MASARYKOVA UNIVERZITA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV CHEMIE

Bakalářská práce

Brno 2012 **Patrick Bárta**

MASARYKOVA UNIVERZITA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV CHEMIE

Rekonzervace železného tesáku

Bakalářská práce

Patrick Bárta

Vedoucí práce: Prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc. **Brno 2012**

Bibliografický záznam

Autor:	Patrick Bárta Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Ústav chemie

Název práce:	Rekonzervace železného tesáku
Studijní program:	Bakalářský studijní program Chemie
Studijní obor:	Chemie konzervování - restaurování
Vedoucí práce:	Prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.
Akademický rok:	2011/2012
Počet stran:	78
Klíčová slova:	Rekonzervace – železo – pozdní středověk - chladné zbraně – tesák – Jihlava

Bibliographic Entry

Author	Patrick Bárta Faculty of Science, Masaryk University Department of Chemistry

Title of Thesis:	Reconservation of the iron dussack
Degree programme:	Bachelor study programme of Chemistry
Field of Study:	Chemistry of conservation - restoration
Supervisor:	Prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.
Academic Year:	2011/2012
Number of Pages:	78
Keywords:	Reconservation – iron – late Middle Ages – blade weapons – dussack - Jihlava

Abstrakt

Tématem této bakalářské práce je rekonzervace honosného železného tesáku z Muzea Vysočiny Jihlava, inventární číslo Ji-Fs 47231. Text je uspořádán do dvou kapitol, z nichž první obsahuje teoretickou část. Druhá, praktická část, pak popisuje průzkum a konzervátorský zásah. O nálezu a předchozí konzervaci předmětu se nedochovaly žádné zprávy. Tesák lze datovat do konce 15. století, má zlomenou čepel a zdobenou rukojeť tvořenou prolamovaným záštitným trnem, stejně zdobenými upevňovacími nýty, žlutým kovem tauzovaným záštitným kováním a hlavicí. Průzkum povrchových vrstev předmětu prokázal stabilizaci povrchu tanátem a pokrytí neznámým organickým lakem. Metalografický výzkum dokázal, že čepel je ocelová s vevařeným železným jádrem a byla při předchozí konzervaci ohřáta na teplotu 700-800 °C. Žlutý kov, použitý k tauzii, byl SEM elektronovým mikroskopem určen jako mosaz. Při zásahu byla nejprve acetonem sejmuta vrstva původního laku, poté byl předmět vystaven na 280 hodin zkoušce stability korozních vrstev v klimatizační komoře. Po potvrzení jejich stability byl povrch tesáku konzervován roztokem tanátu a pokryt vrstvou laku Paraloid B 44 a konzervátorským voskem Revax. Bylo doporučeno předmět dále uchovávat při teplotě 18-20 °C a relativní vlhkosti nejlépe do 40%, maximálně do 55 %.

Abstract

The topic of this study is reconservation of a pretentious iron dussack coming from the collections of Muzeum Vysočiny in Jihlava, Nr. Ji-Fs 47231. The text is divided into two chapters: Theory, and in the second chapter Research and Intervention. No information about finding and previous conservation of the weapon is available. The dussack was dated around 1500 AD. It has a broken blade and a decorated hilt consisting of a guard-thorn, rivets and guard-iron with a pommel, both inlaid with a yellow metal.

The analysis of the dussack surface revealed its stabilization by tannate and unknown organic varnish. The metallographic examination proved, that the blade was made from steel with welded iron core and was heated up to 700-800 °C in previous conservation process. The yellow metal, used for inlaying, was determined as brass by SEM electron microscopy. The reconservation process consisted of varnish removing by acetone and, consequently, of a corrosion stability test performed in a climatic chamber for 280 hours. After proving the stability of corrosion layers, the surface was stabilised by using a tannate solution. Finally, the dussack was covered with resin Paraloid B 44 and preservative Revax wax. Recommended storage conditions for the object are 18-20 °C and 40 % relative humidity, max. 55 %.

Masarykova univerzita v Brně

Přírodovědecká fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student(ka) : **Patrick Bárta**
Studijní program : **Chemie**
Studijní obor : **Chemie konzervování-restaurování**

Ředitel Ústavu chemie PřF MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s tématem:

Rekonzervace železného tesáku

Zásady pro vypracování :
1. Proveďte průzkum tesáku (historický, provedení předchozí konzervace a restaurování, materiálový).
2. Odstraňte předchozí konzervátorsko-restaurátorské zásahy.
3. Navrhněte další způsob konzervace. Aplikujte na předmět.
4 Sepište bakalářskou práci.

Literatura	: Kolektiv autorů: Konzervování a restaurování kovů (TMB, 2011)
Vedoucí bakalářské práce	: Prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	: 1.2.2012
Datum odevzdání bakalářské práce	: květen 2012

V Brně dne 1.2.2012

.....
doc. Mgr. Marek Nečas, Ph.D.
zástupce ředitele Ústavu chemie
pro věci pedagogické

Bárta Patrick
.....
student(ka)

.....
vedoucí bakalářské práce

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat v první řadě vedoucímu mé práce prof. RNDr. Jiřímu Příhodovi, CSc. za vedení, Mgr. Petru Žákovskému za námět tématu a cenné rady, dále kurátorovi Mgr. Davidu Zimolovi za laskavé zapůjčení předmětu z Muzea Vysočiny v Jihlavě, Ing. Jiřímu Hoškovi, Ph. D. za provedení metalografických analýz, Mgr. Michalu Mazíkovi za všestrannou pomoc a podporu při realizaci rekonzervace, RNDr. Richardu Ševčíkovi, Ph. D. za úsilí s fotodokumentací předmětu, všem pracovníkům konzervátorské laboratoře Technického muzea Brno za trpělivost, Mgr. et Ing. Lubomíru Prokešovi za rady při interpretaci ATR spekter, a v neposlední řadě Ing. et Ing. Danielu Bártovi za PC podporu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Brno 9. dubna 2012 .....

Patrick Bárta

Obsah

Úvod....11

1 Teoretická část....11

1.1 Historické souvislosti....11

1.1.1 Tesák jako středověký fenomén....11

1.1.2 Vývoj Jihlavska do raného novověku....15

1.1.3 Historie železa jako technického kovu do raného novověku....18

1.1.4 Typy konstrukcí tesákových čepelí....23

1.1.5 Tauzie jako jedna z technik zdobení železných předmětů....24

1.2 Železo a jeho vlastnosti....24

1.2.1 Železo jako prvek a technický materiál....24

1.2.2 Koroze železných archeologických předmětů....27

1.3 Metody konzervace železa....31

1.3.1 Metody konzervace železa používané v minulosti....31

1.3.2 Metody konzervace železa používané dnes....34

1.3.3 Preventivní konzervace kovů....35

1.4 Vybrané průzkumné metody....36

1.4.1 Absorpční infračervená spektroskopie....36

1.4.2 Metalografický průzkum....38

1.4.3 Metoda elektronové mikroskopie SEM....39

1.5 Teoretická východiska zásahu....40

1.5.1 Teorie a etika zásahu....40

2 Praktická část....45

2.1 Průzkum předmětu....45

2.1.1 Popis předmětu....45

2.1.2 Fotografická dokumentace předmětu před zásahem....47

2.1.3 Odběr vzorků....52

2.1.4 ATR průzkum povrchových vrstev tesáku....54

2.1.5 Vyhodnocení a závěr průzkumu povrchových vrstev....55

2.1.6 Metalografický výzkum tesáku....57

2.1.7 Vyhodnocení a závěr metalografického výzkumu.....60
2.1.8 Materiálový průzkum vzorku žlutého kovu V3.....60
2.1.9 Materiálový průzkum korozní vrstvy na vzorku V2.....60
2.2 Konzervátorský zásah.....64
2.2.1 Návrh zásahu.....64
2.2.2 Popis a dokumentace zásahu.....65
2.2.3 Fotografická dokumentace a popis předmětu po zásahu.....69
2.2.4 Návrh uložení předmětu.....69
2.2.5 Diskuze a závěr.....73
Seznam citované literatury.....75
Seznam ilustrací.....78

Úvod

Předmětem této bakalářské práce je průzkum a rekonzervace honosného středověkého tesáku z Muzea Vysočiny v Jihlavě, inventární číslo Ji-Fs 47231. O nálezových okolnostech ani prvotní konzervaci zbraně se nezachovaly žádné informace v psané ani ústní formě. Předmět byl uložen v depozitáři výše zmíněného muzea a poprvé zpracován a publikován byl v roce 2011 archeologem Mgr. P. Žákovským [4].

1 Teoretická část

1.1 Historické souvislosti

1.1.1 Tesák jako středověký fenomén

Mezi středověkými a raně novověkými militáriemi zaujímá význačné místo pobočná jednosečná zbraň nazývaná v českých zemích „*tesák*“. Nejdříve několik slov k terminologii a klasifikaci tesáku, která není v evropském prostoru jednotná a někdy může být dokonce matoucí. Hlavním zdrojem potíží je nepochybně velká tvarová i rozměrová variabilita těchto zbraní.

Samo slovo „*tesák*“ je slovanského původu a souvisí se slovesem „*tesat*“, praslovansky „*těsati*“, je však též příbuzné s latinským „*texere*“ a řeckým „*τέκτων*“ stejného významu, přičemž všechny varianty vycházejí z indoevropského základu „*tek′t*“ [1, s. 658]. Německy mluvící národy přejaly již ve středověku slovo ve formě „*Dussack*“. V terminologii anglosaské je název tohoto typu zbraně problematický, neboť tesák se historicky v Británii nevyskytoval, a neměl tudíž ani název. V odborné anglické literatuře bývá používán buď široký termín „*war-knife*“, nebo z italštiny přejatý „*falchion*“(viz níže). Teprve v poslední době se prosazuje z němčiny převzatý historický termín „*dussack*“.

Pod názvem tesák bývá v našem českém kulturně-historickém kontextu míněna zbraň s kratší jednosečnou a zpravidla rovnou čepelí (termínem „kratší“ je míněn poměr jeho délky k dlouhým chladným zbraním jako je meč či šavle), která je ale zpravidla delší než u nože. Proti noži se odlišuje především masivnější konstrukcí čepele (větší tloušťka) a většinou také existencí záštitného trnu přinýtovaného v přední části rukojeti, který chrání kloub ukazováku před atakem soupeře. Za další typický znak je považována nožová, osově nesymetrická, střenková rukojeť připevněná nýty na řap stejné šířky. Toto chápání tesáku v zásadě vychází z německé terminologie, která ovšem není zcela precizní a kromě výrazu „*Dussack“* se můžeme též setkat s termíny jako „*Grosse Messer*“, *Kriegmesser*“, „*Jagdschwert*“, apod. [2, s. 257].

V bádání o tesácích pokročila zatím asi nejvíce věda v Polsku, takže je na místě stručně nastínit i polskou terminologii odlišnou od ostatních. Polští badatelé označují některé kratší tesáky termínem „*puginal*“, což je zastřešující termín pro nože či dýky. Pro delší čepele nad 30 cm užívají výraz „*kord*“ a pro tesáky s dlouhou zakřivenou čepelí a symetrickou mečovou rukojetí mají termín „*tasak*“. Zajímavý je v kontextu terminologie také italský výraz pro zakřivený tesák „*falchion*“, vycházející z latinského *falx* - kosa [3, s. 38]. Vzhledem k charakteristice tesáku, jehož rekonzervace je předmětem této práce, je nejdůležitější polská typologie pro „*kord*“, pod kterou tento exemplář spadá. Badatel Lech Marek dělí typologicky tesáky jednak podle tvaru a délky čepele na typy I, II, III, IV a V, a dále podle morfologie hlavic na typy A, B, C, D, E a F [3, s. 22-66].

Tesák bychom mohli charakterizovat z hlediska funkce jako oblíbenou pobočí víceúčelovou zbraň používanou civilisty, vojenskými jednotkami, ale také např. lovci při „zárazu“ vysoké zvěře. Co se sociálního statutu nositelů

tesáků týče, byl považován především za „selskou“ zbraň nižší společenské třídy, ale byl prokazatelně používán i vyššími společenskými vrstvami, jak o tom svědčí dostupné historické prameny [2, s. 259-260]. O tom, že nebyl opomíjen ani jako účinná zbraň vojenská, svědčí existence technik boje s tesákem v pozdně středověkých učebnicích šermu, jako je např. známý „*Fechtbuch*“ Hanse Tallhoffera z roku 1459 [3, s. 238]. Širokému rozšíření tesáků ve středověké společnosti odpovídá samozřejmě jejich řemeslné zpracování, které je nejčastěji prosté s absencí ozdob, což odpovídá charakteristice jakési „lidové“ zbraně. Existují ale i kusy zdobené, a tedy jistě nákladné, známé jednak z písemných pramenů a jednak z konkrétních nálezů, mezi něž patří i námi zkoumaný tesák z Jihlavy [4, s. 501]. Zdobení se mohlo týkat všech částí zbraně, počínaje čepelí (žlábky – rýhy, případně ražené značky), přes hlavice (vložené rozetky z barevného kovu, vrstvení plechů z více materiálů), až k samotným rukojetím (zdobené kotvící nýty a záštitné trny), které bývají ovšem vzhledem k použitému organickému materiálu kompletně zachované jen zcela výjimečně.

O tom, že tesáky nebyly neznámé dokonce ani v nejvyšších společenských patrech, svědčí produkce dvorního mečíře císaře Maxmiliána I. Hanse Sumerspergera, jehož několik výrobků, spadajících do námi sledované kategorie, se zachovalo ve sbírkách The Metropolitan Museum of Art v New Yorku nebo Hofjadg- und Rüstkammer Kunsthistorisches Museum ve Vídni. Výše uvedené kusy jsou zpracované těmi nejsofistikovanějšími dobovými řemeslnými technikami, jako je tauzie, lept, zlacení či vykládání barevnými dřevy a perletí [4, s. 502].

Celkově mohl tedy tesák sloužit jako levnější a lehčí, tedy i snadněji ovladatelná a nositelná alternativa meče, přičemž byl podobně jako meč nošen po levém boku v pochvě zavěšené přímo na opasku, nebo na zvláštním řemeni, jak o tom vypovídají četné ikonografické prameny [2, s. 262-263].

Co se jeho rozšíření týče, byl znám a užíván, jak již vyplynulo z výše zmíněného rozšíření samotného slova „*tesák*“ v jeho různojazyčných modifikacích, v širším prostoru střední Evropy, jmenovitě na území dnešního Maďarska, Slovenska, Rakouska, Německa, Polska a České republiky. Ve zbytku Evropy byl používán spíše zřídka.

Z hlediska geneze tesáku se zatím nepodařilo potvrdit jeho návaznost na vývoj velmi podobné evropské zbraně raného středověku – *saxu*, který byl s oblibou užíván od 5. do 10. století, na periferiích Evropy až do 11. stol. Nicméně tesák zřejmě navazoval na obecnou oblibu kratších jednosečných sekáčovitých zbraní, která sahá na našem kontinentu až do laténského období před zlomem letopočtu.

Celkově lze výskyt tesáku sledovat na výše popsaném středoevropském území od cca počátku 14. stol. až hluboko do 16. století. Od 17. stol. byl používán spíše jako lovecká zbraň, a to až do století devatenáctého. Jelikož se většinou nejedná o příliš atraktivní artefakty, byly badateli dlouho poněkud opomíjeny, což se mění v našich zemích až v posledních letech [4, s. 513].

Tesáky, zvláště ty cennější, jsou samozřejmě často zmiňovány v historických pramenech. Z mnoha známých zmínek lze jmenovat sepsanou pozůstalost po brníři Maříkovi z r. 1432, kde je jmenován i „*tesáček se střiebrnými puklicemi*“ nebo soupis inventáře z německého hradu Schleusingen z r. 1584, jehož součástí je i „*Ein Disseck auch mit Silber beschlagen*“ [4, s. 501].

Obecná obliba tesáků se přirozeně kromě historických pramenů zobrazila také v současném výtvarném umění, a to především v místech jeho běžného užití - ve střední Evropě.

Je možné nalézt mnoho příkladů zobrazení tesáku na uměleckých dílech z 15.-16.stol. Za mnohé jmenujme grafický list Herkules (tesák zde třímá jeden z poražených Herkulových soupeřů) od Albrechta Dürrera, či z domácích děl sochu sv. Martina od neznámého autora z oltáře sv. Václava z Libkovic (kol. r. 1520), kde světec dělí svůj plášť pro obdarování nuzáka právě tesákem [5, s. 22].

Ve výtvarném umění bývala tesákovitá zbraň se zakřivenou čepelí a mečovou rukojetí někdy používána jako atribut ukazující na orientální původ zobrazené postavy. V tom případě bývá někdy označována biblickým jménem známým z evangelií - „*malchus*“ nebo „*malchos*“, odkazujícím na známou kauzu při zatčení Krista, kdy bylo sluhovi tohoto jména uťato pravé ucho [Jan 18,10 – 6, s. 181].

Tesáky tedy byly jak vidno součástí života všech společenských tříd ve všech jeho aspektech, a to především v období doznívajícího středověku a raného novověku.

O konkrétních nálezových okolnostech a místě nálezu zkoumaného tesáku z Muzea Vysočiny v Jihlavě (inv. č. Ji-Fs 47 231) bohužel nejsou známy žádné podrobnosti. Na základě morfologických znaků, především prolamovaného záštitného trnu, lze zbraň datovat nejspíše do závěru 15. nebo maximálně počátku 16. století [4, s. 512].

1.1.2 Vývoj Jihlavska do raného novověku

Region Jihlavska je tvořen v užším smyslu mikroregiony Jihlavska, Brtnicka a Třešťska, v širším smyslu pak i Dačickou kotlinou a Jihlavskými vrchy. K výškovým dominantám patří nejvyšší hora Českomoravské vrchoviny Javořice (837 m. n.m.). Vlastní Jihlavsko-sázavská brázda, kde leží i samotná Jihlava, představuje členitou pahorkatinu o výměře 248 km^2

s průměrnou nadmořskou výškou 500,5 m. n.m. Charakteristickou horninou regionu je porfyrický syenit a právě na něj a další metamorfity je vázán výskyt rudních minerálů. Největší koncentrace rud náleží místům poblíž samotného města, a to především severně, jižně a západně od něj. K rudním minerálům zde se vyskytujícím patří galenit, sfalerit, pyrit, chalkopyrit, arsenopyrit a tetraedrit. Hlavní historicky těženou stříbrnou rudou byl galenit (*PbS*) s obsahem kol. 0,25 % *Ag* [7, s. 27-33].

Rozsáhlé prostory Jihlavska byly až do počátku vrcholného středověku porostlé pohraničním hvozdem. Jde tedy o mladé sídelní území, kde stopy po osídlení protohistorickém a raně středověkém nacházíme jen ojediněle. Regionem ale procházela již od pravěku dálková obchodní cesta z Podunají do Polabí, vedoucí okolím dnešní Polné, a to nejpozději od laténského období (400 př. n. l. až 0). Mladšího původu je tzv. *Haberská stezka* spojující Kolín v Čechách s moravským Znojmem [7, s. 33-38].

Podle výskytu místních jmen s koncovkami *-ice* a *-ovice* lze předpokládat vznik Staré Jihlavy u brodu přes stejnojmennou řeku zhruba v první třetině 13. stol. Hlavní proud tohoto osídlovacího procesu postupoval proti toku Moravské Dyje z Dačicka. Při kolonizaci hvozdu hrály důležitou úlohu kromě zeměpána i dva kláštery - Třebíčský a Želivský. Na procesu se podílí i řada šlechtických rodů. Stará Jihlava vznikla jako zastávka na Haberské stezce na zeměpanském území. Samotné slovo Jihlava je pravděpodobně slovanského původu a je příbuzné se staroslovanským slovem „*jьgьla*“ - jehla, jehož zkomolením vzniklo i německé „*Iglau*“. Duchovní správu zajišťoval zpočátku Řád německých rytířů, který postavil i nejstarší, v jádru pozdně románský, jihlavský kostel sv. Jana Křtitele, který později prodal želivským premonstrátům. Ti drželi i duchovní správu nového farního kostela sv. Jakuba Většího, vybudovaného již v nově vzniklém městě [7, s. 38-47].

Založení královského města souviselo s objevem a intenzivní těžbou stříbrných rud od čtyřicátých let 13. stol. a lze je datovat mezi roky 1240-43, přičemž samotná zakládající a dodnes nedochovaná listina města se hlásí do r. 1253. K roku 1249 je v kronice kláštera v alsaském Colmaru zmínka o „stříbrné horečce“ a masovém stěhování kovkopů z Německa na Jihlavsko, v důsledku čehož tvořili většinu v nově vzniklém městě Němci. Kolem roku 1270 za vlády Přemysla Otakara II. došlo též k výstavbě městských hradeb. Právě v sedmdesátých a osmdesátých letech 13. stol. dosahovala těžba stříbra maxima [7, s. 47-49]. Čtrnácté století je charakterizováno pokračující těžbou stříbra a spory města a okolních majetkových vlastníků z řad šlechty. Hned na počátku husitských válek se Jihlava přidala ke katolické straně, pravděpodobně díky převažující německé populaci. Přímé ohrožení válečnými událostmi zaznamenala Jihlava v letech 1423, 1425 a 1427, nebyla ale nikdy husity dobyta. Válečné akce však znamenaly vyplenění širokého okolí města a jeho silné hospodářské oslabení. V červnu 1436 se právě v Jihlavě sešlo důležité jednání bojujících stran včetně císaře Zikmunda a jednání vyústilo vyhlášením kompaktát 5. července 1436 [7, s. 161-183].

Hospodářské a demografické ztráty Jihlavska za dlouhé roky bojů lze odhadnout na 30-40 % a protože ani další roky a desetiletí nepřinesly klid, protáhla se obnova regionu až do počátku 16. stol.

Zvolení prohusitského šlechtice Jiřího z Poděbrad českým králem 3. března 1458 vyvolalo odpor katolických měst, mimo jiné i Jihlavy. Jiřík město oblehl a po čtyřměsíčním obléhání vyčerpaná jihlavská posádka 15. listopadu 1458 kapitulovala. Následky byly katastrofální a ztráty demografické i hospodářské obrovské – Jihlava musela mimo jiné zaplatit králi pokutu 20 000 kop grošů.

V dalším sporu mezi prokatolickým Matyášem Korvínem a utrakvisty prosazovaným Vladislavem Jagellonským se jihlavští opět postavili na špatnou stranu poraženého Matyáše. Vláda vítězného Vladislava byla charakteristická poklesem panovnické moci, na čemž nic nezměnil ani nástup jeho syna Ludvíka v roce 1509. Na počátku šestnáctého století nastupuje v Evropě luterská reformace provázená prudkými sociálními střety. Izolovanost německé katolické Jihlavy v sousedství utrakvistických Čech probudila kontakty města s německým prostředím. Tyto události se odrazily v Jihlavě příchodem luteránského kazatele Pavla Sperata v r. 1522. Během krátké doby se v tradičně katolické Jihlavě prosazuje luterství a začíná období obnovení a posléze i velkého hospodářského rozmachu města a jeho velkorysé renesanční přestavby umožněné několika velkými požáry, z nichž nejničivější propukly 29. května 1513 a 18. května 1523. Z řemesel bylo nejdůležitější soukenictví a sladovnictví, zmíněn je i cech nožířů [7, s. 183-306].

Na tomto místě by bylo příhodné zařadit zkoumaný tesák do širších dějinných souvislostí Jihlavska. U předmětu nejsou bohužel známy, jak již bylo řečeno, žádné nálezové okolnosti ani doba nálezu. Na základě jeho výše zmíněné datace lze tesák dát do souvislosti s neklidnou druhou polovinou patnáctého století, doprovázenou výše zmíněným obléháním a kapitulací města v roce 1458 a následným hospodářským rozvratem, který byl překonán až počátkem následujícího století. Předmět samotný jako pobočí zbraň nošená i v době míru ovšem nutně s válečnými událostmi souviset nemusel.

1.1.3 Historie železa jako technického kovu do raného novověku

Poznání umění výroby železa souvisí s technikami metalurgie mědi známými v Anatolii a severní Sýrii někdy kolem 3000 př. n. l. Při tavbě mědi z rud se do vsázky dostávaly i rudy železné a spolu s mědí se redukovalo i železo, jak to dokazují zrnka metalického železa v starých struskách. Staří hutníci patrně dovedli tento kov ztotožnit s tehdy známým a výjimečně užívaným železem meteoritickým (přesněji jde o slitinu *Fe – Ni – Co*). Trvalo však dalších patnáct století, než se nový kov začal masověji prosazovat. Do té doby bylo železo považováno za vzácný kov vhodný k ukládání do pokladnic panovníků Středního východu. K nejstarším známým železným předmětům, vyrobených z pozemského železa, patří dýka z Alaca Höyük (Turecko, kolem 2300 př. n. l.). Ve středoevropském prostoru je nejstarším známým železným předmětem dýka z Gánovců na Slovensku datovaná do 15. stol. př. n. l. [10, s. 13-15].

Přechod k využití železa jako hlavního technického kovu byl způsoben podle některých nejnovějších názorů klimatickou změnou (ochlazením) v Evropě v 8. – 6. stol. př. n. l. Podle této teorie došlo vlivem dlouhodobé neúrody k otřesům a posléze i rozpadu tehdejších sociálních struktur a v důsledku toho i k zhroucení mezinárodního obchodu s mědí a cínem, nutného vzhledem k vzácnosti výskytu obou kovů. Protože rudy železa se v hojné míře vyskytují v podstatě ve všech evropských regionech, začal být tento kov, jehož výroba byla známá již dříve, využíván v čím dál širším měřítku. Příchod železné doby je ve starých mytologiích líčen jako prudké zhoršení stavu světa, ne náhodou byl nový kov ztotožněn s bohem války Marsem. Ozvěny těchto vzpomínek můžeme nalézt např. v díle Hésiodově nebo v Homérově Illiadě [11, s. 123-131].

Nejstarším dokladem výroby a zpracování železa u nás (8. stol. př. n. l.) je kovárna objevená v rámci slavného nálezu pravděpodobné svatyně v jeskyni Býčí skála u Brna v roce 1872. Přítomnost kovářské dílny ve svatyni není překvapením, protože v nejstarších dobách byly řemeslné činnosti spojené s výrobou a zpracováním železa považovány za magické úkony, které směli provádět jen vybraní jedinci [12].

Výroba železa od nejstarších dob až po novověk probíhala tzv. přímým způsobem. Do zapálené redukční výhně či šachtové pece byla sypána směs dřevěného uhlí a železné rudy, přičemž dostatečné množství vzduchu pro reakci zajišťoval kožený měch. Protože teplota dosahovaná touto technologií (kol. 1400 °C) byla nižší než teplota tání železa (struska byla ovšem při této teplotě tekutá a byla vypouštěna během tavby), shromažďoval se tento kov v nístěji pece v jakémsi těstovitém stavu. Výsledkem byla železná houba, která byla přímo kujná a po ukončení tavby byla mechanicky vylomena z pece a kována do podoby tzv. „*lupy*“. Vyrobené železo bylo z chemického pohledu relativně velmi čisté, pouze u některých druhů rud mohlo být znečištěno fosforem. Obsahovalo ovšem větší množství nekovových vměstků, které z něho byly mechanicky vymačkávány prokováním [13, s. 79-86]. Bylo-li železo hodně znečištěné, bylo ho třeba vyčistit tzv. překládáním. To probíhalo nejčastěji tak, že blok kovu byl rozkován do plochy, poté za horka rozseknut a opětovně kovářsky svařen, čímž bylo opět dosaženo původního tvaru. Kovářským svařováním rozumíme spojení dvou či více kusů kovu za pomoci tlaku a teploty, která je vždy pod teplotou tání daného kovu (u železa kolem 1300 °C) [14, s. 78]. Tento postup se opakoval tak dlouho, dokud nebylo železo uspokojivě vyčištěné, což kovář poznal zmizením prasklin a schopností kovu ohnout se bez zlomení. Pro tento materiál z přímé výroby je v české odborné literatuře užíván termín „*svářkové železo*“. Staří hutníci brzy zjistili, že čistotě blízké měkké železo není příliš vhodné pro výrobu

nástrojů a zbraní a naučili se železo cementovat, neboli legovat uhlíkem, přičemž byli schopni vyrobit hypoeutektoidní oceli schopné zakalení. Jak byla ocel vyráběna přesně nevíme. Šlo zřejmě buď o sekundární cementaci kousků svářkového železa, či produkt specializovaných hutí užívajících určité typy pecí a rud, jak o tom svědčí pozdější středověké prameny [10, s. 73-74].

Po halštatských počátcích dosáhlo železářství v našich zemích velkého rozmachu v laténské době (400 př. n. l. až 0). Keltové používali jednoduché šachtové pece, které známe z četných nálezů, např. z Mšece v Čechách. Keltové byli také zručnými kováři, jimi vytvořené tvary nástrojů jako je pilník, dláto nebo nebozez používáme dodnes. Znali též ocel a principy kalení, ve svých oppidech měli celé okrsky specializovaných řemeslníků, včetně kovářů. Jejich výrobu železa je často možno nazvat velkovýrobou [10, s. 16-23].

V následujícím římském období došlo v našich zemích k výměně obyvatelstva, kdy přišedší Germáni byli na mnohem nižší civilizační úrovni. Množství vyráběného železa pokleslo co do kvality i co do kvantity – typická byla malovýroba výrobků denní potřeby. Tato situace však nebyla jednotná v celém germánském *barbariku.* V některých oblastech (Hory sv. Kříže v Polsku) máme doklady masové výroby nepochybně pro export, snad i do Římské říše [10, s. 23-33].

Následující slovanské železářství se jeví být na vyšší technické úrovni, a to především v období Velké Moravy. Kromě po staletí známých šachtových pecí byli hutníci ochotní i k experimentům, které vedly k vývoji některých progresivnějších druhů pecí, jako je vestavěná pec želechovického typu používaná snad i k výrobě oceli [15].

V dalších obdobích, která již předcházejí období vrcholného středověku, dochází po počátečním útlumu v 10. století k dalšímu rozvoji hutnictví

a řemesel zpracujících železo, přičemž centra specializované výroby se přesouvají do Čech. Kromě panovníků a šlechty podporují rozvoj také kláštery, které k nám ze západní Evropy přinášejí nové progresivnější postupy. S přebytky výroby železářských okrsků bylo obchodováno na trzích vznikajících měst. Právě města se rychle stala středisky specializovaného zpracování železa, čímž rostl odbyt pro hutě, které byly vázány na zdroje rud a dřevěného uhlí. O vzniku specializovaných hutnických okrsků svědčí názvy vesnic jako Rudice nebo Železnice [10, s. 49-58].

V období vrcholného a pozdního středověku byly již hutnicky využívané všechny známé významnější zdroje rud u nás, přičemž z hlediska sledovaného Jihlavska se jeví významný železářský okrsek poblíž ložisek rud skarnového typu na blízkém Poličsku a Novoměstsku. O způsobu výroby železa na přelomu středověku a novověku nás informuje monumentální dílo Georgia Agricoly (*De re metallica libri XII.*) z r. 1556. Železo bylo vyráběno buď nadále v poměrně primitivních, ale levných a jednoduchých výhních známých již od pravěku, nebo, a to zvláště u významnějších železářských okrsků, v šachtových tzv. kusových pecích, kterým se v našich zemích říkalo „*dýmačky*“. Jako palivo bylo stále používáno výhradně dřevěné uhlí, jako rud kvalitního hematitu či praženého limonitu. Pece byly 3-4 m vysoké a měchy byly většinou poháněny vodním kolem. Vyredukovaná lupa o hmotnosti desítek až stovek kg byla vylomena z pece, rozsekána na menší kusy a dále zpracovávána kováním vodou poháněným bucharem – hamrem. Výrobním produktem hamrů byly polotovary jako *šíny* (plochý hranol) nebo *štafce* (hranol o čtvercovém průřezu), někdy i finální výrobky jako radlice, srpy, kosy, atd. Roční produkce jedné hutě se pohybovala v desítkách tun železa při spotřebě 421-1300 kg uhlí na 100 kg kovu. Ocel byla u nás vyráběna výjimečně a byla spíše dovážena, např. z rakouského Štýrska [10, s. 72-87].

Z hlediska sociálního je zajímavé, že hutníci, zvaní tehdy *hamerníci*, jako významní odborníci nepodléhali poddanství (vztahovala se na ně tzv. horní svoboda) a měli v uvedeném období v držení i většinu hamrů. Protože domácího železa nebyl nadbytek, vývoz za hranice království byl výjimkou a naopak bylo třeba je dovážet. Trvalý nedostatek železa měl za následek vysokou cenu – libra železa (0,51 kg) stála v 16. stol. kolem 2 českých grošů [10, s. 74-85]. Uvedené období bylo jakousi předehrou k budoucí technické revoluci, která bude spojená mimo jiné s objevem vysoké pece a nepřímé výroby železa. Ostatně počátky hutnické vědy, která podmínila nástup moderních technologií, můžeme najít právě v 16. stol. a je spojena se jmény jako je Biringuccio, Mathesius, nebo již zmiňovaný Agricola [10, s. 81-82].

1.1.4 Typy konstrukcí tesákových čepelí

Staří kováři již od počátků zpracování železa věděli, že feritické železo není příliš vhodné pro výrobu zbraní a nástrojů pro svou měkkost a snažili se jeho vlastnosti zlepšit, což se zpočátku dělo nahutněním pracovních ploch předmětu zastudena, vedoucímu ke vzniku dislokací atomů v krystalové mřížce kovu a tím ke zvýšení tvrdosti. Tato metoda vytvrzování kovů byla s úspěchem používána již v době bronzové. Nejpozději od raně laténského období se ale naučili manipulovat s obsahem uhlíku v materiálu a poznali principy kalení. Do tohoto období lze také zařadit vynález kombinace kalitelné oceli a nekalitelného železa v konstrukci předmětu, což vedlo ke skloubení protichůdných vlastností obou materiálů – houževnatosti železa a tvrdosti oceli – a tím k zlepšení mechanických vlastností výrobku. Byly používány různé způsoby navařování ostří, sendvičová struktura, vevařování měkkého jádra do ocelové čepele či specifická technologie kompozitního

svářkového *damasku* používaná především v období pozdního starověku a raného středověku [28].

Co se konkrétně tesáků se širokou čepelí týče, podle současných vědomostí (dosud bylo u nás metalograficky zkoumáno pouze třináct kusů) byla nejoblíbenější metoda navařování ocelového ostří na železné jádro (detekováno celkem šestkrát – tesáky z Přerova, Horské Kvildy, Liberce a tři kusy ze Sezimova Ústí), navaření ocelového ostří a hřbetu na železný střed (detekováno třikrát – tesáky z Boleradic, Sezimova Ústí a Prahy), dále jsou známy dvě čepele celo-ocelové (Horákov, Dolní Štěpanice), jedna celo-železná (Krásná Dolina) a jedna ocelová s vevařeným železným jádrem (tesák z Věteřova) [5, s. 29].

1.1.5 Tauzie jako jedna z technik zdobení železných předmětů

Tauzie je uměleckořemeslnou technikou inkrustace kovové spodiny (železo, nebo bronz) kovem ušlechtilejším (*Au*, *Ag*, mosaz, atd.) zastudena mechanickou cestou, jejímž výsledkem je vznik barevného dekoru. Slovo samotné pochází z arabštiny a je v této formě používáno i v němčině (*Tauschierung*). Nejstarší doklady jsou z Mezopotámie z 5. tisíciletí př. n. l., v Evropě byla známá již v době bronzové. Používána byla k zdobení luxusních užitných předmětů jako zbraní, kování opasků, atd. Tato technika byla velmi oblíbena až do raného novověku [20, s. 80-83].

Řemeslně nejsnazší je tauzování čistých kovů (*Au, Ag, Cu*), u tvrdších slitin (mosaz, bronz) obtížnost roste. Prakticky začíná technika vysekáním drážky do kovové spodiny, pokračuje zatemováním drátku kulatého průřezu do této drážky a končí povrchovou úpravou vzniklého dekoru [14, s. 79].

1.2 Železo a jeho vlastnosti

1.2.1 Železo jako prvek a technický materiál

Železo (teplota tání 1538 °C, hustota 7,86 g/cm^3) je čtvrtým nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře (6,2 %) a druhým nejrozšířenějším kovem (po hliníku). V ryzí formě se vyskytuje pouze jako železo meteoritické (ve slitině s *Ni-Co*) nebo vzácně jako tzv. *telurické* železo v některých ultrabazických horninách, obojí však bez průmyslového významu. Jelikož jde o neušlechtilý kov, nacházíme ho nejčastěji v jeho sloučeninách, z nichž největší význam jako rudy tohoto kovu mají magnetit, Fe_3O_4, hematit, Fe_2O_3, limonit, $FeO(OH)$, a siderit, $FeCO_3$. Jak vidno, běžnými oxidačními stupni jsou +II a +III, při nichž má železo elektronovou konfiguraci d^6, respektive d^5 [8, s. 187-188].

Výroba železa tedy již z podstaty věci musí být vždy redukcí, v průmyslovém měřítku je masově používána nejvíce redukce pomocí uhlíku, respektive *CO* ve vysoké peci. Ruda smíchaná se struskotvornou přísadou ($CaCO_3$), nejčastěji hematit, je spolu s palivem – koksem (prakticky čistý *C*) vsypána do roztopené pece. K první redukci rudy spalováním vznikajícím *CO* dochází již za teplot nižších než 700 °C podle rovnic:

$$3\ Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2\ Fe_3O_4 + CO_2$$

$$Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3\ FeO + CO_2$$

Tato redukce dále pokračuje při teplotách mezi 700 °C až 1200 °C podle rovnice:

$$FeO + CO \rightarrow Fe\ (s) + CO_2$$

přičemž redukční prostředí *CO* v peci vzniká podle rovnice:

$$C + CO_2 \rightarrow 2\ CO$$

Je-li teplota v peci dostatečně vysoká, přejde železo do tekutého stavu, přijme další množství uhlíku a jeho teplota tání tím poklesne. Vzniklý produkt je nazýván surovým železem a proces, vedoucí k jeho výrobě, nepřímou metodou výroby železa. Surové železo musí být dále zpracováno úpravou na litinu či tzv. zkujněním, tj. oduhličením a mechanickým tvářením v případě výroby kujného materiálu. Zkujňování je spojeno s čištěním od nežádoucích příměsí (především *S* a *P*) a bývá prováděno v různých typech pecí, přičemž vyrobená ocel bývá podle druhu pece i nazývána (Siemens-Martinská ocel, elektroocel atd.) [8, s. 189].

Měkké (tvrdost 4,0 podle Mohse) a kujné ryzí železo má tři allotropické modifikace: α-*Fe* (ferit), stálé do 906 °C, γ-*Fe* (austenit), stálé mezi 906 °C až 1401 °C a δ-*Fe,* existující nad touto teplotou až do teploty *liquidu*. *Fe* je feromagnetické do teploty 768 °C (Curiův bod) [8, s. 188].

V technickém využití se používá železo v podstatě jen ve formě slitin, z nichž největší význam má slitina *Fe-C*, která tvoří vzhledem k poměru velikosti obou atomů intersticiální tuhý roztok. Chování slitiny *Fe-C,* v závislosti teploty na obsahu *C,* popisuje rovnovážný diagram *Fe-*Fe_3C, který je základem metalografie ocelí. Pro námi uvažované kujné oceli je určující obsah *C* v slitině v rozmezí 0,0-1,7 %, kteréžto rozmezí lze ještě rozdělit obsahem 0,86 % *C* na oceli hypoeutektoidní pod a hypereutektoidní nad touto hranicí. Oceli hypoeutektoidní jsou za běžných teplot tvořeny směsí ferit-perlit (perlit je směsí lamel feritu a Fe_3C), oceli hypereutektoidní pak směsí perlit-cementit (Fe_3C) [9, s. 42-47].

Pro zpracování oceli kováním je důležitá přeměna na austenit (při teplotách 720–906 °C podle obsahu *C*), při které se mění plošně centrické krystalové mřížky na volumocentrickou a atom *C* se přesouvá ze sloučeniny Fe_3C do středu myšlené krychle austenitické elementární krystalické buňky (karbid se „rozpouští“ v austenitu za vzniku tuhého roztoku *Fe-C*), což je provázeno mnohonásobným poklesem pevnosti, čehož právě kování využívá. Obsahuje-li ocel více než asi 0,4 % *C* a je-li z austenitické fáze prudce ochlazena, nestačí atom *C* difundovat zpět do své původní polohy a zůstane uvězněn v austenitické poloze, což způsobí vznik pnutí, které se navenek projeví nárůstem tvrdosti a křehkosti, případně i deformací předmětu. Tento proces je nazýván kalení a struktura takto vzniklá tetragonální martenzit. Je-li martenzit následně znovu ohřát na teplotu kolem 150 °C, snaží se atom *C* pomocí difuzních procesů dostat zpět na své nejpřirozenější místo, čímž dochází k rozpadu tetragonálního martenzitu na kubický martenzit a posléze dalším ohřevem na tzv. sorbit, kterýžto proces se nazývá napouštění a je doprovázen poklesem tvrdosti a křehkosti. Dalším zvyšováním teploty dochází postupně, po vychladnutí, až k návratu do původního stavu před kalením, tedy k směsi ferit-perlit, respektive perlit-cementit. Tento proces se nazývá žíhání. Martenzit vznikne samozřejmě pouze tehdy, dosáhne-li rychlost ochlazování určité kritické hodnoty, kterou ukazuje Bainův diagram. Je-li rychlost ochlazování nižší, může vzniknout měkčí struktura – bainit, při ještě nižší rychlosti pak opět výchozí směsi ferit-perlit, nebo perlit-cementit [9, s. 40-98].

1.2.2 Koroze železných archeologických předmětů

Železo jako prvek patří k neušlechtilým kovům, a tudíž koroduje poměrně snadno. Z chemického hlediska je vlastně koroze procesem, kdy se

daný prvek dostává do stavu nejvyšší stability, čili do své nejpřirozenější formy, která u železa zastupuje jeho oxidační stavy Fe^{2+} nebo Fe^{3+}. Jak vyplývá z kladných hodnot náboje těchto stabilních stavů železa, jedná se, u železa vůči čistému kovu, vždy o oxidační proces.

Působí-li na železo atmosféra, pokryje se vrstvičkou svých dvoj- a trojmocných oxidů. Je-li přítomna i voda, probíhá následující děj:

$$Fe\,(s) + ½\,O_2\,(g) + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2\,OH^-$$

V přítomnosti vody pak Fe^{2+} dále hydrolyzuje a rozsah reakce záleží na pH okolního prostředí. Reakci popisuje následující rovnice:

$$Fe^{2+} + 2\,H_2O \rightarrow Fe(OH)_2\,(s) + 2\,H^+$$

Není-li přítomen kyslík, vysráží se relativně nestabilní hydroxid železnatý a pH roztoku se posune do zásadité oblasti. Jestliže kyslík přítomen je, Fe^{2+} dále oxiduje na Fe^{3+}, rychlost této oxidace v kyselém prostředí není velká. V roztocích o pH > 1 ionty Fe^{3+} dále hydrolyzují podle rovnic:

$$Fe^{3+} + H_2O \rightarrow [Fe\,(OH)]^{2+} + H^+$$
$$Fe^{3+} + 3H_2O \rightarrow Fe\,(OH)_3\,(s) + 3\,H^+$$

Roztoky obsahující hlavně $[Fe(OH)]^{2+}$ jsou žluté. Hydroxid železitý se pak časem mění na jeden z oxid-hydroxidů železa, na červenohnědý goethit, α-$FeO(OH)$, nebo oranžový lepidokrocit, γ-$FeO(OH)$, kteréžto látky jsou hlavní složkou červenohnědé rzi. Při pH > 8 je povrch železa pasivován

vysráženými hydroxidy železa, které se postupně přeměňují na magnetit (Fe_3O_4) a zpomalují rychlost koroze. V přítomnosti chloridových iontů je toto pH nutné pro pasivaci ještě vyšší, jak ukazuje Pourbaixův potenciál/pH diagram pro *Fe.* V běžném prostředí však nemají obvykle korozní vrstvy ochranný charakter a železo rychle degraduje [16, s. 397-399].

Ze vznikajících korozních produktů, kromě již zmíněného goethitu a lepidokrocitu, přichází v úvahu ještě oranžový akaganeit, β-$FeO(OH)$, kde do volných prostorů krystalové mřížky vstupují chloridové ionty, které ale nejsou vázány chemickými vazbami. V prostředí obsahujícím uhličitany pak může být přítomný siderit, $FeCO_3$, v prostředí síranů jarosit o složení $NaFe_3(OH)_6(SO_4)_2$, v přítomnosti fosforečnanů vivianit, $Fe(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$. Při zahřátí oxidů-hydroxidů železa nad 200 °C vzniká hematit, α-Fe_2O_3. Nejstabilnějším korozním produktem je pak magnetit, který se často nachází ve spodních vrstvách korozních produktů [16, s. 399].

Při korozi archeologických železz v půdě vznikají krusty obsahující korozní produkty i okolní půdu.

Děje, které na povrchu a kolem předmětu probíhají, lze stručně popsat takto: kyslík rozpuštěný ve vodném půdním roztoku je redukován za vzniku hydroxidového aniontu na katodě podle rovnice:

$$O_2 + 2\,H_2O + 4\,e^- \rightarrow 4\,OH^-$$

Katodou je často vnější povrch koroze. Uvnitř korodovaného objektu jsou při tom na rozhraní mezi kovovým jádrem a korozními produkty uvolňovány železnaté ionty. Vysoká koncentrace elektropozitivních iontů železnatých přitahuje potom také případné chloridové ionty rozpuštěné ve vodě. Přítomnost negativně nabitých iontů na povrchu vede ke změně

elektrostatické rovnováhy mezi povrchem kovu a železnatými ionty, které začínají difundovat směrem k okolní zemině. Zde mohou být oxidovány na ionty železité, přičemž tato difuze a míchání dvoj- a trojmocných iontů *Fe* vede k vytvoření sloučeniny podvojného oxidu železa – magnetitu (Fe_3O_4). V praxi se to projevuje nejčastěji tak, že zbytkové železné jádro je obklopeno vrstvou magnetitu, na který navazují další porézní korozní vrstvy obsahující i okolní zeminu, přičemž magnetit drží přibližně původní tvar předmětu. Magnetit sám se potom může stát katodou, stejně jako zrno kovu s jiným složením nebo případně i kousek jiného kovu, např. výzdoba předmětu. Čím je tento kov ušlechtilejší, tím větší je potenciálový spád mezi katodou a anodou a koroze postupuje tím rychleji. Pokud koroze pokračuje dostatečně dlouho, může být železné jádro zcela rozpuštěno. Potom se produkce železnatých iontů zastaví a absence potenciálového gradientu rozptýlí chloridové ionty do okolního prostředí [17, s. 60].

Po vyzvednutí předmětu z místa nálezu dojde k prudké změně podmínek, sníží se vlhkost a zvýší obsah kyslíku v okolí a to způsobuje další korozní děje. Klesá stabilita všech korozních produktů, dochází k jejich praskání v důsledku koncentrace roztoků v korozních produktech a změn jejich objemu. Díky hojnému přístupu kyslíku dochází k oxidaci dvojmocného železa na trojmocné podle rovnice:

$$4\,Fe^{2+}(aq) + O_2(g) + 6\,H_2O \rightarrow 4\,FeO(OH)(s) + 8\,H^+(aq)$$

Dochází též k hydrolýze korozních produktů a tím se uvolňují korozivní anionty, které jsou tím aktivovány k další korozi. Těmi nejobvyklejšími jsou chloridy a sírany. Proces lze zjednodušeně popsat rovnicemi:

$$2\ Fe\ (s) + 4\ H^{+}(aq) + 4\ Cl^{-}(aq) + O_2(g) \rightarrow 2\ Fe^{2+}(aq) + 4\ Cl^{-}(aq) + 2\ H_2O$$

$$2\ Fe^{2+}(aq) + 4\ Cl^{-}(aq) + 3\ H_2O + \tfrac{1}{2}\ O_2(g) \rightarrow 2\ FeO(OH)(s) + 4\ H^{+}(aq) + 4\ Cl^{-}$$

Přítomnost chloridových iontů na vyzvednutých archeologických artefaktech se projevuje tím, že části korozních vrstev odpadávají od nálezu a na povrchu vznikají drobné rezavé bublinky akaganeitu. Z výše uvedeného je zřejmé, jak důležitá je pro archeologický nález včasná a správná konzervace [16, s. 401-406].

1.3 Metody konzervace železa

1.3.1 Metody konzervace železa používané v minulosti

Vzhledem k povaze této práce je potřeba uvažovat historické metody užívané pro konzervaci kovů v minulosti, z nichž některá byla na jihlavském tesáku použita.

S moderním pojetím ochrany kovů se setkáváme až v závěru 19. stol., především v Německu, a je spjato se jmény E. Krauseho a F. W. Rathgena. Po první světové válce přebírá vedoucí úlohu v Evropě především Britské muzeum zastupované A . Scottem a později H. J. Plenderleithem. U nás vydal na toto téma první práci v roce 1926 A. Stocký [16, s. 16-17].

Tyto metody lze rozdělit v zásadě na dvě části: konzervace s úplným odstraněním korozních vrstev a konzervace se zachováním části korozních vrstev. U druhé skupiny (zachování koroze) bylo základem odstranění inhibitorů koroze, především chloridů, jejichž úloha v procesu byla již od konce 19. stol. známa. Nejstarší byla metoda E. Krauseho spočívající v desalinaci předmětu v destilované vodě, k určování chloridů se používala ponejvíc detekce pomocí $AgNO_3$. Po ukončení vyluhování byl předmět přemístěn do roztoku sody, poté opět do destilované vody a následně byl

vysušen a povrchově upraven. Jiná, Hartwichova metoda, spočívala v nahřátí předmětu do rudého žáru, čímž došlo k odpadnutí méně stabilních korozních vrstev a zbylé korozní produkty se přeměnily na stabilní hematit, který byl poté zbaven aniontů desalinací v destilované vodě. U Rosenbergovy metody byl předmět nejdříve zkoumán uložením do vlhké komory, zda neobsahuje chloridy, což se projevilo vznikem ponejvíce oranžových skvrnek. Předmět byl poté rozžhaven do ruda, čímž došlo k sublimaci $FeCl_3$, a vložen do roztoku sody či potaše, kde byl předmět dále vyvařován, přičemž zbytkové chloridové anionty reagovaly za vzniku $NaCl$, respektive KCl. Nakonec byl předmět vyluhován v čisté destilované vodě. Předměty měly díky žíháním vzniklému hematitu červenou barvu, což se patinovalo na závěr očazením nad svíčkou. Je třeba říci, že výše uvedené metody jsou z dnešního pohledu neakceptovatelné, neboť ohřevem na teplotu vyšší než 200 °C dochází v slitinách *Fe-C* ke strukturálním změnám a ztrácí se tak část informací v něm obsažených, konkrétně tepelné zpracování, např. kalením, které může být detekováno metalograficky [16, s. 359].

Od roku 1951 se u nás prosazovala metoda B. Pelikána, který doporučoval v případě existence kovového jádra zcela odstranit korozní produkty roztokem na bázi H_3PO_4 s přídavkem alkylthiomočoviny jako inhibitoru. Bylo-li třeba zachovat korozní vrstvy, byla doporučována metoda amoniakální substituce ponořením předmětu do koncentrovaného vodného roztoku amoniaku a uhličitanu amonného a následného zahřátí na teplotu cca 300 °C pro odkouření vzniklého NH_4Cl. V menší míře byla též používána elektrochemická metoda spočívající v zabalení předmětu do železné síťky jako katody a za použití destilované vody jako elektrolytu docházelo na olověné anodě k vysrážení špatně rozpustného $PbCl_2$. Zajímavou

alternativou byla deionizace s využitím iontoměničů, které však bylo využíváno spíše výjimečně [16, s. 360].

Bylo-li dobře zachováno kovové jádro, přistoupilo se často k úplnému odstranění korozních produktů. Jedna z nejstarších metod, metoda T. Blella, byla poněkud drastická a jejím základem bylo nahřátí předmětu do rudého žáru, následovné mechanické čištění s použitím roztoku H_2SO_4 a poté omytí vodou. Další metoda, Kreftingova, byla postavena na bázi redukce korozních vrstev vodíkem. Předmět byl zabalen do sítě ze zinkových pásků a ponořen do roztoku NaOH, přičemž na železe jako na katodě vznikaly bublinky plynného vodíku, které redukovaly oxidy železa a zároveň je mechanicky rozrušovaly. Anodou byl zinkový obal, kde se uvolňoval kyslík za vzniku ZnO, který tvořil v roztoku bílý zákal. Naproti tomu badatel Schmid doporučoval nahřátí do červeného žáru s následným otryskáním rozrušených korozních produktů [16, s. 361-362].

Od padesátých let dvacátého století převládlo v konzervaci železa úplné odstraňování koroze, a to v lázních na bázi kyseliny fosforečné, propagované výše zmíněným J. B. Pelikánem. Předmět byl vystaven lázni obsahující 20% H_3PO_4 s přídavkem 5 g thiomočoviny a 4 g n-butanolu na litr roztoku. Po úplném odstranění koroze byl předmět pasivován fosfátováním. Používala se i elektrolytická metoda odrezení v lázni H_3PO_4, kdy předmět byl zapojen jako katoda, anoda byla pak uhlíková. Velkým problémem ovšem bylo při těchto metodách konzervování artefaktů, kde bylo železo kombinováno s jiným, většinou ušlechtilejším kovem, např. zdobené tauzií. Zde se doporučovalo pouze mechanické čištění kombinované s máčením v destilované vodě [16, s. 360].

K metodám pasivace povrchu patřila především fosfatizace či méně používané chromátování, obojí u předmětů bez korozních vrstev. Na pasivaci artefaktů s korozními vrstvami se používaly v drtivé většině roztoky na bázi

taninu. K závěrečné povrchové úpravě byly používány roztoky vosků v organických rozpouštědlech, oleje nebo vazelíny. Až do šedesátých let dvacátého století byl oblíbený, i přes své problematické žloutnutí, zaponový lak (roztok nitrocelulózy v acetonu nebo amylacetátu). Používány byly též šelak, mastix, kopál, ale i vepřové sádlo nebo vazelína. U vosků či tuků se doporučovalo předmět vařit několik hodin v dané látce. Od poloviny minulého století byly více a více používány syntetické pryskyřice, jako jsou polyakryláty, PVC, PVAc a PE rozpuštěné v organických rozpouštědlech, v některých případech i mikrokrystalické vosky či silikonový olej [16, s. 365-367].

1.3.2 Metody konzervace železa používané dnes

Nejvíce používanou metodou je mechanické čištění v kombinaci s desalinací, nejčastěji zastudena, v lázni z deionizované vody, někdy se zvýšeným pH, které zabraňuje vzniku sekundární koroze. Obsah chloridů v lázni bývá průběžně kontrolován, nejčastěji ponornými elektrodami. Desalinace probíhá tak dlouho, dokud se jejich obsah limitně neblíží nule. Tento proces je poměrně zdlouhavý a trvá týdny až měsíce. Z chemických prostředků je pro čištění kovů doporučováno jedině použití neagresivních látek, např. komplexotvorného Chelatonu III (disodná sůl EDTA), který bývá ovšem pro konzervaci železa používán jen zcela výjimečně. Dříve hojné užívání lázní na bázi kyseliny fosforečné je nyní většinou považováno za neakceptovatelné [16, s. 419-423].

Mechanické čištění tryskáním, kartáčováním i lokálním obrušováním umožňuje věnovat se povrchu lokálně podle potřeby. Ideálním výsledkem je předmět s povrchovou vrstvou tvořenou ponejvíce stabilním magnetitem, která maximálně respektuje původní tvar.

Další známé metody jsou plazmochemická redukce plynným vodíkem a siřičitanová metoda deionizace. Elektrochemické metody čištění jsou používány spíše výjimečně, pravděpodobně vzhledem k technologické, případně energetické, náročnosti [16, s. 423-425]. Nepříliš používaná, nicméně známá, je též deionizace alkoholickým roztokem *LiOH* [18, s. 126].

Pro stabilizaci očištěného povrchu je stále nejčastěji používán roztok taninu ve vodě s přídavkem ethanolu pro lepší smáčivost, přičemž pro snížení pH, které zlepšuje reakci, se do lázně někdy ještě přidává malé množství kyseliny fosforečné. Tanin reaguje s ionty Fe^{3+}, obsaženými v korozní vrstvě, za vzniku stabilních ve vodě nerozpustných tanátů, případné komplexy s Fe^{2+} se oxidují vzdušným kyslíkem na výše zmíněné stabilní trojmocné komplexy. Barva korozních vrstev se při tom mění na černo-modrou [16, s. 415]. Tanin, tvořící hlavní část tanátovacího roztoku, je chemicky vzato poměrně složitou látkou polyhydroxyfenolového charakteru obsahující hydroxylové a karboxylové skupiny, přičemž nejzákladnější jednotkou je kyselina gallová (3,4,5-trihydroxybenzoová). Ta bývá navázána esterovou vazbou (na místě původní *COOH*) na další organické látky, například cukry. V případě tanátování předmětu s odhaleným železným jádrem se doporučuje dotace roztoku ionty Fe^{3+}, kdy přídavek těchto iontů umožní vytvoření ochranné vrstvy i na nezkorodovaném železe [25]. Aplikace alternativních látek na povrch, ať už na bázi organosilanů, dekananu, polyvinylpyrrolidonu, či akrylofosfonátu, je zatím spíše ve stadiu výzkumu [19, s. 35-39]. Jako závěrečná povrchová úprava je u archeologických předmětů nejčastěji preferována poměrně odolná a snadno sejmutelná vrstva laku na bázi akrylu, např. komerčního Paraloidu B 44. Před touto závěrečnou vrstvou je ovšem třeba předmět nejprve dobře vysušit [16, s. 426-427].

O způsobu konzervace zkoumaného tesáku z Muzea Vysočiny v Jihlavě (inv. č. Ji-Fs 47231) se bohužel nezachovaly žádné zprávy a bude proto předmětem zkoumání. Na základě vizuálního průzkumu je jisté jen to, že byly minimálně částečně zachovány korozní vrstvy a povrch byl pokryt neznámým lakem (viz popis tesáku před zásahem níže).

1.3.3 Preventivní konzervace kovů

Pro co nejdelší životnost každého sbírkového předmětu je třeba vytvořit co možná nejoptimálnější podmínky, protože nejlepší (nejméně invazivní) konzervátorský zásah je ten, který není nutno provést. To je důvod, proč se věnuje mimořádná pozornost prostředí uložení sbírek, čili tzv. preventivní konzervaci. Obecně nejdůležitější pro jakékoli sbírkové předměty je stálost prostředí vylučující skokové kolísání teploty a relativní vlhkosti (za skokové kolísání je považovaná změna teploty o více než 5 °C za 24 h a více než 5% změna relativní vlhkosti za tutéž dobu). V případě změny prostředí je třeba podrobit předmět postupné aklimatizaci. Další důležitou podmínkou je izolace od všemožných polutantů (prach, u kovů ale především agresivní látky, jako jsou např. kyseliny či kyselinotvorné oxidy), z nichž některé může obsahovat i vybavení depozitáře, které musí být proto zhotoveno z chemicky stabilních materiálů (pro kovy se doporučují některé plasty, např. PET, u dřevěných částí inventáře může být použito pouze chemicky neošetřené měkké dřevo, jako je smrk či borovice).

Co se atmosférických podmínek uložení týče, pro kovy všeobecně je doporučována teplota uložení mezi 18-20 °C a relativní vlhkost ideálně do 40 %, maximálně do 55 % [26].

1.4 Vybrané průzkumné metody

1.4.1 Absorpční infračervená spektroskopie

Organické a některé anorganické látky s kovalentní vazbou a s permanentním dipólovým momentem absorbují infračervené záření, což vyvolává přechody v kvantových vibračních stavech atomů a částečně i mezi rotačními stavy molekul. Během vibrací dochází vždy ke změně permanentního dipólového momentu, a proto jsou tyto molekuly aktivní v infračervené spektroskopii. Vibrace rozlišujeme na fundamentální, normální, degenerované, valenční, deformační a svrchní. Kombinační vibrace jsou součtem nebo rozdílem těchto základních vibrací [21, s. 48-49].

Infračervený spektrometr měřící míru absorpce infračerveného záření látkou při určité vlnové délce se skládá ze zdroje, kterým může být například Nernstova lampa s vláknem ze syntetických oxidů *Zr, Ta, Y* nebo *Ce,* žhaveným pod předpětím elektrickým proudem. Vznikající infračervené záření prochází monochromátorem do vzorku a dále do detektoru. Tím může být bolometr, vakuový termočlánek nebo pneumatický detektor – Golayova cela. Ten je tvořen kyvetou obsahující plyn silně absorbující infračervené záření, který se po absorpci rozpíná a mění polohu *Sb* membrány. Změna ovlivňuje chod světelného paprsku, který na membránu dopadá, nebo kapacitu kondenzátoru, pokud je membrána jeho součástí [21, s. 49].

Tekuté vzorky jsou zkoumány v kyvetách, pevné jsou lisovány ve formě tablet do chemických látek, které propouštějí infračervené záření. Jsou to nejčastěji halogenidy jako CaF_2, *LiF, NaCl, KBr* nebo oxidy jako SiO_2. Každý z těchto materiálů je propustný pro infračervené záření v jiném rozsahu vlnových délek, např. *KBr* od 210 do 28 000 nm. Při vynášení naměřených dat do grafu se obvykle na osu *x* vynáší vlnočet (převrácená hodnota vlnové

délky) v cm^{-1}, na osu *y* pak transmitance. V případě zeslabené úplné reflektance ATR, kdy k měření dochází na diamantovém krystalu, měříme absorbanci [21, s. 49].

Pro potřeby analýzy organických a některých anorganických sloučenin dělíme hodnoty vlnočtu na čtyři základní části, ve kterých se jednotlivé funkční skupiny projevují jako „píky“ grafu.

Při vlnočtech menších než 5000 cm^{-1} se projevují valenční vibrace lehkých atomů, skupin *-OH* (okolo 3500 cm^{-1}), *C-H* (okolo 2900 cm^{-1}), *N-H* (okolo 3500 cm^{-1}) a vodíkové vazby. Charakteristické vibrace funkčních skupin jsou v rozmezí 5000-1200 cm^{-1} (*C≡C* asi 2200 cm^{-1}, *C=C* asi 1700 cm^{-1}, *C=O* asi 1800 cm^{-1}, *C=N* a *N=O* asi 1600 cm^{-1}), skeletové vibrace molekuly 1200-750 cm^{-1}, oblast těžkých atomů, jako jsou halogenové substituenty a chelátové vazby s kovy v rozmezí 800-400 cm^{-1}. Z anorganických sloučenin vedle H_2O, CO_2 a NH_3 vykazují absorpci také SO_2, N_2O, SiO_3^{2-}, CO_3^{2-}, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, OH^- a boritany [21, s. 50].

1.4.2 Metalografický průzkum

Metalografie je v užším slova smyslu nauka o vnitřní stavbě kovů a slitin. V širším slova smyslu sleduje složité proměny, které nastávají změnou teploty a podmínek ochlazování při přechodu slitin z tekuté fáze do tuhé a přeměnami v tuhé fázi vlivem změn teplot a zpracování daných materiálů.

Kovy obecně jsou konglomerátem různých kovových krystalů, sloučenin i nekovových částí (například vměstků), jak to diktují přírodní zákony. Kovová hmota může být tvořena jedním druhem krystalů, nejčastěji u čistých kovů nebo slitiny kovů sobě podobných, které spolu tvoří tuhé roztoky, tj. vzájemně se v sobě rozpouštějí (např. *Au-Ag*). Je-li slitina tvořena

různými prvky, které se liší ve větší míře rozměry atomů a atomovým číslem, pak je tvořena více druhy krystalů a její vnitřní stavba může být značně složitou [9, s. 9-10].

Základním nástrojem metalografie je mikroskop, kterým jsou pozorovány v odraženém světle výbrusy kovů v naleptané (pro pozorování krystalické struktury kovu), či nenaleptané formě (pro pozorování nekovových částí, defektů, atd.). Konkrétně u archeometalografie kujných svářkových ocelí bývají hodnoceny tvar, velikost a množství nekovových vměstků, velikost zrn (krystalů) kovu, dále bývají identifikovány krystalické struktury (ferit, perlit, martenzit, bainit, sorbit) a měřena tvrdost jednotlivých struktur (Vickersovou metodou). Za určitých okolností lze také odhadnout množství uhlíku ve slitině. To vše umožňuje zhodnocení fyzikálních vlastností materiálu (tvrdost, pružnost, houževnatost) a také rekonstrukci postupu jeho výroby či zpracování [23, s. 30].

Konkrétně průzkum probíhá vybroušením a vyleštěním vzorku za mokra na metalografických brusných papírech s doleštěním pomocí diamantových past. Vyleštěný vzorek je pozorován před leptem i po leptu světelným metalografickým mikroskopem. Po vyhodnocení vzorku v neleptaném stavu bývá vzorek naleptán, a to nejčastěji Nitalem (roztok HNO_3 v ethanolu) nebo Oberhofferovým činidlem (roztok vody, ethanolu, HCl, $FeCl_3$, $SnCl_2$ a $CuCl_2$), které je schopno detekovat i přítomnost a rozložení fosforu ve slitině [23, s. 30].

1.4.3 Metoda elektronové mikroskopie SEM

Elektronová mikroskopie je metoda umožňující zkoumání materiálů pomocí svazku elektronů vysílaných ve vakuu k danému vzorku. Skenovací elektronová mikroskopie SEM vytváří obraz pomocí elektronů emitovaných

ze vzorku po dopadu svazku těchto částic vyslaných z katody. Tyto vyslané a urychlené elektrony naráží do povrchu a interagují s ním, část z nich ztratí většinu energie a je považována za absorbovanou (50-90 %) a část se odrazí zpět. Tyto elektrony dělíme podle jejich energie na vysokoenergetické odražené a nízkoenergetické sekundární. Obojí jsou detekovány vhodnými detektory, mimo ně je též detekováno charakteristické vzniklé rtg. záření, které umožňuje určit chemické složení vzorku. V neposlední řadě může být též měřena difrakce odražených elektronů umožňující krystalografickou analýzu [24].

Odražené elektrony mají energii nižší než primární, nicméně srovnatelnou, přičemž za dolní hranici energetického spektra těchto elektronů je považováno 50 eV – všechny elektrony nad touto hranicí jsou považovány za odražené, pod touto hranicí za sekundární. Velmi také záleží na úhlu dopadu – čím je menší, tím větší je emise pomalejších sekundárních elektronů.

Detekce odražených elektronů umožňuje rozlišovat materiály, neboť výtěžek roste se zvětšujícím se atomovým číslem. Dobře lze rozlišit atomy, jejichž rozdíl atomového čísla je alespoň tři.

Pomalejší sekundární elektrony je k detektoru třeba přitahovat předpětím, v praxi nejčastěji okolo 10 kV. To, jak je rastrovací paprsek jasný, je přímo úměrné signálu právě sekundárních elektronů. U vyvýšenin povrchu, kde je převaha elektronů sekundárních, dojde na obrazovce vzhledem k silnějšímu signálu k zobrazení světlého souboru bodů. U prohloubenin je tomu naopak, a jsou tedy zobrazeny jako soubor bodů tmavých.

Rozsah urychlovacích napětí je 1-50 kV, přičemž nižší napětí způsobuje lepší prokreslení povrchu, vyšší pak zobrazení více detailů. Průměr primárního elektronového svazku bývá většinou menší než 3 nm při napětí

1,5 kV. S růstem napětí se průměr svazku dále zmenšuje, což vede k zobrazení většího množství detailů, jak bylo uvedeno výše [24].

1.5 Teoretická východiska zásahu

1.5.1 Teorie a etika zásahu

Každý historický artefakt podléhá fyzikálně-chemickým vlivům, které vedou během času k jeho postupné degradaci, přičemž na životnosti předmětu se nejvíc podepisuje materiál, z kterého je vytvořen, a prostředí, v němž je dlouhodobě umístěn. Úkolem konzervátora je potom co nejvíce tento degradační proces zpomalit, jakkoliv „*sub specie aeternitatis*“ není v lidských silách tento proces zcela zastavit. Z etického hlediska musí mít každý konzervátorský zásah několik zásadních specifik, které lze shrnout do několika základních bodů. Za prvé musí co nejvíce prodloužit životnost předmětu, aby další nutné zásahy bylo potřeba provést za co nejdelší dobu. Za druhé by měl předmět během zásahu ztratit co nejmenší část své vypovídací funkce, pokud možno žádnou, což většinou vyžaduje zásah co nejméně invazivní. Za třetí by měl být zásah reverzibilní, neboť je nutno počítat s tím, že není v historii předmětu posledním. Konečně za čtvrté by neměl zásah být „střelbou na slepo“, ale měl by mu předcházet co nejpodrobnější průzkum v rámci možností konzervátora, aby se co nejvíce zvětšila pravděpodobnost správného postupu při samotném zásahu.

Některé muzejní instituce vypracovaly v tomto duchu jakýsi kodex etických otázek, které by si měl konzervátor zodpovědět před samotným zásahem, čímž se může vyvarovat nevratných a nenapravitelných omylů. Jeden z nejznámějších kodexů byl vypracován odborníky z britského Victoria-Albert muzea v Londýně a obsahuje soubor otázek [16, s. 20-21].

Rozhodl jsem se na některé nejdůležitější otázky odpovědět, aby můj přístup k zásahu byl co nejvíce profesionální.

a) *Proč je třeba provést zásah?*

Rekonzervaci je třeba provést kvůli naprosté degradaci původní povrchové ochranné vrstvy předmětu a hrozbě jeho další destabilizace.

b) *Získal jsem a vyhodnotil všechny dostupné informace?*

V rámci výzkumu předmětu budou kromě ATR průzkumu povrchových vrstev a původního způsobu konzervace provedeny ještě metalografické vyhodnocení čepele a materiálový rozbor žlutohnědého kovu použitého k výzdobě rukojeti, o kterém bude pojednáno níže v kapitole 2.1.1.

c) *Konzultoval jsem zásah se zainteresovanými osobami a odborníky v oboru?*

Zásah bude konzultován s kurátorem Muzea Vysočiny Jihlava Mgr. J. Zimolou a s konzervátory Metodického centra konzervace Technického muzea v Brně Mgr. M. Mazíkem a Ing. A. Seluckou.

d) *Jaké jsou možnosti zásahu při minimální intervenci do předmětu?*

Možnosti jsou zváženy níže v kapitole 2.2.1.

e) *Jaký dopad bude mít zásah vzhledem ke komplexní hodnotě předmětu?*

Podaří-li se odhalit v plné kráse pravděpodobnou výzdobu zbraně, její výpovědní hodnota se nesníží, nýbrž naopak zvýší, nehledě na provedený celkový průzkum a prodloužení další životnosti předmětu.

f) *Mám dostatek schopností k provedení zásahu?*

Veškeré práce budou prováděny pod dozorem pracovníků Metodického centra konzervace TMB v jejich konzervátorské laboratoři. Já sám mám takřka dvacetiletou praxi v umělecko-řemeslném zpracování kovů.

g) *Jak můj zásah ovlivní případné budoucí zásahy?*

Všechny látky aplikované na povrch předmětu budou chemicky příp. mechanicky snadno odstranitelné.

h) *Bude možnost zásah dokumentovat na úrovni doby?*

Celý zásah bude fotograficky dokumentován, přičemž fotografie nejdůležitějších fází zásahu budou součástí této práce.

i) *Budou informace vyplývající z dokumentace dostupné ostatním?*

Jako bakalářská práce bude výsledek zásahu zveřejněn v Informačním systému Masarykovy univerzity a dále bude prezentován na konferenci Muzea, památky, konzervace v květnu 2012 na VŠCHT v Praze.

j) *Jak posoudím úspěšnost zásahu?*

Úspěšnost bude diskutována se zainteresovanými odborníky z Metodického centra konzervace TMB a především se zodpovědnými pracovníky zadavatelské instituce.

2 Praktická část

2.1 Průzkum předmětu

2.1.1 Popis předmětu

Tesák, inventární č. Ji-Fs 47231, o celkové délce 483 mm má hmotnost 487,81 g. Čepel samotná je zachována jen v torzu a je dlouhá 343 mm při maximální šířce 50 mm a minimální u lomu 40 mm. Podle zachovaných analogií (např. tesák z muzea v Bruntálu inv. č. H 1621) musela být původně zhruba o třetinu delší a její délku lze odhadovat na 500-600 mm [4, str. 504]. Tloušťka čepele u řapu je 6 mm, u lomu pak 2 mm. Po celé délce čepele probíhá z obou stran asi 5 mm od hřbetu žlábek o průměru 3 mm a hloubce asi 1 mm. Oba žlábky začínají asi 8 mm od záštity a pokračují bez přerušení až ke zlomu. Asi 30 mm od poměrně rozeklaného zlomu je na straně ostří v čepeli asi 10 mm dlouhá zahnutá prasklina podle morfologie, pravděpodobně kalícího původu – podobná mohla být i důvodem zlomení čepele. Čepele tesáků tohoto typu jsou zlomené velice často. Stejně často u nich lze pozorovat podobné praskliny související pravděpodobně s nevhodným postupem při kalení, kdy vlivem elastických i plastických deformací osově nesymetrické čepele během kalicího procesu a vznikajícím pnutím může k podobnému jevu dojít. I když musíme předpokládat, že se nám zachovaly spíše ty znehodnocené, a tím pádem nepotřebné kusy, svědčí to o technologických problémech výrobců těchto zbraní [5].

Na čepel navazuje oboustranně odsazený trn o délce 140 mm, jehož šířka se od záštity k hlavici rozšiřuje z 25 na 34 mm, a tloušťka kolísá mezi 7 a 8 mm. Řap je jednostranně žlábkovaný a je probitý pěti kruhovými otvory o průměrech 10, 10, 10, 11 a 14 mm pro umístění nýtů upevňujících

dřevěnou část rukojeti. Čtyři z nich se v torzech dochovaly (kromě druhého počítáno od záštity) a jde o duté železné trubičkové nýty s prořezávanými hlavičkami ve tvaru pěticípé hvězdy. Délka nýtů udávající i tloušťku původní rukojeti je 27 mm. Mezi čepelí a řapem je umístěno masivní železné záštitné kování s fasetovanou horní hranou a viditelnými rýhami, přičemž v některých rýhách se pod zvětšovacím sklem jeví být zbytky pravděpodobně drátkové *tauzie* (?) tvořené pásky kovu hnědé barvy.

Výše uvedené záštitné kování je kromě pravděpodobných zbytků *tauzie* též oboustranně podloženo plechem žlutohnědé barvy. Způsob upevnění celého kování k čepeli je nejasný, nejpravděpodobnější je použití železného nýtu se „ztracenou" hlavou.

Nad tímto kováním je nanýtován do otvoru v řapu masivní železný záštitný trn kruhového tvaru s obdélnou plechovou podložkou z téhož kovu. Celková délka trnu je 56mm, přičemž průměr kruhu je 33 mm a tloušťce 9 až 10 mm. Tento záštitný trn je zdoben prolamováním ve tvaru čtyřlístku s křížem uprostřed v kruhové obrubě.

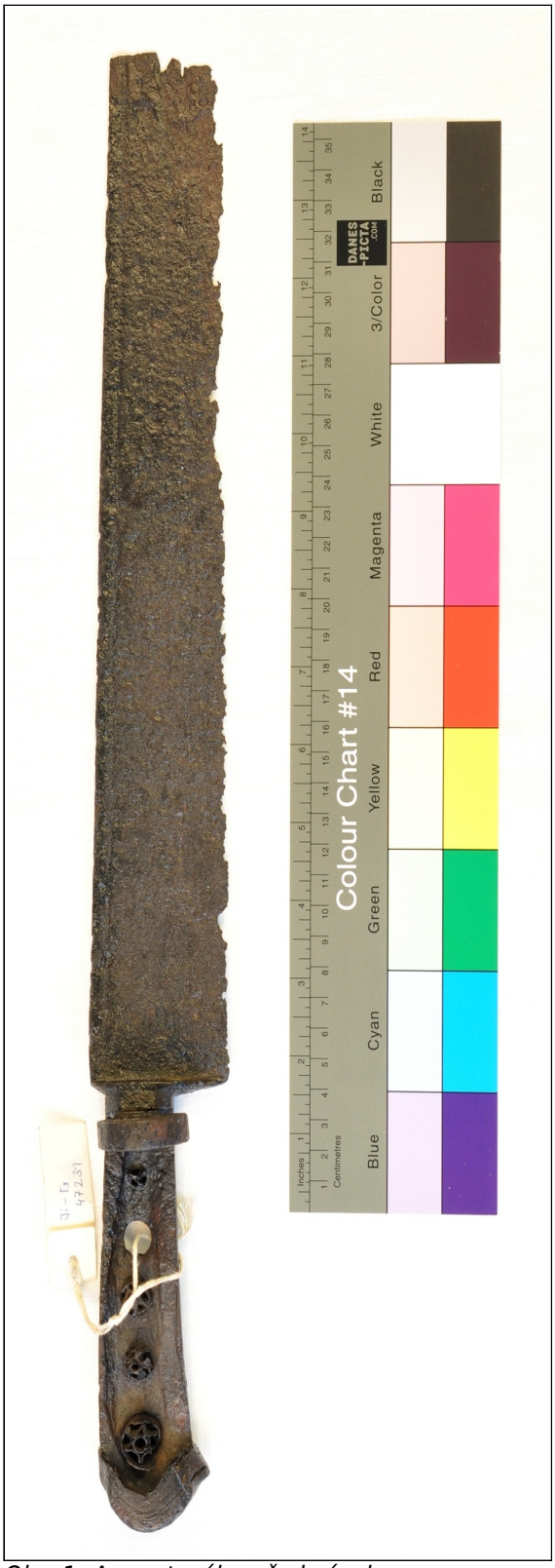
Rukojeť tesáku je ukončena blokovou profilovanou hlavicí prohnutého tvaru o délce 24 mm a šířce 39 mm. Její tloušťka je 23 až 25 mm. Je tvořena z osmi až deseti navrstvených plechů, přičemž tři (?) z nich se jeví být z kovu jiné barvy. Roznýtovaný konec trnu na vrcholu hlavice není patrný.

Celý tesák je pokrytý tmavě hnědou až černou tenkou vrstvou korozních vrstev. Na několika místech, kde došlo pravděpodobně k expozici otěrem (obruba záštitného trnu), jsou sytě hnědé. Žádné nestabilní korozní produkty nejsou vizuálně detekovatelné – všechny se jeví být stabilními. Části ploch jsou většinou matné, některé ale, a to zejména na před otěrem chráněných místech (žlábek trnu), jsou lesklé. Na několika místech výše zmíněného trnu jsou viditelné kapky – pravděpodobně jde o lak či jinou

polituru původní povrchové úpravy. Kapky mají tmavě medovou barvu a pod zvětšovacím sklem je patrné pokrytí povrchu sítí prasklin.

2.1.2 Fotografická dokumentace předmětu před zásahem

Fotografická dokumentace byla pořízena digitálním zrcadlovým fotoaparátem Nikon D90 s 60mm objektivem F2-8 micro při umělém ateliérovém osvětlení. Byl pořízen celkový snímek obou stran tesáku (Obr. 1 a Obr. 2) a avers i revers detailu rukojeti (Obr. 3 a Obr. 4). Dále byly zhotoveny fotografie následujících detailů – záštitný trn (Obr. 5) a hlavice s proužky jiného kovu (Obr. 6). Jako poslední byl pořízen detail praskliny čepele (Obr. 7). Celkový nákres předmětu včetně profilů jednotlivých částí je na Obr. 8 [4, s. 504].



Obr. 1: Avers tesáku před zásahem

Obr. 2: Revers tesáku před zásahem

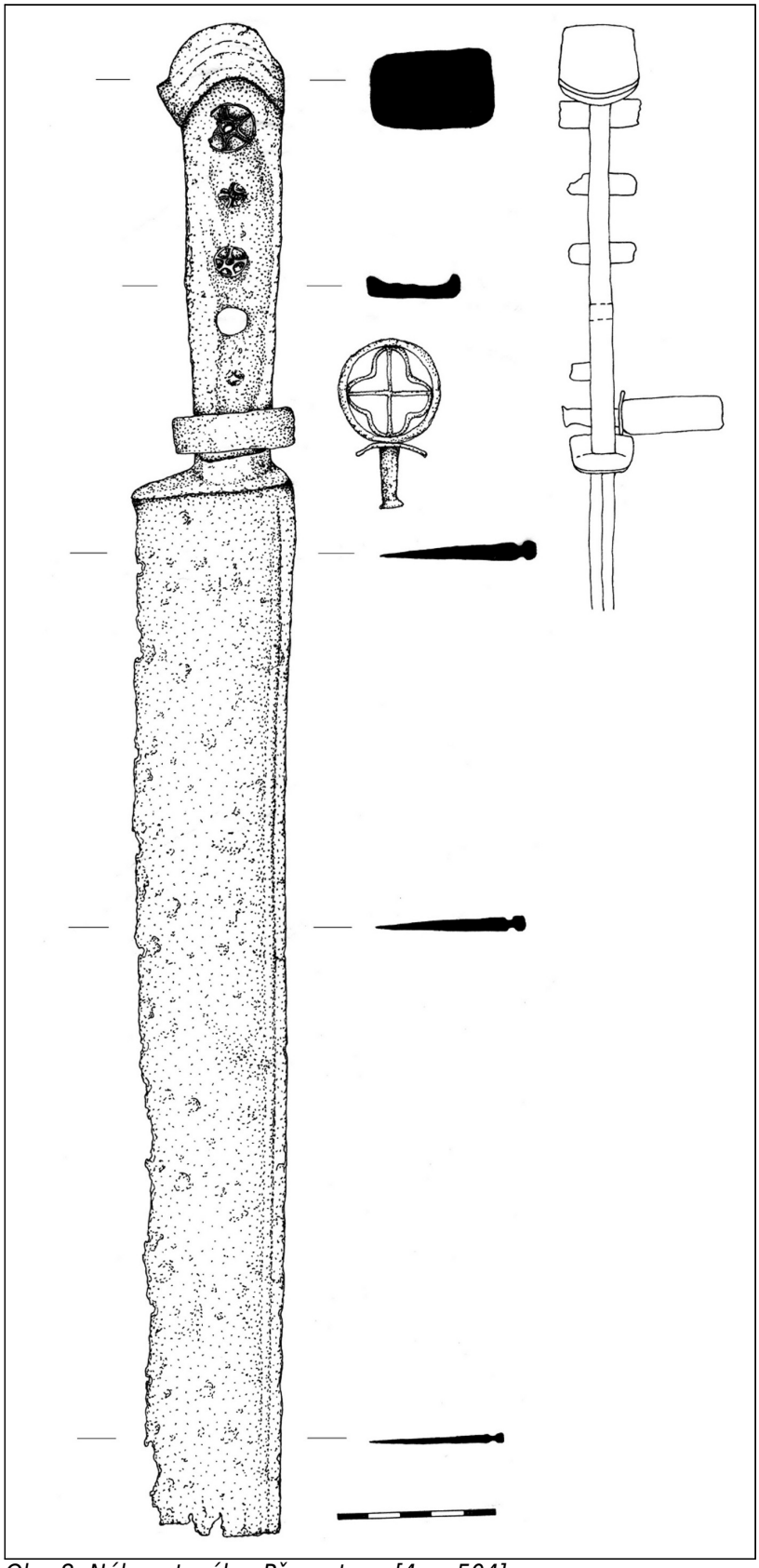
Obr. 3: Avers rukojeti před zásahem

Obr. 4: Revers rukojeti před zásahem

Obr. 5: Detail hlavice před zásahem

Obr. 6: Detail záštitného trnu před zásahem

Obr. 7: Detail praskliny v horní části čepele



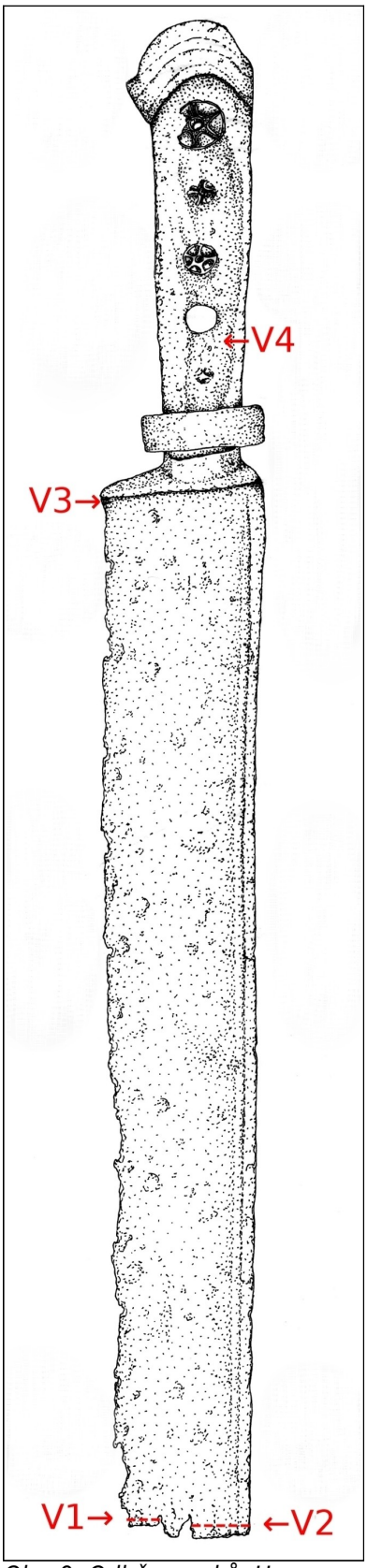
Obr. 8: Nákres tesáku. Převzato z [4, s. 504]

2.1.3 Odběr vzorků

Na základě dohody s majitelem předmětu byly postupně z tesáku odebrány čtyři vzorky V1, V2, V3 a V4 (viz Obr. 9). Vzorky V1 a V2 byly odříznuty diamantovou pilou příčně z čepele poblíž zlomeného konce a budou použity pro její metalografický výzkum a průzkum korozních vrstev. Vzorek V1 z ostří má rozměry asi 9×2×1,5 mm, vzorek V2 ze hřbetu má rozměry 17×3×2,5 mm. Vzorky by měly být dostatečně reprezentativní pro zjištění skladby čepele a tím i postupu její výroby. Po dokončení průzkumu budou oba vzorky přiloženy k rekonzervované zbrani pro případné budoucí výzkumy a jejich místa zatmelena vhodným tmelem.

Vzorek V3 o rozměru asi 0,5×0,5×0,5 mm byl odebrán skalpelem z podložky ze žlutého kovu pod záštitným kováním poblíž ostří na aversu zbraně a bude použit k chemické analýze materiálu elektronovým mikroskopem metodou SEM.

Poslední vzorek V4 vznikl seškrabáním největší kapky zbytků laku předchozího konzervátorského zásahu z povrchu trnu a bude použit pro analýzu materiálu pomocí infračervené spektroskopie ATR.



Obr. 9: Odběr vzorků. Upraveno dle [4, s. 504]

2.1.4 ATR průzkum povrchových vrstev tesáku

Pro ATR průzkum byl použit přístroj Bruker Vertex 80v v rozsahu vlnočtu 4000-600 cm^{-1}, a to jednak přímým měřením povrchů na diamantovém krystalu a jednak měřením seškrábaného vzorku laku (vzorek V4) na témž krystalu. Pro kalibraci přístroje byla použita metoda Concave rubber band korekce.

Nejprve byl proveden pokus o identifikaci předpokládané konzervační vrstvy pod původním lakem (pomocí IČ spektroskopie), pro kterou se historicky nejčastěji používal tanátovací roztok tvořící s trojmocným železem stabilní komplexy, jak bylo řečeno výše. Bylo vybráno nejvíc matné (s absentující vrstvou povrchového laku) a minimálně reliéfně složité místo na záštitném trnu tesáku a jako referenční vzorky byly použity železné zkorodované a natanátované plechy. Výsledek spektroskopického stanovení byl vynesen do grafu na Obr. 10, přičemž byla vymazána část s odezvou diamantu v rozmezí vlnočtu 1170-2670 cm^{-1}. Celkově lze říci, že spektrum našeho neznámého vzorku a referenčních vzorků tanátu jsou si dosti podobné, a to u většiny významnějších signálů.

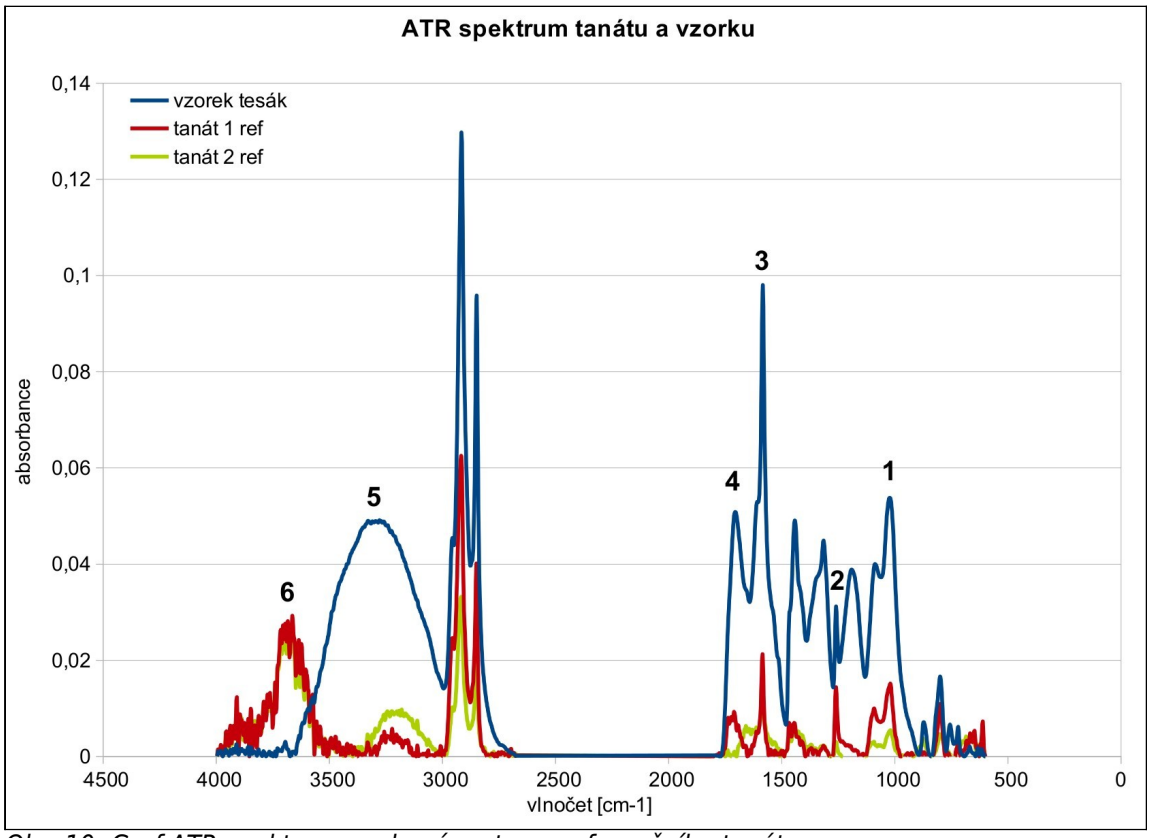
Pro molekulu taninu je z chemického pohledu charakteristická přítomnost aromatických benzenových jader, fenolových *-OH* skupin a esterových *COOC* vazeb. Pro absorpci benzenových jader jsou typické signály mezi 1275 a 1000 cm^{-1} pro *C-H* ohybem vibrující vazby (pík 1 na Obr. 10), dále mezi 1430 a 1640 cm^{-1} pro *C=C* vazby (pík 3) a dále signál kolem 3100 cm^{-1} pro *C-H* natažením vibrující vazby (pík 5). Pro esterovou *C=O* vazbu je pak typický signál kolem 1730 cm^{-1} (pík 4) a dále mezi 1250–1310 cm^{-1} pro *C-O* vazbu (pík 2). Pro alkoholové a fenolové *-OH* skupiny je typický signál okolo 3500–3600 cm^{-1} (pík 6) [22, s. 74 a 78].

Jako druhý byl analyzován vzorek laku. Absorbance vzorku byla graficky porovnána s absorbancí nitrocelulózového laku a damary (Obr. 11), přičemž byla z grafu opět vymazána odezva diamantu jako v předchozím případě. Již na první pohled je zřejmé, že tvary obou spekter spolu nekorespondují. Ani porovnání s větší databází podobných organických laků nepřineslo žádný výsledek.

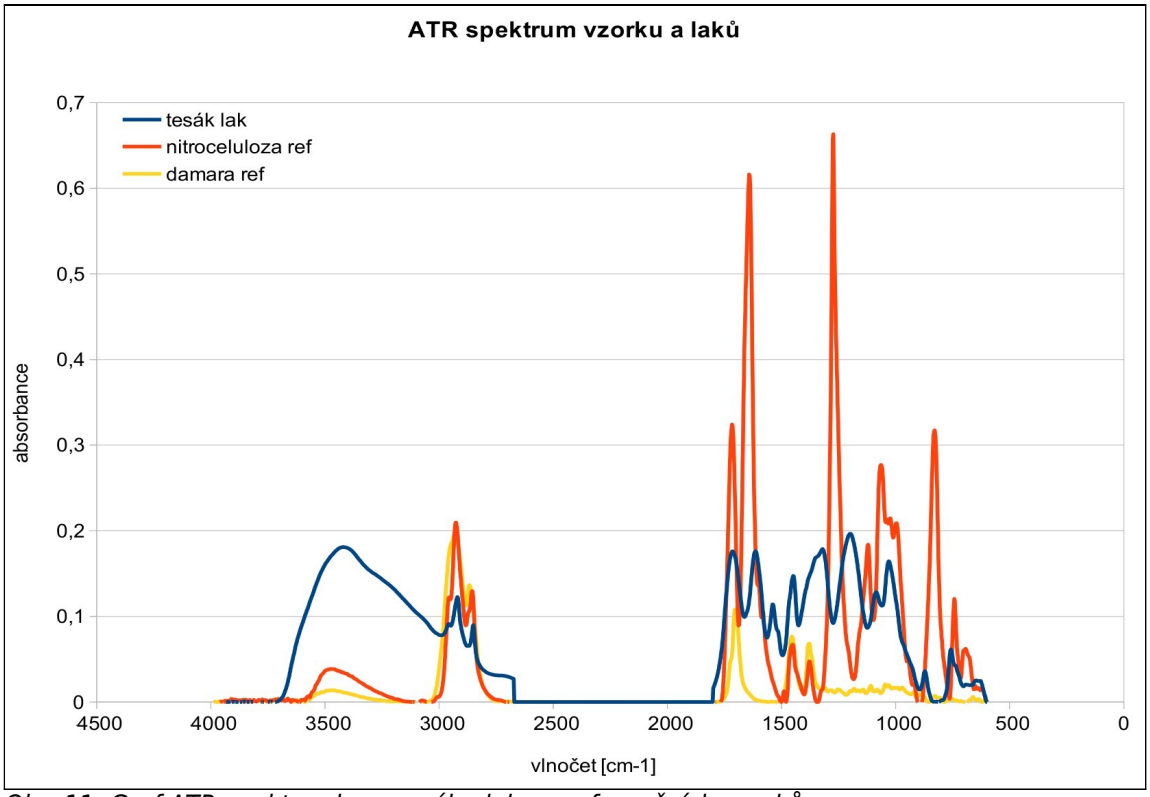
2.1.5 Vyhodnocení a závěr průzkumu povrchových vrstev

Na základě polohy typických píků grafů na Obr. 10 a celkové podobnosti jejich průběhu lze neznámou konzervační vrstvu s velkou pravděpodobností identifikovat jako vrstvu tanátu. Odchylky grafu vzorku od grafů vzorků referenčních mohou být způsobeny buď degradací tanátu na tesáku, nebo tím, že povrchová vrstva stále ještě obsahovala zbytky povrchového laku, které se promítly do tvaru spektra a zkreslily je.

V případě pokusu o identifikaci krycího laku (Obr. 11) lze konstatovat, že se lak určit nepodařilo, což mohlo být způsobeno buď tím, že jde o neznámou směs organických látek, nebo jeho vysokou mírou degradace, přičemž druhá možnost se jeví pravděpodobnější.



Obr. 10: Graf ATR spekter povrchové vrstvy a referenčního tanátu

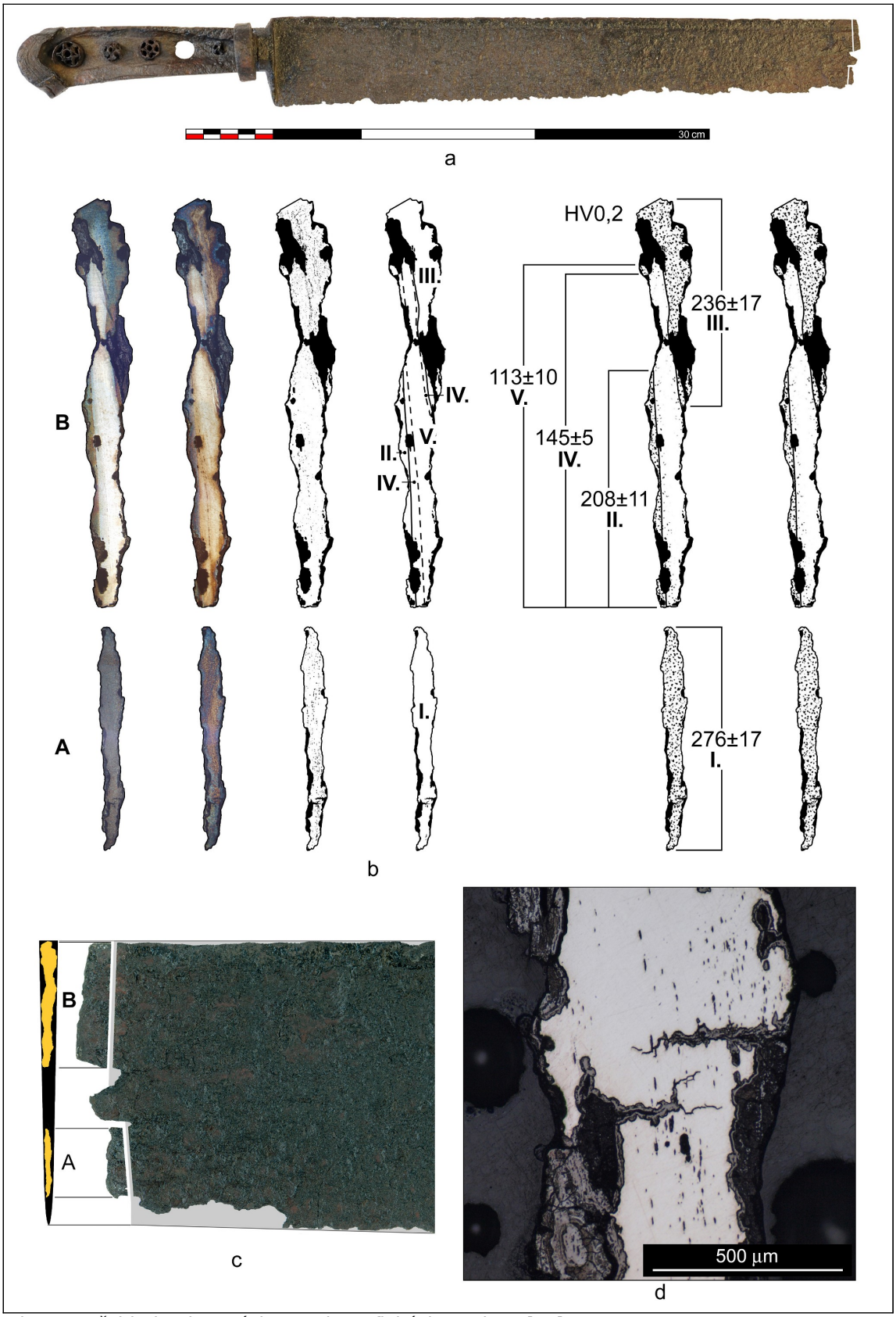


Obr. 11: Graf ATR spekter zkoumaného laku a referenčních vzorků

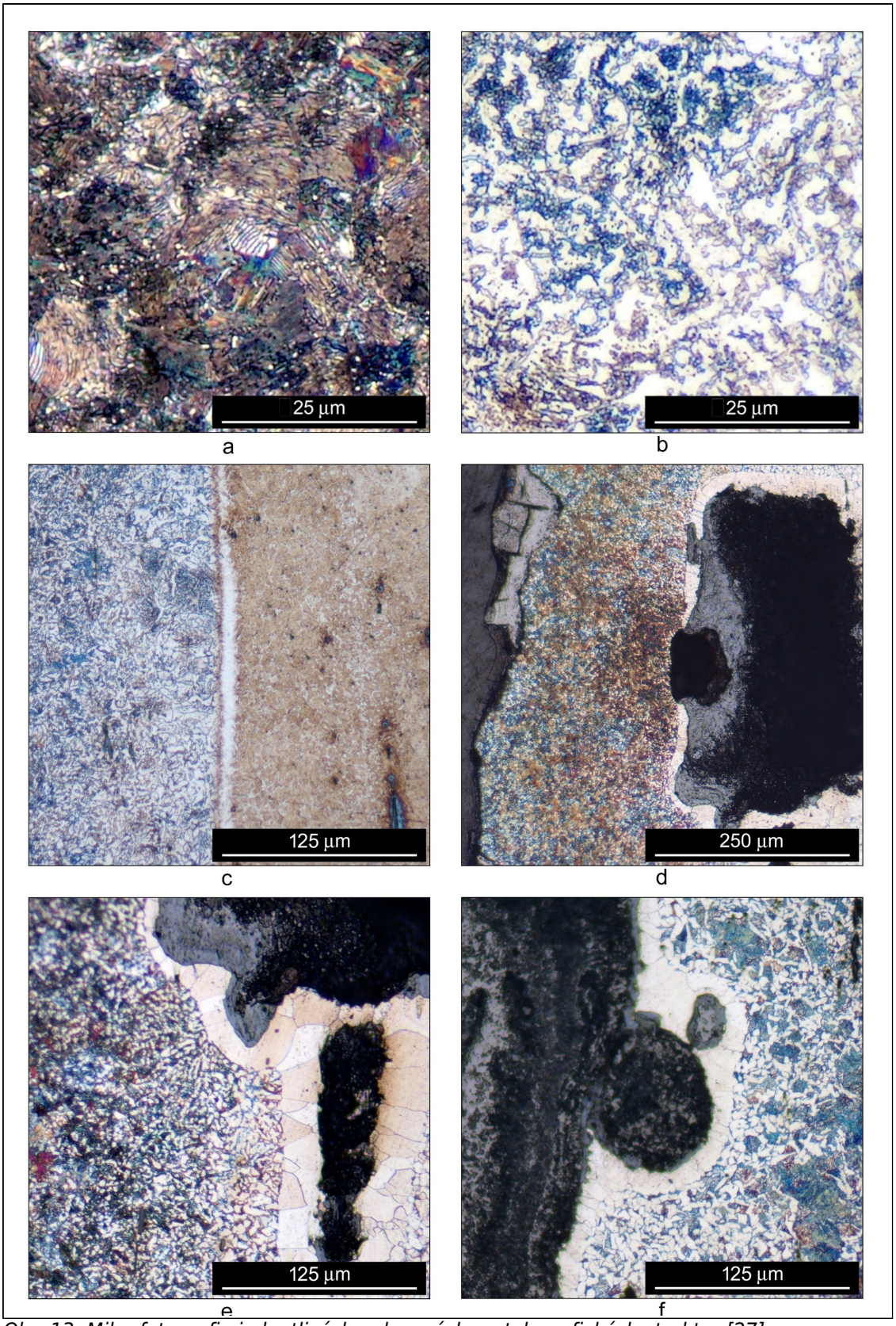
2.1.6 Metalografický výzkum tesáku

Výzkum byl proveden v metalografické laboratoři Archeologického Ústavu České Akademie Věd v Praze. Vzorky z čepele (viz Obr. 9 - V1, V2) byly odebrány odříznutím diamantovou kotoučovou pilou za mokra a dále upraveny standardními postupy zalitím do dentakrylu, broušením za mokra na metalografických smircích a dolešťovány pomocí diamantových leštících past. Hodnocení bylo provedeno po naleptání 3% Nitalem (charakter a rozložení základních struktur) a Oberhofferovým roztokem (pro sledování svarových linií a rozložení fosforu ve vzorcích). Vzorky byly pozorovány mikroskopem Olympus BX60 s digitálním záznamem obrazu pomocí fotoaparátu Olympus E450. Tvrdost byla měřena Vickersovou metodou na tvrdoměru Wilson Wolpert 401 MVD při zatížení 0,2 kg.

Ve vzorku A (viz Obr. 12) v oblasti I je struktura jemného lamelárního perlitu (Obr. 13a) o tvrdosti 276 ± 17 HV 0,2. V oblasti II na vzorku B je viditelná perliticko – feritická struktura s obsahem uhlíku 0,7 %, v blízkosti hranice s oblastí IV u ní klesá obsah uhlíku na 0,5 % (Obr. 13b). Tvrdost této části je 208 ± 11 HV 0,2. Obdobná perliticko – feritická struktura o tvrdosti 236 ± 17 HV 0,2 je též v oblasti III. Struktura oblasti IV je feriticko – perlitická s obsahem uhlíku do 0.25 % a tvrdosti 145 ± 5 HV 0,2. Oblast V sestává z feritických zrn o velikosti 6 ASTM o tvrdosti 113 ± 10 HV 0,2. Po naleptání Oberhofferovým činidlem lze dobře rozeznat svarové linie mezi oblastmi II a IV (Obr. 13c) a III a IV. Vzorkem B prostupují dvě korozní oblasti lemované zrny feritu (Obr. 13d-f) [27].



Obr. 12: Přehled nalezených metalografických struktur [27]



Obr. 13: Mikrofotografie jednotlivých nalezených metalografických struktur [27]

2.1.7 Vyhodnocení a závěr metalografického výzkumu

Rozložení struktur ve vzorcích poukazuje na čepel se železným jádrem a ocelovým pláštěm, analogickou k již dříve zkoumané čepeli tesáku z Věteřova [5, s. 32]. Čepel je dnes v nekaleném stavu, ale původně zakalená byla, jak dosvědčují nalezené kalicí praskliny. K sekundárnímu vyžíhání tesáku (tj. k ohřevu na žíhací teploty, které nesouvisí s původním tepelným zpracováním zbraně) nedošlo při požáru, ale až v době archeologizace na zkorodovaném předmětu. Jde pravděpodobně o novodobý zásah související snad s některou z archaických konzervátorských metod, jako byla například Rosenbergova či Hartwichova metoda. Svědčí o tom oduhličené feritické zóny, lemující některé korozní oblasti vzorku B [27].

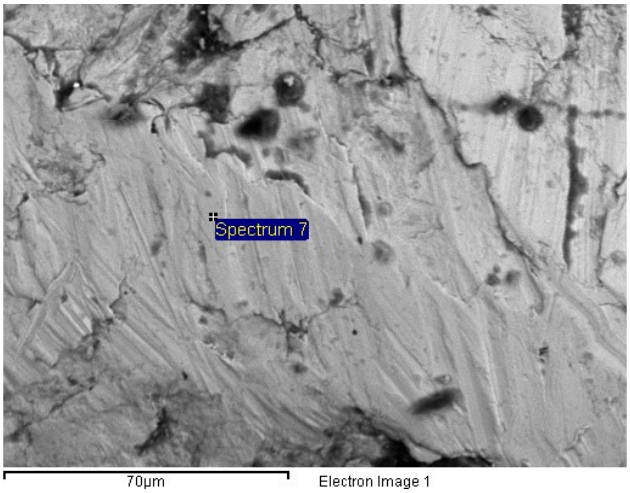
2.1.8 Materiálový průzkum vzorku žlutého kovu V3

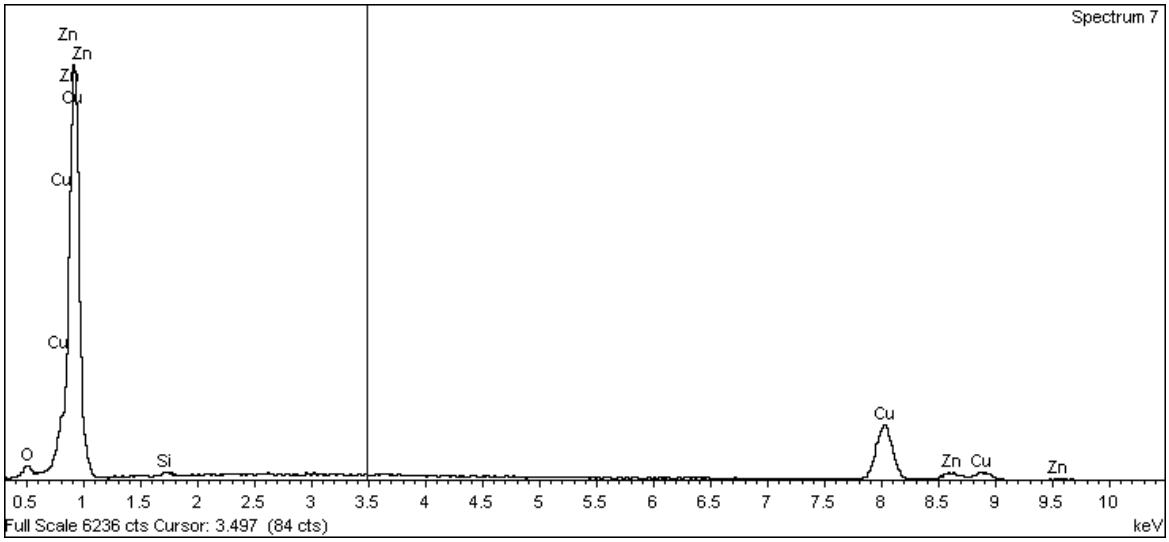
Odebraný vzorek V3 byl zkoumán elektronovým mikroskopem metodou SEM EDX na Ústavu geologických věd PřF MU Brno. Analýza ukazuje slitinu s obsahem 86,25 % *Cu*, 12,91 % *Zn* a 0,84 % *Si*, takže můžeme konstatovat, že se jedná o nízko-zinkovou mosaz (Obr. 14). Malé množství křemíku ve slitině pochází pravděpodobně z drobných struskových vměstků v mase kovu, jejichž hlavní složkou je zřejmě křemen nebo případně nějaký jiný minerál na bázi křemičitanu.

2.1.9 Materiálový průzkum korozní vrstvy na vzorku V2

Tento průzkum byl proveden stejným způsobem jako u vzorku V3 a jeho cílem bylo zjistit případnou přítomnost *Na*, *K* a *P*, které by svědčily o louhování předmětu v lázních obsahujících Na_2CO_3, K_2CO_3, případně PO_4^{3-}

v korozní vrstvě. Přítomnost některého z prvků by pomohla upřesnit rekonstrukci postupu původní konzervace, neboť u uvažované Rosenbergovy metody byly roztoky sody či potaše používány. Průzkum obsah žádného z těchto prvků nedetekoval (Obr. 15), což znamená, že uvedené látky buď nebyly použity, nebo byly po použití na závěr dostatečně vymyty louhováním v destilované vodě.



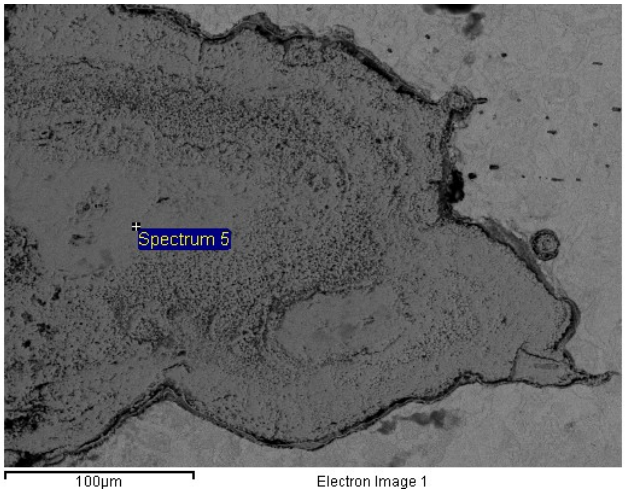


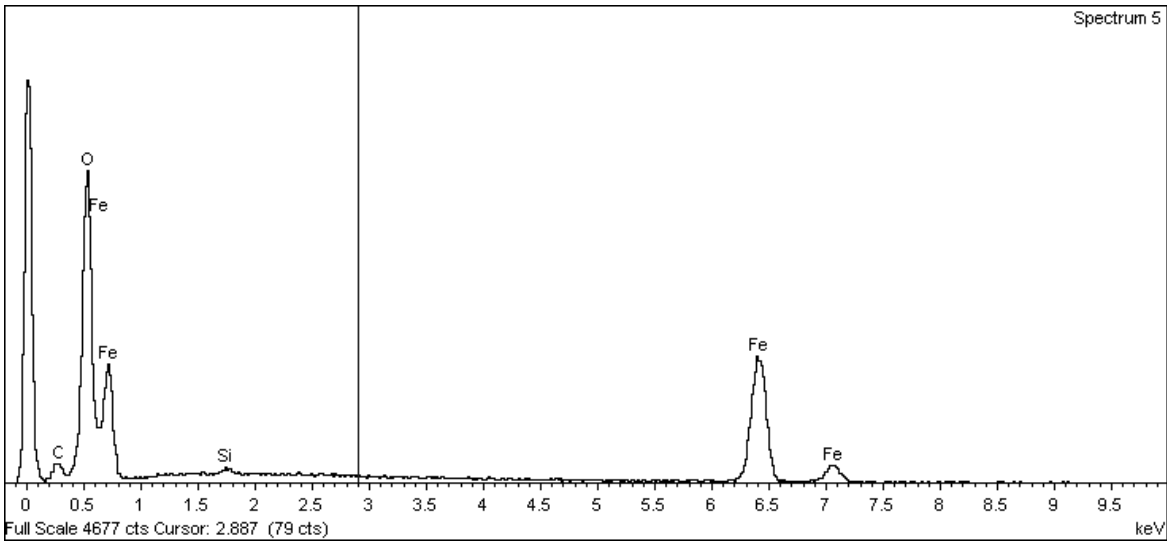
Spectrum processing: No peaks omitted
Processing option: Oxygen by stoichiometry (Normalised)
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula
Number of iterations = 2

Standard:
Si Si_kremen 15-Mar-2012 11:55 AM
Cu Cu_K_cista 15-Mar-2012 02:31 PM
Zn Zn_K_cisty 15-Mar-2012 02:35 PM

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	0.12	0.6885	0.39	0.06	0.56	0.84	SiO2	0.09
Cu K	27.80	0.9325	68.90	0.74	42.89	86.25	CuO	6.82
Zn K	4.18	0.9310	10.37	0.65	6.28	12.91	ZnO	1.00
O			20.34	0.57	50.28			8.00
Totals			100.00					
							Cation sum	7.91

Obr. 14: SEM průzkum vzorku žlutého kovu





Spectrum processing: No peaks omitted
Processing option: Oxygen by stoichiometry (Normalised)
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula
Number of iterations = 3

Standard:
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
Si Si_kremen 15-Mar-2012 11:55 AM
Fe Fe_pyrit 15-Mar-2012 02:10 PM

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
C K	1.69	0.6508	6.47	0.44	14.33	23.69	CO2	2.00
Si K	0.12	0.8090	0.35	0.07	0.34	0.76	SiO2	0.05
Fe K	23.21	0.9826	58.73	0.63	28.00	75.55	FeO	3.91
O			34.45	0.62	57.33			8.00
Totals			100.00					
							Cation sum	5.95

Obr. 15: SEM průzkum korozní vrstvy

2.2 Konzervátorský zásah

2.2.1 Návrh zásahu

Původní konzervátorský zásah, jak se jej podařilo zrekonstruovat, se skládal v první řadě z ohřevu předmětu na teplotu 700-800 °C, kombinovaného pravděpodobně s mechanickým čištěním. Byl-li předmět poté ještě deionizován, není jasné. Jeho povrch byl ale každopádně stabilizován roztokem tanátu a následně pokryt vrstvou neznámého organického laku.

Prvním krokem rekonzervačního zásahu musí nepochybně být sejmutí zbytků laku původní povrchové úpravy. Jelikož se bohužel nepodařilo tento lak identifikovat, budou provedeny pokusy tamponem navlhčeným v některých běžných rozpouštědlech, konkrétně v acetonu, ethanolu, xylenu a případně benzínu. Po experimentálním nalezení vhodného rozpouštědla budou tímto zbytky laku rozpuštěny. Po jeho sejmutí by mělo následovat sejmutí zjištěné tanátové vrstvy. Korozní vrstva tesáku je ale místy velmi tenká a sejmutím tanátu i s její částí by mohlo dojít k jejímu úplnému odstranění až na kovové jádro. Proto se nabízí šetrnější metoda dlouhodobější zkoušky stability korozních vrstev v komoře, simulující negativní vlivy teploty a relativní vlhkosti. Ukáže-li se předmět stabilním, nebude vrstva historického tanátu sejmuta, ale doplněna novou a po patřičném vyzrání, vysušení a mechanickém očištění mosazných částí uzavřena povrchovou úpravou reverzibilním lakem. V případě nestability bude tanát sejmut, předmět deionizován, znovu natanátován a povrchově upraven stejným způsobem jako ve výše zmíněném případu.

2.2.2 Popis a dokumentace zásahu

Nejdříve byly učiněny pokusy rozpustnosti původního laku běžnými rozpouštědly. Pokusy byly prováděny pomocí tampónu namočeného v daném rozpouštědle. Byl vyzkoušen ethanol, xylen a aceton. Ukázalo se, že dané zbytky laku jsou poměrně dobře rozpustné v acetonu. Celá zbraň byla poté potopena do acetonové lázně a čištěna po dobu asi dvaceti minut kombinací mechanického působení měkkým PET kartáčkem a rozpustných schopností rozpouštědla. Po sejmutí zbytků laku zmizely lesklé části povrchové úpravy tesáku a na části povrchu byly odhaleny korozní vrstvy tmavě hnědo-červené barvy typické pro hematit, a to ponejvíce na nejtenčích částech předmětu - středu trnu a části čepele u historického lomu (viz Obr. 16 a Obr. 17). Ke změně barvy korozních vrstev došlo pravděpodobně částečným rozpuštěním či setřením tanátové vrstvy typické černo-modré barvy, přičemž původ tohoto typu korozních produktů tkví nejpravděpodobněji v ohřevu částí předmětu na vysokou teplotu, jak to ostatně doložil metalografický průzkum. Na některých místech prosvítá mezi korozními produkty i kovové jádro předmětu.

Po sejmutí zbytků laku byl předmět uložen do klimatizovaného boxu Sanyo MTH 2200. Nastavený režim měl dvě fáze, které se pravidelně střídaly. V první fázi byl tesák dvě hodiny vystaven teplotě 60 °C a 20% relativní vlhkosti, poté byla vlhkost při stejné teplotě na osm hodin skokově zvýšena na 80 %. Celý cyklus měl tedy deset hodin a těchto desetihodinových cyklů bylo celkem použito 28. Předmět byl tedy v boxu nepřetržitě 280 hodin, přičemž dvakrát za každých 24 hodin byla prováděna vizuální kontrola jeho chování. Tesák během celé doby nejevil žádné známky změny a po

zmíněných 28 cyklech lze konstatovat, že korozní vrstvy na předmětu jsou stabilní (foto z průběhu procesu viz Obr. 18).

Po zkoušce stability byl předmět sušen v sušárně při teplotě 120 °C po dobu tří hodin. Před nanesením tanátu byly též z tesáku odebrány jeho uvolněné části (záštitný trn a největší nýt rukojeti) aby byly tanátovány zvlášť a na závěr budou přilepením připevněny zpět na své místo (Obr. 20). Po vysušení následovalo nanesení tří tanátových vrstev. Tanát samotný byl připraven podle následující receptury: ve 200 ml vody bylo rozpuštěno 40 g taninu a pH roztoku bylo s pomocí měření ponornou elektrodou sníženo na 2,4 přikapáváním jiného roztoku obsahujícího zředěnou H_3PO_4 obohacenou ionty Fe^{3+}. Tento roztok byl připraven rozpuštěním jednoho gramu kovového *Fe* ve 150 ml 10% H_3PO_4. Přídavek iontů Fe^{3+} se doporučuje při tanátování předmětů s částečně odhaleným kovovým jádrem, jak bylo zmíněno výše. Do tanátovacího roztoku bylo na závěr přidáno ještě 20 ml 96% ethanolu pro zlepšení smáčivosti.

Na tesák o teplotě 40 °C byl tanátovací roztok nanášen štětcem vždy v malém množství a rozetřen takřka do sucha. Pro vyzrání vrstvy byl předmět umístěn na 4 h do klimatizační komory o teplotě 60 °C a relativní vlhkosti 90 %. Před nanesením další vrstvy byl povrch předmětu zdrsněn jemnou železnou vatou a nanesena druhá vrstva stejným způsobem jako první. Tentokrát byl předmět ponechán volnému vysychání po dobu 24 h při 30% relativní vlhkosti. Po opětovném zdrsnění železnou vatou byla následně nanesena třetí a poslední vrstva tanátovacího roztoku, a to stejným způsobem jako v předchozích dvou případech. Potom byly vrstvy tanátu podrobené vyzrávání v klimatizační komoře po dobu tří dnů při teplotě 60 °C a relativní vlhkosti 90 %. Povrch předmětu nabyl po tanátování černo-modré barvy svědčící o úspěšnosti provedené reakce. Po této stabilizaci korozních vrstev taninem byla jeho tmavá vrstva odstraněna mechanicky jehlou

z mosazných částí zbraně, které se tímto staly jasně viditelnými (viz obrázky po konzervaci).

Po ukončení stabilizace povrchu bylo přikročeno k vytmelení míst odběru vzorků. Tmelení bylo provedeno jednosložkovým šedočerným epoxidovým tmelem Varybond MB, a to přímo na hladké řezy v kovovém jádru po odběru vzorků (Obr. 19). Tento tmel je sice ireverzibilní, nicméně vzhledem k malé ploše a hladkosti spoje by nebyl problém tmelenou část v případě potřeby v místě spoje s čepelí odlomit od železného těla předmětu.

Před závěrečnou povrchovou úpravou byly dvě již dříve uvolněné části tesáku (záštitný trn a největší nýt rukojeti) přilepeny velmi hustým akrylovým lakem Paraloid B 44 rozpuštěným v xylenu. Stejným lakem ve stejném rozpouštědle, ale tentokrát o 3% koncentraci, byla provedena i závěrečná povrchová úprava, a to ve třech vrstvách, přičemž po každé z nich následovalo hodinové schnutí.

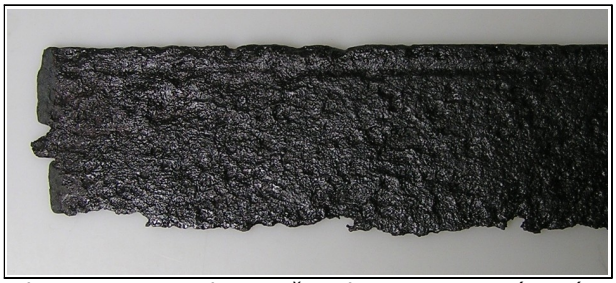
K potlačení lesku lakovaného povrchu byl nakonec jako zcela závěrečná vrstva nanesen v tenké vrstvě restaurátorský vosk Revax rozehřátý na teplotu 40 °C.

Na úplný závěr bylo pro tesák vyřezáno úložné lůžko z pěnové hmoty Miralon a vyrobena skladovací a přepravní krabice z povrchově neupraveného měkkého borového dřeva (viz Obr. 27).

Obr. 16: Avers konce čepele po sejmutí laku

Obr. 17: Avers rukojeti po sejmutí laku

Obr. 18: Kontrola předmětu třetí den pobytu v klimatické komoře



Obr. 19: Revers konce čepele po nanesení tanátu a vytmelení míst odběru vzorků V1 a V2

Obr. 20: Odejmutý záštitný trn a nýt rukojeti po nanesení tanátu

2.2.3 Fotografická dokumentace a popis předmětu po zásahu

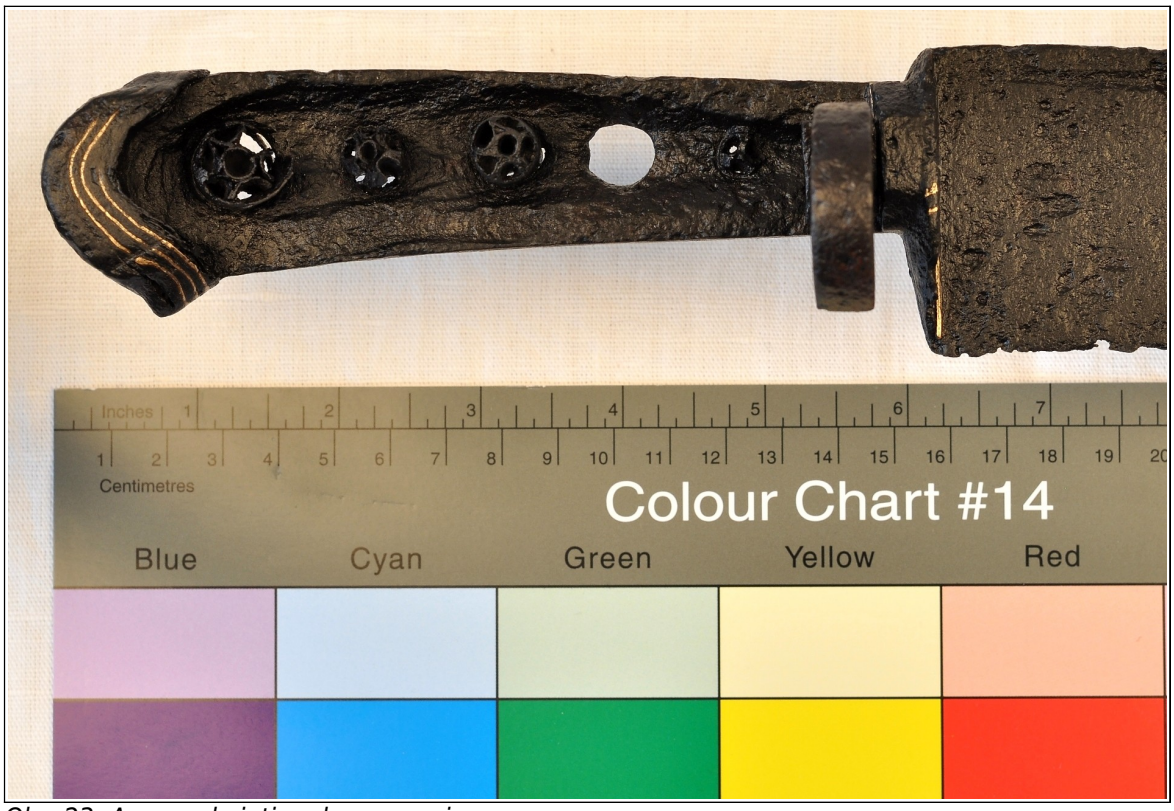
Fotodokumentace předmětu po zásahu byla provedena stejným způsobem a stejným fotoaparátem jako při dokumentaci před zásahem (viz Obr. 22, Obr. 21, Obr. 23, Obr. 24, Obr. 25 a Obr. 26). Tesák byl též opět zvážen. Jeho hmotnost po zásahu je 487,10 g, což znamená úbytek hmotnosti 0,71 g, tedy 0,15 % celkové hmotnosti zbraně.

2.2.4 Návrh uložení předmětu

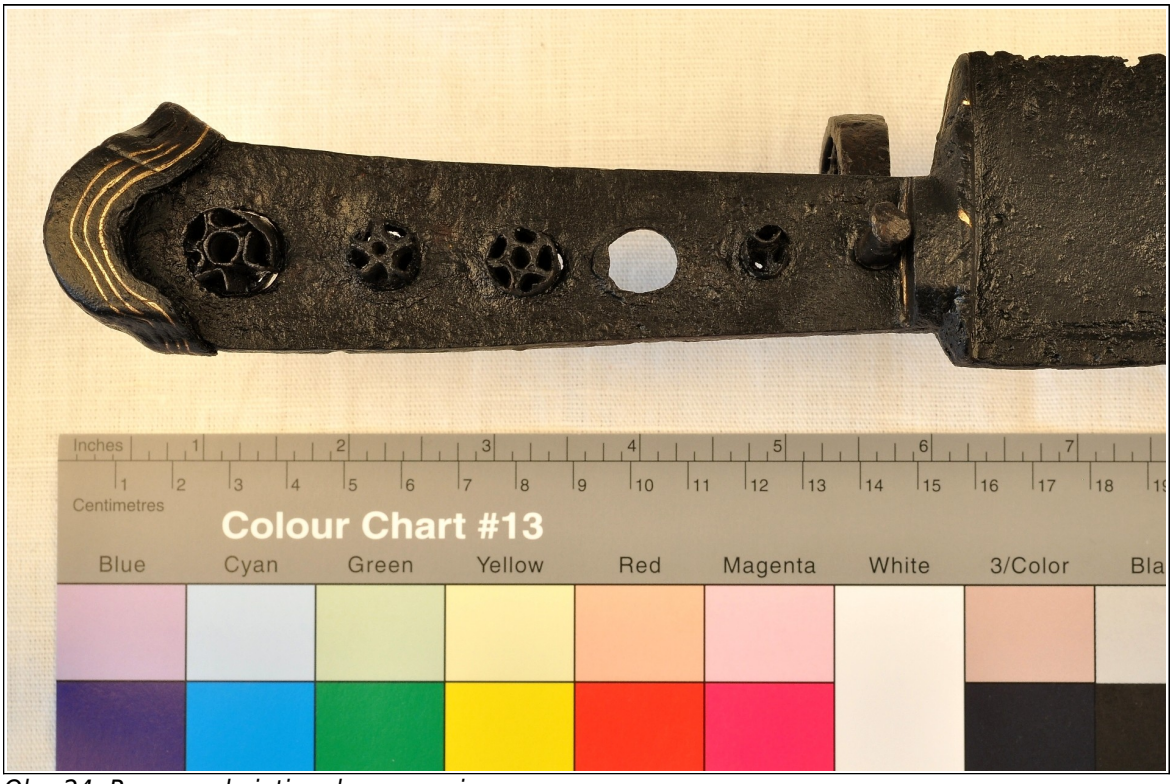
Pro co nejdelší životnost rekonzervace navrhuji umístit předmět do prostředí vylučujícího skokové kolísání teploty a relativní vlhkosti (za skokové kolísání je považovaná změna teploty o více než 5 °C za 24 h a více než 5% změna relativní vlhkosti za tutéž dobu), které je chráněno před polutanty v plynném (SO_2, NO_x), kapalném (voda) i tuhém (prach) skupenství. V případě změny místa uložení předmětu je třeba podrobit ho postupné aklimatizaci. Jako ideální klimatické podmínky doporučuji teplotu 18-20 °C a relativní vlhkost ideálně 30-40 %, maximálně do 55 %. Vzhledem k použitým látkám povrchové úpravy doporučuji též udržovat intenzitu osvětlení do 300 lx a intenzitu UV záření pod 75 µW/lm.

Obr. 21: Avers tesáku po konzervaci

Obr. 22: Revers tesáku po konzervaci



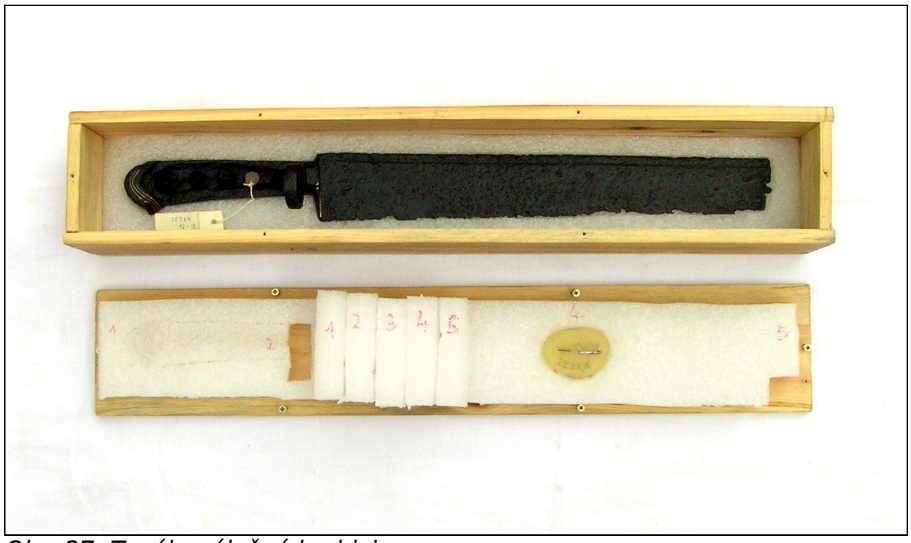
Obr. 23: Avers rukojeti po konzervaci



Obr. 24: Revers rukojeti po konzervaci

Obr. 25: Detail hlavice po konzervaci

Obr. 26: Detail záštitného kování se zbytky tauzie po konzervaci



Obr. 27: Tesák v úložné krabici

2.2.5 Diskuze a závěr

Tesák z Jihlavského muzea Vysočiny, inventární č. Ji-Fe 47231, pochází nejspíše z konce 15. století či nejpozději z počátku století následujícího. Bližší okolnosti jeho nálezu a prvotní konzervace nejsou známy. Tesák má ocelovou čepel s vevařeným železným jádrem, která pravděpodobně v důsledku špatného tepelného zpracování (kalení) popraskala a jedna z prasklin se zřejmě stala i důvodem jeho historického zlomení. Kromě prolamovaného železného trnu a stejně zdobených nýtů je rukojeť zbraně zdobena žlutým kovem detekovaným jako mosaz, a to ve formě drážkové tauzie na záštitném kování, dále aplikováním plechů z téhož materiálu jako podložky tohoto kování a tří mosazných vrstev hlavice vytvořené vrstvením železných a mosazných plechů.

Tesák byl prvotně konzervován některou z archaických konzervačních metod zahrnujících ohřev předmětu na teplotu místy až mezi 700-800 °C a následné mechanické čištění, poté byl povrch korozních vrstev stabilizován roztokem tanátu a pokryt neznámým organickým lakem. K této prvotní konzervaci došlo vzhledem k archaičnosti metody pravděpodobně nejpozději těsně po druhé světové válce, spíše však dříve, jak o tom svědčí doklady o nerovnoměrném ohřevu předmětu (větší prohřátí tenčích částí prokázané přítomností hematitu), ukazující nejspíše na přímý ohřev plamenem, což je velmi primitivní metoda. Je také otázkou, jestli totální absence informací o předmětu nemůže souviset s diskontinuitou, ke které došlo na převážně německém Jihlavsku vyhnáním původních obyvatel po ukončení druhé světové války, kterým byly řešeny dlouhodobé česko-německé národnostní rozpory. To by tedy celkově ukazovalo na konzervaci ještě v předválečné době.

Na tomto místě nemohu též nevyslovit jednu kacířskou myšlenku. Původní konzervace archaickou metodou Rosenbergovou, Hartwichovou či jinou podobnou umožnila bezproblémové přežití předmětu navzdory nevhodným podmínkám uložení na cca 70 let. Je tedy třeba konstatovat, že metoda se ukázala být dlouhodobě účinnou, jakkoli došlo ke ztrátě části informace nesené předmětem (kalící struktury). Je otázkou, zda by tuto evidentně úspěšnou metodu nestálo za to oprášit v nějaké zmodernizované verzi a v některých specifických případech ji opět používat. Je jasné, že by nemohlo jít o konzervaci předmětů s tepelným zpracováním (zbraně, nástroje) či s ne příliš dobře zachovalým kovovým jádrem. U dobře zachovalých běžných železných artefaktů (hřebíky, stavební kování) by však podle mého názoru po předchozím zpracování přesné metodiky šlo tento způsob znovu omilostnit, neboť jde o metodu relativně rychlou a levnou. Každopádně je to námět k možnému budoucímu výzkumu v této oblasti.

Samotný konzervační zásah na předmětu začal rozpuštěním neznámého historického krycího laku acetonem, pokračoval zkouškou stability korozních vrstev v klimatizační komoře po dobu 280 hodin a po ověření jejich stability následovala stabilizace povrchu trojnásobnou aplikací roztoku tanátu a následným pokrytím reverzibilním lakem Paraloid B 44 a restaurátorským voskem Revax. Podle návrhu na deponování předmětu by měl být tesák dále uložen při teplotách mezi 18-20 °C a relativní vlhkosti do 40 %, maximálně do 55 %.

Domnívám se, že průzkum přinesl nové zajímavé poznatky o tomto významném historickém předmětu a následný konzervátorský zásah prodloužil jeho další životnost v čase a prostoru přičemž lze snad doufat, že v budoucnu nebude svědkem podobně dramatických událostí, jako byly ty ze čtyřicátých let minulého století.

Seznam citované literatury:

1. REJZEK, J. *Český etymologický slovník*. Leda 2001. ISBN 80-85927-85-3
2. BRYCH, V. *Středověký tesák z tvrze Martinic a problémy studia krátkých jednobřitých zbraní*. In: Castellologica Bohemica 4, Praha 1994, s. 257-264
3. MAREK, L. *Broń biała na Śląsku XIV. – XV. Wiek*. Wrocław 2008. ISBN 978-83-921090-9-9
4. ŽÁKOVSKÝ, P. *Tesáky s prořezávanými záštitnými trny z moravských sbírek*. In: Archeologické rozhledy LXIII – 2011, s. 501-516
5. ŽÁKOVSKÝ, P., HOŠEK, J., BÁRTA, P. *Dussacks with Broad Blades and Probable Method of Their Manufacturing*. In: L. Marek ed., Weapons Bring Peace? Warfare in Medieval and Early Modern Europe. Wroclaw 2012, (v tisku).
6. JAN, E. *Evangelium podle Jana*. In: Nový zákon – ekumenický překlad, Praha 1987, s. 149-191.
7. PISKOVÁ, R., a kol. *Jihlava*. Lidové noviny 2009. ISBN 978-80-7106-551-7
8. TOUŽÍN, J. *Stručný přehled chemie prvků*. MU Brno 2008. ISBN 978-80-7399-527-0
9. KOŠELEV, V. *Základy metalografie ocele*. Kosnar Plzeň 1948.
10. PLEINER, R., KOŘAN, J., KUČERA, M., VOZÁR, J. *Dějiny hutnictví železa v Československu I*. Academia Praha 1984.
11. BOUZEK, J. *Pravěk českých zemí v evropském kontextu*. Triton Praha 2005. ISBN 80-7254-685-6
12. ELIADE, M. *Kováři a alchymisté*. Argo Praha 2000.

13. SOUCHUPOVÁ, V., STRÁNSKÝ, K. *Tajemství dávného železa*. TM Brno 2008. ISBN 978-80-86413-54-9
14. BÁRTA, P. *Některé historické techniky zdobení kovů z pohledu řemeslníka*. In: Muzea, památky a konzervace 2011 – Sborník příspěvků z konference. Masarykova univerzita Brno 2011, str. 78-80. ISBN 978-80-210-5628-2
15. PLEINER, R. *Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích*. Academia Praha 1958.
16. KOLEKTIV AUTORŮ. *Konzervování a restaurování kovů*. TM Brno 2011. ISBN 978-80-86413-70-9
17. TURNER – WALKER, G. A *Practical Guide to the Care and Conservation of Metals*. Xi Wang Art Taipei 2008.
18. NIKITIN, M. K., MELNIKOVA, E. P. *Chemie v konzervátorské a restaurátorské praxi*. MU Brno 2003. ISBN 80-210-3062-3
19. KŘEČANOVÁ, E. *Alternativní povlaky pro stabilizaci korozních vrstev železných archeologických nálezů*. In: Muzea, památky a konzervace 2009. TM Brno 2009, str. 35-39. ISBN 978-80-86413-68-6
20. FILIP, J. *Umělecké řemeslo v pravěku*. Brno 1997.
21. SOMMER, L. *Teoretické základy analytické chemie III*. VUT Brno 1995. ISBN 80-214-0660-7
22. STUART, H. B. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and applications*. John Wiley et Sons, Ltd. Sydney 2004. ISBN 0-470-85428-6
23. HOŠEK, J. *Metalografie ve službách archeologie*. Archeologický ústav AV ČR Praha 2003. ISBN 80-86124-40-1
24. ČERNOHORSKÝ, T., JANDERA, P. *Atomová spektroskopie*. Univerzita Pardubice, Pardubice 1997

25. PELIKÁN, J. B. *Conservation of Iron with Tannin*. In: Studies in Conservation vol. 11 no. 3, 1966. s. 109-114
26. KOLEKTIV. *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*. NM Praha 2001.
27. HOŠEK, J. *Zpráva z metalografického výzkumu tesáku z Jihlavského muzea i.č. Ji-Fs 47213*. AÚ ČAV Praha 2012, č.j. 2012/102, nepublikováno.
28. PLEINER, R. *Staré evropské kovářství*. Academia Praha 1962.

Seznam ilustrací

Obr. 1: Avers tesáku před zásahem.....48
Obr. 2: Revers tesáku před zásahem.....48
Obr. 3: Avers rukojeti před zásahem.....49
Obr. 4: Revers rukojeti před zásahem.....49
Obr. 5: Detail hlavice před zásahem.....50
Obr. 6: Detail záštitného trnu před zásahem.....50
Obr. 7: Detail praskliny v horní části čepele.....50
Obr. 8: Nákres tesáku. Převzato z [4, s. 504].....51
Obr. 9: Odběr vzorků. Upraveno dle [4, s. 504].....53
Obr. 10: Graf ATR spekter povrchové vrstvy a referenčního tanátu.....56
Obr. 11: Graf ATR spekter zkoumaného laku a referenčních vzorků.....56
Obr. 12: Přehled nalezených metalografických struktur [27].....58
Obr. 13: Mikrofotografie jednotlivých nalezených metalog. struktur [27].....59
Obr. 14: SEM průzkum vzorku žlutého kovu.....62
Obr. 15: SEM průzkum korozní vrstvy.....63
Obr. 16: Avers konce čepele po sejmutí laku.....68
Obr. 17: Avers rukojeti po sejmutí laku.....68
Obr. 18: Kontrola předmětu třetí den pobytu v klimatické komoře.....68
Obr. 19: Revers konce čepele a vytmelení míst odběru vzorků V1 a V2.....68
Obr. 20: Odejmutý záštitný trn a nýt rukojeti po nanesení tanátu.....68
Obr. 21: Avers tesáku po konzervaci.....70
Obr. 22: Revers tesáku po konzervaci.....70
Obr. 23: Avers rukojeti po konzervaci.....71
Obr. 24: Revers rukojeti po konzervaci.....71
Obr. 25: Detail hlavice po konzervaci.....72
Obr. 26: Detail záštitného kování se zbytky tauzie po konzervaci.....72
Obr. 27: Tesák v úložné krabici 72