

iron mills equipped with water wheels. The waterwheel was probably used first to drive the expanding bellows allowing magnification of the furnace and increasing of its production. In Alpine countries in the modern era the iron furnaces were up to 5 meters high and they produced iron bloom weighing up to 1000 kg. That – for Czech lands – new type of furnace was used since the mid-16th to the gradual introduction of the blast furnace producing an indirect way pourable raw iron with higher carbon content (about 2–4%). The blast furnace developed out of Czech territory and its use came from the Saxon side of Erzgebirge (Krušné hory) at the end of 16th century. In some areas of Europe, however, the bowl furnaces were used. In area of Scandinavia the shaft furnaces were replaced, in the western Mediterranean their development and use continued until the end of the 18th century (Corsican forge, Catalan forge).

key words: metallurgy of a base metals – direct iron production – underground furnace –bowl furnace – embanked furnace – free standing furnace – bloom – slag



Obr. 1: Lokality nálezů nejstarších železných předmětů v Anatolii, 3000–1000 př. n. l. (Yalçın 2004, 220)

ÚVOD

Příspěvek se snaží podat přehled o vývoji železářství v období tzv. přímé výroby železa. Při přímé výrobě železa je kujná železná houba s nízkým obsahem uhlíku vyprodukovaná v jediném výrobním kroku; na rozdíl od tzv. nepřímé výroby, kdy je kujná surovina získávána zkujňováním surového (nekujného) železa, tj. ve dvou výrobních krocích, tedy nepřímo. Pro nejstarší období jsou základním zdrojem informací práce Radomíra Pleinera. Pro mladší období vrcholného středověku se množí hutnické dílny dokumentované archeologickými nálezy dovolujícími rekonstruovat tavící aparát spolu s užitou technologií, namnoze směřující k nepřímé výrobě tekutého uhlíkatého železa. K témtu nálezům však zatím dochází mimo naše území.

POČÁTKY VÝROBY ŽELEZA

Metalurgie mědi dospěla již ve 2. tisíciletí př. n. l. od výhňové pece k peci šachtové, která vznikla postupným obestavěním výhň kamennou nebo hliněnou stěnou, postupně vytvářející šachtu pece, přičemž se horizontální pojetí tavby změnilo na systém vertikální, s možností zvětšení podílu vsázky a využití teploty v šachtě pece. Stejný vývoj prodělala pec železářská, jejíž konstrukce se vyvíjela obdobným způsobem (Pleiner 1975, 76). Všechny nejstarší

železářské pece jsou ve své podstatě výhněmi – od pozdně halštatských objektů až po některé typy pecí užívané do nedávna v africkém prostředí nebo dokonce k maloprůmyslové výrobě (katalánská a korsická výheř). V šachtové peci se teplota příznivě rozčlenila do tepelných zón. Při ústí dmychadla se prostřednictvím dyšny vyrobené z keramického materiálu dosahovalo teplota kolem 1200–1400 °C, postupně se snižovala směrem ke koruně šachty (kychy) o výšce 60 až 100 cm na cca 600 °C. Směrem od vrcholu pece, odkud probíhalo sázení surovin, tak probíhala s klesáním vsázky postupná redukce rudy, vznik strusky a narůstání železné houby. Šachtová pec prokázala možnost dalšího vývoje s postupným zvětšováním objemu pece závisejícím na množství dmychaného vzduchu, od ručně poháněných měchů, přes užití vodního kola v období středověku, po dmychadla poháněná parním strojem v období průmyslové revoluce až k moderním ventilátorům. Právě narůstající objem dmychaného vzduchu vedl ke zvyšování teploty v peci a již v průběhu středověku k nepřímé výrobě železa. Železářská industrie se zrodila na území střední a východní Anatolie, tedy v oblasti východního Středomoří a Blízkého východu, v regionu s dlouholetou tradicí neželezné metalurgie, především mědi, sahající do 7. tisíciletí před naším letopočtem. Znalost železa, tohoto „nebeského kovu“ meteoritického původu, předcházela získávání železa z rud redukčním pochodem, který

přinesl možnost širšího využití. Těžba železné rudy byla vázána na výskyt měděných rud (Pleiner 2000, 39)¹. Chemické složení strusek pocházejících z 3., 2. a 1. tisíciletí př.n.l. je shodné (Yalcin 2004, 221). V průběhu 3. tisíciletí se železné předměty nejprve objevují v královských hrobech jako luxusní předměty (Alaca Hüyük), případně jako železné části bronzových výrobků. Již ze 17. stol. př. n. l. je znám z prostředí Chetitského království záznam o daru „dobrého železa s 56 dýkami a 66 ingoty“.



Obr. 2: Železářské strusky v hutním středisku Porga-Malatya, Anatolie, 2.-1. tisíciletí př. n. l. (Yalcin 2004, 233)



Obr. 3: Železářské centrum s vrstvami strusek, Ovacik-Tunceli, Anatolie, 2.-1. tisíciletí př. n. l. (Yalcin 2004, 233)

Nález ingotů z chetitského hlavního města Chattušaše ukazuje, že železný polotovar neměl standardní tvar a hmotnost (Belli 2004, 226). V následujícím tisíciletí se kromě užití železa jako součásti luxusního zboží vyrábějí zbraně z kaleného materiálu (dýky, meče, hroty šípů). Výrobní oblasti ležely mimo městské civilizace Úrodného půlměsíce, již s diferenciovanou společností využívající dělbu práce a používající písma (Pleiner 1975, 7–13). Do majetku mezopotámských vládců železné předměty přicházely z kořistních nájezdů a tributů z drobných států střední Anatolie (Chetité 1800–900 př.n.l.), později z okolí jezera Van (Aššur 1000–900 př. n. l.), buď ve formě polotovaru tvaru dvojhrotých hřiven, nebo hotových výrobků. Železo bylo ukládáno v královském paláci, odkud je panovník dále distribuoval (160 t v Chorsabadu za Sargona II.). V 8. a 9. stol. př. n. l. je v pramenech zmiňováno na čtyřicet kovářů. Od 9. století je součástí výzbroje asyrské armády železná dýka (patar pazili) o délce čepele 40 cm a šupinové brnění ze železných a bronzových částí. Ve stejně době dochází k výrobě železných nástrojů: radlic, špičáků, motyk, teslic, sekýr, pil a dalšího zboží včetně hřebíků, ale také železných pout „pro ruce a nohy“ (Pleiner 1975, 8–10). Dosud není znám tvar a rozměr pecí, ani způsob organizace výroby.

Jsou známy pouze polotovary, vlastní výrobky (Belli 2004, 224–241) a písemné zprávy o distribuci, případně kovářském zpracování výrobků v prostředí Mezopotámie (Pleiner 1972, 10). Jsou známy lokality těžby rud, většinou v galeriích, a místa jejich zpracování, na nichž se zachovaly až několik metrů mocné vrstvy železářských strusek (Belli 2004, 233–237).



Obr. 4: Hefaistova kovárna s šachtovou pecí zobrazená na attické váze s černofigurovou keramikou, po roce 500 př. n. l. (Forbes 1976, 59)

Z oblasti Předního východu postupovala znalost výroby železa do ostatních částí Starého světa, zejména do středomořské kulturní oblasti, cestou přes Kypr do Řecka. Řecké městské státy v západní Anatolii užívaly železa již v 6. a 5. století př. n. l. v archaickém období, jak dokazují výzkumy v lonském Milétu (Yalcin 2004, 243). Na území Kréty a vlastního Řecka se objevují železné prsteny v královských hrobech již ve 14. a 13. stol. př. n. l. Jsou známy lokality západní Kréty, kde se nachází množství železářských strusek (na 6000 t) pocházejících snad již z počátku 1. milénia před n. l. Na území dnešního Řecka pracovaly železářské hutí na poloostrově Euboia již v 9. a 8. stol. př. n. l., které zpracovávaly místní rudy (Varoufakis 1989, 280). Přes absenci nálezů samotných tavících pecí je známo pět vyobrazení šachtových pecí na attické černo a červenofigurové keramice. Na nejstarší černofigurové váze z první čtvrtiny 5. stol. př. n. l. je zobrazen mimo vlastní šachtové pece i kovář přidržující kleštěmi na kovadlině zpracovávanou železnou houbu s pomocníkem vybaveným kladivem. Scéna zobrazuje ukončení tavby, když došlo k odstavení měchů (Britské muzeum). Shodné typy pecí jsou zobrazeny na vázách z 5. stol. př. n. l., uložených v různých muzeích (Photos 1989, 295). Přes Bosporskou úzinu směřoval další proud šíření znalosti výroby železa do jihovýchodní Evropy a na Balkánský poloostrov difuzí z maloasijského kulturního okruhu. Zároveň pronikaly do jihovýchodního evropského prostoru patrně kimerijské vlivy s železem zakavazského původu.

POČÁTKY EVROPSKÉHO ŽELEZÁŘSTVÍ

Středoevropská lokální metalurgie železa v 6. a 5. stol. př. n. l. poskytovala pouze výrobky pro vedoucí vrstvy společnosti. Nejstarší archeologicky datované pece z halštatského období z evropského prostředí jsou zahloubené jámové pece z hornorakouského Wimsbachu. Nejlépe zachovaná pec V měla cca 30 cm zahloubenou válcovou nástěkou o průměru 30 cm. Horní část pece byla vyzděna kameny a pokryta vrstvou strusky, vzduch byl patrně dmýchán přes horní okraj pece. Pece shodné konstrukce jsou známy z Británie (Kestor, Devon) a Irska (Pleiner 2000, 146). Veneto-ilyrská část podunajské indoevropské větve patrně

¹ Ložiska měděných rud bývají rozdělena do dvou zón, oddělených hladinou spodní vody. Horní část ložiska tvoří oxidační zónu se snadno redukovanými oxidovými a karbonátovými rudami bohatými mědí, zatímco cementační zóna, tvorící spodní hmotnější část ložiska sulfidických vrstev obsahuje chalkopyrit CuFeS₂ nebo chalkocit Cu₂S s menším obsahem Cu. V rozmezí těchto vrstev se obvykle nacházela přírodní měď (Pleiner 2000, 11).

TYPICKÉ ZNAKY NÁLEZŮ HMOTNÝCH PRAMENŮ PO ZANIKLÉ STŘEDOVĚKÉ I NOVOVĚKÉ SKLÁŘSKÉ HUTI

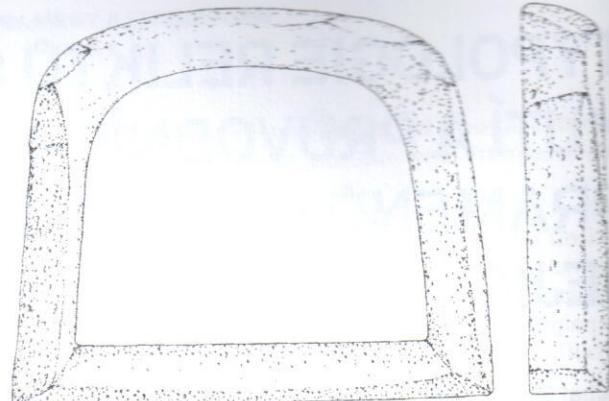
Po stanovištích středověkých, ale i novověkých sklářských hutí nejsou v terénu vždy zřetelné stopy. U některých středověkých lokalit tvoří výjimky nepatrné elevace, ty bývají zpravidla tři; pec tavicí s navazující pecí chladicí je větší a oválného tvaru, dvě pece (či jen jedna) uváděně jako pomocné jsou kruhové (ne vždy a všude) a menší. Tavicí pec někdy s mírnou podélnou depresí propadlé klenby nad bývalým podlouhlým topeníštěm. Tyto objekty (resp. nepatrná převyšená torza, a někdy ani ta ne) jsou ve středověku až do raného novověku, umístěna na mírně ukloněném terénu. Tyto středověké areály byly vždy situovány poblíž pramenišť, dnes v terénu ne vždy dochovaného.³ Při tomto sklářském areálu byla na vodním toku stoupa (v mladším období i vzdálená), po které v terénu nejsou nalézány stopy. Movable hmotné prameny v nalezištích středověkých i novověkých sklářských hutí a sklären dělíme do několika základních skupin.⁴ První skupinou (1.) je *sklářská technická keramika*, druhou (2.) hmotné prameny vzniklé tavením skla (nikoliv samotné výrobky), třetí (3.) jsou samotné výrobky (zlomky, málokdy intaktní výrobek; výjimkou je období novověku) a závěrečnou skupinou (4.) je *pracovní odpad* při jejich zhotovování, tvarování, zdobení, který sklářským odborníkům může také mnohdy leccos napovědět či ozřejmit. Kovové nářadí a další pomůcky zde záměrně vynecháváme.

1. SKLÁŘSKÁ TECHNICKÁ KERAMIKA – DĚLÍME JI DO PĚTI PODSKUPIN:

- 1.1 *Stavba pecí* – tvoří ji stavební prvky pevně vázané ke konstrukcím *tavicích, chladicích a pomocných pecí*. Ve středověku zdvozvané věnec bylo z kamene do výšky dolní hrany pracovních/nabíracích otvorů, na něm byla klenba z hlíny dusané na bednění (někde až do 19. století). V pozdním novověku pak cihly (tvarovky), ze kterých mohla být také celá pec.
- 1.2 *Uzavírání otvorů pecí* – šamotové pomůcky, kterými se otvory pece(-i) zmenšují nebo uzavírají. Také brána pece, kterou se vnášíjí temperované pánve, bývala uzavíraná masivní deskou ze šamotu (jíl a rozdrocené zlomky pární).
- 1.3 *Tavení skla*
- 1.4 *Nástroje a pomůcky k tvarování a hutnímu dekorování výrobků*
- 1.5 *Chlazení skla*

1.1 Stavba pecí

- 1.1.1 *Podlaha tavicí* (tzv. *lavice, též zrcadlo*) a chladicí pece ve středověku z místních hornin; od novověku (blíže časově neurčeno) z cihel; podlaha komory tavicí pece v novověku provedena lavicovými deskami z pískovců, následně ze žáromateriálů.⁵
- 1.1.2 *Klenba pece* prováděna z dusané hlíny (šamotu); při archeologickém výzkumu hutě z období středověku v terénu zpravidla již rozplavená, barevně odlišná od okolní humózní zeminy; pravděpodobně od poloviny 19. století byla nahrazena vypalovanými šamotovými cihlami – tvarovkami, nebo bílými ohnivzdornými a dinasovými cihlami (od přelomu 19. a 20. století).⁶
- 1.1.3 *Okraje pracovních otvorů* zhotovených ve středověku vcelku jako jeden kus; jsou ze šamotu (obr. 1 a-c); od 19. století jsou zhotovovány z pískovcových bloků či z umělých kamenů (dinas) a jsou ze dvou kusů zvaných párová ramena.⁷
- 1.1.4 Literatura uvádí pro novověk šamotovou *rouru*, odvádějící teplo z prostoru tavicí pece do pece chladicí; literatura cituje písemný pramen pro druhou polovinu 17. století a verbální tradice ještě v druhé polovině 19. století; výzkumy dosud nedoložena;⁸



Obr. 1a: Keramický rámeček pracovního otvoru tavicí pece, kresebná rekonstrukce, pozdní středověk, Niemetal, okr. Göttingen, Německo. Převzato ze Stephan 1988/89, 145



Obr. 1b: Keramický rámeček pracovního otvoru tavicí pece, středověk. Kyjov u Krásné Lípy, Lužické hory. Výzkum E. Černá ÚAPP SZČ Most. Foto M. Gelnar



Obr. 1c: Keramický rámeček pracovního otvoru tavicí pece, středověk, Hils, okr. Holzminden. Převzato ze Steppuhn 2003, 31. Foto M. Gelnar

3 Autopsie. Pramen mohl za staletí vyschnout vlivem těžby dřeva či se mohly také změnit hydrologické podmínky.

4 Sklářská hut – starší výraz skelná huť, je provoz, ve kterém se v žárovzdorných párních v tavicí peci taví sklovina, a kde se provádí její zpracování a tvarování za tepla. Výrobky jsou převážně polotovary k dalšímu zušlechtění, nebo výrobek konečný, hutně zdobený různými způsoby, ve středověku jediným dekorem. Ke sklářské hutě v historických dobách patřila téžba a úpravnictví surovin (jílu a zejména křemene), získávání dřevěného popelu, následně zpracovaného k výrobě salajky (nečistá potáš vyrobená z dřevěného popela), později potáš vyráběná v potášárnách (zvaných též flusárny). Ty mohly být také součástí sklářského výrobního areálu. Sklárná – sklářský závod sestávající jak ze sklářské hutě, tak i rafinerie, event. dalších přináležejících provozů (např. truhlárny, pánevny). Páneváry se v druhé polovině 19. století stala samostatným výrobním podnikem dodávajícím sklárnám pánev a další šamotové pomůcky.

5 Karlova hut v Jizerských horách (Kaván 1982; 1988); Podlesí na Šumavě (autopsie; Fröhlich 1995); Terčí hut v Novohradských horách (autopsie, Svojkov na Českolipsku (Gelnar 2012).

6 Bárta 1935, 31; Zuman 1940, 77–78; Vávra 1952, 21; Koželuh 1991, 5 (uvádí dusanou klenbu tavicí pece ještě v poslední čtvrtině 19. století!).

7 Gelnar 2006, 21, 22, obr. 1a, b, d, e.

HISTORICKÝ VÝVOJ A PRAMENE

Aj napriek diskutabilným možnostiam kontinuity tehliarskych tradícií medzi obdobím antiky a stredoveku v strednej Európe, je ich vyrastanie práve v tomto momente pravdepodobné, ako na to na príklade archeologickeho nálezu tehelne z 13. stor. v Milevsku poukázal M. Drda (1983, 169, 171). V súvislosti so známymi okolnostami historického vývoja v našich oblastiach po období stáhovania národov sa na určitú dobu stratila aj znalosť výroby tehiel. V tomto smere sa doposiaľ solitérnym javom objav keramickej pece na vypaľovanie strenej krytiny z obdobia pred 10. stor. v Uherskom Hradišti-Sadech na Morave (Galuška 2004, 100, 101). K otázkam spojeným s pôvodom najstaršej stredovekej tehlovej architektúry v západnej a strednej Európe sa vyjadrili V. Kotrba (1951, 22 a n.) a D. Líbal (2003, 83-85) so záverom, že vplyv cisterciátskeho stavebníctva je nespornej. Na dobovej výstavbe sa podieľali stavebné huty, medzi ktorými môžeme už v 11.-13. stor. nájsť aj tehelne. Archeologicke doklady najstarších vrcholnostredovekých tehliarskych pecí to indikujú. V priloženom prehľade sú uvedené, preto je potrebné iba zdôrazniť ich datovanie: Dambach-Neuhoffen (13.-14. stor.), Danbury (13.-14. stor.), Doboz-Faluhely (11. stor.), Dombóvár-Szigeterdő (13. stor.), Dömöös (14. stor.), Gyula-Szeregháza (11.-12. stor.), Haibach (11.-12. stor.), Milevsko (13. stor.), North Grange (13. stor.), Ópusztaszer (11.-12. stor.), Pókaszepetk (13. stor.), Strzelno (13. stor.), Tiszalök-Kövestelek (12.-14. stor.) a Zenta-Mákoson (13.-14. stor.). Pri týchto peciach sa opakuje rovnaký typ ich technického riešenia, ktorý má svoj odraz aj v ikonografických prameňoch. Tie však máme k dispozícii až od 15. stor. Najstaršie zobrazenie tehliarskej pece sa nachádza na nizozemskej drevorezbe tehelne z rokov 1425-1450. Na tejto drevorezbe je vzácne zobrazený kompletný pracovný postup

výroby tehiel od prípravy suroviny (lopata v pravom spodnom rohu), cez formovanie tehiel (tehliar pod strechou), vyvážanie surových tehiel na sušenie, štorcovanie a šrankovanie surových tehiel (viaceré spôsoby) a výpal v tehliarskej peci. Pec má obdlžníkový pôdorys a zastrešenú vykurovaciu komoru s obslužným otvorom. Na rohoch sa nachádzajú vretenovité schodiská, aké doposiaľ neboli nikde archeologicicky doložené. Podľa vyobrazenia ide o pec s jedným vykurovacím kanálom (obr. 1). Talianska medirytina s názvom Výroba tehiel z roku 1540 zobrazuje dve tehliarske pece. Jedna pec má obdlžníkový a druhá okrúhly pôdorys. Kým obdlžníková pec s dvomi otvormi vykurovacích kanálov je postavená na teréne, pec s okrúhlym pôdorysom a jedným obslužným otvorom je doň mierne zapustená. Obe pece sú vymurované a ich vypaľovacie komory sú otvorené. Pec s obdlžníkovým pôdorysom je zastrešená sedlohou strechou s jednoduchou konštrukciou. Medzi pecami sa nachádza postava tehliara, ktorý nesie na pleci drevo (obr. 2). Kým pec naľavo zodpovedá predstave o stredovekých tehliarskych peciach v strednej a západnej Európe, pec napravo sa až na absenciu kupolovitého zakončenia vypaľovacej komory podobá na tehliarske pece rozšírené v južnej Európe. Viacero z nich je publikovaných v etnografickej práci R. Hampeho a A. Wintera (1965) a podobne je tehliarska pec vyobrazená aj na embléme tehliarskeho cechu v talianskom Orviete z roku 1602 (Wyrobisz 1966, obr. 1). Na Aginelliho vedute Győru z roku 1566 nachádzame polnú tehelňu, pozostávajúcu z dvoch tehliarskych pecí, z ktorých v jednej práve prebieha výpal. Obe pece majú po tri vypaľovacie kanály a zdá sa, že ide o miliere. Tehelňa ďalej pozostáva z ďalších dvoch domov, zrejme domov tehliarov ajs s oploteným holubníkom. V popredí sa štorcujú tehly, niektoré



Obr. 1: Tehelňa, okolo roku 1425-1450, Nizozemsko (Barta 1941, obr. 14)