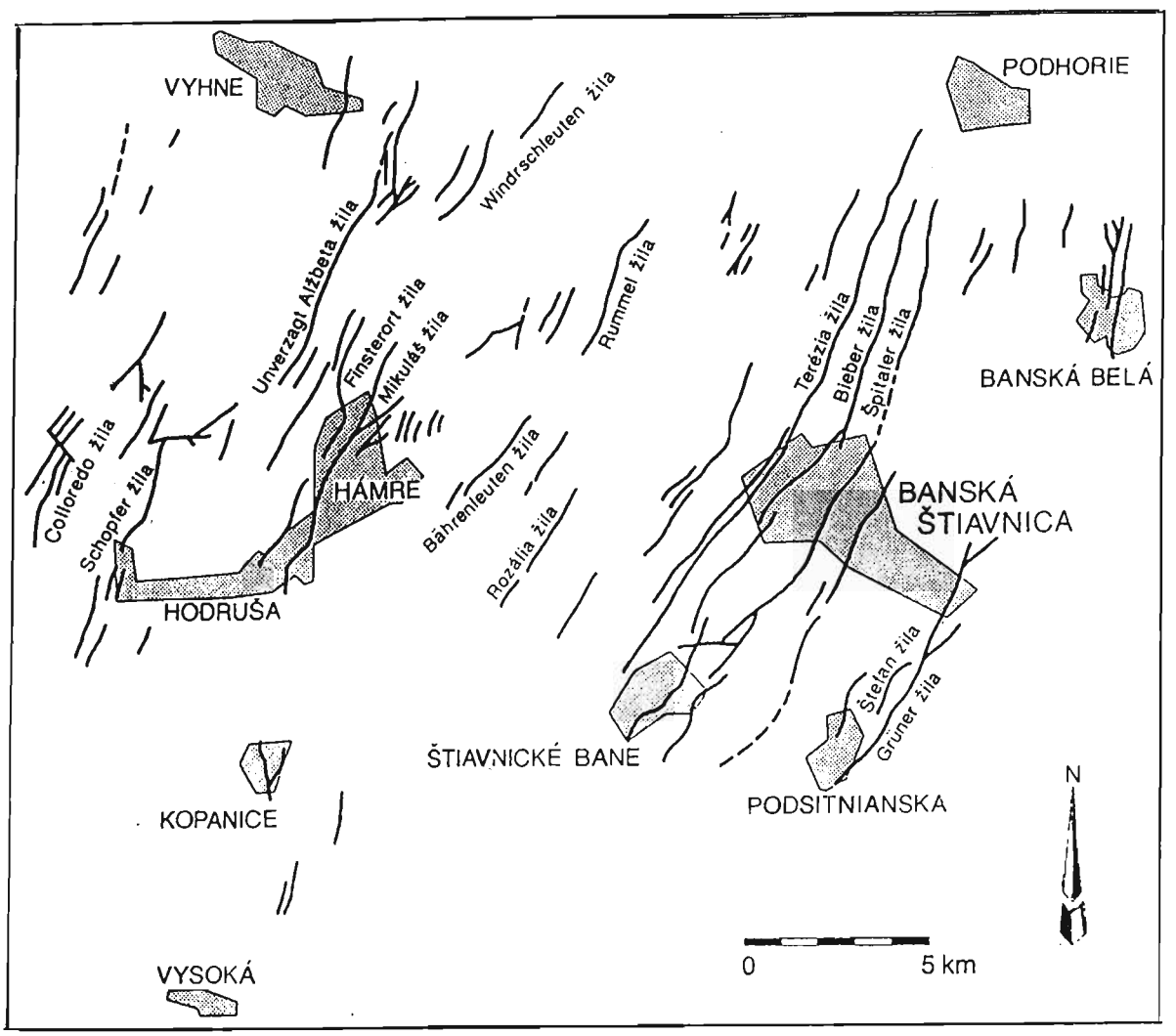
Abb. 1. Gemerský Sad, Lage Somkút. Werkstatt mit zwei Öfen. 1 - Schachtöfen; 2 - vermischter Lehm; 3 - lettiges Liegende; 4 - Ofenverputz; 5 - verbackene lehmig-sandige Schicht; 6 - Schlacke; 7 - gebrannte Fläche; 8 - Erzschicht.
Abb. 2. Gemerský Sad, Lage Somkút. Blick in die zweite Werkstatt.
Abb. 3. Karte des Ostteiles der Gemer-Region. Fundstellen mittelalterlicher Schachtöfen.
Abb. 4. Gemerský Sad, Lage Somkút. Rekonstruktion der ursprünglichen Größe der Öfen aus der ersten und zweiten Werkstatt.
Abb. 5. Gemerský Sad, Lage Somkút. Winddüsen aus Lehm.
Abb. 6. Rákoš. Reste von Schachtöfen bei der Apsis der romanischen Kirche.

STREDOVEKÉ ŽELEZIARSKE OBJEKTY V BANSKEJ ŠTIAVNICI

Jozef Labuda - Ľubomír Mihok - Mária Fröhlichová

K najvýznamnejším banským regiónom Slovenska patrí širšia oblasť Banskej Štiavnice (okr. Žiar nad Hronom). Intenzívna banská činnosť, zameraná najmä na drahé kovy striebra a zlata, tu kontinuitne prebiehala od 12. stor. dodnes. Tematické výskumy v oblasti montánnej archeológie v tomto regióne v posledných rokoch prispeli k novým poznatkom viažucim sa na najstaršiu etapu tohto vývoja banskej prospekcie (13.-15. stor.).

V rudnom regióne Banskej Štiavnice a Hodruše, dosahujúcom takmer 100 km^2, sa nachádza viac ako 120 rudných žíl a odžiliek (*Burian 1985*). Ich hrúbka je variabilná, dosahujúca 1,2 až 1,4 m, pričom dĺžka jednotlivých žíl presahuje 10 km (obr. 1). Z najdôležitejších minerálov možno uviesť galenit, sfalerit, chalkopyrit, pyrit a iné; z drahých kameňov sú to strieborné rudy (pyrargyrit, polybarit, proustit), v menšom množstve zlato. Pozoruhodný je výskyt ľahkotaviteľných železných rúd (napr. hematitu) na južnom okraji štiavnického rudného revíru, ktorý vzhľadom na priaznivé geografické podmienky (vzdialenosť cca 15 km) predstavoval aj oblasť zázemia s poľnohospodárskou produkciou. Nie náhodou z týchto miest disponujeme početnými nálezmi z doby bronzovej a laténskej, ako aj z 10.-12. stor.



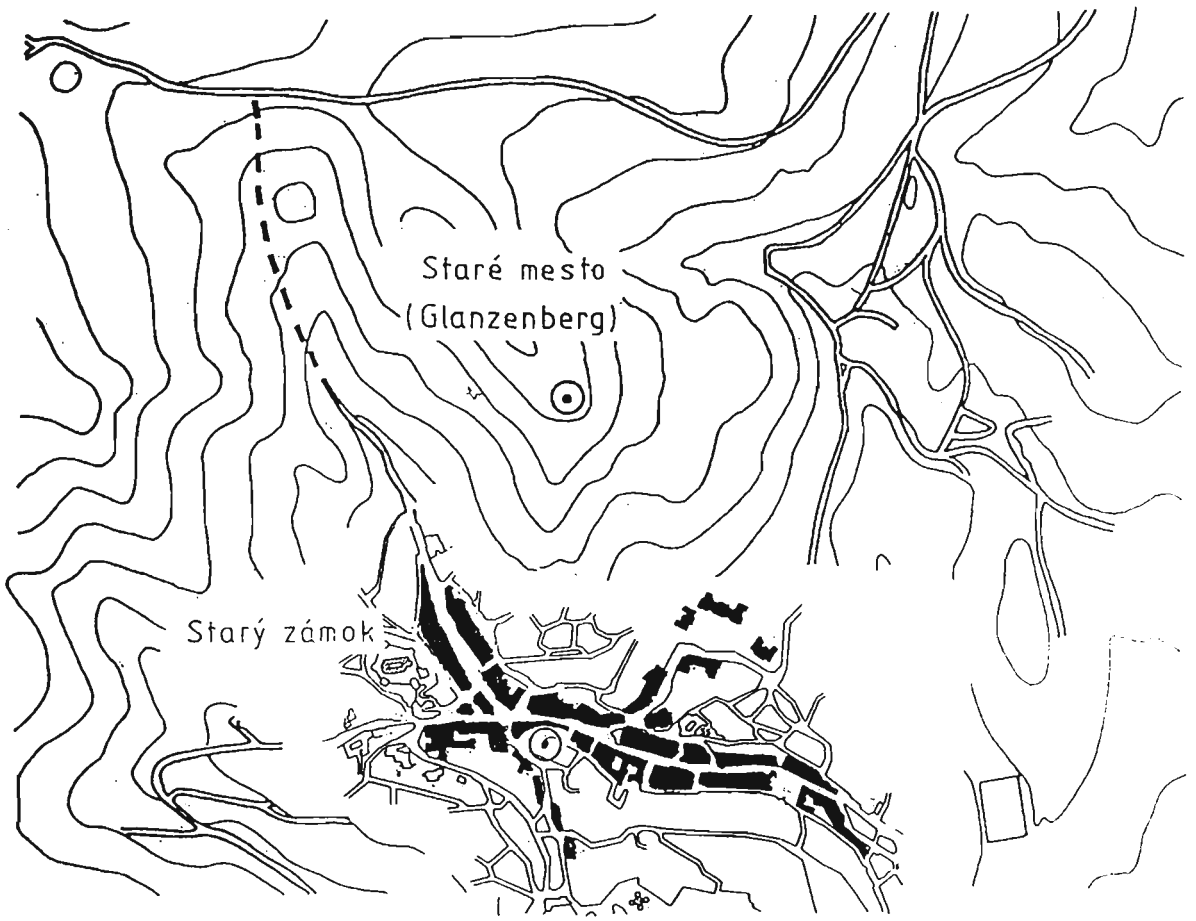
Obr. 1. Rudný revír Banská Štiavnica a Hodruša.

Tomuto regiónu, bohatému na minerály, avšak chudobnému na písomné pramene z obdobia stredoveku, začali venovať zvýšenú pozornosť archeológovia až pred pätnástimi rokmi (*Tóthová 1985*). Pamiatkový ústav v Bratislave skúmal historické jadro mesta a Slovenské banské múzeum v Banskej Štiavnici lokalitu Staré mesto-Glanzenberg a iné na okolí. V historickom jadre mesta sa výskum sústredil na pamiatkovo chránené objekty, pričom dôkazom banskej, skúšobníckej a hutníckej činnosti boli okrem torza kamennej architektúry predovšetkým nálezy trosky a technickej keramiky. Ani po desiatich rokoch intenzívneho archeologického výskumu sa v historickom jadre mesta nepodarilo odkryť komplexný hutnícky objekt, nakoľko intenzívna stavebná činnosť v priebehu 13.-18. stor. prekryla najstaršie stavebné relikty.

Oveľa priaznivejšia situácia pre terénny archeologický výskum sa javila nad mestom v zalesnenej a nezastavanej polohe Staré mesto (Glanzenberg), kde sa od r. 1981 skúma zaniknuté banícke sídlisko a areál stredovekého mestského hradu v tesnej blízkosti povrchových dobývok žily Špitaler a Terézia (*Labuda 1990*). Práve táto lokalita predstavuje klasický prípad vývoja baníckeho osídlenia v banskom prostredí, kde v bezprostrednej blízkosti povrchových dobývok vznikla osada (názov Bana v archívnom údaji z r. 1217), ktorá spojením s ďalšou neďaleko situovanou osadou (názov Štiavnica v archívnom údaji z r. 1217) vytvorila v 30. rokoch 13. stor. mestský útvar. Pôvodne označovaná lokalita Bana si aj v neskoršom období zachováva dominantné postavenie, nakoľko sa tu nachádzalo - ako to potvrdili doterajšie archeologické výskumy - sídlo kráľovského správcu banskej činnosti, ktorý tu vyberal kráľovskú daň (urburu) z banskej prevádzky v 12.-15. stor.

ŽELEZIARSKE OBJEKTY NA ZANIKNUTOM BANÍCKOM SÍDLISKU STARÉ MESTO (GLANZENBERG)

Ťažisko archeologického výskumu lokality Staré mesto od r. 1981 sa sústredilo na polohu pracovne označenú ako plošina nad povrchovými dobývkami (obr. 2). Najdôležitejším výsledkom



Obr. 2. Banská Štiavnica. Pôdorys mesta a lokality.⊙ - zvyšok hutníckej pece.

výskumu týchto miest je zistenie objektov technického charakteru súvisiacich s banskou činnosťou, ktorú vieme presne lokalizovať, nakoľko necelých 100 m južne od plošiny sa nachádza skalná stena tzv. povrchových dobývok, pozostatok exploatácie žily Špitaler (obr. 3).

Na základe sprievodných nálezov, ako aj pôdorysnej situácie možno jeden z technických objektov charakterizovať ako skúšobňu na zisťovanie výdatnosti rudy toho-ktorého ložiska. Nález fragmentu kamenného mažiara na drvenie rudy, technická keramika (tégliky, kapelky) s presnými analógiami nálezov zo skúšobne (Kammerhof) v historickom meste, to sú doklady funkčného významu objektu. Sprievodné nálezy datujú objekt skúšobne do 15.-16. stor.

Západne od tohto objektu sa odkryl v r. 1981-1982 ďalší objekt technického charakteru, ktorého funkčná interpretácia bola rôzna (hutnícka pec, kováčska vyhňa), a to podľa odlišných výsledkov analýz (obr. 4). Po rozšírení počtu analýz možno konštatovať, že išlo o objekt hutníckej pece, pričom sa nedá vylúčiť v jeho areáli kováčska vyhňa. Lokalizácia kováčskej vyhne v blízkosti dobývok neprekvapuje, nakoľko baník v priebehu pracovného dňa "spotreboval" 30-40 železiek pri rozpojovaní rudy a horniny, ktoré zničil alebo zdeformoval. Objekt pece mal obdĺžnikový tvar (7 x 5,5 m), pričom jeho južný uzáver tvorilo kamenné murivo staršieho objektu. K tomuto murivu boli pristavené ďalšie steny a dlážku tvorila ubitá hlina, silne prepálená najmä vo východnej časti. Z vonkajšej strany objektu sa nachádzalo veľké množstvo trosky (okolo 1 m^3). Vo vnútri sa objavovala troska sporadicky, zvyšky základového muriva objektu boli deštruované. Sprievodné nálezy datujú objekt do 15.-16. stor.

OPIS NÁLEZOV TROSKY VYBRATÝCH NA ANALÝZY

Všetky nálezy na lokalite, pri ktorých sa dala určiť ich spojitosť s výrobou železa, predstavujú trosku, teda odpadový materiál vznikajúci pri výrobe a spracovávaní železa. Z veľmi bohatého nálezového materiálu bolo pre archeometalurgické štúdium vybratých 22 kusov trosiek, väčšinou masívnejších. Výber bol uskutočnený tak, aby súbor obsahoval vzorky zo všetkých typov trosiek a nálezov. Je dôležité podotknúť, že nálezy obsahovali veľké množstvo masívnych kusov trosiek, avšak aj tieto boli v mnohých prípadoch zlomkami. Najväčšiu zaznamenanú hmotnosť mala troska BS 8, a to 1880 gramov.

Na základe makroskopického pozorovania bolo možné rozdeliť súbor vybratých trosiek do dvoch skupín. Do prvej patrili trosky s výrazne miskovitým tvarom. Na miskovitom oblom povrchu boli miesta svedčiace o kvapalnom stave trosky vo výrobnom procese, početné boli aj odtlačky drevného uhlia. Druhým, veľmi charakteristickým rysom týchto trosiek bola väčšia alebo menšia priehlbina s hladkým vnútrom, ktorá sa nachádzala na strane opačnej k oblému miskovitému povrchu. Takéto tvary v analyzovaných súboroch trosiek zo starších období (*Fűryová - Míček - Mihok - Tomčo 1990; Labuda 1985; Miroššayová - Závorský - Mihok - Hollý 1991*) zistené neboli. Hlboká priehlbina na jednej z takýchto trosiek je na obr. 5, spodný oblý povrch toho istého kusa je na obr. 6. Ďalšie príklady trosiek s priehlbinou sú na obr. 7 a 8.

V druhej skupine boli trosky, ktoré nemali pravidelný tvar, resp. boli zlomkami z väčších kusov trosky. Výzor niektorých trosiek umožnil vysloviť predpoklad, že troska bola vypustená v tekutom stave z pece, vytvorila väčší koláč, ktorý bol po stuhnutí rozlomený na menšie časti. Príklady zlomkov troskových koláčov sú na obr. 9 a 10. Tekutý stav trosky bol doložený aj hladkými, natavenými miestami na povrchu (obr. 11). Aj na troskách tohto súboru sa veľmi často vyskytovali odtlačky drevného uhlia (obr.12). Prítomnosť týchto odtlačkov na povrchu trosky svedčí, že ide buď o pecnú trosku, ktorá sa dostala v peci len do cestovitého stavu a vybratá bola v pevnom stave, alebo to bola troska z kováčskej nisteje či vyhne.

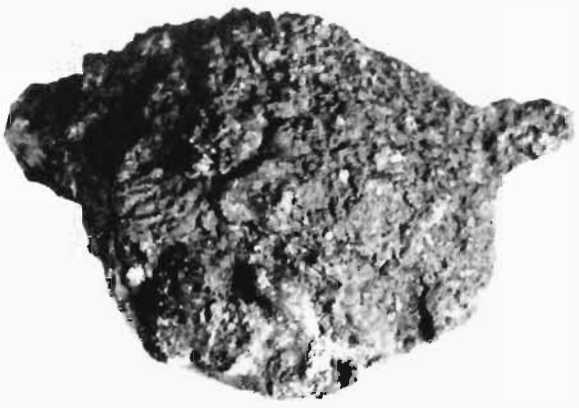
PRÍPRAVA A ANALÝZY TROSIEK

Kusy trosiek boli vzorkované a analyzované bežným spôsobom, teda boli najprv rozrezané diamantovou pílou na menšie časti. Jedna z častí bola použitá na klasickú chemickú analýzu, druhá po príprave mineralogických nábrusov na mikroskopickú analýzu. Výsledky chemickej analýzy vzoriek trosiek sú na tabele 1. V troch prípadoch neboli analýzy úplné, čo súvisí s problémami s uvádzaním vzorky do roztoku.

Obr. 3. Banská Štiavnica. Povrchové dobývky na žile Špitaler pod Starým mestom.

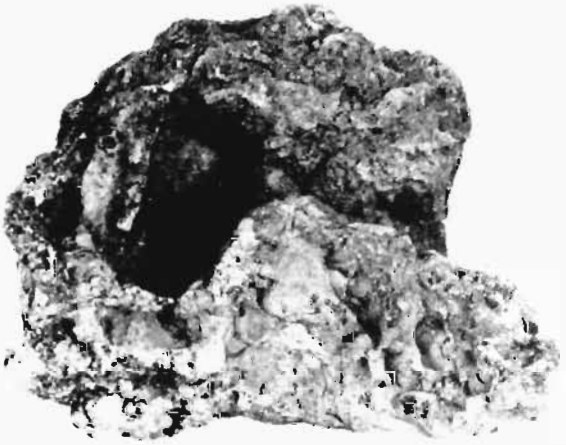
Obr. 4. Banská Štiavnica. Odkryté základy objektu pece s nálezmi trosky.

Obr. 5. Banská Štiavnica. Hlboká priehlbina na hornom povrchu trosky z ohrievacej nisteje.

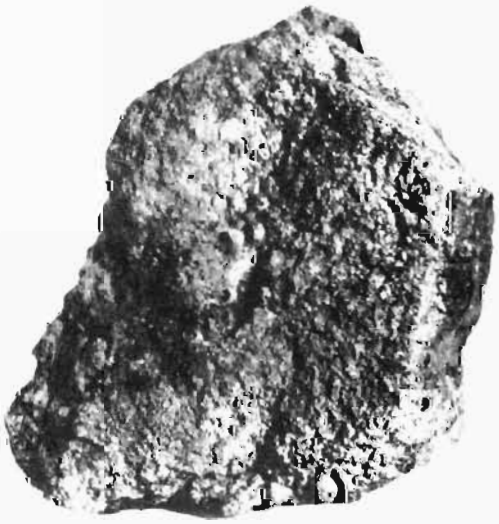


Obr. 6. Banská Štiavnica. Spodný oblý povrch trosky z obr. 5.

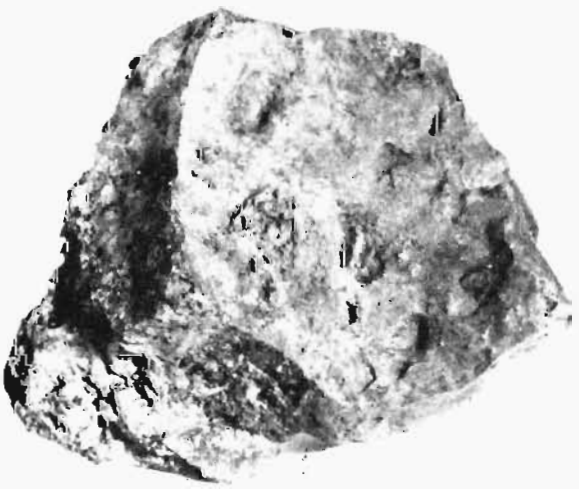
Obr. 7. Banská Štiavnica. Troska z ohrievacej nisteje s priehlbinou na hornom povrchu.



Obr. 8. Banská Štiavnica. Troska z ohrievacej nisteje s priehlbinou na hornom povrchu.



Obr. 9. Banská Štiavnica. Zlomok troskového koláča, ktorý vznikol vypustením tekutej trosky z pece.



Obr. 10. Banská Štiavnica. Zlomok troskového koláča, ktorý vznikol vypustením tekutej trosky z pece.

Pri mikroskopickej analýze boli nábrusy trosiek prezerané pod metalografickým mikroskopom, charakteristické štruktúry boli fotograficky dokumentované. Ďalej bola robená kvantitatívna mikroskopická analýza, teda stanovenie podielu štruktúrnych zložiek. Výsledky, vyjadrené v plošných percentách, sú na tabele 2. Táto analýza nebola robená zo všetkých vzoriek trosiek. Vzorky, ktoré mali prevládajúco kremičitanovú štruktúru s veľmi nízkym podielom iných zložiek, boli z analýzy vynechané. Pri rozbore výsledkov kvantitatívnej mikroskopickej analýzy je potrebné zohľadniť veľkú nehomogenitu trosiek a výsledky na tabele 2 nemusia plne charakterizovať priemerné hodnoty.

Obr. 11. Banská Štiavnica. Natavený povrch trosky z pece.
Obr. 12. Banská Štiavnica. Odtlačky drevného uhlia na kuse trosky z pece.

Pretože mikroskopická analýza neudáva presné zloženie štruktúrnych zložiek, bol súbor analýz doplnený o röntgenovú difrakčnú štruktúrnu analýzu. Na túto analýzu boli zobraté ďalšie oddelené kusy trosiek. Bol urobený výber piatich trosiek tak, aby reprezentovali obidva typy trosiek v súbore. Potrebné je uvedomiť si obmedzenie tohto druhu analýzy, keď citlivosť neumožňuje robiť rozbor zložky v množstve pod 5 hm. %, a ďalej to, že difrakčné línie majoritných zložiek môžu prekryť aj blízke línie minoritných zložiek a sťažiť ich identifikáciu.

ROZBOR VÝSLEDKOV ANALÝZ

Na základe makroskopického výzoru trosiek a prítomnosti štruktúrnych zložiek boli trosky rozdelené do dvoch skupín. Do prvej patrili trosky s miskovitým tvarom a priehlbinou na povrchu, ktoré zrejme pochádzajú z jedného zdroja. Boli to trosky 2-4, 6, 8, 10, 11, 16 a 23. Do druhej skupiny patrili trosky, ktoré pravdepodobne pochádzali z taviacej pece: 1, 5, 9, 12-14, 18, 22, 24. Zostávajúce štyri trosky - 7, 15, 17 a 19 bolo obťažné zaradiť do niektorej z týchto dvoch skupín, keďže mali rysy charakteristické pre obidve.

Z výsledkov chemickej analýzy trosiek (tab. 1) vyplýva, že trosky pochádzajú z priamej výroby kujného železa v redukčných peciach. Zloženie je typické pre veľmi neúčinný proces redukcie oxidov železa zo železorudnej časti vsádzky, keď veľká časť oxidov železa sa redukovala len po stupeň oxidu železnatého, ktorý sa stal súčasťou trosky. Vzhľadom na nízky obsah zásaditých oxidov v zložení trosky možno určiť, že vsádzka pozostávala len zo železnej rudy a z drevného uhlia. Železo vzniklo redukciou oxidov železa v pevnom stave, troska bola v peci tekutá.

Charakteristickým pre daný súbor trosiek je veľký rozptyl hodnôt obsahov celkového železa, oxidu železnatého a oxidu kremičitého. Takéto veľké rozptyly pre staršie datované súbory trosiek neboli typické. Rozptyl je prakticky rovnaký v obidvoch vyššie opísaných skupinách trosiek, hladina obsahov železa je trochu nižšia v troskách miskovitého tvaru s priehlbinou, ktoré pravdepodobne

pochádzajú zo spracovávania vytaveného železa, teda z ohrievacej nisteje. Používaná železná ruda mala nízky obsah mangánu a trochu vyšší obsah Al_2O_3.

Rozdelenie trosiek do dvoch skupín je omnoho lepšie dokumentované výsledkami kvantitatívnej mikroskopickej analýzy. Na tabele 2 sú len analýzy tých trosiek, pri ktorých boli zistené merateľné hodnoty wüstitu aj kremičitanových zložiek; trosky s vysokým obsahom kremičitanov boli z analýzy vynechané. Je pozoruhodné, že okrem trosky 2, 3 a 6 boli všetky ďalšie vzorky charakterizované miskovitým tvarom a priehlbinou, teda pochádzajúce z ohrievacej nisteje, z analýzy vynechané vzhľadom na prevládajúcu kremičitanovú štruktúru. Merateľný obsah wüstitu bol teda v troskách pochádzajúcich z taviacej pece. Vysoký rozptyl hodnôt kvantitatívnej mikroskopickej analýzy odpovedal rozptylu hodnôt chemickej analýzy. Aj výsledky tejto analýzy potvrdili vyššie opísaný spôsob redukcie oxidov železa v redukčnej piecke.

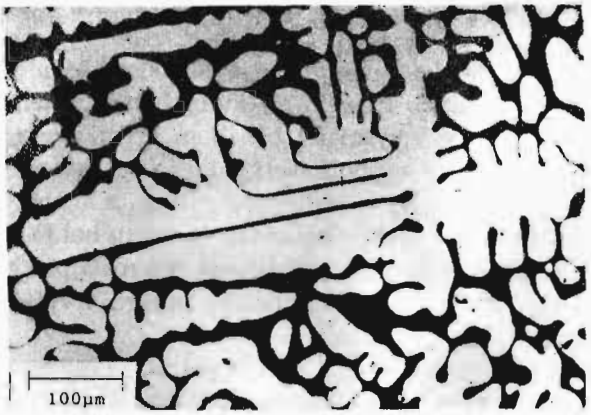
Výsledky röntgenštruktúrnej analýzy piatich trosiek sú na tabele 3. Z analýz vidno, že hlavnou štruktúrnou zložkou vyskytujúcou sa vo všetkých vzorkách je fajalit $2FeO.SiO_2$. Ďalšími často sa nachádzajúcimi zložkami, hoci v malom množstve, sú vápenaté ferity rôzneho zloženia. Hlinité kremičitany pochádzajú z popola drevného uhlia. Zaujímavý je výskyt čistého oxidu kremičitého SiO_2, ktorý sa do trosky dostal z výmurovky taviacej pece alebo ohrievacej nisteje. Obsahy wüstitu sú v niektorých troskách na hranici detekovateľnosti.

Z vyššie podaného vyplýva, že analyzované trosky pochádzajú z dvoch zdrojov - taviacej pece a ohrievacej nisteje, v ktorých sa výťažok tavby v peci ohrieval za účelom odstránenia zachytenej trosky a ďalšej úpravy na formu polotovaru. Obidve technologické jednotky boli súčasťou stredovekého komplexu na tavenie železa z rúd. Rozlíšenie trosiek z týchto dvoch jednotiek je problematické, pretože zdrojom trosky v obidvoch prípadoch je redukčný proces v peci. Príspevok ohrievacej nisteje k zmene charakteru trosky je malý.

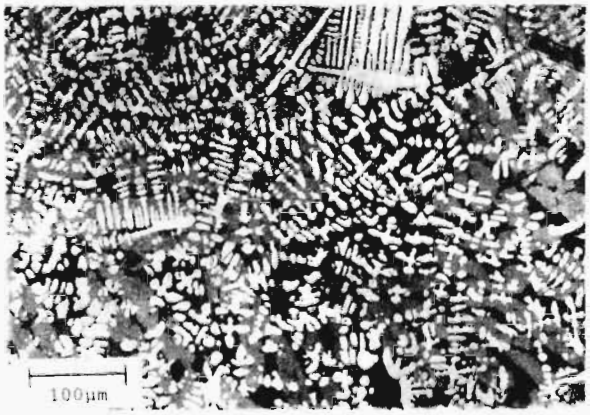
V troskách pochádzajúcich z pecnej jednotky boli zistené veľmi rozdielne štruktúry. Variabilita štruktúr bola vo väčšine prípadov aj v rámci jedného kusa trosky. Všeobecne ich bolo možné rozdeliť do dvoch skupín, na štruktúry s vyšším obsahom wüstitu a na štruktúry, kde prevládali kremičitanové zložky. Na obr. 13 je znázornená štruktúra pecnej trosky s veľmi vysokým obsahom wüstitu. Dendritické zrná wüstitu svedčia o roztavenom stave trosky v nisteji pece a o kryštalizácii wüstitu z taveniny. Podobná štruktúra, len s veľmi jemnými dendritmi wüstitu, je na obr. 14. Na obr. 15 je znázornené miesto s vysokým obsahom wüstitu, kde dendrity wüstitu vykryštalizovali zvláštnym usmerneným spôsobom. Na ďalších obrázkoch sú štruktúry s nižším podielom wüstitu. Tu už je výraznejšia kremičitanová matrica, kde možno pozorovať jej jednotlivé zložky. Obrázok 16 znázorňuje dendrity wüstitu v dvojzložkovej kremičitanovej matrici zo železovápenatých olivínov CaO_xFeO_2-$_xSiO_2$, ktoré majú zloženie veľmi blízke fajalitu $2FeO.SiO_2$. Štruktúra s väčšími dendritmi wüstitu aj väčšími útvarmi kremičitanových zložiek je na obr. 17. Časť veľmi veľkého dendritu wüstitu je na obr. 18. Dokumentuje vytvorenie tekutej vrstvy trosky v nisteji pece. Zrná wüstitu na obr. 19 sú pôvodne zrnami oxidov železa, ktoré sa len čiastočne atakovali a rozpadali pôsobením trosky. Röntgenštruktúrnou analýzou bola dokázaná prítomnosť malého množstva vápenatých feritov v štruktúre trosky. Vápenaté ferity sú dokumentované na obr. 20.

Štruktúry s veľmi nízkym obsahom wüstitu a prevládajúcim podielom kremičitanových zložiek boli nemenej časté v troskách z redukčnej pece. Dvojzložková kremičitanová štruktúra s nízkym podielom zŕn wüstitu je na obr. 21 a 22. Na obr. 23 wüstit sa vyskytuje len vo forme veľmi jemných dendritov, ktoré vykryštalizovali počas dlhej doby zo železnatého skla pri postupnej zmene podmienok metastabilného stavu. Okrem toho je štruktúra tvorená výlučne kremičitanovými zložkami. Kryštalizácia jemných útvarov wüstitu zo železnatého skla je viditeľná aj na obr. 24. Tu je však pozoruhodný výskyt nezreagovanej, čiastočne tepelne pozmenenej železnej rudy v štruktúre. V znázornenom mieste prevládajú v rude hlušinové zložky.

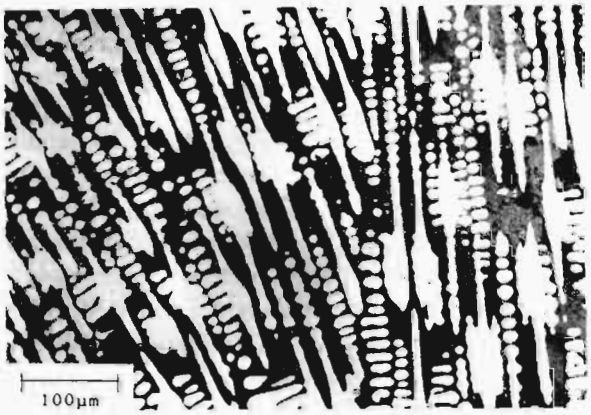
Zlomky veľkých kusov trosiek a pomerne veľká variabilita štruktúry trosiek naznačujú, že pochádzajú z väčšej hutníckej pecnej jednotky na výrobu kujného železa zo železnej rudy. Troska sa z pece vypúšťala, v nisteji vytvárala tekutú vrstvu. Na to bola potrebná vysoká teplota v nisteji a šachte pece. Zlepšené teplotné podmienky sa mohli dosiahnuť zvýšením intenzity dúchania vzduchu do priestorov nisteje a použitím kvalitného žiaruvzdorného materiálu na výmurovku vnútorného priestoru pece. Pretože na nálezisku bol zistený umelý prívod vody, možno predpokladať používanie mechov na dúchanie vzduchu poháňaných vodným kolesom. Veľká časť trosiek mala



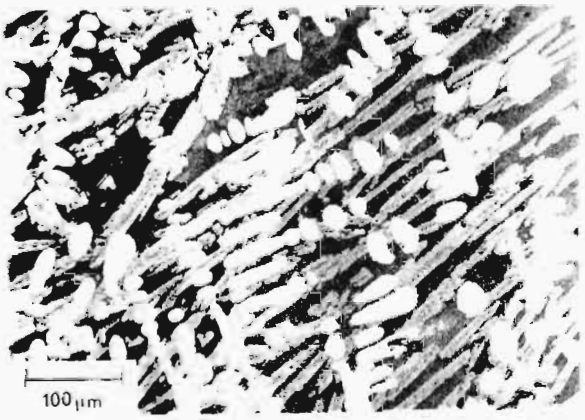
Obr. 13. Banská Štiavnica. Štruktúra pecnej trosky s veľmi vysokým obsahom wüstitu. Svetlá - wüstit; šedá - železovápenatý olivín.



Obr. 14. Banská Štiavnica. Štruktúra pecnej trosky s vysokým obsahom wüstitu vo forme jemných dendritov. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny.

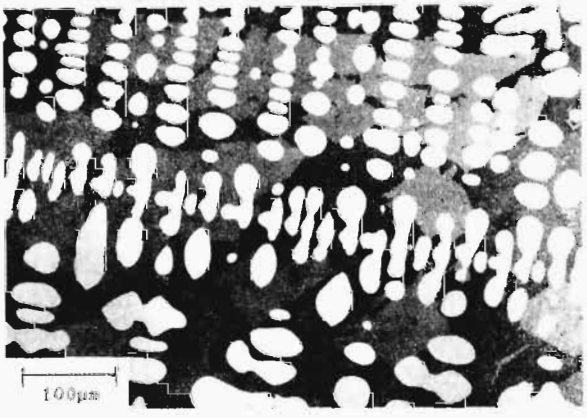


Obr. 15. Banská Štiavnica. Štruktúra pecnej trosky s vysokým obsahom wüstitu vo forme dendritov, ktoré vykryštalizovali usmerneným spôsobom. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny.

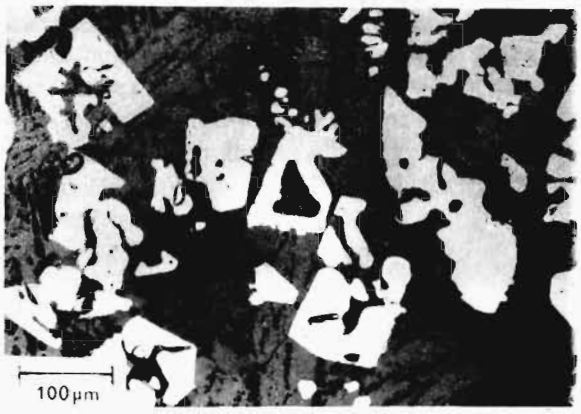


Obr. 16. Banská Štiavnica. Dendrity wüstitu v dvojzložkovej kremičitanovej matrici v štruktúre pecnej trosky. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny.

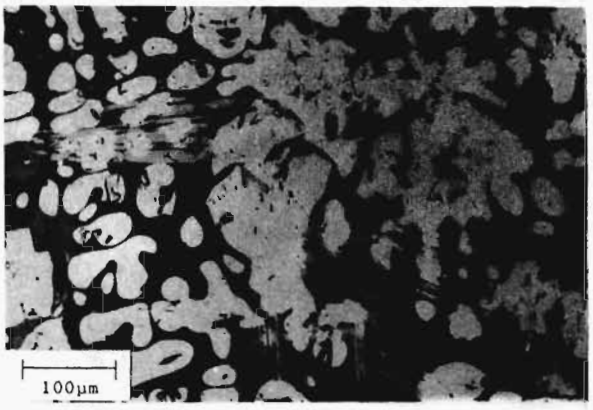
Obr. 17. Banská Štiavnica. Štruktúra pecnej trosky s veľkými dendritmi wüstitu a veľkými útvarmi kremičitanových zložiek. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny.



Obr. 18. Banská Štiavnica. Časť veľkého dendritu wüstitu v štruktúre pecnej trosky. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny.

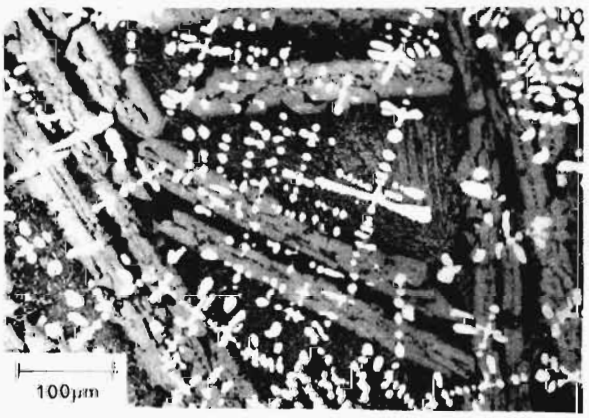


Obr. 19. Banská Štiavnica. Korodované a čiastočne roztavené pôvodné zrná oxidov železa. Svetlá - wüstit; šedá - tmavošedá - železovápenaté olivíny.

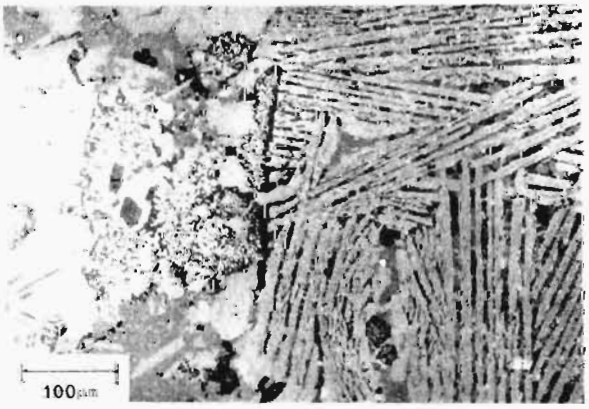


Obr. 20. Banská Štiavnica. Vápenaté ferity v štruktúre pecnej trosky. Svetlá - wüstit; svetlošedé ihlice - vápenaté ferity; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - póry.

Obr. 21. Banská Štiavnica. Kremičitanová štruktúra trosky s nízkym podielom wüstitu. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny.



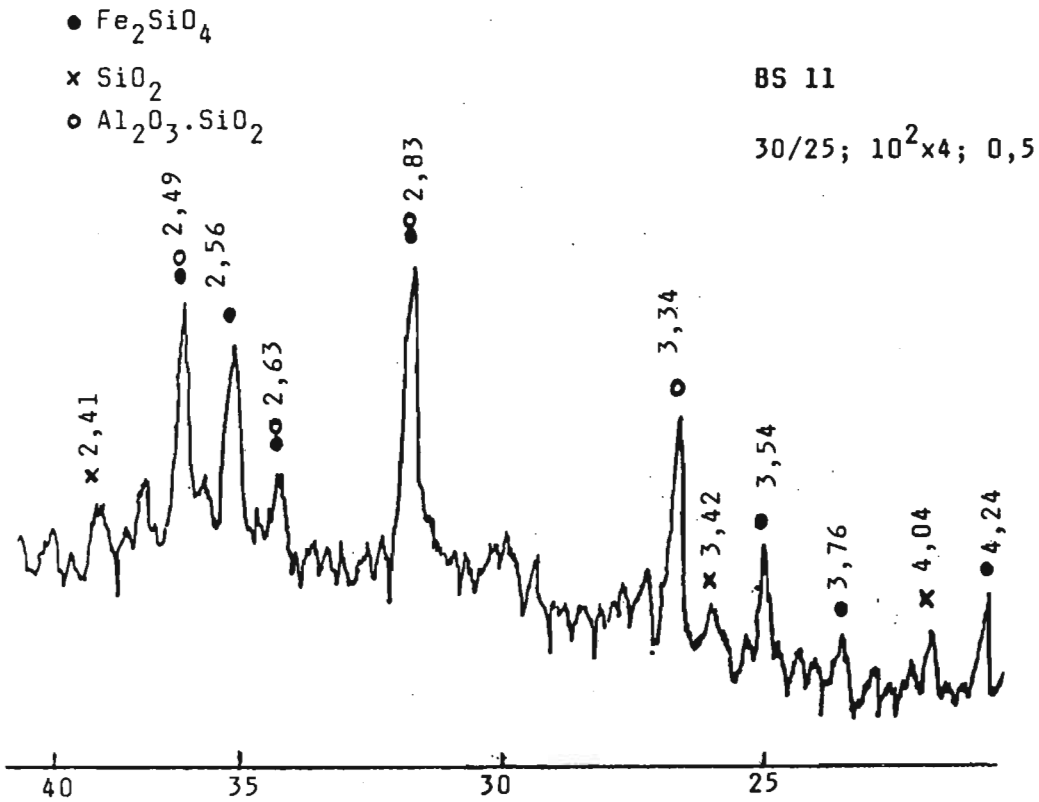
Obr. 22. Banská Štiavnica. Kremičitanová štruktúra trosky s nízkym podielom wüstitu. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny.



Obr. 23. Banská Štiavnica. Kremičitanová štruktúra trosky, v ktorej sa wüstit vyskytuje len vo forme jemných dendritov v železnatom skle. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - póry.

Obr. 24. Banská Štiavnica. Nezreagovaná železná ruda v štruktúre pecnej trosky.

kremičitanový charakter, je preto zrejmé, že vyššia teplota v nisteji prispela k dobrej separácii kovu od trosky; rozptýlené granulky kovového železa v troske boli zistené len náhodne.



Obr. 25. Banská Štiavnica. Popol z drevného uhlia na báze SiO_2 - Al_2O_3 v zázname röntgenštruktúrnej analýzy trosky.

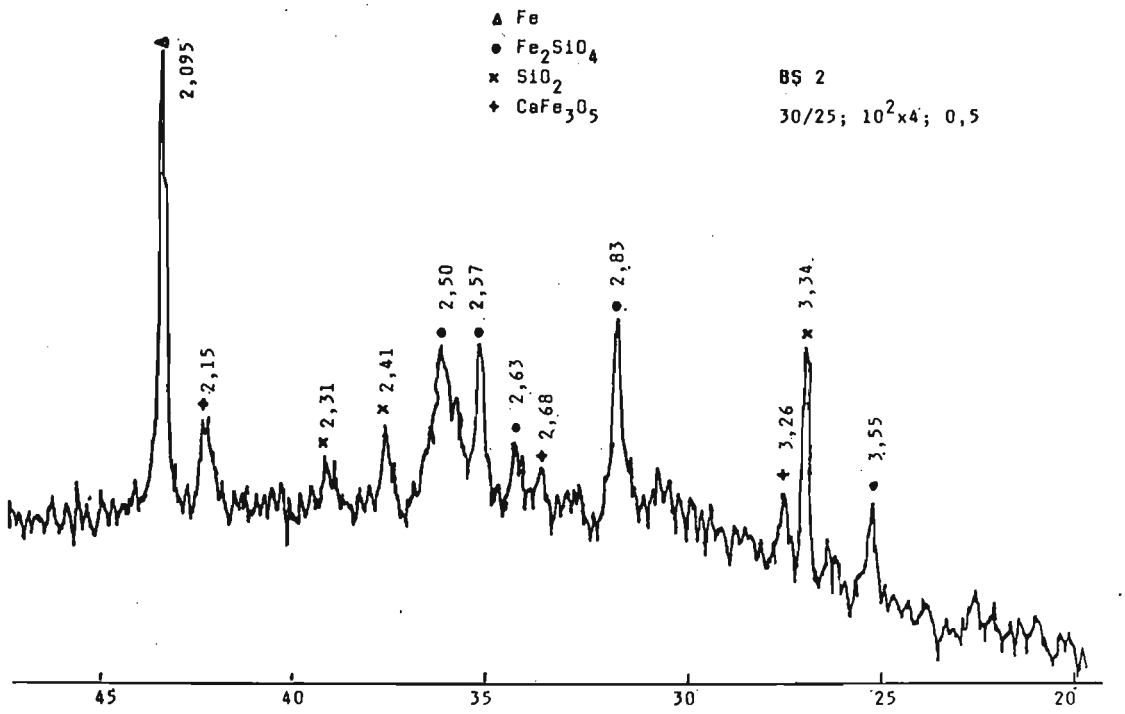
Z röntgenštruktúrnej analýzy vyplýva, že hlušina železnej rudy bola tvorená oxidmi kremíka a hliníka a spolu s ňou sa v troske asimiloval aj popol z drevného uhlia, tvorený tiež týmito oxidmi (obr. 25). Otvorenou zostáva otázka tvaru a formy pecnej jednotky. Hoci do vsádzky do pece neboli dané žiadne zásadité prídavky, ako to vyplýva z chemických analýz trosiek, v štruktúre trosiek boli zistené, i keď veľmi zriedkavo, aj vápenaté ferity, čo potvrdila aj röntgenštruktúrna analýza (obr. 26). Z Agricolovho opisu redukčných vyhní (*Mihok - Javorský 1988*) je známe, že na ich dne bola vytvorená priehlbina, do ktorej sa dávalo drevné uhlie a pálené vápno. Práve toto vápno by mohlo byť zdrojom tvorby vápenatých feritov v štruktúre. Túto indíciu o používaní redukčnej vyhne na nálezisku podporujú aj zistené pravouhlé základy. Výrobnosť jednej tavby v redukčnej vyhni so stranou aj výškou okolo 150 cm bola okolo 100 kg kujného železa.

Vzhľadom na rovnaký pôvod mali trosky z ohrievacej nisteje podobný charakter a variabilitu štruktúr ako pecné trosky. Časť trosiek mala štruktúru, v ktorej boli vo väčšej miere zastúpené kremičitanové zložky aj wüstit. Takéto štruktúry s dendritmi wüstitu aj dvoma zložkami železovápenatých olivínov sú na obr. 27-29. Typickým pre tieto trosky bol však výskyt veľkých wüstitických blokov v štruktúre (obr. 30 a 31), ktoré boli zostatkami okovín, oxidov vzniknutých pri ohreve železa.

V súbore trosiek z ohrievacej nisteje prevládali trosky s kremičitanovou štruktúrou. Tvorili ich železovápenaté olivíny a železnaté sklo. Wüstit sa väčšinou vyskytoval len vo forme jemných vylúčení zo železnatého skla. Takáto štruktúra je na obr. 32. Na obr. 33 je podobná štruktúra, ktorá obsahuje aj ďalšiu kremičitanovú zložku s vyšším obsahom vápnika. Na niektorých miestach vzoriek trosiek bol vzhľad kremičitanovej štruktúry pozmenený, pravdepodobne asimiláciou popola z drevného uhlia. Vzhľad takejto štruktúry s jasne kryštalickými zrnami wüstitu je na obr. 34. Štruktúry, ktoré obsahujú len kremičitanové zložky, bez wüstitu, sú na obr. 35 a 36.

Trosky z ohrievacej nisteje mali zložitejšiu štruktúru než trosky z redukčnej pece a väčšinou mali prevládajúco kremičitanovú štruktúru. Okrem typických zložiek trosky vznikajúcej pri reduk-

čnom procese výroby kujného železa, teda wüstitu, železovápenatých olivínov a železnatého skla, znovu boli zistené aj vápenaté ferity, tie však boli pre študované pecné trosky typické. Ďalšou štruktúrnou zložkou trosky z ohrievacej nisteje bol popol z drevného uhlia na báze SiO_2 - AlO_3. Pri ohreve železnej huby železo na povrchu oxidovalo, časť týchto oxidov železa FeO a Fe_3O_4 - okovín sa tiež dostala do zloženia trosky. Dôležité je, že v každej troske z ohrievacej nisteje, analyzovanej röntgenštruktúrnou analýzou, bol zistený čistý oxid kremičitý. Do zloženia sa mohol dostať len zo žiaruvzdornej výmurovky nisteje.



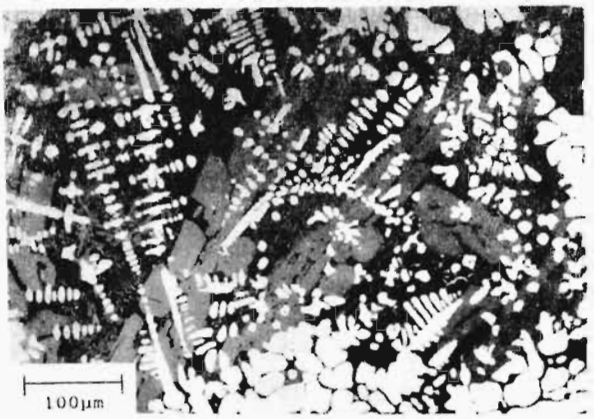
Obr. 26. Banská Štiavnica. Vápenaté ferity $CaO.FeO.Fe_2O_3$ v zázname röntgenštruktúrnej analýzy trosiek.

Ako je známe zo zobrazenia v práci Agricolu, hruda železnej huby, vybratá z pece, bola najprv rozseknutá na menšie časti, ktoré boli umiestnené v ohrievacej nisteji za účelom odstránenia trosky. Potom boli takto pripravené kusy kujného železa ďalej spracovávané pod bucharom hámra. Z rozmerov trosiek vyplýva, že ohrievacia nistej bola malá a jej steny boli vymazané žiaruvzdorným výmazom na báze oxidu kremičitého. V nisteji bol na drevnom uhlí ohrievaný konglomerát železnej huby a trosky. Na dne sa hromadila troska odstránená zo železnej huby, do ktorej sa dostal aj popol z drevného uhlia. Po vybratí kusa kujného železa bol do celistvej trosky vložený kus železa, pomocou ktorého po stuhnutí bola troska z nisteje vybratá. Týmto spôsobom vznikla na hornom povrchu kusa trosky priehlbina.

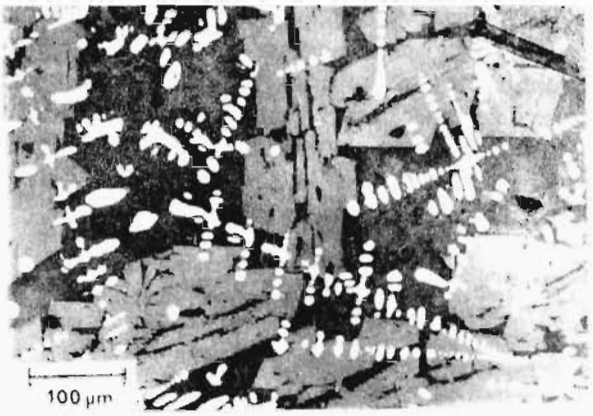
ZÁVER

Archeologickým výskumom sa na lokalite odkryli technické objekty (skúšobňa rúd, železiarske pece, kováčska vyhňa?), ktorých činnosť možno zaradiť predovšetkým do 15.-16. stor. Ďalšie sprievodné nálezy v tomto areáli (keramika) nevylučujú možnosť hutníckych a kováčskych prác už v 13.-14. stor. Situovanie týchto objektov v bezprostrednej blízkosti žily Špitaler, ale aj Terézia, nie je prekvapením, nakoľko baník musel byť každodenne vybavený kvalitným pracovným náradím.

V práci je zároveň predložený rozbor zvyškov zo stredovekej výroby železa na lokalite Banská Štiavnica-Staré mesto. Na základe výsledkov rozborov sú prezentované názory na konštrukciu pecných jednotiek a spôsob tavby. Bolo zistené:

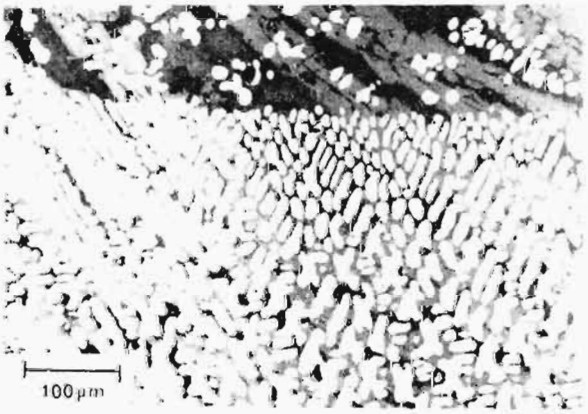


Obr. 27. Banská Štiavnica. Štruktúra trosky z ohrievacej nisteje s vyšším obsahom wüstitu aj kremičitanových zložiek. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - póry.

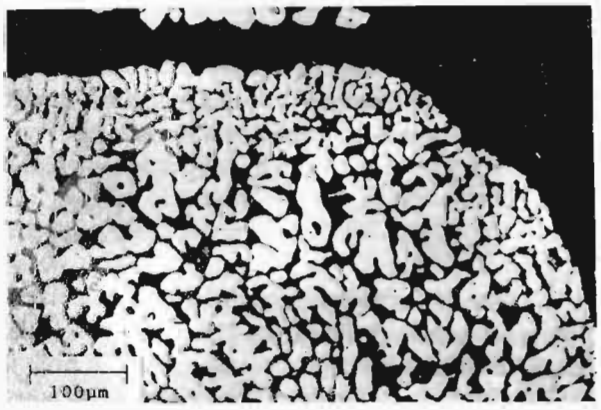


Obr. 28. Banská Štiavnica. Štruktúra trosky z ohrievacej nisteje s vyšším obsahom wüstitu aj kremičitanových zložiek. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - póry.

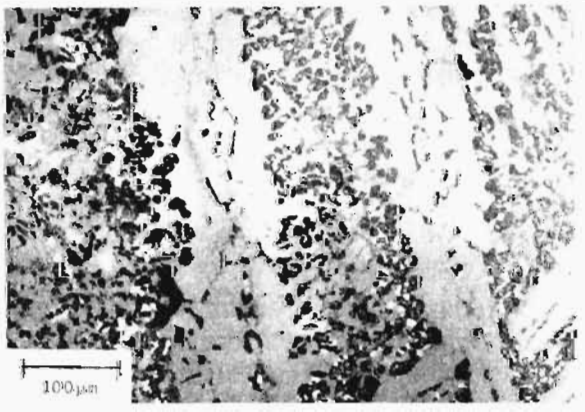
Obr. 29. Banská Štiavnica. Štruktúra trosky z ohrievacej nisteje s vyšším obsahom wüstitu aj kremičitanových zložiek. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - póry.



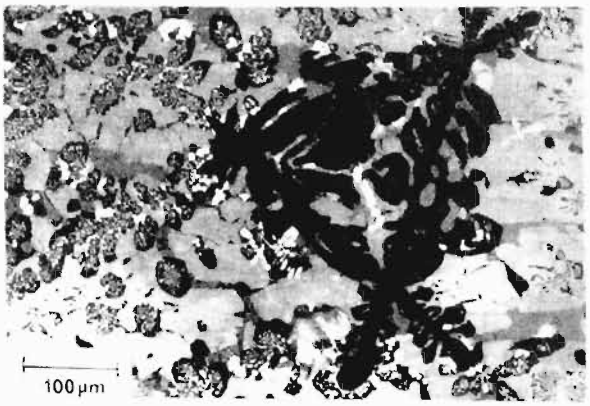
Obr. 30. Banská Štiavnica. Okovina na báze wüstitu v štruktúre trosky z ohrievacej nisteje.



Obr. 31. Banská Štiavnica. Okovina na báze wüstitu v štruktúre trosky z ohrievacej nisteje.

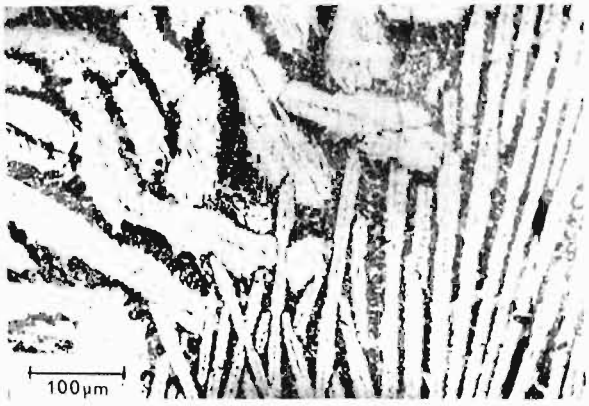


Obr. 32. Banská Štiavnica. Kremičitanové štruktúry trosky z ohrievacej nisteje s vylúčeniami wüstitu v železnatom skle. Svetlá - wüstit; šedá - fajalit; tmavošedá - železnaté sklo.

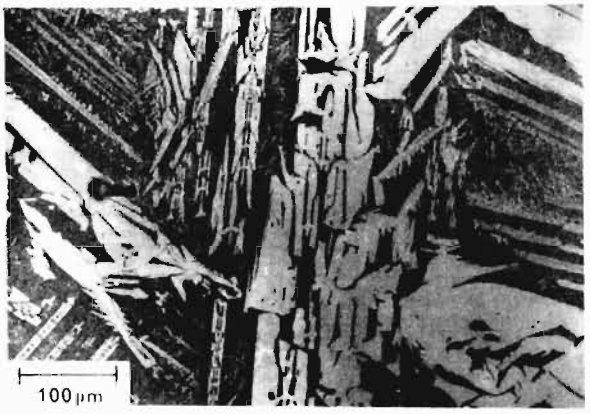


Obr. 33. Banská Štiavnica. Kremičitanová štruktúra trosky z ohrievacej nisteje so zložkou s vyšším obsahom vápnika. Svetlá - wüstit; šedá a tmavošedá - železovápenaté olivíny; tmavá - vápenatý kremičitan.

Obr. 34. Banská Štiavnica. Pozmenená kremičitanová štruktúra trosky z ohrievacej nisteje s kryštalickými zrnami wüstitu.



Obr. 35. Banská Štiavnica. Kremičitanová štruktúra trosky z ohrievacej nisteje.



Obr. 36. Banská Štiavnica. Kremičitanová štruktúra trosky z ohrievacej nisteje.

1. Na lokalite sa vyrábalo kujné železo vo väčších redukčných peciach. Vsádzka do pece pozostávala zo železnej rudy a z drevného uhlia. Proces bol veľmi neúčinný, veľký podiel oxidov železa z rudy odchádzal vo forme oxidu železnatého v troske.

2. Vzhľadom na vyššie teploty bola troska v peci v takom stave, že sa mohla vypúšťať. Zlepšené tepelno-teplotné podmienky v peci sa dosiahli intenzívnejším vháňaním vzduchu do nisteje pomocou mechov, ktoré poháňalo vodné koleso.

3. Na základe štruktúry trosiek a nálezu základov pecí bol vyslovený predpoklad, že železo na lokalite nebolo vyrábané v šachtových peciach, ale v redukčných vyhniach.

4. Železný výťažok vo forme železnej huby bol po vybratí z pece ohrievaný v ohrievacej nisteji, aby sa odstránila zachytená troska a železo sa pripravilo na ďalšie spracovávanie.

5. Ohrievacia nistej bola malá pecná jednotka, kde sa železná huba ohrievala na drevnom uhlí. Horenie uhlia bolo podporované núteným vháňaním vzduchu. Steny nisteje pokrýval výmaz, ktorého hlavnou zložkou bol oxid kremičitý.

6. Na dne nisteje sa nahromadila troska. Jej zložkami sa stali aj popol z drevného uhlia a okoviny, ktoré mali pôvod v oxidácii povrchu kovu počas ohrevu.

7. Po vybratí ohriatej železnej huby sa z nisteje vybrala troska nahromadená na dne. Vyberanie pomocou železnej tyče spôsobilo, že trosky z ohrievacej nisteje mali špecifický tvar s priehlbinou na hornom povrchu.

Tab. 1. Výsledky chemickej analýzy trosiek, hm. %

Číslo vzorky	SiO_2	Fe_c	CaO	MgO	Al_2O_3	MnO	FeO
1	15,72	56,4	3,41	0	0,82	0,11	66,38
2	20,68	50,26	3,36	0,4	0,82	0,11	48,57
3	22,16	48,03	6,7	0	0,2	0,10	54,31
4	34,9	32,9	7,84	1,2	0,82	0,19	28,74
5	31,4	39	6,72	0,8	1,63	0,02	-
6	32,7	40,21	3,41	0	1,22	0,12	43,11
7	27,82	41,89	5,6	0,4	1,22	0,02	45,69
8	30,74	41,89	5,6	0,4	0,82	0,08	39,08
9	20,16	49,14	3,92	2	0,82	0,06	56,00
10	33,84	32,39	3,92	0	0,82	-	-
11	51,7	16,2	7,28	0	1,6	0,10	15,37
12	52,1	20,6	5,6	0,4	2,04	0,19	-
13	18,2	55,3	5,6	0	1,4	0,10	56,04
14	16,1	50,8	5,6	0	1,6	0,10	56,04
15	54,6	14,5	5,6	0,4	1,2	0,23	8,60
16	38,62	37,4	4,46	0,8	2	0,06	25,86
17	30,16	46,9	5,6	0,8	2	0,06	52,00
18	27,98	46,3	6,7	1,7	2	0,10	55,18
19	39,6	32,39	5,6	0,8	2,04	0,10	35,50
22	18,76	54,7	5,04	0	1,4	0,10	61,80
23	20,5	49,7	8,4	0,8	1,4	0,10	56,04
24	34,74	35,7	7,3	0,8	1,8	0,10	38,52

Tab. 2. Výsledky kvantitatívnej mikroskopickej analýzy štruktúrneho zloženia trosiek, plošné %

Číslo vzorky	Wüstit	Kremičitany
1	49,66	50,34
2	30,84	69,16
3	25,85	74,15
5	43,76	56,24
6	13,83	86,17
9	52,15	47,85
12	39,91	60,09
13	51,7	48,3
14	51,92	48,08
17	16,55	83,45
18	33,79	66,21
22	38,09	61,91
24	62,52	37,48

Tab. 3. Výsledky röntgenovej difrakčnej štruktúrnej analýzy trosiek

Číslo vzorky	Zistené štruktúrne zložky
2	$2FeO.SiO_2$; SiO_2; Fe_{kov}; FeO; Fe_3O_4; $CaO.FeO.Fe_2O_3$
5	$2FeO.SiO_2$; $CaO.2Fe_2O_3$; $Al_2O_3 . 3FeO.3SiO_2$; FeO
10	$2FeO.SiO_2$; $Al_2O_3.SiO_2$; SiO_2
11	$2FeO.SiO_2$; $Al_2O_3.SiO_2$; SiO_2
13	$2FeO.SiO_2$; $CaO.Fe_2O_3$; FeO

L i t e r a t ú r a

FÜRYOVÁ, K. - MÍČEK, M. - MIHOK, Ľ. - TOMČO, Š. 1990: Začiatky železiarstva vo východnej časti Gemera v stredoveku. In: Zbor. Slov. nár. Múz. Archeol. 1. Bratislava, s. 107-144.

LABUDA, J. 1985: Archeologické výskumy na Starom meste a problematika najstaršieho osídlenia Banskej Štiavnice. In: Zbor. Slov. ban. Múz. 12. Martin, s. 29-45.

MIHOK, Ľ. - JAVORSKÝ, F. 1988: Vývoj prvotnej metalurgie železa na Spiši. Hutn. Listy, č. 9, s. 676-680.

MIROŠŠAYOVÁ, E. - JAVORSKÝ, F. - MIHOK, Ľ. - HOLLÝ, A. 1991: Metalurgická činnosť na lokalite Pod zelenou horou v Hrabušiciach. In: Nové Obz. 32. Košice, s. 71-97.

TÓTHOVÁ, Š. 1985: Výsledky doterajších archeologických výskumov na území MPR Banská Štiavnica. Pam. a Prír., 3, s. 10-15.

MEDIEVAL METALLURGICAL OBJECTS IN BANSKÁ ŠTIAVNICA

Summary

The article contains information on iron metallurgy of deceased mining site in Banská Štiavnica (district of Žiar nad Hronom). Metallurgical and smith's objects here are dated into the 13 - 16th cent. Bigger reduction furnaces were found here in which forgeable iron was produced. According to analyses of finds it is presupposed that the iron was produced in reduction forges. The iron in its spongy form was divided into smaller parts and then heated on charcoal in a hearth to remove caught slag. Then the iron was prepared for further processing. Slag from the hearth were of specific shape with a depression in its upper surface.

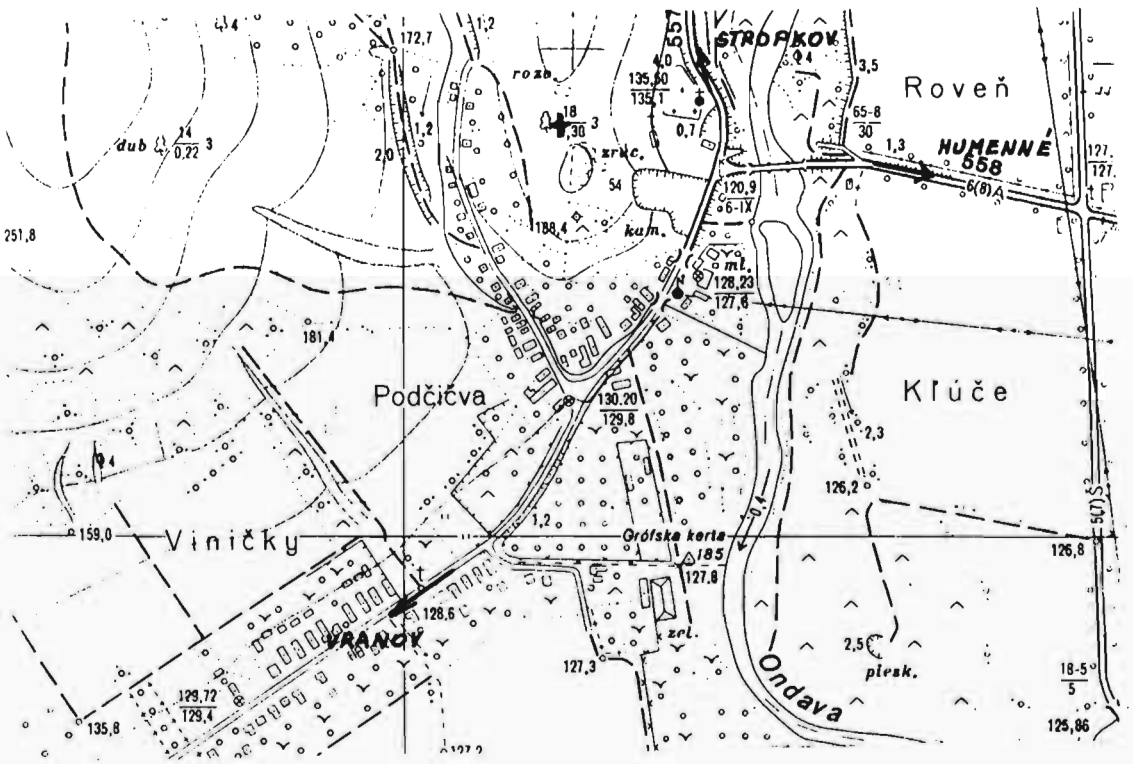
Fig. 1. Ore-bearing area of Banská Štiavnica and Hodruša.
Fig. 2. Banská Štiavnica. Ground plans of the town and the site. ⊙ - remains of a furnace.
Fig. 3. Banská Štiavnica. Surface stopes on the vein Špitaler beneath Staré mesto (the old city).
Fig. 4. Banská Štiavnica. Revealed furnace foundations with slag finds.
Fig. 5. Banská Štiavnica. Deep depression in the slag upper surface from a heating hearth.
Fig. 6. Banská Štiavnica. Bottom rounded surface of the slag from Fig. 5.
Fig. 7. Banská Štiavnica. The slag from the heating hearth with a depression in its upper surface.
Fig. 8. Banská Štiavnica. The slag from the heating hearth with a depression in its upper surface.
Fig. 9. Banská Štiavnica. Fragment of the slag cake formed by a molten slag draining off from the furnace.
Fig. 10. Banská Štiavnica. Fragment of the slag cake formed by a molten slag draining off from the furnace.
Fig. 11. Banská Štiavnica. The melted slag surface from the furnace.
Fig. 12. Banská Štiavnica. Charcoal imprints in the slag piece from the furnace.
Fig. 13. Banská Štiavnica. The furnace slag structure with very high content of wüstite. Light - wüstite; grey - ferrocalcareous olivine.
Fig. 14. Banská Štiavnica. The furnace slag structure with high content of wüstite in the form of fine dendrites. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.
Fig. 15. Banská Štiavnica. The furnace slag structure with high content of wüstite in the form of dendrites crystallized out in a directed manner. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.

Fig. 16. Banská Štiavnica. Wüstite dendrites in a double-component siliceous matrix in the furnace slag structure. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.
Fig. 17. Banská Štiavnica. The furnace slag structure with big wüstite dendrites and siliceous components. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.
Fig. 18. Banská Štiavnica. A part of the big wüstite dendrite in the furnace slag structure. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.
Fig. 19. Banská Štiavnica. Corroded and partially melted original grains of iron oxids. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.
Fig. 20. Banská Štiavnica. Calcareous ferrites in the furnace slag structure. Light - wüstite; light grey - calcareous ferrites; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines; dark - pores.
Fig. 21. Banská Štiavnica. The siliceous slag structure with low content of wüstite. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.
Fig. 22. Banská Štiavnica. The siliceous slag structure with low content of wüstite. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines.
Fig. 23. Banská Štiavnica. The siliceous slag structure with wüstite occured only in the form of fine dendrites in a ferrous glass. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines; dark - pores.
Fig. 24. Banská Štiavnica. Unreacted iron ore in the furnace slag structure.
Fig. 25. Banská Štiavnica. Charcoal ash on the base of SiO_2 - Al_2O_3 in the X-ray picture of the slag structural analysis.
Fig. 26. Banská Štiavnica. Calcareous ferrites $CaO.FeO.Fe_2O_3$ in the X-ray picture of the slag structural analysis.
Fig. 27. Banská Štiavnica. A structure of the slag from the heating hearth with higher content of wüstite and siliceous components. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines; dark - pores.
Fig. 28. Banská Štiavnica. A structure of the slag from the heating hearth with higher content of wüstite and siliceous components. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines; dark - pores.
Fig. 29. Banská Štiavnica. A structure of the slag from the heating hearth with higher content of wüstite and siliceous components. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines; dark - pores.
Fig. 30. Banská Štiavnica. Iron-scale on wüstite base in the structure of the slag from the heating hearth.
Fig. 31. Banská Štiavnica. Iron-scale on wüstite base in the structure of the slag from the heating hearth.
Fig. 32. Banská Štiavnica. Siliceous structures of the slag from the heating hearth with wüstite separations in a ferrous glass. Light - wüstite; grey - fayalite; dark grey - a ferrous glass.
Fig. 33. Banská Štiavnica. Siliceous structures of the slag from the heating hearth with a calcareous component. Light - wüstite; grey and dark grey - ferrocalcareous olivines; dark - calcareous silicate.
Fig. 34. Banská Štiavnica. Modified siliceous structure of the slag from the heating hearth with crystalline wüstite grains.
Fig. 35. Banská Štiavnica. Siliceous structure of the slag from the heating hearth.
Fig. 36. Banská Štiavnica. Siliceous structure of the slag from the heating hearth.

METALURGICKÁ DIELŇA OBJAVENÁ NA HRADE ČIČVA

Mária Jenčová - Ľubomír Mihok - Jaroslav Briančin

Hrad Čičva (kataster obce Sedliská, časť Podčičva, okr. Vranov nad Topľou) sa nachádza na strategicky pozoruhodnom mieste nad starou krajinskou cestou a vodnou tepnou Ondavou (obr. 1). Strategickú výhodnosť polohy potvrdzuje i staršie osídlenie. V mladšej dobe bronzovej tu jestvovalo rozsiahle výšinné sídlisko, na úpätí i tesne pod vrcholom kopca je zachytené osídlenie v dobe laténskej a zatial iba sporadické nálezy dokladajú prítomnosť Slovanov na Čičve v 8.-9. stor. (*Jenčová 1993*, s. 66). Stredoveký hrad vznikol pravdepodobne na prelome 13. a 14. stor. (v r. 1270, keď sa spomína zem Čičva, sa hrad ešte neuvádza). Jeho majitelia - šlachtici z Rozhanoviec - si už v polovici 14. stor. vybudovali pohodlnejšie sídlo v neďalekom Vranove a Čičva - okrem obdobia, keď sa stáva miestom župných zasadnutí a sídlom archívu Zemplína - nadobúda viac charakter vojensko-strážneho hradu ako sídla zemepána (*Uličný 1992*, s. 74). Táto skutočnosť podmienila aj jeho niekoľkonásobné zničenie a znovuvybudovanie a nakoniec zánik v r. 1711 po porážke Rákociho povstania (*Pisoň 1973*, s. 279.)

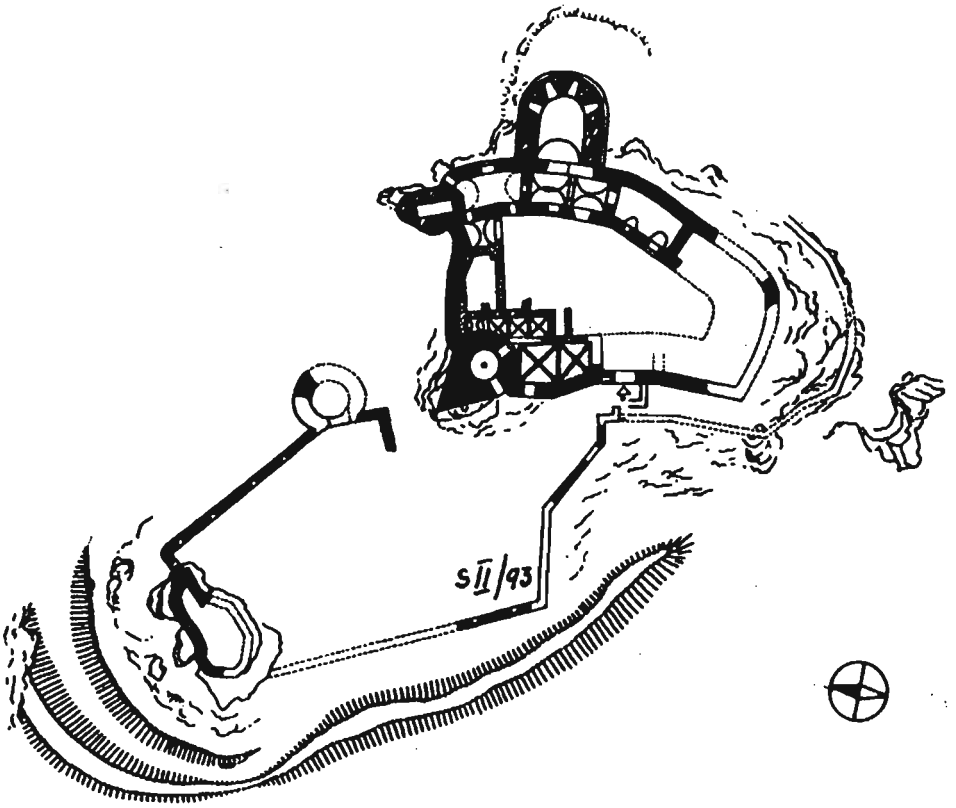


Obr. 1. Sedliská, časť Podčičva. + - lokalita.

Napriek tomu, že na lokalite prebiehal už štyri sezóny zisťovací výskum, hrad nebol doteraz archeologicky skúmaný. Pomerne chudobné sú aj archívne doklady, preto považujeme objav kovohutníckej dielne na jeho dolnom nádvorí za príspevok k poznaniu života na tejto strategicky dôležitej stredovekej lokalite.

Zisťovacia sonda II/93, v ktorej bola dielňa zachytená, si kládla iné ciele - overiť rozsah osídlenia v mladšej dobe bronzovej, potvrdeného na severozápadnom predhradí (obr. 2). Sonda s rozmermi 4 x 3 m bola situovaná v blízkosti hradného múru v juhozápadnej časti dolného hradu. Neskôr bola rozšírená s cieľom odkryť zachytené objekty. (V súčasnosti pri pokračujúcom výskume má sonda rozmery 8 x 7 m.)

tvrdý tehlový výmaz a pod ním v hrúbke 10-12 cm prepálená tehlová vrstva, vytvárajúca po vybratí lavórovitý tvar ohniska.



Obr. 2. Sedliská, časť Podčičva. Schematický plán hradu Čičva podľa Š. Pisoňa.

OPIS SITUÁCIE V SONDE II/93

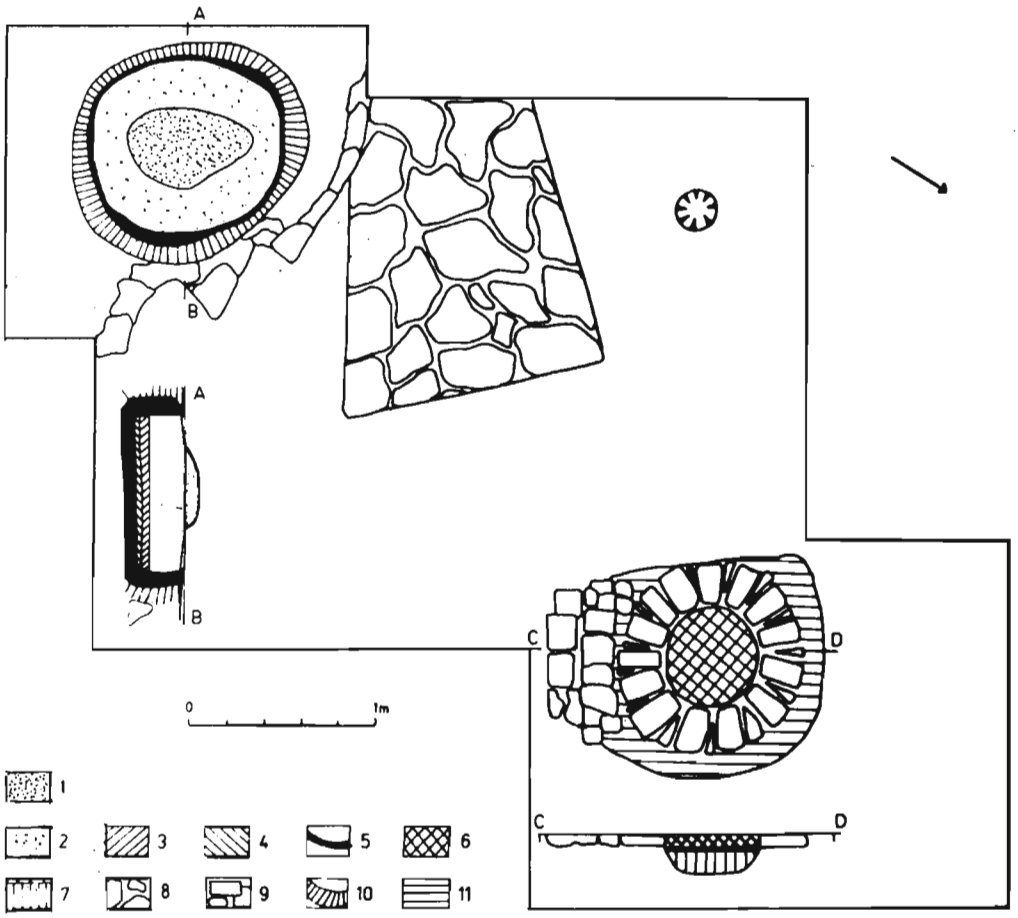
Po odstránení prvých dvoch vrstiev, tvorených lesnou zeminou prerastenou koreňovým systémom a zmiešanou s kameňmi a násypovou nekompaktnou výplňou, sa v hĺbke 0,6-0,8 m objavila vrstva zeminy zmiešanej s uhlíkmi, kusmi drevného uhlia, kameňmi, tehlovinou a množstvom železnej trosky i trosky so signifikantnou medenkou. Táto vrstva v nerovnakej hrúbke pokrývala takmer celú plochu sondy. Okrem uvedeného sa tu nachádzal osteologický i keramický materiál a kovové predmety.

Na pomerne malej ploche sme v hĺbke 0,7-1 m zachytili štyri identifikovateľné objekty: kamenný múrik v centrálnej časti s tehlovou deštrukciou na povrchu, kolovú jamku severozápadne od múrika, ohnisko obložené tehlami severne a piecku so zachovanou nízkou stienkou južne od múru (obr. 3). Nepodarilo sa nám nateraz zachytiť úroveň dlážky.

Kamenný múrik bol v dielni dominantnou zložkou. Pôvodne sme predpokladali, že slúžil ako vyvýšený manipulačný priestor pre kováča. Najnovšia odkrývka ukazuje, že ide o časť muriva obkolesujúceho kruhový objekt (piecku). Múr tvorili čiastočne opracované kamene spájané maltou. Na povrchu bola deštrukcia z tehál bez spojiva, pod tehlami sa nachádzala tenká prepálená vrstva a pod ňou vlastné kamenné murivo.

Jamka, zachytená 0,6 m na severozápad od múrika, bola prekrytá kameňom a zachovaná ako nezasypaný valcovitý otvor s priemerom 20 cm a hĺbkou 60 cm. Zjavne ide o kolovú jamu.

Ohnisko - kováčska vyhňa - bolo precízne obložené tehlami tak, že škáry medzi celými kusmi vypĺňali trojuholníkové úlomky. Malo pravidelný kruhový tvar s vnútorným priemerom 0,5 m. Na juhovýchodnej strane ohniska sme zachytili vymurovaný malý sokel z tehál položených v dvoch radoch nad sebou i vedľa seba. Celé ohnisko v hrúbke asi 20 cm obklopovala hlina žltkavej farby. Nachádzala sa tiež pod ním. V samotnom ohnisku povrch tvorila popolovitá vrstva, pod ktorou bol



Obr. 3. Sedliská, časť Podčičva. Plán sondy II/93. 1 - násypová vrstva; 2 - masívny výliatok v kruhovom objekte; 3 - tmavosivá výplň kruhového objektu; 4 - vrstva svetložltej hliny nad dnom kruhového objektu; 5 - vypálená tehlová vrstva; 6 - stena a dno kruhového objektu; 7 - popolovitá výplň ohniska; 8 - výmaz ohniska; 9 - kamenné murivo; 10 - tehly; 11 - červenohnedá obruba kruhového objektu.

Kruhový objekt (piecka), iste najpozoruhodnejší objekt v sonde, bol postavený na kamennej podmurovke, ktorá sa na severnej strane napája na múrik. Piecka má takmer pravidelný kruhový tvar s vnútorným priemerom 0,9-1 m. Stienka, zachovaná do výšky 30-35 cm, bola drobivá, z vonkajšej strany spevňovaná vencom červenohnedej prepálenej hliny. V strede piecky ležal masívny koláč hmoty oválneho tvaru s rozmermi 20 x 60 cm, pokrytý medenkou, ktorý - ako ukázala neskoršia analýza - je posledným produktom činnosti pece: bronzovinou obohatenou o olovo (tab. 2). Okolo tohto masívneho koláča a pod ním bola v hrúbke 20 cm tmavosivá nesúrodá vrstva, pod ňou 4 cm hrubá tehlová a približne rovnako hrubá žltkavá hlinitá vrstva. Dno piecky bolo vymazané a silne vypálené, pod ním sa nachádzali masívne kamene muriva.

Usporiadanie objektov a určenie ich funkcie na základe primárneho pozorovania naznačujú, že ide o jeden celok, i keď v súčasnej etape nie úplne odkrytý. Nie je preto ani možné určiť, či všetky objekty tvorili súčasť interiéru dielne, alebo nie. V každom prípade spolu súviseli.

Pre kvalitatívne presnejšie určenie funkčnosti jednotlivých objektov - najmä kruhového objektu v južnom rohu sondy - sú najdôležitejšie nálezy trosky, kovových výliatkov a stavebnej hmoty (stienky). Z nich šesť vzoriek bolo podrobených archeometalurgickému rozboru.

OPIS A ANALÝZA VZORIEK

1. Výplň kruhového objektu (piecky) v rohu metalurgickej dielne, tmavosivo-zelená, pórovitá, málo súdržná.

2. Obruba kruhového objektu svetlohnedo-sivej farby, veľmi pórovitá, málo súdržná.

3. Kovový zliatok na vrchu kruhového objektu. Hmotnosť viac ako 20 kg.

4. Malý kovový zliatok nájdený vedľa kruhového objektu.

5. Bronzový pliešok nájdený vedľa kruhového objektu.

6. Troska nájdená vedľa kováčskej vyhne v druhej časti dielne. Tmavosivá ťažká troska s povrchom svedčiacim o roztavenom stave materiálu a obsahujúcim niekoľko odtlačkov drevného uhlia.

7. Bronzový zliatok nájdený v r. 1992 mimo dielne, na svahu hradného kopca.

Pretože nálezy mali kovový aj nekovový charakter, bolo potrebné voliť rozdielne spôsoby analýz. Z troch nekovových nálezov - z výplne kruhového objektu, z obruby kruhového objektu a z trosky - boli odobraté vzorky rezaním diamantovou pílou. Po pomletí bola zo vzoriek robená klasická chemická analýza, z trosky kompletnejšia, z výplne kruhového objektu a jeho obruby len analýza oxidu kremičitého vzhľadom na problémy pri prevádzaní vzoriek do roztoku. Pri týchto vzorkách bola analýza doplnená o analýzu medi a olova na atómovom absorpčnom spektrofotometri. Výsledky chemickej analýzy sú na tabele 1.

Z trosky bol rezaním oddelený aj kus na mikroskopickú štruktúrnu analýzu. Po príprave mineralogického nábrusu boli pod metalografickým mikroskopom pozorované a fotograficky dokumentované jednotlivé štruktúrne zložky trosky. Aby bolo možné presnejšie definovať zloženie štruktúrnych zložiek, bola ďalšia časť trosky podrobená röntgenovej difrakčnej štruktúrnej analýze.

Pre kovové nálezy bol zvolený rozdielny spôsob analýzy. Rezom každým z nich bolo zistené, že všetky mali medený základ, teda že boli pravdepodobne bronzmi. Pretože bol predpoklad prítomnosti rozdielnych minoritných prvkov v bronzoch, bola pre vzorky odobraté z kovových nálezov zvolená energiovo-disperzná elektrónová mikroanalýza, ktorá poskytuje rýchlu a presnú informáciu o kvalitatívnom zložení. Na analýzu boli rezaním odobraté malé vzorky, v prípade zliatku zisteného na vrchu kruhového objektu a zliatku nájdeného mimo objektu bolo odobratých viacej vzoriek. Výsledky energiovo-disperznej analýzy sú na tabele 2.

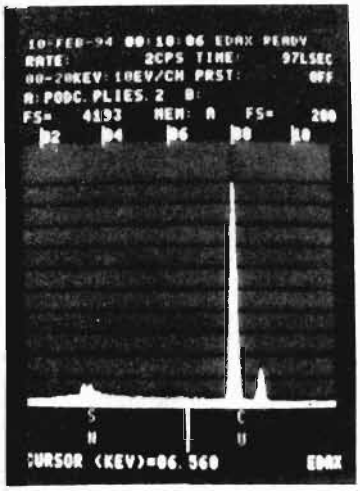
VÝSLEDKY ANALÝZY (DISKUSIA)

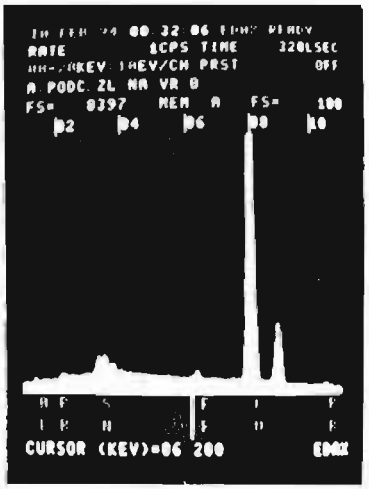
Z výsledkov rozborov vyplýva, že na hrade Čičva pracovala metalurgická kovohutnícka dielňa. Kováčska vyhňa, zistená tiež v tejto dielni, sa používala na ohrev železných aj neželezných kovových polotovarov a predmetov pri ich kováčskom spracovávaní. V objekte nebola nájdená piecka na roztavovanie kovu. Dielňa by bez takejto piecky nebola mohla pracovať, to znamená, že pri rozšírení sondy by aj táto chýbajúca časť bola zistená.

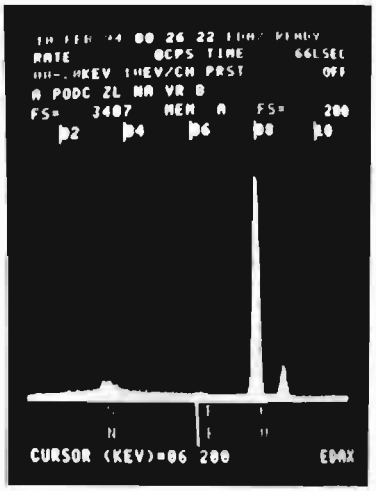
Nie je pravdepodobné, že v dielni bola pec na výrobu medi z rúd. Lokalita nepatrí do oblasti s nálezmi medených rúd a s výrobou medi. Medená surovina sa získavala kúpou a dovozom z iných oblastí Horného Uhorska, kde bola takáto výroba rozšírená. Možno predpokladať, že sa nedovážala len čistá meď, ale aj cínový bronz, pretože analyzovaný pliešok mohol byť časťou dovážanej suroviny. Fakt, že išlo o čistý cínový bronz, je prezentovaný na zázname analýzy energiovo-disperzného mikroanalyzátora (obr. 4).

Kruhový objekt slúžil na prípravu zliatin medi s inými prvkami. Tu sa dávali potrebné prídavky na hladinu kovu pod vrstvou trosky alebo drevného uhlia a prebehla homogenizácia pridaného prvku v objeme kovu. Zloženie výplne kruhového objektu svedčí, že tu sa hromadila troska a stery stiahnuté z povrchu tekutého kovu pred odlievaním do foriem. Obsah olova v materiáli výplne svedčí, že v dielni bola častá výroba bronzov s obsahom olova. Potvrdila to aj analýza zliatku nájdeného na vrchu výplne kruhového objektu (obr. 5: 6). Zrejme ide o kov, ktorý bol vyliaty z panvy počas poslednej tavby pred zánikom dielne. Tento kov bol cínovo-oloveným bronzom. Druhá analýza - z iného miesta zliatku (obr. 6) - ukázala, že v tomto mieste nebolo prítomné olovo. Z toho vyplývajú dva fakty. Prvým je, že pôvodným roztaveným kovom nebola čistá meď, ale cínový bronz, čo potvrdzuje predpoklad, že opísaný pliešok bol súčasťou nakupovanej suroviny. Druhým faktom je, že homogenizácia kovu po pridaní legujúceho prídavku bola veľmi nedokonalá, ale to môže byť spojené s extrémnym prípadom poslednej vyliatej tavby. Malý zliatok nájdený vedľa

kruhového objektu totiž mohol byť časťou vyliateho kovu z poslednej tavby, ako dokumentuje jeho analýza.







Obr. 4. Sedliská, časť Podčičva. Energiovo-disperzná mikroanalýza bronzového plieška.
Obr. 5. Sedliská, časť Podčičva. Energiovo-disperzná mikroanalýza zliatku zisteného na vrchu kruhového objektu.
Obr. 6. Sedliská, časť Podčičva. Energiovo-disperzná mikroanalýza zliatku zisteného na vrchu kruhového objektu.

Výroba olovených bronzov je doložená aj analýzou zliatku nájdeného mimo areálu hradu na svahu hradného kopca. V tomto prípade však nie je úplne jasné datovanie, keďže v blízkosti sa našli objekty z mladšej doby bronzovej (*Jenčová 1993*, s. 66). Tu bola na výrobu použitá čistá medená surovina a homogenita výrobnej suroviny bola vyhovujúca (tab. 2). Olovený bronz sa pravdepodobne používal na výrobu delových gulí.

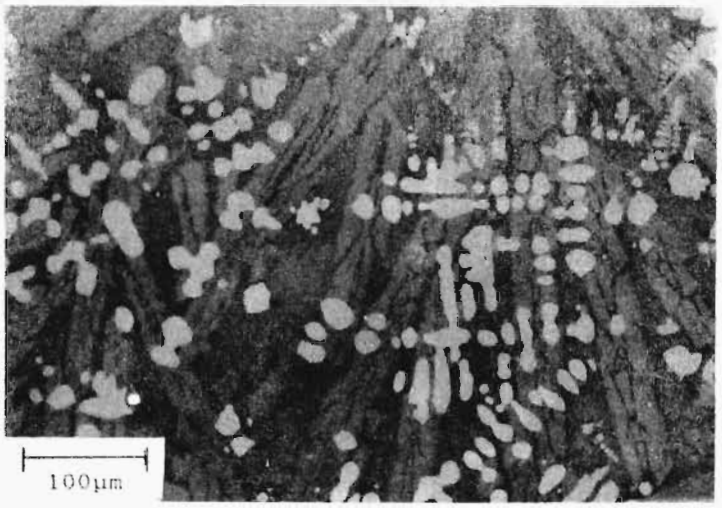
Druhú časť dielne - ohnisko - identifikujú nálezy trosky, ktorej chemická analýza nasvedčuje, že vznikla pri kováčskom spracovávaní železných polotovarov. Takáto charakterizácia je odôvodnená aj lokalizáciou nálezu v blízkosti kováčskej vyhne. O tom, že analyzovaná troska je kováčska, svedčí aj skutočnosť, že na jej priereze boli viditeľné granulky medi, čo potvrdila aj analýza. To znamená, že troska je produktom viacerých ohrevov rôznych železných aj neželezných kovových polotovarov a vznikla postupne počas viacerých operácií, a nie ako produkt jednej tavby.

Pri hodnotení archeologických nálezov trosiek z výroby železa a železných predmetov sa rozlíšili tri druhy trosiek. Jeden druh je vedľajším produktom redukčného procesu výroby železa v malej redukčnej piecke. Druhý druh trosky pochádza z ohrevu výťažku tavby - železnej huby - v ohrievacej nisteji. Cieľom je odstrániť z povrchu a pórov železnej huby trosku a vykovať výťažok na pravidelnú formu polotovaru. Tretí druh trosky sa tvorí v kováčskej vyhni pri ohreve polotovarov alebo železných predmetov. Vzniká z ešte neodstránenej pecnej trosky, okovín a popola drevného uhlia. Tento druh trosky sa vytvára len v malom množstve, hromadí sa vo vyhni a periodicky sa odstraňuje.

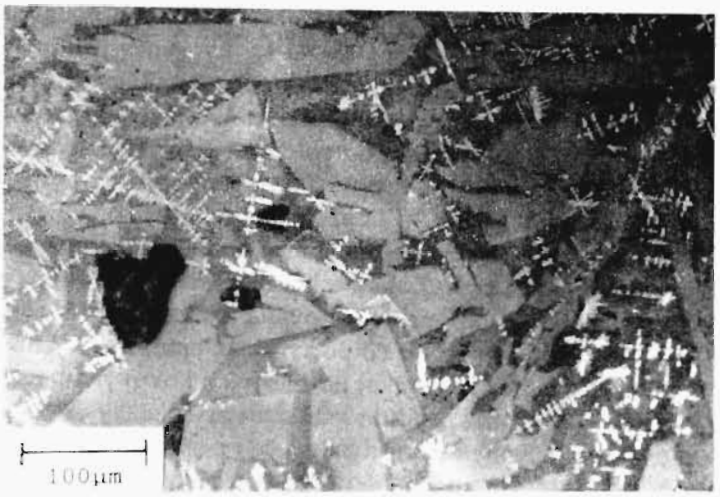
Tieto tri druhy trosiek je veľmi ťažké rozlíšiť chemickou analýzou. Všetky trosky sú kyslé, fajalitické, s vysokým obsahom oxidov železa. Rozlíšenie je možné len na základe mikroskopickej štruktúrnej analýzy. Prvé dva druhy trosiek sú zložené z oxidov železa, fajalitu alebo zo železovápenatých olivín a železnatého skla. Aj v jednom kuse trosky sa nachádzajú na rôznych miestach rozdielne pomery medzi týmito zložkami, ale s prihliadnutím na túto skutočnosť sú relatívne homogénne.

Charakter štruktúry kováčskej trosky možno vhodne demonštrovať na troske z hradu Čičva. Štruktúry na obr. 7 a 8 reprezentujú typickú pecnú trosku, ktorá sa dostala do kováčskej trosky z pórov železného polotovaru pri jeho ohreve. Je typická dendritmi wüstitu, ktoré sú položené v dvojzložkovej kremičitanovej matrici. Obidve zložky majú zloženie blízke fajalitu.

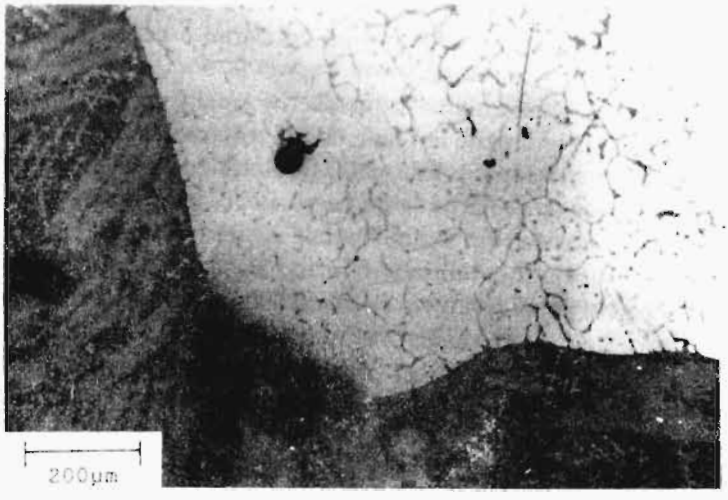
Druhým výrazným rysom kováčskej trosky je prítomnosť blokov tesne usporiadaných oxidov železa, wüstitu Fe_xO. Veľkosť týchto blokov je veľmi rozdielna, vyskytujú sa však v celej štruktúre trosky. Tieto bloky vznikli z okovín, ktoré sa vytvorili ohrevom železných polotovarov pri ich kováčskom spracovávaní. Výskyt oxidických blokov s takouto morfológiou je typický len pre kováčsku trosku. Príklady oxidických blokov sú na obr. 9-11.



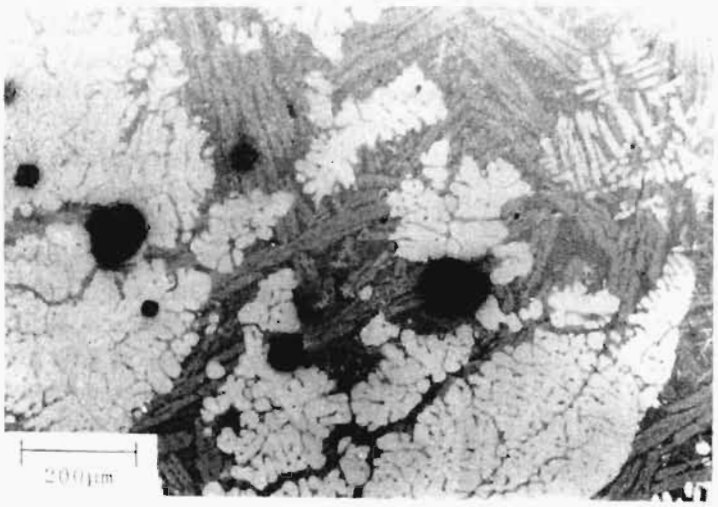
Obr. 7. Sedliská, časť Podčičva. Štruktúra kováčskej trosky. Svetlosivá - wüstit, sivá - dve zložky kremičitanovej matrice.



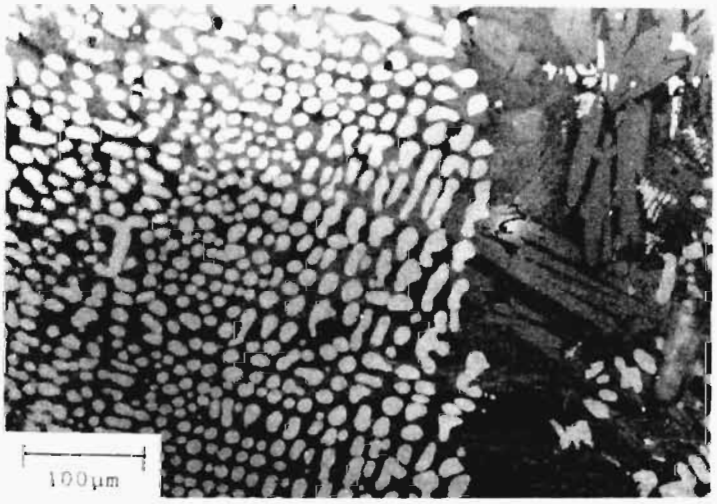
Obr. 8. Sedliská, časť Podčičva. Štruktúra kováčskej trosky. Svetlosivá - wüstit, sivá - dve zložky kremičitanovej matrice, tmavá - póry.



Obr. 9. Sedliská, časť Podčičva. Oxidický blok pochádzajúci z okoviny v štruktúre kováčskej trosky. Svetlosivá - wüstit, sivá - dve zložky kremičitanovej matrice, tmavá - póry.



Obr. 10. Sedliská, časť Podčičva. Oxidické bloky pochádzajúce z okoviny v štruktúre kováčskej trosky. Svetlosivá - wüstit, sivá - dve zložky kremičitanovej matrice, tmavá - póry.



Obr. 11. Sedliská, časť Podčičva. Oxidický blok pochádzajúci z okoviny v štruktúre kováčskej trosky. Svetlosivá - wüstit, sivá - dve zložky kremičitanovej matrice.

Obr. 12. Sedliská, časť Podčičva. Zložka pochádzajúca z popola drevného uhlia v štruktúre kováčskej trosky. Svetlá - wüstit, svetlosivá - dve zložky kremičitanovej matrice, sivá - zložka pochádzajúca z popola drevného uhlia, tmavá - póry.

Na obr. 12 je ďalšia štruktúrna zložka, ktorá je typická len pre kováčsku trosku. Vznikla z popola drevného uhlia. Na obrázku je znázornená spolu s fajalitickou matricou a okrajom oxidického bloku. Aj na obr. 13 je štruktúra, ktorá nie je typická pre štruktúru pecnej trosky alebo trosky z ohrievacej nisteje. Netypická je hlavne morfológia zŕn kremičitanovej zložky a možno predpokladať, že príčinou je reakcia fajalitickej matrice s popolom z drevného uhlia.

Obr. 13. Sedliská, časť Podčičva. Výrazné dosky zložky kremičitanovej matrice v štruktúre kováčskej trosky. Svetlá - wüstit, sivá - dve zložky kremičitanovej matrice.

Z vyššie uvedeného vidieť, že kováčska troska sa odlišuje od ostatných druhov prítomnosťou špecifických zložiek v štruktúre a tiež veľmi nehomogénnym charakterom štruktúry. Nehomogénnosť bola príčinou, prečo nebola urobená kvantitatívna charakterizácia štruktúry.

Výsledky pozorovaní mikroštruktúry kováčskej trosky boli úplne potvrdené výsledkami röntgenovej difrakčnej štruktúrnej analýzy. Hlavnými dvoma zložkami boli wüstit Fe_xO a fajalit $2FeO.SiO_2$. Okrem pecnej trosky ako zdroja fajalitu a wüstitu k ich majoritnému výskytu v štruktúre prispela aj kováčska technika používaná pri zváraní kovaním. Pri ohreve železných materiálov pred zváraním došlo k oxidácii ich povrchovej vrstvy za vzniku oxidu železa Fe_xO. Táto vrstva by zabránila zvaru, preto ju bolo potrebné odstrániť. Odstránila sa mechanicky, čo sa odrazilo v prítomnosti veľkých blokov wüstitu v štruktúre trosky a kontaktom vyhriateho povrchu s kremenným pieskom za vzniku tekutého železnatého kremičitanu, čím sa zvýšil podiel fajalitu v štruktúre trosky.

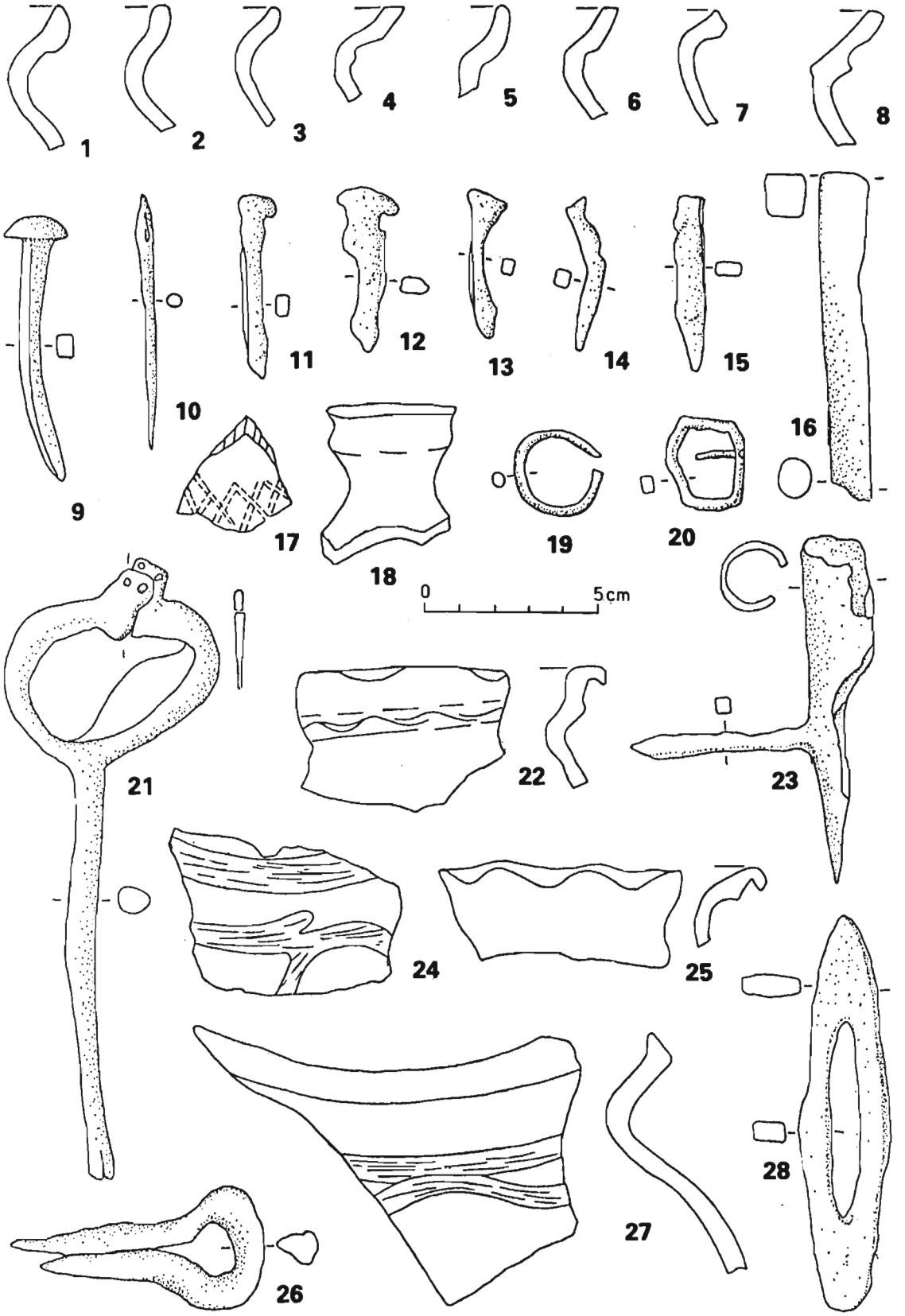
Ďalšie dve zložky mali menšie zastúpenie v štruktúre. Jednou z nich bol ortosilikát železa $2/F_{0,94}Mg_{0,06}/O.SiO_2$ a 5,9 % $2mgO.SiO_2$. Pochádza z hlušiny rudy použitej na výrobu železa. Druhou minoritnou zložkou bol trojvápenatý aluminosilikát $3CaO.SiO_2 . 3Al_2O_3$, teda popol drevného uhlia. Prítomnosť tejto zložky je vlastne definitívnym potvrdením, že ide o kováčsku trosku. V štruktúre pecnej trosky sklo zistené nebolo, čo plne zodpovedá podmienkam pomalého ochladzovania v nisteji vyhne.

OPIS OSTATNÉHO MATERIÁLU

Popri troske bol z výplne sondy vyzdvihnutý početný osteologický, keramický a kovový materiál. Kosti - výlučne zvieracie - predstavujú zjavne zvyšky potravy.

V keramickom materiáli nebolo možné zrekonštruovať ani jeden celý tvar. Fragmenty pochádzajú z kvalitne vypálenej, prevažne tenkostennej stolovej a kuchynskej keramiky, predovšetkým z rôzne profilovaných okrajov hrncov a džbánov, z úch, menej z pokrývok a z technickej keramiky - kachlíc (obr. 14). Črep je zväčša béžovej, tehlovej, prípadne sivej farby. Pomerne častý je výskyt zelenej polevy, sporadickejšie sa objavuje poleva žltá, resp. hnedá.

Z výzdoby sú na početných fragmentoch zaznamenané obvodové žliabky pod okrajom, alebo na vydutí nádoby. Na viacerých zlomkoch prevažne béžovotehlovej keramiky sa vyskytol červenohnedý malovaný dekor. Iba v jednom prípade sa našla biela maľba na červenotehlovom črepe. Sporadicky sa objavuje kolkovaná výzdoba, výnimočné je preliačovanie vyhnutého okraja hrnca so zelenou polevou. K zvláštnym výzdobným prvkom patrí tordovaný prstenec na hrdle a preliačovaný okraj tenkostennej nádobky bez polevy.



Obr. 14. Sedliská, časť Podčičva. Výber keramiky a kovových predmetov.

Súbor keramiky vyzdvihnutý zo sondy II/93 nemožno považovať za chronologicky jednotný, čo určite súvisí s násypovým charakterom výplne. (V tomto príspevku sa nezaoberáme pravekými keramickými nálezmi z výplne sondy.) Často sa vyskytujúci červenohnedý malovaný ornament na svetlej keramike sa považuje za charakteristický znak keramických súborov z prelomu 15./16. stor. (*Fűryová 1987*, s. 197). Kolkovanú výzdobu v materiáli zo Zalužian datuje *B. Polla* (*1962*, s. 118-121) do 14.-15. stor. Častejší výskyt polevy na vnútornej i vonkajšej strane nádob naznačuje mladší charakter keramiky. Všeobecne možno zaradiť získaný keramický materiál do 3. etapy vývoja stredovekej keramiky, ako ho načrtol *J. Hoššo* (*1983*, s. 215-231), v prípade čičvianskeho súboru s ťažiskom v 15./16. stor. a s hornou hranicou v 17. stor.

Medzi kovovými nálezmi možno funkčne určiť len niekoľko predmetov (obr. 14). Ide prevažne o klince s T hlavičkou i bez hlavičky, potom malú pracku s pohyblivým tŕňom, oko reťaze, oko s tŕňom a predmet, ktorý na základe analógie určujeme ako zhasínadlo sviečok (*Slivka 1978b*, s. 310, obr. 20: 5). Tieto predmety nie sú chronologicky citlivé. Oko s tŕňom ako bežné stavebné kovanie je uvádzané už z polovice 13. stor. (*Krajíc 1991*, s. 334, obr. 11). Vyskytuje sa v nezmenenej podobe i na lokalitách podstatne mladších. To isté možno povedať o prackách (*Polla 1962*, s. 145; *Slivka 1980*, s. 255) a prirodzene o takom bežnom kováčskom produkte, ako sú klince. Predmet určený ako zhasínadlo sviečok datuje *M. Slivka* (*1978b*, s. 310) v kontexte sprievodného materiálu do 16.-17. stor. Pravdepodobne ako priebojník slúžil tyčinkovitý predmet (obr. 14: 16) s kruhovým prierezom a so štvorhranným zakončením (*Polla 1979*, obr. 106: 2, 3). Deformovaný železný predmet vytvárajúci oko z dvoch prekrížených ramien mohol byť pôvodne ostrohou (obr. 14: 21). Išlo pravdepodobne o variant s ramienkami z pásového plechu a s dlhým bodcom, ktorý patrí prevažne do 15. stor. (*Slivka 1980*, s. 250).

Niektoré zo železných predmetov je nutné považovať za polotovary určené na kováčske finalizovanie, iné za deštruované predmety slúžiace ako surovina na pretavenie.

Z drobných predmetov je pozoruhodná ihlovitá tyčinka (ihla?) (obr. 14: 10) a malý bronzový krúžok, azda záušnica (obr. 14: 19). Železnú ihlu s oválne predĺženým uškom uvádza *M. Slivka* (*1981*, s. 230, obr. 16: 9) z Paričovho hradu v Trebišove.

Za pracovné náradie kováča by sme mohli považovať iba ak priebojník. V ostatných prípadoch môže ísť rovnako o výrobky kováča pre potreby hradu, ako aj o súčasť vybavenia samotnej dielne.

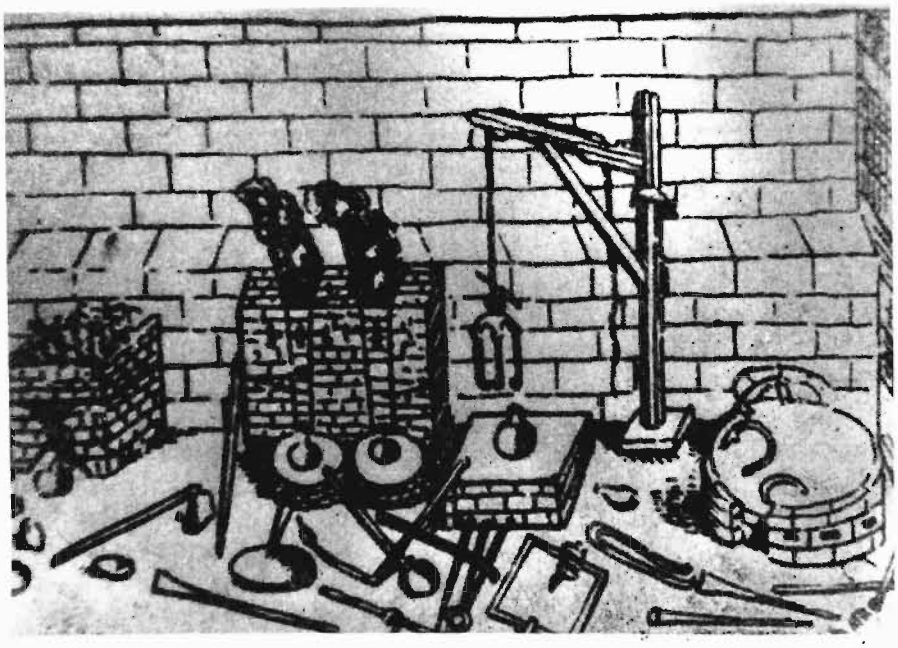
Úplne výnimočne sa objavujú úlomky skla.

ZHODNOTENIE

Objekty odkryté na dolnom hrade Čičva možno interpretovať ako kováčske, resp. hutnícke objekty, ktorých činnosť si vyžadoval hospodársky a najmä vojenský život hradnej posádky. Vychádzajúc z opísanej situácie a z archeometalurgických rozborov, môžeme v dielni rozlíšiť dve pracovné časti - časť, v ktorej sa kováčsky spracovávali železné i neželezné kovy, a časť, kde sa vyrábali zliatiny na báze medi, resp. bronzov a iných látok. Súčasťou dielne bola taviaca piecka na roztavenie medených zliatin, priestor na prípravu medených bronzov formou prídavkov príslušných látok do tekutého kovu a priestor na robenie odliatkov. Základnou surovinou na prípravu zliatin bola kusová meď alebo cínový bronz, ktoré sa pre potreby dielne nakupovali. V metalurgickej dielni sa vyrábali aj olovené bronzy. Pre kováčsku časť dielne bola charakteristická vyhňa, ktorá sa používala na ohrev polotovarov a predmetov zo železa aj z neželezných kovov. V štruktúre trosky z tejto časti dielne sa okrem fajalitickej a wüstitickej zložky nachádzali aj okoviny z ohrevu železných polotovarov a popol z drevného uhlia.

Rozmiestnenie objektov udivujúco presne kopíruje dobovú rytinu znázorňujúcu kovospracujúcu dielňu (obr. 15). Rytina dokladá rozšírenie takéhoto typu dielní v širšom európskom priestore a je len na škodu vecí, že nepoznáme jej bližší pôvod. V citovanej publikácii (*Baks 1986*, nečíslovaný obrázok) sa uvádza iba ako "jedno z najstarších zobrazení dielne na tavbu medi" bez udania lokality a zdroja, z ktorého je rytina prevzatá.

Piecku na tavbu medenej rudy zo 16. stor. uvádza *B. Polla* (1971, s. 95) z hradu v Kežmarku a dáva ju do súvisu s prácou alchymistov. *M. Slivka* (*1978*, s. 232) však usudzuje, že ide o piecku určenú napriek jej primitívnosti na normálnu metalurgickú produkciu. Kežmarská piecka bola pritom podstatne menšia ako čičviansky nález a nebola súčasťou interiéru viacúčelovej dielne. Hutnícku pec na spracovávanie medi, resp. jej zliatin z 2. polovice 15. až zo začiatku 16. stor. zachytil *P. Baxa*



Obr. 15. Rytina metalurgickej dielne podľa Baksa 1986.

(*1983*, s. 50) pri výskume veže v severozápadnom nároží mestského opevnenia Bratislavy. Išlo o masívnejšie zariadenie štvorcového pôdorysu so stranou 200-220 cm. Podobne ako v Čičve i tu súvisela s pecou kamennotehlová architektúra.

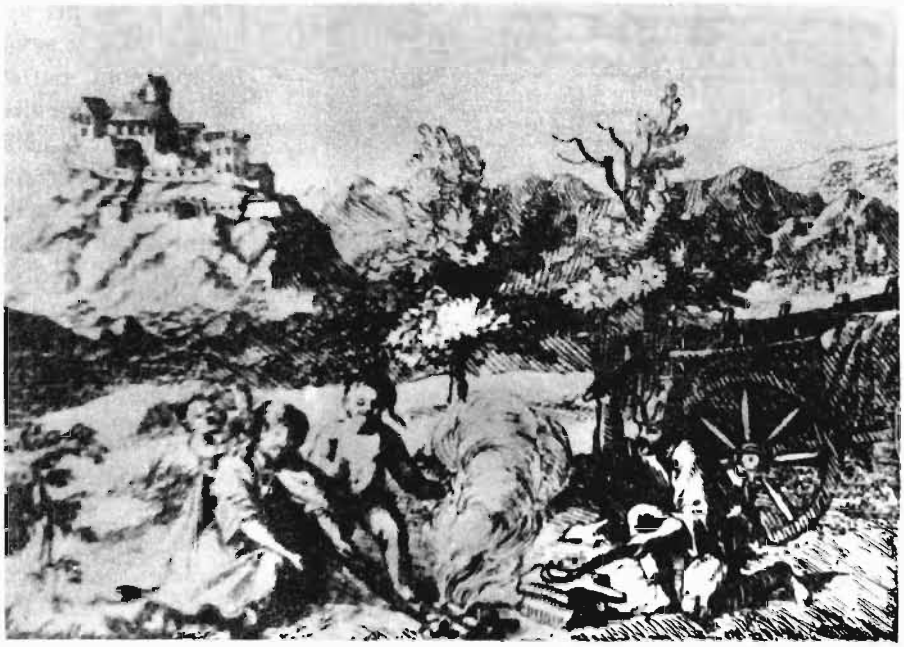
Kováčska vyhňa bola najneskôr od 14. stor. súčasťou každej väčšej aglomerácie (*Slivka 1978a*, s. 240). Pre stredovekého človeka znamenalo kováčstvo remeslo, bez ktorého si nebolo možné predstaviť život ani v čase mieru, nieto vojny. Kováči ako majstri mnohých remesiel sa nakoniec udržali na našom vidieku až do nedávnej minulosti. Objavy kováčskych dielní na hrade Ľubovňa zo 16. stor. a na hrade Kapušany zo 17. stor. opisuje *M. Slivka* (*1978a*). Na obidvoch, podobne ako na Čičve, zhodne chýbalo základné vybavenie (nákova a nástroje), ktoré pred opustením odniesli. Kováčsku dielňu na Liptovskom hrade, naopak, identifikuje *V. Hanuliak* (*1983*, s. 482) predovšetkým na základe nálezov železných predmetov súvisiacich s prácou kováča.

Azda sa nemýlime, ak považujeme čičviansku dielňu, najmä jej časť s kruhovým objektom, za dielňu určenú predovšetkým na zbrojársku výrobu pre potreby hradnej posádky. Naznačuje to hlavne tvorba olovených bronzov, ktoré našli uplatnenie pri výrobe munície. Zbrojársku dielňu, datovanú do 15./16. stor., odkryl *M. Slivka* (*1978a*, s. 235-238) na Šarišskom hrade. Jej interiér však iba málo pripomína čičviansky nález.

DATOVANIE

Pre dôslednejšie zhodnotenie materiálu, rovnako ako celej nálezovej situácie, je nevyhnutné odkryť rozsiahlejšiu plochu. Nateraz môžeme rámcovo datovať materiál z odkrytej časti dielne od prelomu 15./16. stor. do 16./17. stor. Ide však o materiál v prevažnej miere z násypovej vrstvy, kde sa nedá oprieť o stratigrafické pozorovania. Pre datovanie počiatkov činnosti čičvianskej kovohutníckej dielne je v istom zmysle určujúca aj historická okolnosť stavby dolného hradu práve na prelome 15./16. stor. počas najväčšieho stavebného rozmachu na hrade (*Pisoň 1973*, s. 279). Nepredpokladáme, že taká dôležitá hospodárska dielňa začala fungovať pred vybudovaním opevnenia tejto časti. Pri určovaní dátumu zániku dielne môžeme uvažovať o dvoch prelomových udalostiach v dejinách hradu - o r. 1527, keď bol hrad vypálený vojskami Jána Zápolského, prípadne až o r. 1684, keď mu devastáciu pripravil Imrich Tököli (*Polla 1980*, s. 134). I keď bol ešte obnovený, k obnove kovohutníckej činnosti už zjavne nedošlo. Bližšie datovanie zániku činnosti v dielni na základe nálezovej situácie nateraz nie je možné.

V tejto súvislosti je pozoruhodná dobová rytina Čičvy od J. Nypoorta z r. 1686, na ktorej je v popredí zobrazená rodina cigánskeho kováča s nákovou a jednoduchým ohniskom (obr. 16). Autor rytiny bol známy nielen zobrazením hradov, ale aj domáceho koloritu s detailným odpozorovaním udalostí a vojnových výjavov (*Závadová 1974*, s. 28, obr. 103, 104). Môžeme teda s rezervou pripustiť, že pri zobrazovaní Čičvianskeho hradu použil ako žánrový obrázok v popredí scénu s kočovným kováčom preto, že bola v danom období pre Čičvu typická a že teda stála kováčska dielňa tu v tomto období už nepracovala.



Súčasný stav výskumu nateraz neumožňuje presnejšie datovanie zániku činnosti dielne. Veríme však, že pokračujúci výskum lokality prinesie ďalšie poznatky aj o kovohutníckej činnosti na tomto stredovekom hrade.

Obr. 16. Rytina hradu Čičva z r. 1686 od J. Nypoorta.

Tab. 1. Chemická analýza nekovových vzoriek, hm. %

Vzorka	Fe_c	FeO	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	MnO	Cu	Pb
výplň			56,3					12,03	0,32
obruba			78,4					4,75	0,5
troska	47,5	31,4	24,5	4,5	1	1,6	0,11	0,44	0

Tab. 2. Výsledky energiovo-disperznej elektrónovej mikroanalýzy kovových vzoriek, hm. %

Vzorka	Al	Sn	Fe	Cu	Pb
zliatok vedľa kruhového objektu		3,65		89,52	6,82
zliatok na vrchu kruhového objektu					
vzorka 1		4,79	0,82	94,59	
vzorka 2	2,32	4,42	1,01	86,26	6
pliešok	2,78	6,62	0,72	89,88	
zliatok nájdený mimo dielne					
vzorka 1			0,99	66,93	32,07
vzorka 2			2,64	65,64	31,72

L i t e r a t ú r a

BAKS, K. 1986: Bogatstva zemnych nedr. Moskva.

BAXA, P. - FERUS, V. 1983: Výskum veže v severozápadnom nároží mestského opevnenia Bratislavy. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1982. Nitra, s. 49-52.

FŰRYOVÁ, K. 1987: Neskorostredoveká fáza zaniknutej osady Somkút. In: Archaeol. Hist. 12. Brno, s. 189-202.

HANULIAK, V. 1983: Odkryté zvyšky kováčskej vyhne na Liptovskom hrade. In: Archaeol. Hist. 8. Brno, s. 479-490.

HOŠŠO, J. 1983: Prehľad vývoja stredovekej keramiky na Slovensku. In: Archaeol. Hist. 8. Brno, s. 215-239.
JENČOVÁ, M. 1993: Obnovenie výskumu v Sedliskách-Podčičve. In: Archeol. Výsk. a Nál. na Slov. v r. 1992. Nitra, s. 66-67.
KRAJÍC, R. 1991: Stavební železo a uzavírací mechanismy na vrcholně středověkých lokalitách Táborska. In: Archaeol. Hist. 16. Brno, s. 323-344.
PISOŇ, Š. 1973: Hrady, zámky a kaštiele na Slovensku. Martin.
POLLA, B. 1962: Stredoveká zaniknutá osada na Spiši (Zalužany). Bratislava.
POLLA, B. 1971: Kežmarok. Výsledky historickoarcheologického výskumu. Bratislava.
POLLA, B. 1979: Bratislava - západné suburbium. Košice.
POLLA, B. 1980: Hrady a kaštiele na východnom Slovensku. Košice.
SLIVKA, M. 1978a: Stredoveké hutníctvo a kováčstvo na východnom Slovensku. In: Hist. Carpat. 9. Košice, s. 217-263.
SLIVKA, M. 1978b: Archeologický výskum zaniknutej šľachtickej kúrie vo Vajkovciach, okr. Košice-vidiek. In: Archaeol. Hist. 3. Brno, s. 303-323.
SLIVKA, M. 1980: Stredoveké hutníctvo a kováčstvo na východnom Slovensku. In: Hist. Carpat. 11. Košice, s. 218-288.
SLIVKA, M. 1981: Stredoveké hutníctvo a kováčstvo na východnom Slovensku. In: Hist. Carpat. 12. Košice, s. 211-276.
ULIČNÝ, F. 1992: Vývin historického osídlenia Vranova a okolia. In: Dejiny Vranova nad Topľou. Košice, s. 39-82.
ZÁVADOVÁ, K. 1974: Verný a pravý obraz slovenských miest a hradov, ako ich znázornili rytci a ilustrátori v XVI., XVII. a XVIII. storočí. Bratislava.

ENTDECKUNG EINER METALLURGISCHEN WERKSTÄTTE AUF DER BURG ČIČVA

Resümee

Im unteren Burghof von Čičva (Gemeinde Sedliská, Teil Podčičva, Bez. Vranov nad Topľou) entdeckte man im J. 1993 Objekte, die wahrscheinlich zu einer metallurgischen Werkstatt gehören. Auf verhältnismäßig kleinem Raum (Schnitt 4 x 3 m) wurde eine Steinmauer identifiziert, die mit einem kreisförmigen Objekt (Ofen) zusammenhing, nordwestlich von ihm befand sich ein 60 cm tiefes Pfostenloch und nördlich der Mauer eine Feuerstelle. Das kreisförmige Objekt mit erhaltener niedriger Wand, in welchem ein massives Metallschmelzstück gefunden wurde, hat man auf Grundlage archäometallurgischer Analysen der gefundenen Schlacke und Metallschmelzstücke als einen Schmelzofen zur Vorbereitung von Kupferlegierungen mit anderen Elementen identifiziert. Häufig war die Produktion von Bleibronzen. Die Feuerstelle diente zur Erwärmung von Eisen- und Nichteisenmetallen bei ihrer Schmiedeverarbeitung. Der Beitrag enthält auch eine Analyse von Schmiedeschlacke, in deren Struktur sich außer der fayalitischen und wüstitischen Komponente auch Sinter von der Erhitzung eiserner Halbfabrikate und ebenfalls Holzkohlenasche befanden. Der archäometallurgischen Analyse wurden 7 Proben unterzogen (Abb. 4-13; Tab. 1, 2).

Aus der Verfüllung des Schnittes gewann man außer Schlacke und Metallschmelzstücken archäologisches Material - Tierknochen, Keramik und Metallgegenstände (Abb. 14). Die Werkstätte kann auf Grundlage dieses Materials und mit Berücksichtigung historischer Umstände rahmenhaft in das 15./16.-17. Jh. datiert werden.

Die Erforschung der Fundstelle ist nicht abgeschlossen und für eine eingehendere archäologische Auswertung ist die Abdeckung einer größeren Fläche notwendig.

Abb. 1. Sedliská, Teil Podčičva. + - Fundstelle.
Abb. 2. Sedliská, Teil Podčičva. Schematischer Plan der Burg Čičva nach Š. Pisoň.
Abb. 3. Sedliská, Teil Podčičva. Plan des Schnittes II/93. 1 - Aufgeschüttete Schicht; 2 - massives Schmelzstück im kreisförmigen Objekt; 3 - dunkelgraue Verfüllung des kreisförmigen Objektes; 4 - hellgelbe Lehmschicht oberhalb der Sohle des kreisförmigen Objektes; 5 - gebrannte ziegelrote Schicht; 6 - Mauer und

Sohle des kreisförmigen Objektes; 7 - aschige Verfüllung der Feuerstelle; 8 - Verputzung der Feuerstelle; 9 - Steinmauer; 10 - Ziegel; 11 - rotbraune Einfassung des kreisförmigen Objektes.

Abb. 4. Sedliská, Teil Podčičva. Energetisch-disperse Mikroanalyse eines Bronzeblechstückchens.

Abb. 5. Sedliská, Teil Podčičva. Energetisch-disperse Mikroanalyse des Metallschmelzstückes, das auf der Oberfläche des kreisförmigen Objektes festgestellt wurde.

Abb. 6. Sedliská, Teil Podčičva. Energetisch-disperse Mikroanalyse des Metallschmelzstückes, das auf der Oberfläche des kreisförmigen Objektes festgestellt wurde.

Abb. 7. Sedliská, Teil Podčičva. Struktur von Schmiedeschlacke. Hellgrau - Wüstit, grau - zwei Komponenten der Silikatmatrize.

Abb. 8. Sedliská, Teil Podčičva. Struktur von Schmiedeschlacke. Hellgrau - Wüstit, grau - zwei Komponenten der Silikatmatrize, dunkel - Poren.

Abb. 9. Sedliská, Teil Podčičva. Oxidischer Block, der vom Sinter in der Struktur der Schmiedeschlacke stammt. Hellgrau - Wüstit, grau - zwei Komponenten der Silikatmatrize, dunkel - Poren.

Abb. 10. Sedliská, Teil Podčičva. Oxidische Blöcke, die vom Sinter in der Struktur der Schmiedeschlacke stammen. Hellgrau - Wüstit, grau - zwei Komponenten der Silikatmatrize, dunkel - Poren.

Abb. 11. Sedliská, Teil Podčičva. Oxidischer Block, vom Sinter in der Struktur der Schmiedeschlacke. Hellgrau - Wüstit, grau - zwei Komponenten der Silikatmatrize.

Abb. 12. Sedliská, Teil Podčičva. Komponente, die aus Holzkohlenasche aus der Struktur der Schmiedeschlacke stammt. Hell - Wüstit, hellgrau - zwei Bestandteile der Silikatmatrize, grau - Bestandteil aus der Holzkohlenasche, dunkel - Poren.

Abb. 13. Sedliská, Teil Podčičva. Ausgeprägte Lagen der Komponente der Silikatmatrize in der Struktur der Schmiedeschlacke. Hell - Wüstit, grau - zwei Komponenten der Silikatmatrize.

Abb. 14. Sedliská, Teil Podčičva. Auswahl von Keramik und Metallgegenständen.

Abb. 15. Ein Stich der metallurgischen Werkstatt nach Baks 1986.

Abb. 16. Ein Stich der Burg Čičva aus dem J. 1686 von J. Nypoort.

CHEMICAL AND METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF IRON ORES AND SLAGS FOUND IN MEDIEVAL BLOOMERY AND SMITHY SITES AND OBTAINED BY SMELTING EXPERIMENTS

Béla Török

A chemical and metallographic analysis of iron ores and slags, found in some Hungarian and an Austrian site provides a basis for this study. The analysis is supplemented by an investigation of used ores as well as slags and sponge iron obtained by smelting experiments. Dr. *János Gömöri* gave an account of sites, ages and types of used bloomeries in his previous study.

CHEMICAL ANALYSIS OF IRON ORES

Table 1 shows the compositions of medieval iron ores as well as ores, which can be found in Kópháza (near Sopron) nowadays. We can tell about every examinated ore at first sight, that these are limonite-rich and (in case of Harka-ore) hematite-limonite-type ores with acid, sometimes strongly acid characteristics. These ores have lower Fe-content than the raw materials used in today's industry. There was even less Fe-content of sometimes used $FeCo_3$-rich ores respectively meadow- and bog-ores with spongy structure (sometimes only 20-25 %).

Ironworkers of the old ages would discover soon that re-use of preroasted ores (for example the half-reduced ores, which are left over in the upper region of the furnace) have beneficial effect on the intensity of reducing processes. In the table 1 we can see a concentration of an experimental ore after preroasting (No. 5 and 6). On the other hand, which is the main advantage of these relatively Fe-poor ores, it is the porous, sponge-like structure. This physical property makes good reducibility, which is increased by preroasting. This could be a question of basic importance on the relatively low functional temperature 1100-1300 C° (*Neumann 1954; Mayrhofer - Hampl 1958; Pleiner 1958; Oelsen - Schürmann 1954*, p. 507; *Tylecote 1962*, p. 191) and in the lower intensity blow of reducing gases. This assured the appropriate penetrability for the reducing gases and the molten slag running out. It could diminish the period of reduction. Probably the early historic ironworkers selected the lighter and more porous ores.

The low basicity is very important because the higher CaO concentration significantly increases the melting temperature of slags (*Vastagh 1968*, p. 100). The general opinion is that fayalite-rich ($2FeOxSiO_2$) slag could have only been formed from the ore with satisfactorily high silica concentration (*Gilles 1958*, p. 113; *1960*, p. 943; *Tylecote 1960*, p. 451).

The Harka-ore has higher MnO and MgO content than Eisenzicken-ores from 13-14th centuries, which indicates origins from different layers of ore. The MnO and MgO would have an advantageous effect on the smelting temperature and liquidity of slags but it isn't significant with measured values. The higher alumina content of Harka-ore can also be seen, which isn't surprising viewing the nearness of Transdanubian bauxite layers. The alumina with higher than 4 % concentration would decrease the quantity of reoxidated hematite (*Farkas 1983*, p. 201).

The C content of the ores is connected with the above mentioned $FeCO_3$, which dissociates to FeO and CO_2 on 230-250 C° immediately after the dehydration (*Farkas 1983*, p. 193). In the examined ores the S content is higher with some hundredths % than Fe-rich hematites and magnetites used nowadays in the modern industry (*Farkas 1989*, p. 37), even in the ores found in Borsod-county (*Vastagh 1968*, p. 95). Nevertheless, these values are also satisfactorily low to obtain bloom with little S content. The low sulphur concentration was a question of basic importance at the bloom-smelting, namely, there was hardly any chance to desulphurizate because of the low metallurgical temperature and basicity. The minimal S content of charcoal, used for heating and reducing, connects with it, which is thought to be lucky in those ages.

CHEMICAL ANALYSIS OF IRON SLAGS

The results of slag analysis follow the tendency of ore analysis (table 2). Among the examined iron slags, from the point of view of origin, we could separate slags from smelting reduction in bloomery and slags from smithy. Among the former ones a separated group contains two slags found in "Nemeskér-type" bloomery furnaces from 9-10th centuries (Nemeskér - excavation of Gömöri, 1986; Tömörd - excavation of Gömöri, 1978; *Gömöri - Kisházi 1985*, p. 340-344). Connected to them the raw materials with similar structure and composition to hematite-limonite-rich Harka-ore, found also near a site of "Nemeskér-type" furnace, can be considered as prime ore. Simultaneously mass use of limonite ore found in Sopron-Potzmannbalk is always presumable. Appearance of this ore is similar to Eisenzicken-ores.

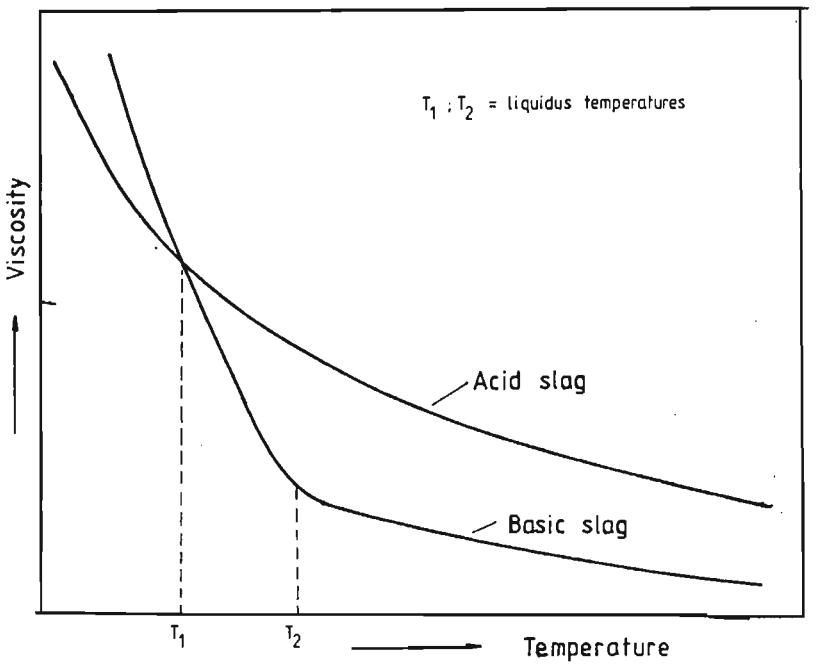


Fig. 1. Principled relationship between temperature and viscosity of acid and basic slags.

Both Nemeskér- and Tömörd-slags have acid characteristics according to basicity of ores. During the process of bloom-smelting this kind of slag composition is advantageous (mainly at the "Nemeskér-type" furnaces where is a possibility that the smelting slag runs out) namely on the relatively low metallurgical temperature the acid slag has a better liquidity besides its lower smelting point as if it had basic characteristic (fig. 1). The cooled acid slag will have a glassy structure and on its surface we can often see the form of flowing like a bunch of grapes after that it was run out and frozen.

The common characteristic of slags found at bloomery sites is the high Fe concentration. It indicates bad iron output which was partly regular because of the incomplete reduction resulted by low temperature and it was partly necessary because of the purpose to get directly steel-like, forgeable product with low C content. Namely, the Fe concentration of slag can impede the exaggerated carbonization of iron in such a way that the FeO can oxidize out the carbon included in the metal because of local overheating. In this way the iron with two valences can act like an oxygen-transmitter agent (*Vastagh 1968*, p. 101).

The low C and S content, characteristic features of the bloom process, specially held in respect of Nemeckér- and Tömörd-slags were obtained at the same type of furnaces and the state of the blooms connected with them was probably equivalent to that. It can also be said about the Potzmann-slags taken from smelting furnaces from the time of the Hungarian conquest (excepted some local overheatings). In case of compositions of Potzmann-slags it can be seen that sometimes how much different the quantities of compositiens can be in slags obtained from the same bloomery but with different structures.

We have examined a slag found at a smithy from 9th century or Arpadian Age (Csonkahegyhát; Müller; table 2, No. 16). To our surprise its composition was similar to the composition of slags obtained by smelting reduction rather than from forge slag. The typical composition of a forge slags are shown by the Petőháza-slag (excavation of Gömöri, 1986; table 2, No. 19) from Roman Ages and the Sály-slag (excavation of Mesterházy, 1982) from the 10-11th centuries (table 2, No. 17). While the composition of Csonkahegyhát-slag is similar to the compositions of Nemeskér-, Tömörd- and Eisenzicken-slags, in cases of Petőháza- and Sály-slags can be seen the re-oxidation with great degree. This is the main characteristic of the forge slag because it came out

from the reducing gas-rich atmosphere of the furnace to the open air reheating pit where it was pressed by hammering. But appearances of Csonkahegyhát- and Petőháza-slags are similar because of the strongly porous structure with reddish parts and seetled foreign materials in some places. But on the surface of Csonkahegyhát-slag the signs of flowing are present well.

The examined forge slags have higher C content than the slags from smelting, perhaps because of the reheating was embedded in charcoal (mainly in case of Petőháza-slag).

Among the examined samples a very spongoid slag with the least specific gravity can be found (table 2, No. 18). Its composition isn't similar to any type of slags unanimously.

In summer 1992 we carried out smelting experiments under the direction of Dr. *János Gömöri* in a reconstructed "Nemeskér-type" bloomery made the scale of exact material. As it can be seen, the chemical composition of the wall of the experimental furnace is almost the same as the composition of wall-fragment found in Potzmann-balk from 9-10th centuries (table 1, No. 8 and 9). It guaranted the similar refractability and physico-chemical properties to the contemporary states in the possible reactions between the furnace-wall and smelting slag.

We carried out the smelting with limonite coming from Kópháza (table 1, No. 5 and 6).

During the first 11 hours of smelting 10 kg of ore was used. We were able to keep up more than 1000 C° (max. 1210 C°) temperature in the furnace for only 3-4 hours because of the poor quality of the pair of bellows made after faithful representation of the period. The obtained slaggy masses contain unreduced or half-reduced grains in great part (table 2, No. 20 and 21), nevertheless, the metallographic analysis shows ferrite grains in a few points.

After one and a half month we put the obtained material into the furnace again and we carried out another 10 hours smelting. As a result of this experiment we obtained a mass with metallic iron parts settled in slag and some tap-slag (table 2, No. 22 and 23) with similar composition and basicity to the examined medieval tap-slags though its Fe concentration was somewhat lower. Some parts of the mass found in the furnace were only slag in some places with half-reduced ore grains. On the other hand, magnetizable metallic iron parts appeared in some other places. Immediately after the smelting we made a trial of reheating on 1000-1050 C° temperature in a reheating pit (for 1 hour) but the mass wasn't forgeable because of the little proportion of the metallic iron. The low C and S content stayed valid for all samples obtained by the smelting experiments.

Because of a comparison we carried out smelting experiments under laboratorial conditions in the Ironmetallurgical Faculty of the University of Miskolc. The raw material of this reducing smelting was the same type limonite ore from Kópháza (table 1, No. 7). During the smelting in laboratory our main ambition was the safeguarding of the constant temperature (1200±10 C°).

The reduction went forward fastly under ideal conditions. We took samples from the formed slaggy sponge iron and the separated tap-slag after 2 and 3 hours of smelting. The characteristic compositions of tap-slags were similar to what we could see with the tap-slags obtained from the reconstructed bloomery and found in medieval excavations. We weren't able to make a forgeable piece because of the little quantity of charge and the great proportion of transmitted iron to the slag. Table 2 therefore shows the composition of the sponge iron in the pervaded state with slag.

METALLOGRAPHIC ANALYSIS

The cuts of the slag samples were examined by Scanning electron microscope.

The Tömörd slag has a dark colour. It is almost fully black, leniently shining, typical tap-slag with lunkers to be found densely. In the microscopic picture the formed striped structure can be seen well (fig. 10). The thick lighter parts somewhere are the mixture of fayalite and FeO but in many places there is pure FeO (fig. 2). Between those are thin darker strips in which the fayalite is also present, but there is considerably more silica. Besides it there can be shown Ca, K and Al (fig. 3). The local segregation of K_2O and Al_2O_3 is presumable.

(The ratio of heights of tips in the same spectrum doesn't mean the exact ratio of the quantities of constituents, rather it gives information about the change of incidence of the same element compared different examined places.)

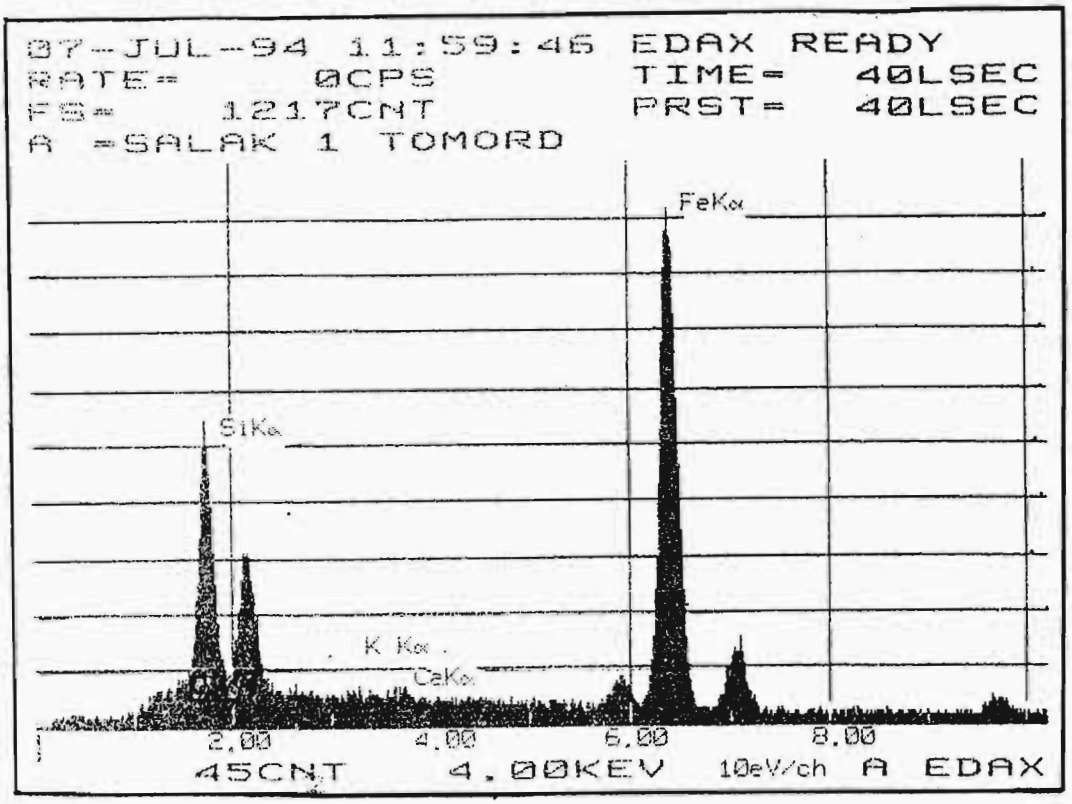


Fig. 2. Spectrum of Tömörd-slag.

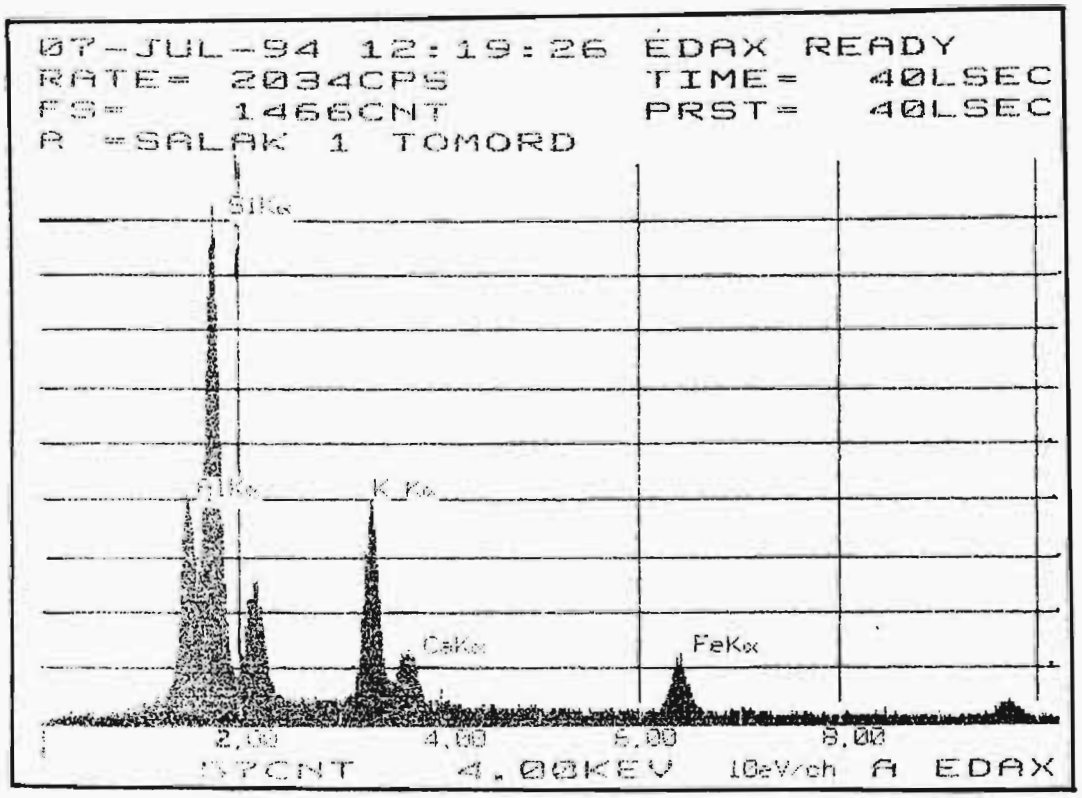


Fig. 3. Spectrum of Tömörd-slag.

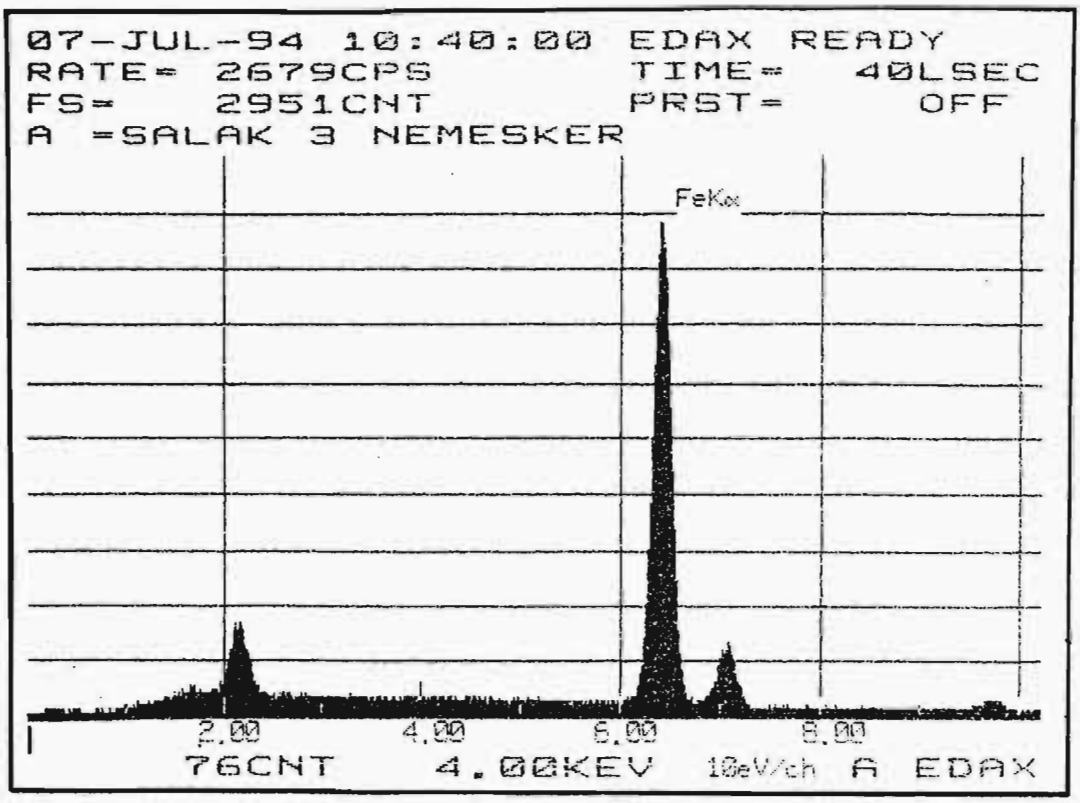


Fig. 4. Spectrum of Nemeskér-slag.

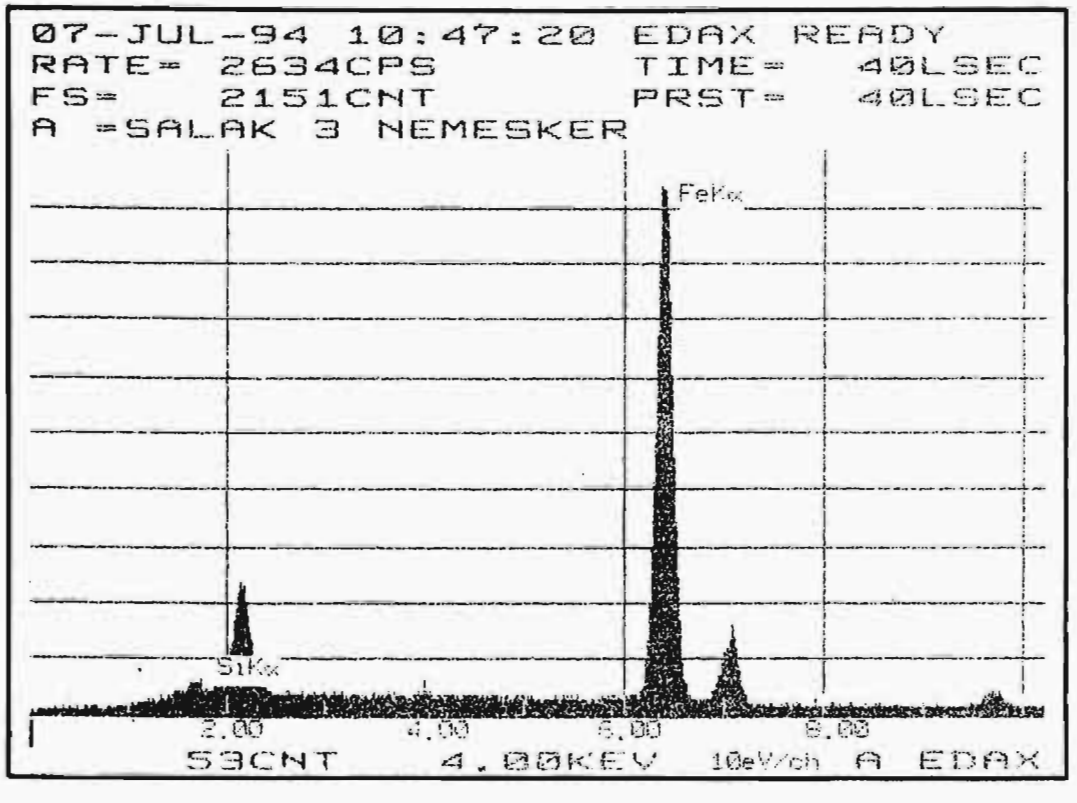


Fig. 5. Spectrum of Nemeskér-slag.

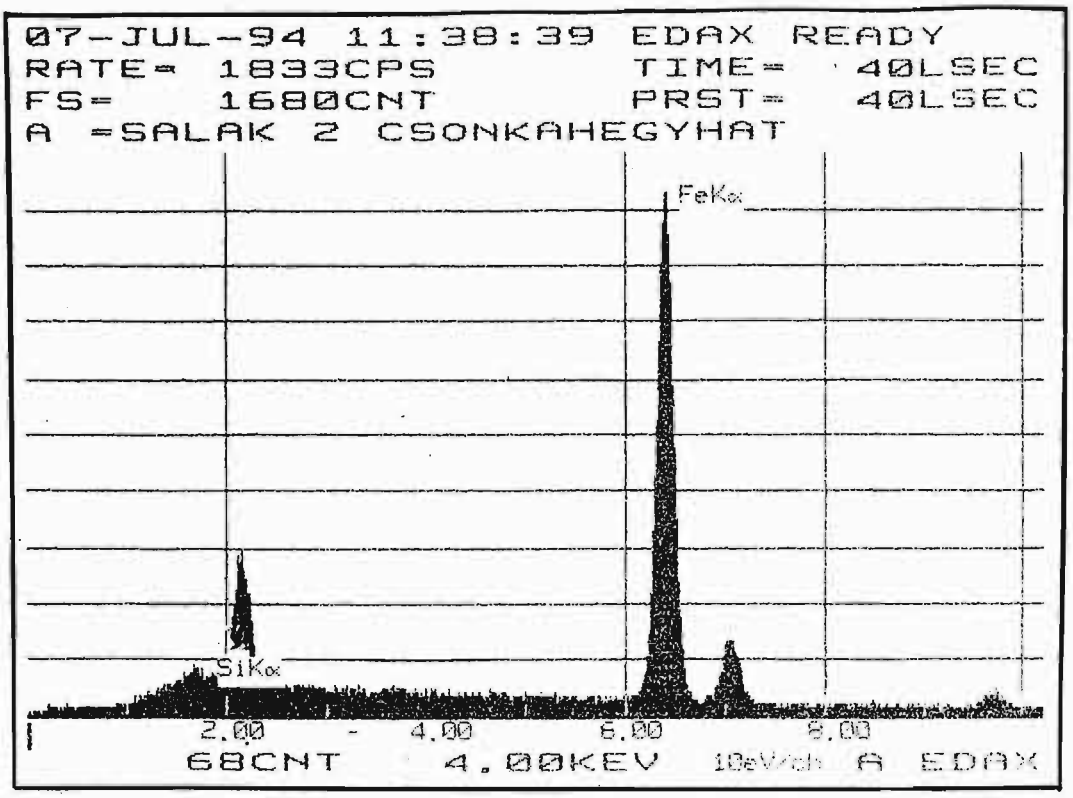


Fig. 6. Spectrum of Csonkahegyhát-slag.

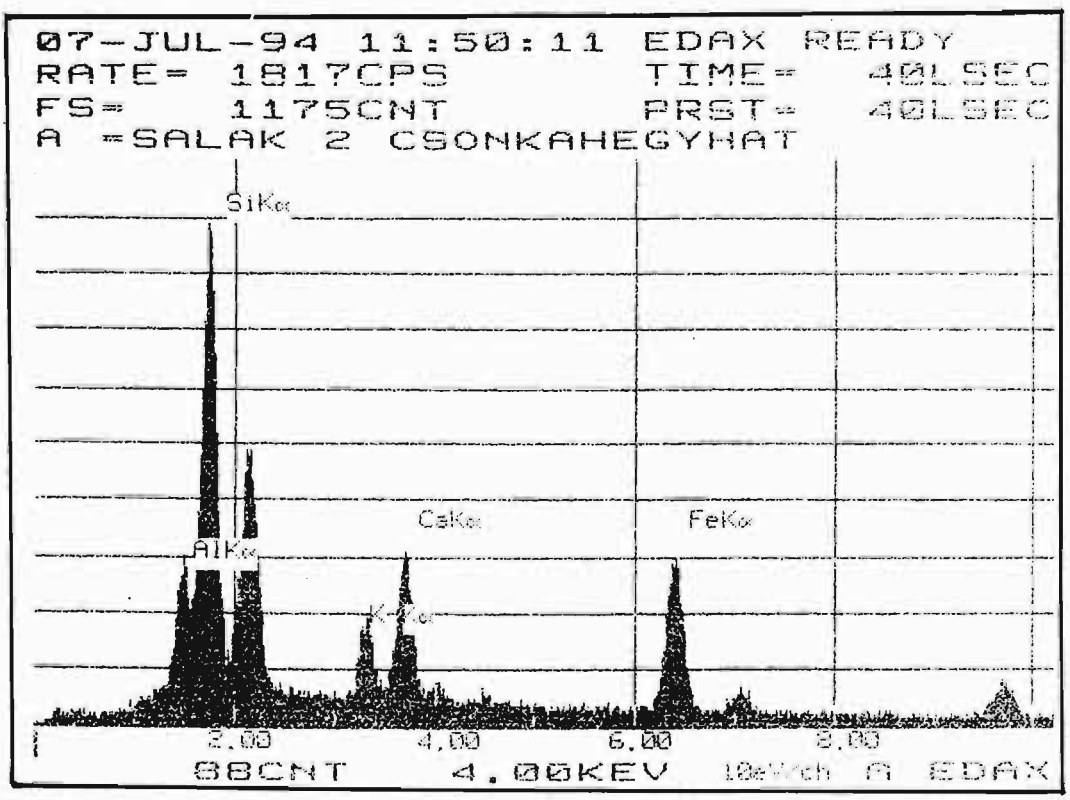


Fig. 7. Spectrum of Csonkahegyhát-slag.

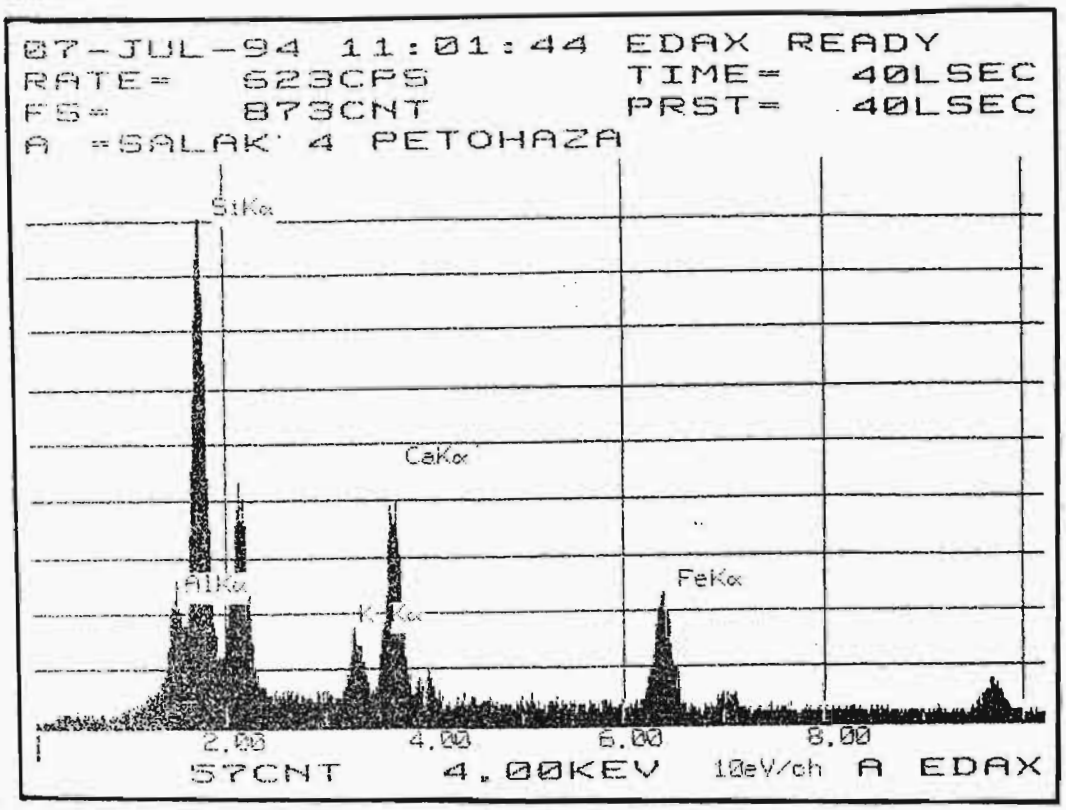


Fig. 8. Spectrum of Petőháza-slag.

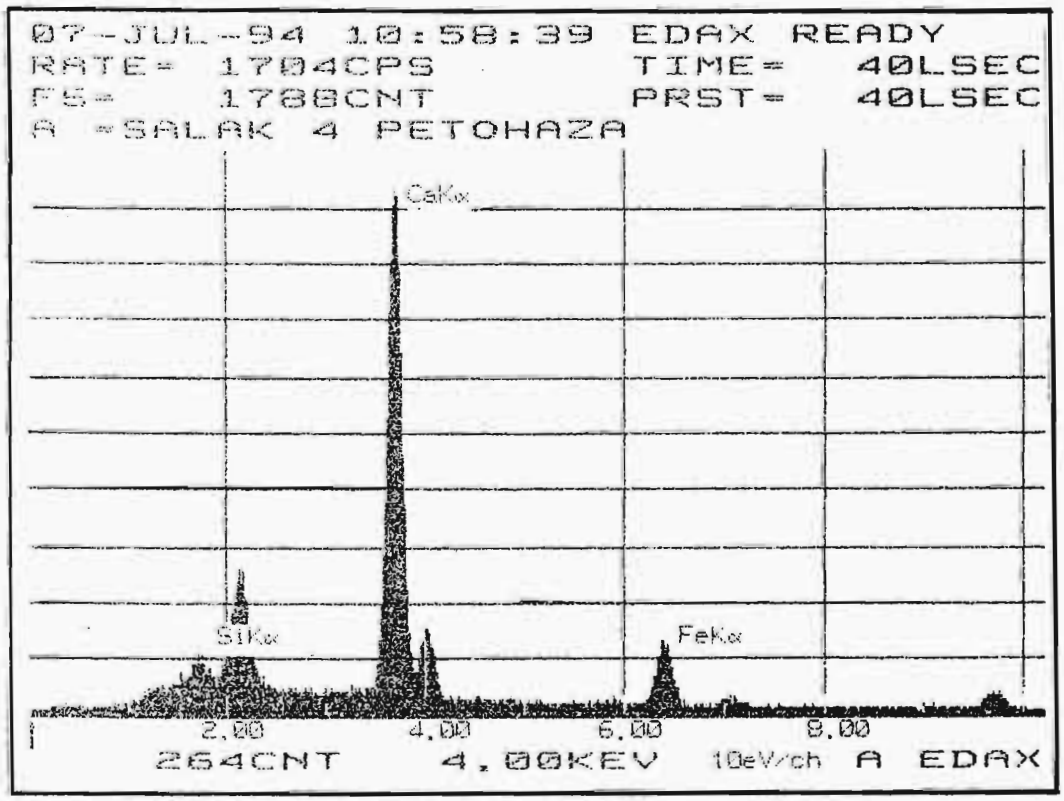


Fig. 9. Spectrum of Petőháza-slag.

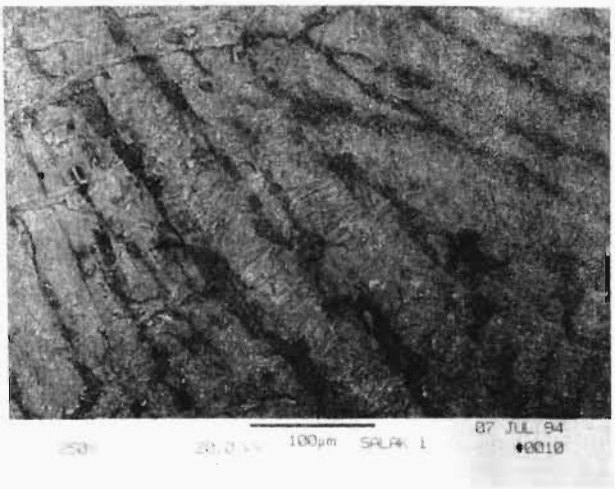


Fig. 10. Metallographic picture of Tömörd-slag (250x).

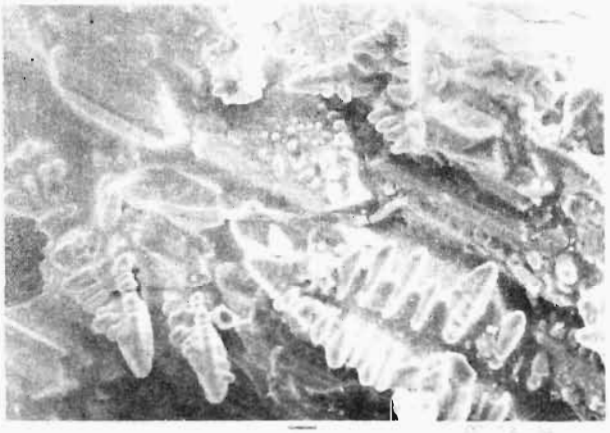


Fig. 11. Metallographic picture of Tömörd-slag (600x).

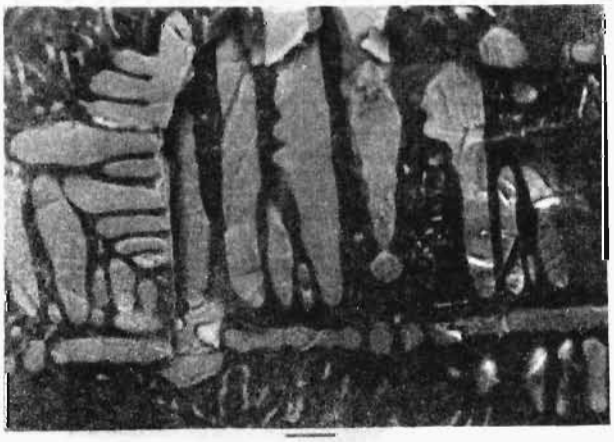


Fig. 12. Metallographic picture of Tömörd-slag (1000x).

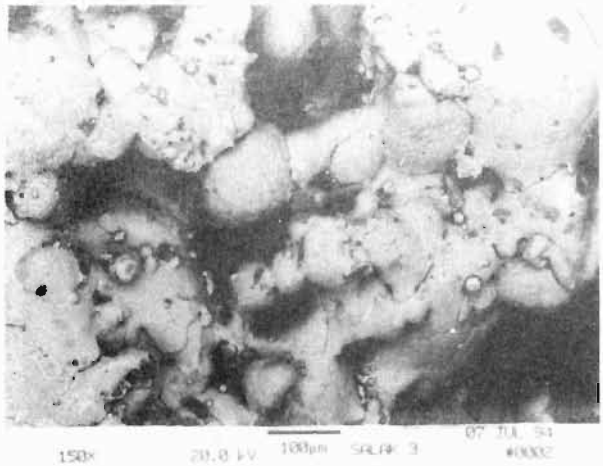


Fig. 13. Metallographic picture of Nemeskér-slag (150x).

Fig. 14. Metallographic picture of Nemeskér-slag (500x).

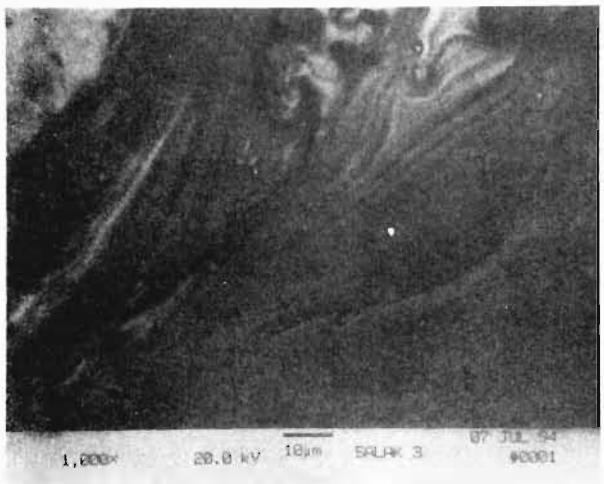


Fig. 15. Metallographic picture of Nemeskér-slag (1000x).

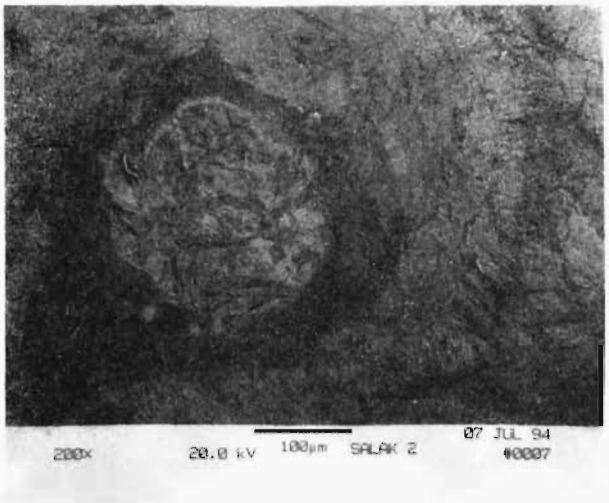


Fig. 16. Metallographic picture of Csonkahegyhát-slag (200x).

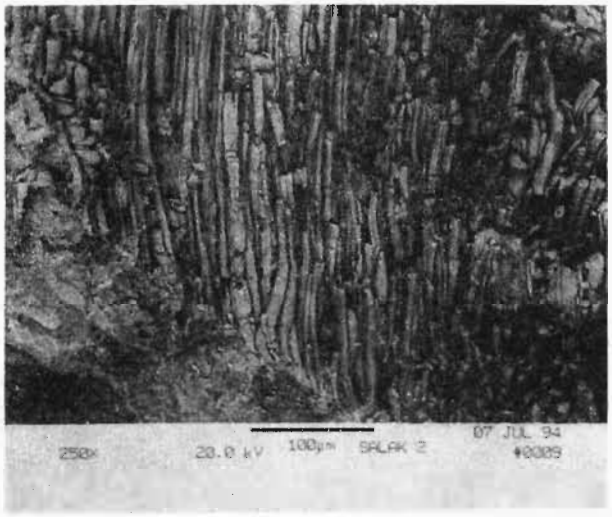


Fig. 17. Metallographic picture of Csonkahegyhát-slag (250x).

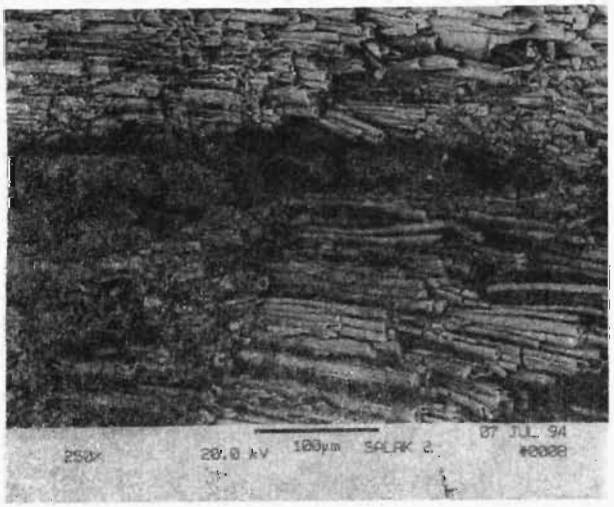


Fig. 18. Metallographic picture of Csonkahegyhát-slag (250x).

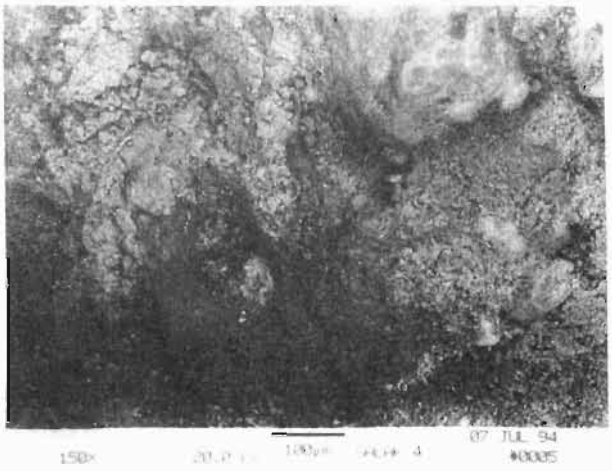


Fig. 19. Metallographic picture of Petőháza-slag (150x).

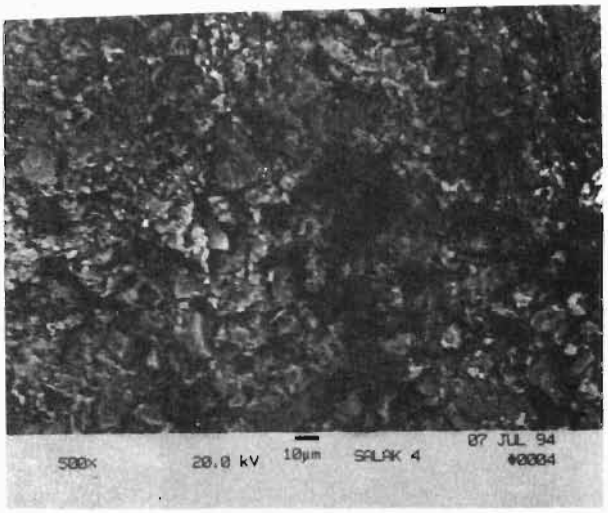


Fig. 20. Metallographic picture of Petőháza-slag (500x).

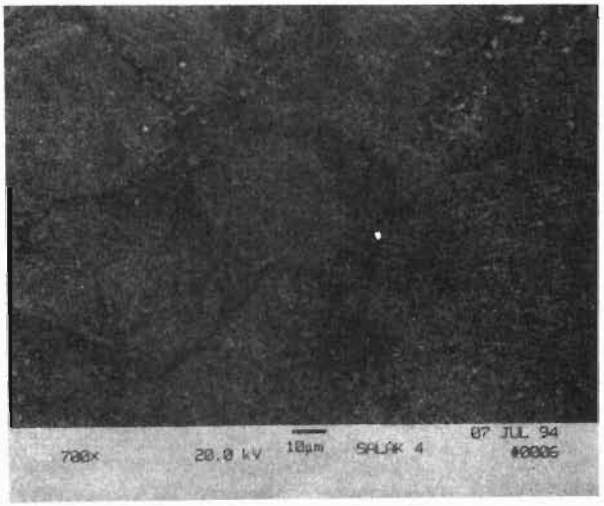


Fig. 21. Metallographic picture of Petőháza-slag (700x).

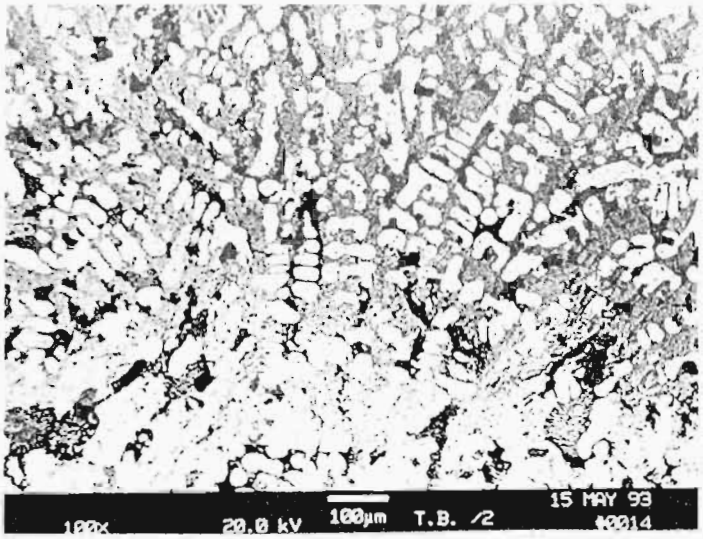


Fig. 22. Metallographic picture of slag from experimental bloomery (100x).

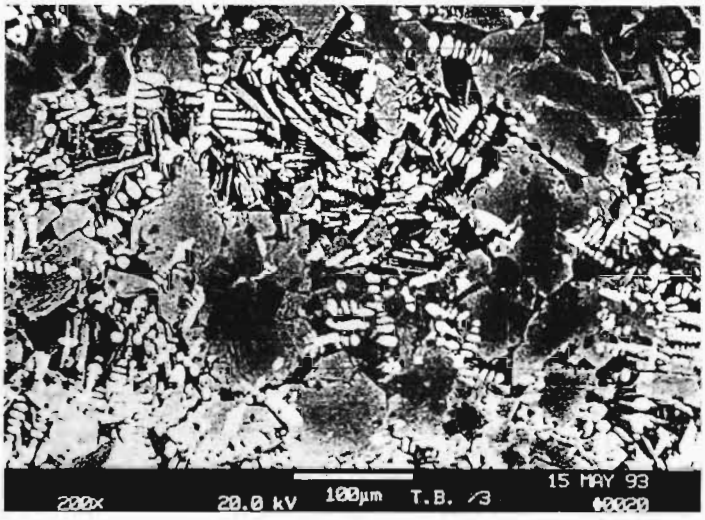


Fig. 23. Metallographic picture of slag from laboratorial furnace (200x).

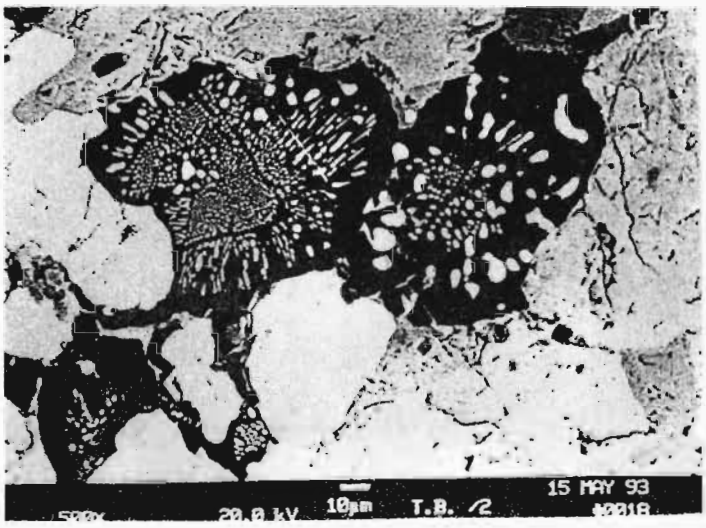


Fig. 24. Metallographic picture of slag from experimental bloomery (500x).

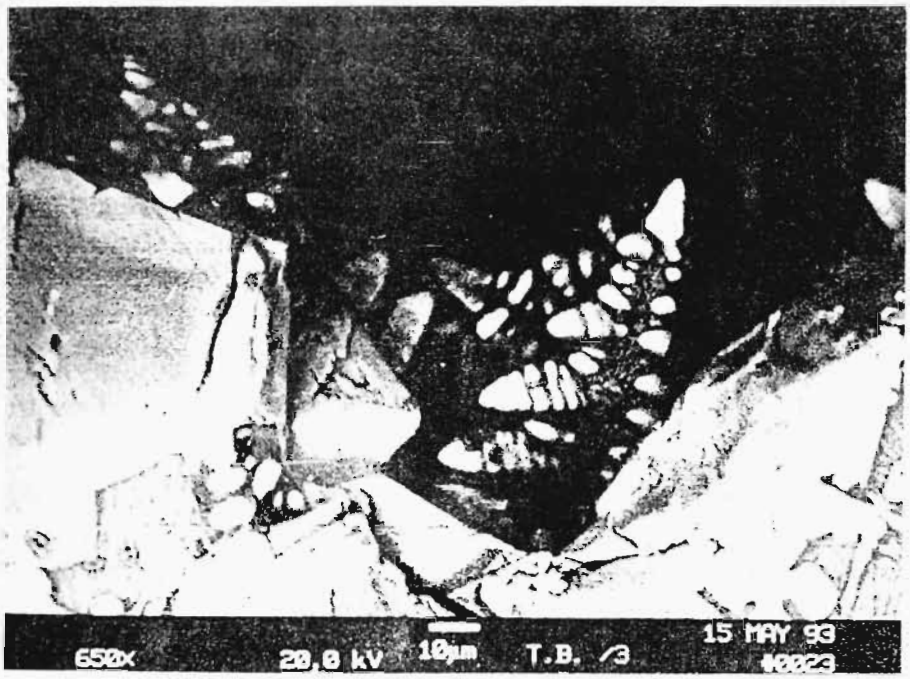


Fig. 25. Metallographic picture of slag from laboratorial furnace (650x).

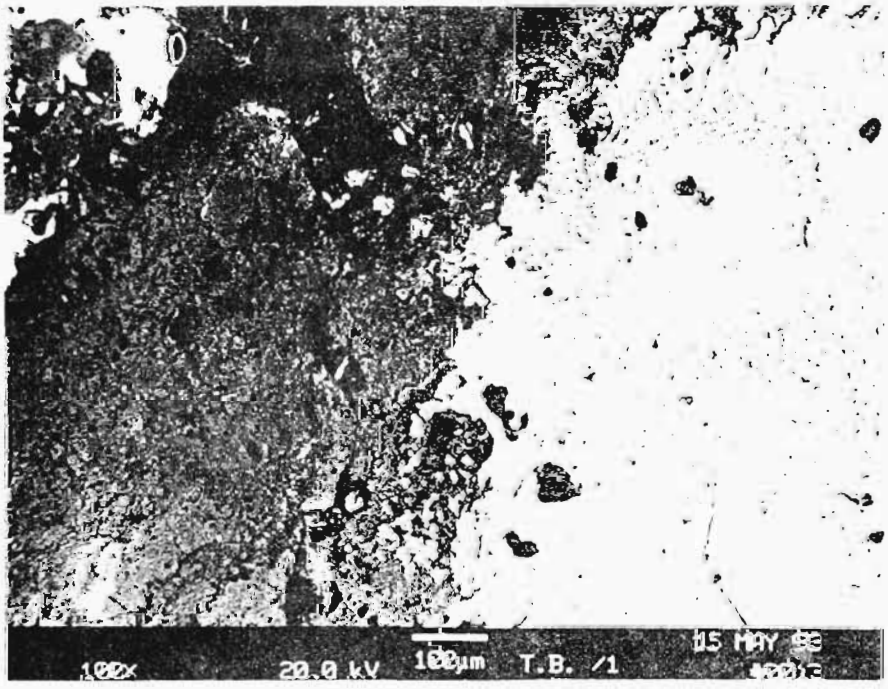


Fig. 26. Metallographic picture of medieval metallic iron with slag (100x).

With strongly magnifying the three dimensional dendrite cristallizations can be examined well (fig. 11). With more strongly magnifying there can be seen that the dendrites of ferric oxides are weaved through by silica (fig. 12). It is present in the light area in fig. 10.

In fig. 13 the holes and slits of the Nemeskér-slag can be examined. The slag freezed forming under the shape of tapping hole. With strongly magnifying we can find almost only ferric oxide areas (fig. 4 and 5) where the darker grey part indicates Fe_2O_3. The fayalite comes to sight in form of thin stripes only, so to say it covers with a network the parts of FeO (fig. 14 and 15). The other consitutents probably occur in local segregation.

The Csonkahegyhát-slag is unique among the examined slags. The microscopic structure of this slag is particular. In the middle the great light area contains ferric oxides almost alone (fig. 6 and 16). In the dark ring around it is a high quantity of silica. There can be found fayalite, pure SiO_2, CaO, alumina and a little K_2O (fig. 7). In this case the ratio of Ca-K shows the majority of Ca contrasted with some places of Tömörd-slag. The next thicker light layer has the same composition and structure with the innest area, however around it is a thin ring with invariably Fe-rich composition, minimal fayalite and fibrous structure (fig. 17 and 18).

However, the slag coming from smithy workshop at Petőháza from the Roman Ages shows the typical form of the forge slags. There can be seen finer grains in steady distribution. It results in more massive slag structure (fig. 19). Among the grains with high Fe content the SiO_2 appears in steady distribution like a silica-net around the FeO. We found CaO, K_2O and some alumina in the Si-rich areas (fig. 8). In the less dark pieces are strong CaO segregation with a little silica and FeO. It connected the high CaO content compared to silica of chemical analysis (fig. 9). With strongly magnifying there can be examined better the porous structure (fig. 20). The parts with Ca, Si, Al and K content cover with network the little grains of ferric oxide (fig. 21).

We made a comparison between the slags obtained in reconstructed "Nemeskér-type" furnace and laboratorial smelting experiments respectively the Tömörd-tap-slag. Both the slag from reconstructed bloomery and the slag from Tamman-furnace show dendritic cristallization similar to Tömörd-slag (fig. 22 and 23). The slags coming from both methods of smelting experiment have a spongy inner structure similar to Tömörd- and Nemeskér-slags. Among the FeO dendrites with heterogeneous distribution there can also be found the darker fayalite parts with high SiO_2 and FeO content, which contain increased alumina, CaO and MgO concentrations in some places. Near coarse dendritic cristallization the little grains with fine dendrites also appear in the experimental slags (fig. 24). In the holes of slag from laboratorial smelting we also found dendrites cristallized finely, similar to Tömörd-slag (fig. 25).

On the basis of the facts mentioned above it can be supposed that the process of slagging has taken place in similar way in the bloomery built by us (where we tried to reconstruct the period method of blowing), and in the case of the medieval and laboratorial processes.

Finally, it is well worth seeing a metallographic picture of iron clod found in a slag finding in Potzmann-balk from 9th century. The Fe content concentrated to larger area and in the white places are practically only metallic iron surrounded by FeO-rich parts (fig. 26).

SUMMARY

A chemical and metallographic analysis of ores and slags from the Medieval and Roman ages found in some Hungarian and an Austrian site respectively used and obtained in smelting experiments, was carried out.

The acid characteristic of ores with mainly limonite was established and it was connected with the known conditions of bloom smelting.

This tendency was continued by results of slag analysis. Besides there was a grouping according to composition (basicity, ratio of FeO and Fe_2O_3 etc.) places of origin (bloomery furnace or smithy workshop) and ages.

After the metallographic analysis of some slags the description of the characteristics of several slags was amplified (granular structure and local segregations).

A comparison was performed between the chemical compositions and metallographic pictures of archeological findings and experimental materials.

It has been found that the passed metallurgical and physico-chemical reactions at smelting experiments were probably similar to the period processes.

Bibliography

FARKAS, O. 1983: Nyersvaskohászattan I. (Manuscript.) Budapest., pp. 193-201.

FARKAS, O. 1989: Nyersvasmetallurgia. Budapest, pp. 37-332.

GILLES, J. W. 1958: Westfal. Forsch., 11, p. 113.

GILLES, J. W. 1960: Stahl und Eisen, 80, p. 943.

GÖMÖRI, J. - KISHÁZY, P. 1985: Iron Ore Utilization in the Carpathian Basin up to the Middle Ages with Special Regard to Bloomeries in Western Transdanubia. Neogene Mineral Resources in the Carpathian Basin. Budapest, pp. 340-344.

HECKENAST, G. - NOVÁKI, Gy. - VASTAGH, G. - ZOLTAY, E. 1968: A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban. Budapest, pp. 95-101.

MAYRHOFER, R. J. - HAMPL, F. 1958: Frühgeschichtliche Bauernrennfeuer im südöstlichen Niederösterreich. Archaeol. Austr. Beiheft 2. Archiv für ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung. 11. Wien.

NEUMANN, B. 1954: Die ältestenVerfahren der Erzeugung technischen Eisens. Berlin.

OELSEN, W. - SCHÜRMANN, E. 1954: Archiv für das Eisenhüttenwesen, 25, p. 507.

PLEINER, R. 1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích. Praha.

TYLECOTE, R. F. 1960: Journal of Iron and Steel Inst., 194, p. 451.

TYLECOTE, R. F. 1962: Metallurgy in Archaeology. London, p. 191.

WASTAGH 1968 = HECKENAST, G. - NOVÁK, Gy. - VASTAGH, G. - ZOLTAY, E. 1968.

Table 1. Chemical compositions of iron ores and wall-fragments of bloomeries

Run No.	Samples	Chemical components (wt %)											
		T.Fe	Fe_{met}	FeO	x Fe_2O_3	SiO_2	CaO	MnO	MgO	Al_2O_3	C	S	Hydr. water
1.	Iron ore from Sopron-Harka 9-10th centuries	39,52		0,83	55,58	29,10	4,20	1,61	2,78	6,40	0,184	0,063	2,04
2.	Iron ore from Eisenzicken 13-14th centuries	32,39		0,50	45,75	35,43	2,68	0,04	0,64	1,32	0,200	0,079	8,61
3.	Iron ore with embedded quartz from Eisenzicken; 13-14 th centuries	23,78		1,67	32,14	52,73	2,98	0,03	0,44	1,46	0,250	0,025	6,68
4.	Iron ore from Sopron-Potzmann 9-10 th centuries	35,35		0,75	49,71	35,44	3,87	1,46	0,60	1,79	0,220	0,050	6,45
5.	Iron ore from Kópháza; 1992 experimental raw material	21,82		0,50	30,66	45,72	8,04	1,12	0,81	6,06	0,150	0,030	6,87
6.	Roasted iron ore from Kópháza; 1992 experimental material	30,60		1,33	42,28	34,98	9,63	2,06	1,09	7,52	0,780	0,020	0,20
7.	Iron ore from Kópháza; 1993 experimental raw material	38,03		1,82	52,35	25,90	6,55	2,13	0,63	1,74	0,330	0,040	8,45
8.	Wall-fragment of bloomery furn. from Sopron-Potzmann; 9-10 th c.			0,36	9,78	66,68	7,15	0,17	6,04	8,41			
9.	Wall-fragment of experimental bloomery furnace; Sopron, 1992			0,83	5,87	69,76	7,74	0,15	5,69	8,16			

Table 2. Chemical compositions of iron slags and sponge irons

Run No.	Samples	Chemical components (wt %)										
		T. Fe	Fe_{met}	FeO	x Fe_2O_3	SiO_2	CaO	MnO	MgO	Al_2O_3	C	S
10.	Iron tap-slag of bloomery furnace from Tömörd; 9-10th centuries	47,81		42,39	21,24	29,70	2,98	0,63	1,49	2,01	0,056	0,023
11.	Iron slag of bloomery furnace from Nemeskér; 9-10th centuries	44,57		42,77	16,19	25,86	5,36	1,90	2,27	4,79	0,066	0,028
12.	Iron tap-slag of bloomery furnace from Sopron-Potzmann; 9-10th c.	43,99		43,63	14,41	25,74	4,17	3,98	3,70	4,05	0,090	0,030
13.	Slag of bloomery furnace from Sopron-Potzmann; 9-10th c.	15,05		12,79	7,31	68,14	5,66	0,26	1,60	4,03	0,130	0,020
14.	Cinder of bloomery with ore and charcoal grains; Sopr.-Potz.; 9-10th c.	43,34		19,66	40,12	27,38	2,38	2,23	2,82	3,38	0,940	0,030
15.	Iron tap-slag from Eisenzicken; 13-14th centuries	42,17		35,60	20,73	29,02	2,79	0,96	2,86	4,22	0,052	0,059
16.	Iron slag from smithy workshop; Csonkahegyhát; 9th c. or Arpadian Age	41,59		35,75	19,73	30,43	5,66	0,06	2,14	3,93	0,161	0,020
17.	Iron stag from Sály; 10-11th centuries	58,23		35,57	43,72	9,90	7,34	0,05	0,44	traces	0,340	0,072
18.	Iron slag from Sopron, Deák-Square; Roman Age (?)	44,29		34,60	24,87	25,27	8,66	1,59	1,77	2,04	0,362	0,092
19.	Forge slag of smithy from Petőháza; Roman Age	59,13		22,72	59,29	5,86	7,57	0,18	0,77	0,54	0,914	0,089
20.	Iron slag of smelting experiment; Sopron; 1992; (1st attempt)	39,07		31,47	20,88	36,23	6,85	2,09	1,20	1,15	0,040	0,060
21.	Iron slag of smelting experiment; Sopron; 1992; (1st attempt)	38,91	5,04	26,98	18,44	33,84	3,87	2,10	2,42	6,96	0,030	0,020
22.	Iron tap-slag of smelting experiment; Sopron; 1992; (2nd attempt)	33,87		29,64	15,49	38,98	6,26	1,97	0,99	6,45	0,020	0,020
23.	Experimental sponge iron with slag; Sopron; 1992; (2nd attempt)	43,68	23,69	23,72	2,22	39,96	5,66	2,08	0,83	1,67	0,080	0,010
24.	Iron tap-slag of laboratorial exp.; Miskolc; 1993; (after 2hrs. smelting)	45,47		42,26	18,04	26,04	6,93	3,66	0,91	1,95	0,120	
25.	Iron tap-slag of laboratorial exp.; Miskolc; 1993; (after 3hrs. smelting)	43,35		38,60	19,08	26,50	8,65	3,36	0,64	2,58	0,320	
26.	Laboratorial sponge iron with slag; Miskolc; 1993; (after 2hrs. smelting)	58,81	43,38	15,41	4,93	26,66	3,72	3,51	0,31	1,01	0,024	
27.	Laboratorial sponge iron with slag; Miskolc; 1993; (after 3hrs. smelting)	58,80	46,15	12,85	3,81	28,81	3,58	3,29	0,53	0,87	0,009	

CHEMICKÁ A METALOGRAFICKÁ ANALÝZA ŽELEZNÝCH RÚD A TROSIEK NÁJDENÝCH V STREDOVEKÝCH ŽELEZIARŇACH A VYHNIACH A ZÍSKANÝCH EXPERIMENTÁLNYMI TAVBAMI

Resumé

Predmetom článku je chemická a metalografická analýza železných rúd a trosiek z obdobia stredoveku a z doby rímskej, ktoré sa našli na niektorých maďarských a rakúskych sídliskách, resp. boli použité a získané pri experimentálnych tavbách.

Potvrdil sa kyslý charakter prevažne limonitických rúd, ktorý sa dal do súvisu so známymi podmienkami pri tavení v redukčnej peci.

Táto tendencia pokračovala výsledkami analýzy trosky. Okrem toho sa vzorky zoskupili podľa zloženia (zásaditosť, obsah FeO, Fe_2O_3 atď.), miesta pôvodu (taviaca pec alebo kováčska dielňa) a veku.

Po metalografickej analýze vzoriek trosiek sa opis charakteristík niektorých z nich rozšíril (zrnitá štruktúra a miestne segregácie).

Porovnalo sa chemické zloženie a metalografické snímky archeologických nálezov a experimentálnych materiálov.

Výsledky ukázali, že uskutočnené metalurgické a fyzikálno-chemické reakcie pri pokusoch s tavením boli pravdepodobne podobné procesom v danom historickom období.

Tab.1. Chemické zloženie železných rúd a fragmentov stien taviacich pecí.
Tab.2. Chemické zloženie železných trosiek a hubovitého železa.

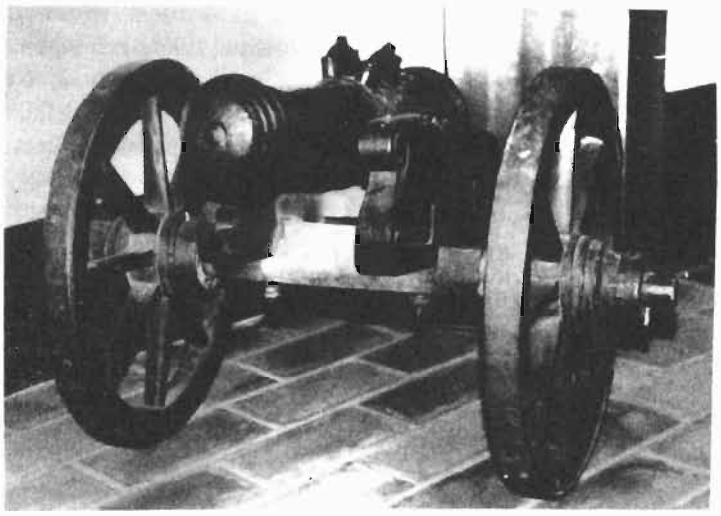
Obr. 1. Základný vzťah medzi teplotou a viskozitou kyslých a bázických trosiek.
Obr. 2. Spektrum trosky z Tömördu.
Obr. 3. Spektrum trosky z Tömördu.
Obr. 4. Spektrum trosky z Nemeskéru.
Obr. 5. Spektrum trosky z Nemeskéru.
Obr. 6. Spektrum trosky z Csonkahegyhátu.
Obr. 7. Spektrum trosky z Csonkahegyhátu.
Obr. 8. Spektrum trosky z Petőházy.
Obr. 9. Spektrum trosky z Petőházy.
Obr. 10. Metalografická snímka trosky z Tömördu (250x).
Obr. 11. Metalografická snímka trosky z Tömördu (600x).
Obr. 12. Metalografická snímka trosky z Tömördu (1000x).
Obr. 13. Metalografická snímka trosky z Nemeskéru (150x).
Obr. 14. Metalografická snímka trosky z Nemeskéru (500x).
Obr. 15. Metalografická snímka trosky z Nemeskéru (1000x).
Obr. 16. Metalografická snímka trosky z Csonkahegyhátu (200x).
Obr. 17. Metalografická snímka trosky z Csonkahegyhátu (250x).
Obr. 18. Metalografická snímka trosky z Csonkahegyhátu (250x).
Obr. 19. Metalografická snímka trosky z Petőházy (150x).
Obr. 20. Metalografická snímka trosky z Petőházy (500x).
Obr. 21. Metalografická snímka trosky z Petőházy (700x).
Obr. 22. Metalografická snímka trosky z experimentálnej pece (100x).
Obr. 23. Metalografická snímka trosky z laboratórnej pece (200x).
Obr. 24. Metalografická snímka trosky z experimentálnej pece (500x).
Obr. 25. Metalografická snímka trosky z laboratórnej pece (600x).
Obr. 26. Metalografická snímka stredovekého kusového železa s troskou (100x).

LITINOVÉ KANONY A MUNICE NA MORAVĚ V 17. AŽ 19. STOLETÍ

Vladimír Ustohal - Karel Stránský

ÚVOD

Litině pro vojenské účely, především litině k odlévání kanonů majících převážně obrannou úlohu a litině pro munici, bylo až dosud z hlediska archeometalurgie věnováno velmi málo pozornosti. Odhlédneme-li od našich vlastních prací (*Ustohal - Stránský 1989; 1993; Ustohal 1988; 1989; 1992*) chybí v české literatuře další práce, které by podávaly o litinách používaných k výrobě kanonů a munice na teritoriu Čech a Moravy, o jejich způsobu výroby a vlastnostech, původní informace. Analýzy starých litinových kanonů a munice zdánlivě nenabízejí možnost získat širší spektrum technologicky, materiálově a historicky zajímavých údajů. Naše dosavadní práce v této oblasti však ukazují, že tomu tak není, a že i materiálový a technologický rozbor litinových kanonů a litinové munice může přinést překvapivé poznatky a upřesnit dosavadní představy o úrovni znalostí materiálů a jejich zpracování v minulých stoletích. Proto jsme stručným způsobem shrnuli výsledky vlastních materiálových analýz šesti litinových kanonů - čtyř z brněnského hradu Špilberku, po jednom z Měnínské brány v Brně (obr. 1) a ze zámku ve Slavkově, a čtyř litinových koulí z Českomoravské vrchoviny z Bystřice nad Pernštejnem. Cílem je ukázat, že litina, zdánlivě jednoduchý materiál, umožnila získat výrobky s poměrně širokou škálou vlastností jak technologických tak funkčních, a že požadavky na vojenskou techniku tehdejší doby, t.j. 17. až 19. stol., v uspokojivé míře splnila.

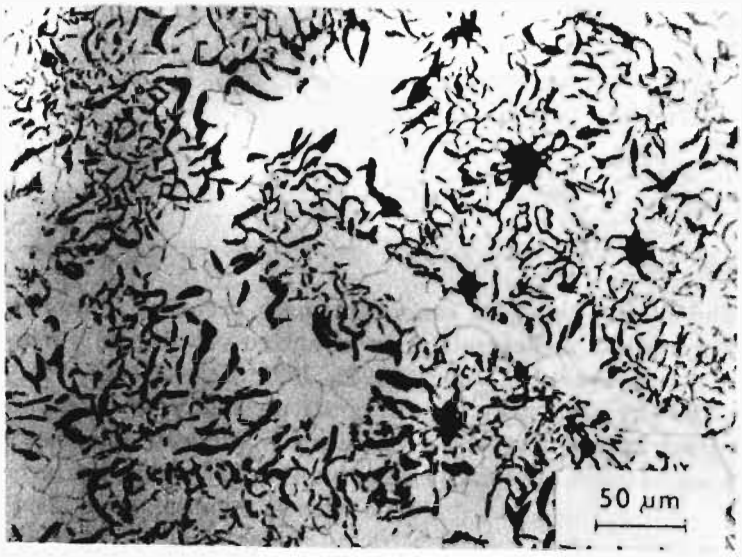


Obr. 1. Brno-Měnínská brána. Kanon č. 5 s litinovou hlavní.

LITINOVÉ KANONY

Analýze byl podroben soubor šesti vzorků ze čtyř kanonů umístěných na jižní baště brněnského hradu Špilberku, jednoho kanonu z Měnínské brány z původní fortifikace města Brna a jednoho kanonu nacházejícího se ve státním zámku ve Slavkově u Brna. Vzorky, asi v gramových množstvích, byly z kanonů odseknuty v místech, kde to nebylo na újmu jejich celkového vzhledu. Pro snažší orientaci byly označeny pořadovými čísly podle tab. 1, v níž jsou zároveň uvedeny charakteristické rozměry kanonů a ráže. Na vzorcích byla uskutečněna podrobná metalografická analýza, mikroanalýza prvkového složení a zkoušky tvrdosti. Postupy analýz jsou zevrubně popsány v práci *Ustohal - Stránský 1993*.

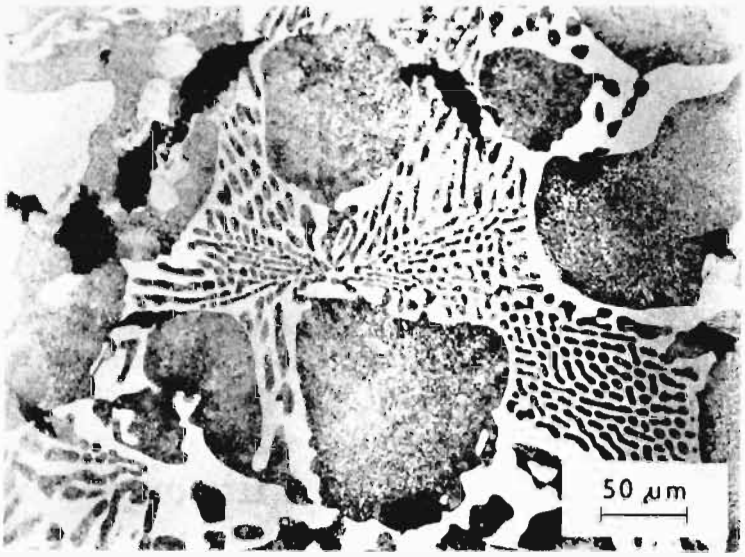
Z výsledků metalografické analýzy vyplynulo, že všechny kanony mají ve struktuře lupínkový grafit (obr. 2), přičemž u kanonů 1 a 2 (tab. 2) převládá feritická struktura, u kanonů 2 a 3 je poměr feritu a perlitu ve struktuře přibližně stejný a kanony 5 a 6 mají převážně perlitickou strukturu. Zatímco prvé tři odlitky (1-3) jsou čistě grafitické, zbývající odlitky (4-6) mají ve struktuře jistý podíl ledeburitického cementitu (obr. 3).



Obr. 2. Brno - hrad Špilberk. Převládající feritická struktura šedé litiny s lupínkovým grafitem vzorku z kanonu č. 1. Leptáno nitalem.

Výsledky mikroanalýzy svědčí o rozdílném chemickém složení litinových hlavní. Litina kanonů 1, 2 a 6 má velmi nízký obsah fosforu (max. 0,10 hm. %), naopak litina kanonů 3 a 5 má obsah fosforu vyšší (0,31 až 0,42 hm. %), který odpovídá hodnotám běžným v dnešních komerčních šedých litinách. Zcela odlišná je pak litina kanonu 4, mající velmi vysoký obsah fosforu (2,54 hm. %), který ukazuje na to, že mohla být záměrně druhována pro umělecké odlitky, vyžadující vysokou zabíhavost tekuté litiny. Většina železných rud na území Čech a Moravy je bohatá na fosfor. Tak například nučická ruda obsahuje 0,95 hm. % P, podobně limonity a krevele v usazeninách Moravského krasu aj., proto je nejisté, zda hlavně kanonů 1, 2 a 6 jsou vskutku domácího původu.

V odlitcích 1-3 a 6 je překvapivě zvýšen obsah síry (0,070 až 0,115 hm. %), což naznačuje, že jako paliva ve vysoké peci mohlo být použito již koksu, anebo nejde o litinu prvého tavení, nýbrž o litinu přetavenou v pecích, kde bylo již užito minerálního paliva. Neběžný je i vysoký obsah niklu v litině kanonu 5 (0,30 hm. %). Tak vysoký obsah niklu se dnes pokládá za legovací přísadu a je velmi pravděpodobné, že při druhování litiny mohl být přisazen s určitým záměrem, neboť zlepšuje houževnatost perlitu a bainitu. Obdobně překvapující je vysoký obsah manganu v odlitku 4 (1,77 hm. %). Mangan na sebe váže síru a zlepšuje houževnatost feritu.

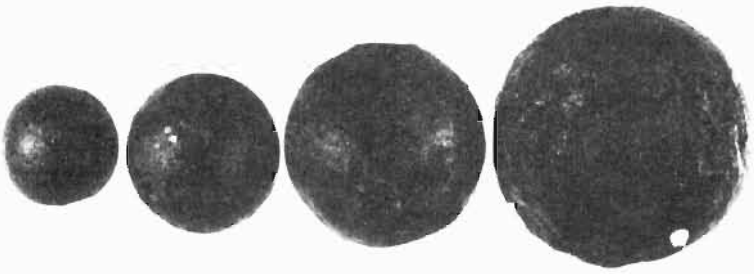


Obr. 3. Brno-hrad Špilberk. Perlitická struktura s vysokým podílem ledeburitické litiny s lupínkovým grafitem vzorku z kanonu č. 4. Leptáno nitalem.

Zkoušky tvrdosti (tab. 2), jakož i metalografická analýza ukázaly, že odlitky hlavní 4, 5 a 6 chladly velmi rychle, alespoň v povrchové vrstvě, z níž byly odebrány vzorky, takže ve struktuře zůstal zachován značný podíl ledeburitického cementitu, který zvyšuje tvrdost odlitků (na 208 až 293 HB), avšak současně i křehkost. Žádný z odlitků nebyl podroben tepelnému zpracování, avšak struktura odlitků 1 až 3 nasvědčuje, že byly namáhány tepelnými rázy. Svědčí o tom zvýšený podíl sferoidizovaného perlitu.

LITINOVÁ MUNICE

Analýze byly podrobeny čtyři železné koule z Městského muzea v Bystřici nad Pernštejnem (obr. 4) s cílem přinést údaje o jejich chemickém složení, způsobu výroby, možné provenienci a též



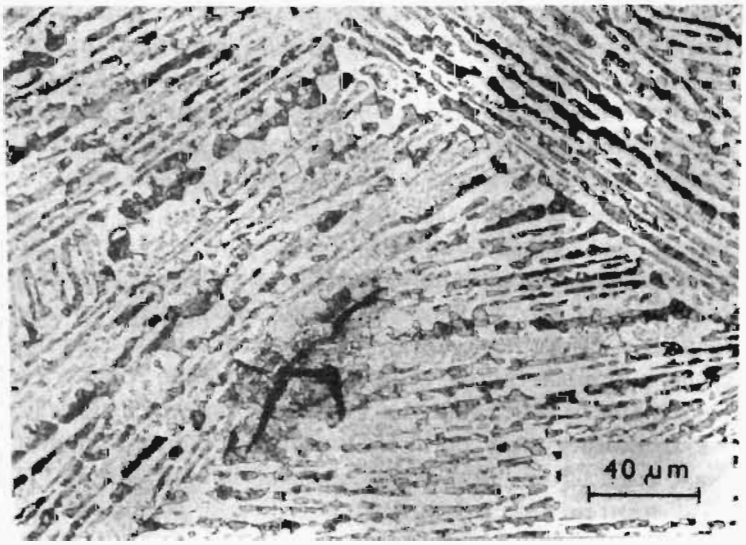
Obr. 4. Sada čtyř železných litinových dělových koulí z Městského muzea v Bystřici nad Pernštejnem. Průměry koulí tvoří posloupnost (cm): 3,95; 5,02; 6,44; 8,04.

časovém vročení. Litinové koule byly zváženy, změřeny, stanovena jejich měrná hmotnost a byla na nich aplikována metalografická analýza, zkoušky tvrdosti a kvantitativní rtg. energiově disperzní prvková mikroanalýza jako v předcházejícím případě u kanonů. Postup analýz byl podrobně popsán v práci *Ustohal - Stránský 1989*.

Základní parametry železných koulí jsou uvedeny v tab. 3. Hmotnost koulí stanovená vážením dává po přepočtu na české libry (česká libra = 0,51375 kg) posloupnost: 0,459, 0,954, 1,81, 3,11 českých liber, což v prvém přiblížení, za předpokladu materiálu stejné měrné hmotnosti, ukazuje, že mohlo jít o 0,5, 1, 2 a 3 liberní koule. Z tab. 1 však dále plyne, že měrné hmotnosti koulí, vypočtené jednak na podkladě měření a vážení, jednak kontrolované na povrchových úlomcích a odštěpcích pyknometricky, jsou značně rozdílné. To ukazuje, že koule nebyly vyrobeny z téhož materiálu. Tento předpoklad je potvrzen výsledky chemické a metalografické analýzy.

Výsledky chemické mikroanalýzy povrchových oblastí koulí jsou uvedeny v tab. 4. Vyplývá z nich, že koule 1 a 2 jsou vyrobeny z litiny a podle nízkého obsahu síry lze usuzovat na dřevouhelnou litinu prvního tavení, to znamená odlévanou přímo z dřevouhelné vysoké pece. Koule 4 má obsah síry vysoký, o hodnotě 0,21 hm. %, což ukazuje na to, že v tomto případě by nemuselo jít o litinu prvého tavení, ale o litinu přetavenou v jiném tavícím agregátu. Je však pozoruhodné, že poměrně vysoký obsah síry koresponduje s vysokým obsahem arzénu - 0,31 hm. %. To však ukazuje spíše na přítomnost arzenopyritu FeAsS v železných rudách přisazovaných či přimíšených do vsázky dřevouhelné vysoké pece. Mimořádně pozoruhodná je však koule 3, která je vyrobena ze slitiny železo-arzén. Obsahuje 29,5 hm. % As spolu s 0,56 hm. % S a má, ve srovnání s ostatními litinovými koulemi, nejnižší obsah fosforu - 0,016 hm. %.

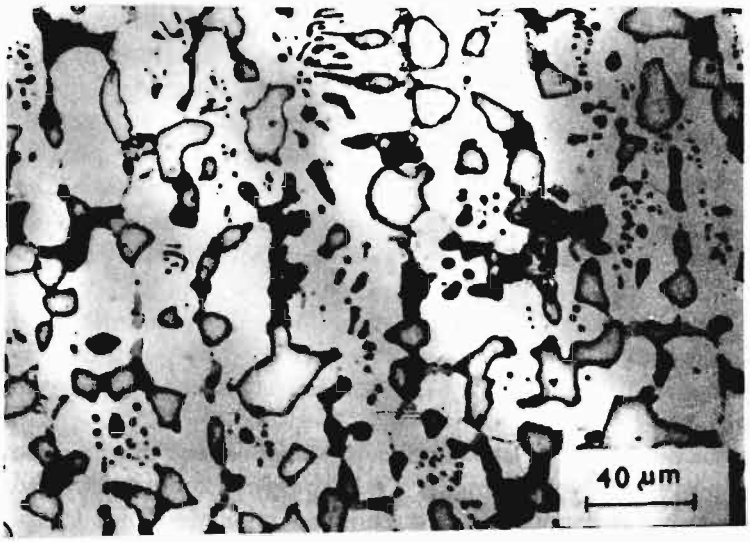
Výsledky prvkové analýzy v tab. 4 korespondují se závěry metalografické analýzy. Koule 1 má v povrchových vrstvách do hloubky asi 2 až 3 mm ledeburitickou strukturu s lokálními ostrůvky grafitu uloženého v perlitické hmotě s acikulárním feritem přiléhajícím ke grafitovým lupínkům (obr. 5). Koule 2 má v povrchových vrstvách strukturu shodnou s předchozí s tím rozdílem, že v ní chybí grafit a jakékoli stopy feritu. S těmito strukturami se shoduje tvrdost obou koulí, která se pohybuje mezi 560 až 570 HB.



Obr. 5. Struktura vrchlíku litinové koule č. 1 v hloubce 2 až 3 mm. Ledeburit s lupínky grafitu v perlitické hmotě a s ojedinělými jehlicemi feritu přiléhajícími ke grafitu. Leptáno nitalem.

Koule 3, obsahující 29,54 hm. % arzénu, má dvoufázovou strukturu (obr. 6). Světleji se zobrazující fáze představuje sloučeninu Fe_2As_3, která má podle kontrolní mikroanalýzy v daném případě 59,97 ± 0,86 hm. % Fe a 33,39 ± 0,89 hm. % As a je označována v rovnovážných diagramech jako fáze epsilon (*Smithells 1967*). Poněkud tmavěji se

zobrazující fáze představuje tuhý roztok arzénu v železe a v daném případě má podle kontrolní mikroanalýzy složení 88,14 ± 1,31 hm. % Fe a 11,18 ± 1,33 hm. % As. Tato fáze je v binárním rovnovážném diagramu označována jako alfa (*Smithells 1967*). Obě fáze tvořící základní strukturní konstituci této podivuhodné koule jsou v takovém hmotnostním poměru, že tvoří eutektikum s teplotou tavení 830 °C. Podle binárního rovnovážného diagramu je teoretický obsah arzénu v eutektiku 30 hm. % (*Smithells 1967*), měřením stanovený pak 29,54 hm. % (tab. 4), což je velmi dobrá shoda. Koule nemá příliš vysokou tvrdost, pouze 163 HV.



Obr. 6. Struktura vrchlíku koule č. 3 ze slitiny Fe-As v hloubce 2 až 3 mm. Fáze α se zobrazuje tmavěji, fáze ε světleji. Leptáno nitalem.

Koule 4, o nejvyšší hmotnosti, má v povrchových vrstvách feritickou strukturu základní hmoty a lupínkový grafit. Grafit je rovnoměrně rozložený, až růžicovitý. Tato koule má nejnižší tvrdost, pouhých 130 HV (tab. 4).

ARCHEOMETALURGICKÉ ZHODNOCENÍ

Kanony ze šedé litiny byly ve srovnání s bronzovými podstatně levnější, avšak tato výhoda byla zaplacena kratší životností a též nižší bezpečností střelby, která mohla mít pro obsluhu osudné následky, jestliže se hlaveň roztrhla. Toto nebezpečí hrozilo zejména na začátku střelby při chladném nebo mrazivém počasí, kdy již i tak nízká lomová houževnatost šedé litiny 10 až 20 MPa.m$^{1/2}$ (*Bradley-Strinivasan 1990*) ještě poklesla. Velmi nízká lomová houževnatost šedé litiny, vztahující se k obsahům fosforu pod asi 0,10 hm. %, se při rostoucím obsahu fosforu dále snižuje, a to následkem postupné tvorby zprvu nespojitého (při vysokých obsazích fosforu, jaký má například kanon 4) až téměř spojitého fosfidického síťoví, což je navíc spojeno též s růstem tranzitní teploty. Šedé litiny mající obsah fosforu nad 2 hm. % jsou pak velmi křehké a jejich lomová houževnatost je podstatně nižší než 10 MPa.m$^{1/2}$.

Kritická hloubka axiálně běžící trhliny v prachové komoře byla při výstřelu funkcí především maximálního tlaku, poměru vnitřního a vnějšího průměru prachové komory a lomové houževnatosti šedé litiny, z níž byl kanon vyroben. Tato lomová houževnatost se snižovala s rostoucím obsahem fosforu v litině. V nepříznivých podmínkách, za chladu a při prvních výstřelech, stačilo několik trhlin o hloubce řádově milimetrů a již hrozilo roztržení hlavně při výstřelu. Z tohoto pohledu byl nejméně bezpečný kanon 4 s vysokým obsahem fosforu (2,54 hm. %) a též kanony 5 a 6, které mají ve struktuře vysoký podíl ledeburitu, jež má na lomovou houževnatost analogický vliv jako fosfidické eutektikum. Větší bezpečnost pak byla při střelbě z kanonů 1, 2 a 3 ze šedé litiny s grafitickou strukturou prostou ledeburitu a s feritickou, popřípadě s perliticko-feritickou základní hmotou.

Soubor čtyř litinových koulí je co do složení materiálu nestejnorodý. Je proto velmi pravděpodobné, že koule byly vyrobeny na různých místech a v nestejné době. Litinové koule 1, 2 a 4 představují standardní výrobky, nejspíše s dřevouhelné litiny prvního tavení, odlité do kovových forem - kadlubů - což u obou menších koulí 1 a 2 způsobilo více než 3 mm vrstvu zákalky. V největší kouli 4 ke vzniku zákalky při lití do kovové formy nemuselo dojít, neboť modul této koule je více než dvakrát větší než koule nejmenší. Nelze však vyloučit odlití největší koule do pískové formy. Za předpokladu, že litinové koule 1, 2 a 4 byly vyrobeny na Moravě nebo v Čechách, lze jejich stáří

omezit vznikem prvních dřevouhelných pecí, a to v Čechách koncem 16. stol., na Moravě pak po třicetileté válce.

Svým složením nejpozoruhodnější je koule 3, vyrobená ze slitiny železo-arzén eutektického složení, s teplotou tavení 830 °C, která je o více než 300 °C nižší než činí teplota tavení šedé litiny pohybující se kolem 1150 °C. Výhoda munice ze slitiny železo-arzén eutektického složení spočívá v tom, že ji bylo možno vyrobit roztavením úlomků kujného železa a arzénových rud v podstatě kdekoli s minimálními nároky na technické vybavení řemeslné dílny. Vysoká křehkost a tedy také tříštivost této munice nemusela být vždy na závadu, neboť střepiny z koule roztříštěné při nárazu na pevnou překážku zasahovaly živou sílu protivníka v širokém okolí. Koule 3 z Českomoravské vrchoviny je vskutku originální nález "arzénové" munice na našem území. Její časové vročení lze omezit vůbec prvním použitím dělostřelecké munice na území Čech a Moravy, t.j. 1. polovinou 14. stol. Pravděpodobnější se však jeví mladší původ, jak je ukázáno dále. I tato koule, zhotovená technologií zaniklou rozšířením výroby litinové munice u dřevouhelných vysokých pecí, mohla být odlita do kovové formy. Dokázal-li středověký kovář zhotovit zápustky ke kování koulí, tím spíše mohl z téhož materiálu kováním zhotovit kovovou formu k jejich odlévání z nízkotavitelné slitiny železo-arzén.

Výroba koulí ze slitin železa s arzénem byla sice méně náročná na technické vybavení tehdejších sléváren, avšak podstatně pracnější než výroba koulí ze šedé litiny. Podle analogie se současností se dá proto předpokládat, že s rozšířením dřevouhelných pecí a se zavedením sériové výroby litinové munice na přelomu 16. a 17. stol., což byla převratná inovace předcházejících technologií, výroba železo-arzénových koulí zanikla. Polovinou 14. stol. a koncem 16., popřípadě přelomem 16. a 17. stol., nanejvýš 2. polovinou 17. stol., lze tedy datovat možnost výroby tohoto zvláštního nálezu. Jeho výskyt v obtížně schůdném a kopcovitém terénu mimo oblast častých válečných střetů, jakým Vysočina po staletí byla, je do jisté míry kuriózní, avšak vysvětlitelný právě pohotovostí popsané železo-arzenové technologie. K ní postačoval místní hamr a v krajním případě i kovářská dílna. Zároveň je pravděpodobné, že podobných nálezů středověké munice je v muzejních sbírkách více, avšak unikají pozornosti právě pro jejich neúplné archeologické a materiálově technologické zpracování.

ZÁVĚR

V příspěvku jsou stručným způsobem shrnuty výsledky vlastních materiálových analýz šesti litinových kanonů - čtyř ze Špilberku, po jednom z Měnínské brány v Brně a ze zámku ve Slavkově - a čtyř litinových koulí z Českomoravské vrchoviny z Bystřice nad Pernštejnem. Cílem příspěvku bylo ukázat, že tento zdánlivě jednoduchý materiál umožňoval získat výrobky s poměrně širokou škálou vlastností jak technologických tak funkčních, takže požadavky na vojenskou techniku tehdejší doby, tj. 17. až 19. stol., v uspokojivé míře splnil. Zároveň je ukázáno, že materiálový, technologický a archeometalurgický rozbor litinových kanonů a litinové munice, byť jde o všeobecně známou slitinu železa, uhlíku a běžných příměsí, může přinést překvapivě nové poznatky a upřesnit dosavadní představy o úrovni znalostí materiálů a jejich zpracování v minulých stoletích.

Tab. 1. Parametry litinových kanonů

Kanon	Průměr hlavně		Průměr vývrtu	Celková délka	Ráž (lb)	Tvrdost (HB)
číslo místo	u prach.komory (mm)	při ústí (mm)	(mm)	(mm)	vídeň. české	x s_x
1 Špilberk	315	205	97	1 750	6 7	121 8
2 Špilberk	309	206	97	1 745	6 7	86 24

Tab. 1. Parametry litinových kanonů - pokračování

Kanon	Průměr hlavně		Průměr vývrtu	Celková délka	Ráž (lb)	Tvrdost (HB)
číslo místo	u prach.komory (mm)	při ústí (mm)	(mm)	(mm)	vídeň. české	x s_x
3 Špilberk	382	248	106	2 398	8 9	132 10
4 Špilberk	401	269	111	2 450	9 10	208 36
5 Měnínská brána	193,5	170,3	85	1 090	2,0 2,5	293 35
6 Slavkov	200	178	69	1 209	4 4,5	281 30

Tab. 2. Chemické složení litin, z nichž byly kanony odlity (hm. %)

Kanon číslo místo	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti	Al
1 Špilberk	4,56	0,42	1,39	0,04	0,09	0,04	0,00	0,00	0,015
2 Špilberk	5,10	0,41	1,34	0,07	0,115	0,00	0,04	0,00	0,000
3 Špilberk	4,42	0,56	1,02	0,32	0,070	0,02	0,02	0,18	0,080
4 Špilberk	2,62	1,77	1,32	2,54	0,000	0,02	0,04	0,11	0,055
5 Měnínská brána	1,97	0,46	1,03	0,31	0,045	0,01	0,30	0,00	0,140
6 Slavkov	2,19	0,10	0,99	0,10	0,045	0,02	0,03	0,00	0,000

Tab. 3. Parametry železných koulí z Městského muzea v Bystřici nad Pernštejnem

Pořadové číslo Inventární čís.	Hmotnost (g)	Průměr (cm)	Měrná hmotnost ($g.cm^{-3}$)	Tvrdost
1 2678 BY-A	236	3,05 0,02	7,31 0,11	566 HB
2 2677 BY-A	490	5,02 0,04	7,39 0,18	562 HB
3 3268 BY-A	930	6,44 0,08	6,65 0,25	163 HV
4 3267 BY-A	1 600	8,04 0,04	5,88 0,09	130 HV

Poznámky: - tvrdosti HB 2,5/187, 5/10, HV 30
- pyknometricky změřené hustoty ($g.cm^{-3}$): 2 - 7,68
3 - 6,06
4 - 5,75

Tab. 4 . Chemické složení železných koulí z Městského muzea v Bystřici nad Pernštejnem

Koule číslo	C	Mn	Si	P	S	Ti	Cr	Ni	As
1	4,56	0,61	0,31	0,568	0,032	0,067	0,00	0,16	0,005
2	4,30	0,12	0,77	1,66	0,053	0,014	0,72	0,85	0,000
3	-	0,33	0,26	0,016	0,563	0,000	0,00	0,13	29,54
4	2,78	1,57	2,17	0,489	0,205	0,073	0,09	0,08	0,312

Poznámka: - uhlík nestanoven

Literatura

BRADLEY, W. L. - STRINIVASAN, M. N. 1990: International Materials Rewiews 35, č. 3, s. 129-161.

SMITHELLS, C. J. 1967: Metals Reference Book. II. London.

USTOHAL, V. 1988: Munice z litiny v průběhu staletí. Slévárenství, č. 4/5, s. 220-224.

USTOHAL, V. 1989: Od hrubé míry k desetinám milimetru. Slévárenství, č. 5, s. 219-222.

USTOHAL, V. 1992: Litinové dělové koule. ATM (Armádní technický magazín), č. 1, s. 8-9.

USTOHAL, V. - STRÁNSKÝ, K. 1993: Litinové kanony. In: Z dějin hutnictví. 20. Rozpravy Nár. tech. muz. v Praze. 126. Praha, s. 72-77.

USTOHAL, V. - STRÁNSKÝ, K. - REK, A. 1989: Litinová munice z okolí Bystřice nad Pernštejnem. Slévárenství, č. 7, s. 303-308.

CAST-IRON CANNONS AND AMMUNITION ON MORAVIA IN THE 17-19th CENTURIES

Summary

The article briefly summarizes results of the authors material analyses of six cast-iron cannons - four from Špilberk castle, one from Měnínská brána in Brno and last one from castle in Slavkov - and four cast-iron cannon-balls from Bystřice nad Pernštejnem. How it has been shown in the article, this apparently simple material gave a possibility to produce goods of various technological and functional qualities so that needs of a military technical equipment of those days (i.e. of the 17 - 19th cent.) could be satisfied. Material, technological and archaeometallurgical analyses of cast-iron cannons and ammunition were shown at the same time to bear new surprising informations and to make our knowledge of metal processing level in the past more accurable inspite of the fact that this alloy of iron, carbon and other common ingredients is widely known.

Fig. 1. Brno - Měnínská brána. Cannon 5 with a cast-iron barrel.

Fig. 2. Brno - Špilberk castle. Prevailing ferritic structure of a grey cast iron with a scaly graphite.

Fig. 3. Brno - Špilberk castle. Perlitic structure with high content of ledeburitic cast iron with a scaly graphite. Sample of cannon 4. Nitale-etched.

Fig. 4. Set of four cast-iron cannon-balls from city museum in Bystřice nad Pernštejnem. The balls diameters (in cm): 3,95; 5,02; 6,44; 8,04.

Fig. 5. Structure of a cast-iron cannon-ball cap in depth of 2 - 3 mm. Ledeburite with graphite scales in perlitic mass and with sporadic ferrite needles joining the graphite. Sample from cannon-ball 1. Nitale-etched.

Fig. 6. Structure of Fe-As cannon-ball cap in depth of 2 - 3 mm. Dark - phase, light - phase. Sample from cannon-ball 3. Nitale-etched.

ZVÁRANIE VÝSTUŽNÉHO SOCHORA MARIÁNSKEHO STĹPA

Vladimír Magula - Jozef Šinál

ÚVOD

Pri reštaurovaní mariánskeho stĺpa, cca 200 rokov starého, došlo k porušeniu výstužného sochora, ktorého priemer bol 52 mm. Vzhľadom na charakter jeho materiálu a prípravu podkladov na opravu zváraním bolo potrebné analyzovať spôsob výroby kujného železa pred cca 200 rokmi, resp. ozrejmiť si vývoj za posledné tisícročie (*Hapák 1962*). Na začiatku tisícročia sa pri výrobe železa používali pohyblivé piecky, kde sa priamou redukciou z rudy vyrábala železná hruda (vlk), ktorá sa skujňovala kovaním.

V 14. stor., ale najmä v 1. polovici 15. stor. sa v našej oblasti začali používať pece 2-3 m vysoké, ktoré sa nazývajú slovenské pece. Je to už obdobie stálych pecí a hámrov. Stále sa však používa priama redukcia železa z rudy a následné skujňovanie v hámroch. Tento proces bol náročný na kvalitu železnej rudy. Používala sa hnedá železná ruda - limonit. Ako palivo sa využívalo drevné uhlie.

Prvá vysoká pec v Európe bola postavená v r. 1443, v nej sa miesto hubovitej železnej rudy vyrábalo tekuté železo. Tu sa kujné železo získavalo ďalším spracovávaním surového železa v skujňovacích vyhniach. Na Slovensku a v Uhorsku vôbec bola postavená prvá vysoká pec v r. 1680 pri Dobšinej na rieke Hnilec. Druhá vysoká pec bola postavená v r. 1712 opäť v Dobšinej. Potom nasledovalo postavenie ďalších pecí v rôznych lokalitách. Možno však povedať, že v počiatkoch (prelom 17.-18. stor. a začiatok 18. stor.) neobmedzovali starý spôsob výroby. Vysoké pece slúžili vo väčšej miere potrebám zlievania. Pri tomto spôsobe výroby boli problémy s obsahom fosforu. V dôsledku čoho bolo železo krehké. V týchto peciach sa začali používať menej kvalitné rudy a kamenné uhlie.

V 1. polovici 18. stor. bolo v Gemerskej župe 36 pecí a v Spišskej župe 34 pecí na priamu redukciu železa z rudy. Dá sa teda predpokladať, že pred cca 200 rokmi bolo v našej oblasti ešte pomerne málo železa z vysokých pecí.

ANALÝZA MATERIÁLU SOCHORA

Na analýzu materiálu sochora bola pôvodne dodaná výseč z vyrezaného medzikružia (vzorka 1). Z dôvodu lepšieho posúdenia celistvosti a homogenity materiálu bolo odobraté medzikružie z dodanej časti sochora na skúšky zvariteľnosti (vzorka R1). Makroštruktúra oboch vzoriek je dokumentovaná na obr. 1 (vzorka 1) a obr. 2 (vzorka R1). Je zrejmé, že obe vzorky sú pomerne heterogénne. Chemickou analýzou sa zistilo, že materiál obsahuje 0,054 % C, 0,0025 % N, 0,0017 % S, 0,0045 % P, 0,09 % Si. Na výseči medzikružia (obr. 1) je charakterizovaný osový rez. Vidieť niekoľko pásiem veľkosti zrna. Vzhľadom na rôzne sfarbenie plochy dá sa očakávať aj rôzna mikroštruktúra. V pravej časti vzorky vidno výrazné necelistvosti, ktoré majú pretiahnutý charakter v smere osi vzorky.

Na obr. 2 je charakterizovaný priečny rez. Možno opäť povedať, že materiál má rôznu veľkosť zrna. Najväčšie zrno sa vyskytuje v strede vzorky. Z charakteru leptania sa dá predpokladať aj rôzna mikroštruktúra. Zvlášť na hornom okraji vidieť nakovanie vrstvou materiálu. Na reze sú tiež viaceré necelistvosti, najväčšie sa vyskytujú v centrálnej časti.

Mikroštruktúra bola hodnotená na pozdĺžnom a priečnom reze. V zásade možno povedať, že prevažná časť je tvorená feritom (obr. 3) s oxidickými inklúziami rôznej veľkosti. Vyskytli sa však oblasti (cca 1/3 prierezu) s výraznou precipitáciou nitridov železa Fe_4N (obr. 4; *Schumann 1983*). Približne 20 % mikroštruktúry je tvorených okrem feritu perlitom (obr. 5 a 6), najmä v oblasti "naneseného" materiálu. Mikroštruktúra perlitu je miestami relatívne jemnozrnná (obr. 6), a niekde má až widmanstetenický charakter (obr. 5).

Pri analýze materiálu na hornej oblasti (obr. 2) bolo identifikované rozhranie (obr. 6) medzi dvoma časťami. Z obr. 6 je zrejmé, že na ľavej strane je vyšší obsah perlitu ako na pravom okraji.

V mikroštruktúre sochora bolo identifikované pomerne veľké množstvo inklúzií (obr. 7). Tieto inklúzie boli analyzované na rastrovacom elektrónovom mikroskope JSM 50A pomocou energiovodisperzného analyzátora EDAX 9100, ktorý umožňuje analýzu prvkov od atómového čísla 11, čiže nie je možné analyzovať uhlík, dusík a kyslík. Keďže pri analýze neboli presne definované podmienky načítavania, výsledky majú semikvantitatívny charakter. Boli analyzované viaceré inklúzie a ako charakteristický príklad možno uviesť toto zloženie: 5,9 hm. % Al, 32,7 hm. % Si, 3,3 hm. % K, 10,3 hm. % Ca, 47,7 hm. % Fe, občas sa vyskytli stopy chrómu a mangánu. Podľa chemického zloženia inklúzií možno povedať, že ide o trosku z procesu výroby.

Celkové chemické zloženie materiálu vzorky 1, resp. R1 je uvedené na tabele 1. Pri posudzovaní zloženia je potrebné vziať do úvahy, že sa má charakterizovať priemerné zloženie. Pokiaľ je vzorka heterogénna, lokálne sa môžu vyskytovať závažné rozdiely.

Z uvedených výsledkov a historických údajov možno urobiť tieto závery:

a) Na základe chemickej analýzy a mikroštruktúrneho rozboru vzorky 1 a R1 materiál je nízkouhlíkový a s nízkym obsahom nečistôt síry a fosforu.

b) Vzorky sú v zásade tvorené feritom, sú však heterogénne. Vyskytujú sa miesta s vysokou koncentráciou nitridu železa Fe_4N. Na niektorých miestach sa objavuje perlitická štruktúra, čo znamená lokálne zvýšený obsah uhlíka. Vyskytujú sa necelistvosti a hrubé inklúzie, ktoré však obsahujú železo, kremík, vápnik, draslík a stopy mangánu a chrómu. Tieto necelistvosti sú v zásade orientované v smere osi sochora a súvisia podľa všetkého so spôsobom výroby.

c) Na základe údajov v bode a, b, ako aj informácií o vývoji výroby kujného železa sa dá predpokladať, že sochor bol vyrobený z kujného železa získaného priamou redukciou z rudy.

d) Takýto typ materiálu v zásade možno opravovať zváraním, treba však urobiť technologické opatrenia z hľadiska výskytu necelistvostí a vplyvu inklúzií pri samotnom procese zvárania. Z hľadiska možného výskytu zvýšeného obsahu dusíka v oblasti zvárania je potrebné zvážiť možnosť umelého vystarnutia, čo je možné zabezpečiť a) teplým režimom zvárania alebo b) dohrevom na teploty okolo 300 °C.

SKÚŠKY ZVÁRANIA SOCHORA

Na zhotovenie zvarového spoja bol k dispozícii odrezok originálneho materiálu, 170 mm dlhý, s priemerom 52 mm. Priemer nebol presne kruhový. Ovalita a veľkosť prierezu odrezka sa menili pozdĺž osi. Podľa chemickej a mikroštruktúrnej analýzy je zrejmé, že ide o mäkké železo (HB = 105).

Ako protikus na predĺženie sochora bola použitá kruhová oceľ s priemerom 50 mm značky 11 373.

Postup

Rozsah chýb na kolmom priereze sochora na predpokladanom mieste zvaru (obr. 2) možno hodnotiť ako neprimerane veľký a situovanie zvarovej plochy v jednej kolmej rovine pri namáhaní ako nebezpečné. S ohľadom na prípadné namáhanie spoja (vietor, otrasy, sadanie pôdy a pod.) bude výhodnejšie mať rozloženú hranicu natavenia zvaru, t. j. situovať ju šikmo alebo vytvoriť "zverný spoj" na sochore. V zmysle týchto úvah bol navrhnutý zvarový spoj podľa schémy na obr. 8. Zjednodušene možno jednotlivé kroky postupu charakterizovať nasledovne:

a) Zarovnanie, očistenie a odmastenie čela sochora, pričom rezná plocha odrezka sochora na strane zvaru bola vytvorená osústružením plochy (obr. 8a).

b) Navarenie čela sochora 1. a 2. vrstvou podušky (obr. 8) elektródami E 44.83, priemer 2,5 mm. Poloha navárania bola vodorovná zhora.

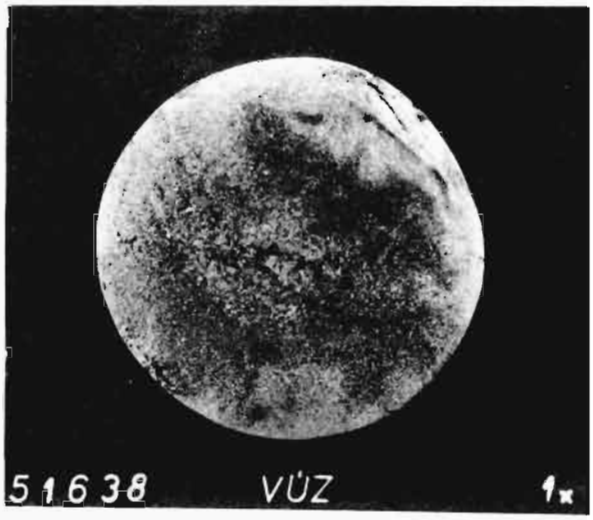
c) Obrobenie obvodu sochora a podušky v oblasti čela do hĺbky 5 mm a do dĺžky 25 mm od hranice natavenia (obr. 8).

d) Vyvarenie vybrania vytvoreného v zmysle predchádzajúceho bodu elektródami E 44.83 vo vodorovnej polohe na zvislej stene (obr. 8d).

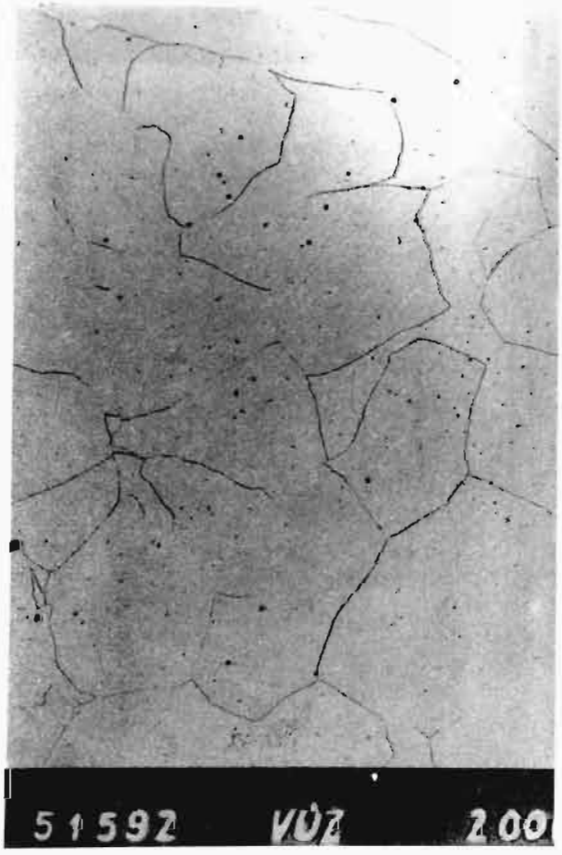
e) Zosilnenie podušky z čelnej strany sochora navarovaním ďalšej vrstvy a v strede priemeru vytvorenie krčka na koreň K zvaru (obr. 8e).

f) Zhotovenie spojovacieho zvaru sochora s predlžovacou tyčou 11 373 elektródami 44.83 vo vodorovnej polohe na zvislej stene.

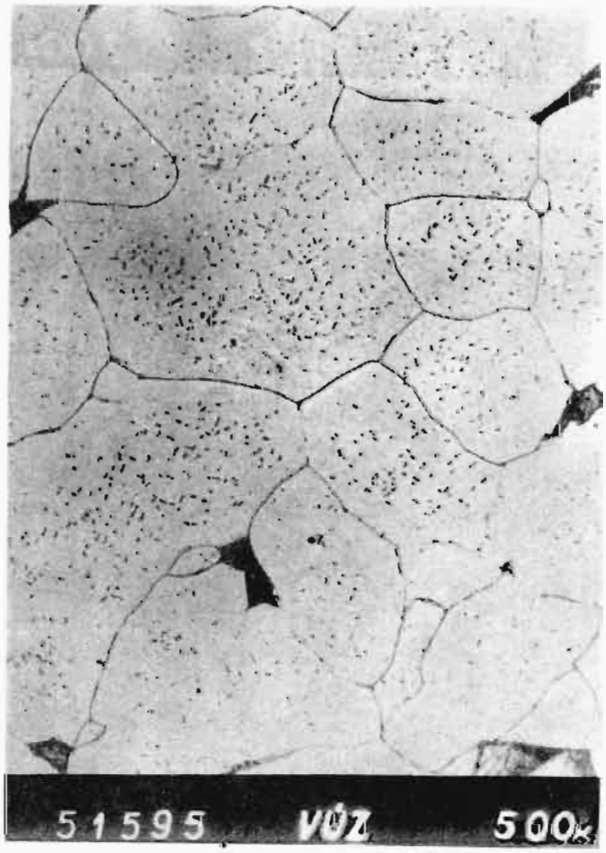
Obr. 1. Pozdĺžny rez sochorom.



Obr. 2. Priečny rez sochorom.

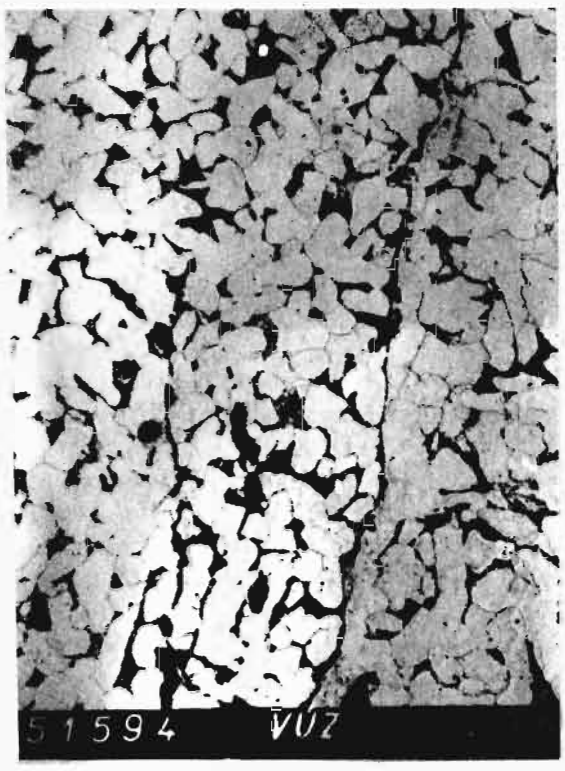


Obr. 3. Feritická mikroštruktúra sochora.

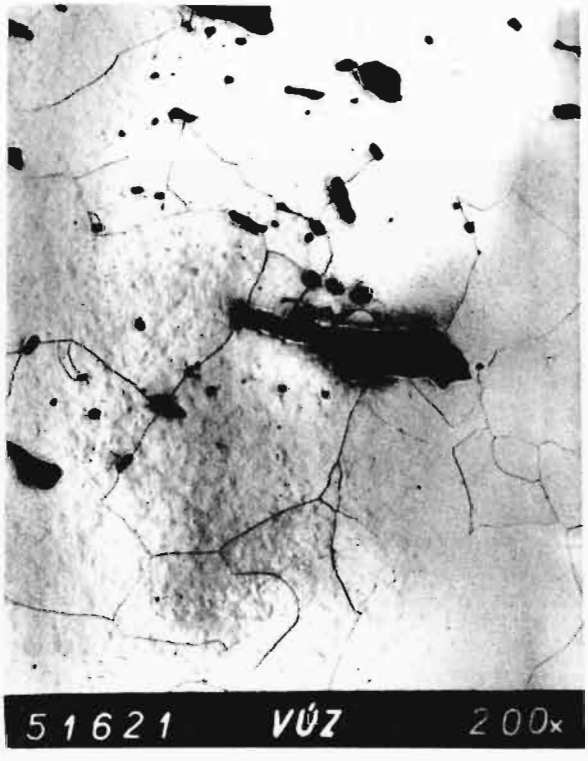


Obr. 4. Charakteristika oblasti s vysokým percentom nitridov.

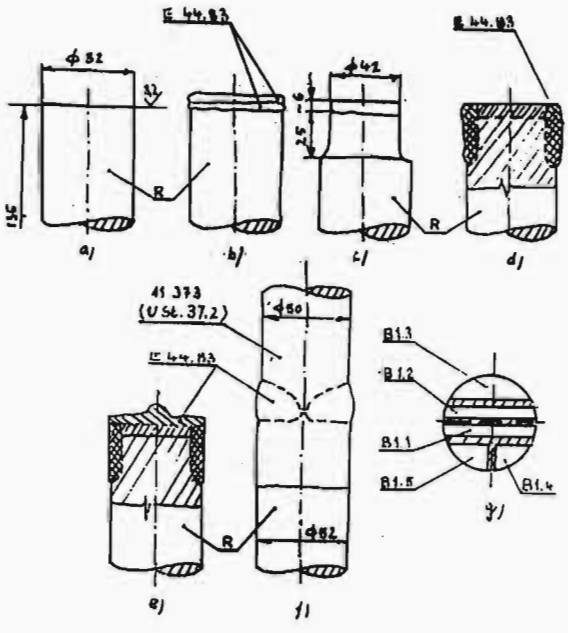
Obr. 5. Charakter perlitickej štruktúry.



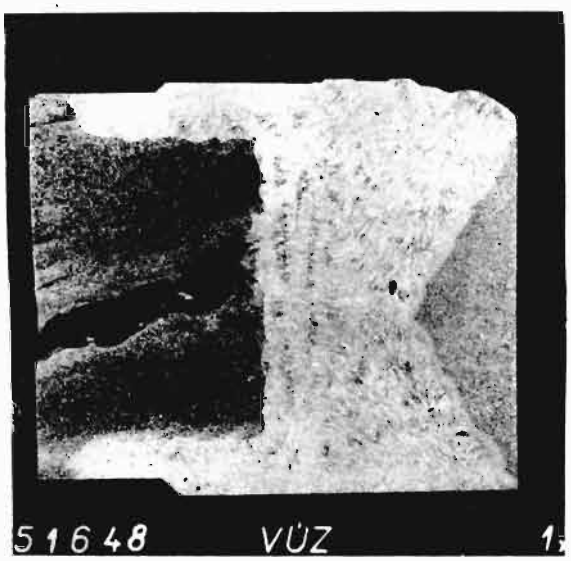
Obr. 6. Charakteristika perlitickej štruktúry.



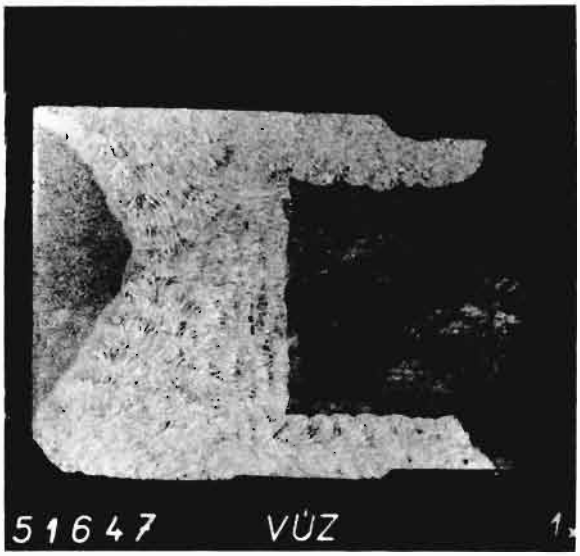
Obr. 7. Inklúzie vo vnútri materiálu.



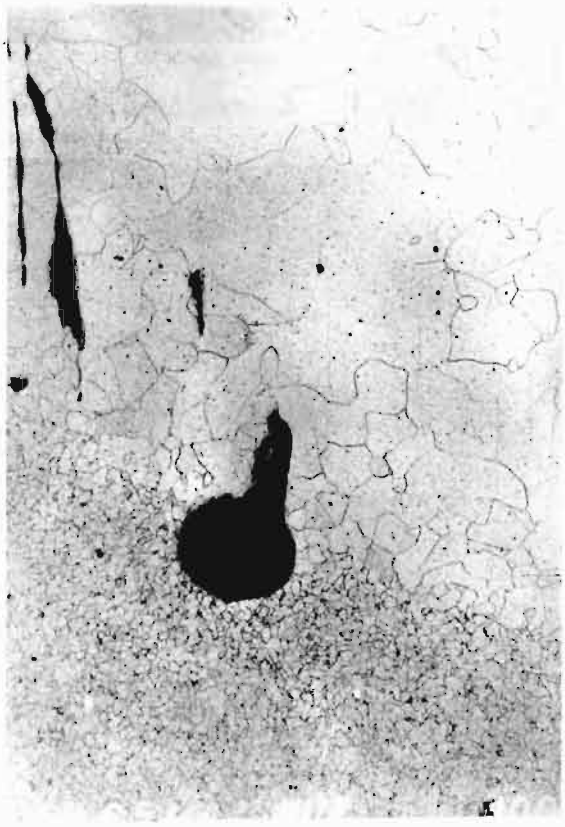
Obr. 8. Schéma vytvorenia zvarového spoja.



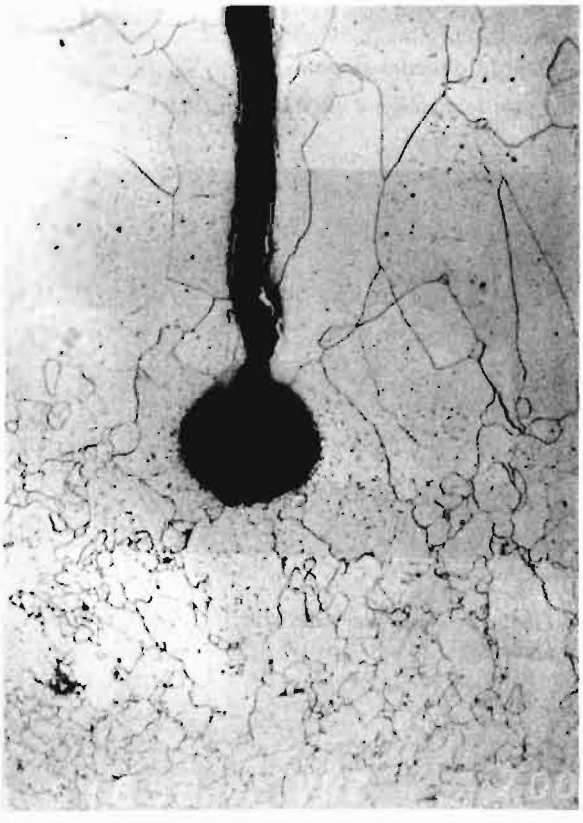
Obr. 9. Makroštruktúra opravného zvarového spoja (rez 1).



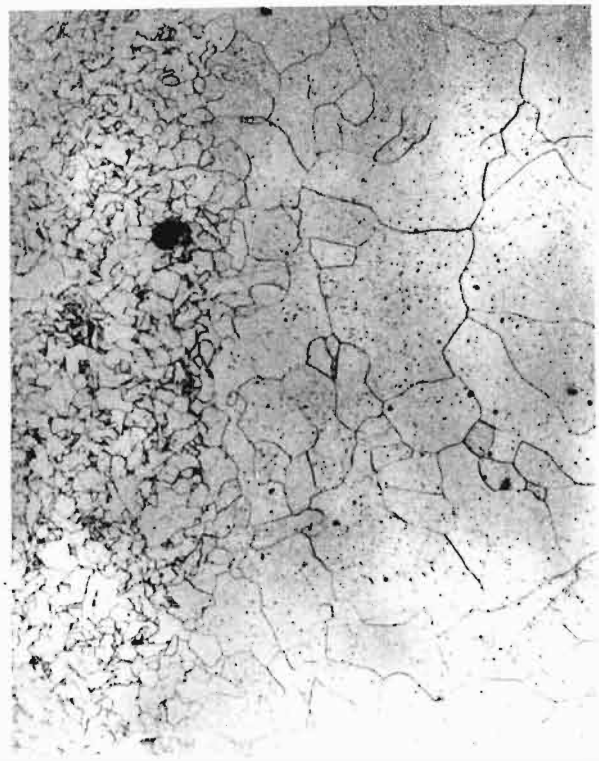
Obr. 10. Makroštruktúra opravného zvarového spoja (rez 2).



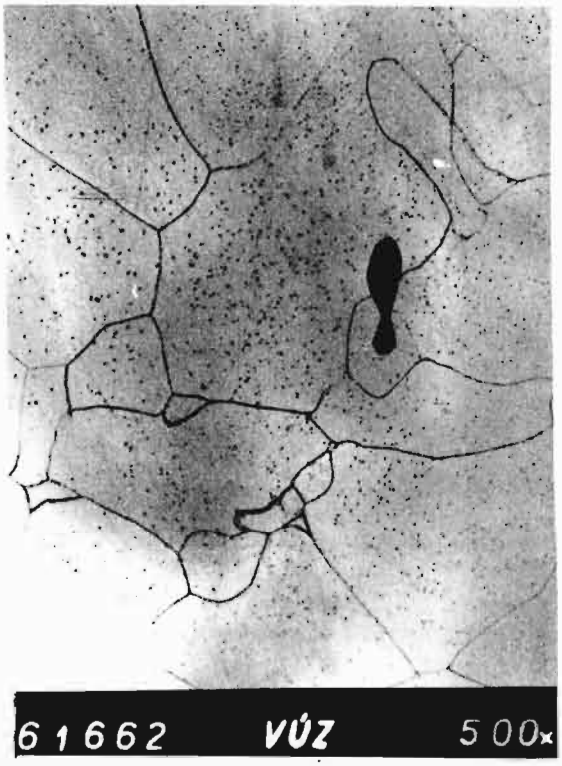
Obr. 11. Hranica stavenia.



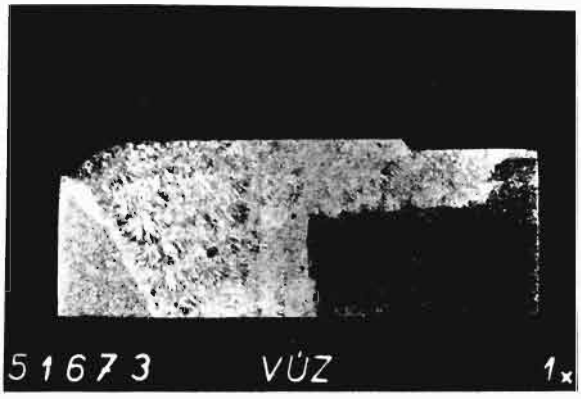
Obr. 12. Hranica stavenia.



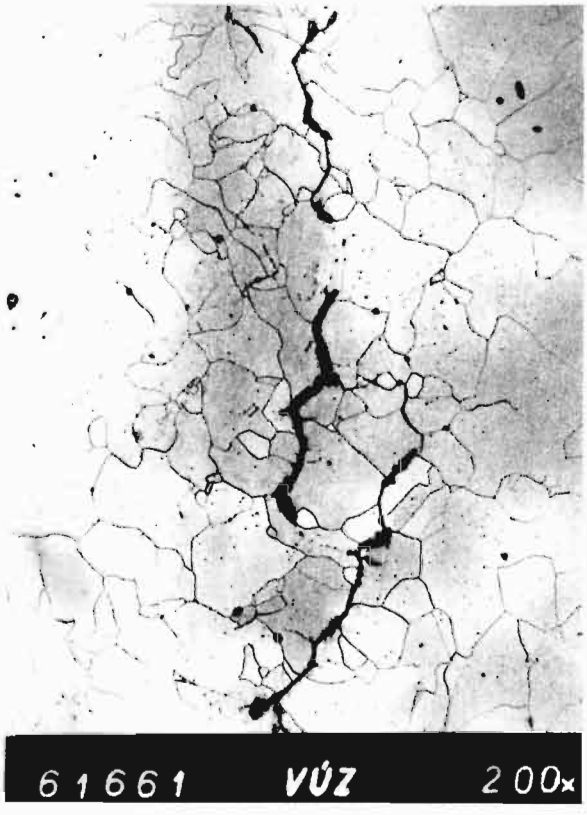
Obr. 13. Hranica stavenia.



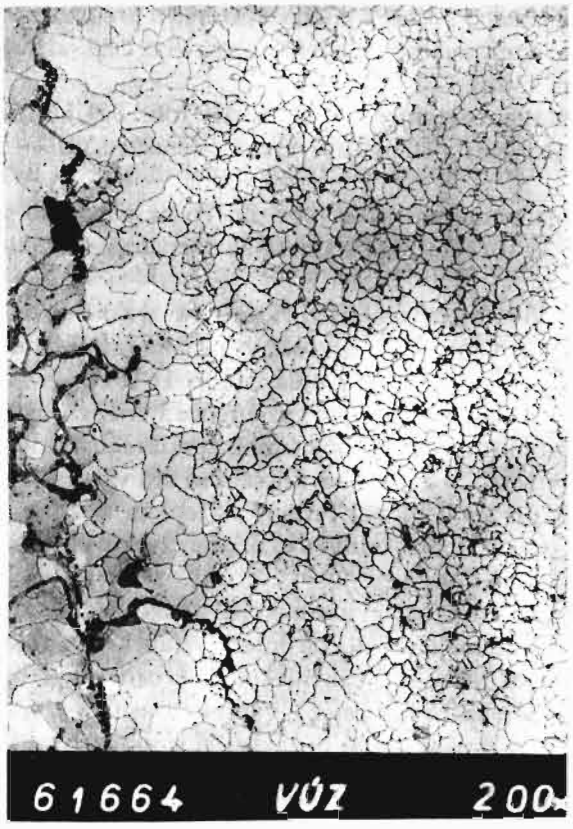
Obr. 14. Precipitácia nitridov železa vo ferite.



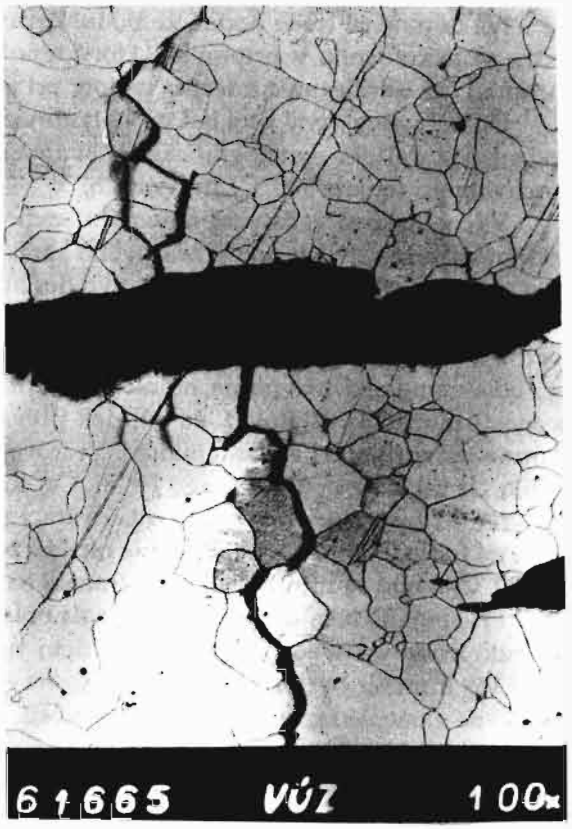
Obr. 15. Pozdĺžne necelistvosti v oblasti hranice stavenia.



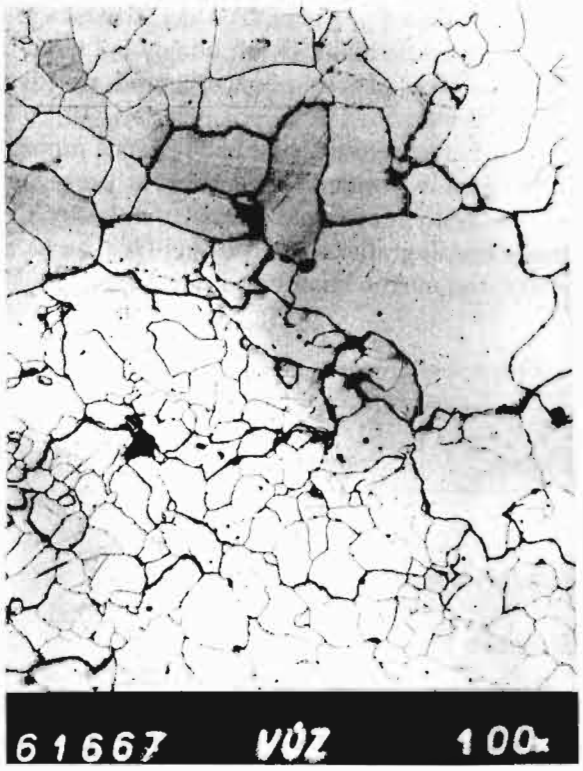
Obr. 16. Interkryštalický charakter necelistvostí.



Obr. 17. Výskyt interkryštalických necelistvostí na hranici stavenia.



Obr. 18. Interkryštalické trhlinky v základnom materiáli.



Obr. 19. Interkryštalické trhlinky v základnom materiáli.

Na doplnenie treba dodať, že poduškovanie železného sochora a jeho zvarenie s predlžovacou tyčou sa uskutočnilo v prípravku, ktorý umožňoval kontinuálne chladenie opačného čela odrezka sochora i cez udržiavanie interpas teploty pri zváraní 130 až 170 °C.

Úplne vyhotovený spoj bol po 48 hodinách odstátia rozrezaný na päť vzoriek (obr. 8g), ktoré sa podrobili v ďalšom metalografickému skúmaniu celistvosti a štruktúry. Vzorka označená B1.4 - sa využívala pri teplote 300 °C/4h/vzduch.

Východisková celistvosť materiálu sochora bola pomerne nízka (obr. 2). To sa potvrdilo pri hodnotení jednotlivých rezov zvarového spoja (obr. 9; 10). V strede sochora sa nachádzala necelistvosť s 5 mm priemerom a dlhá niekoľko desiatok mm.

Vzhľadom na celkový rozsah nespojitostí v pôvodnom materiáli, ktoré sú zrejmé z makroštruktúry, nebola vzorka hodnotená defektoskopicky. Kontrola celistvosti, vykonaná metalograficky, bola zameraná hlavne na hranicu stavenia a tepelne ovplyvnenú oblasť (obr. 11-13). Vo všeobecnosti možno konštatovať, že napriek prevareniu inklúzií nedošlo k vytvoreniu horúcich trhlín, skôr sa vytvoril efekt zaliatia inklúzií zvarovým kovom (obr. 11; 12). Chemickou mikroanalýzou sa zistilo, že inklúzie opäť obsahujú Fe, Si, Ca, K, stopy Mn, Cu a Ti. Neevidovalo sa ani výrazné roztvorenie už jestvujúcich nespojitostí. Zvárací proces pri spoji B1 bol vedený v "teplom" režime, čo malo za následok aj vyprecipitovanie nitridu železa (obr. 13). Následným vyhriatím zvarového spoja na 300 °C/4 hod sa nitridy železa zvýraznili len málo (obr. 14).

Pri spoji B1 bola identifikovaná malá oblasť so zvýšeným výskytom necelistvostí (obr. 15). Mikroštruktúrnou analýzou sa zistilo, že tieto necelistvosti majú čiastočne interkryštalický charakter (obr. 16) a môžu byť orientované kolmo na os sochora (obr. 17). Chemickou mikroanalýzou bolo zisťované zloženie fáz vo vnútri necelistvostí. V zásade obsahovali železo, vápnik, draslík a kremík. Pri väčších objemoch inklúzií sa výrazne zvýšil obsah draslíka. Ide o oxidy. V stopových množstvách sa občas vyskytla meď, titán, mangán a síra. Možno predpokladať, že tieto prvky sú zo samotnej rudy, resp. z materiálu pece alebo trosky.

Vzhľadom na charakter trhliniek bol kontrolovaný materiál mimo oblasti zvarového spoja (obr. 18; 19). Ako vidieť, tento typ trhliniek sa vyskytoval ešte pred vlastným procesom zvárania.

ZÁVER

1. Podľa chemickej analýzy vzorka 1 z hľadiska obsahu S a P je veľmi čistá. Jej štruktúra je heterogénna, prevažne feritická s lokálnym výskytom perlitu. Podľa historických údajov bol tento materiál pripravený skujňovaním hubovitého polotovaru z pece, aké sa používali pred zavedením vysokých pecí.

2. Materiál v oblasti zvarových spojov má pomerne heterogénnu štruktúru a značné množstvo rôznych necelistvostí. Necelistvosti boli orientované v zásade v smere osi sochora a prevažovalo sústredenie do stredu materiálu. Sochor bol vyrobený kováčskym zváraním z viacerých kusov.

3. Z výsledkov praktických skúšok zvariteľnosti a metalografickej analýzy vyplýva, že na materiáli sochora (napriek množstvu necelistvostí) na daný účel možno zhotoviť zvarový spoj.

Tab. 1. Chemické zloženie dodanej vzorky

(hm. %)				
C	N	S	P	Si
0,054	0,0025	0,0017	0,0045	0,09

Literatúra

HAPÁK, P. 1962: Dejiny železiarskeho priemyslu na Slovensku v rokoch 1848-1867.
SCHUMANN, H. 1983: Metallographie. Leipzig.

WELDING OF THE VIRGIN MARY'S COLUMN REINFORCEMENT

Summary

In restoring about 200-years-old column of the Holy Virgin a reinforcement crowbar with diameter of 52 mm was injured. Its samples were chemically analysed, macro- and microstructurally evaluated and tested by welding.

According to a chemical analysis the sample 1 and 3 are very pure from the point of view of S and P content. After historical sources this material was prepared by conversion of spongy semi-product from a furnace used before introduction of a blast one.

A material structure in welded joints area is relatively heterogenous with a number of various pores oriented basicly in the crowbar axis direction with prevailing concentration to material centre. The crowbar was made by smith welding from more parts.

Results of weldability tests and metallographic analysis show a possibility of joining the crowbar material by welding for given purposes (inspite of a number of pores).

Fig. 1. Longitudinal section of the crowbar.
Fig. 2. Cross-section of the crowbar.
Fig. 3. Ferritic microstructure of the crowbar.
Fig. 4. Nitrides-rich area characteristics.
Fig. 5. Perlitic-structure characteristics.
Fig. 6. Perlitic-structure characteristics
Fig. 7. Inclusions inside material.
Fig. 8. Scheme of welded-joint forming.
Fig. 9. Macrostructure of repairing welded joint (section 1).
Fig. 10. Macrostructure of repairing welded joint (section 2).
Fig. 11. Melting boundary.
Fig. 12. Melting boundary.
Fig. 13. Melting boundary.
Fig. 14. Precipitation of iron nitrides in ferrite.
Fig. 15. Longitudinal pores in melting-boundary area.
Fig. 16. Intercrystalline character of pores.
Fig. 17. Intercrystalline-pores occurence in melting boundary.
Fig. 18. Intercrystalline pores in basic material.
Fig. 19. Intercrystalline pores in basic material.

ŠTUDIJNÉ ZVESTI ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU SAV, 31, 1995

A VASKORSZAK NAGY FORDULÓPONTJAI ÉS HATÁSUK A KÁRPÁTMEDENCÉBEN

Benkovics Ferenc

A VAS HASZNÁRÓL MEGITÉLÉSE EGYKOR ÉS MA

A vas hasznáról, nélkülözhetetlenségéről, az emberiség civilizációjában betöltött szerepéről minden időben és a müvelt társadalmak minden táján, már olyan sokat és sokféleképpen irtak, hogy arról ujat mondani aligha lehetne. Mégis beszélnünk kell most róla, mert századunk utolsó két évtizedében a vas szerepének megitélésében egyre több olyan változás figyelhető meg, amely méltán vonja magára a gondolkodó ember figyelmét. Egyre többet hallunk arról, hogy a vas elveszitette kulturateremtő szerepét čs sem a technika, sem a civilizáció előrevitelében ma már nem szerepel mozgatórugóként. Elhangzanak olyan vélemények is, hogy napjainkat tulajdonképpen már nem lehet a vaskorszakhoz számitani, helyesebb, ha azt atomkorszaknak, a müanyagok korának, vagy éppen az elektronika korszakának tekintjük.

Az ilyen vélemények arra utalnak, hogy a vas szerepének megitélésében ujabban valamiféle fordulat következett be, amely azért is élesnek látszik, mert az elmult századok gondolkodói olyan határozottan álltak ki a vas védelmében, hogy azt már egyenesen a vas dicsőitésének lehet tekinteni. Mindig hangoztatták a vas kulturateremtő jelentőségét, az életszükséglethez való nélkülözhetetlenségét és senkinek sem jutott eszébe kétségbe vonni azt a nyilvánvalsó igazságot, hogy a vasgyártás a népjólétet szolgálja. Az általuk vallott gondolatok azonban napjainkban kezdenek meginogni. A világ hangadó gazdasági mühelyei a vasnak ma alig tulajdonitanak szerepet, azt más anyagokkal helyettesithetőnek tartják, a vaskohászatot pedig törölték a huzó gazdasági ágazatok közül. Kétségtelen: napjainkban a vas megitélésében jelentős fordulat állt be.

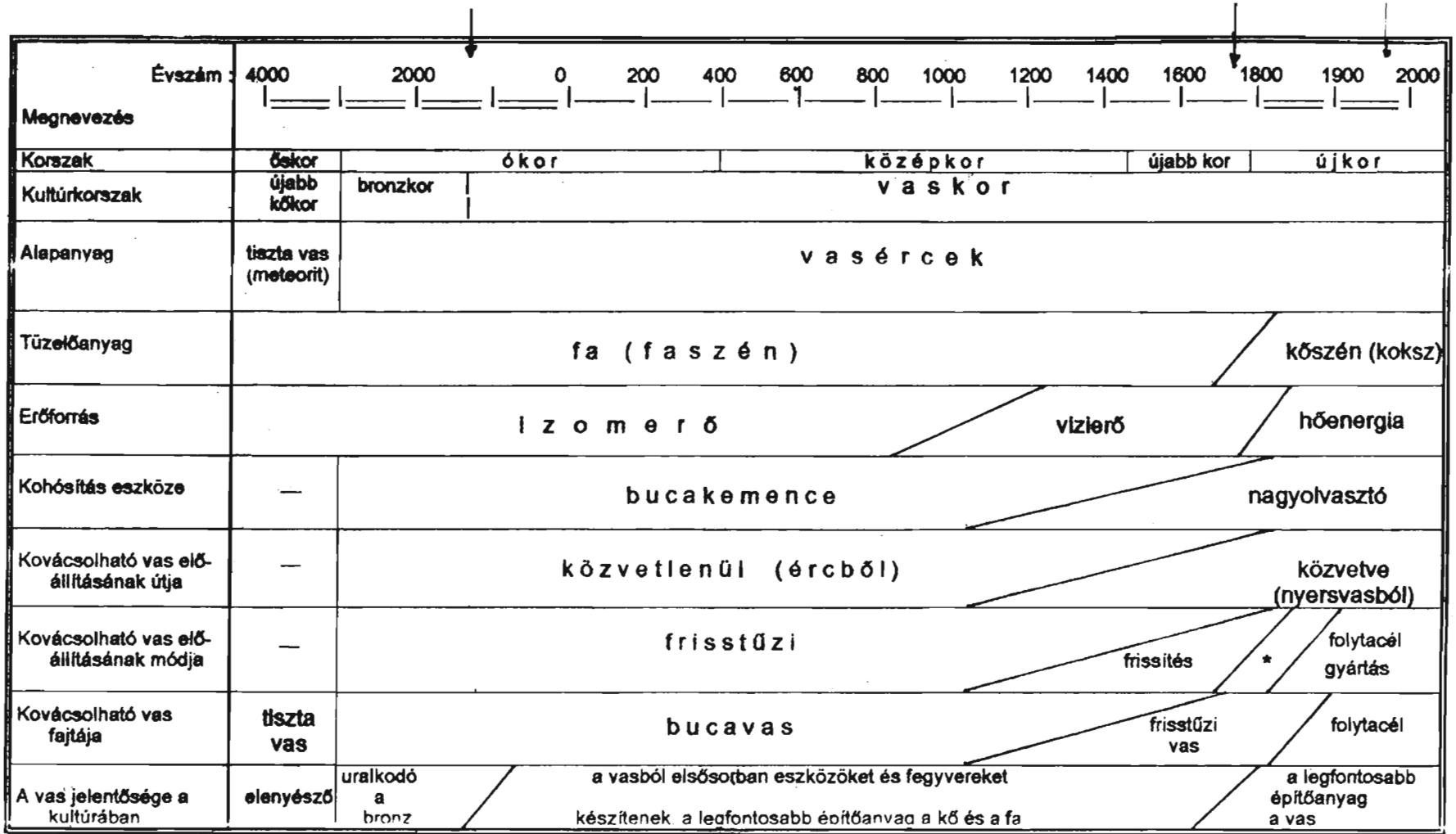
A VASKORSZAK NAGY FORDULÓPONTJAI

A vas ismeretét hatezer évre becsülik, amelynek történetét az 1. ábra a technológia fejlődése szempontjából bontja több időegységre. A használat és a hasznositásra épitett jelentőség szempontjából ebben a hatezer évben három fordulópontot is megfigyelhetünk. Az első a Kr. előtti XII. századra esik, a második a XIX. század első felében jelent meg a harmadik pedig a jelenlegi fordulat, amely századunk negyedik negyedének kezdetén vált nyilvánvalóva.

Az első nagy fordulat a vaskorszak kezdetét jelöli, addig a vas, mint a használati eszközök anyaga más fémek mellett alárendelt szerepet játszott. A csiszolt kő-réz-és bronzkorszakban a vas már ismert volt ugyan, gyártottak is belőle eszközöket, azok azonban még általánosan nem terjedtek el. A vas későbbi hasznositását magas kohósitási hőmérsékletének kell tulajdonitani, a kutató ember a réz és ón előállitási lehetőségeinek forgásait a vasénál könnyebben elsajátitotta.

A vas a használatban először, minden bizonnyal, fegyverként kapott szerepet, mert előnye, más anyagokkal szemben, legkézenfekvőbben a védekezésben és vadászatban tünt ki. Történelmi fordulópont azonban csak akkor következzett be, amikor a vas nemcsak a fegyverek, hanem a köznapi értelembe vett használati tárgyak, kéziszerszámok általánosan elterjedt anyaga lett. A vas megoldotta azokat a technikai feladatokat, amelyeket a már több ezer éve ismert rézzel és bronzzal nem lehetett megoldani. A vasszerszámok az ember életvitelének nagy támaszai lettek, azok fokozták a vadászat, halászat és a famegmunkálás hatékonyságáz. A famegmunkálás révén nagyobb lett az épitkezések és a hajóépités teljesitménye; a vasfejsze az erdőirtást, a vasalt eke a föld müvelését könnyitette. A vaskorszak kezdetét, a vas szerepének első nagy fordulópontját, tehát a vasnak általános szerszámanyaggá válása jelentette, s annak időpontja a Kr e. 1200-ra tehető.

A vaskorszak századaira jellemző lett a vashasználat terjedése, ami azt jelentette, hogy egyre több használati eszköz készült vasból. A vas ókori és középkori térhóditása azonban lassu volt, használata terjedt, de jelentősége alapjaiban nem változott meg. Szerepében fordulópont csak a XIX.



MEGJEGYZÉS: * : tégelyacél gyártás

St. u. E. 1985 évf. 1275. old.

1. ábra. A vaskorszak áttekintése a gyártástechnológia szempontjából.

század elején jelentkezett és az ipari-technikai forradalomhoz kapcsolódott. A változás ekkor azáltal következett be, hogy a vas, mint szerkezeti anyag is teret nyert. Az ipari forradalom előtt, ha elterjedten is, de mint láttuk, csak fegyver és szerszámok anyagaként szerepelt, az ipari forradalom léptette azt elő a legfontosabb szerkezeti anyaggá. Az ipari forradalom megnövelte a vas iránti igényt, az ugrásszerüen megnövekedett igényre pedig hatalmas vasipar épült ki, minden más iparágat felülmuló hatalmas gyáróriásokkal. Az ipari forradalom előtt a vas, mint életszükségleti cikk volt nélkülözhetetlen, annak gyártása nem volt gazdasági tényező, pl. a vasgyártás egy országnak a nemesfémek bányászatához képest elhanyagolható hasznot hozott. Az ipari forradalom a vasgyártást gazdaságteremtő tevékenységgé léptette elő. A gazdaságteremtő hatás nemcsak a vasgyártás közvetlen hasznából származott, hanem abból a kapcsolati összefüggésből, amely lehetővé tette, hogy egy fejlett vastermelésre támaszkodó ország biztonsággal fejleszthette ki vasfeldolgozó iparát, gépiparát és gőzüzemü közlekedését. A vasiparra támaszkodva épithette ki ipari társadalmát és növelhette nemzeti jövedelmét.

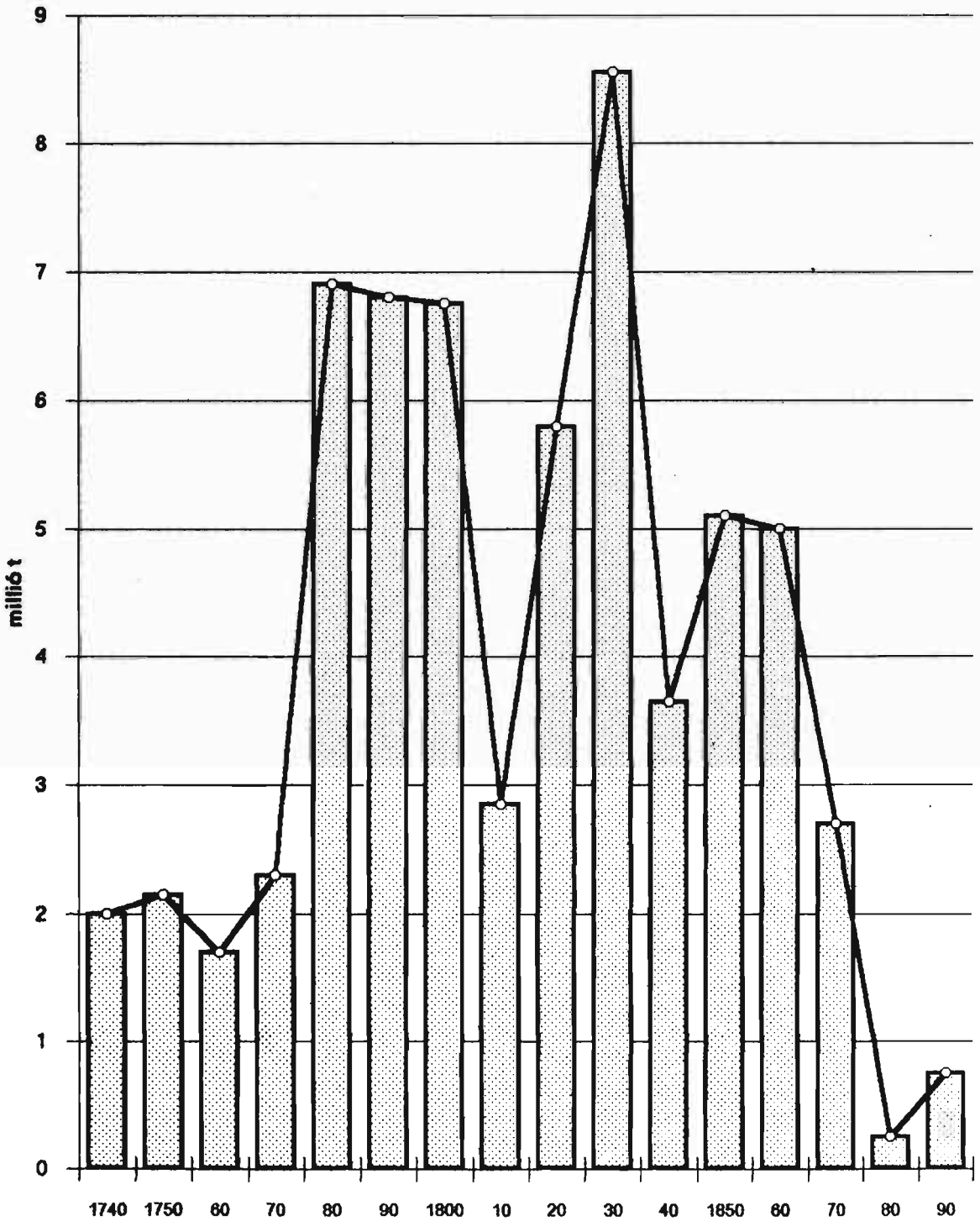
Az 1975-ben bekövetkezett olajárrobbanás óta azonban azt érezzük, hogy a vasnak egy uj korszakát éljük. Ennek az uj korszaknak két vonása mindenképpen felismerhető. A szerkezeti anyagok között a vas megtartotta ugyan továbbra is vezető szerepét, de ma már nem tekinthető egyeduralkodó szerkezeti anyagnak. Mellette más fémek, pl. az aluminium, is teret követelt magának és a müanyagok is jelentős szerkezeti anyagként jelentkeztek. Egy másik jellegzetességként kell megemliteni, hogy a közönséges vasárunak ma már önmagában nincsen gazdaságteremtő ereje, csak akkor, ha arra szellemi érték is rakódik. A vastermelés mechanikus növelése ma már nem tesz gazdaggá egyetlen országot sem, csupán akkor teremtődik gazdagság, ha a vas magasan feldolgozott áruként kerül a piacra. A vas ma korszerü gépek, különleges rendeltetésü szerkezetek, elektronikával is felszerelt berendezések a lakjában képvisel csak értéket. Ma nem az az ország gazdag, amelynek nagy a vastermelése, hanem amelynek nagy az értéksokszorozó képessége.

A FORDULÓPONTOK MEGJELENÉSE EURÓPABAN

A vasfelhasználás európai első nagy fordulópontjáról, a vaskorszak helyi kezdetéről, kevés jelemzőt lehetne mondani, legfeljebb annyit, hogy az átmenet hoszszabb ideig tarthatott, esetleg területenként évszázadokra is eltolódhatott. A vas második nagy fordulópontja viszont már részleteiben is nyomon követhető, mint az ipari forradalom kisérő jelensége. Az ipari forradalom zászlóvivője. Anglia volt, a vas Angliában emelkedett gazdasági rangra, és a vas gyártása is itt vette fel először gyáripari jellegét. Ha Anglia nyersvastermelésének felfutását nyomon követjük, abban a fejlődés ugrópontja a XVIII. század végén figyelhető meg. A 2. ábra szerint 1780 és 1790 között gyorsul fel a nyersvastermelés növekedése és a lendület kisebb megtorpanásokkal egészen 1870-ig tart.1750 és 1850 között, száz év leforgása alatt, az évente termelt nyersvas megszázszorozódott és Anglia nemcsak a világ vezető vasgyártójává lépett elő, de 1850-ben már a vastermelés felét adta a világnak.

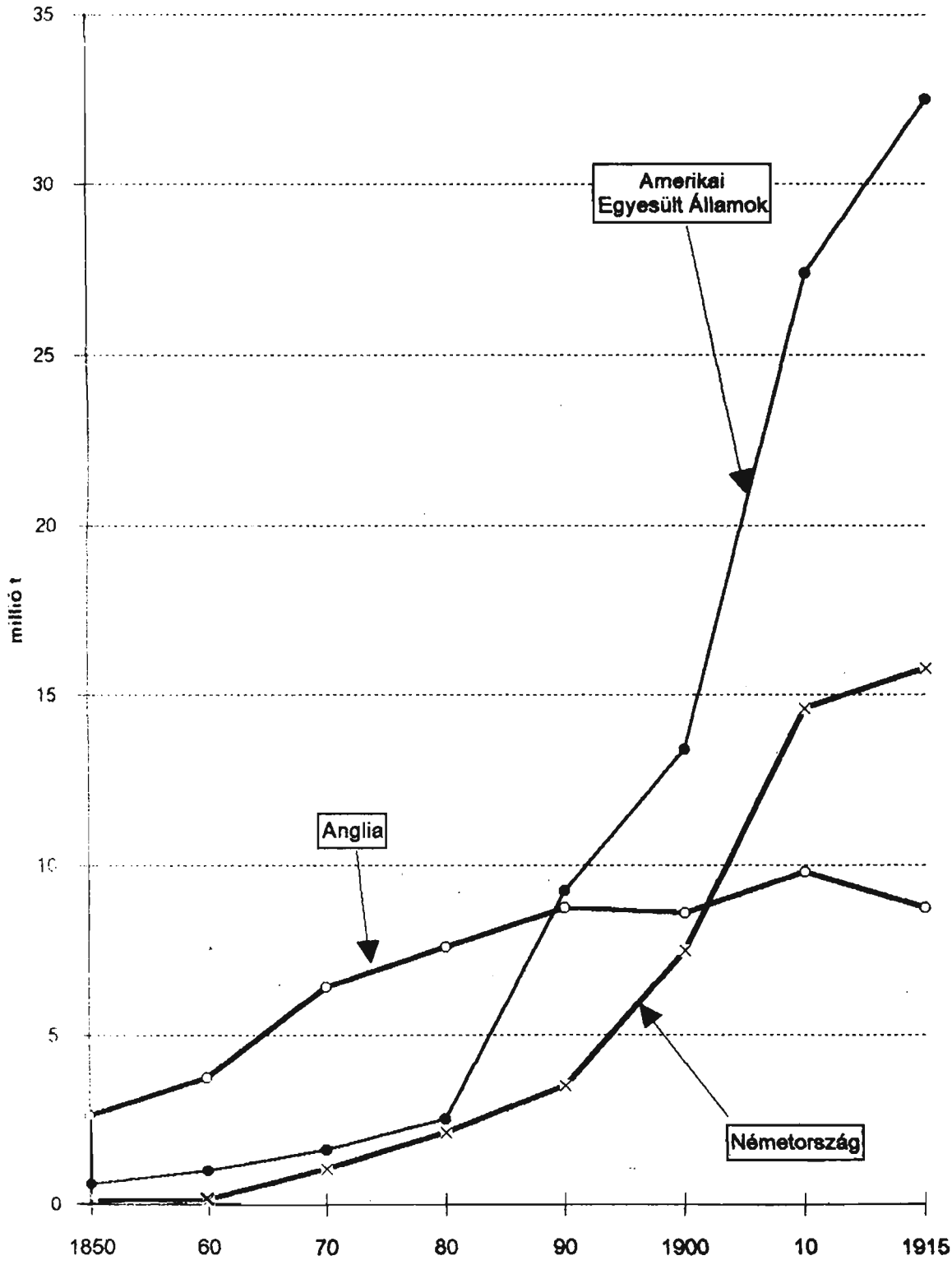
A XVIII. század második és a XIX. század első felében a vaskohászat minden ujitása angol honban született, az ipari forradalom gyártóberendezései innen terjedtek tovább a szárazföldi Európába és Amerikába. Európa vasgyártó körzetei a XIX. század huszas évtizedétől kezdve veszik át az angol vasgyártó technológiát (amelynek jellegzetes berendezése a kavaró-hengerlésre épült vasfinomító gyár lett), s amely nyugatról terjedt keletre, mig végül elérte a Kárpátmedencét is. Majd miután Anglia tartalékai kimerültek, a német és az amerikai vasgyártás vette át a stafétabotot, ekkor, amint a 3. ábra azt bemutatja, a szigetországot Németország is és az Amerikai Egyesült Államok is megelőzte az acélgyártásban. A századvégi ujitások, a Bessemer-és Martinacélgyártás már ezeknek az államoknak a gazdaságát erősiti, olyannyira, hogy az Egyesült Államok a XX. század közepén ugyanazt a szerepet tölti be az acélgyártásban, mint Anglia száz évvel korábban a nyersvasgyártásban. A XX. század harmadik negyedében pedig, ugyancsak az acélgyártásra támaszkodva, nagyhatalommá lép elő a Szovjetunió is és Japán is.

A világ acéltermelése a XX. század folyamán, a kisebb válságidőszakoktól eltekintve, nagy sebességgel növekedett, egészen 1974-ig. Ekkor hirtelen visszaesett, majd a növekvő szakaszból egy erősen ingadozó szakaszba csapott át, amelyben növekedési és visszaesési periódusok váltogatják egymást. Az ujonnan kialakult helyzetre jellemző a vasgyártás területi átrendeződése. A centrumországok csökkentik acéltermelésüket, ugyanakkor Kelet-Ázsia nagy ütemben fejleszti vaskohászatát



2. ábra. Anglia nyersvastermelése a XVIII.-XIX. században.

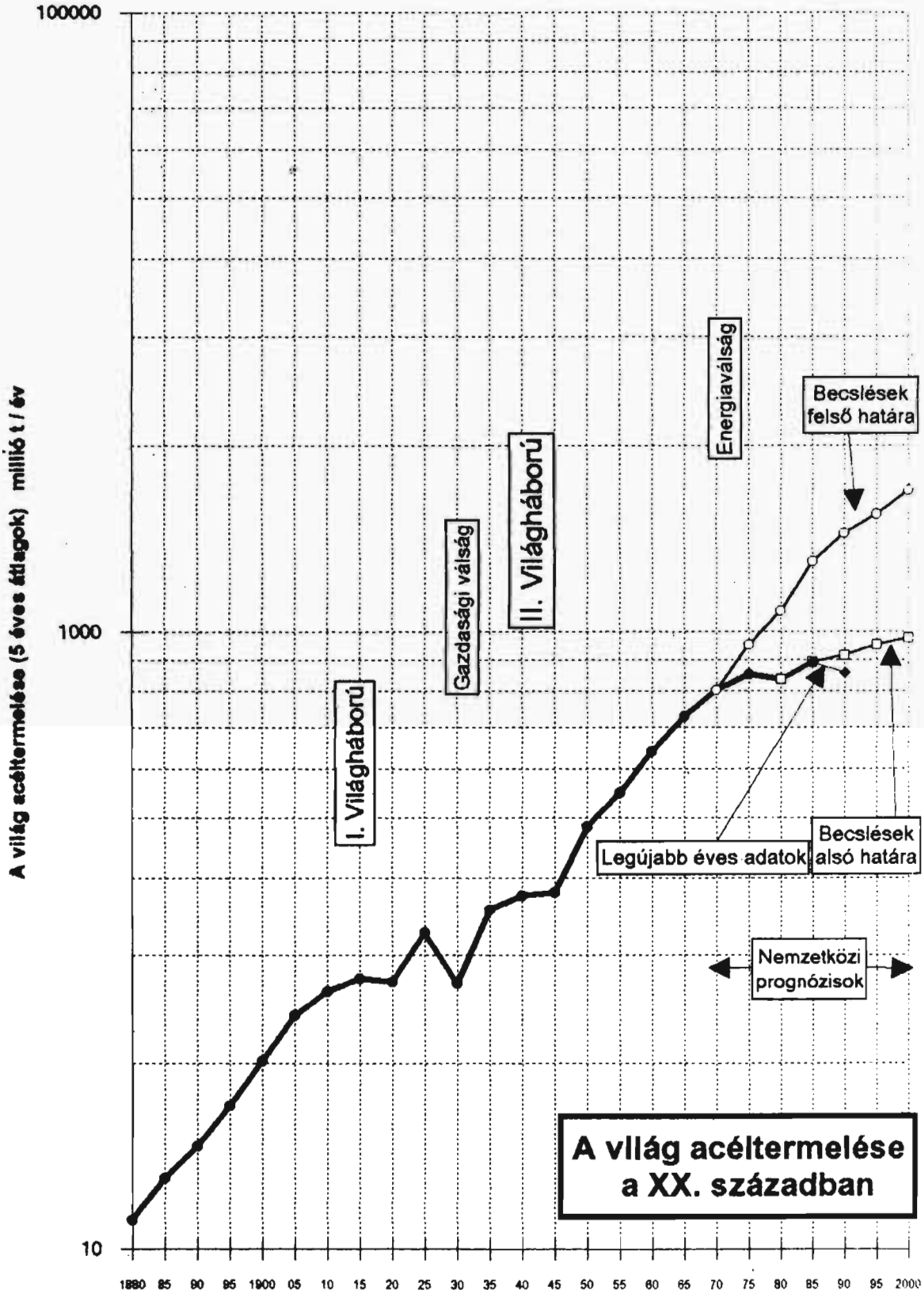
és a világ acéltermelésében egyre nagyobb hányadot foglal el a Tajvan-Kina-Korea hármas. Rajtuk kivül a nyolcvanas évtizedben Brazilia is fejlesztette a vaskohászatát. A vasgyártás tehát, ugy látszik, a centrum országokból a perifériára szorul, az acéltermelés világviszonylatu növekedésével a XX. század végére alaigha lehet számolni. A törés jól megfigyelhető a 4. ábran, amely a század végére is stagnáló acéltermelést igér. Mindezek elennére a vaskorszak végéről nem beszélhetünk, csupán annak egy ujabb szakaszáról.



3. ábra. A centrumországok nyersvastermelése (millió t) a XIX. század végén. Anglia, Németország, Amerikai Egyesült Államok.

AZ IPARI FORRADALOM BETÖRÉSE A KÁRPÁTMEDENCÉBE

Arra a kérdésre, hogy a Kárpátmedencében mikor gyártottak először vasat, vagy mikor köszöntött be a vaskorszak, aligha lehet megnyugtató választ találni. Két tény azonban biztosan állítható. Egyrészt, hogy a rómaiak megjelenése előtt, ezen a földterületen, már gyártottak vasat, másrészt,



4. ábra. A világ acéltermelése a XX. században (millió t).

hogy a népvándorlás népei: hunok, avarok, szlávok, magyarok magukkal is hoztak vasgyártó ismereteket. Az ipari forradalomhoz kapcsolódó második fordulópont viszont a Kárpátmedence vasgyártásában is pontosan megrajzolható. Mivel az ipari forradalom nyugatról terjedt keleti irányba. Franciaországban és Belgiumban, a XIX. század huszas-harmincas, a középnémet területeken a harmincas, az Osztrák-Magyar Monarchia területén pedig a harmincas-negyvenes évtizedben jelentek meg a vasfinomitó gyárak.

Az Osztrák-Magyar Monarchia területén először 1828-ban, Witkovitzban létesült kavaró-hengerlő vasfinomitó üzem, Magyarország területén azonban csak 1845-47-ben. Az angol forradalmat ezáltal a Monarchia mintegy 40, a Kárpátmedence pedig majdnem 60évvel követte, Középeurópa lemaradása a centrumtól tehát igen tekintélyes volt. Az Erdélyi fejedelemség területén vasfinomitó gyár még ekkor sem létesült, a ma Erdélyhez tartozó Bánát vaskohászata visznot a medence fejlett körzeteivel tartott lépést.

Amilyen sokáig varatott magára a Kárpátmedencében az ipari forradalom, ugyanolyan nagy erővel és széles fronton tört be a területre. Magyarországon a negyvenes évtized elejétől hat helyen tervezték a kavaró-hengerlő eljárás bevezetését: Betléren, Pécsett, Ózdon, Resicán, Podbrezován és Nadrágon. A hat közül kettő indulás után azonnal megbukott, a nadrági fennmaradt ugyan, de szénhiány miatt jelentős vasgyártó teleppé sohasem vált. Három; a podbrezovai, ózdi és resicai viszont nemcsak életképesnek bizonyult, hanem a XIX. század második felére megalapozta a Magyar Királyság vasiparát. A vastermelés felfutása ugyanis a XIX. század második felében erőteljes volt, meghaladta a világfejlődés átlagát és kisebb válságos szakaszokkal tarkitva egészen a világháboru második feléig tartott.

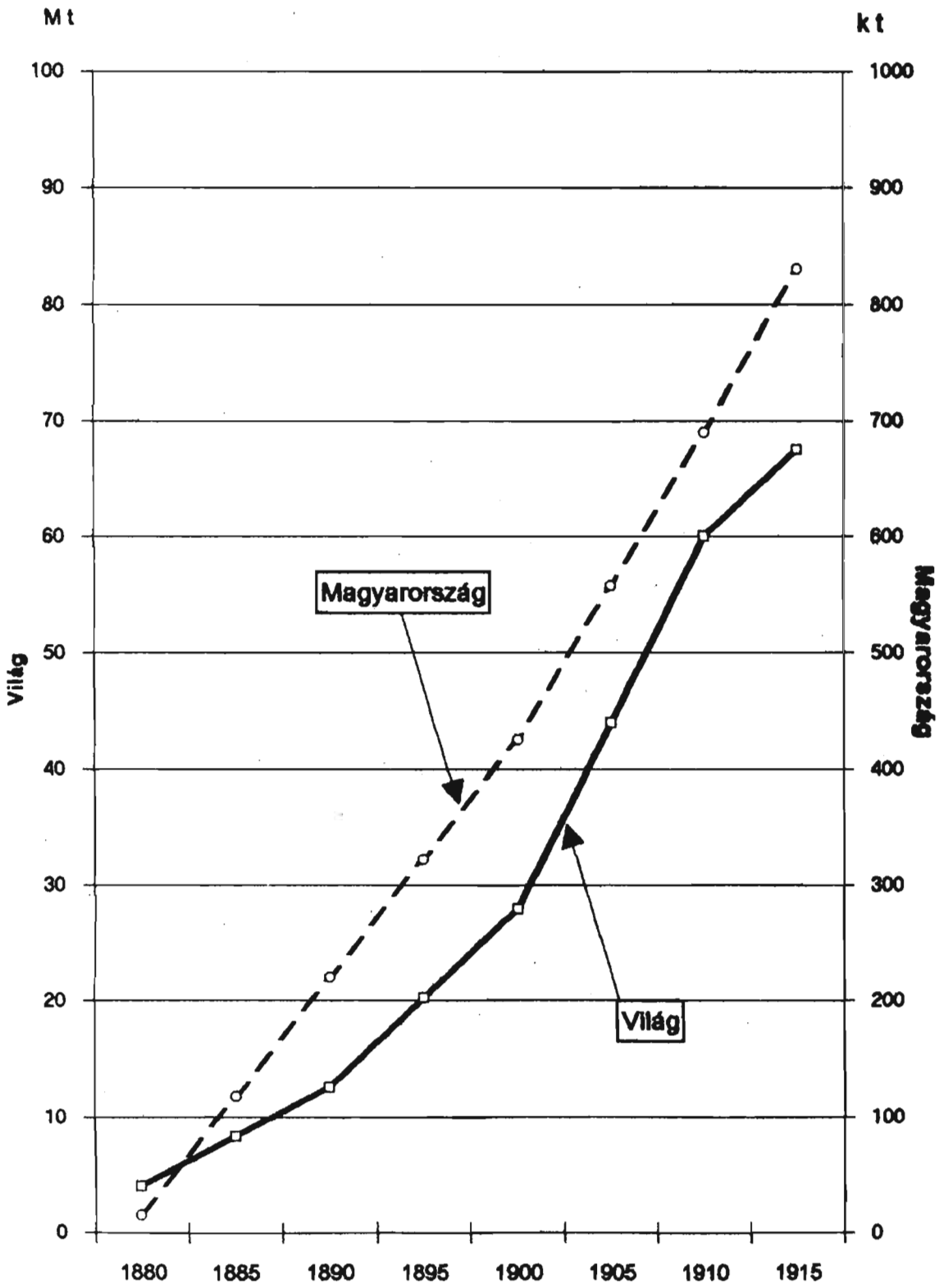
A jelenlegi Magyarország területén maradt vaskohászat a két világháboru között csak mérsékelten fejlődött és a századelején kialakult technológia szinvonalán konzerválódott. Ujabb fellendülését csak az 1950-ben beinditott szocialista tervgazdálkodás hozta, de annak keretei között sem tudott a magyar vasgyártás a világ élvonalának közelébe kerülni. A tervgazdálkodás negyven éve alatt Magyarország acélgyártása 1979-ben érte el legnagyobb termelését, de az egyfőre eső acéltermelésben ekkor sem lépte tul Európa országainak átlagát és Középeurópa átlagának kétharmadát.

A vaskohászat legujabb fordulópontja Magyarország vaskohászatában 1980-tól kezdve érezteti a hatását és ez a hatás jelenleg is tart. A magyarországi vaskohászat korábban folyamatba vett korszerüsitése ekkor félbeszakadt, az ahhoz szükséges beruházásokat a kormányok leállitották. Ezért a magyarországi vasgyártás félkorszerü állapotban várja további sorsát.

A VASTERMELÉS ÉS A NÉPJÓLÉT KAPCSOLATA

Ha a vaskorszak két ujabbkori fordulópontja közötti időszakot, tehát az 1775-1975 közötti 200 évet mérlegre tesszük, nem nehéz megállapitani, hogy ez a 200 év az embri civilizáció felfelé tartó utján ugrásszerü felivelést hozott és a hallatlan méretü felemelkedés mögött a vasnak, mint szerkezeti anyagnak a belépése áll. A vas szerkezeti anyagként való általánossá válása, gyors elterjedése a gőzgéphajtással esik azonos időre, azonban magának a gőzgépnek a kifejlesztése sem sikerülhetett volna vas nélkül. Még szélesebb alkalmazási területet talált a vas a gőzgép által mozgatott munkagépek és más berendezések épitésében. Az első nagytömegü vasat igénylő területként a közlekedés jelentkezett, különösen a XIX. század huszas-harmincas évtizedeiben, amikor megkezdődött a gőzgéppel hajtott vasvázas hajógyártás, majd a vasuti közlekedés. Az uj tipusu járművekkel együtt terjedt el a szerszámgépek használata, általuk általánossá vált a gépgyártás és ennek hatásaként a gazdasági élet minden területén megjelentek a vasanyagu munkagépek, az élelmiszeripari berendezésektől a mezőgazdasági gépekig.

A XIX. században az egyes országok, fejlődő vasiparukra támaszkodva, ipari országokká alakultak át, majd a XX. század második felében jóléti társadalmakká léptek elő. Megállapitható, hogy a XIX. század második felében, majd a XX. századba, egészen a hetvenes évtizedig az egyes országok egy főre eső nemzeti jövedelme és az egy főre eső acéltermelése között korrelációs matematikai kapcsolat áll fenn, ezért, ha elfogadjuk azt az elvet, hogy a népjólét egyik legfontosabb mutatószáma az egy főre eső nemzeti jövedelem (nemzeti össztermék, GPD), belátható, hogy népjólét és a vastermelés között is szoros a kapcsolat. Ilyen értelemben állitható, hogy a vas az emberiség jólétének legnagyobb előmozditója. Ha jelen korunk ebből a szempontból más anyagokat (aluminiumot,



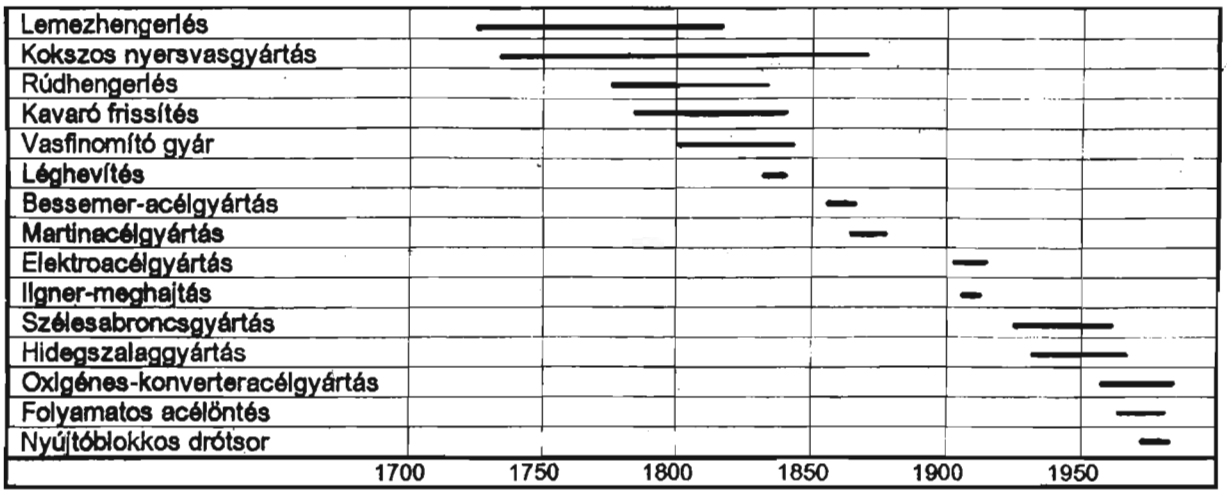
5. ábra. A világ acéltermelésének (millió t) és Magyarország acéltermelésének (ezer t) összehasonlítása a XIX.-XX. század fordulóján.

müanyagokat, sziliciumot, stb.) is a vas mellé állit, akkor nem tagadható, hogy a vas napjainkban is a népjólétet szolgálja.

Ezt a szerepet töltötte be a vas a XIX. és XX. században a Kárpátmedencében is. Mivel a gazdasági élet itt egészen az első világháboru végéig a Magyar Királyság szervezetében zajlott, a fejlődés a magyarországi korabeli vasgyártáson mérhető le. Ennek jellemzésére pedig a következők állapithatók meg:

Magyarország nyersvastermelése az ipari forradalom hatására a XIX. század negyvenes évtizedében imponáló lendületet vett. A lendület, kisebb megtorpanásokkal a világháboruig tartott és a század végén 12-szerese volt a századközepén elért termelésnek. Ebben a félszázadba került sor a kohászati gyártástechnologia váltására is, a *kavartvasgyártást* ekkor váltotta fel a folytacélgyártás. Az uj tipusu acélok temelése nagy lendülettel indult és, amint az 5. ábra mutatja, egészen a háboru végéig lépést tartott a világ acéltermelésének felfutásával.

Az ipari forradalom jellemző ujitásai, mint láttuk, csak nagy késéssel törtek be a Kárpátmedencébe. A felzárkózás azonban a befogadó készség fokozódásában is jelentkezett, a XIX. század második felében az ujitások sokkal gyorsabban honosodtak meg az ország területén. A kohászat világszabadalmainak belépését a 6. ábra mutatja be, amelyen azok az időközök láthatók, amelyek a találmányok üzemszerü megjelenésétől magyarországi bevezetésükig elteltek. A világ élvonalához képest a magyarországi vasgyártásmindig követő helyzetben volt, de az ábra elárulja, hogy az időbeli követés távolsága állandóan csökkent és a Kárpátmedence vaskohászati szinvonala a XIX.-XX. század fordulóján került legközelebb a világ élvonalához.



6. ábra. Világszabadalmak késési ideje Magyarország (Kárpátmedence) vasgyártásában.

A vaskohászat XIX. századi előretörésére támaszkodva indult meg a Kárpátmedencében a gyári jellegü iparosodás. Ezt nemcsak a számos gépgyár és a gőzmalnok sokasága jelzi, hanem a vasuti hálózat kiépitése is, amely sürüségével még ma is felveszi Európa nyugati felével a versenyt. A századforduló éveiben pedig az országban gyártott különféle gőzgépek, mezőgazdasági gépek, eredménysen szerepeltek a legkülönbözőbb világkiállitásokon. Közvetlenül a világháboru előtt pedig megjelent az elektrotechnikai ipar, sőt megkezdődött az automobil, a repülőgép és a helikopter gyártása is.

A XX. SZÁZADI FORDULÓPONT HATÁSA MAGYARORSZÁG GAZDASÁGÁRA

Magyarországon a vas megitélésében bekövetkezett XX. századi változás különösen nehéz helyzet elé állitotta a vasgyártást és vasfeldolgozást. A helyzetet az tette különösen sulyossá, hogy a világfelfogást egy országon belüli kohászatellenes hangulat is kiegészitette. Ez a kohászatellenes hangulat az országban a második világháboru óta rendszeresen feltör és két gazdaságfilozófiai okfejtésre támaszkodik. Az egyik megokolás szerint a nezézipar és benne a vaskohászat fejlesztése a sztalinizmus találmánya, az országra kényszeritett külső akarat eredménye, attól tehát nemzeti érdekből szabadulni kell. A másik megokolás azt hangoztatja, hogy a vasgyártás anyag-és energiai-

gényes ipari tevékenység, mivel pedig Magyrország anyagban is és energiában is szegény, ezért le kell ráznia minden olyan gazdaságitevékenységet, amely nagy anyag-és energiafogyasztással jár. Mindkét gondolat szerfölött tetszetős és a közhangulattal könnyen elfogadtatható, ezért a mindenkori pártpolitika is hajlamos ezeket a gondolatokat a programjába beépiteni.

Különösen felgyorsult a vasgyártás visszaesése az utóbbi években, amikor Keleteurópában alapvető politikai átalakulás következett be. Az átalakulás a reálgazdálkodásról elvonta a figyelmet és a kormányok egyre-másra olyan intezkedéseket hoznak, amelyek a vaskohászatra hátrányosan hatnak.

A vaskohászatban bekövetkezett történeti változásokra tehát Magyarországon olyan többletterhek rákodnak, amelyek a vasgyártásra egyértelmüen károsak. Az öszszegeződő hatások eredményeként az 1979-ig emelkedő acéltermelés 1980-tól fokozatos, majd gyors csökkenésbe csapott át és az aceélgyártás termelési szintje az 1979-ben elért legmagasabb értékének 47 %-ára esett vissza. A zuhanásszerü termeléscsökkenés amiatt következett be, mert a vasmüvek a külső kényszrek hatására kényszerintézkedésekhez folyamodtak, termelésüket csökkentették, munkásaik jelentős részét elbocsátották, egyes berendezéseiket felszámolták, az üzemben maradtakat pedig szakaszosan járatták. Ezek az intézkedések természetesen a gyárak versenyképességét, amely egyébként is gyenge volt, tovább rontották.

A magyarországi vasgyártás jövője tehát sok tekintetben tisztázatlannak látszik, sok jel mutat arra, hogy erőteljes vaskohászattal Magyarországon, a század végén, nem lehet számolni. Az uralkodó pártok vezető közgazdászai az ország pénzügyi mérlegeivel vannak elfoglalva, a reálgazdálkodást pedig a polgári társadalom zsebébe varják, küzdjön meg vele ugy ahogyan tud. A vasgyártás azonban éppugy, mint a mezőgazdaság, egyetlen európai országban sem tehető versenyképessé állami támogatás nélkül, ezért az állam háttérbe vonulása a vasgyártás további leépülését hozhatja magával.

Az ország vaskohászattal foglalkozó szakembereinek azonban az a véleménye, hogy korszerü vaskohászat nélkül Magyarországon sem tartható fenn fejlett gazdasági élet és nem növelhető jelentős mértékben a nemzeti jövendelem sem. Azonban nem nagyméretü vaskohászatra van az országnak szüksége. A szakma képviselői olyan vaskohászatot szeretnének teremteni, amely minőség tartása terén megfelel az Európai Közösség normáninak, teljesiti nemzetközi és hazai környezetvédelmi feladatokat és amelyekben nagymértékben érvényesül a célirányosság és gazdaságosság elve.

A vaskorszak XIX. századi fordulópontja a világpiac hallatlan méretü bővüléséhez kapcsolódott, ezért a vasgyártóknak ekkor a termelés gyors növelése volt a feladata. A XX. századi fordulat ennél nagyobb követelményekkel lép fel, a fejlesztést a mennyiség növelése nélkül a minőség tartásában és a vas értéknövelésében jelöli ki. Ha talpon akarnak maradni, a századvégi vasgyártóknak ezzel a követelménnyel kell szembenézniük.

MARKANTE WENDEPUNKTE IN DER EISENZEIT UND IHR EINFLUSS AUF DAS KARPATENBECKEN

Resümee

In letzter Zeit kommen Ansichten auf, daß das Eisen seine kulturschaffende Funktion verloren hat und die heutige Zeit nicht mehr als Bestandteil der Eisenzeit betrachtet werden kann, sondern als Zeit der Atome, Kunststoffe oder Elektronik. Das Eisen wird als ersetzbar durch andere Materialien gehalten und die Eisenmetallurgie hört auf, als vorrangiger Wirtschaftszweig zu gelten.

Den ersten Wendepunkt in der Eisenverarbeitung erblickt man allgemein in der Verbreitung seiner Produktion im 12. Jh. v. u. Z. Damals wurden aus Eisen Waffen und Werkzeuge herzustellen begonnen und mit seiner Verwendung wurden vorher nicht zu bewältigende technische Aufgaben gelöst.

Eine weitere große Umwälzung erfolgte im Zusammenhang mit der industriell-technischen Revolution Anfang des 19. Jh., als das Eisen einen neuen Raum in der Funktion von Konstruktionsmaterial erlangte. Dank der riesigen Zunahme der Nachfrage des Eisens entwickelte sich die Eisenindustrie in solchem Tempo, daß sie alle übrigen Produktionszweige übertraf. Das Weltprimat

in der Eisenproduktion hatte England. Im J. 1850 stellte es die Hälfte der Weltproduktion des Eisens dar. Nach Erschöpfung der Eisenerzvorräte verschob sich die Produktion nach Deutschland und in die USA. Im dritten Viertel des 20. Jh. wurden die ehemalige Sowjetunion und Japan zu Großmächten in der Eisenproduktion.

Seit 1974 kommt es zu Wellen der Stagnation und des Niedergangs. Die Eisenmetallurgie entfaltet sich nun in Asien (Taiwan - China - Korea) und in Brasilien.

In der Zeit zwischen den J. 1775 bis 1975 bildete Eisen die Grundlage der technischen Entfaltung, und als grundlegendes Konstruktionsmaterial war es auch die bedeutendste Wohlstandsquelle der einzelnen Länder.

Im Karpatenbecken wurde Eisen bereits vor der Ankunft der Römer gewonnen. Eisen kannten auch Völker, die später hierher kamen, wie die Hunnen, Slawen, Awaren, Magyaren.

Der neuzeitliche Aufschwung der Eisenmetallurgie in der Östereich-Ungarischen Monarchie begann in den 30-40er Jahren des 19. Jh. Die erste Eisenhütte begann im J. 1828 in Vítkovice zu arbeiten. Im Gebiet Ungarns arbeiteten seit Anfang der 40er Jahre erfolgreich die Eisenhütten in Podbrezová, Rešica und Ózd. In der zweiten Hälfte des 19. Jh. überschritt die Eisenproduktion in Ungarn den Weltdurchschnitt. Eine optimale Situation herrschte auch an der Wende des 19./20. Jh.

Zum Aufschwung der Eisenverarbeitung kam es in Ungarn erneut nach dem J. 1950, aber die Weltspitze hat es in der Produktion nicht mehr erlangt. Seit 1980 nimmt die Produktion ab.

Die Opposition gegenüber der Eisenproduktion begründet die Produktionssenkung in der Gegenwart damit, daß die Unterstützung der Entfaltung der Schwerindustrie in Ungarn eine der stalinistischen Aufbaumethoden der wirtschaftlichen Struktur war, bzw. daß Ungarn heute keine ausreichenden Finanzen für die Rohstoffeinfuhr und die energetische Sicherung der Verhüttungsindustrie hat. Die heutige Produktion stellt nur noch 47 % der Produktion im J. 1979 dar und es besteht keine Hoffnung zur Besserung der Situation bis zum Ende des Jahrhunderts.

Das Eisen bleibt auch weiterhin ein bedeutsamer Rohstoff, doch in heutiger Zeit braucht man nicht auf die Quantität eingestellt zu sein, sondern auf die Qualitätssteigerung und auf die Bewertung in Form von Spitzenerzeugnissen.

Abb. 1. Übersicht der Eisenzeit vom Gesichtspunkt der Produktionstechnologie.
Abb. 2. Roheisenproduktion in England im 18.-19. Jh.
Abb. 3. Eisenproduktionszentren (in Milllionen Tonnen) der Länder Ende des 19. Jh. England, Deutschland, USA.
Abb. 4. Stahlproduktion der Welt im 20. Jh. (in Millionen Tonnen).
Abb. 5. Vergleich der Stahlproduktion in der Welt (in Millionen Tonnen) und in Ungarn (in Tausenden Tonnen) an der Wende des 19./20. Jh.
Abb. 6. Verspätung in der Einführung von Weltpatenten in der Eisenproduktion Ungarns (Karpatenbecken).

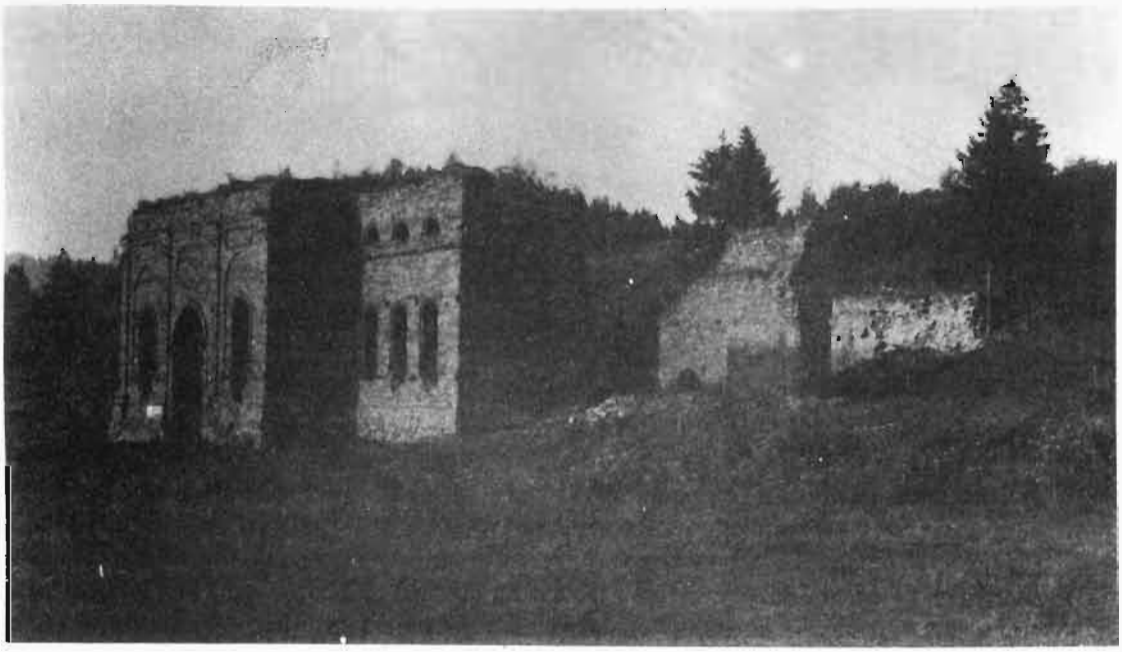
MÚZEUM VÝROBY ŽELEZA - ZÁCHRANA KULTÚRNEJ TECHNICKEJ PAMIATKY FRANTIŠKOVA HUTA V PODBIELI

Martin Kováč

Slovensko oplýva rôznymi nielen prírodnými, ale aj technickými pozoruhodnosťami. Súčasťou tohto bohatstva sú aj technické pamiatky, kedysi prevádzky podnikov, manufaktúr a remesiel. Na škodu veci je, že iba časť týchto objektov a strojov je chránená pred vplyvom času, v lepšom prípade využitá, aj keď na iný účel, ako bola pôvodne určená.

Železiareň Františkova huta medzi obcami Podbiel a Nižná (okr. Dolný Kubín) bola postavená v r. 1836 až 1837. Zavŕšilo sa tým niekoľkoročné úsilie Oravského komposesorátu o vybudovanie vlastného železiarskeho podniku. V tej dobe boli silnými hutníckymi regiónmi Spiš a Gemer, no aj napriek tomu tu postavili hutu so zastaranou technológiou, ale na druhej strane s veľkolepou továrenskou halou. Druhým problémom huty bola nekvalitná ruda a komplikovaná doprava. Tieto faktory prevádzku huty vplyvom hospodárskej krízy v r. 1892 zastavili.

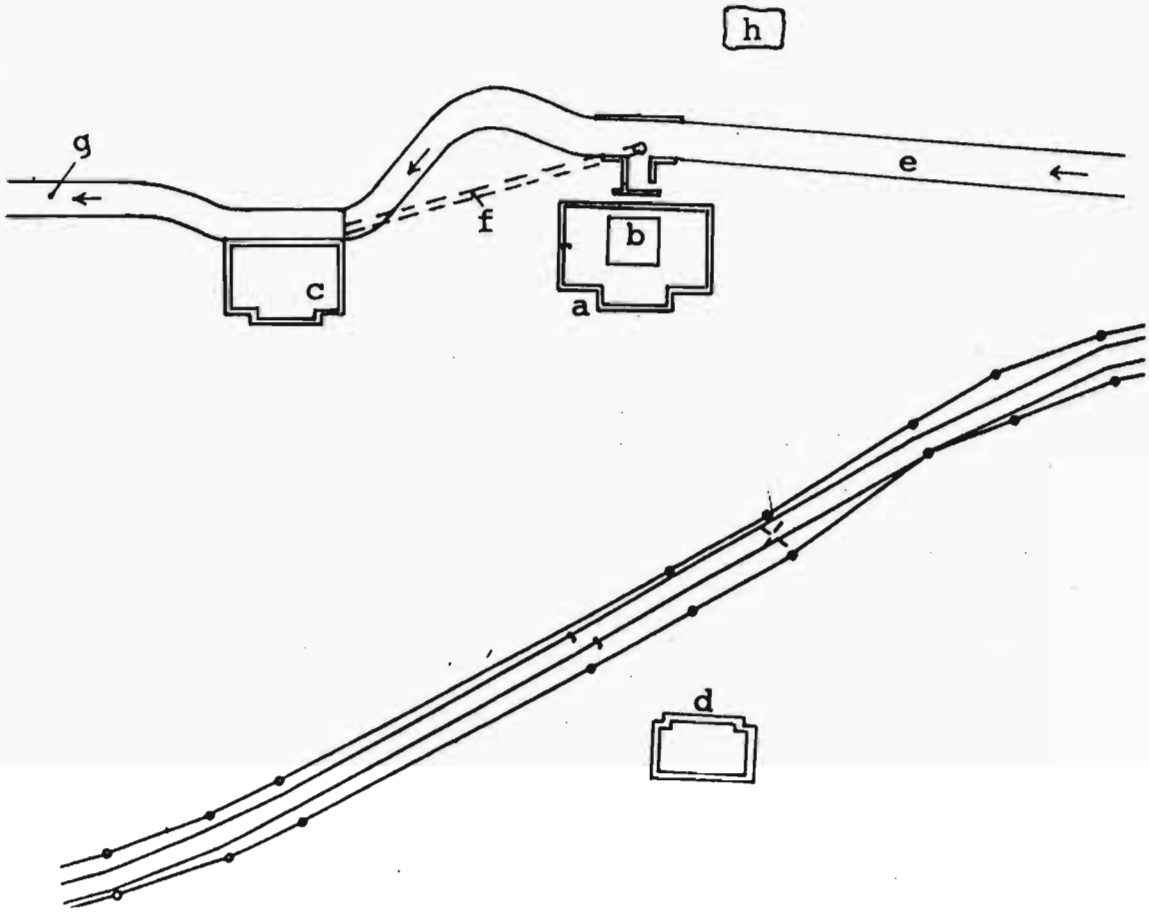
Železiareň bola navrhnutá veľkoryso. Klasicistická kamenná stavba (obr. 1), zasadená v útulnej krajine, bola novým architektonickým prvkom medzi drevenicami. Komplex Františkovej huty (obr. 2) pozostával z hlavnej továrenskej haly (a), vysokej pece drevouhoľného typu, vysokej 12 metrov (b), hámra (c), vápenky (d), prívodného, podzemného a odpadového kanála (e, f, g), zo skládky železnej rudy (h) a z iných drobných stavieb (studňa, sklady drevného uhlia atď).



Obr. 1. Františkova huta. Juhovýchodný pohľad. Zrútený múr továrenskej haly, vysoká pec vnútri továrenskej haly. Foto M. Kováč.

Derivačný kanál, ktorý huta využívala, tvoril akúsi energetickú niť. Na ňu bola napojená sústava manufaktúr, ktoré sa rozvíjali v Studenej doline paralelne so Studeným potokom až po sútok s riekou Oravou. Tým sa vytvorili predpoklady na koncentráciu manufaktúr výroby medzi obcami Oravský Biely Potok, Podbiel a Nižná, ktorá dosiahla vrchol na začiatku 20. stor. Zub času urobil svoje. Stavebný materiál ľudia časom rozobrali na stavby rodinných domov, z vápenky a hámra sa zachovali základy. Obvodové múry továrenskej haly s vysokou pecou sú rozrušené. Od konca

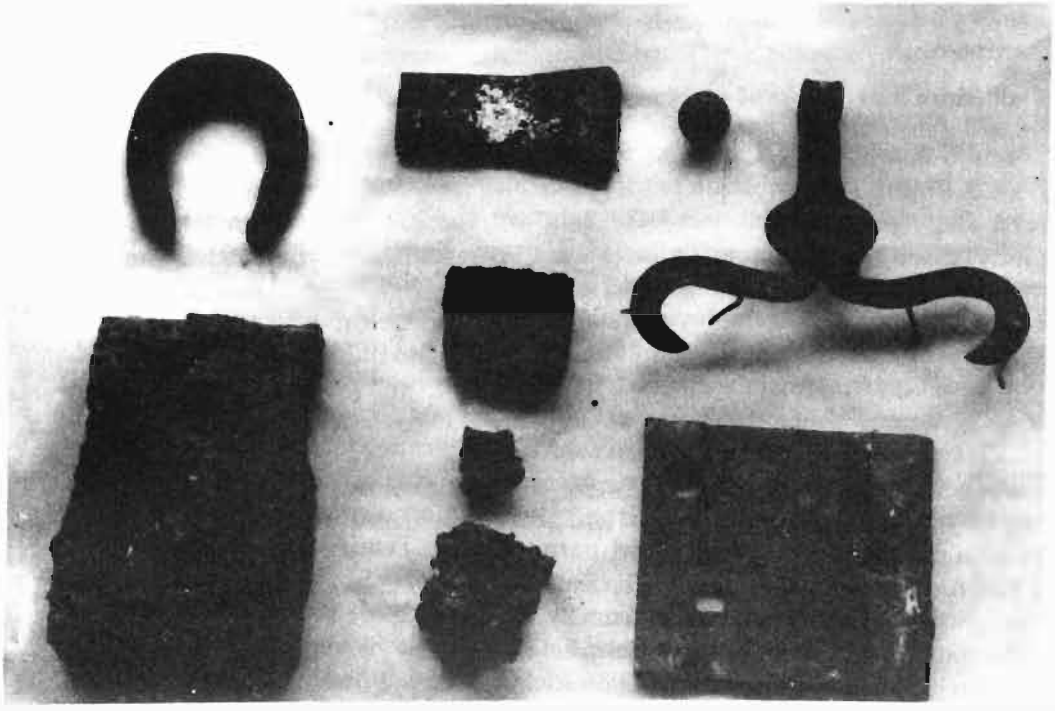
prevádzky železiarne sa do huty neinvestovala ani koruna. Výkričník nad jej osudom sa postupne objavoval od 60-tych rokov, keď sa v rámci pozemkových úprav - meliorácií, budovania inžinierskych sietí a komunikácií - viackrát bezprostredne ohrozila existencia zvyškov huty. Aj preto bola v šesťdesiatych rokoch zapísaná do štátneho zoznamu kultúrnych pamiatok pod číslom Ss/295.



Obr. 2. Františkova huta. a - továrenská hala; b - vysoká pec; c - hámor; d - vápenka; e, f, g - prívodný, podzemný, odpadový kanál; h - skládka rudy.

Kľúčovú úlohu v akcii na záchranu pamiatky vtedy zohral ochranár Ing. *M. Krúpa*. Na základe zápisu do zoznamu pamiatok vznikol r. 1979 prvý zámer obnovy pamiatky. Podporený bol aj iniciatívou získať financie na rekonštrukciu od hutníckeho komplexu - ferozliatinových závodov. Žiaľ, bezvýsledne. V r. 1983 sa prvýkrát stal objekt zaujímavým aj pre film. Natáčala sa tu Jakubiskova Tisícročná včela. Potom nastalo osemročné obdobie, keď sa nedialo nič a vôľa zachovať to, čo zostalo, takmer úplne vymizla. Nové spoločenské pomery vytvorili predpoklady na opätovný záujem využiť pamiatku. *M. Krúpa* sa spojil s ochranárom *P. Kresánkom* (neskorším primátorom mesta Bratislavy), ktorý myšlienku tlmočil organizácii Stromu života na jednom jej školení na jeseň r. 1990. Iniciatíva na seba nenechala dlho čakať, a tak sa po predbežnej obhliadke uskutočnil prvý tábor Stromu života Ferro '91 za organizačného zabezpečenia klubmi Stromu života Ante, Černica a organizácie Strom života. Predseda KSŽ Ante *S. Jendek* zostavil prvý koncept myšlienky využitia pamiatky, začali sa písať listy, rozdelili sa úlohy. Mládež z rôznych kútov Slovenska za štyri týždne práce vyčistila objekt od náletov, postavila prvé provizórne oplotenie. Objekt sa odhalil v celej svojej veľkosti. To bol prvý krok, za ktorým musel nasledovať ďalší. Spočíval v spracovávaní dokumentácie, zbieraní existujúcich podkladov a konkretizácii využitia pamiatky. Technickým riešením tejto časti projektu bol poverený *M. Kováč*. Za pomoci Stavebnej fakulty STU v Bratislave vzniklo prvé zameranie skutočného stavu objektu.

Rokovania s vlastníkom pozemku potvrdili neistotu miestnych obyvateľov v súvise so zámerom záchrany pamiatky a nášho záujmu prebudiť a aktivizovať ich k mobilizácii zdrojov na záchranu kultúrneho a historického dedičstva. "Pamiatka ostáva na svojej pôde, nikto ju nemôže preniesť, a ak do nej bude investovať, tak len tu" - to bol jeden z argumentov pri presadzovaní myšlienky využitia huty. Na získanie dôvery medzi obyvateľstvom sa muselo investovať nemálo času a prostriedkov. Objekt má v súčasnosti niekoľko stovák podielnikov z urbárskeho spoločenstva. Tým sa dokumentuje, že je to ich pamiatka, ich kus histórie, ktorý si chcú zachovať. V r. 1993 vypracovala firma PRODIS projekt statického zabezpečenia budovy. Následne v marci 1994 vznikol projekt odvodnenia okolia pamiatky a niekoľko štúdií využitia objektu, spracovaných na Fakulte architektúry STU v Bratislave. Zámer obnovy pamiatky rozdeľuje rekonštrukciu do troch etáp, ktoré na seba nadväzujú a zároveň sú ucelenými fázami rekonštrukcie objektu. Prvá etapa sa začala realizovať v r. 1994 za podpory štátneho fondu kultúry Pro Slovakia. Kompletne sa upravil sokel muriva továrenskej haly, vyrovnal sa terén vnútri haly a jej okolí, urobil sa prieskum vápenky a podzemného odpadového kanála, ktorý ich existenciu potvrdil a rozsah objektov spresnil. Za posledné tri roky sa našlo niekoľko nálezov (obr. 3), hoci nie archeologicky pozoruhodnejších - medená minca z r. 1800, liatinový blok so signom na vypuklej strane, železné klince, zvyšky sekier, guľa do kanóna s priemerom cca 4 cm, nity, troska so zvyškami drevného uhlia a iné predmety.



Obr. 3. Františkova huta. Nálezy z r. 1993: liatinový kus so signom, troska so zvyškami drevného uhlia, guľa do kanóna, Ø 4 cm. Foto M. Kováč.

Prvú etapu plánujeme uzavrieť slávnostným otvorením Múzea výroby železa na jeseň r. 1995. Múzeum bude tvoriť staticky zabezpečená ruina pamiatky, odkryté a zakonzervované objekty hámru a vápenky, informačné tabule s dvojjazyčným textom a kresbami pri každom objekte alebo na mieste bývalej technológie. K objektu sa vybuduje nespevnená prístupová komunikácia a parkovisko. Súčasťou múzea bude aj parkovo upravený okolitý terén a plocha určená na prezentáciu výroby železa v malých šachtových peciach a pálenia drevného uhlia. Múzeum výroby železa je prvým svojho druhu na Slovensku, a preto bude časť expozície venovaná histórii hutníctva na Slovensku.

Počas tábora Stromu života FERRO '94 sme realizovali tavbu pôvodnej železnej rudy z Františkovej huty v šachtovej peci s prehĺbenou nistejou (obr. 4). Ako palivo sme použili koks. Vyrobené dúchadlo dokázalo vytlačiť do 120 m^3 vzduchu za hodinu. Aktívna časť tavby trvala 8,5 hodiny a chladnutie 36 hodín. Počas tavby sme podľa odhadu dosiahli teplotu okolo 1200 °C, čo sa potvrdilo

Obr. 4. Františkova huta. Skúšobná tavba pôvodnej železnej rudy, konštrukcia šachtovej pece s prehĺbenou nistejou a dúchadlom. Foto M. Kováč.

aj po rozobratí šachtovej pece. Výsledkom bola troska, vrstva oxidovaného železa na povrchu výplňového materiálu pece. Na tavbu sa prišli pozrieť aj miestni obyvatelia. Atmosféru umocňovalo to, že tavbu sme robili v noci. Táto tavba bola prvým krokom ku konkrétnej prevádzke múzea, ktoré počas letnej sezóny môže akcie tohto druhu uskutočňovať na objednávku. K ďalším službám bude patriť sprievodcovská a informačná činnosť pre verejnosť.

Druhá etapa rekonštrukcie pamiatky zahrňuje aj obnovu pôvodného vodného kanála Františkovej huty, čím by sa múzeum oživilo o ďalší prvok. Kanál bude zároveň plniť vodohospodársku funkciu tým, že sa v múzeu inštaluje malá turbína na výrobu elektrickej energie. Vyrobená energia bude pokrývať spotrebu na osvetľovanie objektu v noci. Voda z odpadového kanála bude privádzaná do rybníkov blízkeho poľnohospodárskeho družstva. Prípravné práce na tejto fáze projektu sa začali tým, že o obnovu kanála prejavilo záujem Poľnohospodárske podielnické družstvo v Nižnej, vykonalo sa jeho zameranie a vzniká projekt obnovy na pôde Stavebnej fakulty STU v Bratislave.

Tretia, záverečná etapa rekonštrukcie zahŕňa komplexné využitie okolitého územia. Podložená je štúdiou súboru stavieb v nadväznosti na územný plán rozvoja obce a regiónu. Po dokončení prác záverečnej fázy bude areál a okolie Františkovej huty kultúrno-spoločenským centrom a zaujímavým turistickým miestom mikroregiónu i celej hornej Oravy. Tvoriť ho bude zastrešená budova železiarne s polyfunkčným využitím, niekoľko športovísk a prevádzkových objektov, parkové plochy, cyklistické chodníky, agroturistické centrum v priestoroch družstva, expozícia múzea, rozšírená o historicky zaujímavé predmety a výrobky železiarstva na Slovensku. Vytvorí sa tým aj niekoľko desiatok nových pracovných príležitostí. Potešiteľné je, že sa už začali prípravné práce aj na tejto fáze projektu.

S cieľom podporiť tieto iniciatívy a zabezpečiť základné prostriedky nevyhnutné na rekonštrukciu vznikla v septembri 1994 nadácia Františkova huta so sídlom v Podbieli. Jej zriaďovateľmi sú klub Stromu života Černica, klub Stromu života Ante, Spolumajiteľstvo bývalých urbarialistov obce Podbiel, Združenie podnikateľov Podbiela a Poľnohospodárske podielnické družstvo v Nižnej. Nadácia má konto vo VÚB Tvrdošín, číslo 19032 332/0200. Sídli na adrese 027 42 Podbiel 95, tel./fax: 0847.8416. Vysunuté pracovisko a predseda správnej rady nadácie sídli na adrese: Strom života, Pražská 11, 816 36 Bratislava, tel.: 07.498473, 498703, fax: 07.498703.

Potenciál Slovenska v oblasti opätovného využitia kultúrnych a technických pamiatok je značne veľký. Z cudziny je podobná tomuto múzeu zrekonštruovaná (v r. 1981) vysoká pec v Huttenbergu na juhu Rakúska. Ako nám povedal tamojší starosta, zvýšenú nezamestnanosť, spôsobenú zatváraním baní v jeho oblasti, úspešne odstraňuje zvyšujúci sa záujem turistov o tento kraj, ktorý vzniká vďaka technickým pamiatkam, a to vytváraním nových ubytovacích kapacít v súkromí, penziónoch, rozširovaním služieb atď.

Odbornú komunitu prosíme o spoluprácu pri realizácii tohto projektu a zároveň ďakujeme za spoluprácu, ktorá už bola prejavená.

L i t e r a t ú r a

CENGEĽ, P. b. r.: Železiarske tradície Liptova a Oravy.
KOVÁČ, M. - JENDEK, S. 1994: Zámer obnovy pamiatky vysoká pec v Podbieli. KSŽ Černica a Ante.
PRIKRYL, L. V. 1967: Staré baníctvo a hutníctvo na Orave. Vlastiv. Čas., 16.

MUSEUM DER EISENPRODUKTION - RETTUNG DES TECHNISCHEN KULTURDENKMALS HÜTTE FRANZ IN PODBIEL

Resümee

In den J. 1836-1837 wurde zwischen den Gemeinden Podbiel und Nižná (Bez. Dolný Kubín) das Eisenwerk "Hütte Franz" errichtet. Damals waren die Regionen Zips und Gemer bedeutende Verhüttungszentren. Die im Orava-Gebiet erbaute Hütte wies eine veraltete Technologie, unqualitatives Erz auf und hatte komplizierte Transportmöglichkeiten. Diese Faktoren verursachten infolge der Wirtschaftskrise die Einstellung des Betriebes im J. 1862.

Das klassizistische Steingebäude war großzügig projektiert. Zum Komplex gehörten eine Hauptfabrikhalle (a), ein Hochofen (b), ein Hammerwerk (c), eine Kalkbrennerei (d), ein unterirdischer Zuleitungs- und Abwasserkanal (e, f, g), ein Lagerplatz für Eisenerz (h) und weitere Kleinbauten. Die devastierten Objekte wurden im J. 1991 instand gesetzt. Danach wurde die Dokumentation aufgearbeitet und die Vorbereitung der Denkmalerneuerung projektiert. Die Rekonstruktion ist in drei Etappen eingeteilt, die erste ist die Eröffnung des Museums der Eisenverarbeitung im J. 1995, in der zweiten wird der ursprüngliche Wasserkanal der Hütte erneuert. Die dritte Etappe umfaßt eine komplexe Ausnutzung der Umgebung (überdachtes Gebäude der Eisenhütte mit polyfunktioneller Nutzung, Ausweitung der Exposition des Museums, Agrotouristisches Zentrum, Eisenverhüttungsproben, Sportplätze usw.). Die Mittel für die Rekonstruktion sichert die Stiftung Hütte Franz.

Die Funde sind durch eine Kupfermünze aus dem J. 1800, einen Gußeisenblock mit Signum, durch Axtfragmente, Schlacke mit Resten von Holzkohle, eine Kanonenkugel u. a. vertreten.

Abb. 1. Hütte Franz. Blick von Südosten; eingestürzte Mauer der Fabrikhalle, Hochofen in Innern der Fabrikhalle. Photo M. Kováč.
Abb. 2. Hütte Franz. a - Fabrikhalle; b - Hochofen; c - Hammerwerk; d - Kalkbrennerei; e, f, g - unterirdischer Zuleitungs- und Abwasserkanal; h - Erzlagerplatz.
Abb. 3. Hütte Franz. Funde aus dem J. 1993: Gußeisenstück mit Signum, Schlacke mit Holzkohlenstückchen, Kanonenkugel, Dm. 4 cm. Photo M. Kováč.
Abb. 4. Hütte Franz. Schmelzprobe von ursprünglichem Eisenerz, Konstruktion des Schachtofens mit eingetiefter Ofensohle und Gebläse. Photo M. Kováč.

ZOZNAM AUTOROV

Ing. Bartolomej **BALÁŽ**, *CSc., Katedra geológie a mineralógie, Banícka fakulta, Technická univerzita, 043 84 Košice, Slovenská republika*

Prof. dr. Ferenc **BENKOVICS**, *Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, Fö u. 68 IV. em., 1027 Budapest, Maďarsko*

Prof. Dr. hab. Kazimierz **BIELENIN**, *Muzeum Archeologiczne, ul. Senacka 3, 310 02 Kraków, Poľsko*

RNDr. Jaroslav **BRIANČIN**, *CSc., Ústav materiálového výskumu SAV, Watsonova 47, 043 53 Košice, Slovenská republika*

Ing. Peter **BRZIAK**, *Výskumný ústav zváračský, Račianska 71, 832 56 Bratislava, Slovenská republika*

Doc. Ing. Peter **CENGEL**, *CSc., Hutnícka fakulta, Technická univerzita, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

Jolana **ČERKUN**, *Institut Karpatovedenija Užgorodskogo Gosuniversiteta, Universitetskaja 14, 294 000 Užgorod, Ukrajina*

PhDr. Zlata **ČILINSKÁ**, *DrSc., Archeologický ústav SAV - VPS Košice, Hrnčiarska 13, 040 01 Košice, Slovenská republika*

Ing. Mária **FRÖHLICHOVÁ**, *CSc., Hutnícka fakulta Technickej univerzity, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

PhDr. Klára **FŰRYOVÁ**, *Archeologické múzeum SNM, Žižkova 12, 814 36 Bratislava, Slovenská republika*

Dr. János **GÖMÖRI**, *Soproni Múzeum, Pf. 68, Fő tér 6, H-9400 Sopron, Maďarsko*

Ing. Eva **HAJNALOVÁ**, *DrSc., Archeologický ústav SAV, Akademická 2, 949 21 Nitra, Slovenská republika*

Ing. Alojz **HOLLÝ**, *VSÚ, VSŽ Oceľ, s. r. o., 040 01 Košice, Slovenská republika*

PhDr. Mária **JENČOVÁ**, *Vlastivedné múzeum, Zámocká 160/5, 094 31 Hanušovce nad Topľou, Slovenská republika*

Ing. Jaroslav **KOCICH**, *Hutnícka fakulta, Technická univerzita, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

Viačeslav G. **KOTIGOROŠKO**, *Institut Karpatovedenija Užgorodskogo Gosuniversiteta, Universitetskaja 14, 294 000 Užgorod, Ukrajina*

Ing. Martin **KOVÁČ**, *Pražská 1, 816 36 Bratislava, Slovenská republika*

PhDr. Jozef **LABUDA**, *CSc., Slovenské banské múzeum, Kammerhofská 2, 969 00 Banská Štiavnica, Slovenská republika*

Ing. Svätoboj **LONGAUER**, *CSc., Hutnícka fakulta, Technická univerzita, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

Ing. Margita **LONGAUEROVÁ**, *CSc., Hutnícka fakulta, Technická univerzita, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

PhDr. Pavol **MAČALA**, *CSc., Archeologický ústav SAV, VPS Košice - Hrnčiarska 13, 040 01 Košice, Slovenská republika*

Ing. Vladimír **MAGULA**, *Výskumný ústav zváračský, Račianska 71, 832 56 Bratislava, Slovenská republika*

Prof. Ilija **MAMUZIĆ**, *DrSc., Záhrebská univerzita, Metalurgická fakulta, Sisak, Chorvátsko*

PhDr. Klára **MARKOVÁ**, *CSc., Archeologický ústav SAV, Akademická 2, 949 21 Nitra, Slovenská republika*

Ing. Jiří **MERTA**, *Technické muzeum, Orlí 20, 601 86 Brno, Česká republika*

Doc. Ing. Lubomír **MIHOK**, *CSc., Hutnícka fakulta, Technická univerzita, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

PhDr. Elena **MIROŠŠAYOVÁ**, *CSc., Archeologický ústav SAV - VPS Košice, Hrnčiarska 13, 040 01 Košice, Slovenská republika*

Ing. Dávid **PEČOVSKÝ**, *Hutnícka fakulta, Technická univerzita, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

Prof. PhDr. Radomír **PLEINER**, *DrSc., Archeologický ústav AV ČR, Letenská 4, 118 01 Praha 1, Česká republika*

Ing. Alena **PRIBULOVÁ**, *CSc., Hutnícka fakulta, Technická univerzita, Letná 2, 042 00 Košice, Slovenská republika*

Ing. Antonín **REK**, *Vojenský technický ústav ochrany Brno, P. O. Box 547, 602 00 Brno, Česká republika*

PhDr. Peter **ROTH**, *Vlastivedné múzeum, 064 01 Stará Ľubovňa, Slovenská republika*

PhDr. Viera **SOUCHOPOVÁ**, *CSc., Technické muzeum, Orlí 20, 601 86 Brno, Česká republika*

PhDr. Danica **STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ**, *Archeologický ústav SAV, Akademická 2, 949 21 Nitra, Slovenská republika*

Prof. Ing. Karel **STRÁNSKÝ**, *DrSc., Bystřinova 3, 612 00 Brno 12, Česká republika*

Ing. Jozef **ŠINÁL**, *Výskumný ústav zváračský, Račianska 71, 832 56 Bratislava, Slovenská republika*

PhDr. Stanislav **ŠIŠKA**, *DrSc., Archeologický ústav SAV, Akademická 2, 949 21 Nitra, Slovenská republika*

Dipl. met. Ing. Béla **TÖRÖK**, *Egyetem, Vaskohászattani Tanszék, H-3515 Miskolc, Maďarsko*

Doc. Ing. Vladimír **USTOHAL**, *CSc., Nádražní 1123, 664 51 Šlapanice u Brna, Česká republika*

ŠTUDIJNÉ ZVESTI ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU SLOVENSKEJ AKADÉMIE VIED
31

Vedecký redaktor Jozef Bujna, CSc.
Výkonná redaktorka Helena Bublová
Počítačová sadzba Tatiana Meszárošová
Polygrafická príprava Elena Vargová
Preklad Berta Nieburová, PhDr. Ľudmila Vaňková a autori

Vydavateľ Archeologický ústav Slovenskej akadémie vied v Nitre
Rok vydania 1995
Náklad 400 kusov
334 strán, 265 obrázkov
Vytlačilo Reprografické stredisko AÚ SAV v Nitre ako svoju 96. publikáciu

ISBN 80-88709-26-1