Mihok, Ľubomír; Pribulová, Alena; Labuda, Jozef

**Výroba stredovekých baníckych železiez**

*Archaeologia historica.* 1998, vol. 23, iss. [1], pp. 493-518

Stable URL (handle): https://hdl.handle.net/11222.digilib/140311
Access Date: 28. 11. 2024
Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

MUNI ARTS Masarykova univerzita Filozofická fakulta

Digital Library of the Faculty of Arts,
Masaryk University
digilib.phil.muni.cz

# Výroba stredovekých baníckych železiez

MIHOK ĽUBOMÍR–PRIBULOVÁ ALENA–LABUDA JOZEF

## Analýza baníckych nástrojov

Základný úkon v baníctve – rozpojovanie pomocou baníckeho kladivka, železka a pod. – znamenal oddelenie rudnej výplne od horniny. Časove možno zaradiť tento proces v rámci rudného baníctva od záveru eneolitu (ťažba medenej rudy) až po 18. storočie, kedy bol tento jednoduchý spôsob ťažby postupne nahradený novými trhacími a vŕtacími prácami. Tvrdosť rudy a horniny na rôznych častiach žilnej výplne bola rôzna, a preto sa pri rozpojovaní používal čakan, graca, korýtko, banícke kladivko, železko.

Za najstarší a najjednoduchší spôsob dobývania rudy možno považovať rozpojovanie pomocou čakana. V období stredoveku sa stretávame prevažne s typom zahroteného konca na jednej strane a otvorom pre násadu na druhej strane. Poznáme ich napr. z lokality Spiša či Liptovskej Dúbravy. Tento typ sa používal pri rozpojovaní menej kompaktnej žilnej výplne. Jemu podobný typ – čakan so zahroteným koncom na jednej strane a tylom na druhej (pričom otvor pre násadu je bližšie k tylu), patrí tiež k typickým baníckym nástrojom, ale mohol mať všeobecnejšie použitie. Stretávame sa s ním na Spiši alebo v Banskej Štiavnici.

Súčasne s použitím čakana možno uvažovať pri rozpojovaní i o tvare dlhšieho železného klina so zahrotenou časťou a tylom, ktorý má niekedy otvor pre násadu. Ide o tvar bežne používaného železka súčasne s kladivkom. Okrem rozpojovania sa využíval skôr pri priamom triedení rudy v bani, resp. na povrchu. Vyššie uvedená skutočnosť súvisí s použitím železného klina so zahroteným koncom, iné použitie mal klin s plocho roztepaným zakončením – tzv. vrták. Používal sa pri rozpojovaní tvrdej rudy, a síce jednoduchým pootáčaním do obidvoch strán.

Najznámejšími a najviac používanými typmi baníckych nástrojov pri rozpojovaní rudy od horniny boli klasické banícke nástroje – kladivko a železko. Tieto typy nástrojov boli tak úzko späté s každodenným životom baníka, že sa dostali do erbov väčšiny banských miest ako symbolov charakteristickej činnosti ich obyvateľov, resp. v podobe pozlátených insignií vystupujú ako reprezentatívny atribút banského mesta. Banícke kladivko a železko mali široké použitie, využívali sa v tvrdej i mäkkej žilnej výplni. Základné tvary, podobne ako u predchádzajúcich nástrojov, opísal už G. Agricola (Agricola 1976, s. 124). Banícke železko predstavuje typ nástroja, ktorý má jeden koniec zahrotený a druhý je opatrený tylom. V priemere býva obyčajne štvorhranný, ale i kruhový. V strede, resp. bližšie k tylu slúži otvor pre násadu. Dĺžka železka kolíše zhruba medzi 5–15 cm, čo podmieňovala tvrdosť rudy, resp. poloha žilnej výplne. Vyskytuje sa v dvoch formách – bez násady (typ známy z erbov stredovekých miest napr. B. Štiavnice, Gelnice) alebo s násadou. Prvý typ je zrejme starší, všeobecné použitie druhého možno položiť do 13., resp. 14. storočia.

Železko s otvorom pre násadu sa používalo takým spôsobom, že v priebehu prác bolo možné násadu vytiahnuť, prípadne vymeniť. Používali sa totiž pri určitých miestach výplne i zámerne ohnuté násady. Takéto sa premietali i do oficiálnych insignií. Už pri optickom pozorovaní jednoduchých kusov vidieť, že miesta vystavené tlaku (hrot, tyl) boli často kalené. V archeologických nálezoch sa stretávame často s nálezmi, kde je tylová časť značne deformovaná alebo hrot zahnutý. Svedčí to o tvrdosti žilnej výplne, ale aj o frek-

vencii používania nástroja. V nálezoch sa oveľa častejšie vyskytujú banícke železiezka, nakoľko tieto boli oproti kladivkám z hľadiska využiteľnosti univerzálnejšie. Druhý základný pracovný nástroj reprezentuje banícke kladivko, ktorého obidva konce sú plocho roztepané. Rovnako býva častejšie štvorhranného ako kruhového prierezu.

S klasickým typom baníckych železiezok sa stretávame aj v nálezoch zo Špánej Doliny (Točík–Bublová 1985, obr. 33), pričom tu neregistrujeme banícke kladivá. Aj frekvencia nálezov týchto základných baníckych nástrojov – ako aj ojedinelých nálezov – dokazuje prevažujúce použitie železiezka.

**Banské regióny Špania Dolina a Banská Štiavnica**

K najznámejším banským regiónom na Slovensku patrí oblasť špaňodolinská a banskoštiavnická. Ich niekdajšie postavenie a význam sa prejavili najmä po realizácii systematických i sporadických archeologických výskumoch za posledných tridsať rokov, z ktorých sa získali aj viaceré kovové predmety. Tieto sa stali predmetom analýz, ktoré tak podstatne doplňujú poznatky o týchto typických banských regiónoch.

**Špania Dolina, okr. Banská Bystrica**

Lokalita ležiaca vysoko v horách (800 m) v juhozápadnej časti Nízkych Tatier, 7 km severne od Banskej Bystrice. Banícky charakter osídlenia s malými domčekmi po svahoch, ako aj obrovské haldy nad obcou ako reliktov po banskej činnosti, svedčia o starobylosti baníckych prác v okolí obce. Z jednotlivých polôh je najznámejšia časť Piesky s rozsiahlými haldami, ktoré sa v rokoch 1971–1972, 1985 stali predmetom archeologického výskumu (Točík–Bublová 1985, Točík–Žebrák 1989).

Lokalita Špania Dolina–Piesky vstúpila do dejín slovenskej archeológie ako ojedinelé nálezisko kamenných mlatov na spracovanie medenej rudy (chalkopyrit, tetraedrit) z obdobia doby bronzovej. Pri archeologickom výskume na polohe Piesky sa však objavili nálezy, ktoré jednoznačne dokazujú rozsiahlosť ťažobných prác aj v období stredoveku (13.–16. stor.). Je určitou zaujímavosťou, že v nálezovom fonde SBM kvantitou prevažujú nálezy z obdobia stredoveku (kompletný a spracovaný materiál z výskumu sa nachádza v zbierkovom fonde SBM).

Počas archeologického výskumu sa z obdobia praveku zachovali najmä kamenné mlaty (snáď aj kamenné podložky na drvenie rudy), keramické fragmenty, ktoré tak umožňujú časové zaradenie prác. Priame objekty po baníckej, resp. úpravníckej či hutníckej činnosti sa nezachovali.

Počiatok stredoveku na Slovensku je známy osídľovaním banských regiónov Slovenska, kde však v tom čase prvoradý záujem predstavovali rudy zlata a striebra. Nemožno vylúčiť, že po dlhom časovom hiáte v osídlení sa predmetom opätovného záujmu ťažby stal špaňodolinský región práve kvôli exploatácii rúd drahých kovov. Rovnako však prebiehala aj ťažba medených rúd, pričom v 16. stor. sa začali spracúvať aj haldy z obdobia praveku. Svedčia o tom neveľké štôlne v haldách, ktoré sa doteraz zachovali.

Z odkrytých objektov treba uviesť pražiareň medenej rudy (troska), fragmenty mlynských kolies, žarnovov dokazujú existenciu úpravníckeho zariadenia – mlyna na rudu, kde sa využívala drevenými žľabmi privádzaná voda ako zdroj hnacej energie (Točík–Bublová 1985, s.109).

Datovanie ťažobných a úpravníckych prác na polohe Piesky umožňujú najmä keramické fragmenty (14.–16. stor.), zo železných predmetov sa našli banícke pracovné nástroje (železiezka, kliny, čakany na rozpojovanie rudy, podkova, klince s plocho roztepanou hlavičkou a klince s hlavičkou v tvare písmena T), (Točík–Bublová 1985, s. 109). V súvislosti s produkciou týchto výrobkov možno uvažovať o prítomnosti kováčov priamo pri banských prácach, čo platí pre všetky banské regióny Európy v období stredoveku i neskôr (Labuda 1993, s. 91).

**Banská Štiavnica – Komorský dvor**

K známym a dobre preskúmaným lokalitám Banskej Štiavnice patrí najrozsiahlejší stavebný komplex mesta – Komorský dvor (Kammerhof). Výsledky archeologických výskumov (1968–1970) a následných zberov počas stavebnej rekonštrukcie objektu boli priebežne publikované (Schönweitzová 1971, Labuda 1992). Viackrát prestavaný objekt úradu pre stredoslovenskú banskú oblasť, ktorá podliehala Dvorskej komore vo Viedni. Komorský gróf mal vrchný dozor nad baňami, hutami, mincovňou, železiarňami a pod. v stredoslovenskej banskej oblasti. V zadnej časti objektu sa nachádzali laboratóriá (skúšobne) na preverovanie kvality vyťaženej rudy z rôznych banských diel stredného Slovenska.

Archeologické výskumy sa uskutočnili najmä v obidvoch voľných nádvoriach objektu, vo väčšine suterénov priľahlých interiérových priestorov, ako aj samostatného objektu studne. Datovanie umožňuje okrem nálezovej situácie aj charakter materiálnej kultúry, ktorého ťažisko spadá do 13. –16. stor. (keramika, kachlice, železné predmety, výrobky z kameňa). Takmer 90 % všetkých nálezov predstavuje technickú keramiku, ktorej nálezy vzhľadom na vyššie spomenutú funkciu nie sú prekvapením.

Z hľadiska predmetu tejto štúdie nás zaujímajú nálezy železných predmetov z archeologických výskumov objektu, kde v porovnaní s ostatnými nálezmi prekvapuje ich nízky počet (50 kusov). Najpočetnejšie sú banícke nástroje, a to výlučne želiezka (jedna strana obuchová, druhá strana zahrotená). Mnohé exempláre sú deformované častým používaním. Nálezy želiezok z tejto lokality reprezentujú jeden nálezový celok – depot. V objekte však súviseli výlučne s technológiou skúšobníctva kvality rúd, keď pred skúškou bolo potrebné odobrať z horniny určitú vzorku. Preto nie náhodou želiezka z Kammerhofu vykazujú pestrú vzorku veľkostne rôznych tvarov. Najväčší kus má dĺžku 16,5 cm, najmenší 7 cm. Mnohé sú deformované, nalomené, pretože zlato a striebro je viazané v tejto oblasti s tvrdým kremeňom, ktorý bolo potrebné oddeliť. Opotrebované kusy boli spolu uskladňované a podľa potreby v kováčskej vyhni prekúvané. Preto aj nález týchto nástrojov ako depotu neprekvapuje.

Produkciu železných výrobkov z Komorského dvora v Banskej Štiavnici možno lokalizovať do prostredia mesta. Vzhľadom na nálezové okolnosti týchto predmetov ich možno zaradiť do obdobia 14.–16. stor. Je možné, že od 16. stor. disponoval hlavný komorsko-grófsky úrad vlastnou kováčskou vyhňou, avšak v tom čase mohli rovnako prúdiť objednávky pre miestnych kováčov.

**Analýza výrobných metód banských železí**

Spôsoby výroby kovových predmetov kováčskymi metódami určujú sa hlavne podľa výsledkov metalografických rozborov. Metalografickými rozbormi zistené štruktúrne komponenty umožňujú určiť, aké jednotlivé metódy boli použité, napr. zváranie, nauhlíčenie, kalenie, žíhanie, popúšťanie a pod. Pre metalografickú analýzu bolo zo zbierok Slovenského banského múzea vybratých 14 predmetov, ich zoznam je v tabuľke č. I.

Metalografia študuje štruktúry, ktoré sú v kove, teda potrebuje prienik do vnútra kovu, kovového predmetu. To znamená, že sa jedná o analýzu deštruktívnu, kde je potrebné odobrať vzorky rezaním z daného predmetu. Zo všetkých 14 predmetov boli rezaním diamantovou pílou odobraté vzorky tak, aby charakterizovali hlavné pracovné časti predmetov, z niektorých predmetov boli odobraté dve vzorky. Bola rešpektovaná požiadavka archeológov, aby došlo k čo najmenšiemu poškodeniu predmetov a k zachovaniu možnosti ich reparácie.

Vzorky, odobraté z predmetov, boli zaliate do zalievacej živice a boli na nich štandardným spôsobom brúsením na metalografických papieroch a leštením na diamantových pastách pripravené metalografické výbrusy.

Tieto boli prezerané pod metalografickým optickým mikroskopom a bol zaznamenaný a fotograficky dokumentovaný výskyt nekovových inklúzií a ich druh, výskyt trhlín, koróznych miest a pod. Potom boli na metalografických výbrusoch leptaním v nitale zvi-

diteľnené štruktúrne zložky. Tieto boli znovu prezerané a fotograficky dokumentované pod optickým mikroskopom.

Poslednou urobenou analýzou bola spektrografická analýza, jej cieľom bolo zistenie kvalitatívneho zloženia kovu v jednotlivých predmetoch. Pre tieto účely boli vzorky vybraté zo zalievacej živice a analyzované na spektrografe.

**Tab. I – Zoznam predmetov vybratých pre analýzu**

| Č. vzorky | Inv. č. | Popis | Lokalita |
|---|---|---|---|
| *1 BZ* | *A2055* | *klinec* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *2 BZ* | *A1024* | *železko* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *3 BZ* | *A1024* | *železko* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *4 BZ* | *A3798* | *železko* | *Ilija – Sitno* |
| *5 BZ* | *A4183127* | *železko* | *Kammerhof* |
| *6 BZ* | *A4183132* | *železko* | *Kammerhof* |
| *7 BZ* | *A4183146* | *železko* | *Kammerhof* |
| *8 BZ* | *A4183147* | *železko* | *Kammerhof* |
| *9 BZ* | *A747* | *železko* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *10BZ* | *A2051* | *železko* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *11BZ* | *A1025* | *banský klin* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *12BZ* | *A1023* | *podkova* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *13BZ* | *A1026* | *čakan* | *Špania dolina „Piesky"* |
| *14BZ* | *A1026* | *čakan krivý* | *Špania dolina „Piesky"* |

## Výsledky metalografických analýz

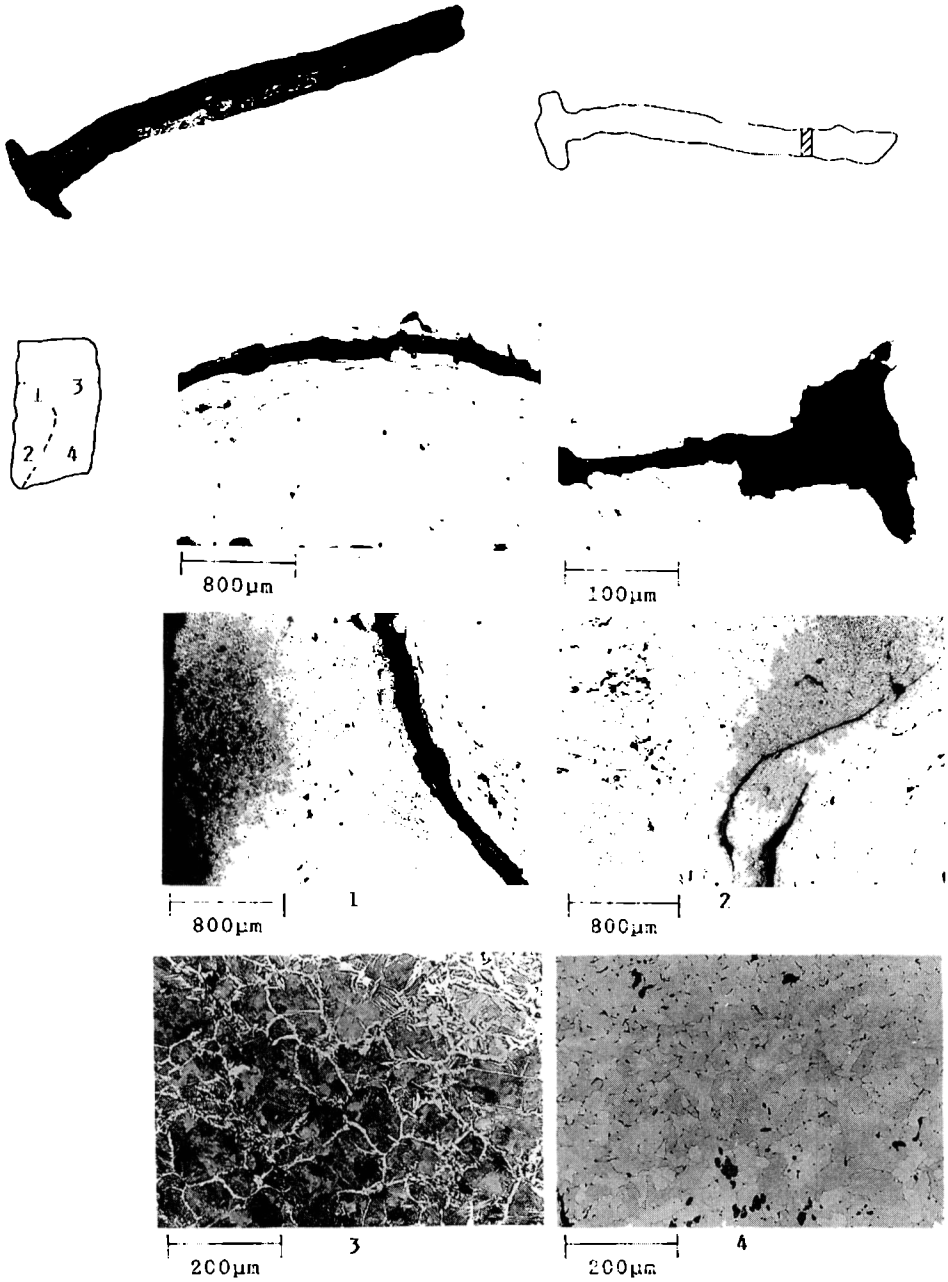
Výsledky metalografických analýz sú prehľadným spôsobom dokumentované na obrázkoch. Každý obrázok obsahuje fotografiu analyzovaného predmetu, schému vzorkovania, náčrt analyzovanej plochy vzorky. Na náčrte sú číslicami vyznačené miesta, na ktorých boli zistené štruktúry, ktoré sú ďalej prezentované v obrázku na fotografiách s rovnakým číslom. Pokiaľ sú prezentované nekovové inklúzie, nachádzajúce sa na celom povrchu, ich znázornenia na fotografiách nie sú očíslované.

## Vzorka 1BZ – klinec

Metalografická analýza klinca, vzorka 1BZ, je na obr. 1. Bola odobratá jedna vzorka z priečneho prierezu klinca. Na výbruse bola zistená výrazná trhlina, ktorej priebeh je naznačený na znázornení plochy výbrusu prerušovanou čiarou. Jedná sa s najväčšou pravdepodobnosťou o pozostatok zvaru, čo naznačuje na použitie minimálne dvoch polotovarov pri výrobe klinca. Vzhľadom k masívnemu tvaru klinca je toto zistenie zodpovedajúce. Použitie kováčskeho zvárania je dokladované aj výskytom kováčskych inklúzií, inklúzií železnatého kremičitanu, ktorý vznikol reakciou olovín s oxidom kremičitým z kremenného piesku.

Po naleptaní bolo zistené, že jeden z polotovarov, zaberajúci menšiu plochu metalografického výbrusu, bol vyrobený z nenauhličeného feritického hrubozrnného materiálu. Na zbývajúcej časti výbrusu sa striedali štruktúry s rôznym obsahom uhlíka, od štruktúr perlitických cez štruktúry perliticko-feritické, až po nenauhličené feritické štruktúry. Ich distribúcia bola veľmi nerovnomerná, čo je zreteľné aj z fotografií č. 1 a 2 urobených pri malom zväčšení. Úmysel úpravy tohto polotovaru za účelom dosiahnutia dokumentovanej distribúcie nie je jasný. Je možné urobiť predpoklad, že tento polotovar bol pripravený zo šrotového železného materiálu.

Pre výrobu klinca nie je potrebné vyberať zvlášť upravené polotovary, resp. robiť ich úpravu, pretože sa jedná o predmet s relatívne nenáročným použitím, často jednorázovým. Technológia s využitím šrotového materiálu bola pre výrobu klinca postačujúca.




**Obr. 1. Metalografická analýza klinca, vzorka 1BZ.**

## Vzorka 2BZ – železko

Metalografická analýza železka, vzorka 2BZ, je na obr. 2. Bola odobratá jedna vzorka z okraja hlavy železka. Na metalografickom výbruse pred naleptaním boli zistené veľké inklúzie pecnej trosky, jedna z nich je znázornená na obrázku. Troska má vysoký obsah wustitu, svedčiaci na veľmi neúčinný spôsob tavenia železa. Vzhľadom k tomu, že železo sa v danom období tavilo v tzv. slovenských peciach, je výzor troskovej inklúzie netypický.

Po naleptaní bol na jednej časti výbrusu, vyznačenej na znázornení prerušovanou čiarou, zistený nauhlíčený a zakalený železný materiál, dokumentovaný martenzitickou štruktúrou. Nauhlíčenie tohto miesta nebolo úplne homogénne. Na zbývajúcej časti výbrusu bola zistená len nenauhlíčená feritická štruktúra, ktorá mala vzhľadom k používaniu železka extrémne deformované zrno, ako je naznačené na fotografiách 3, 4 a 5. Distribúcia obidvoch typov štruktúr je znázornená pri malom zväčšení na fotografii 1.

Je pravdepodobné, že celá hlava železka bola nauhlíčená a zakalená. Používaním sa časti tohto vytvrdeného materiálu odstránili a odhalil sa pod ním položený nenauhlíčený feritický materiál, vzhľadom k charakteru silne deformovaný. Toto tvrdenie je dokladované aj tým,, že na okrajoch vedľa feritickej štruktúry boli zistené aj zbytky zakalenej martenzitickej štruktúry, fotografia 4.

Vytvrdenie hlavy železka nauhlíčením a zakalením a použitie húževnatého feritického materiálu pre telo telieska boli z hľadiska funkčných vlastností predmetu správne. Technologicky správne by bolo aj nauhlíčenie a zakalenie hrotu železka, čo je pri zvolenom spôsobe vzorkovania nebolo možné zistiť.

**Vzorka 3BZ – železko**

Zo železka, vzorky 3BZ, boli odobraté dve metalografické vzorky. Vzorka A bola odobratá z hrotu železka, vzorka B výrezom z drieku pod hlavou. Metalografická analýza vzorky A je na obr. 3, metalografická analýza vzorky B je na obr. 4.

Na metalografickom výbruse vzorky A v stave pred naleptaním boli zistené pásy kováčskych inklúzií, aj inklúzií pecnej trosky. Jedna väčšia inklúzia pecnej trosky je znázornená na fotografii na obr. 3. Po naleptaní výbrusu vzorky A bolo zistené, že na väčšine plochy boli martenzitické štruktúry, fotografia A4, charakterizujúce materiál, ktorý bol nauhlíčený a zakalený. Iba na jednom mieste plochy výbrusu, znázornenom prerušovanou čiarou na náčrte plochy výbrusu a dobre viditeľnom na fotografii A1 boli zistené nenauhlíčené, resp. nízkonauhličené feritické a feriticko-perlitické štruktúry, na niektorých miestach bola zistená štruktúra ferit-martenzit s feritom vo forme hrubého sieťovia po hraniciach zŕn, fotografie A2 a A3. Z uvedených analýz vyplýva, že hrot železka bol hlboko nauhlíčený a zakalený. To je súčasne aj odpoveď na otázku, urobenú pri analýze železka 2BZ. Vzhľadom k tomu, že analyzovaná plocha bola trochu vzdialená od hrotu, nauhlíčenie v tomto mieste končilo a boli zistené aj stopy nenauhlíčenej štruktúry.

Na výbruse vzorky B, odobratej z tela železka, v stave pred naleptaním, boli zistené tvárnením rozdrobené a do párov usmernené kováčske inklúzie, inklúzie pecnej trosky a hlavne zbytky okovín, neodstránených v procese výroby. Materiál bol veľmi nečistý a je znázornený na horných fotografiách na obr. 4. Tieto častice naznačujú na použitie kováčskeho tlakového zvárania.

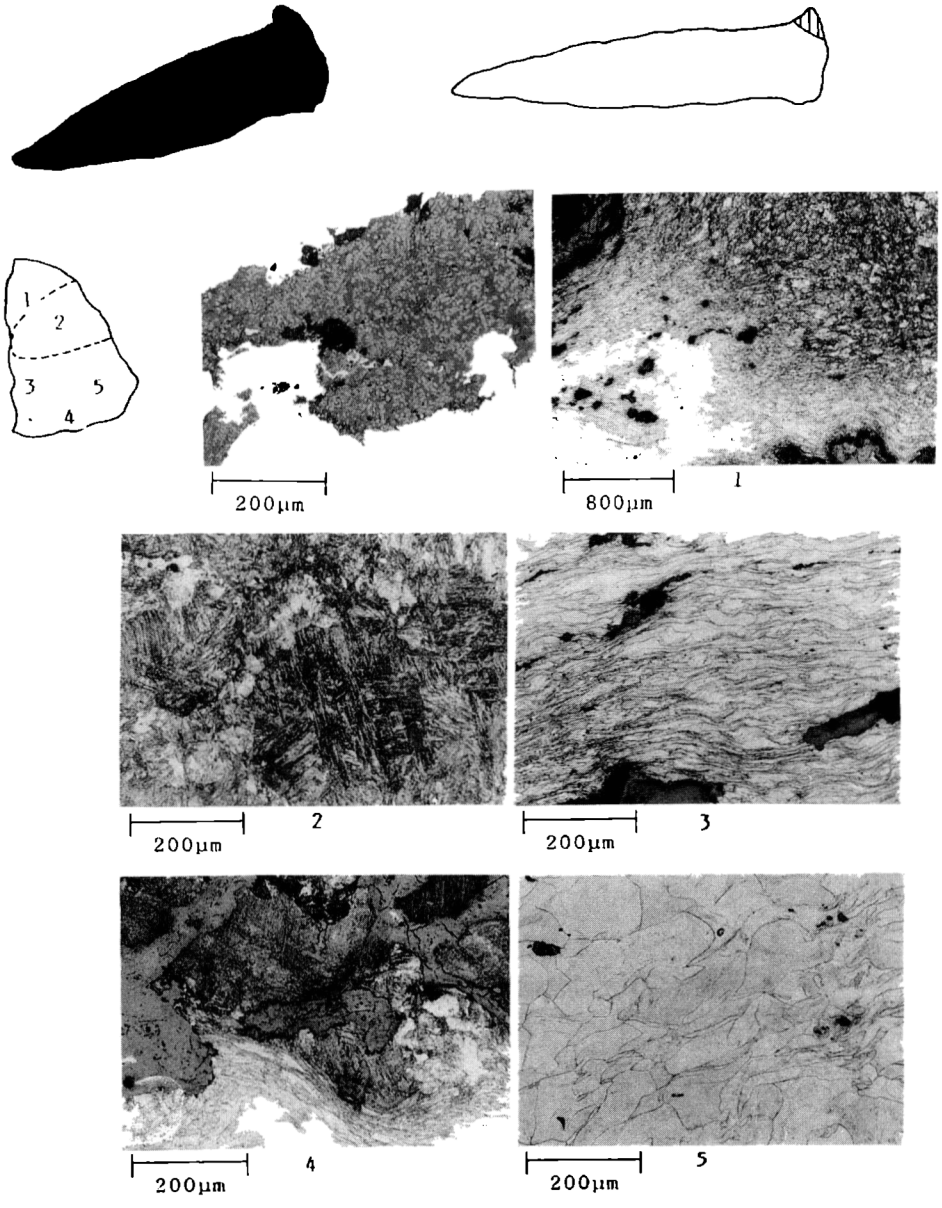
Po naleptaní bolo zistené, že celá plocha výbrusu sa skladá z pásov extrémne hrubozrnného feritu, jemnozrnného feritu, feriticko-perlitickej štruktúry a perlitickej štruktúry. Pásy sa na ploche niekoľkokrát opakujú. Tento charakter distribúcie štruktúr je znázornený pri malom zväčšení na fotografiách B1 a B2, detailnejšie na fotografiách B3, B4, B5. Z morfológie perlitu je možné predpokladať, že predmet bol žíhaný.

Z uvedného vyplýva, že pre telo železka bolo použitých niekoľko polotovarov s rôznymi vlastnosťami, s veľkou pravdepodobnosťou sa jednalo o šrotový materiál. Technológia výroby železka nebola zlá, pretože kováči špeciálne upravovali pracovné časti, hlavu a hrot. Použitie rôznorodého materiálu pre telo železka mohlo mať však nepriaznivé vlastnosti na jeho životnosť.

**Vzorka 4BZ – železko**

Metalografická analýza železka, vzorka 4BZ, je na obr. 5. Zo železka boli odobraté dve vzorky, vzorka A z hrotu, vzorka B z hlavy predmetu.

Na metalografickom výbruse vzorky A, odobratej z hrotu, v stave pred naleptaním,




**Obr. 2. Metalografická analýza železka, vzorka 2BZ.**

bolo zistené veľké množstvo inklúzií pecnej aj kováčskej trosky, ktoré boli v procese kovania rozdrobené a usmernené do pásov. Vysoké znečistenie kovu týmto inklúziami je znázornené na fotografii v obrázku. Po naleptaní bolo zistené, že na väčšej časti prierezu sa nachádza nauhlíčený a zakalený železný materiál, dokumentovaný martenzitickou štruktúrou. Nápadná bola veľká nehomogenita nauhlíčenia. Martenzitická štruktúra je znázornená na fotografii A3. Na menšej časti prierezu, vyznačenej na zobrazení plochy výbrusu prerušovanou čiarou, bola zistená nenauhlíčená veľmi hrubozrnná feritická štruktúra, ktorá bola charakteristická dvojčatosťou zŕn, fotografia A2. Obidve časti boli ostro ohraničené, ako je

zrejmé z fotografie A1. Z uvedneného vyplývajú rovnaké zistenia, ako boli urobené u predchádzajúcich dvoch analyzovaných želiezok. Hrot želiezka bol hlboko nauhlíčený a zakalený, čím získal požadovanú tvrdosť. Od nauhlíčenej štruktúry na hrote pokračovala v tele želiezka mäkká a húževnatá nenauhlíčená štruktúra. Ostré ohraničenie medzi obidvoma štruktúrami však ponúka názor, že na telo želiezka bolo nauhlíčené ostrie privarené nakovaním. Potom bol po vyhriatí celý hrot zakalený, čo spôsobilo aj vznik dvojčatosti v zrnách feritickej štruktúry.

Na metalografickom výbruse vzorky B, odobratej z hlavy želiezka, boli v stave pred naleptaním zistené väčšie inklúzie pecnej aj kováčskej trosky, ktoré boli tvárnením usmernené do pásov. Po naleptaní bola na väčšine plochy výbruse zistená nenauhlíčená pomerne jemnozrnná feritická štruktúra, dokumentovaná na fotografii B2. Na jednej strane plochy výbrusu sa nachádzal užší pás nauhlíčenej feriticko-perlitickej štruktúry, znázornený na fotografii B3. Fotografia B1 znázorňuje pri malom zväčšení rozhranie medzi obidvoma typmi štruktúr. Táto nauhlíčená oblasť odpovedá povrchu hlavy želiezka, ako vyplýva aj zo znázornenia odberu vzorky. Je teda zrejmé, že povrch hlavy želiezka bol nauhlíčený, aby sa dosiahla jeho zvýšená tvrdosť. Zaujímavé sú deformované zrná nauhlíčenej perliticko-feritickej štruktúry ako výsledok používania predmetu a silná mechanické opotrebovanie tejto vrstvy.

Metalografickými analýzami bola zistená štandardná výrobná technológia želiezka, poskytujúca výborné úžitkové vlastnosti:vysokú tvrdosť pracovných častí, hrotu a hlavy a dobrú trvanlivosť, poskytnutú húževnatým nenauhlíčeným železným materiálom v tele želiezka.

**Vzorka 5BZ – želiezko**

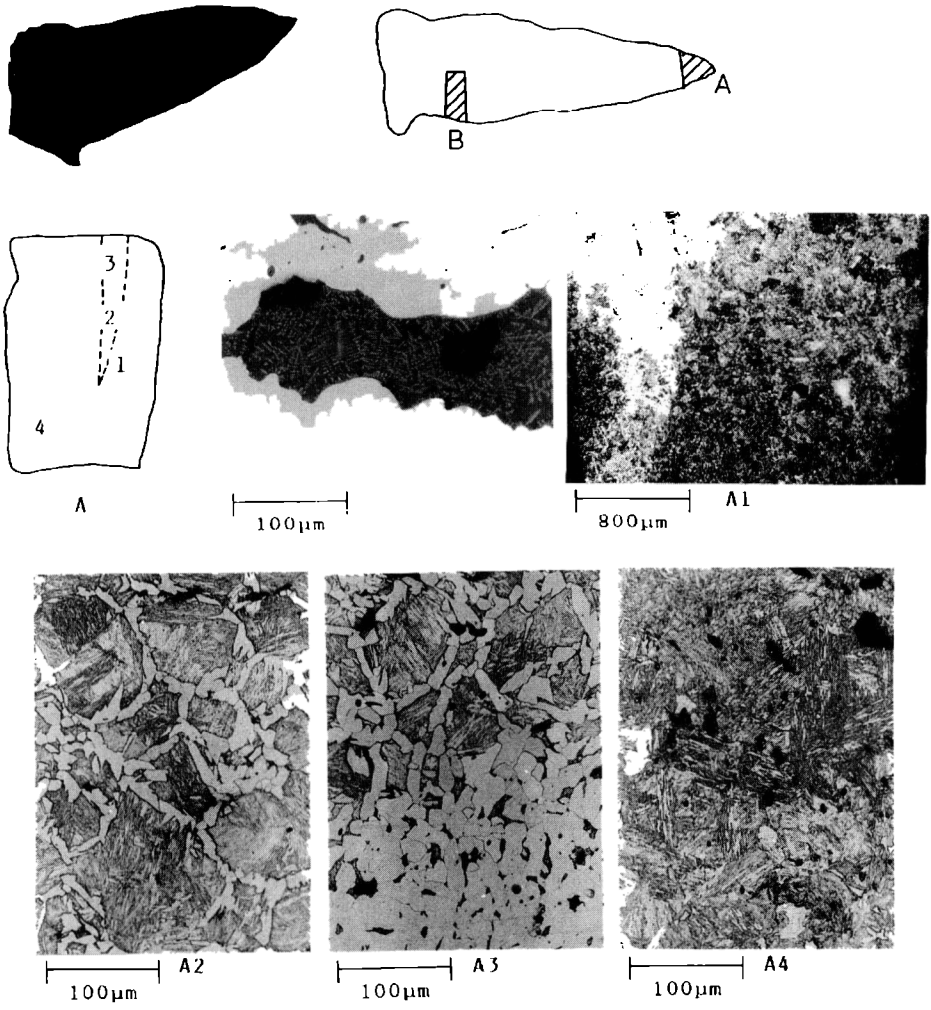
Metalografická analýza želiezka, vzorka 5BZ, je na obr. 6. Bola odobratá jedna vzorka výrezom od hlavy smerom do tela želiezka a na ploche smerom od hlavy do vnútra predmetu bol urobený metalografický výbrus. Pri pozorovaní výbrusu pod optickým mikroskopom v stave pred leptaním bolo zistené, že bol veľmi čistý, nenachádzali sa na ňom prakticky žiadne inklúzie.

Po naleptaní bolo zistené, že v časti plochy výbrusu, ktorá bola bližšie k povrchu hlavy, bola nenauhlíčená hrubozrnná feritická štruktúra, fotografie 1 a 2. Nápadná je veľmi výrazná deformácia feritických zŕn ako výsledok procesu používania želiezka. Na fotografii 2 je dobre viditeľná aj dvojčatosť niektorých feritických zŕn. Na ploche výbrusu smerom do tela želiezka bola zistená pomerne jemnozrnná nenauhlíčená feritická resp. veľmi mierne nauhlíčená feriticko-perlitická štruktúra, fotografie 3 a 4. Táto štruktúra bola podobná tej, ktorá bola zistená v tele želiezka 4BZ.

Žiadny nauhlíčený a prípadne zakalený železný materiál v oblasti hlavy želiezka nebol zistený. Je potrebné si uvedomiť, že len malá časť plochy výbrusu zasahovala k povrchu hlavy, nauhlíčený a prípadne zakalený materiál v tomto mieste mohol byť používaním želiezka úplne odretý. V prospech tohto predpokladu hovorí aj výskyt dvojčatosti feritických zŕn ako výsledku tepelného šoku. Tento však mohol byť len výsledkom kalenia a kalil sa nauhlíčený materiál. zvolený systém odberu vzoriek nedáva možnosť vyjadriť sa o úprave hrotu želiezka.

**Vzorka 6BZ – želiezko**

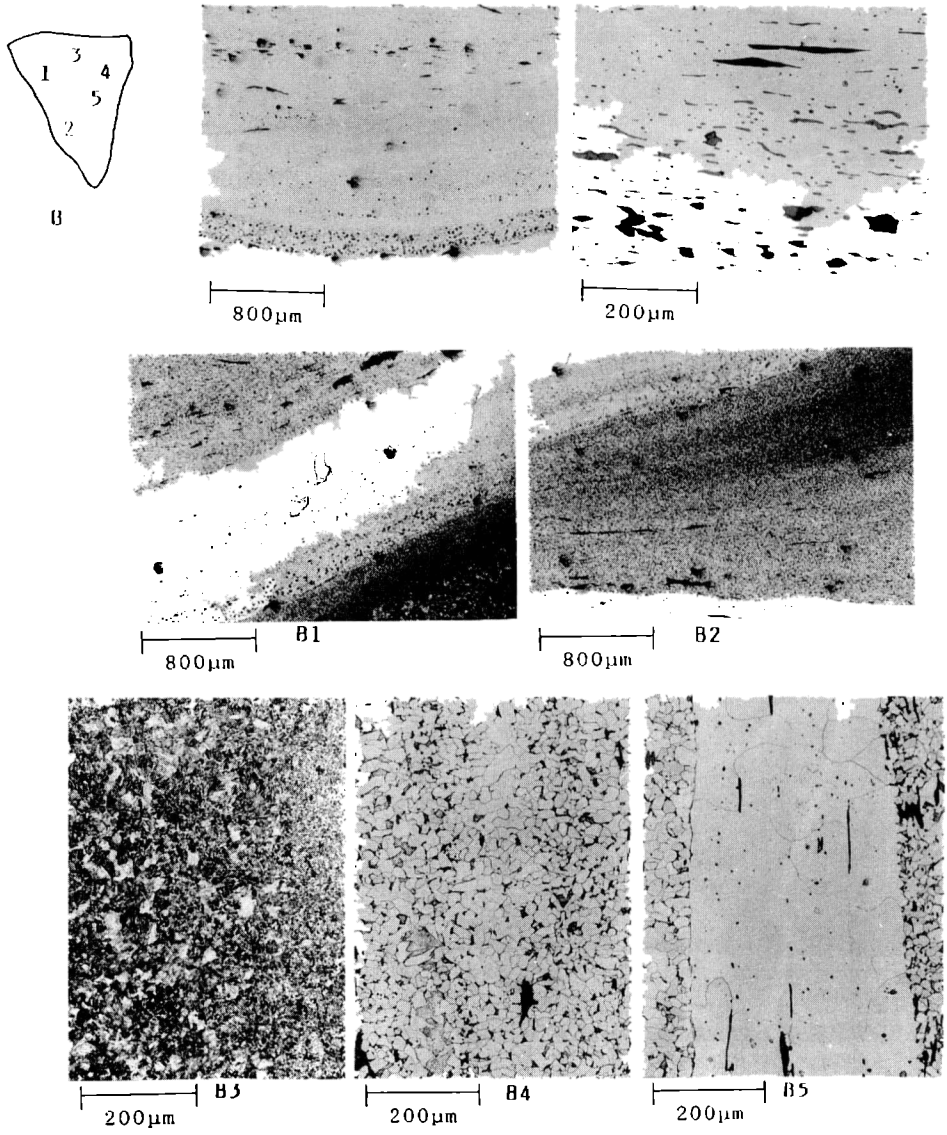
Metalografická analýza želiezka vzorky 6BZ je na obr. 7. Boli odobraté dve vzorky, vzorka A z hrotu želiezka, vzorka B z konca deformovanej hlavy. Pri pozorovaní metalografického výbrusu vzorky A pred naleptaním bolo zistené, že väčšia časť plochy neobsahovala žiadne inklúzie, bola veľmi čistá. Len na menšej časti plochy, z ktorej boli snímané fotografie A1, A2 a A3, boli zistené inklúzie pecnej aj kováčskej trosky. Po naleptaní vzorky bola na tej časti plochy, kde boli zistené inklúzie, zviditeľnená martenzitická štruktúra dokumentujúca nauhlíčenie a zakalenie. Martenzitická štruktúra je znázornená na fotografii A2, nerovnomerné nauhlíčenie tejto časti je dokumentované na fotografii A3. Na zbýva-




**Obr. 3. Metalografická analýza hrotu železka, vzorka 3BZA.**

júcej väčšej časti plochy bola zistená nenauhlíčená pomerne hrubozrnná feritická štruktúra, fotografia A4. Bola zistená aj dvojčatosť niektorých feritických zŕn. Rozhranie medzi martenzitickou a feritickou štruktúrou je znázornené na fotografii A1 a nápadná je náhla zmena týchto štruktúr. Z toho vyplýva, že k nauhlíčeniu nedošlo po vyhotovení finálneho tvaru železka. Hrot bol vyrobený a nauhlíčený zvlášť a až potom bol privarený na telo železka. Následne bol takto pripravený hrot vyhriaty a zakalený, čo je doložené výskytom dvojčatosti feritických zŕn. Je možné urobiť aj úvahu o možnej výmene – reparácii hrotov na banských železkach. Fakt, že pre výrobu hrotu bol použitý iný železný materiál, je doložený aj rozdielnym obsahom inklúzií.

Na metalografickom výbruse vzorky B, odobratej z hlavy železka, v stave pred naleptaním, neboli zistené žiadne nekovové inklúzie, železný materiál bol veľmi čistý. Po naleptaní bola na metalografickom výbruse zistená len pomerne hrubozrnná nenauhlíčená feritická štruktúra. Zrno štruktúry bolo mierne deformované následkom používania železka, nie však tak intenzívne, ako v predošlých prípadoch. Vzhľadom



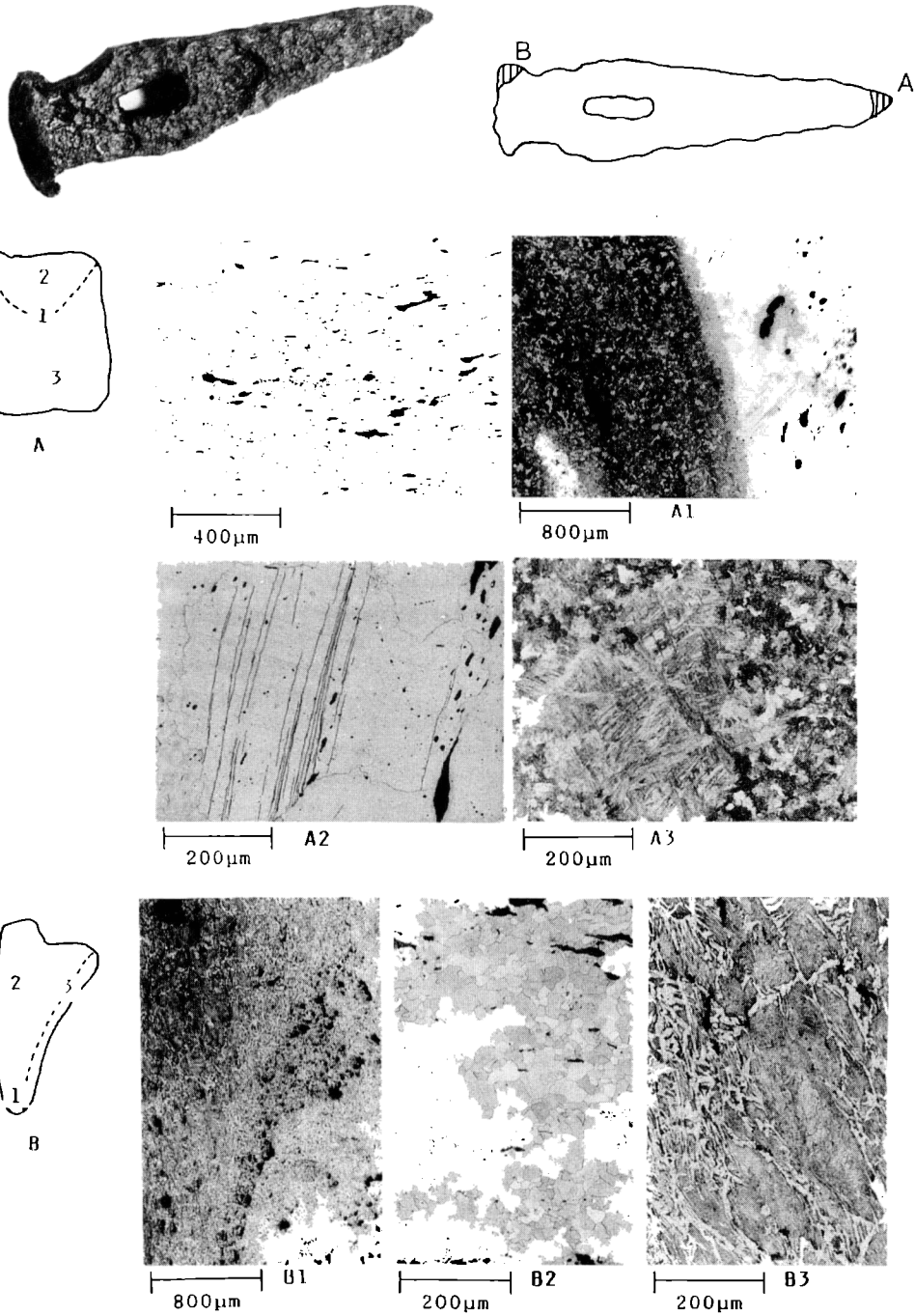

**Obr. 4. Metalografická analýza drieku železka, vzorka 3BZB.**

k opotrebovaniu a deformácii hlavy je možné predpokladať, že vytvrdený železný materiál na povrchu hlavy, ak vôbec bol, v procese používania sa úplne odstránil. To je dokladované aj deformáciou hlavy železka v stave, keď už obsahovala len nenauhlíčený železný materiál.

Súčasne je dokladovaný aj fakt, že telo železka bolo vyrobené z húževnatého nenauhlíčeného železa. Toto železo bolo extrémne čisté, čo svedčí o vysokej zručnosti kováčov pri príprave železných polotovarov.

## Vzorka 7BZ – železko

Metalografická analýza železka 7BZ je na obr. 8. Bola odobratá jedna vzorka z hrotu železka. Na ploche metalografického výbrusu pred naleptaním boli zistené inklúzie pec-




**Obr. 5. Metalografická analýza železka, vzorka 4BZ.**

nej aj kováčskej trosky, ktoré boli deformované do pásov. Po naleptaní bola na väčšine plochy výbrusu zistená nenauhlíčená pomerne hrubozrnná feritická štruktúra, fotografia 4. Len na ploche, ohraničenej na znázornení výbrusu prerušovanou čiarou, bola zistená nauhlíčená a zakalená martenzitická štruktúra, fotografia 2, nauhlíčenie bolo nerovnomerné. Na fotografii 1 je pri malom zväčšení znázornené rozhranie medzi obidvoma štruktúrami. Na fotografii 3 je znázornená feritická štruktúra tesne pri rozhraní, ovplyvnená tepelným spracovaním.

Z výsledkov analýz je možné urobiť podobné závery ako u železka 6BZ, teda že hrot pre teliesko bol vyrobený a nauhlíčený oddelene, potom bol navarený na telo železka, vyhriaty a zakalený.

**Vzorka 8BZ – železko**

Metalografická analýza železka, vzorky 8BZ, je na obr. 9. Bola odobratá jedna vzorka, tentoraz z tela železka výrezom od povrchu k oku. Na metalografickom výbruse vzorky pred naleptaním bola zistená prasklina, vyznačená na náčrte výbrusu prerušovanou čiarou. Je možné, že sa jedná o pozostatok zvaru. Okolo trhliny bolo veľké množstvo inklúzií kováčskej trosky, železnatého kremičitanu, fotografia 1.

Po naleptaní bola na celej ploche výbrusu zistená len hrubozrnná nenauhlíčená feritická štruktúra, fotografie 2 a 3. Uvedené zistenie dokumentuje, že pre telo železka bol použitý nenauhlíčený húževnatý železný materiál, priaznivý pre trvanlivosť železka. Technológia bola rovnaká, ako pri výrobe predchodzích analyzovaných železok.

**Vzorka 9BZ – železko**

Metalografická analýza železka, vzorky 9BZ, je na obr. 10. Bola odobratá jedna malá vzorka z konca hrota železka. Na nenaleptanom metalografickom výbruse bola zistená trhlina, šíriaca sa od povrchu. Trhlina je naznačená na náčrte plochy výbrusu prerušovanou čiarou a je dobre viditeľná aj na fotografii 1. Charakter trhliny dokazuje, že vznikla pri používaní železka a nie je indikátorom miesta zvaru. V oblasti trhliny bolo zistené väčšie množstvo inklúzií kováčskej trosky, fotografia 1.

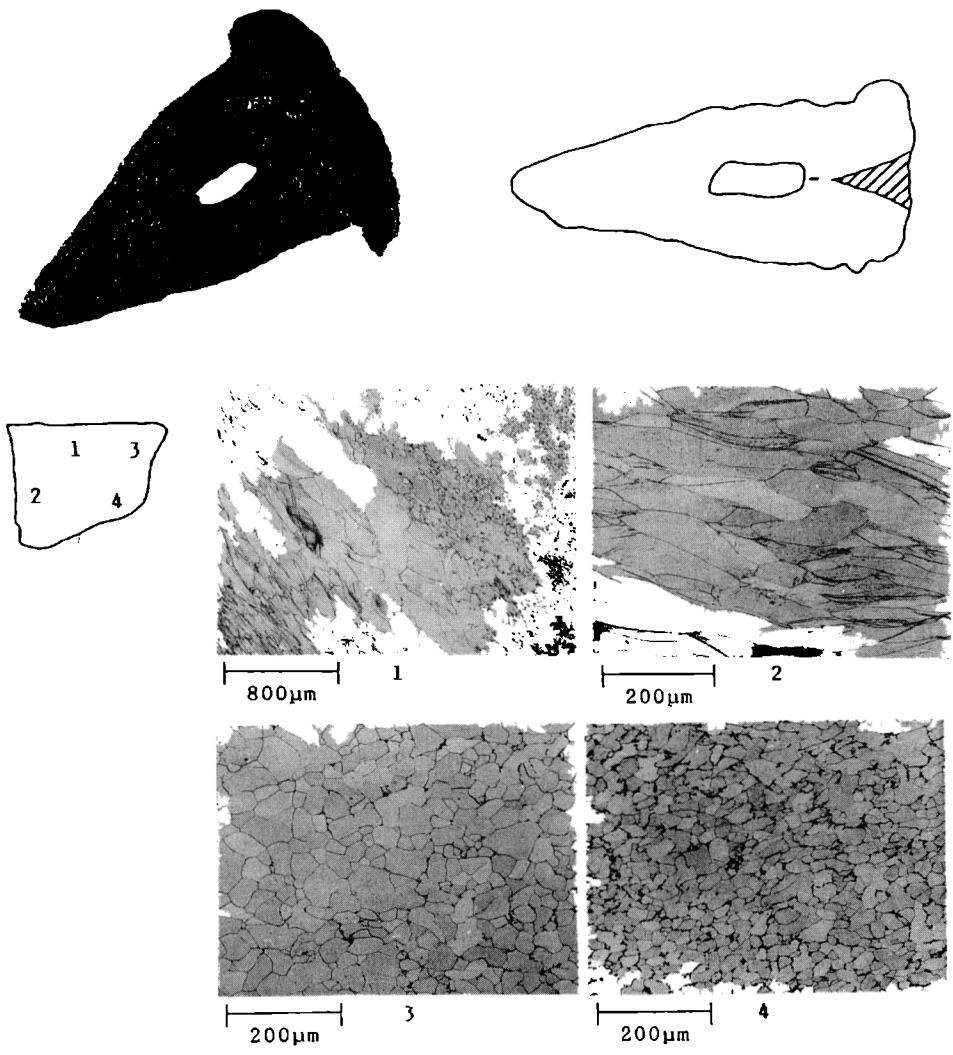
Po naleptaní boli na celej ploche metalografického výbrusu zistené metalografické štruktúry, fotografie 2 a 3, dokladujúce nauhlíčenie a zakalenie hrotu. Pretože vzorka bola odobratá tesne z konca hrotu, neobsahovala štruktúry, typické pre telo železka. Nie je teda možné urobiť závery, týkajúce sa metódy konštrukcie železka. Použitie nauhlíčeného a zakaleného hrotu železka bolo štandardné.

**Vzorka 10BZ – železko**

Metalografická analýza železka, vzorka 10BZ, je na obr. 11. Aj v tomto prípade bola odobratá jedna vzorka z hrotu. Na nenaleptanom metalografickom výbruse boli zistené rozdrobené inklúzie pecnej aj kováčskej trosky, ktoré boli tvárnením usmernené do pásov.

Po naleptaní boli po okrajoch plochy výbrusu zistené martenzitické štruktúry, v strede plochy, teda v strede priečneho prierezu boli zistené mimo štruktúr martenzitických aj štruktúry troostitické a feritické. Pretože štruktúry troostitické indikujú menší gradient ochladzovania, z výsledkov analýz je možné odvodiť nasledujúce poznatky. hrot železka bol veľmi nerovnomerne nauhlíčený, vyhriaty a veľmi krátko kalený. Súvislá vytvrdená martenzitická štruktúra sa vytvorila len v blízkosti povrchu hrotu železka.

Pretože spôsob vzorkovania bol urobený podobne, ako v predošlom prípade a charakterizoval len materiál hrotu, nebolo možno posúdiť, či bol hrot vyrobený a nauhlíčený oddelene a potom následne navarený na telo železka a aký materiál bol použitý pre konštrukciu tela železka a jeho hlavy.




Obr. 6. Metalografická analýza železka, vzorka 5BZ.

## Vzorka 11BZ – banský klin

Metalografická analýza banského klinu, vzorka 11BZ, je na obr. 12. Vzorka bola odobratá z okraja hlavy, aby došlo čo k najmenšiemu poškodeniu predmetu. Na nenaleptanom metalografickom výbruse bolo zistených mnoho prasklín, ktoré boli usmernené pri tvárnení aj používaní predmetu. Tieto praskliny boli pozostatkami zvarov, niektoré z nich vznikli v dôsledku používania. Na výbruse boli aj kováčske inklúzie, usmernené do pásov.

Po naleptaní bolo zistené, že na malej ploche výbrusu, vyznačenej na znázornení výbrusu prerušovanou čiarou, vyskytovali sa martenzitické štruktúry, ktoré vznikli v dôsledku nauhlíčenia a zakalenia, fotografia 2. Umiestnenie tejto štruktúry je znázornené pri malom zväčšení na fotografii 1. Na zbývajúcej ploche výbrusu bola zistená len nenauhlíčená feritická štruktúra s veľmi deformovaným zvarom v dôsledku používania predmetu.

Z metalografických analýz vyplýva, že povrch hlavy klinu bol nauhlíčený a zakalený, čím sa získala jeho vysoká tvrdosť. Pre telo klinu bol použitý húževnatý nenauhlíčený

železný materiál. Technológia bola úplne zhodná s technológiou výroby banských železiek. Hoci nebol vzorkovaný hrot klina, ťažko možno predpokladať, že nebol nauhlíčený a zakalený.

**Vzorka 12BZ – podkova**

Metalografická analýza podkovy, vzorka 12BZ, je na obr. 13. Vzorka bola odobratá priečnym rezom cez podkovu. Na nenaleptanom metalografickom výbruse boli zistené inklúzie pecnej a kováčskej trosky, ktoré sa väčšinou vyskytovali v pásoch. Príklad veľkej inklúzie pecnej trosky je znázornený na fotografii na obrázku.

Po naleptaní boli skoro na celej ploche výbrusu zistené nenauhlíčené feritické štruktúry s rozdielnou veľkosťou zrna, fotografie 1 a 2. Len na malom mieste plochy výbrusu, vyznačenom na znázornení výbrusu prerušovanou čiarou, boli zistené nauhlíčené perlitické a perliticko-feritické štruktúry, miestami sa vyskytovali aj widmanstattenove štruktúry. Uvedená distribúcia štruktúr nemá žiadne logické opodstatnenie. Je pravdepodobné, že pre výrobu boli použité železné polotovary, vyrobené zo železnej huby, produktu tavby v malej redukčnej piecke, bez ďalšej úpravy. Takýto železný materiál bol pre výrobu podkovy vhodný. Nauhlíčenie, zistené na výbruse, mohlo byť pozostatkom lokálneho nauhlíčenia železnej huby.

**Vzorka 13BZ – čakan**

Z čakana boli odobraté dve vzorky, vzorka A bola odobratá blízko hrotu, vzorka B bola odobratá z oka. Metalografická analýza vzorky A je na obr. 14. Na nenaleptanom výbruse tejto vzorky bola zistená výrazná trhlina, ktorá mohla byť pozostatkom kováčskeho zvaru. Od koreňa trhliny sa šírilo mnoho drobných inklúzií pecnej a kováčskej trosky, ktoré sú znázornené na fotografii na obrázku.

Po naleptaní bolo zistené, že v okolí trhliny sa nachádzali nauhlíčené perliticko a perliticko-feritické štruktúry, fotografie A1 a A2. Rozpadnutý charakter perlitickej štruktúry naznačuje na žíhanie tejto časti predmetu. Na ostatnej časti plochy výbrusu bola zistená len nenauhlíčená feritická štruktúra, na jednom mieste, vyznačenom prerušovanou čiarou na zobrazení plochy výbrusu, mala táto štruktúra hrubé zrno, fotografia A3, inde jemné zrno, fotografia A4. Aj na jemnozrnnej feritickej štruktúre sú badateľné znaky žíhania. Z uvedeného je zrejmé, že hrot čakan bol nauhlíčený, čím sa dosiahla jeho potrebná tvrdosť.

V mieste odberu vzorky už dominovalo húževnaté nanauhlíčené železo, len v okolí trhliny bol zistený prienik nauhlíčenia od hrotu. Na základe prijatého spôsobu odberu vzorky nebolo možné zistiť, či hrot bol aj kalený.

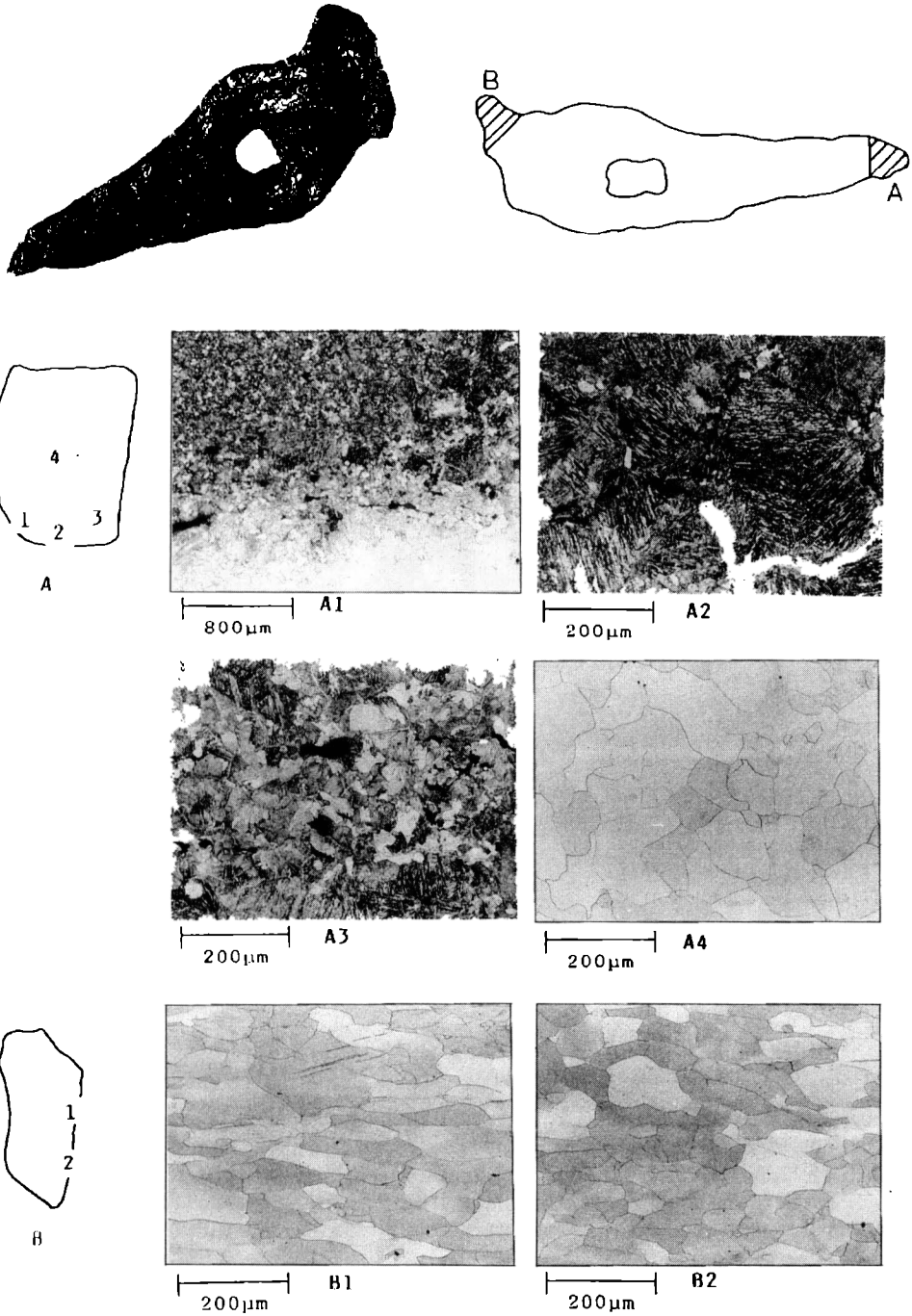
Metalografická analýza vzorky B, odobratej z oka čakana, je na obr. 15. Na celej ploche metalografického výbrusu pred naleptaním boli zistené pásy inklúzií kováčskej aj pecnej trosky. Príklad veľkej inklúzie kováčskej trosky je na fotografii na obrázku. Po naleptaní boli na celej ploche výbrusu zistené len nenauhlíčené feritické štruktúry, pričom sa striedali plochy s extrémne hrubým zrnom s plochami so zrnom strednej veľkosti. Táto distribúcia veľkosti zŕn feritickej štruktúry je znázornená na fotografiách B1 a B2.

Z metalografických analýz vyplýva, že čakan bol vyrobený z nenauhlíčeného mäkkého a húževnatého železa. Hrot čakana bol následne nauhlíčený, aby sa zvýšila tvrdosť tohto miesta. Kalenie vzhľadom k zvolenému spôsobu vzorkovania nebolo zistené, bolo ho možné len iba predpokladať.

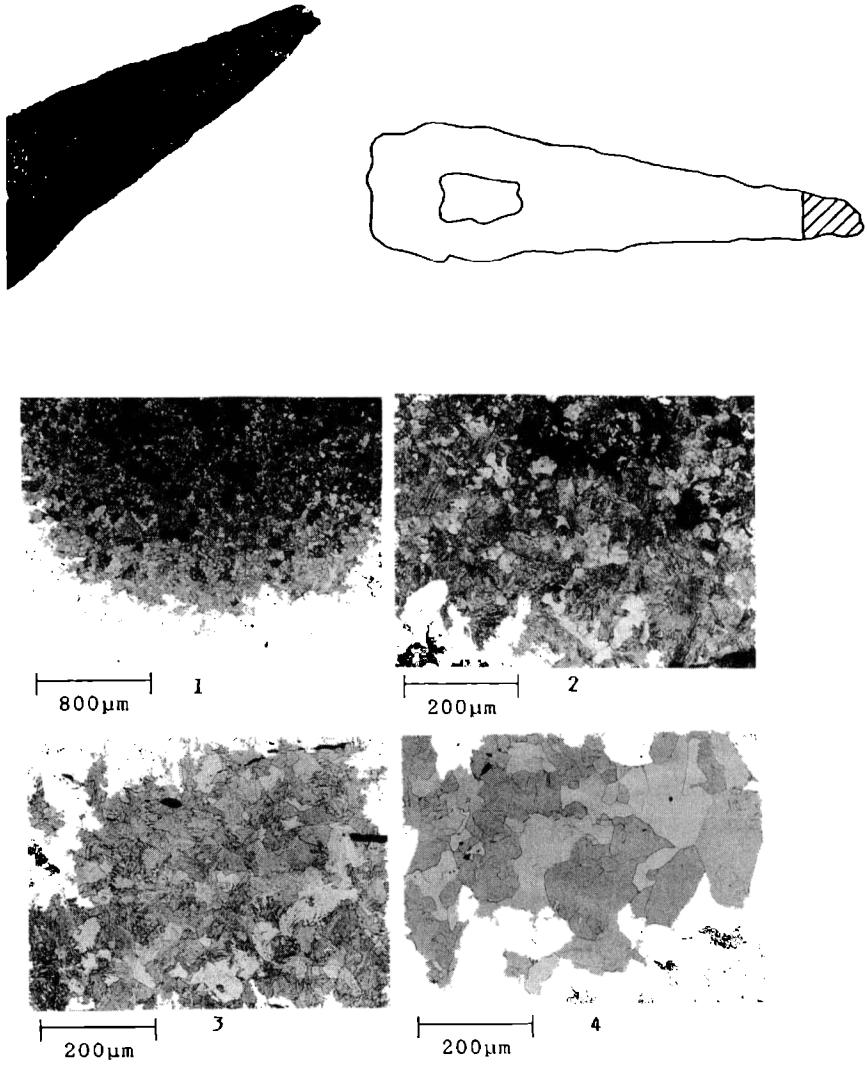
Zvolenou výrobnou technológiou získal čakan dobrú tvrdosť pracovnej časti a vyhovujúcu životnosť celého nástroja.

**Vzorka 14BZ – čakan**

Metalografická analýza čakana, vzorka 14BZ, je na obr. 16. Vzorka bola odobratá z hrotu čakana priečnym rezom. Na nenaleptanom metalografickom výbruse bolo zistené




**Obr. 7. Metalografická analýza železka, vzorka 6BZ.**



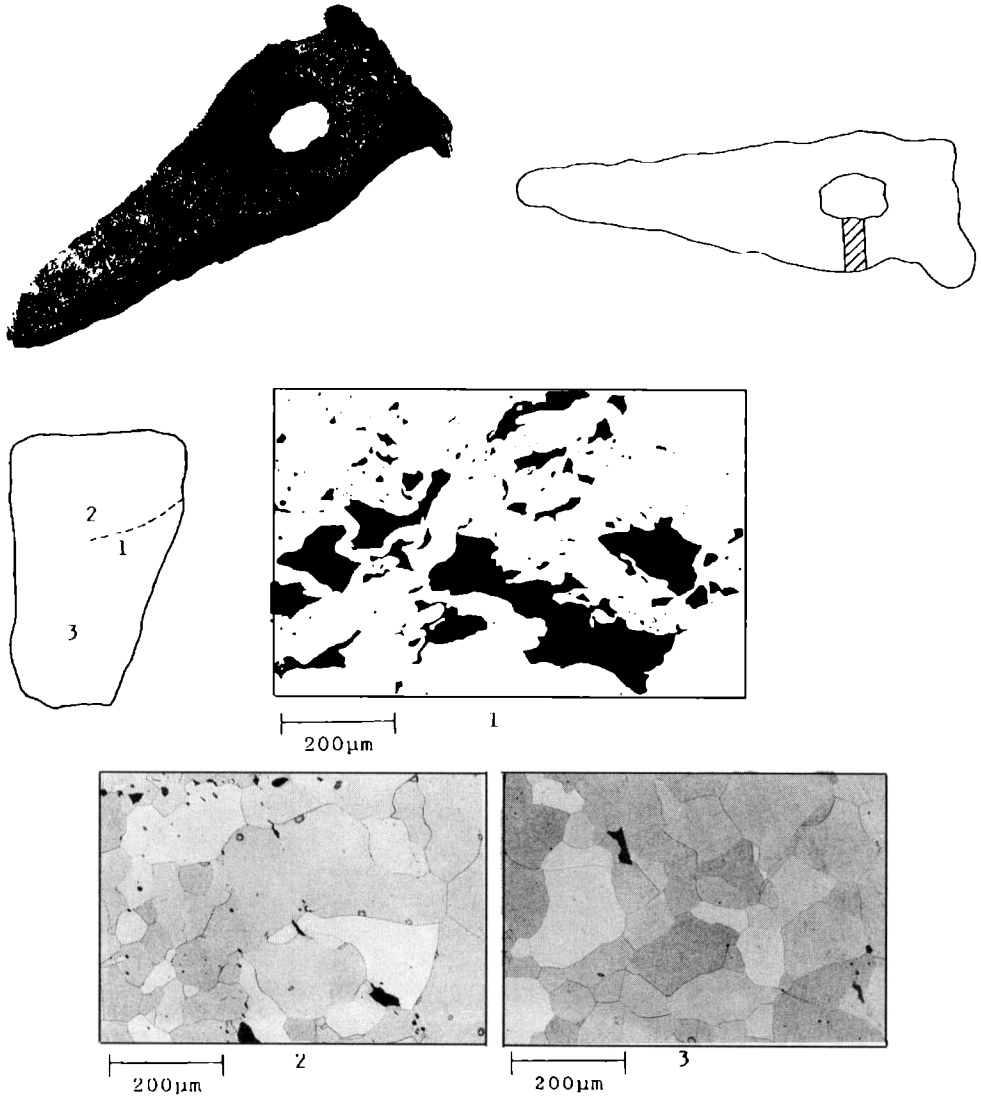

**Obr. 8. Metalografická analýza železka, vzorka 7BZ.**

veľké množstvo inklúzií pecnej trosky, ich príklad je znázornený na fotografii na obrázku. Po naleptaní boli na celej ploche výbrusu zistené len nanauhlíčené feritické štruktúry s veľmi rozdielnou distribúciou feritických zŕn, fotografie 1 a 2.

Uvedený nenauhlíčený železný materiál bol vhodný pre výrobu tela čakana. Chýbalo však nauhlíčenie, prípadne zakalenie hrotu, v tomto stave by mal čakan veľmi zlé úžitkové vlastnosti a rýchle by sa na hrote opotreboval. Je vidno aj z fotografie predmetu na obrázku, úplný hrot čakana chýbal. Vzorkovaním v danom mieste nemuselo byť zachytené vytvrdenie hrotu nauhlíčením a zakalením a nie je možné v tomto smere urobiť žiadne závery.

## Rozbor výsledkov spektrálnej analýzy

Výsledky kvalitatívnej spektrálnej analýzy vzoriek, odobratých z banských železiez, sú v tabuľke II. Ako je z tabuľky zrejmé, výsledky analýz sú udávané v troch rozmedziach




**Obr. 9. Metalografická analýza železka, vzorka 8BZ.**

obsahov prvkov v zložení, ako hlavné prvky, vedľajšie prvky a stopové prvky. Vzorky z predmetov 3BZ a 7BZ nebolo možné analyzovať kvôli ich malým rozmerom. Z analýz je možné urobiť niekoľko dôležitých záverov:

– V zložení predmetov bolo pomerne veľké množstvo vedľajších aj stopových prvkov, čo plne korešponduje so zložením železných rúd v tejto oblasti stredného Slovenska.

– Prítomnosť vedľajších a stopových prvkov v predmetoch zo Špane Doliny aj z Kammerhofu bola veľmi podobná. Tento fakt nevylučuje možnosť, že predmety pochádzajú z jedného zdroja.

– Určité rozdiely v zložení vzoriek z predmetov zo Špane Doliny dávajú podnet úvahe, že polotovary boli vyrobené z výťažkov tavieb, kde vo vsádzke boli používané železné rudy z rôznych zdrojov.

– Je zrejmé, že banské železko z lokality Ilija-Sitno, vzorka 4BZ, bolo vyrobené

z polotovarov, ktoré mali pôvod v jednej tavbe, resp. v po sebe idúcich tavbách, vytvorených z rovnakej vsádzky.

– Banské železo 6BZ, nájdené v Kammerhofe a čakan 13BZ zo Španej Doliny, boli vyrobené zo železných polotovarov, ktoré boli produkované zo vsádzok s rozdielnym zložením, resp. mohol byť pri ich výrobe použitý aj starší prepracovaný materiál.

**Tab. II – Výsledky spektrálnej analýzy železných predmetov**

| Č. vz. | Hlavné prvky 100–1% | Vedľajšie prvky 1–0,01% | Stopové prvky 0,01–0,0001% |
|---|---|---|---|
| *1BZ* | *Fe* | *Cu,Si,Al,Sb* | *Mg,Mn,Ni,Ag* |
| *2BZ* | *Fe* | *Mg,Al,Ni,Si* | *Mn,Bi,Mo,Ti,Sn,Ag,Zr* |
| *4BZA* | *Fe* | *Mn,Si,Mg,Al* | *Sn,Ag,Zn,Cu* |
| *4BZB* | *Fe* | *Mn,Si,Mg,Al* | *Sn,Ag,Zn,Cu* |
| *5BZ* | *Fe* | *Ni,Mg,Si,Al,Cr* | *Mn,Sn,Ag,Cu* |
| *6BZA* | *Fe* | *Ca,Si,Al,Mg* | *Sn,Ag,Mn,Zn,Cu* |
| *6BZB* | *Fe* | *Mn,Mg,Si,Al,Cr* | *Mn,Cu,Ag,Sn* |
| *8BZ* | *Fe* | *Mg,Al,Ni,Si,Mn* | *Bi,Ti,Ag,Zr* |
| *9BZ* | *Fe* | *Cu,Mn,Al,Si,Cr* | *Mg,Ni,Sn,Ag* |
| *10BZ* | *Fe* | *Si,Mg,Sb,Al* | *Ag,Mn,Zn,Cu* |
| *11BZ* | *Fe* | *Mg,Al,Ni,Si,Mn* | *Bi,Mo,V,Zr,Sn,Ti* |
| *12BZ* | *Fe* | *Al,Ni,Mg,Si* | *Mn* |
| *13BZA* | *Fe* | *Si,Mn,Mg,Sb,Al* | *Ag,Zn,Cu* |
| *13BZB* | *Fe* | *Cu,Ni,Al,Si,Sb,* | *Ag,Sn Mn,Mg* |
| *14BZ* | *Fe* | *Al,Ni,Mg,Si,Mn* | *Bi,Mo,Sn,Ag* |

## Diskusia výsledkov metalografických analýz

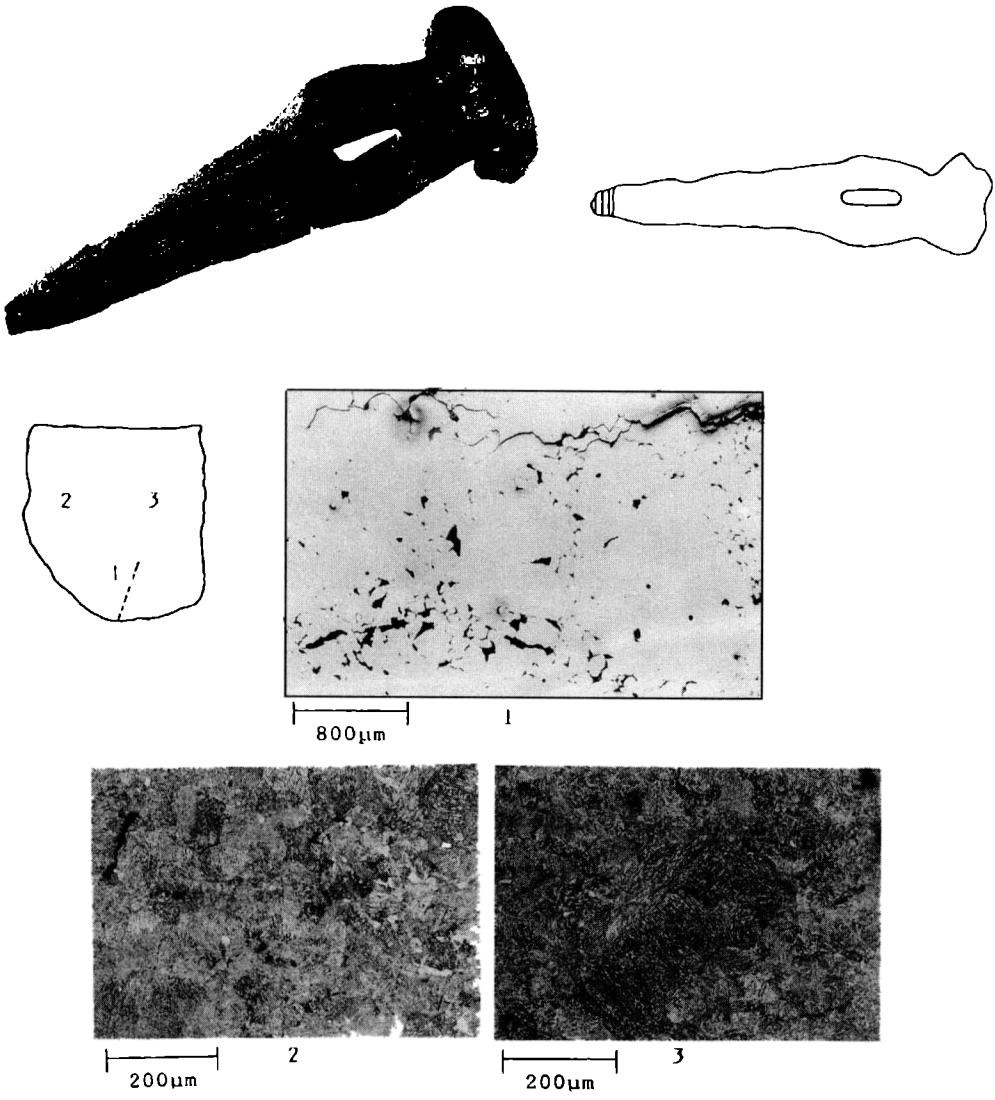
Autor tohto príspevku v predošlých prácach študoval viacej sérií stredovekých železných predmetov podobného detovania z územia Slovenska aj zo zahraničia. Na základe analýz bolo možné konštatovať, že prechod k sériovej výrobe v kováčskych dielňach obmedzil tvorivý príspevok kováčov dosiahnutiu najlepších vlastností daného predmetu. Z týchto analýz je však zrejmé, že výrobe banských železiez venovali kováči zvláštnu pozornosť.Poznali, že musia zvlášť upraviť hrot a prípadne aj hlavu predmetu, používaného na rozpojovanie horniny. Pre tieto účely zaviedli štandardnú techniku, keď tvrdosť hrotov a hláv dosahovali nauhlíčením a kalením. Túto techniku používali pre všetky predmety, používané na rozpojovanie. Pre telo predmetu používali neupravený, väčšinou nenauhlíčený železný materiál, ktorý svojou húževnatosťou zabezpečil dostatočnú životnosť predmetu. Je možné, že pre telo predmetov bol použitý aj starší, šrotový železný materiál.

Z analýz vyplýva aj zaujímavé zistenie, že hroty predmetov boli vyrobené a hlboko nauhlíčené zvlášť a až potom boli navarené na predmety a zakalené. Tento fakt ponúka myšlienku, že hroty, ktoré sa pri rozpojovaní rýchle opotrebovali, boli na banských železách vymieňané, až pokiaľ nedošlo k opotrebovaniu resp. deformácii tela predmetu.Pre predmety, ktoré neboli priamo používané pri rozpojovaní, používali kováči menej náročnú technológiu. Klinec, analyzovaný v tejto práci, bol vyrobený zo šrotového železného materiálu.

## Záver

Práca sa zaoberá stredovekými metódami výroby železných predmetov, tzv. Danských železiez, ktoré sa používali pri banských prácach v oblasti stredného Slovenska. Celkom bolo analyzovaných 14 predmetov, nájdených na troch lokalitách, väčšina z nich boli kliny na rozpojovanie horniny. Metalografickou analýzou predmetov bolo zistené:

1. Všetky banské železá, používané na rozpojovanie horniny, boli vyrábané podobnou technológiou. Jej účelom bola úprava pracovných častí tak, aby sa dosiahla ich vysoká tvrdosť.




**Obr. 10. Metalografická analýza železka, vzorka 9BZ.**

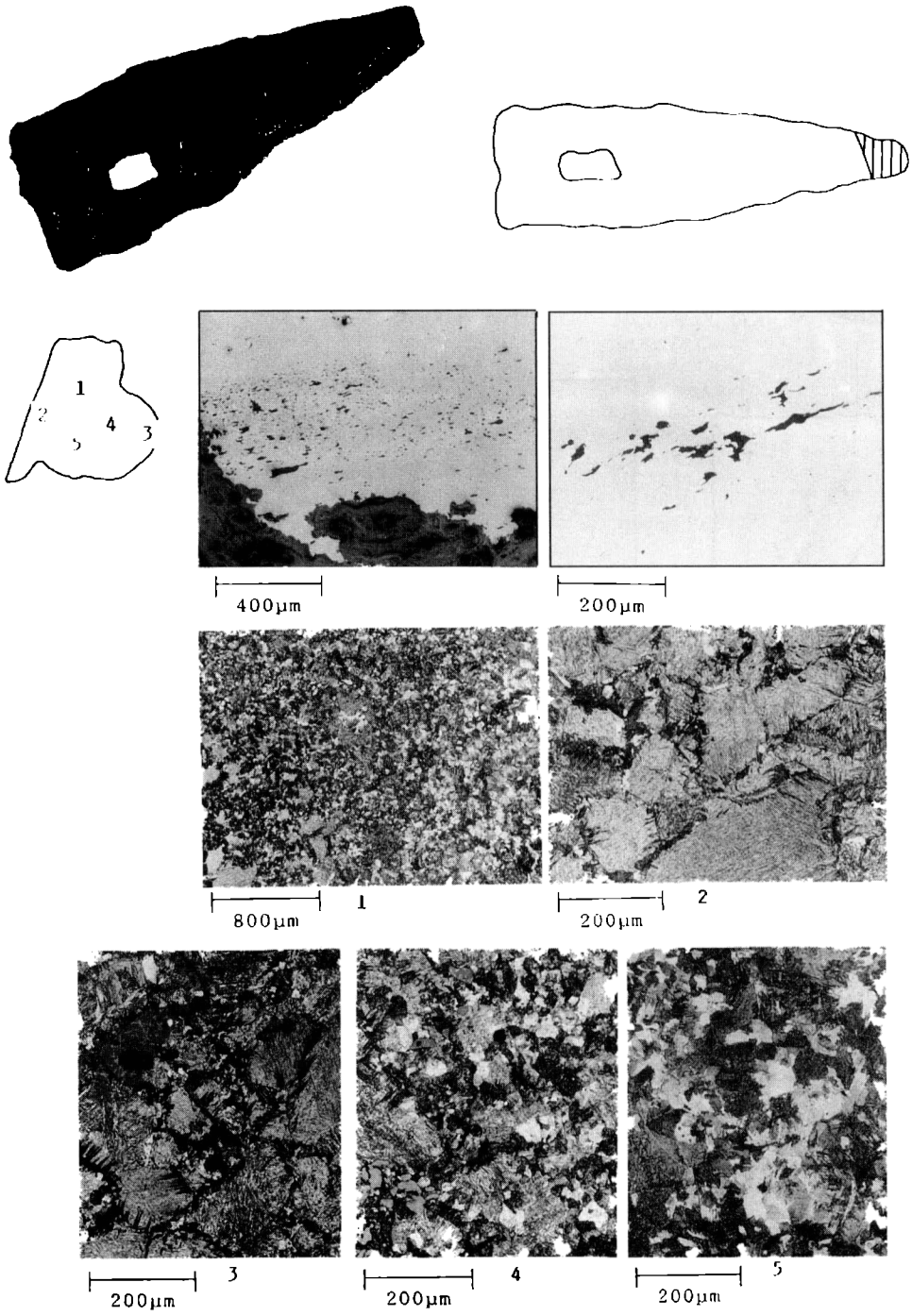
2. Banské železá mali hroty a v prípade železiek a klinov aj hlavy upravené nauhlíčením a kalením.

3. Z analýz vyplynulo, že hroty predmetov boli vyrobené a nauhlíčené zvlášť, potom boli narazené na telá predmetov a zakalené. Je predpoklad, že týmto spôsobom sa banské železá reparovali, keď opotrebované hroty sa vymieňali za nové.

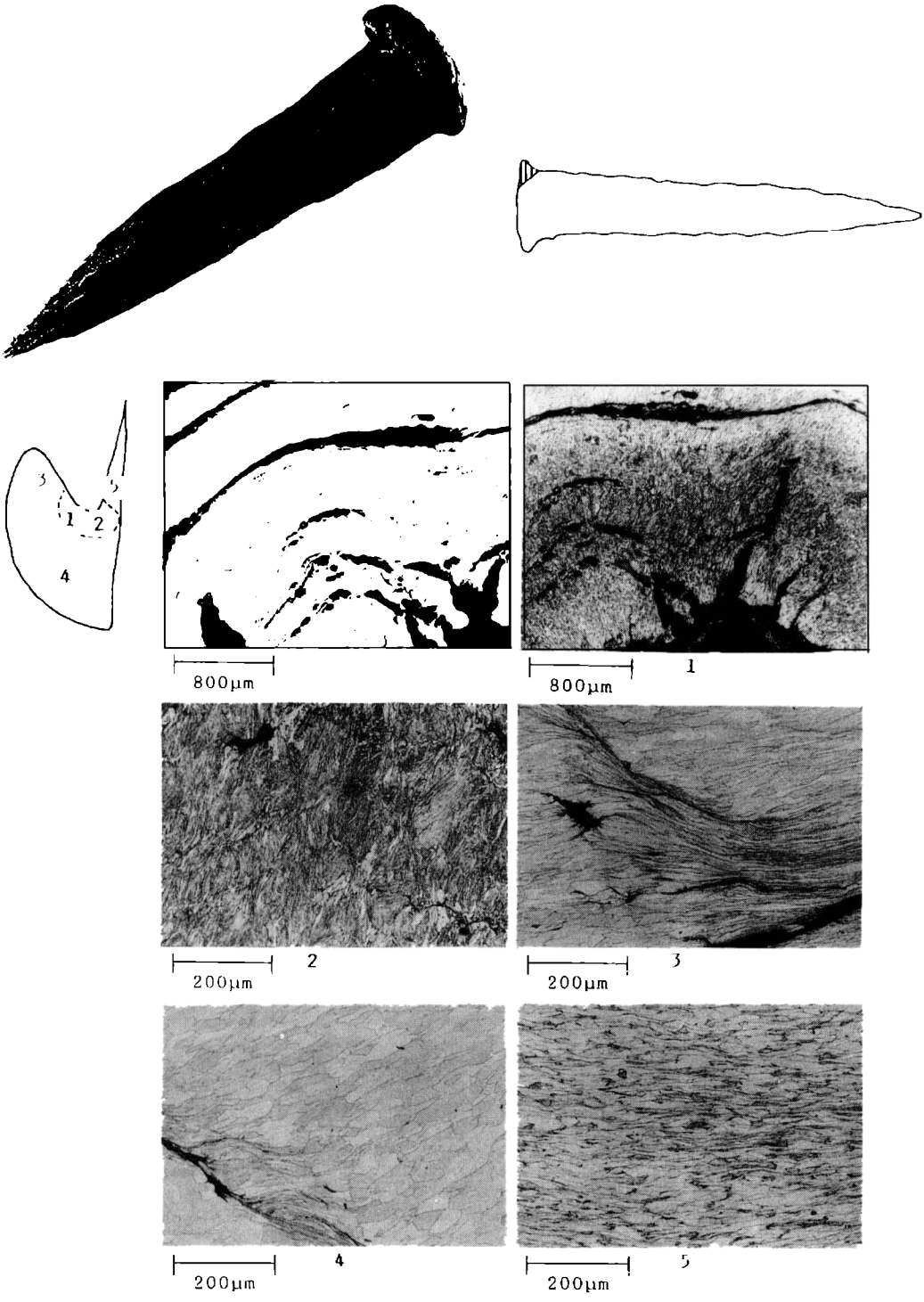
4. Pre telo banského železa používali ich výrobcovia neupravený nenauhlíčený železný materiál, ktorý svojou húževnatosťou priaznivo vplýval na životnosť predmetu.

5. Pre výrobu predmetov, ktoré neboli priamo používané na rozpojovanie horniny, používali výrobcovia aj odpadný, šrotový železný materiál.

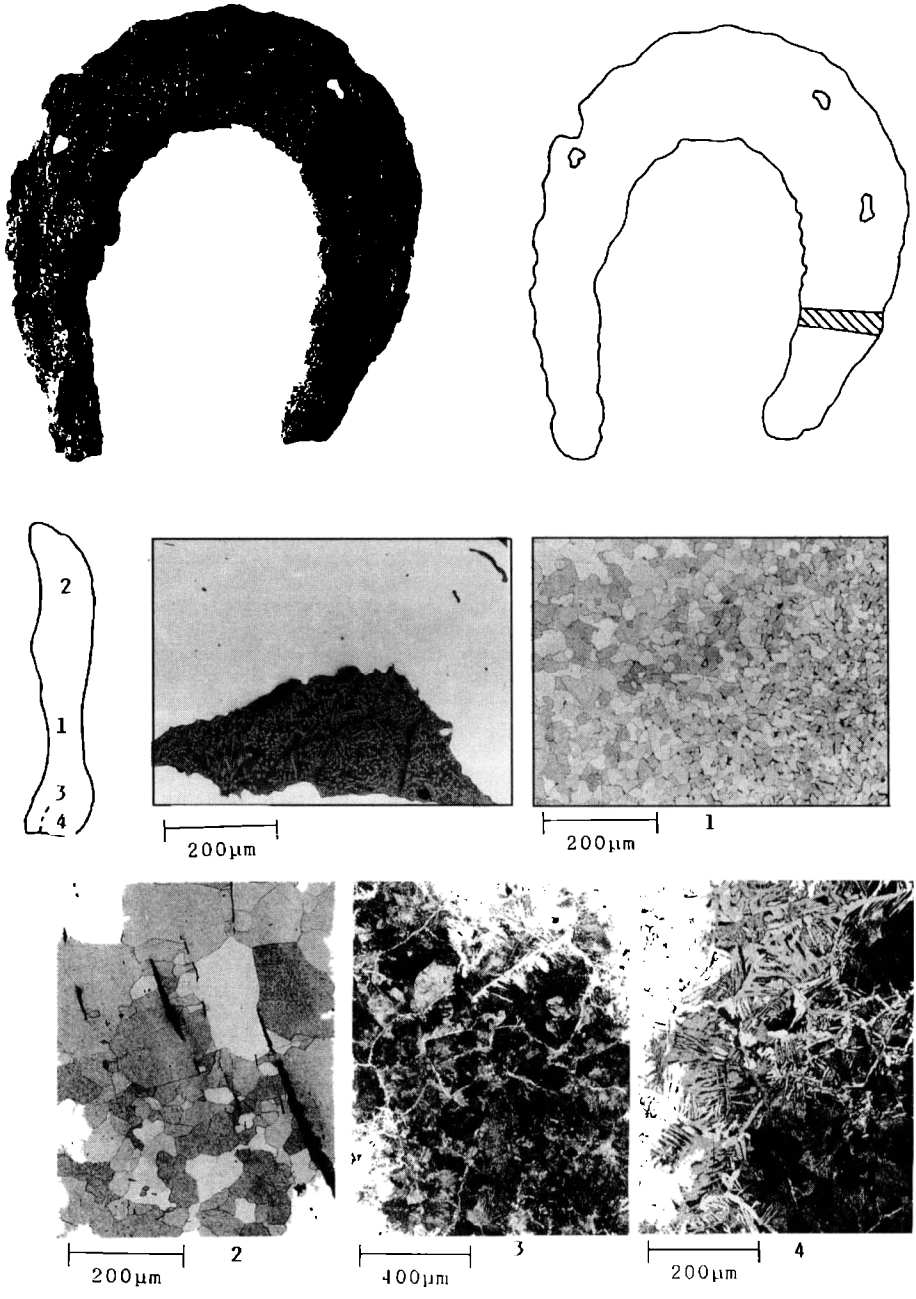
6. Väčšie množstvo vedľajších a stopových prvkov v železách odpovedá zlúčeniu železných rúd v danom regióne.



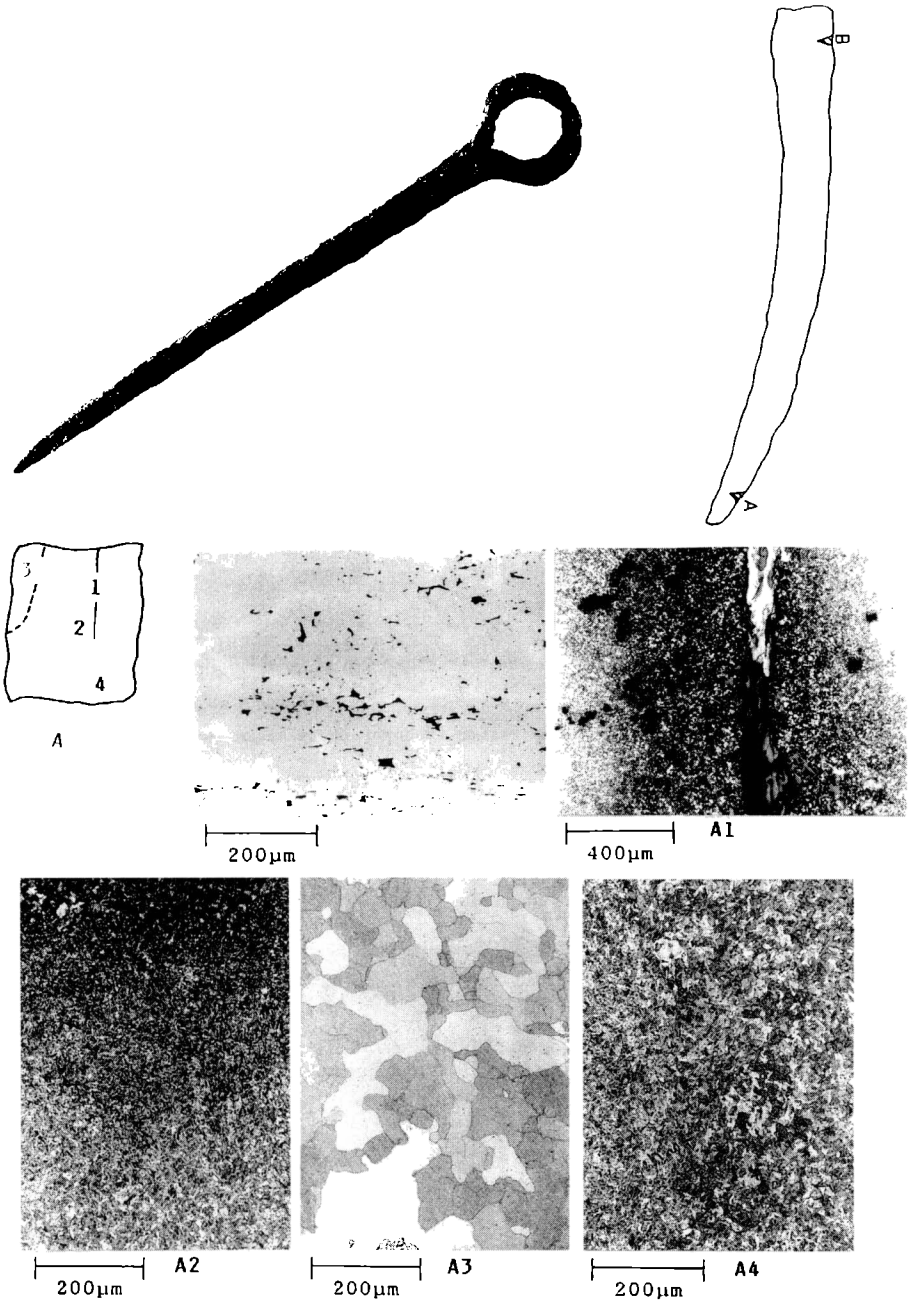

**Obr. 11. Metalografická analýza železka, vzorka 10BZ.**



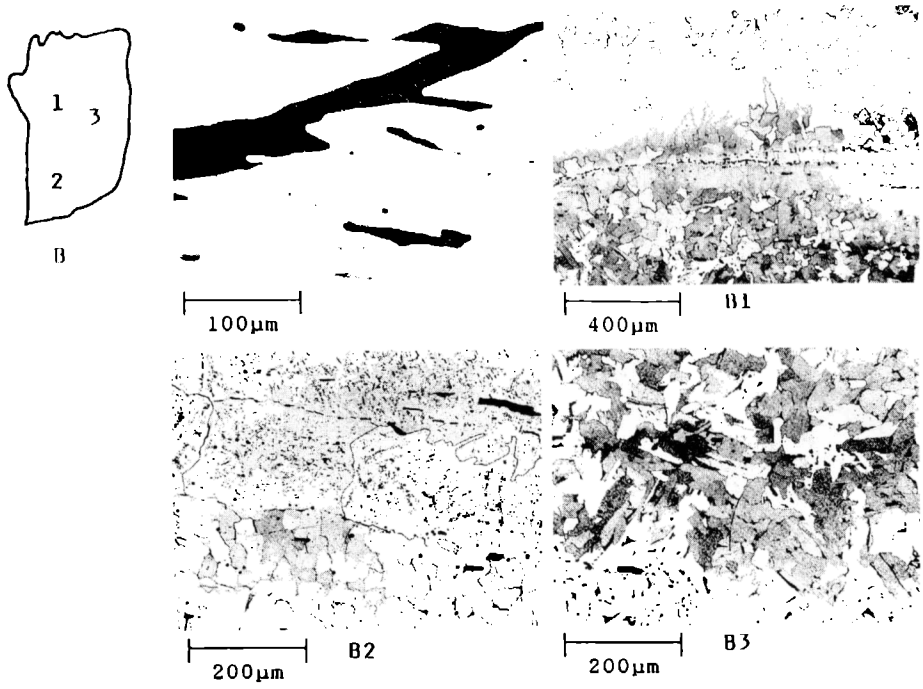

**Obr. 12. Metalografická analýza banského klínu, vzorka 11BZ.**




**Obr. 13. Metalografická analýza podkovy, vzorka 12BZ.**




**Obr. 14. Metalografická analýza vzorky, odobratej z blízkosti hrotu čakana, vzorka 13BZA.**




**Obr. 15. Metalografická analýza vzorky, odobratej z oka čakana, vzorka 13BZB.**

## Literatúra

AGRICOLA, G.: De re metallica libri XII. Basel 1556 (reprint NTM Praha 1976).

LABUDA, J.: Materiálna kultúra z výskumu Kammerhofu v Banskej Štiavnici (Príspevok k problematike montánnej archeológie na Slovensku). Slov. archeol. 40, 1992, s. 135–164.

LABUDA, J.: Montánna archeológia na Slovensku (Príspevok k dejinám stredoveku). Kandidátska dizertácia, Nitra 1993. I.–III. zv.

SCHONWEITZOVÁ, Š.: Komorský dvor v Banskej Štiavnici. Vlastivedný časopis, 20, Bratislava 1971, s. 92–93.

TOČÍK, A.–BUBLOVÁ, H.: Príspevok k výskumu zaniknutej ťažby medi na Slovensku. In: Zvesti Archeol. Úst. Slov. akad. vied, 21, Nitra 1985, s. 47–135.

TOČÍK, A.–ŽEBRÁK, P.: Ausgrabungen in Špania Dolina–Piesky. Zum Problem des urzeitlichen Kupfererzberbau in der Slowakei. In: Der Anschnitt, Beiheft 7, Bochum 1989, s. 71–78.

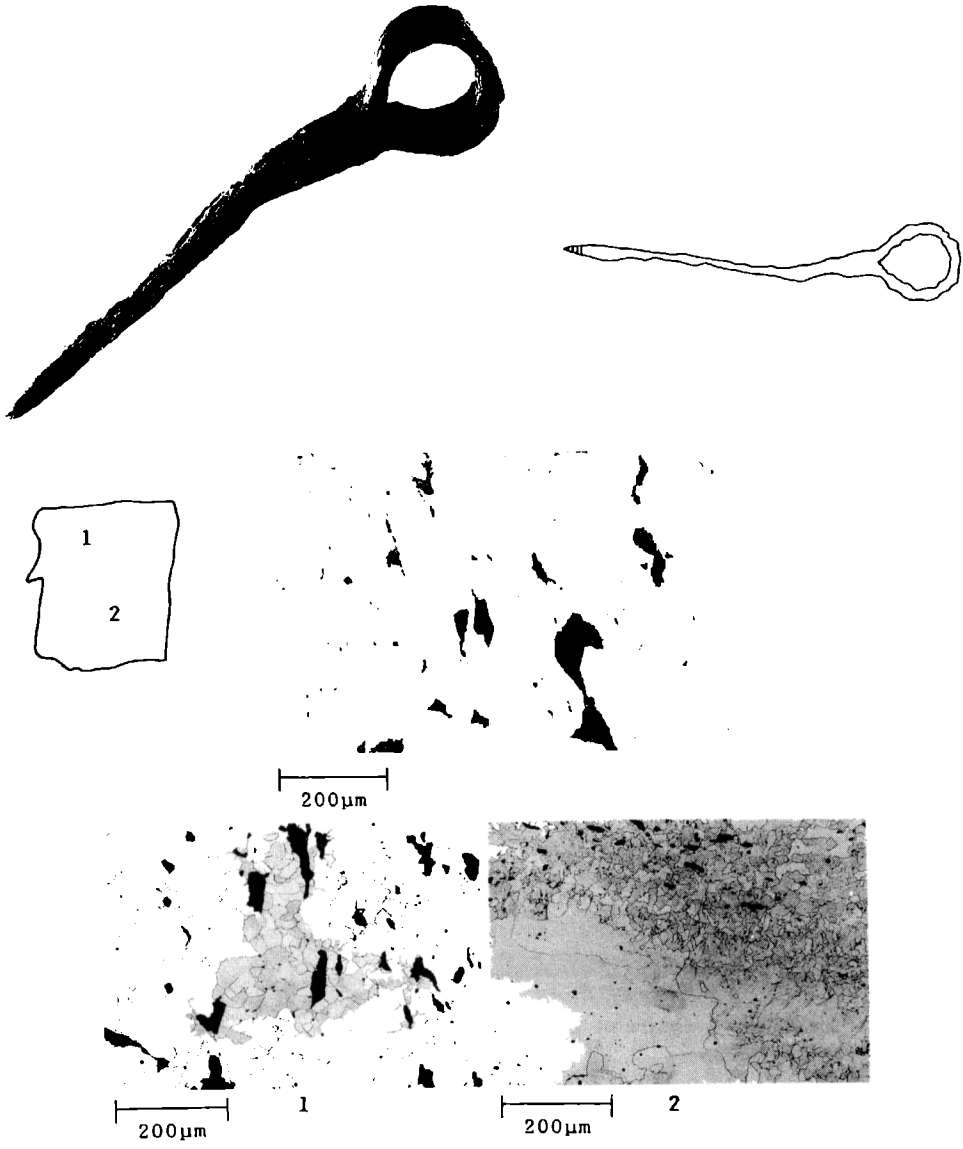
Zusammenfassung

**Die Erzeugung der mittelalterlichen bergmännischen Eisen**

Unter die berühmtesten Bergbauregionen in der Slowakei gehören Špania Dolina (Herrengrund) und Štiavnica (Schemnitz). Während der letzten Jahrzehnten gelang es, durch archäologische Forschungen in diesen Gebieten viele Arbeitsinstrumente und andere Werkzeuge (Eisen, Kratze, Hufeisen, Nägel u. ä.) zu gewinnen, die den metallographischen Analysen mit interessanten Ergebnissen unterzogen wurden. Die Funde datiert man in das 14.–16. Jh. Špania Dolina wurde als Fundstätte der Steinschlägel für die Erzzerkleinerung aus dem Anfang der Bronzenzeit berühmt, aber davon stammen auch zahlreiche Funde aus dem Mittelalter (Abb. 1–16). In Banská Štiavnica gewann man im Mittelalter vor allem das Silbererz, wobei im Laboratorium im Objekt Kammerhof die Erzprobearbeiten durchgeführt wurden. Aus diesem Objekt stammem einige von den analysierten Gegenständen (Abb. 6–9).

Schlußfolgerungen aus der metallographischen Analyse:

1. Für die Erzeugung aller zur Gesteinzerkleinerung benutzten bergmännischen Eisen wurden ähnliche Technologien verwendet, deren Zweck war, die Arbeitsteile der Werkzeuge auszuhärten.




**Obr. 16. Metalografická analýza čakana, vzorka 14BZ.**

2. Die Bergbaueisen hatten die Spitzen und die bergmännische Eisen und Keile auch die Köpfe aufgekohlt und verhärtet.

3. Aus den Analysen ging hervor, daß die Spitzen der Gegenstände separat hergestellt und aufgekohlt und dann auf die Körper der Gegenstände aufgesetzt und verhärtet wurden. Wir nehmen an, daß man auf diese Weise die bergmännischen Eisen reparierte, wenn die abgenutzten Spitzen durch neue ersetzt wurden.

4. Für den Körper des bergmännischen Eisens verwendeten die Hersteller das nicht aufbereitete und nicht aufgekohlte Eisenmaterial, das wegen seiner Zähigkeit die Gebrauchsdauer des Gegenstandes gut beienflußte.

5. Für die Herstellung der Gegenstände, die direkt für die Gesteinzerkleinerung nicht benutzt wurden, verwendete man auch das Abfallmaterial, den Schrott.

6. Der größere Anteil der Neben- und Spurenlemente in analysierten Eisen entspricht der Zusammensetzung der Eisenerze in der gegebenen Region.

Abbildungen:

1. Metallographische Analyse eines Nagels, Probe 1BZ.
2. Metallographische Analyse eines Eisens, Probe 2BZ.
3. Metallographische Analyse einer Eisenspitze, Probe 3BZA.
4. Metallographische Analyse des mittleren Teils eines Eisens, Probe 3BZB.
5. Metallographische Analyse eiens Eisens, Probe 4BZ.
6. Metallographische Analyse eines Eisens, Probe 5BZ.
7. Metallographische Analyse eines Eisens, Probe 6BZ.
8. Metallographische Analyse eines Eisens, Probe 7BZ.
9. Metallographische Analyse eines Eisens, Probe 8BZ.
10. Metallographische Analyse eines Eisens, Probe 9BZ.
11. Metallographische Analyse eines Eisens, Probe 10BZ.
12. Metallographische Analyse eines Keiles, Probe 11BZ.
13. Metallographische Analyse eines Hufeisens, Probe 12BZ.
14. Metallographische Analyse einer Probe aus der Nähe einer Kratzenspitze, Probe 13BZA.
15. Metallographische Analyse einer Probe aus dem Kratzenauge, Probe 13BZB.
16. Metallographische Analyse eines Kratzens, Probe 14BZ.