

Pleiner, Radomír

Ukázky kovářských technik z předvelkomoravských Mikulčic

Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. M, Řada archeologická. 2000, vol. 49, iss. M5, pp. [119]-132

ISBN 80-210-2580-8

ISSN 1211-6327

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/113824>

Access Date: 29. 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.

RADOMÍR PLEINER

KVÁZKY KOVÁŘSKÝCH TECHNIK Z PŘEDVELKOMORAVSKÝCH MIKULČIC

Kovářství železa časně středověké Evropy je důležitou složkou technologického a vůbec civilizačního vývoje a jeho technika může odrážet i vztahy mezi zeměpisnými oblastmi a jejich kulturami. Poznat tyto interrelace je možné na základě srovnávání výrobních postupů a konstrukcí, jak se jeví podle metalografických rozborů výkovků ze železa, zvláště jejich pracovních a řezných částí. Potencionální zdroje tohoto poznání jsou však zatím omezeny nerovnoměrným rozložením počtu prozkoumaných předmětů v různých zeměpisných oblastech Evropy právě z dob počínajícího středověku. Ze zemí západní, střední i severní Evropy jsou k dispozici ojediněle nebo málo četné údaje (např. z Čech 6. až 8. stol. byla prozkoumána necelá desítka výrobků, hlavně nožů; podobně je tomu v Anglii a ve Skandinávii). Ačkoliv v Polsku se rozvinul metalografický výzkum archeologických želez ve velkém měřítku, časně slovanské období je v něm zastoupeno poměrně nečetnými rozbory (18 nožů ze Szelig, 3 nože z Łaz). Z území Běloruska bylo publikováno na 380 středověkých nožů, ale jen dva se datují do období 7. – 10. století. Zato z dalších staroslovanských oblastí východní Evropy byly zveřejněny stovky výsledků, které mohou být základem určitých etno-technologických úvah.

Využívám proto znovu příležitosti prezentovat výsledky metalografických rozborů čtyř železných předmětů z prostoru předhradí v Mikulčicích, které jsem měl k dispozici díky Z. Klanicovi a které jsem provedl již v r. 1974. Dokonce jsem o nich informoval na sympoziu k 20. výročí zahájení výzkumů v Mikulčicích, avšak k jejich publikaci nedošlo.

Předměty pocházejí z vrstev mladší fáze předvelkomoravského hradiště v Mikulčicích, a to z předhradí, kde sídla družina místního vládce. Jde o tři nože a neobvyklý železný mlat (bulavu či buzdovan), vyzdvižený z jámy 644, do níž se proklesla dusaná jílová podlaha obydlí. Mlat je vyobrazen v Klanicově předběžné zprávě o výzkumu v r. 1966 (str. 42, t. 15: 2), ale jako nález zůstal nekommentován a nebyl podroben formálnímu rozboru. Jde zatím o unikát.

Metoda rozborů spočívala hlavně na klasické metalografii, která sleduje krystalické struktury kovů a jejich změny vlivem různých mechanických, che-

mických a tepelných pochodů. Vybroušené a vyleštěné řezy pracovních částí předmětů byly leptány podle Oberhofferera (rozložení fosforu v železe), Heyna (rozložení fosforu a uhlíku) a nitalem, roztokem kyseliny dusičné v etylalkoholu (rozložení struktur s různým obsahem uhlíku, který má největší vliv na jakost kovu, zejména tvrdost). Struktury byly sledovány na metalografickém mikroskopu Zeiss-Epityp při zvětšení zparvidla 50x až 150x. Jejich mikrotvrdost se měřila Hanemannovým mikrotvrdoměrem (systém Vickers) při zatížení diamantového jehlanu 30 g. Cílem bylo zjistit konstrukci břitů a hrotů u zkoumaných předmětů, posoudit jejich provozní vlastnosti či kvalitu a pokusit se o rekonstrukci výrobního postupu. Na metalografických analýzách se podílela B. Novotná, chemické paušální analýzy fosforu, manganu, mědi a niklu provedla E. Hermová (obě v ARÚ Praha). U jednoho z nožů (vz. 535) byla ještě provedena rentgenová mikroanalýza v tehdejší Stát. výzkumném ústavu materiálu v Praze (M. Ryšavá, zpráva č. 4189 z listopadu 1974), jejímž účelem bylo vyšetřit chemickou podstatu zjištěné zvláště tvrdé struktury u zmíněného vzorku. Čtyři zkoumané vzorky nesou označení 532 až 535 podle knihy metalografických analýz v Archeologickém ústavu AV ČR v Praze.

Vz. 532 je dvojstranný železný mlat s tupými hráněnými hroty na obou koncích a s opěrnými destičkami po stranách oka pro topůrko (obr. 1: 1). Je to okázalá zbraň, zřejmě cizího, snad východního původu. V obou hrotech (odkud byly odebrány vzorky A a B) jsou nejnápadnější mnohonásobné pruhy kovu různé kvality (obr. 1: 2-4): vysokofosforové a uhlíkem chudé se střídají v různých variantách ferritického železa s pruty velmi měkké ferriticko-perlitické ocele. Mezi ně jsou vloženy dva až tři pásy nízkofosforové, ale s poněkud vyšším obsahem uhlíku (obr. 2: 1-4). Nejměkčí, železná zóna je proti očekávání právě v ose zbraně, jež vybíhá do hrotů. Pásy určitě nevznikly při kování nehomogenního kovu, jsou různé tloušťky a mezi nimi jsou stopy svarů — jde o kovářské svaření několika prutů různé kvality. Zdá se, že na jednom konci jsou pásy povrchově nauhličené, přehnuté a svařené (obr. 3). V hrotu B je zakována lamelka tvrdé ocele (obr. 2: 5). Celek však nepůsobí dojmem, že by šlo o záměrnou kombinaci železa a ocele v konstrukčním schématu zbraně, protože právě hroty jsou poměrně měkké a jejich mikrotvrdosti se od sebe málo liší (kolem 200 mHV 30g). Mikulčický mlat je dovedně vykováným předmětem, který byl mnohem spíše odznakem, vůdcovským atributem, než běžnou zbraní, určenou např. k prorážení železné zbroje.

Nůž vz. 534 (č. 9851/62) je výrobkem co nejprostším, vykováným z ferritického hrubozrnného železa se zvýšeným obsahem fosforu (obr. 4). Nekovové vměstky signalizují uprostřed čepele náznak svaru ve tvaru V, byly jím ovšem spojeny dva pásy téhož materiálu (prakticky bezuhlíkového železa). Vlastnosti nože, nikterak vynikající, se tím změnit nemohly.

Další nůž, vz. 533 (č. 9858/62), poskytuje jiný obraz. Příčný řez ukázal, že čepel byla vykována z jednoho hlavního nosného pásu kovu. Tenký zbytek přivařeného pásku železa na jedné ze stran neměl konstrukční význam. Provozní vlastnosti nože ovlivnil obsah uhlíku, který směrem k ostří velmi povlovně stoupal, čímž se zvyšovala mikrotvrdost takřka až na 400 mHV 30g, a vytvářel

perlitické složky struktury (obr. 5: 3-4). Zřejmě jde o dokonalé prokování do-
datečně nauhličeného břitů, přičemž se uhlík postupně rozptýlil do těla čepele
(obr. 5: 2). V rámci nožířského zboží to byl výrobek kvalitní.

Nůž vz. 535 (č. 9857/62) je v posuzované nepočtené sérii po technické stránce
nejzajímavější. Jeho čepel byla svařena ze dvou hlavních pásů kovu, jež se
od sebe lišily obsahem uhlíku, obsahem fosforu i typem nekovových vměstků.
Hřbetová část byla železná s poměrně hrubším zrnem (podle stupnice ASTM č.
3-4), při jedné straně má oblast s vyšším obsahem uhlíku (obr. 6: 4). Břítová
část za zřetelným šikmým svarem (obr. 6:5) je ocelová a má jemnou ferriticko-
perlitickou strukturu (ASTM 8-9); tento břit sám vznikl spojením dvou plátků
kovu, spíše drátků, z nichž jeden je na uhlík chudší (obr. 6: 6). V obou těchto
částech se při jednom z okrajů (stran čepele) objevuje struktura, kterou nelze
dobře identifikovat. Vystupuje v ní složka uhlíku na ferritickém podkladu; není
to perlit v běžném smyslu: má vysokou tvrdost (500 až 1100 mHV 30 g), ale
není to martensit, normální zákalná struktura uhlíkové ocele. Rentgenová mik-
roanalýza byla provedena proto, aby byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými
strukturami v břitu a v nosné části čepele. Přímková i bodová analýza ukázala
shodné výsledky. Rozdíly se týkají podílu fosforu v železe. Paušální chemická
analýza indikuje v gramovém vzorku obsah fosforu, dosahující až 0,84 % P
(včetně struskových vměstků). Mikroanalýza, zasahující nesmírně malé oblasti
vlastního kovu, ukázala hodnoty nižší; nicméně ferritické složky v navařeném
břitu mají průměrně desetkrát méně fosforu (0,014 % P), než hřbetová část nože
(průměrně 0,14 % P). Fosforem bohatší je zejména ferrit, v břitu asi čtyřikrát, v
hřbetu asi dvakrát než perlit. Karbidová složka v místech s neobvyklou jemnou
strukturou, je však více než desekrát bohatší na fosfor (0,09 % P), než perlit v
břítové části (0,008 % P). Je proto pravděpodobné, že v nauhličených částech se
vytvořily struktury karbidů a fosfidů železa, které prošly určitým druhem tepel-
ného zpracování, nespíše kalení, a získaly vysokou tvrdost. V dnešní technologii
se ocele s tak vysokým podílem fosforu nepoužívají, takže lze obtížně hledat
ekvivalentní krystalické fáze obdobného charakteru. Z hlediska nauky o kovech
jsou velice zajímavé. O výrobě nože vz. 535 lze vyslovit tuto domněnku: Po
sestavení čepele s uhlíkatějším břitem se ukázalo, že tvrdost je menší, než se
očekávalo. Proto kovář zkusil čepel dodatečně cementovat uhlíkem po jedné
straně v žhavém dřevěném uhlí za určitých tepelných podmínek. Protože obsah
fosforu v železe difuzi fosforu v podstatě brání, nebyla to úloha snadná. Nauhli-
čení nebylo rovnoměrné a také vzniklé struktury byly neobvyklé. Jejich tvrdost
byla úspěšně zvýšena ochlazením, patrně zakalením na plocho (obr. 6: 3). Tep-
lo, obsažené ve hmotě nástroje popustilo samovolně vzniklá pnutí. Tvrdost v
boku čepele se zvýšila v průměru na 700-800 mHV 30g, takže vznikl dokonalý
nožířský výrobek.

U zkoumaných vzorků byla provedena paušální chemická stanovení vybra-
ných prvků (fosforu a manganu titračně, mědi a niklu polarograficky). Zvýšené
obsahy fosforu mají všechny čtyři zkoumané výrobky (0,171 — 0,840 % P);
poměrně vysoký je i obsah niklu (0,104 — 0,129 % Ni). Kromě toho dva nože
(vz. 534 a 535) mají také zvýšený obsah mědi (0,054 a 0,062 % Cu). Takový

kov mohl být vyredukován z rud, které se vyskytují na západ i na východ od říčních úvalů, v nichž leží Mikulčice, ve východní Části Českomoravské vrchoviny, v Malých Karpatech i ve Slovenském rudohoří (tam přicházejí v úvahu zejména příměsy měděných rud). Podobné rudy se však vyskytují i v jiných částech Evropy, např. v Harzu, takže uvažovat o původu výrobků jen podle obsahu čtyř chemických prvků není spolehlivé. Mlat vz. 532 může mít mnohem vzdálenější metalurgický původ. Kov s vyššími podíly mědi a niklu je mezi pravěkými a středověkými železy je mnohem méně častý.

	Mn	Cu	Ni	P%
Vz. 532 mlat, paket	0,009	st	0,124	0,171
vz. 534 nůž, železo	st	st	0,129	0,217
vz. 533 nůž, cementace	0,013	0,062	0,137	0,316
vz. 535 nůž, ocelová příloška	0,022	0,054	0,104	0,840

Každý ze zkoumaných výrobků byl zhotoven jinou technologií a podle jiného konstrukčního schématu. S největší pravděpodobností pocházejí z různých dílen a z rukou různých mistrů. Všechna zastoupená technologická schémata byla v 8. století známa a používána, ovšem v různých oblastech a obdobích v odlišných proporcích.

Nůž vz. 534 je prostý železný výkovek, jaký bývá zastoupen ve všech souborech, přičemž je nutno poznamenat, že podíl celoželezných nástrojů ve vrcholném středověku klesá. Takové nože byly zjištěny na sídlišťích pražského typu, např. v Březně u Loun nebo v Roztokách u Prahy nebo v Dessau-Mosigkau ve středním Německu a polských Szeligách. U východních Slovanů byly zastoupeny ve skupinách nejstaršího období asi 30 až 40 %, v kulturách zhruba současných s pojednáványými mikulčickými nálezy, tj. v pozdní peňkivské, romenské, borševské a saltovo-majacké, které náležely do sféry chazarského vlivu, tvořily takové železné nože kolem 13 % prozkoumaných případů (větší podíl se uvádí z borševské oblasti, asi 20 %). Železné nože měly tu nevýhodu, že jejich ostří se po nabroušení rychle tupila, takže se příliš nehodily ke krájení měkkých hmot, např. masa a kůže. Mikulčický exemplář byl vzhledem k vyššímu obsahu fosforu poněkud tvrdší, ale přesto je třeba jej řadit k výrobkům nižší kvality.

Mlat nebo bulava vz. 532 je paket sestavený z několika prutů více či méně fosfornatého železa nebo velmi nízko uhlíčené ocele, takže jeho vlastnosti se příliš nelišily od výkovek celoželezných. S takovými výrobky se setkáváme u historických želez nezřídka. V jejich případě vždy přichází v úvahu recyklace materiálu, využití železného šrotu; jednotlivé užité prvky mohly být různé provenience. Jejich kovářské spojení má příznivý vliv na mechanické vlastnosti (odolnost proti ohybu). Žádný z hrotů mikulčického mlátu nenese stopy opotřebení, což podporuje domněnku, že funkce předmětu byla spíše prestižní.

Nůž vz. 533 nese stopy záměrného zlepšení jeho řezných vlastností. Jeho břitová část byla druhotně nauhličena, cementována v žhavém dřevěném uhlí, takže se zvýšila její tvrdost. Přejít k měkčím partiím byl povolný, tělo nástroje zůstávalo houževnaté, takže provozní vlastnosti byly optimální. Tento

technologický princip je znám od počátku práce s železem. Proces byl zdouhavý, protože nasycení povrchové vrstvičky břitu uhlíkem trvalo dlouhou dobu, řádově v hodinách. Proto se jej využívalo řidčeji tam, kde se pracovalo ve větších sériích, např. v městských kovárnách vrcholného středověku. (V moderním průmyslu se ve speciálních kelímcích cementují povrchy ozubených soukolí, např. pro automobilové převodovky). V třetí čtvrtině 1. tisíciletí po Kr. se ve slovanském prostředí na východě aplikoval jednak na dnešním polském území (Łazy), jednak v různých kulturních skupinách stepní a lesostepní zóny v proporcí zhruba 5 — 12% (u plemen djakovské kultury 18 — 20%), tedy v podílu výrazně menšinovém.

Nůž vz. 535 náleží do kategorie nástrojů kompozitních, čímž se rozumí, že jsou sestaveny záměrně z částí železných a z částí ocelových, které byly umístovány do břitů, hrotů a pracovních hran, tj. do pracovních namáhaných částí. Protože kovářské svařování dvou materiálů různých vlastností (každý z nich vyžadoval jinou optimální teplotu), měkčího, uhlíkem chudého železa a tvrdší uhlíkové ocele, bylo úkolem náročným, patří kompozitní výrobky různých konstrukčních schémat k nejpokrokovějším a nejpokrokovějším v díle starých kovářských mistrů. Jejich nosné části měly dostačující houževnatost a jejich ostří byla tvrdá. Nadto empiricky odzkoušené ocelové prvky mohly být připraveny předem a samotné svařování v rukou zkušeného kováře trvalo několik minut na jeden ohřev (např. u seker, nožů, dlát a jiných nástrojů; jen u dlouhých čepelí mečů nebo saxů to byla práce obtížnější a zdouhavější).

Uvedený nůž z Mikulčic patří do skupiny s navařeným ocelovým břitem — příložkou (*nakladka, angeschweisste Stahlschneide*). Systému ocelové příložky se užívalo od doby laténské (některé sekery). Na nožích se začal objevovat i u časných západoslovanských skupin (dva případy ze sídliště v Szeligách a jeden v Łazech v Polsku), ale prosazovat se začaly v některých oblastech od 9. stol.; ve vrcholném středověku 13. – 15. stol. to už byl všude standardní způsob, jak hotovit nožířské zboží. Konstrukční koncepci mikulčického nože z 8. stol. lze ve slovanském kulturním prostředí považovat za progresivní. Přehled výsledků výzkumu východoslovanských a chazarských artefaktů ukazuje, že v nejstarších souborech (Peňkivka, Romny) byl zjištěn v podílu 2 — 3 %, zatímco u saltovských a borševských nálezů je to 10 — 18 %.

Všechna konstrukční pojetí, zjištěná na čtyřech výkovicích z předvelkomoravských Mikulčic byla tedy v soudobém slovanském světě známa, ale celkem v minoritních zastoupeních. Je tudíž třeba zmínit se o tom, jak vypadal u početnějších souborů zbytek: hojně byly kovány nástroje a zbraně celooceľové (byly poměrně tvrdé a ostré, ale poměrně křehké), ale v oběhu byly i kompozitní výrobky jiných schémat. Většinou jde o spojení pásků železa a ocele na plocho nebo o svařování paketů z těchto plátků (z nich ocelové byly uhlíkatější, než u mikulčického mlatu). Existoval také pochod, který umísťoval do ostří mezi dva měkčí pláty ocelovou vložku. Nejzajímavějším rozvinutím této techniky je schéma, kdy ocelová vložka se rozšířila na celý středový plát (třívrstvá konstrukce, sandwich). Poslední způsob měl vynikající provozní vlastnosti: ocelový břit se nemohl ubrousit nikdy a čepel byla houževnatá i tvrdá. Spotřeba ocele však

byla značná a tato komodita nebyla všude snadno dostupná. Princip byl znám opět od laténského období (sekery) a praktikoval se zřejmě i v římských provinciích (rozborů je dosud velký nedostatek). Jeho aplikace na nožích je zajímavou kapitolou geografického rozšíření této technologie: staroslovanským nožířům byla dlouho cizí, zato germánský, baltský a ugrofinský svět raného středověku ji adoptoval velmi brzo, snad patrně vlivem římské techniky praktikované v západních provinciích (v římské Británii byla zjištěna několikrát), jejíž impulzy se šířily podle mé hypotézy námořními spoji na sever a severovýchod (možná též přičiněním starých vikingů), a to snáze, než po souši do pevninských širav staroslovanského vnitrozemí. Nicméně od 9. – 10. století ji slovanští nožíři na Rusi rovněž přijali; rozšířila se od severu až po Kyjevštinu.

U nás nezdomácněla v nožířství nikdy. Zato shora zmíněná ocelová příložka v nožířství postupně zcela převládla. Je zastoupena i v malém vzorku želez z předvelkomoravských Mikulčic.

LITERATURA

- GURIN, M. F. 1987: Kuznečnoje remeslo polockoj zemli IX – XIII vv. Minsk 1987.
- KLANICA, Z. 1967: Předběžná zpráva o výzkumu slovanského hradiska v Mikulčicích za rok 1966, okr. Hodonín — Vorbericht über die Grabung des slawischen Burgwalles in Mikulčice für das Jahr 1966, Bez. Hodonín. Přehled výzkumů 1966, Brno 1967, Sep. 3-34.
- MODIN, S. — PLEINER, R. 1978: The metallographic examinations of locks, keys and tools. In: Excavations at Helgö Vol. V: 1. Stockholm 1978, 81-109.
- OČERKI 1997: Očerki po istorii drevnej železobrabotki v vostočnoj Jevrope. Moskva 1997.
- PIASKOWSKI, J. 1966: Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z wczesnosredniowiecznej osady w Łazach, pow. Kielce — Report on the metallographical examinations of iron objects from an early medieval habitation at Łazy, distr. Kielce. Sprawozdania Archeol. 18, 375-386.
- PIASKOWSKI, J. 1967: Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żuźla z Szelig i Cekanowa, pow. Plock, oraz z Cieslina, pow. Sierpc. In: SZYMANSKI, W.: Szelig pod Plockiem na początku wczesnego sredniowiecza. Wrocław, Warszawa, Kraków 1967.
- PLEINER, R. 1967a: Die Technologie des Schmiedes in der grossmährischen Kultur. Slov. arch. 15/1, 77-188.
- PLEINER, R. 1967b: Metallkundliche Untersuchungen der Messerklingen von der frühslawischen Siedlung in Dessau-Mosigkau. In: KRÜGER, B.: Dessau/Mosigkau, frühslawischer Siedlungsplatz im mittleren Elbegebiet. Berlin 1967, 175-190.
- PLEINER, R. 1983: Zur Technik der Messerklingen aus Haithabu. In: Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu 18, Neumünster 1983, 63-92.
- PLEINER, R. 2000: Metallographische Untersuchung eines Messerbruchstückes aus dem Getreidesilo 126, 51-153; Metallographische Untersuchungen an drei Eisenmessern aus Grube 135 von Březno, 160-165. In: PLEINEROVÁ, I. Die altslawischen Dörfer von Březno. Praha-Louny 2000.

- PLEINER, R. nepubl.: Komentář k metalografickému výzkumu dvou železných nožů ze staroslovanského sídliště v Roztokách u Prahy. In: PROFANTOVÁ, N. et al., v přípravě.
- ROZANOVA, A. S.- TERECHOVA, N. N. 1997: Charakteristika železoobratyvužského proizvodstva v lesostepnoj zone. In: Očerki 1997, 95-158.
- TOLMAČEVA, M. M. 1997: Obrabotka černogo metalla v Chazarskom kaganate (po materialam saltovo-majackoj kul'tury). In: Očerki 1997, 159-214.
- TYLECOTE, R. F. — GILMOUR B. J. J. 1986: Metallography of Early Ferrous Edge Tools and Edged Weapons. BAR British Series vol. 155. London 1986.
- VOZNESENSKAJA, G. A. 1979: Technika kuznečnogo proizvodstva u vostočnych slavjan v VIII — X vv. Sovetskaja arch. 2/1979, 70-76.
- ZAV'JALOV, V. I. 1997: Železoobrabotka u finno-ugrov Priural'ja. In: Očerki 1997, 215-264.

EINBLICK IN DIE SCHMIEDETECHNIK DER VORGROSSMÄRISCHEN PERIODE IN MIKULČICE

Metallographische Untersuchungen der archäologischen Eisengegenstände, vor allem der Werkzeuge und Waffen, bieten Auskunft über die technologisch-kulturellen Beziehungen zwischen den geographischen Gebieten in unterschiedlichen geschichtlichen Zeitperioden. Dazu benötigt man mit ausreichender Anzahl der Untersuchungsergebnisse. Was Europa an der Schwelle des Mittelalters anbetrifft, so ist bis jetzt die Auskunft sehr ungleichmässig verteilt; für die westeuropäischen wie auch westslawischen Länder verfügt man mit wenigen untersuchten Schmiedestücken, jedoch der osteuropäische Raum (Ukraine, Russland, Ostseegebiet) ergab mehrere Hunderte von Analysen, die sogar gewisse ethno-technologische Erwägungen erlauben.

Es wurde also die Gelegenheit ausgenutzt, aus den vorgrossmährischen Schichten (etwa 8. Jh.) der Vorburg in Mikulčice vier Eisenstücke (1 Szepter bzw. Hammeraxt und 3 Messerbruchstücke) zu untersuchen und zu veröffentlichen.

Die Hammeraxt oder der Szepter (Probe 532) wirkt als eine Prestigewaffe oder Würdigkeitsabzeichen aus, wahrscheinlich fremder bzw. östlicher Herkunft. Der Gegenstand ist als ein Paket, verschweisster Verbund eiserner (ferritischer) und sehr kohlestoffarmer (ferritisch-perlitischer) Stahlbarren mit unterschiedlichen Phosphorgehalten anzusehen (Abb. 1 bis 3). Die Waffe besass keine hervorragende Eigenschaften, denn die beiden stumpfgeschmiedeten Spitzen ziemlich weich waren.

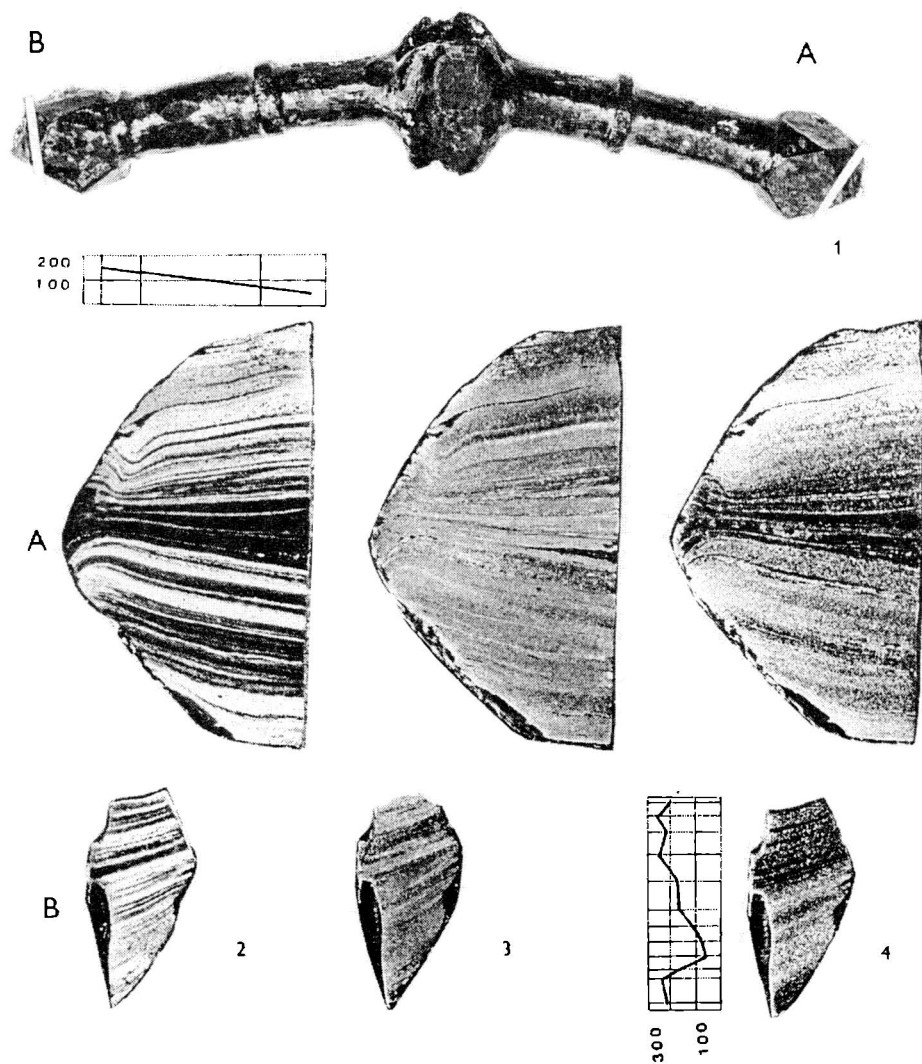
Das Messer Probe 534 ist auch ein anspruchloses Erzeugnis, aus phosphorhaltigem ferritischem Eisen geschmiedet, wahrscheinlich aus zwei V-förmig zusammengeschweissten Bestandteilen (Abb. 4).

Dagegen das Messer Probe 533 stellt eine sekundär aufgeholte Klinge mit guten Eigenschaften dar. Der Perlitanteil in der Schneide nimmt allmählich in Richtung Rücken ab, wo ferritisches Gefüge überherrscht (Abb. 5).

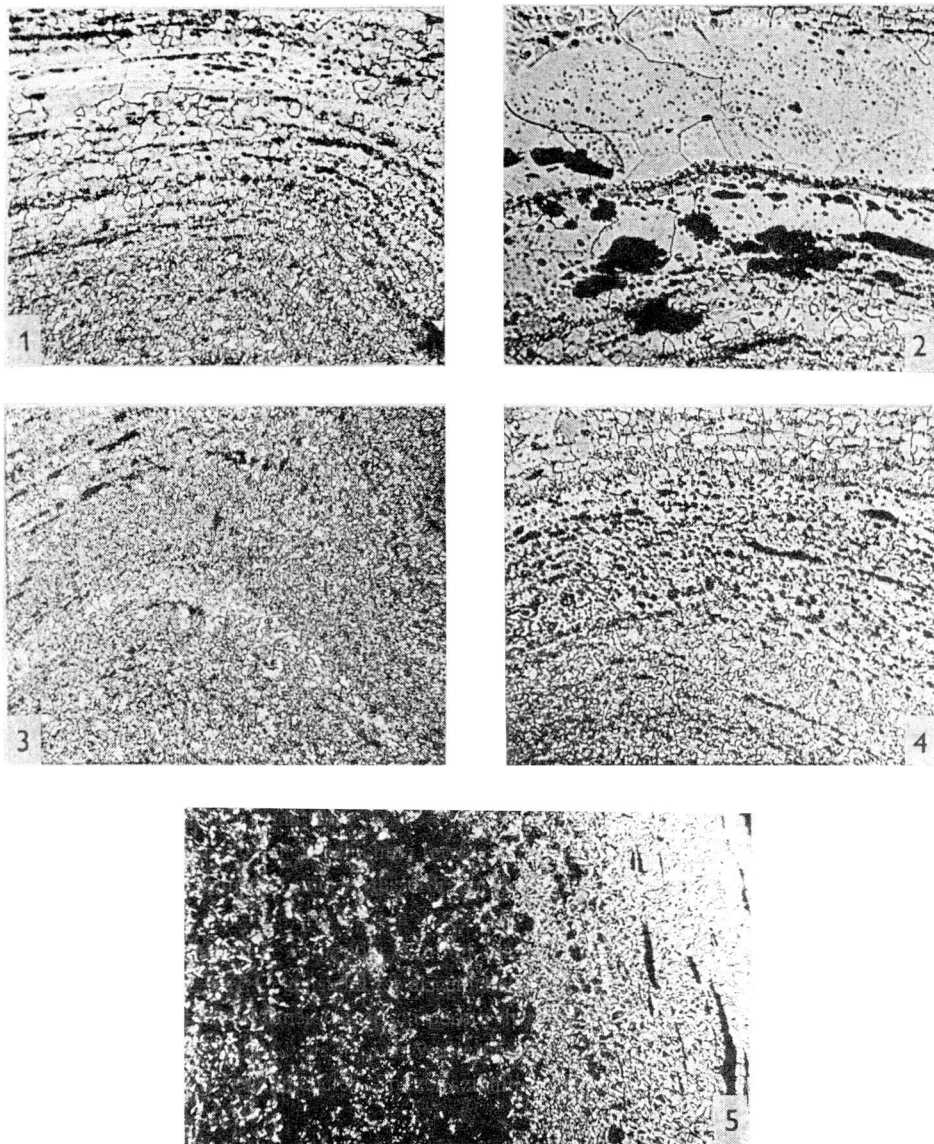
Das dritte Messer (Probe 535) ist aus technologischer Sicht am interessantesten (Abb. 6). Es handelt sich um eine Klinge mit schräg angeschweisster Stahlschneide, ein Schema, das sich, als ein der progressivsten, im Laufe der Zeit zu einem standardem mitteleuropäischen Klingenaufbausystem entwickelt hat. Der Beispiel aus Mikulčice zeigt jedoch ein kompliziertes Verfahren: die

Stahlanlage ist nicht allzu kohlenstoffreich, offensichtlich nicht hart genug, wie man erwartete. Der Messerschmied versuchte eine der Flachseiten doch nachträglich mit Kohlenstoff zu sättigen. Bei gewissen Temperaturen entwickelten sich in den kohlenstoff- und zugleich phosphorreichen Partien ungewöhnliche globulare Feingefüge von Karbiden und Phosphiden, die beim raschen Abkühlen eine beträchtliche Härte aufnahmen. Es handelt sich um keinen Perlit und um keinen Martensit. Als Ergebnis entstand eine Messerklinge bester Qualität.

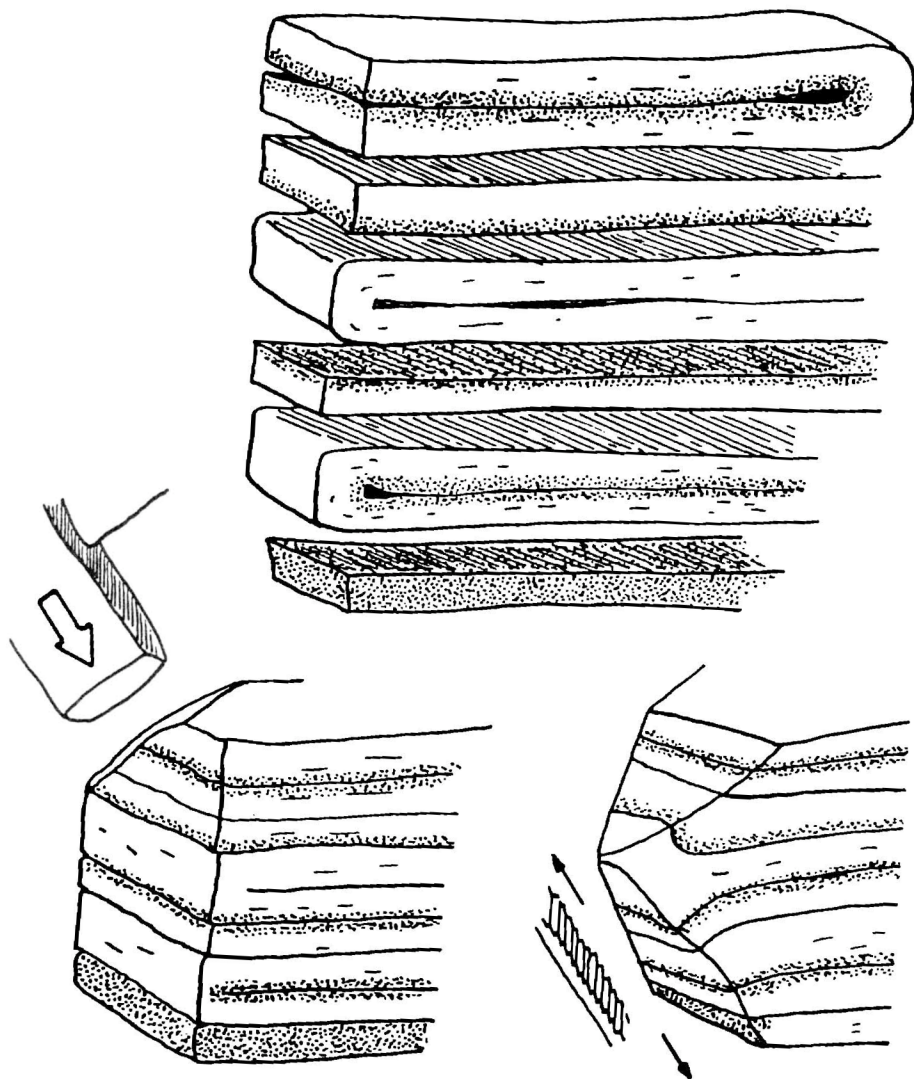
Jeder von den vieren untersuchten Gegenständen von Mikulčice erwies eine unterschiedliche Herstellungstechnologie. Zu der gegebenen Zeit waren alle bekannt und angewendet, obwohl in unterschiedlichen Proportionen, soweit man mit zeitgleichen zahlreicheren Fundgesellschaften verfügt. In dem altslawischen Milieu sind sie in Minorität vertreten. Die sekundäre Schneidenaufkohlung war zwar effektiv, der Prozess war aber langdauernd und für grosse Herstellungsserien kaum geeignet. Dagegen der Eisen-Stahl-Verbund ermöglichte die im voraus zubereiteten Stahlelemente rasch anzuwenden (wenn Stahl zur Verfügung stand), erforderte aber beträchtliche Erfahrungen des Schmiedes in optimalen Abschätzungen der Schweisstemperatur (Entkohlungsgefahr bei den zu hochoverwärmten Stählen, unzureichende Plastizität des Metalles bei niedrigeren Temperaturen). Deswegen gehört das Anschweissen von Stahlschneiden zu den progressiven Herstellungsverfahren des Werkzeug- oder Waffenschmiedes. Unter den altslawischen Messern wurde diese Technik in der Spätphase der Siedlungen von Dessau-Mosigkau (4 Stück) in Deutschland, Szeligi (2 Stück) und Łazy (1 Exemplar) in Polen festgestellt. Bei den Ostslawen des 7. bis 9. Jahrhundert wurde diese Technologie im 4-6% Anteil, in dem Bereich der Chazaren im 12% Anteil festgestellt. Das Auftreten im Rahmen einer zahlmässig geringer Probe aus der vorgrossmährischen Kultur in Mikulčice ist keinesfalls bedeutungslos.



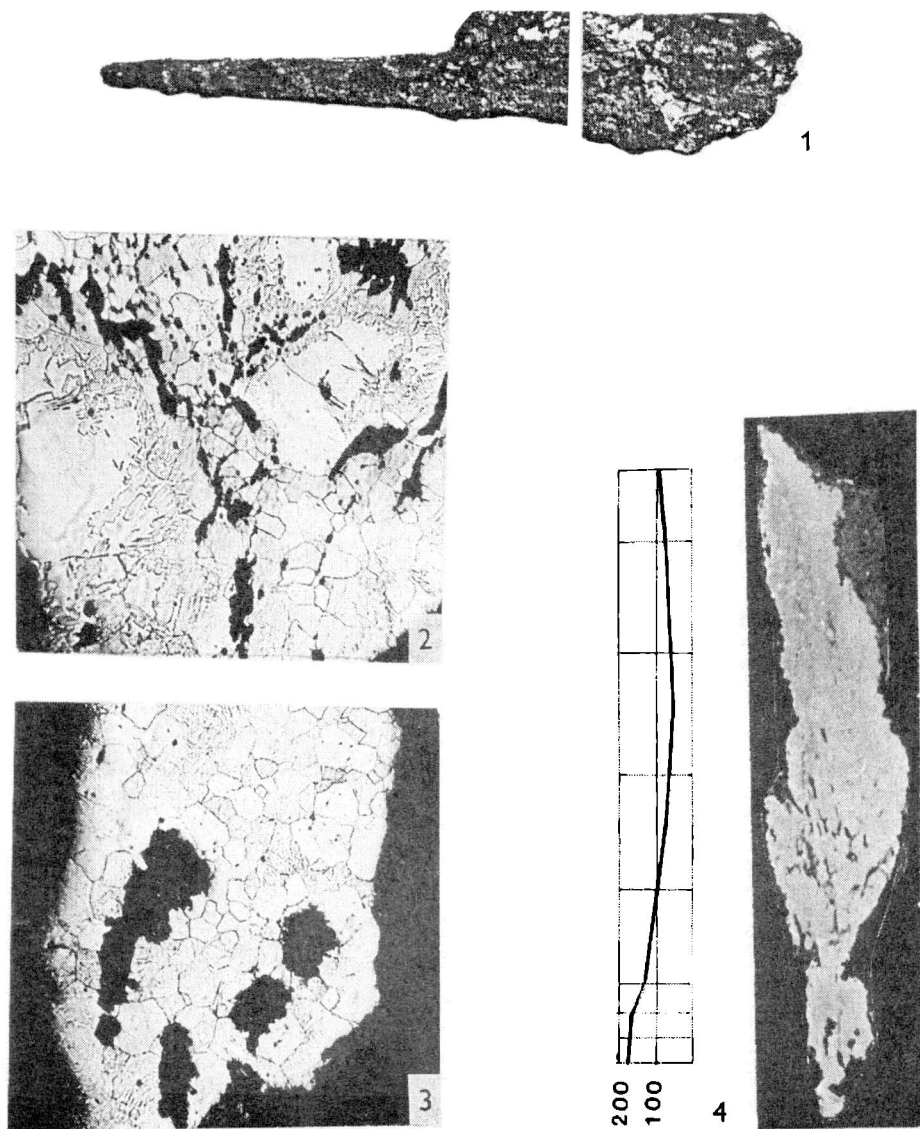
Obr. 1. Mikulčice. Železný mlat vz. 532. 1 mlat s označením míst odběru vzorků A a B. 2 Vzorky A a B leptané podle Oberhoffer. 3 Leptáno podle Heyna, 4 leptáno 5% nitalem. Svařené pásy kovu s rozdílným obsahem fosforu (6x). U obr. 2A a 4B průběhy mikrotvrdosti mHV 30g.



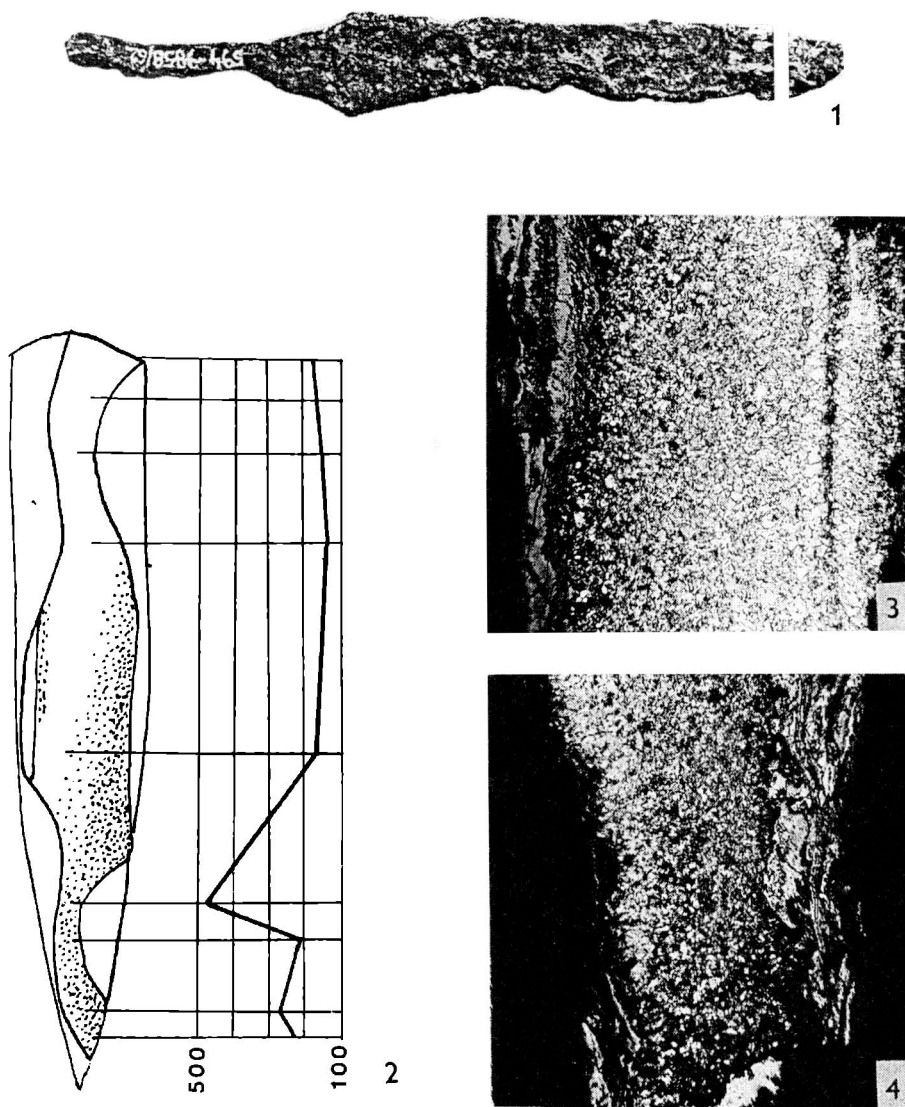
Obr. 2. Mikulčice. Mlat vz. 532. Mikrostruktury po leptání 2% nitalem: 1 — 4 vz. A — zakřivené pásy ferritického železa se stopami perlitu, černě struskové vměstky. 5 vz. B připojená stře-pinka perlitické ocele (tmavě) a ferritické pásy (světle). Zvětšení 50x.



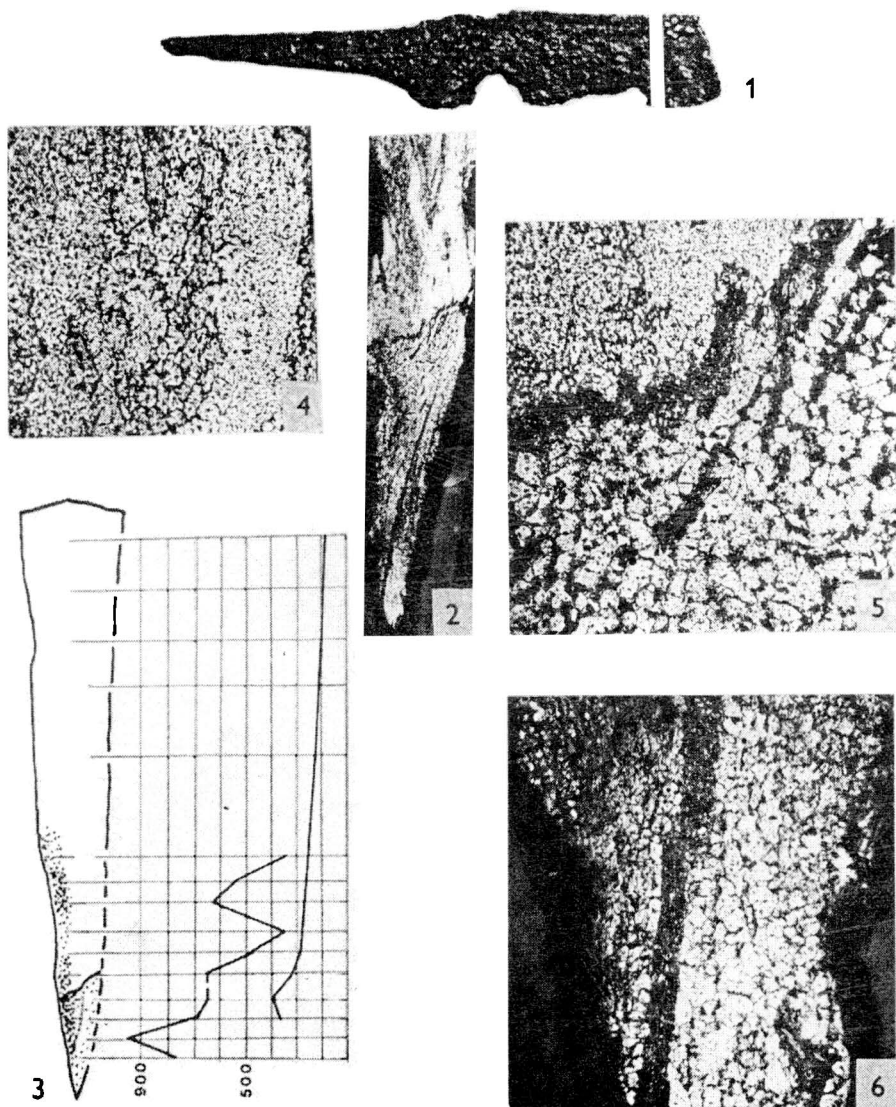
Obr. 3. Mikulčice. Mlat vz. 532. Rekonstrukce paketování a svařování pásů kovu a tváření úderných hran.



Obr. 4. Mikulčice. Zlomek nože vz. 534.1 nůž se zakresleným odběrem vzorku. 2 ferrit se sva-rem V mezi ostřím a hřbetem. 3 Ferrit a vměstky (tmavě) v břitu. 4 Makrosnímek po leptání 5% nitalem a průběh mikrotvrdomosti mHV 30g. 2 a 3 zvětšení 100x, 4 zvětšení 5x.



Obr. 5. Mikulčice. Zlomek nože vz. 533. 1 Nůž s označením místa odběru vzorku. 2 Schema řezu a mikrotvrdomost mHV 30g (tečkované: nauhličené části se strukturou ocele, 7x. 3 Nad břitem: světlý ferrit přechází v tmavší perlit, vpravo zbytek přivařené železné bočnice, 50x. 4 Břit: perlitická ocel, 50x. 3 a 4 leptáno 2 nitalem.



Obr. 6. Mikulčice. Zlomek nože vz. 535. 1 Nůž s označením odběru vzorku. 2 Makrofoto partie s navařeným břitem, 5x. 3 Schema řezu čepelí a průběh mikrotvrdosti mHV 30g. 4 Tělo čepel: oblast s karbidy a fosfidy železa, 100x. 5 Svar mezi břitem a tělem, světle ferrit, tmavě perlit a struktura s karbidy a fosfidy, 50x. 6 Břit se svarovou linií, dtto. Leptáno 2% nitalem.