

Flodr, Miroslav

Odlévání

In: Flodr, Miroslav. *Technologie středověkého zvonařství*. Vyd. 1. V Brně: Univerzita J.E. Purkyně, [1983], pp. 69-87

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/121868>

Access Date: 06. 12. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

Při dosavadním sledování postupu zvonařské práce jsme měli dostatek příležitostí poznat náročnost i závažnost každé její jednotlivé etapy. A nejen to. Právě tak jsme mohli vycítit, s jakou odpovědností a vědomím důležitosti středověký zvonař přistupoval ke každému úkolu. Ze všeho vyvěralo přesvědčení, že v této činnosti není podřadných pracovních fází, že podcenění jediné z nich, ba jediného detailu může neodčinitelným způsobem pokazit celé dílo. Přesto v podvědomí i pocitech středověkého zvonaře se dostávalo jisté hierarchické nadřazenosti vlastnímu odlévání. Zde nastávala vrcholná chvíle přímé realizace daného díla, zrození zvonu. Ve světle tohoto okamžiku se všechny ostatní práce zdánlivě jevíly, resp. mohly jevit jako přípravné, toliko pomocné úkony.¹ Nesporná mimořádnost této etapy zvonařské práce byla zásadně dána jejím faktickým významem. Šlo vskutku o čin rozhodující povahy, který v případě nezdaru nejen zmařil všechnu dřívější kvalitní práci, nýbrž sám byl již v tomto nedostatku nenapravitelný (to na rozdíl od předchozích fází). Na druhé straně tu působila okolnost, že teprve nyní se zvonař dostával k nejvlastnějšímu jádru své kovolijecké profese — k práci s kovem. K práci, která vyžadovala plné soustředění, rozvahu, horečné úsilí a dokonalou spolupráci všech zúčastněných pracovníků v čele se zvonařem jako ústřední řídicí postavou. To vše vytvářelo zvláštní atmosféru, plnou ruchu a napjatého očekávání.

Pracovně zahrnovala tato etapa tři hlavní úseky činností: tavbu, vlastní odlévání, konečnou úpravu odlitku. Z nich vyplývala pro zvonaře řada rozmanitých úkolů. Jejich okruh i sled v jádře zůstával po celý středověk totožný, měnily se toliko způsoby jejich řešení. Každému byla věnována velká pozornost. To se odráží i v popisech zvonařské práce. Jsou na tomto místě poměrně obšírné, všímají si mnohých detailů potřebných zařízení, ale také pracovních postupů, jejich zásad, a opětovně zdůrazňují závažnost

¹ Tuto situaci postihuje Biringuccio, když říká (fol. 101 a): „... il vostro gitto, nel qual effetto consista tutto il fine del intento vostro et la perfetione dell'opera senza il quale, ancor che haveste copia di forme et gran monti di bronzi, li vostri desiderii, le fatighe, le spese sarebbeno tutte vane...“.

každého činu. Tuto zjevnou snahu po kvalitě návodu však překrývá základní přesvědčení, že pro daný úkol není nic podstatnějšího než zvonařova zkušenost a rozvaha.

Prvotním předpokladem úspěšné tavby, vlastního to východiska celého procesu, byla stavba kvalitní pece. Obecně tu platilo (jak zdůrazňuje Biringuccio, fol. 101 a, a jak tomu bylo i v jiných oborech kovolijectví), že a) stavba pece musí být přiměřená povaze kovu a jeho množství, b) pec je třeba vybudovat tak, aby bylo možno co nejnázze přivést kov k roztavení a snadno ho pak udržovat v optimálním stavu pro odlévání. Konkrétně řešili středověcí zvonaři tento problém rozmanitými způsoby. Přitom rozdílnost praxe tu zdaleka nebyla vázána jen znalostmi či zvyklostmi dobovými, místními, resp. dílenskými, nýbrž též danými podmínkami tavby, např. zda šlo o odlévání velkých či malých zvonů, zda zvon byl zhotovován přímo v stabilní zvonařově dílně či v místě určení apod. V jádře lze postihnout charakter celé situace následovně. Po celý středověk se užívá k tavbě zcela výlučně (resp. později naprosto převážně) zařízení budovaných na principu šachtových pecí.² Teprve v průběhu 15. stol. se začínají zavádět do zvonařské praxe plamenné (pálavé) pece.³ V rámci těchto dvou základních postupů potom dochází k uplatnění různých variant.

Pokud jde o první typ pecí (jež jsou pro středověké zvonařství typické), všem je společné, že pracují pomocí dmychadel, aby se dosáhlo rychlejšího a rovnoměrnějšího ohřátí vsázky. Obecně se přitom používá dmychadel, jež konstrukčně vycházejí z tehdy obvyklého typu kovářských měchů. Podle velikosti pece se mění jen rozměry měchů i rozsah jejich soustavy.⁴ Poněkud větší variabilita je patrná ve volbě obsluhy měchů. Zásadně sice šlo pouze o pohon lidskou silou, měnily se však prostředky jeho realizace. Biringuccio výslovně praví, že tu existuje celá řada nejrůznějších systémů,⁵ a sám některé z nich popisuje i zobrazuje.⁶ Všechny byly totožné v úsilí ulehčit fyzickou námahu a vůbec snížit podíl lidské práce. Zatímco např. Theophilus počítá pro obsluhu každého měchu s prací dvou silných

² Ta se udržují v praxi četných zvonařských dílen i v pozdější době, i když pro stále omezenější okruh pracovních příležitostí.

³ První obšírný popis plamenné pece podává právě Biringuccio (fol. 101 b—104 a). Staršími doklady jsou kresby (mj. Leonarda da Vinciho), resp. příležitostné zprávy (např. v Lersnerově frankfurtské kronice k r. 1486); srov. Johansen, *Biringuccio*, 333.

⁴ K udržení stálého proudu vzduchu na dané místo bylo zapotřebí dvojice měchů: zatímco jedním se dál výfuk, druhý procházel nasávací fází. Zpravidla se užívalo dvou (protilehlých) až tří podobných dvojic. Tak uvádí již Theophilus („In duobus vero locis, vel si opus fuerit tribus, ubi folles apponi debent“) a obdobně se užívá i v pozdějším středověku.

⁵ Biringuccio, *l.c.*, fol. 111 b: „Sono infiniti e modi che alzano et abbassano et che tirano, quali tutti si potriano applicar à farlo far un de tali effetti“.

⁶ Biringuccio, *l.c.*, zvl. fol. 110 b—112 a. Srov. zde obr. 14.—18.

mužů,⁷ prosazuje se v průběhu vývoje záměr, aby jeden pracovník zvládl provoz dvou měchů (tj. jedna síla pro pohon jedné dmychadlové jednotky). Měchy byly pevně uloženy na zvláštních stolicích zbudovaných v těsné blízkosti pece. Do ní samé se pak zapojovaly pomocí kovových trysek. Zásadně se v tomto ohledu požadovala náležitá stabilita měchů a správné zaměření trysek, resp. též takové jejich zapojení do pece, při němž by nedošlo k jejich poškození nadměrným žářem. Činnost měchů (tj. práci obsluhy) řídil přímo mistr zvonař, který určoval její intenzitu na základě stálého pozorování průběhu stavby.

V detailním provedení pecí daného typu vládla zmíněná již rozmanitost forem. Náznak toho můžeme ostatně pozorovat již u Theophila. Pro odlévání běžných (tj. tehdy obvyklých, tudíž spíše menších) zvonů doporučoval následující úpravu pece. Jejím základem byla železná kotlíková nádoba s klenutým dnem, opatřená na horním okraji dvěma protilehlými uchy. Tu nejdříve z obou stran (vnitřní i vnější) potáhl postupně třemi vrstvami dobře prohnětené hlíny (až do síly dvou prstů) a poté pevně usadil tak, že ji celou (klenuté dno!) podložil zeminou a ještě zajistil po obvodu do země zaraženými dřevěnými kolíky. Navíc pak v místech předpokládaného vstupu trysek měchů zarazil vždy dva kůly a mezi nimi vyřízl otvor ve výši okraje nádoby. Kolem tohoto základu postavil z kamene a hlíny pec sahající až do výše půldruhé stopy nad horním okrajem nádoby (ponechávaje ve zdivu potřebné otvory pro trysky). Vnitřní stěnu pece rovněž potáhl vrstvami hlíny a celé takto připravené zařízení důkladně vypálil, vyplniv je hořícím dřevěným uhlím, které již žhavlil pomocí usazených měchů.⁸ Poslední prací byla zhotovení dvojitého dřevěného krytu (z dobře vyschlých, silných dubových desek) pro nádobu na dně pece, s otvorem

⁷ Theophilus: „...et unicuique folli deputabis fortes viros duos“. Theobaldova rekonstrukce (obr. 6) Theophilova systému obsluhy měchů je libovolná, nemá patřičné opory v daném textu. Vzhledem k osazení každého měchu dvěma pracovníky je nepravděpodobné, že se tu vůbec užívalo nějakého zařízení k usnadnění pohonu. Ten (zvedání a stlačování horní desky měchu) se spíše dál přímou silou obou mužů.

⁸ Theophilus: „Interim tolle cacabum ferreum in fundo rotundum, huic solummodo operi aptum, qui ex utraque parte aures ferreas duas habeat, aut si maxima campana erit, duos vel tres, et illinies eos interius et exterius argilla fortiter mace-rata, semel et iterum ac tertio, donec duobus digitis spissa sit, et sistes eos altrinsecus contra se, ita ut inter eos iri possit, et sub eis pones terram simplicem atque circumfiges paxillos ligneos. In duobus vero locis, vel si opus fuerit tribus, ubi folles apponi debent, figes duos paxillos fortiter aequaliter latos, et inter eos facies foramen contra oram cacabi, ita ut ventus intra eum veniat, et singulis foraminibus impones singulos ferros tenues atque complicatos, ita ut in eis possint fistulae follium firmiter iacere; sicque cum lapidibus et argilla facies super ipsum cacabum in circuito fornacem, pede et dimidio altam, atque interius aequaliter linies cum eadem argilla, sicque carbones ignitos appones. Cumque singulis cacabis similiter feceris, folles etenim cum instrumentis suis, in quibus firmiter iaceant, appones, unicuique foramini duos, et unicuique folli deputabis fortes viros duos“.

pro odtok kovu do nádoby, opatřené po obvodu kúly sahadjícími až k vrcholu pece.⁹

Vzhledem k relativně skrovným rozměrům nádoby i v souvislosti s ní vybudované pece nemohlo toto zařízení plně dostačovat ani pro odlévání menších zvonů. Situace se vesměs řešila tak (jak doporučuje Theophilus), že zvonář podle předpokládané potřeby stavěl vedle sebe dvě i více takových pecí. Budování většího počtu těchto staveb bylo již ovšem opatřením vyloženě nouzovým, značně neekonomickým, navíc přinášejícím mnoho pracovních komplikací a zvonář se k němu uchýlil jen ve zcela výjimečných případech, kdy neměl jiných možností. Tam totiž, kde předem počítal s velkou spotřebou kovu, znal již tehdy rozměrnější pece a užíval jich (jak rovněž naznačuje Theophilus). Jejich princip byl týž, vše (tj. nádoba, stavba pece, soustava měchů) se jen pohybovalo v daleko větších dimenzích. Jediná významnější odchylka vyplývala právě z velikosti zařízení. S ohledem na mohutnost nádoby a váhu v ní shromážděné slitiny nebylo totiž možno počítat s jejím přenášením a manipulací. Doprava teutého kovu z nyní již stabilní nádoby k formě se dala jeho odtokem. K tomu účelu se změnila konstrukce nádoby: měla tentokrát ploché dno a těsně nad ním byla v boční stěně opatřena odtokovým otvorem. Při vlastní stavbě pece se samozřejmě dbalo na to, aby se nádoba usadila s mírným sklonem k otvoru a ten sám pak směřoval k formě.¹⁰

Jak jsme viděli, charakteristickým rysem Theophilových tavicích pecí byly železné nádoby, jež zřejmě patřily (zejména v prvním, menším provedení) k základnímu vybavení tehdejších putujících zvonářů. Jejich užití ovšem nebylo nezbytnou podmínkou stavby dobré tavicí pece. Nepochybně

⁹ Theophilus: „Cum autem cacabi interius bene canduerint, incide unicuique duo ligna de quercu sicca et grossa, sic apta ut possint fundum interius implere, et inter ea foramen facies, per quod possit aes influere, atque super haec duo ligna alia eiusdem mensurae, et in circuitu ex eodem ligno pone quasi paxillos prominentes ab his lignis usque super oram fornacis“. O funkci tohoto opatření Theophilus nic bližšího nepraví. Jeho smysl není zcela jasný a také dosavadní výklady nepodávají v tomto směru uspokojivé odpovědi (zařízení k zpevnění pece, opatření k odstranění nežádoucích plynů při tavně; srov. Theobald, *l.c.*, 419). Jisté je toliko dvojit. Především celé zařízení během tavy nutně shořelo. To logicky plyne z povahy užitého materiálu a jeho uložení v peci a je také patrné z pozdějšího popisu dalších prací (při odstraňování pece není již o něm zmínka). Podstatné bylo, že při jeho shoření nedošlo k vzniku nežádoucích zplodin. Na druhé straně se však zcela zjevně počítalo s tím, že zejména k shoření vlastního krytu dojde poměrně pozdě (otvor pro odtok kovu!). Z toho by mělo plynout jako nejpravděpodobnější vysvětlení, že tu šlo o kryt-rošt, který měl po dlouhou dobu udržovat jednak nádobu volnou pro přijetí roztaveného kovu, jednak celou vsázkou (dřevěné uhlí, kov) ve vlastním prostoru zděné pece, tj. nad nádobou a nad ústím trysek měchů.

¹⁰ Theophilus: „Quod si te ab hoc labore portantium et diverse fundentium retrahere volueris acquire tibi maximum cacabum, qui sit in fundo aequalis, et fac ei foramen unum in latere eiusdem fundi, atque cooperi cum argilla intus et extra, sicut superius“.

již starší středověk znal jednodušší zařízení, jaká jsou běžně doložena v době po Theophilovi. Jednodušší v dané souvislosti potud, že zvonař budoval celou pec pouze ze zdiva. Vnitřní prostor náležitě vymazal hlinou (ponecháváje nezbytný odtokový otvor) a vypálil. Velikost těchto staveb, přizpůsobovaná potřebě kovu, kolísala od drobných prací na způsob kovářských výhni až k mohutným šachtovým pecím o výšce kolem 5 m.¹¹

Jaké zařízení k tavbě zvonař v tom kterém případě budoval, nezáviselo ovšem jen na mohutnosti proponovaného díla a mistrových zvyklostech. Spolupůsobících činitelů byla celá řada a který z nich nakonec převládl, to mnohdy záleželo na konkrétních podmínkách. Tak zajisté jinak tomu bylo v stabilní zvonařově huti a jiná situace nastávala při jeho cestách po městech či venkově. Jindy např. v místech, kam zvonař přicházel odlévat zvon, nebyl pro stavbu pece dostatek vhodného stavebního materiálu. Leckdy pak pro úsporu času, námahy, nákladů apod. upouštěl mistr od zděných staveb a volil postupy mnohem prostší. Výběr prostředků byl ve středověkém zvonařství vskutku široký.¹²

Běžně se užívá Theophilem popsany způsob pomocí nádoby (kotlíku, pánve apod.) zazděné v peci, postup, který středověk převzal z dob dřívějších a který se udržel až daleko do novověku.¹³ Byl vhodný spíše pro tavby menších rozměrů a užíval se hojně při zvonařských pracích mimo domácí huť. Putující zvonaři ve snaze co nejvíce omezit rozsah potřebného vybavení, jež byli nuceni vozit s sebou, či na druhé straně oprostít se od závislosti na místních materiálových podmínkách, resp. snížit pracnost i výši nákladů, osvojili si — postupem doby ve stále větším rozsahu — stavbu tavicích zařízení v proutěných koších.¹⁴ Jejich konstrukce byla velmi jednoduchá, vlastní realizace pak poměrně snadná a vzhledem k potřebnému materiálu prakticky všude možná. Základ stavby tvořily dřevěné kůly vražené do země v kruhovitém půdorysu a v přiměřeně malých vzdálenostech, a tyto kůly byly vypletené proutím (vrbovým, ořechovým, kaštanovým apod.) na způsob běžného koše. Vnitřní stěny koše se potáhly silnou vrstvou dobře propracované hlíny tak, že uvnitř zůstal volný pecní prostor, opatření odtokovým otvorem. Hliněné obložení se důkladně potíralo popelem vlhčeným vodou s přísadou soli a poté se vypálilo. Takto vybudovaná pec se od obvyklých zděných pecí lišila toliko svým zevnějš-

¹¹ Srov. Theobald, l.c., 423.

¹² Jak mj. potvrzuje i Biringuccio ve svém výkladu na fol. 104 b ad.

¹³ Srov. ještě Hahn, *Kampanologie*, 43.

¹⁴ O jejich hojném rozšíření a oblíbě ve středověku podává svědectví i Biringuccio, l.c., fol. 104 b, poukazuje v této souvislosti zejména na praxi savojských a francouzských mistrů („molto l'usano cetti maestri Savoini et Francesi, che vanno à torno facendo campane“). Ve zvonařské praxi se tento typ tavicích zařízení prosadil nejspíše během 14. stol., jak mj. naznačují tehdejší účetní doklady, v nichž se mnozí položky nákladů na materiál k jejich pořízení; srov. např. *Codex diplomaticus Lusatiae superioris* III (Görlitz 1905/10), str. 24—25, k r. 1377.

kem, její vnitřní provedení bylo s nimi identické. Za těchto okolností se musela jevit jako zvlášť podstatná ta skutečnost, že užití těchto jednoduchých zařízení zdaleka nezůstávalo omezeno pouze na menší tavby. I ony mohly být prováděny ve velkých rozměrech, obdobně jako stavby zděných pecí.¹⁵

Z předchozích výkladů vyplývá, že budování rozměrnějších zděných pecí nebylo tak běžné, jak se leckdy předpokládá. Kdybychom měli postihnout alespoň ve zkratce intenzitu jejich uplatnění, dalo by se v souladu s vývojem středověkého zvonařství říci následující. Rozšíření takových pecí je především záležitostí mladšího středověku (gotického období) a v jádře roste úměrně s tím, jak přibývá odlévání stále rozměrnějších zvonů a jak rychle probíhá proces přechodu putujících zvonařů k stabilním hutím. To v praxi znamená, že velké zděné pece byly hlavně záležitostmi 14. a 15. stol. a především v domácích hutích, kdežto při práci v terénu byly vesměs výjimečné a spíše jen tam, kde šlo o rozměrnou zakázku v místě příliš vzdáleném od vlastní dílny.¹⁶

Princip šachtových pecí, plně ovládajících v různých formách a provedení středověkou zvonařskou praxí a přežívající v některých variantách i do novověku, nezůstal jediným tehdy známým postupem při tavbě kovu. V průběhu 15. stol. se vedle těchto zařízení začíná prosazovat dokonalejší způsob tavby kovu v tzv. plamenných (pálavých) pecích.¹⁷ Zavedení těchto pecí, v nichž došlo k oddělení materiálu (kovu) a paliva do samostatného prostoru pracovního (tavebního) a spalovacího prostoru, znamenalo zlepšení tavby, její zkvalitnění i usnadnění.¹⁸ Základní konstrukce všech pecí je

¹⁵ Biringuccio, *l.c.*, fol. 104 b uvádí, že sám viděl, jak z jediné takto vystavěné pece ulil mistr zvon o váze 1000 liber („... et questo tal strumento, con ilquale il maestro gittò una campana di libre circa à 1000“).

¹⁶ Nebylo by zcela přesné, kdybychom podobné stavby rozměrných pecí uváděli pouze ve spojitost s odléváním velkých zvonů. Středověký zvonař je zřizoval i tehdy, jestliže pro objednavatele zhotovoval početnější soubor zvonů. Odlévání několika zvonů z jedné pece, ve středověku, hlavně v 15. stol., již užívané, se dalo zejména v stabilních domácích hutích (kde pro to také bylo k dispozici příslušné zařízení), docházelo však k němu i při některých podobných zakázkách v terénu (zmenšení nákladů, urychlení prací).

¹⁷ Kdy, kde a jakými cestami se tak dalo, nelze zatím blíže objasnit. Vedle řady dokladů (některé z nich byly již uvedeny výše) bezpečně dosvědčujících znalost a užívání těchto pecí v druhé polovině 15. stol. zaujmou některé další (vesměs účetní povahy), z nichž by se dalo usuzovat na jejich existenci — alespoň v dělolijských dílnách — již v první polovině 15. stol. Srov. např. zhořelecké (Görlitz) účty ze 40. let 15. stol.; Rathgen, *l.c.*, 351. Dělolijské hutě měly nepochybně značný, snad přímo rozhodující podíl na zavedení nového způsobu tavby. Pro nás je podstatné, že alespoň v druhé polovině 15. stol. jsou nové pece známy i ve zvonařské praxi, a to severně i jižně od Alp.

¹⁸ Srov. Biringuccio, *l.c.*, fol. 101 b: „... è una fornace potentissima che si chiama di riverbero, laquale non solamente credo chesi elegga per commodità, ma perche nelli gran gitti la sia necessaria“.

tehdy (a prakticky zůstala i v novověku) totožná: zděná stavba obdélníkovitého půdorysu, obsahující v menší části spalovací prostor (topeniště s roštem) oddělený zděným mústkem od většího pracovního prostoru, který je nahoře uzavřen klenbou a dole opatřen poměrně mělkou nístějí. V bočních stěnách stavby jsou pracovní a manipulační otvory, v čelní stěně (zadní) pak otvor k odtahování spalin. Při konkrétní realizaci tohoto konstrukčního principu však dochází mezi nimi k četným variantám. Všechny¹⁹ jsou nakonec ve své nejvlastnější příčině výrazem snah mistrů nalézt dílčími úpravami optimální řešení provozu plamenných pecí.²⁰

Jakými zásadami se tehdejší mistři řídili při stavbě těchto pecí, které problémy stály v popředí jejich pozornosti a jak odlišně je řešili?²¹ Jádro problému optimální konstrukce plamenných pecí spatřovali středověcí mistři v tvarování pracovního prostoru a v jeho poměru k spalovacímu prostoru. Vycházeli tu z následující základní úvahy. Předpokladem tavby kovu je bezprostřední styk plamenů s materiálem. Toto jejich působení musí být trvalé, stejnoměrně rozložené na celou vsázku a hlavně dostatečně silné (tj. přiměřené množství a povaze tavitelného kovu). Proces tavby se odehrává v pracovním prostoru. Jeho dimenze na jedné straně jsou dány velikostí úkolu, na druhé straně pak samy určují rozsah spa-

¹⁹ Stranou tu ponechme přirozenou diferenciaci pecí z hlediska jejich rozměrnosti. Zajímavé je v dané souvislosti stanovisko, které v otázce maximálních dimenzí těchto pecí uvádí Biringuccio (fol. 103 a). Reaguje tu na zprávy o počínání některých mistrů (mezi nimi i Leonarda da Vinciho při slévání jezdecké sochy Francesca Sforzy), kteří vzhledem k velké potřebě kovu prováděli tavbu ve více pecích, poněvadž v jedné to nebylo možné („... se volse fondere la sua materia, far con due fornaci, perche con una prima non gli riusci“). Podle jeho přesvědčení lze v těchto pecích tavit libovolné množství kovu. Základním předpokladem je, že se mohutnost plamenů přizpůsobí velikosti vsázky. To lze dosáhnout buď příslušným zvětšením spalovacího prostoru nebo jeho zdvojením („... con liquali si fonde ogni gran quantità... che chi proportiona il fuoco alla quantità della materia, nel grande, come nel piccolo... Ma se volessi star à una tromba di attizzatoio sola, la farei et tanto grande, che le fiamme non gli mancherebbono. Ma per far meglio, vene farei due, che ogn'una di per se portasse le fiamme al luoco del metallo et ancora che le fossero disiunte all'entrar dentro, farei di modo che le si congiugnessero et diventassero una“). Zmíněný postup mistrů mohl být ovšem motivován různými důvody. Leckdy se mistr pouze obával svěřit velké množství kovu v celém rozsahu jediné peci (srov. Biringuccio, l. c.: „Pur esser potrebbe, che tanta fosse, che à una fornace non sola sarebbe forse bene di fidarsi“). Na druhé straně je ovšem třeba vést v patrnosti skutečnost, že se tu pohybujeme v počáteční fázi zavádění plamenných pecí, v období sbírání zkušeností, hledání optimálních postupů i ověřování jejich možností.

²⁰ O šíři tohoto úsilí (a odtud plynoucí variabilitě staveb) výstižně praví Biringuccio, l. c., fol. 101 b: „... ancora che tutti gli maestri tendino à un fine, ogn'un tal fornace la va facendo secondo li suoi pareri, talche si puo dir esser tanto varie le forme di tal fornaci quanti quasi sono i numeri de maestri“.

²¹ Hlavní oporu představuje pro nás i tu Biringuccio, jehož podrobný výklad na fol. 101 b—103 b je mj. prvním obsáhlým popisem plamenných pecí vůbec.

lovacího prostoru. Zajištění všestranně optimálního účinku plamenů na materiál za těchto okolností předpokládá vytvoření co nejpriznivějších podmínek pro jejich pohyb ve vlastním pracovním prostoru. Toho lze dosáhnout především jeho vhodným tvarováním.

Nejstarší plamenné pece měly pracovní prostor ve tvaru kruhu. Tento typ také ve středověku (tj. v 15 stol.) naprosto převládal a byl považován za nejvýhodnější. Podle Biringuccia se ho zvonaři přidržovali hlavně z toho důvodu, že s ním měli dlouholeté a dobré zkušenosti. Biringuccio sám pak spatřoval v kruhovém tvaru ideální úpravu pro koncentrované působení plamenů.²² Řada zvonařů naopak byla přesvědčena, že hledanému cíli nejlépe vyhovuje elipsovitý prostor. Přitom jedni z nich jej budovali příčně k vstupu plamenů v domnění, že takto přivedou plameny k dvojnásobnému vířivému pohybu kolem kovu.²³ Druzí zase dávali přednost situování elipsy v podélném směru, dovozující, že právě tato úprava zaručuje největší koncentraci plamenů na kov.²⁴ Velká pozornost se přirozeně věnovala též formování prostoru v ohledu vertikálním, třebaže zde nebylo žádných, resp. výraznějších diferencí. Veškeré usilí se i tu soustřeďovalo k náležitému směřování plamenů (tj. jejich průběhu od můstku až k výstupům) vhodným zaklenutím prostoru. Zásadně tu platilo, že klenba pracovního prostoru musí být položena výše než klenba spalovacího. Křivka zaklenutí pracovního prostoru měla pak následující průběh: od počátečního bodu (ležícího nad nejvyšším bodem klenby v prostoru můstku) mírným obloukem stoupala k svému vrcholu nad středem pracovního prostoru a odtud obdobně klesala (v závěru příkřeji) až dolů nad výtokový otvor. Plamenům, vycházejícím mohutným, soustředěným proudem ze spalovacího prostoru, se nejdříve otevírala široká cesta, zabírající celou výšku vsázky. Poté byly zadním klenutím záměrně sraženy dolů, aby jednak náležitě (tj. s patřičnou teplotou pro přijetí roztaveného kovu) ohřály dno pece, jednak byly znovu ještě vedeny proti vsázce a teprve odtud do výstupních otvorů.²⁵ Dno prostoru bylo ploché, s dostatečným sklonem k čepu výpusti.²⁶

²² L.c., fol. 104 a: „Quelli che stanno nella forma tonda aducono due ragioni potentissime, l'una che così lungo tempo si sono usati et loro gli trovano che à quel che vogliono fare la speranza lo serve. Dapoi una ragione, oltra alle altre, credo che vi sia, che nel circolo tutte le linee tendeno ad uno centro et che non altrimenti facci il fuoco rinchiuso in quella concavità, che il sole in un specchio concavo, dalqual vediamo accender il fuoco et non in niuna altra forma“.

²³ Biringuccio, l.c., fol. 103 b: „... che fanno le loro fornaci à ovate per traverso dell'entrata del fuoco, per moversi da una ragione, che dicano, che da l'entrata al luoco della spina e certo spatio et largo, per il che, avanti che le fiamme eschino per le finestre, hanno mulinato sopra al bronzo d'ogni banda due volte“.

²⁴ Biringuccio, l.c., fol. 103 b: „Quelli che hanno oppenione, che meglio sia à ovargli per lo longo, si moveno forse anco da miglior ragione, con. dir, che il forno contiene in tal forma piu quantità di fiamme unite et non rotte sopra il bronzo et in loro medesime“.

Obdobnými cestami se ubíraly konstrukční úvahy a záměry mistrů v souvislosti se spalovacím prostorem. Vycházelo se tu ze zásady, že má být prostorný přiměřeně k velikosti pracovního prostoru, schopný poskytnout mu nejen dostatečně mohutný, nýbrž i vhodně směřovaný proud plamenů. Dimenze spalovacího prostoru se tudíž vždy určovala v závislosti na pracovním prostoru. Předem daná, tj. v jádře neměnná zůstávala jeho poloha i tvar: vpředu pece, po celé její šíři a svojí podélnou osou s ní rovnoběžná, protáhle elipsovitá forma, otevřená (přístupná) z jedné boční strany. Odchytky od tohoto principu se vyskytovaly vskutku jen velmi vzácně. Jedna z nich se objevovala u pecí s nadměrným pracovním prostorem. Zvonař v obavě, že by pro příliš objemnou vsázku nedostačoval jediný, byť i mohutný proud plamenů, budoval dva spalovací prostory. Jejich tvar zůstával týž, měnila se toliko jejich poloha: oba byly přístupné zepředu a směřovaly z okrajů čelní stěny do středu pracovního prostoru.²⁷ Další odchytky se týkaly umístění vstupu do spalovacího prostoru. Kromě tradičního bočního vstupu nacházíme případy, kdy zvonař kladl otvor do čelní stěny (tj. do středu podélného oblouku elipsy, přímo proti vstupu plamenů do pracovního prostoru), či dokonce do stropu pece. Podobné úpravy měly původ nejen ve snaze po lepším přístupu do spalovacího prostoru, ale též v úsilí nalézt pro něj optimální tah.

Hlavní pozornost se ovšem i v případě spalovacího prostoru věnovala jeho formování v ohledu vertikálním. Hledala se taková jeho úprava, jíž by se dosáhlo optimální koncentrace dostatečně mohutných plamenů při jejich vstupu do pracovního prostoru. To se mohlo stát toliko vhodným tvarováním klenby i můstku a správným vymezením jejich vzájemného poměru. Někteří mistři budovali klenbu spalovacího prostoru relativně vysokou, vlastní vstup pak v té souvislosti rovněž vysoký a úzký, jiní naopak nízkou, vstup taktéž nízký a široký. Biringuccio sám povolna táhne klenbu od nejnižšího bodu na počátku spalovacího prostoru k maximu²⁸ na jeho konci a otevírá tak plamenům přímou cestu až k vrcholu pracov-

²⁵ Srov. Biringuccioův nákres (zde obr. 20) a k tomu výklad na fol. 102 b: „... et così anco fò bassa la volta sopra della spina, perche le fiamme ribattute caschino di botta sopra al metallo...“; „... et hò voluto ancora, che secondo il pendente del fondo la volta di sopra concordemente nel suo grado camini, accioche le fiamme non si fermino nell'alto, ma si caccino alla via della spina à scaldare il fondo et sopra il bronzo, che in questo sta l'importanza del tutto“.

²⁶ Biringuccio, l.c., fol. 102 a doporučuje (při průměru prostoru 2,5 lokte) výškový rozdíl až $\frac{1}{4}$ lokte.

²⁷ Biringuccio, l.c., fol. 103 a—b: „Ma per far meglio, vene farei due, che ogn'una di per se portasse le fiamme al luoco del metallo et ancora che le fossero disiunte all'entrar dentro, farei di modo che le si congiugnessero et diventassero una. Perche sò se le si scontrassero s'offenderebbono et impedirieno li corsi del batter il bronzo, cacciando l'una et l'altra“.

²⁸ Které je položeno, jak víme, níže než nejnižší bod klenby vlastního pracovního prostoru.

ního prostoru (a tím i vsázky). Dole opět stavbou spíše vyššího a poměrně širokého můstku pozvedává plameny a směřuje je na spodní polovinu vsázky. Touto úpravou se snaží zajistit nejvyšší koncentraci plamenů na celou výšku vsázky, konstruováním vstupu do širě pak chce poskytnout uplatnění celé jejich mohutnosti.²⁹ Variabilita řešení těchto problémů byla nepochybně daleko pestřejší, dá se však říci, že v jádře všechna směřovala k danému cíli obdobnými cestami.

Viděli jsme, jak mistři při hledání nepříhodějších podmínek provozu pece kladli důraz na správný pohyb plamenů. V této souvislosti přikládali nemalý význam i výstupním otvorům. Byly pro ně důležitým zařízením nejen k zvýšení tahu pece a nezbytnému odvodu kouře, nýbrž i k případné regulaci chodu plamenů v pracovním prostoru. Právě za tím účelem opatřovali pec (pracovní prostor) větším počtem regulovatelných (uzavíratelných) otvorů, rozložených na různých místech stavby. Soustavu těchto otvorů budovali přirozeně vždy s ohledem na zvolený typ pece. Dochází tak i tu k vytváření různých systémů. Nejběžnější z nich pracuje se třemi otvory: jednak pro tuto funkci využívá dvou prostornějších pracovních oken (po jednom v bočních, tj. podélných stěnách), určených jinak k sledování tavby a k manipulaci s materiálem, jednak buduje vlastní výstupní otvor v zadní (užší) stěně. Biringuccio jej zdokonaluje tak, že nad pracovními okny proráží ještě další komínovité vývody.³⁰

Pokud jde o vlastní výstavbu pece, tu se obecně kladl velký důraz na to, aby stavba byla pevná, tj. odolná k žáru ohně i tlaku množství kovu. Pro zdivo pece, alespoň pro tu jeho část, která se dostávala do styku s ohněm, bylo nutno použít dostatečně ohnivzdorný materiál. Zvonaři zásadně dávali přednost páleným cihlám, pouze v případě jejich nedostupnosti (časté při práci mimo domácí huf) užívali vhodný kámen z místních zdrojů nebo i nepálené cihly. Při zajišťování odolnosti prostoru, v němž se shromažďoval tekutý kov, dbal zvonař jednak na patřičnou sílu obvodových zdí (jejich mohutnost nad tímto prostorem se pak zmenšovala o $\frac{1}{4}$), jednak na pevnost dna.³¹ Nepominutelným požadavkem k zabezpečení pevnosti pece a vůbec schopnosti jejího kvalitního provozu bylo její vymazání a vypálení. Zvonař velmi pečlivě vyspravoval veškeré trhliny, zejména v podlaze nístěje. Každá opomenutá škvíra skrývala totiž v sobě vážné nebezpečí. Narůstající tlak tekutého kovu leckdy i drobné trhliny podstatně rozšířil a postupně takto rozrušil kompaktnost dna, což mělo za následek unikání cenného kovu, mohlo však vést i k zborcení pece. K vyplnění nevhodných spár a trhlín užíval vápna a cihlové moučky nebo skleněného

²⁹ Srov. Biringuccio, l.c., fol. 101 b—102 a.

³⁰ K uvedenému srov. Biringuccioovo vyobrazení (zde obr. 23—25) a též výklad na fol. 102 b—103 a.

³¹ Biringuccio zdí dno z dvojí vrstvy kamenů. spodní s kameny v horizontální poloze a vrchní s kameny v poloze vertikální (fol. 102 a).

prášku. Vnitřní stěny pece pak chránil proti negativním účinkům plamenů potahem z louhového popela. Potud o problematice plamenných pecí a o stavbě tavících pecí vůbec.

Po svém dohotovení a závěrečném vypálení byla již pec připravena k tavbě. K provozu celého zařízení zbývalo ještě u stabilních pecí vybudování liciho žlábků, vedeného od výtokového otvoru pece k vtoku formy. V jeho případě nebylo po celý středověk výraznějších diferencí. Zásadně se požadovalo, aby žlábek měl mírný sklon k formě a byl dostatečně (tj. přiměřeně k velikosti díla) široký. Stavěl se přímou, tj. nejkratší cestou od pece k formě, a to tak, že v zemi se vykopala patřičně hluboká strouha (čtvercového profilu), která se vyzdila z pálených cihel či vyložila drážkovými taškami (Biringuccio), resp. se do ní vložilo ze dřeva zhotovené kořyto (Theophilus); v každém případě se pak povrch dobře vymazal hlinou a vypálil.

Přecházíme-li nyní v souladu se zvonařovým postupem k vlastní tavbě, je třeba hned na počátku zdůraznit jednu podstatnou skutečnost: technologie tavby zůstává prakticky po celý středověk – pokud můžeme sledovat – neměnná, bez výraznějších vývojových proměn. Práce zvonařů se zde liší toliko podle toho, zda používají k tavbě plamenných pecí, či zařízení budovaných na principu pecí šachtových. Povšimněme si nejdříve převládajícího typu šachtových pecí. V jejich případě začínala tavba dokonalým vyhrátím pece (Theophilus, Biringuccio). Poté se její dno vyložilo většími kusy dřevěného uhlí. Když je zvonař dobře rozžhavl (již za pomoci měchů), položil na ně první dávku materiálu určeného k tavbě, pokryl ji drobnějším dřevěným uhlím a vše pilně žhavl za vydatné podpory měchů. Po roztavení kusů kladl nové vrstvy a tento postup opakoval tak dlouho, až zpracoval celé množství připraveného materiálu.³² U plamenných pecí byla zvonařova pozornost soustředěna jednak na správné uložení vsázky, jednak na přípravu dostatečného množství hodnotného paliva. V prvé záležitosti šlo hlavně o dodržení dvou zásad. Předně vsázka neměla být kladena přímo na dno pece, nýbrž na podložku (nejlépe z pálených cihel) ve výšce 1/8–1/4 lokte nad úrovní dna. To z toho důvodu, aby na počátku tavby plameny mohly dostatečně prohrát podlahu pece a zabránilo se tak nežádoucímu ochlazení prvních dávek roztaveného kovu, který sem stékal.³³ Dále pak tu stál požadavek, rozložit ma-

³² Často se v souvislosti s tímto druhem tavby připomíná zvonařům, aby dbali na dostatečné zásoby dřevěného uhlí. Nežřidka se totiž stávalo, že tavba se proti očekávání prodloužila a pohltila nadměrné množství dřevěného uhlí, kterého pak mohl být právě v nejdůležitější fázi kritický nedostatek. Biringuccio, *l.c.*, fol. 109 a doporučuje zvonařům pro řešení podobných situací, aby si nařezali z drobné kulačiny 4 couly dlouhé kusy a ty vmísili mezi dřevěné uhlí. Dřevo sice shoří rychleji než uhlí, pomůže však (i když nouzově) vyplnit nastalou mezeru.

³³ Biringuccio, *l.c.*, fol. 107 a: „... et anco che dal fondo piu che si puo stia suspesa, al manco, sopra un pezzeto di mattone, che facci di spatio sotto, uno ottavo,

teriál do šíře (příčně proti směru plamenů) a jednotlivé jeho kusy klást volně od sebe, aby ke každému měly plameny plný přístup.³⁴

Velký význam přikládali zvonaři otázce paliva, což bylo zcela v souladu s významem plamenů u těchto pecí a odpovídalo také snahám mistrů o jejich maximální účinnost. Vybírala se tudíž taková dřeva, která skýtala záruku množství vydatných plamenů, tzn. dřeva tvrdá, mladá a dokonale vyschlá. Pro topení se připravovala do nepříliš silných polen. Vzhledem k tomu, že ne vždy a všude bylo dřevo podobné kvality (hlavně vyschlé) dostupné, kladl se zde zvláštní důraz rovněž na kvantitativní stránku. Biringuccio naléhavě připomíná zvonařům pracujícím s tímto typem pecí, že se nemohou spokojovat jen s množstvím paliva, které považují za plně dostačující pro daný úkol, nýbrž mají budovat, resp. mít dostupné rozsáhlé jeho sklady.³⁵

K vlastnímu průběhu tavby není v dostupném materiálu, zejména v popisech zvonařské práce, soustavnějších či podrobnějších výkladů, hlavně ne takových, jaké pro náš účel potřebujeme a které bychom zde také právem očekávali. Tato skutečnost je v zjevném rozporu s tím, s jakou vážností středověcí zvonaři přistupovali k této pracovní fázi a jaký význam jí přikládali. Z víceméně útržkovitých poznámek můžeme dobře vycítit onu napjatou atmosféru horečného dění, do něhož jsou plně vtaženi všichni účastníci v čele se svým mistrem, řídícím s rozvahou i nutnou rozhodností celý tento náročný proces. Stěží si lze tudíž představit, že by zvonaři mohli k tomuto tématu říci jen několik rámcových upozornění. Vysvětlení tohoto rozporu nepochybně tkví v nesnadnosti či přímo nemožnosti podat takový návod, který by postihl širokou variabilitu možných situací a jejich řešení. Každá tavba při vši obecnosti svých základních postupů byla vždy převážně individuálním procesem. Zde se dostávala do pohybu a vzájemného kontaktu řada složek majících v jednotlivých případech vesměs odlišný charakter a podle toho i rozmanitě reagujících. Mnohé mohl zvonař předpokládat, průběh tavby ho však často stavěl před nenadálé a nezřídka i zcela specifické situace, které musel rychle a přiměřeným způsobem řešit. Jak úspěšně takové problémy zvládl, to přirozeně záviselo v prvé řadě na jeho zkušenostech i schopnostech a spoluvytvářelo podstatu jeho umění.

accio le fiamme penetrar per tutto facilmente possino et infocar il piano del forno prima che à liquetar il bronzo cominci, accioche nel cascare il trovi caldo et si mantenga nell'esser che vi casca“.

³⁴ Srov. Biringuccio, *l.c.*, fol. 104 a, 107 a.

³⁵ Biringuccio, *l.c.*, fol. 107 a: „... prima volendovi dire delle legna, come v'ho detto, vogliono esser d'argori piu disposti alle fiamme che al le bragie, et come avanti v'ho detto, vuol essere giovene, secco, di sorte che se possibil' è non habbi alcuna humidità superflua; et di questo non solo se ne habbi la quantità bastante preparato. Ma per ogni rispetto haver se ne debbi superfluo et che sia in scheggie et non troppo grosse. Costumasi per molto l'ontano, il carpino, ancora il salcio, l'albuccio, il noce, il faggio et l'abete et ogn'altra sorte di certi legnami, che sono porosi et leggieri, che per in volgo si chiamano dolci“.

Zmíněné rámcové návody a upozornění obracejí zřetel jednak k ohni, k oné síle, na jejíž ovládnutí každý zvonař kladl velký důraz a která také byla u něho ve velké úctě a přímo jedním ze symbolů jeho profese. Všechny shodně nabádají mistry, aby zápasu ohně s tvrdou matérií neponechávali volný průběh, nýbrž stali se jeho skutečnými dirigenty. To předpokládá, že budou neustále sledovat působení ohně (plamenů) na kov a podle vývoje situace a nastalých potřeb řídit jeho intenzitu, resp. u plamenných pecí regulovat plameny (pomocí k tomu určených otvorů pece) žádoucím směrem. Šlo doslovně o hru s ohněm, kterou tu — podle obecného tehdy názoru — musel mistr za pomoci svých četných spolupracovníků rozvíjet, chtěl-li se zdarem dosáhnout cíle. Na druhé straně se pak pozornost upíná k protějšku plamenů, ke kovu.³⁶ I zde se připomíná zvonařům především nutnost stálého sledování stavu kovu, jeho proměn a chování. Nemají se ovšem spokojovat s pouhým vizuálním ohledáním, nýbrž mechanicky zjišťovat stupeň roztavení kovu. Doporučuje se jim např., aby občas pomocí tyčí z kaštanového dřeva důkladně zamíchali kovem a ověřili si, zda ke dnu neklesly neroztavené kusy. Je-li tomu tak, pak mají zejména větší kusy tyčí rozbítet a co nejvíce k nim umožnit přístup plamenů.³⁷ Zvlášť se v této spojitosti poukazuje na jedno nebezpečí plynoucí z nesprávného postupu při tavbě v plamenných pecích. Někteří mistři totiž, ať již z neznalosti, či spíše ve snaze dosáhnout úspory nákladů i námahy, vkládají do pecí bez předchozí úpravy staré měděné poháry, pánve apod. Takové drobné kusy zpravidla ne zcela roztavené klesly ke dnu, navzájem se spojily a tento jejich stav nemohl již být další tavbou nikterak ovlivněn.³⁸

³⁶ Tam, kde zvonař nepracoval s připravenou zvonovinou (slitinové housky ap., srov. výše), se jako samozřejmé předpokládá — i když se v popisech vždy výslovně, byť stručně uvádí — že se nejdříve dokonale roztavily kusy mědi a teprve potom se vkládal cín. Stanovení tohoto okamžiku se v jádře opíralo o vizuální ohledání roztavené mědi (Theophilus i Biringuccio) a plně záviselo na zvonařových zkušenostech. Je přirozené, že ne vždy došlo k vložení cínu v optimální chvíli. Propal cínu tak býval někdy dosti vysoký a proto se také v popisech (v pasážích o přípravě materiálu) klade důraz na vytvoření dostatečné rezervy cínu. Na druhé straně se ovšem v této spojitosti připomíná zvonařům, aby při tavbě mědi zpracovali dostatečné množství. Dodatečná vsázka mědi, kdy je v lázni již cínem legovaný kov, dále zvyšuje propal cínu. Vědělo se též o nutnosti předeřhřívání vkládaných kusů cínu (na okraji pecí, aby zbytečně neochlazovaly roztavenou měď — Biringuccio).

³⁷ Biringuccio, *l.c.*, fol. 107 b: „Ma prima usarete questa avvertenza di cercar per il forno, per il mezzo, alla spina et à fianchi con uno castagnolo, s'alcuna cosa trovate di sodò, che non sia fusa, sempre fregando il fondo et trovando che passi senza scontrare alcuno impedimento“.

³⁸ Biringuccio, *l.c.*, fol. 108 a—b, doporučuje každému zvonaři, pokud musí s takovým materiálem pracovat, aby si jej v každém případě předem připravil, tj. provedl jeho legování, a teprve v této podobě jej pak vkládal do plamenných pecí. Tato příprava (legování) se má dít v některém z menších typů šachtových pecí. Nemá-li zvonař podobnou možnost, tj. je nucen užít materiál tohoto druhu a zpracovat jej v plamenné peci, měl by postupovat následovně: a) začínat tavbu právě

Vzhledem k důležitosti dosažení a hlavně udržení náležitě teploty roztaveného kovu nemají zvonaři také zapomínat na občasně rozrušování povlaku (mícháním tyčí), který oheň vytvoří na hladině a jenž pak zeslabuje další účinné plamenů. Rovněž tak je třeba pravidelně odstraňovat všechny nečistoty plovoucí na povrchu (uhly, popel, hlína, struska aj.). V závěru tavby nechť si pak zvonař ověřuje postupně opakovanými zkouškami skladbu zvonoviny, aby ji mohl náležitě upravit na žádoucí úroveň.³⁹

Přechod od tavby k vlastnímu odlévání představoval z hlediska pracovního i organizačního mimořádně náročnou fázi. Již předtím vypjaté úsilí všech zúčastněných osob zde dosahovalo svého vyvrcholení. Připomeňme si, jak výstižně zachytil tuto napjatou atmosféru Theophilus. Obdobně je to patrné i z věcnějšího podání Biringucciova, resp. též pozdějších autorů. Zvonař a jeho pomocníci se tu totiž vyrovnávali s řadou důležitých a vskutku náročných úkolů, které navíc museli provést rychle, v těsné návaznosti za sebou. Šlo v zásadě o dva pracovní okruhy, nyní se již vzájemně překrývající: zatímco u pece vrcholilo úsilí k dokončení tavby, u formy se spěšně připravovalo vše potřebné k zahájení odlévání. V závěru tavby se požadovalo na zvonaři, aby soustředil pozornost zejména na následující úkony: a) poslední zkoušky a úpravy správné skladby zvonoviny,⁴⁰ b) konečné její čištění (tentokrát již včetně odstranění cihel tvořících původně podklad vsázky, c) dosažení optimální teploty roztaveného kovu.⁴¹ Na druhé straně měl zvonař dbát na včasnou přípravu formy (uložené v odlévací jámě) i přívodního žlábků (náležitě temperování, vyčištění).

vsázkou tohoto materiálu, b) tuto vsázkou rozložit v peci široce a hlavně hodně vysoko nad jejím dnem, c) když vsázka klesne, rozbit jednotlivé kusy a přidat něco cínu k urychlení tavby; teprve poté zpracovávat další materiál (kusy mědi před vložením do pece přehřívat u oken).

³⁹ Zkouška se dala po celý středověk způsobem, jaký naznačuje Biringuccio (fol. 107 b) či popisuje Kříčka (fol. 41 a) a jaký byl běžně užíván i později: roztavený kov se nabral pánví, vylil na zem a nechal schladnout. Odlitek zkoušky se přerazil a na vzniklém lomu se zkoumala jeho hustota i zabarvení. Podle jejich vzhledu (a na základě svých zkušeností) zvonař usuzoval na skladbu zvonoviny a prováděl případně další úpravy.

⁴⁰ Součástí těchto úprav bylo též vkládání (na sám konec tavby) různých přísad za účelem zlešení vlastností zvonoviny (plnily vesměs funkci desoxydačních prostředků). Tak alespoň uvádí Biringuccio, l.c., fol. 107 b, doporučují vhodit do pece buď beraní rohy nebo směs z vepřového (či jiného zvířecího) tuku a vinného kamene či salnitru (aniž udává množství, resp. vzájemný poměr). Srov. k tomu celou řadu receptů podobných prostředků u Kříčky, l.c., fol. 47 b, 50 a—b. Pro nedostatek dokladů nedovedeme ovšem říci, jak dalece byl tento postup rozšířen ve vlastním středověku, případně jakých směsí se tehdy používalo. Nelze ovšem v této souvislosti opomenout, že desoxydační účinek mělo též občasně promíchávání roztaveného kovu tyčí z čerstvého dřeva (srov. výše tyč z kaštanového dřeva).

⁴¹ Na správnou teplotu roztaveného kovu kladou důraz vesměs všechny zvonařské předpisy, aniž ovšem zdůrazňují její význam. Jen se dá z nich vytušit, že ji považují za nezbytnou podmínku zdárného procesu slévání a dobré kvality výsledného odlitku (naproti tomu později např. Kříčka, l.c., fol. 42 b, výslovně uvádí její

Shledal-li mistr vše v náležitém stavu, nastávala chvíle odpichu. Pracovníci se rozestavili na svá místa od pece podél žlábků až k formě. Po krátké modlitbě za zdar díla vydal zvonař povel k vyrazení čepu.⁴² Začala poslední fáze prací, vlastní odlévání. Fáze podstatně klidnější, i když plná soustředěnosti. Pozornost pracovníků, kteří tentokrát již byli více pozorovateli než aktivními účastníky probíhajícího procesu, se upínala ke dvěma podstatným úkolům. Jeden z nich se týkal zachování čistoty kovu vtékajícího do formy. I po předchozím, vesměs několikerém čištění totiž zůstávala v lázni roztaveného kovu, zejména na jejím dně, řada nevhodných částic, jejichž proniknutí do formy mohlo i vážně poškodit hodnotu výsledného díla. Proto se k tomuto úkolu ustanovovalo i několik pracovníků, kteří vhodnými zábranami (dřevo, železo, sběracími sukny) ve žlábků či v lázni samé (před výpustným otvorem) měli zamezit podobné nebezpečí.⁴³ Druhý, možno říci závažnější úkol, na nějž měl dozírat (shodně podle všech předpisů) sám zvonař, spočíval v regulaci mohutnosti proudu kovu přitékajícího do formy. Stará kovolijská zkušenost, ve zvonařských předpisech opětovně připomínaná, nabádala zvonaře k pozvolnému lití, aby se kov mohl ve formě dobře usadit a bylo dostatek času k odvzdušnění. Současně si ovšem mistři též uvědomovali, že v podstatě z týchž důvodů musí být proud náležitě silný, aby kov přicházející do formy měl dostatečnou hmotnost a tak i tlak. Stanovení správné úrovně lití bylo náročnou záležitostí, tím spíše, že se vymykalo možnostem předchozího určení i vyjádření v konkrétních hodnotách či pokynech. Jednak tu působila celá řada činitelů (od velikosti a hlavně úrovně provedení formy a jejího vypálení přes kvalitu kovu až k tvaru a velikosti vtoku i velikosti či počtu výfuků), z nichž každý jednotlivě a všechny ve svém souhrnu vytvářeli případ od případu zcela individuální situaci. Jednak, a to

vliv na zvukové vlastnosti zvonu). Zjišťování náležité teploty se zřejmě provádělo obdobnými zkouškami, jaké doporučuje Křižka (fol. 41 b, 42 b). Např. zvonař má upevnit na dřevo kus měděného či mosazného plechu, ponořit jej do kovu a rychle vytáhnout; když se plech rychle rozpustí, je teplota správná. Podobně tak ukáže vhozené těsto: shoří-li bez kouře, je roztavený kov dostatečně teplý, kouří-li, je ještě chladný. Jiné povahy je následující zkouška: lžící nabraný kov se vyleje; když se bude rozlévat a zaběhne tence, pak je materiál dosti horký, zabíhá-li hustě, je nutno přihřátí a teplotu zvýšit.

⁴² Tzn. k vrazení čepu dovnitř lázně. Dálo se tak pomocí zahnutého železa, upevněného na dřevěném toporu (Theophilus: „cum curvo ferro, quod sit ligno fortiter affixum, aperi foramen“; Biringuccio, *l.c.*, fol. 107 b: „con uno ferro torto, fatto aposto, con uno manico longo, qual li maestri il chiamato il mandriano...“); k úpravě odpichovací tyče srov. též zde obr. 21. Tak tomu přirozeně bylo u stabilních pecí. Kde stavba probíhala v přenosných nádobách (srov. příklad Theophilův), znamenal povel příkaz k uvolnění této nádoby z pece a jejímu přenesení k ústí formy.

⁴³ Tak již Theophilus určuje pracovníky k držení sběracích látek (nepochybně upevněných na tyčích): „... aperi foramen, et astantibus, qui teneant duos colatorios pannos, sine aes fluere...“.

