

sklář a keramik

Odborný časopis pro průmysl skla, keramiky a bižuterie

3-4 / 2013



Expertní systém

Pokročilé řízení sklářských
pecí pomocí

Expertního systému **ESIII™**

Modelování

Matematické modelování tavících
agregátů a jejich optimalizace
Fyzikální modelování
Simulace tvarování

Dodávky pecí a řídicích systémů

Elektrické párové pece
Elektropříhřevy
Řídicí systémy

Laboratorní služby

Analýzy vad skloviny
Vysokoteplotní pozorování
průběhu tavícího procesu
Měření redoxu – **GS Rapidox II™**
Dodávky lab. technologií

Glass Melting -
ADVANCED FORMING

Melting -
Advanced Solutions
Conditioning

Audit pecí
Dodávky
sklářských surovin



XII. MEZINÁRODNÍ SEMINÁŘ - Aplikace modelování
při konstrukci, optimalizaci a řízení sklářských pecí
25. - 27.6.2013, Velké Karlovice
Více informací na www.gsl.cz



Sklářské peci otápěné dřevem ve střední Evropě od středověku do 19. století

Wood Heated Glass Furnaces in the Central Europe from the Middle Age to the 19th Century

Rudolf Hais, Česká sklářská společnost, Nový Bor, r.hais@quick.cz

Autor popisuje nejpravděpodobnější vývoj tavicích a pomocných sklářských pecí otápěných dřevem od ranného středověku do poloviny 19. století, především v Čechách a okolních zemích. Podrobně popisuje jednotlivé vývojové typy, jejich funkci, způsoby otopu a technologii provozu.

The author describes the most probable development of melting and auxiliary glass furnaces heated by wood from the early Middle Ages to the mid-19th century, especially in the Bohemia and neighboring countries. Details of different furnace versions are described, as well as their function, heating methods and technology operations.

Úvodem

O podobě nejstarších sklářských hutí z 13.–14. století v Čechách a jejich tavicích a pomocných pecí neexistují dosud žádné přímé písemné ani ikonografické zprávy. Porovnáme-li prameny raně evropských středověkých autorů zjistíme, že jsou v podstatě popisovány dva základní typy sklářských pecí:

a) *Pec s vertikálním technologickým uspořádáním*, kde topný prostor, prostor tavicí s páničkami a prostor na chlazení skleněných výrobků jsou uspořádány vertikálně nad sebou. Půdorys věnce je kruhovitý, otop jedním topení se středovým, nástějovým hořákem. Tento typ sklářské pece dle Hrabana Maura (obr. 1) je později zdokonalen v Benátkách a tak vzniká typ sklářské pece benátské, kterou později popisuje podrobně Agricola^[1].

b) *Pec s převážně podélným technologickým uspořádáním*, tj. topný a tavicí prostor jsou umístěny nad sebou, pec pomocná (fritovací – kalcinační – chladící) je přisazena v podélné ose.

Půdorys pece podle Theofila je dle nejnovějšího výkladu obdélníkový^[2] (obr. 2). Tavicí části pecí tohoto typu jsou otápeny pouze jedním hlavním topení se. Pomocná, víceúčelová pec byla s tavicí částí spojena průduchem, kterým byla otápena s využitím tepla spalin. Z tohoto typu středověké středoevropské pece vzniká dalším vývojem od 17. století **německá** i tzv. **česká pec**.

Suroviny a energie

Hluboké pohraniční hvozdy i rozsáhlé lesy ve vnitrozemí poskytovaly sklářům všechny potřebné suroviny a energetické zdroje:

- dřevo na otop sklářských pecí, výrobu potáše a sklářského náradí, stavbu hutí a obydlí,
- křemen (písek) jako základní sklo-tvornou surovinu,
- vápenec jako stabilizátor složení skla,
- žáruvzdorné jíly, pískovce a další horniny ke stavbě sklářských pecí, na výrobu pánví a kelímek, pomocného žáruvzdorného materiálu a forem,
- vodu pro pohon stoup a mlýnů; od poloviny 18. století i pohonu vodních brusíren, ke tvarování skla.

Konstrukce nejstarších sklářských pecí

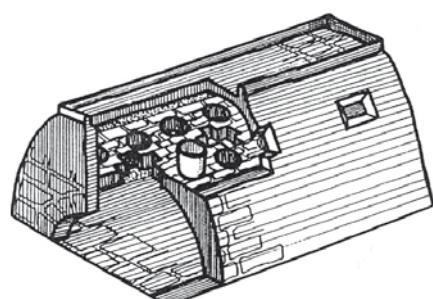
Realizované archeologické výzkumy stanovišť sklářských hutí z nejstaršího období 13.–14. století v Krušných a Lužických horách nedávají na konstrukci sklářských pecí jednoznačnou odpověď. Na těchto lokalitách byly nalezeny pouze spodní partie sklářských pecí, většinou jen základy a zbytky podélných topných kanálů^[3].

Téměř ve všech případech se nalézají pohromadě základy tří pecí: jedné větší (tavicí a chladící) s vyšší tepelnou expozicí materiálu topného kanálu, často se zbytky skloviny a pániček, a dvou menších pomocných pecí využívaných

k ostatním technologickým činnostem – tj. k pražení křemene, kalcinaci surovin, vyhřívání sklářských pánev a pomocného žáromateriálu. V období do 17. století, kdy se malíři od sklářských hutí osamostatňovali, se zřejmě v chladicích hrncích těchto pomocných pecí vypalovaly i malované skleněné výrobky. Soustava tří pecí (jedné hlavní a dvou pomocných) pokračuje i u generace větších a výkonnějších pecí na přímý otop dřevem až do průmyslové revoluce v 19. století, viz. např. Karlova huť v Jizerských horách^[4], Skelná louka v Orlických horách apod.



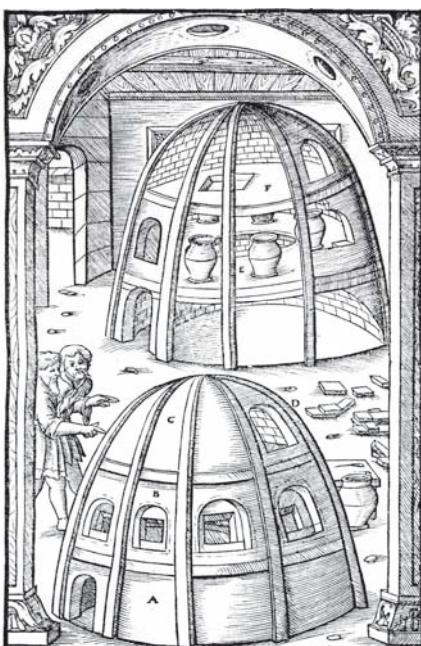
Obr. 1 – Sklářská pec dle H. Maura (vertikální uspořádání), archiv autora



Obr. 2 – Rekonstrukce Theophilovy sklářské peci dle Brepolha (horizontální uspořádání), archiv autora



Obr. 3 – Česká sklářská huť s tavicí a chladicí pecí kolem roku 1420 vyobrazená v Mandevilllově rukopisu, archiv autora



Obr. 4 – Typická benátská tavicí a chladicí sklářská pec dle Agricoly, 1556 (vertikální uspořádání), archiv autora

Důležité a nejstarší k Čechám se vztahují ikonografické vyobrazení sklářské hutě z období kolem 1410–1420 pochází z tzv. *Mandevilllova rukopisu* (obr. 3). Tato kresba znázorňuje sklářskou huť včetně sklářské a chladící pece s podélným technologickým uspořádáním^[5].

V pravé části je tavicí prostor, ke kterému zleva přiléhá pomocná (chladicí) pec. Otop pece je z jednoho hlavního topeniště umístěného v podélné ose pece. Chladicí část je otápěna spalinami průduchem z tavicí části. V tavicí části jsou znázorněny dva pracovní otvory s páničkami. Dále jsou znázorněny následující technologické a výrobní činnosti: otápění (čištění) topeniště, nabírání a tvarování skla, vkládání hotových výrobků větších rozměrů do chladící pece, uložení menších výrobků v chladicím hrnci a prohlížení hotových výrobků. Z vedlejších činností je zobrazeno propírání křemene (písku) a jeho doprava do sklářské hutě.

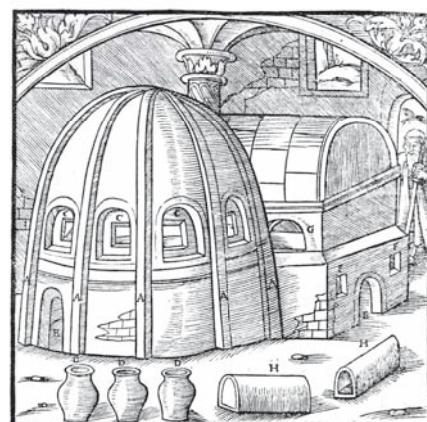
O sto let později, roku 1556, vzniklo rozsáhlé dílo Georga Agricoly „*De re metallica libri XII*,“ v němž je posled-

ní díl věnovaný sklářství. Agricola zde uvádí tři základní varianty pecí, a to pro úpravu surovin (např. pražení křemene), tak i pro tavení skla, které se provádělo vícefázovým způsobem vzhledem k tomu, že ve středověkých pecích nebylo možné dosáhnout potřebných vysokých teplot. Proto se sklářský kmen nejdříve spékal, vyprázdnil do vody, po vysušení a rozdrocení se s přídavkem tativ znova přetavoval. Tento postup se opakoval i několikrát, než vznikla vhodná skloviny pro tvarování^[6].

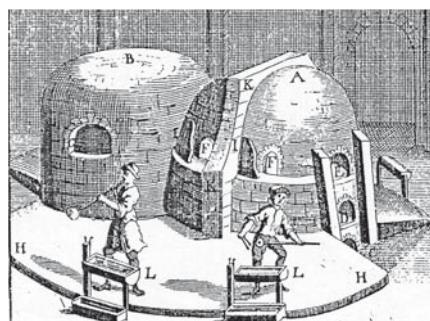
Nejčastěji je v Agricolově díle na dřevorytech Basila Weffringa zobrazována třípatrová pec s vertikálním uspořádáním, kde spodní část představuje topeniště, střední tavicí prostor, nejvyšší prostor pod klenbou byl určen pro chlazení skleněných výrobků (obr. 4).

Jak naznačuje Heteš a popisuje Broul, kteří se Agricolovým dílem podrobně zabývali, jedná se v případě vertikálního uspořádání tříposchodové pece o typ, který nechal Agricola nejspíše znázornit na základě osobních poznatků ze svého dlouhodobého pobytu v Benátkách^[7].

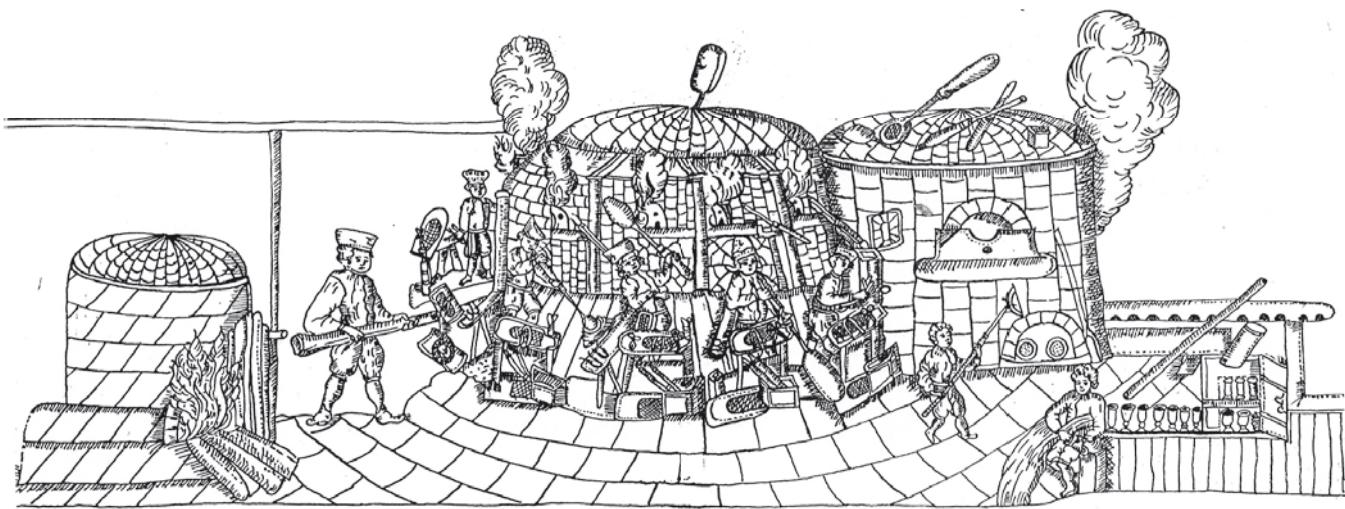
Dál však Agricola popisuje i typ s podélným (horizontálním) uspořádáním tech-



Obr. 5 – Benátská sklářská pec s podélně přizázenou pecí chladicí dle Agricoly, archiv autora



Obr. 6 – Německá sklářská tavicí a chladicí pec podle J. Kunckela, 1756. A - tavicí pec, B - chladicí pec, archiv autora

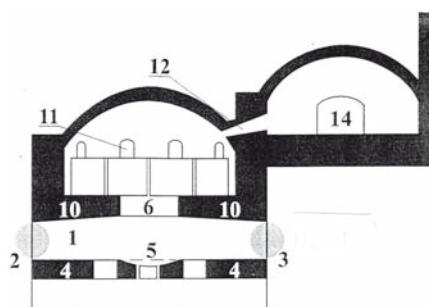


Obr. 7 – Kresba barokní sklářské hutě z poháru J. Preisslera z roku 1727, Zeidler ve Slezsku, archiv autora

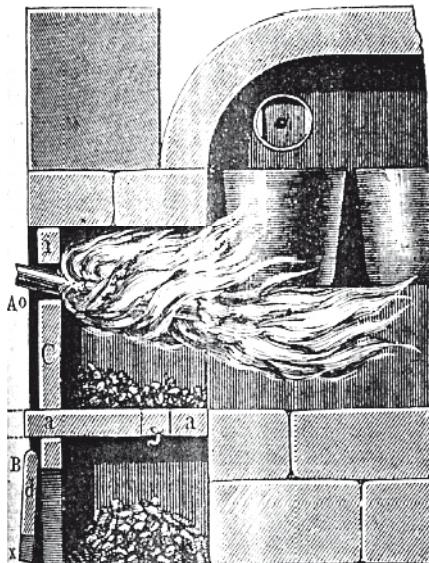
nologických funkcí – s přilehlou chladicí pecí (obr. 5), která konstrukčně navazuje na pec zobrazenou v Mandevillově díle.

Vývoj sklářských pecí na přímý otop dřevem v 17. až 19. století

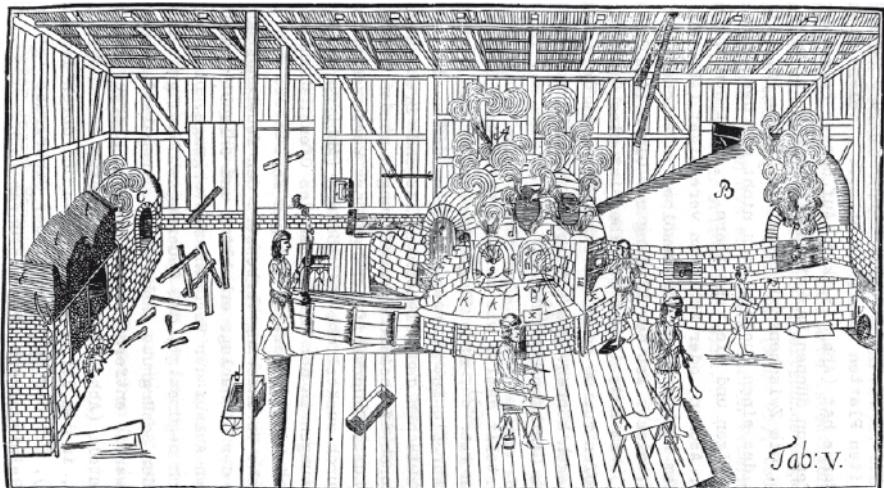
V období 17.–18. století se zvýšenou potřebou (zejména okenního skla) se dále vyvíjejí i sklářské pece. Původně malé



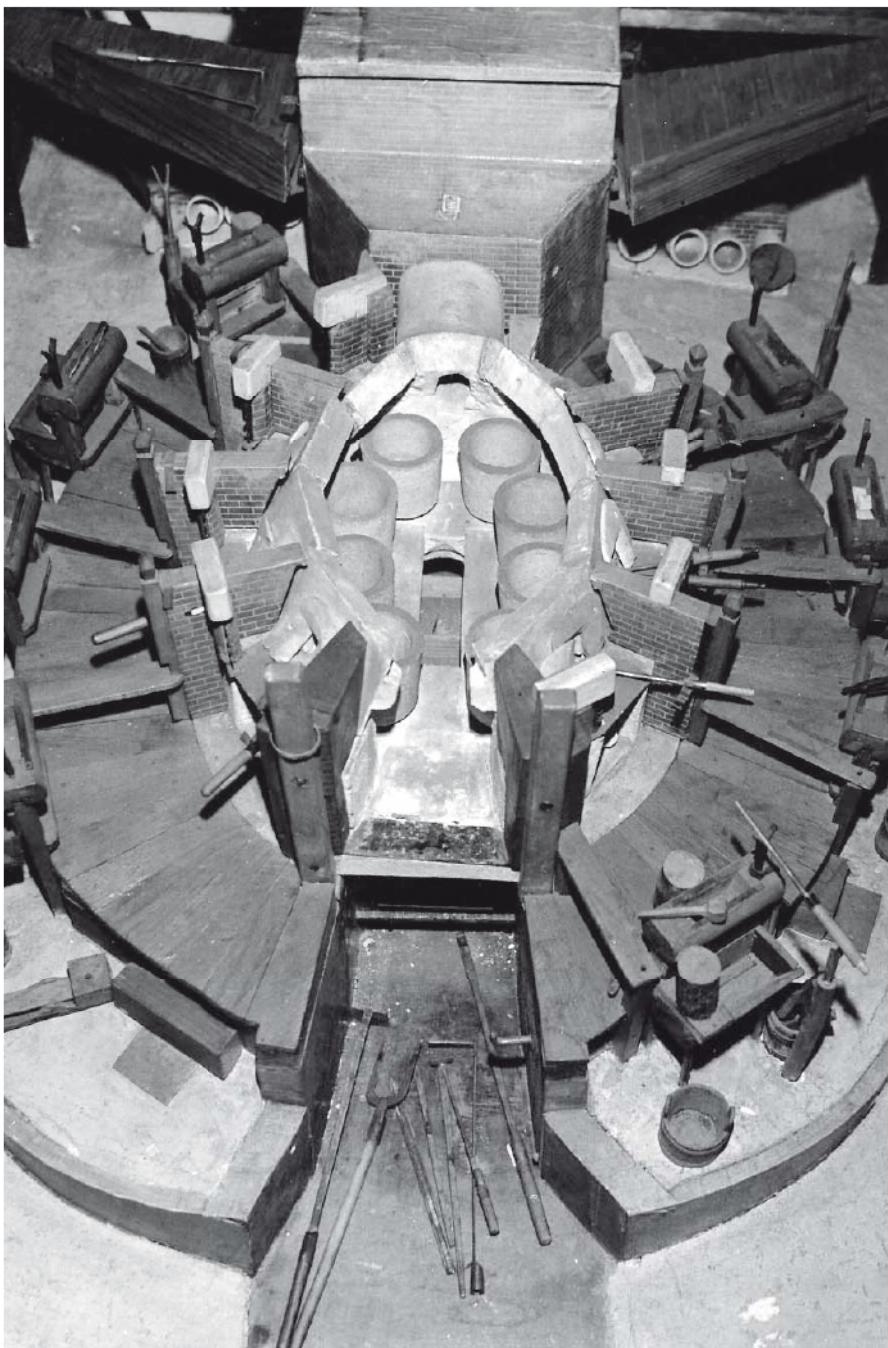
Obr. 10 – Schéma české sklářské pece na přímý otop dřevem dle Lenga, 1835.
1 – topný kanál, 2 – přední topeniště, 3 – zadní topeniště, 4 – rošty, 5 – úprava roštu pro svedení níštějového skla, 6 – níštějový hořák, 7 – pánve, 8 – brána pece, 9 – věnec, 10 – lavice, 11 – pracovní otvory, 12 – průduch, 13 – chladicí pec, 14 – vkládací otvory, archiv autora



Obr. 11 – Detail topeniště s přímým otopem dřevem (šeity), Meyers Lexikon, 1876, archiv autora



Obr. 9 – Pohled do sklářské hutě podle G. L. Hochgesanga z roku 1780. A – tavicí pec, B – chladicí (kalcinační) pec, C – temperovací pec, D – sušárna dříví (šejtů), archiv autora



Obr. 12 – Vnitřní uspořádání modelu české sklářské pece, Preitenštejn u Plzně, autor F. Rückl, kolem 1850, Expozice Sklářského muzea v Kamenickém Šenově

středověké pece s jedním topeništěm jsou zvětšovány a osazeny větším počtem (postupně až osmi) větších pánví. Větší prostor pece s vyšší tavicí kapacitou vedl nutně ke zřízení dalšího topeniště na protilehlé ose pece. Chladicí (pomocná pec) zůstává přilehlá k tavicí části, ale je vzhledem k přístupu k druhému topeniště (šíru) umístěna výše, takže převyšuje část tavicí.

Johann Kunckel ve svém spisu „Ars vitraria experimentalis“, vychází z díla Itala Neriho a Angličana Merreta^[8]. Znázorňuje jednak pece benátské a holandské, především v různých pohledech tzv. pec německou, v českých a okolních zemích s dalším vývojem později nazývanou i pecí českou (obr. 6). Funkce a práce u těchto barokních pecí je dobře znázorněna i na Preusslerovských pohárech z roku 1680 a 1727 (obr. 7).

Podobný typ sklářské pece (navíc s předsazeným topeništěm upraveným na tavení šmolky v Krušných horách znázorňuje Lehmann [1761] (obr. 8 – viz s. 75), další konstrukce podobného typu pecí i Sprengl [1773], Hochgesang [1780] (obr. 9) a Krünitz [1788]. Od druhé poloviny 17. století se tento typ sklářské pece stává plamennou kolébkou jak

českého křišťálového skla, tak i novodobého skla rubínového barveného zlatem i dalších barevných sklovin.

Rozměry české pece vztahující se k oblasti Šumava – Bavorský les podrobně popisuje huťmistr Kirn k roku 1830, nejdokonalejší schéma uvádějí Leng [1835] (obr. 10) a Tscheuschner [1886]^[9]. Během 18. století se mění i způsob otopu dřevem ve střední Evropě. Na rozdíl od starších pecí (podle Mandevilla a Agricoly), kde se dřevo volně vkládalo do topného kanálu, se v dalších vydáních Kunckela z let 1752 a 1758 objevuje v půdorysném řezu poprvé rošt. Jedná se nejspíše o francouzské vylepšení původní Kunckelem popsané pece.

Doplňením tzv. německé pece o krátký rošt u obou topeniště (obr. 11)^[10], v Čechách a přilehlých oblastech (Slezsko, Morava, Bavorsko, Horní Rakousko) pak o jednoduchý rošt centrální (zhotovený z několika překladů ze žárovzdorných pískovců), se dosáhlo vyšších tavicích teplot. Polena (šepty) se zasouvala zešikmeným otvorem v šamotové desce (uzavírající horní část topeniště) do proudu spalovacího vzduchu. Ten byl nasáván a regulován dvířky v topném kanálu. Po dohoření polena byl zbytek zasunut

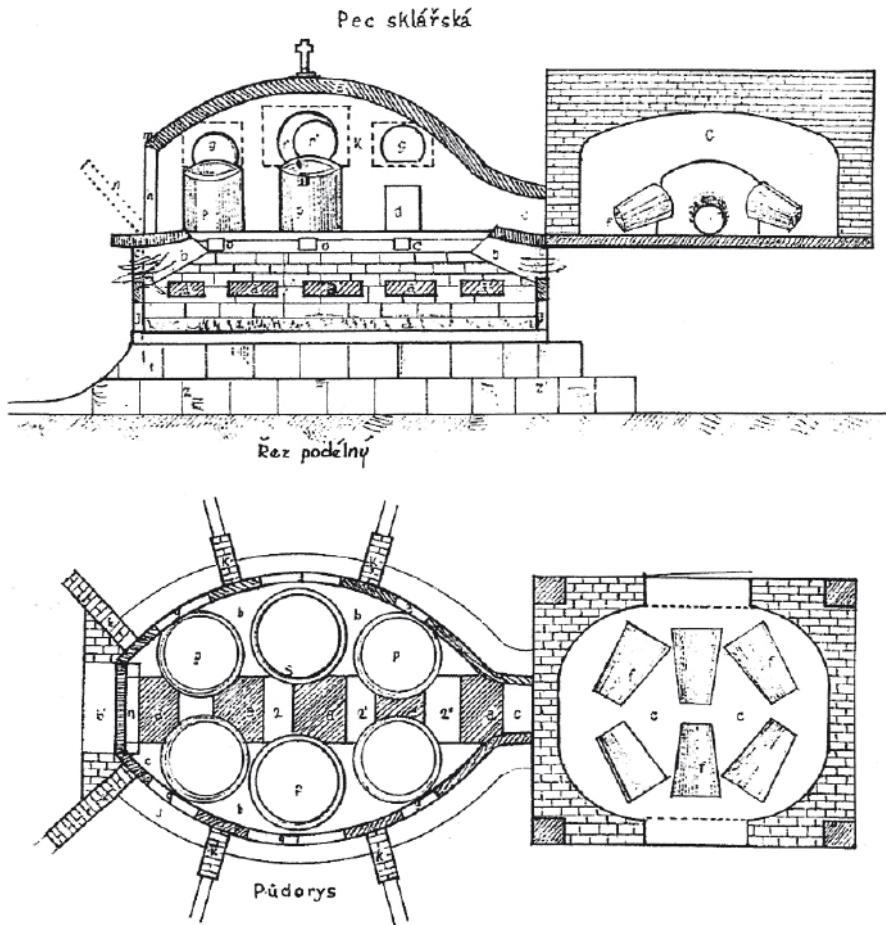
dalším suchým polenem do topeniště, kde dohořel na rostu. Tento způsob otopu je podrobně popsán ve Schmidtově receptáři z poloviny 19. století, ve vzpomínkách F. Rückla i u J. Bártý^[11].

Zavedením nového způsobu spalování „šejtů“ v proudu horkého vzduchu umožnilo dokonalejší a hospodárnější spalování dřeva a dosažení vyšších tavicích teplot až na 1 300–1 400°C. Wedepohl, Benrath a Kotšmid uvádějí spotřebu dřeva při původním primitivním otopení na 8,5 kg na 1 kg utavené skloviny; při spalování „šejtů“ v proudu vzduchu klesla spotřeba na 4 kg na 1 kg utavené skloviny^[12]. Spotřeba dřeva v bavorské Riedelhütte v roce 1800 představovala 2 000 sáhů, tj. 6 760 m³^[13].

Nejlepší technickou dokumentací české sklářské pece z jejího vrcholného období kolem roku 1850 je do detailu zpracovaný model pece Preitenštejnské hutě u Plachtína na Plzeňsku vystavený ve stálé expozici Sklářského muzea v Kamenném Šenově (obr. 12) s popisem autora – huťmistra Františka Rückla^[14]. Stavební údaje tohoto typu pece (různých velikostí) se nacházejí v zachovalých receptářích např. Riedelově a Schmidově. V Eisnerově receptáři je uvedeno i složení pánevových hmot, velikosti a složení žárovzdorných staveb na lavice, věnec, klenbu pece apod.^[15]

Popis české sklářské pece

Tato pec představuje dvojici na sebe navazujících pecí. Pec tavicí měla dve topeniště v podélné ose. Střed topného kanálu byl opatřen jednoduchým roštěm ze širokých žárovzdorných pískovců. Nad roštěm byl oválný tavicí prostor, do kterého šlehaly plameny otvorem, jenž byl předchůdcem nástějového hořáku. Sklářské pánev (4–8 ks do průměru 80 cm) stály na lavicových deskách z pískovců. Podobně jako u současných pánevových pecí byly na lavicových deskách postaven věnec, ve kterém byly žárničky a pracovní otvory. Věnec byl uzavřen klenbou původně vydusanou směsí ze žárovzdorných jílů, později zaklenutou cihlami. Prostor na 8 ks pánev měl obvykle velikost 4 x 3,5 m. V čelní stěně věnce (nad předním topeništěm) byla „brána pece“, pro výměnu pánev (obr. 13 – viz s. 75). Otop pece se prováděl ručně především šikmo vkládanými poleny z obou topeniště – „šíru a šírlochu“^[16]. Přívod vzduchu se řídil železnými vrátky v topeniště. Spaliny z části odcházely průduchem



Obr. 14 – Půdorysné schéma české pece dle F. Kavaliera z roku 1878. V tavicí peci jsou vyznačeny sklářské pánev – p, v peci chladicí – c hrnce na chlazení sklářských výrobků – f, archiv autora

do přisazené pomocné pece nebo volně pracovními otvory do hutní haly.

Na zadní stěnu tavicí pece navazovala pec pomocná. Byla otápěna spalinami z tavicí pece, případně dalším pomocným topeníštěm. Při díle sklářů sloužila především ke chlazení skla skleněných výrobků v hliněných hrncích (obr. 14), během tavby i k dalším účelům, např. kalcinaci surovin. Na tuto pomocnou pec pak obyčejně navazovaly sušárny dřeva otápěné horkými spalinami unikajícími z pece pomocné – chladicí.

Tato pec českého typu byla doplněna (podobně jako již u starších hutí 13.–16. století) obyčejně dvěma samostatnými pomocnými pecemi na temperování sklářských pánev, výpal pomocného žáromateriálu, keramických forem i na chlazení tlustostenných skleněných výrobků.

V tomto typu pece bylo možné dosáhnout již tavicích teplot kolem 1 300–1 400°C, a proto nebylo u běžných sklovin nutno provádět „vícefázové tavení“, spojené s frizováním sklářského kmene. Protože tavba trvala běžně 24–26 hodin, ale i déle, byla pracovní doba sklářů rozdělena na 3–5 směn za týden. Dílo sklářů trvalo do vypracování všech pánev, obyčejně kolem 12 hodin, ale s přestávkami až 18 hodin^[17]. Kampaň pece, čili „hic“, se pohybovala podle kvality žáromateriálu, údržby a způsobu tavení od šesti do maximálně dvaceti měsíců. Provoz sklářské hutě byl



Obr. 15 – Pohled na sklářskou huť Kristiánov v Jizerských horách z publikace A. Anschiringera, 1858, archiv autora

od 18. století již převážně celoroční. Sklářské pece byly umístěny do jednoduchých dřevěných staveb s kamenými podezdívky, šindelové střechy byly upraveny na odvod velkého množství spalin prostřednictvím střešních rytířů (obr. 15).

Závěr

Česká sklářská pec se stala základním a technicky nejdokonalejším typem pece na přímý otop dřevem používaném ve střední Evropě v průběhu 17.–19. století. Společně se zlepšeným úpravnitvím surovin a zavedením odbarvování skla byla tato pec zásadním technickým

prvkem pro vývoj českého křišťálového a barevného skla. Tento typ sklářské pece byl v českých zemích používán až do poloviny 19. století, kdy byl postupně vytlačován nedostatkem dřeva a pronikavými změnami v tepelné technice období průmyslové revoluce. V některých odlehlejších sklářských oblastech Čech a Moravy byl český typ sklářské pece provozován až do konce 19. století, ve sklárně Gápel ve Vlárském průsmyku dokonce až do 1. světové války^[18].

Autor děkuje za pomoc při vyhledávání materiálů pánum D. von Kerssenbrock-Krosigk a H. Matiskainenovi.

LITERATURA:

- 1] Maurach H.: Glasschmelzofen in alter Zeit, Glastechnische Berichte (8) (1834), s. 265–273; Broul J.: Doktor Agricola a jeho význam pro sklářství, Příspěvky k dějinám skla a keramiky, NTM Praha (1973), s. 316; Brepohl E.: Theophilus Presbyter und der berühmste Glasschmelzofen des Mittelalters, Glastechnische Berichte 71 (21) (1998).
- 2] Wedepohl, K. H.: Die Herstellung mittelalterlicher und Antiker Gläser, Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Stuttgart (3) (1993).
- 3] Černá, E.: Výroba skla v Čechách v období vrcholového baroka. In: Sklář a keramik, (4) (1989), 339
- 4] Kavan J.: Výsledky archeologického průzkumu Karlovy hutě v Jizerských horách, která pracovala v letech 1758–75. In: Ars vitraria, (7) (1982), s. 19–72
- 5] Hejdová D.: Na okraj ilustrací Mandevillova cestopisu, Umění 35 (6) (1987), s. 515–519.
- 6] Broul J.: Georgus Agricola a sklo, Sklář a keramik (7) (1995), s. 157.
- 7] Hetteš K.: Nedorešené problémy dějin našeho sklářství, Příspěvky k dějinám skla a keramiky, NTM Praha (1973), s. 7–20; Broul J.: Doktor Agricola a jeho význam pro sklářství, tamtéž, s. 316.
- 8] Kunckel J.: Ars vitraria experimentalis (1679), faksimile Berlin – Leipzig (1975).
- 9] Leng H.: Glasfabrikation, Tafel 19, Weimar (1835); Tscheuschner E.: Handbuch der Glasfabrikation, Tafel VII, Fig. 74 – Böhmisches Glasofen, Weimar (1885).
- 10] Meyers Konversations Lexikon, Band 7, tabulka Glas II., Leipzig (1878); Hais, R.: Receptář šumavských skelmistrů Schmidů, Popis a technologické výhodnocení, rkp., archiv autora (1997); Vávra J. R.: Huťmistr Rückl, Praha 1952; Bárta J.: Život na staré hutě, Archiv pro dějiny průmyslu, obchodu a technické práce Praha (1935).
- 11] Wedepohl, K. H.: Die Herstellung mittelalterlicher und Antiker Gläser; Benrath H. E.: Die Glasfabrikation, Braunschweig (1875); Kotšmíd F.: K historii topení ve sklářských pecích v Čechách a na Moravě, Sklářské rozhledy (1–2) (1949), s. 10–12.
- 12] Reiner L.: Die vergessenen Berufe der Glashütten im Bayrischen Wald, Heimatverein Riedelhütte (1995), s. 228.
- 13] Vávra J. R.: Huťmistr Rückl, Praha (1952)
- 14] Pazourek G. E.: Aus Böhmens alter Glashüttenpraxis, Mitteilungen des Nordböhmischen Gewerbe-Museums, Recichenberg (1903), s. 63–78; Hais, R.: Receptář šumavských skelmistrů Schmidů;
- 15] Tscheuschner E.: Handbuch der Glasfabrikation.
- 16] Vávra J. R.: Huťmistr Rückl; Bárta J.: Život na staré hutě
- 17] Drahotová O. a kol.: Historie sklářské výroby v českých zemích I., kap. 7. 4. Pece, paliva, žárovzdorná keramika, vývoj hutní výroby, Academia Praha (2005).

Lektor: PhDr. Petr Nový