

METALOGRAFICKÝ ROZBOR ŽELEZNÉHO POLOTOVARU Z TAVBY V REKONSTRUKCI PECE S TENKOU HRUDÍ PROVEDENÉ 14. 5. 2008 VE STARÉ HUTI U ADAMOVA¹

JIŘÍ HOŠEK, JIŘÍ MERTA, MARTIN BARÁK

Praktické ukázky raně středověkých technologií tvořily součást akce pořádané společností Archaia Brno o.p.s. v rámci každoročně pořádané konference FORUM URBES MEDII Aevi. Již sedmá konference byla v roce 2008 věnována problematice surovinové základny středověkého města a jejímu zpracování. Částí ukázek předvedených v areálu Staré huti u Adamova byla i tavba v replice raně středověké kusové železářské pece s tenkou hrudí a následné zpracování získané železné houby. Tavbu a následné kování provedli zaměstnanci Technického muzea v Brně společně s Ing. Martinem Barákem. Teoretická část konference proběhla v prostorách kongresového sálu Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity ve Křtinách ve dnech 13. až 16. května 2008 ve spolupráci s Lesnickou a dřevařskou fakultou MZLU v Brně a Technickým muzeem v Brně.

Popis tavby

Tavba proběhla v peci s tenkou hrudí (pec byla označena v rámci série taveb jako P. II, tavba pak jako J-08-01) dne 14. května 2008. Došlo ke zpracování různorodého materiálu vybraného z výsledků předchozích ne zcela úspěšných taveb. Materiál byl separován pomocí magnetu a vsazován nadrcený.

Tavba byla započata standardním postupem a po dostatečném předehřátí pece bylo zahájeno vsazování dřevěného uhlí a připravené kovonosné vsázky. Tavba však byla přerušena hodinovou bouřkou a velmi intenzivním lijákem. Po obnovení dmýchání však bylo velmi rychle dosaženo známek opětovného dobrého běhu pece. Ruční měchy nahradilo mechanické dmychadlo a pokus pokračoval s umělým vzduchem. Pec se vsazenými 5,5 kg kovonosné vsázky byla otevřena následující den.

Po vylomení pece byla ze získané železné houby po vyhřátí ve výhni dřevěnou palicí nahrubo odstraněna struska a následovalo další tepelné a mechanické zpracování produktu do hrubého kulovitého tvaru o hmotnosti 1,55 kg. Finální kovářské zpracování proběhlo dne 17. května 2008 opět ve Staré huti v rámci akce Setkání ve střední části Moravského krasu. Z vykovaného paketu o hmotnosti 0,55 kg byl odseknut vzorek, který byl podroben metalografickému rozboru.

Metodika rozborů

Vzorek byl hodnocen v neleptaném stavu (podle zvyklostí laboratoře Archeologického ústavu Akademie věd České republiky v Praze s využitím normy Jernkontoret) a ve stavu po naleptání nitalem a Oberhofferem (typ a rozložení struktur a svarů). Struktura byla pozorována a dokumentována na mikroskopu

Olympus BX 60 s digitálním záznamem obrazu pomocí fotoaparátu Olympus Camedia 5050-Z. Tvrdost byla měřena na tvrdoměru Wilson Wolpert 401MVD při zatížení 0,2 kg.

Metalografický rozbor

Vzorek vykazuje nerovnoměrnou vměstkovitost odpovídající stupni 2 až 4 dle Jernkontoret. Výrazné neprovařené dutiny, které se táhnou středem výšky vzorku, jsou obklopeny oblastmi s oxidickými plenami tvořícími síťoví zrn.

V leptaném stavu lze na ploše výbrusu vymezit několik základních strukturních oblastí. V první z nich, oblasti I, je jemná i hrubší struktura martenzitická o tvrdosti 510 ± 71 HV_{0,2}. V nejrozlehlejší oblasti II převládá hrubší nízkouhlíkový martenzit o tvrdosti 343 ± 34 HV_{0,2}. Oblasti III jsou převážně tvořeny nízkouhlíkovým bainitem nebo směsí bainitu a feritu. Tvrdost dosahuje pouze 224 ± 17 HV_{0,2}. Oblast IV je směsí fosforem bohatšího feritu a stop perlitu (ferit s reliéfně vyleptanou substrukturou; tvrdost 212 ± 6 HV_{0,2}), oblast V je feritická a namnoze rovněž obohacena příměsí fosforu (209 ± 13 HV_{0,2}; místy zrna s reliéfním naleptáním). Neprovařené dutiny jsou obklopeny maticí se známkami oduhlíčení.

Vyhodnocení

Již při zevrubném ohledání vzorku (před vlastní analýzou) lze upozornit na nedokonalé provaření okrajové části paketu sestávajícího ze dvou (až čtyř?) vrstev. V metalografické rovině zkoumaného kusu se nedokonalost provaření (prokování) projevila neprovařenými dutinami, které jsou navíc obklopeny oduhlíčenými oblastmi se zrny lemovanými oxidickým síťovím. Poukazovalo by to na lokální oduhlíčení a spálení kovu v průběhu kovářských prací (byť podobnou charakteristiku struktury mohou mít i okrajové části lup).

Posouzení bohatosti kovu uhlíkem je v zakaleném stavu problematické, bezpochyby jde ale o vzorek chemicky (a tím i strukturně) heterogenní. Ve velké části plochy výbrusu je nízkouhlíkový martenzit o poměrně nízké tvrdosti; necelou čtvrtinu plochy zabírá tvrdší martenzit s tvrdostí kolem 500 jednotek Vickerse. Pokud bychom vyšli ze vztahů mezi tvrdostí martenzitu a obsahem uhlíku u uhlíkových ocelí, dospěli bychom k hodnotám max. kolem 0,3 % C. Místa uhlíku prostá (s převahou feritu) vykazují známky vyššího obsahu fosforu a projevují se (mimo jiné) značnou tvrdostí.

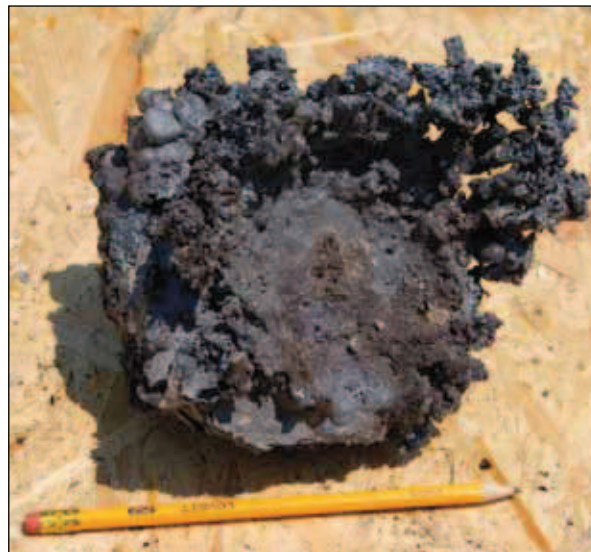
Obtížně leptatelné (proto bílé nebo světlé) svary signalizují obohacení některou příměsí, nejspíše niklem nebo kobaltem, a v praktické rovině dokládají vícevrstvý charakter paketu.

Poznámka

¹ Více k experimentálním tavbám v raně středověkých kusových železářských pecích v areálu Staré huti u Adamova uskutečněných v letech 2008 a 2009 viz Barák, M. – Merta, J. – Merta, O. – Grycová, L.: Experimentální tavby železa ve Staré huti u Adamova v sezónách 2008 a 2009. Archeologia technica 21.



Obr. 1. Stará huť u Adamova, rekonstrukce raně středověké kusové železářské pece s tenkou hrudí, v níž byl vyroben pojednávaný polotovár. Pec je připravena k otevření (vylomení) po ukončení experimentální tavby.



Obr. 2. Železná houba J-08-01 vyjmutá z pece.



Obr. 3. Hrubé otlučení strusky dřevěnou palicí.



Obr. 4. Kování železné houby.



Obr. 5. Hrubě kovaný kus JK-08-01 o hmotnosti 1,55 kg.



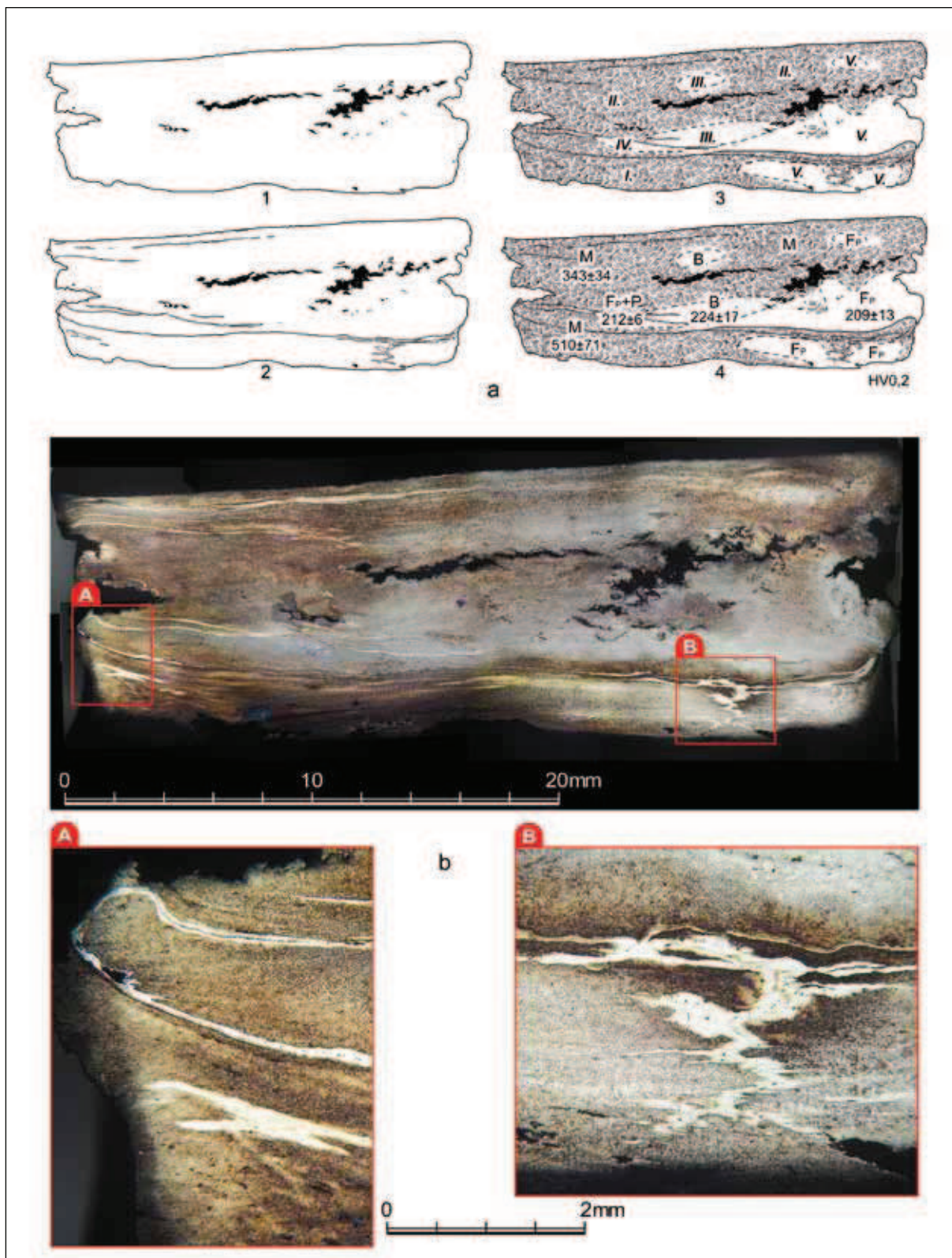
Obr. 6. Další fáze homogenizace železné houby.



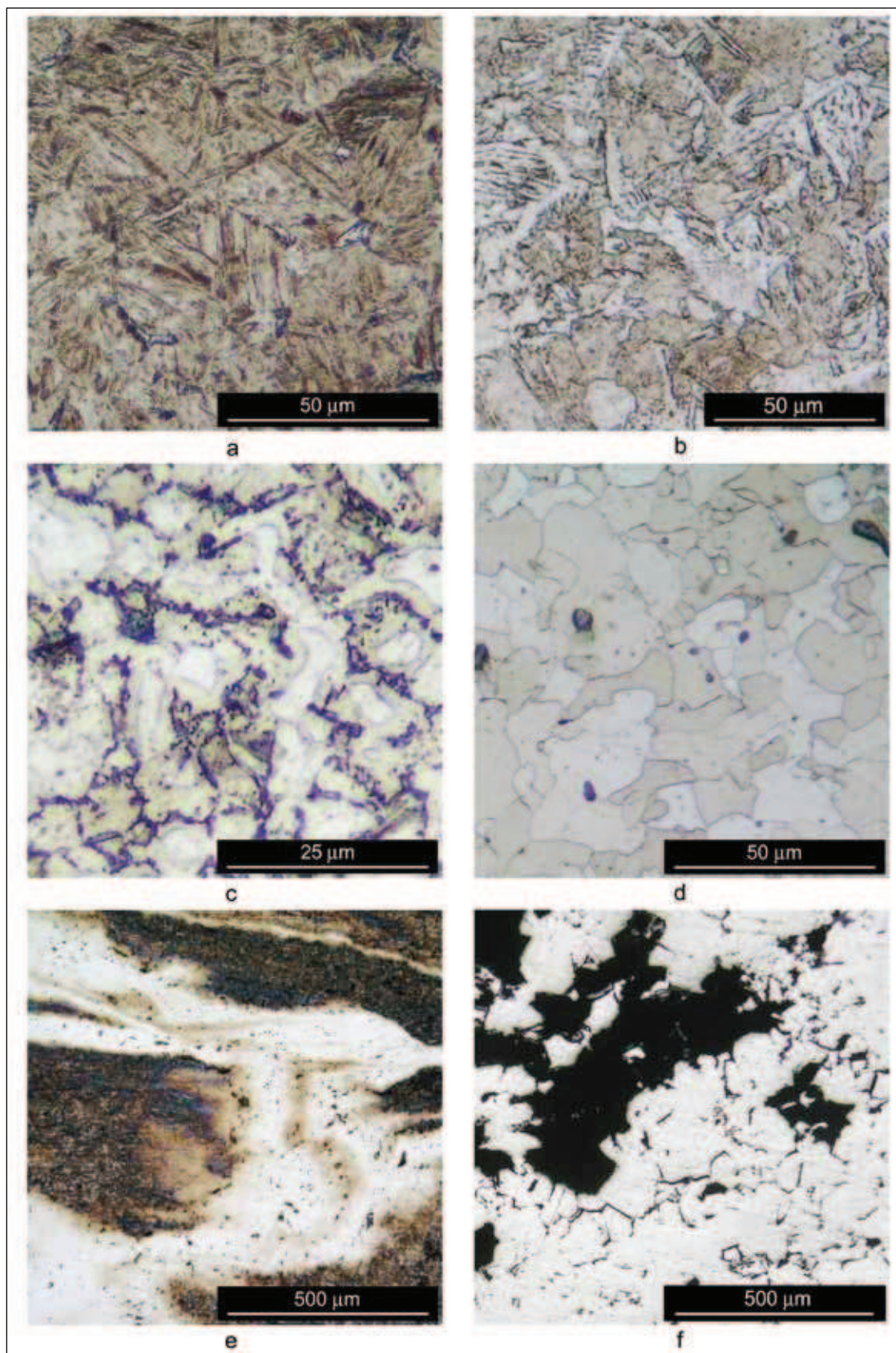
Obr. 7. Odseknutí vzorku určeného k metalografickým rozborům.

Obr. 8. Polotovar JK-08-02 z něhož byl odseknut vzorek (vlevo) pro metalografické šetření.





Obr. 9. Nákrisy metalograficky hodnocené plochy (a) a přehledový snímek (b) zkoumaného vzorku; a:1 – vzorek v neleptaném stavu s viditelnými dutinami; a:2 – přehled nesvařených míst (dutin) a viditelných (těžko leptatelných) svarů; a:3 – přehled rozložení základních strukturálních oblastí; a:4 – dtto s popisnou struktur typických pro dané oblasti a odpovídající tvrdosti (M – martenzit, B – bainit, FP – ferit se znaky zvýšeného obsahu fosforu, P – perlit); b - přehledový snímek po naleptání nitalem; detaily A a B ukazují světlé svarové linie (plochy) s vyšší koncentrací příměsí (nejspíše Ni a Co).



Obr. 10. Mikrostruktura paketu; a – martenzitická struktura (oblast II); b – směs feritu a nízkouhlíkového bainitu (oblast III – okraj); c – fosforem obohacený ferit se stopami perlitu (oblast IV); feritická struktura (oblast V); e – detail řezu svarovou rovinou (světlý svar obklopený tmavým martenzitem); f – místo s neprovařenou dutinou a oxidickými plenami po hranicích zrn; a-e: leptáno nitařem, f – neleptaný stav.