



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STROJNÍ TECHNOLOGICKÉ PROCESY S NUTNÝM PODÍLEM RUČNÍCH PRACÍ

MACHINING TECHNOLOGY WITH THE NECESSITY OF MANUAL WORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Svoboda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Jakub Svoboda
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Milan Kalivoda
Akademický rok:	2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Strojní technologické procesy s nutným podílem ručních prací

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Stroje ne vždy dokáží obrábět kompletně celý výrobek. Existují ojedinělé případy, kdy přichází ke slovu um či zručnost řemeslné práce. Toto je doloženo na výrobě varhan.

Cíle bakalářské práce:

- Charakteristika strojního obrábění versus ruční práce.
- Přehled ručních řemeslných prací a činností.
- Začlenění do kusové a sériové výroby.
- Důležité aspekty pro případ kusové výroby.
- Rozbor skloubení činností v reálné situaci ve výrobě varhan.
- Požadavky na úspěšnost tohoto kombinovaného procesu.
- Příspěvky zákazníků z dlouhodobého užívání výrobku.
- Zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

BĚLSKÝ, Vratislav. Nauka o varhanách pro 2. a 5. ročník konzervatoře: stud. zaměření Hra na klávesové nástroje. 1. vyd. Praha: Supraphon, 1982. 174 s.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

GIBSON, Ian, David W. ROSEN and Brent STUCKER. Additive manufacturing technologies: rapid prototyping to direct digital manufacturing. New York: Springer, 2010. P. 459. ISBN 14-419-1120-0.

IMAI, Masaaki. Kaizen. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.

KARPÍŠEK, Zdeněk. Matematika IV: Statistika a pravděpodobnost. 3. vyd. Olomučany: CERM, s. r. o., 2007. 170 s. ISBN 978-80-241-3380-9.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Ruční práce jsou stále potřebné a často nenahraditelné. Ve většině případů jsou kombinovány se strojní výrobou. Jako příklad takové práce byla vybrána výroba cínoolověné píšťaly do varhan, která zahrnuje několik strojírenských procesů. Byl proveden rozbor kompletní výroby včetně uvedení použitého materiálu a sestavení výrobního postupu. Dle uvedených hodnot byla vyráběna prospektová píšťala. V jednotlivých kapitolách bylo předvedeno speciální ruční nářadí a specifické stroje. Byla nastíněna obtížnost a originalita dané výroby. Jedná se o odbornou práci, která vyžaduje manuální zručnost, logické myšlení, smysl pro detail a uměleckého ducha. Během výroby se povedl zachytit snímek, na kterém je vidět část průřezu píšťaly kolmé k její ose. Na snímku je vidět správný tvar pájeného spoje a tečné napojení obou stran plechu. Píšťala byla zhodnocena podle několika uvedených aspektů. V závěrečných kapitolách je zmíněno hodnocení zákazníků a zhodnocení daného problému.

Klíčová slova

varhanní píšťala, cín, ruční práce, varhany, zručnost

ABSTRACT

Manual work is still necessary and often irreplaceable. In most cases, it is combined with machine production. As an example of such work we have chosen the production of tin lead alloy organ pipes, which encompasses several machining processes. All aspects of production were analyzed, including specification of the materials used and the various production processes. A pipe was produced according to these specifications for illustration. Individual chapters presented special manual tools and specific machinery. The difficulty and originality of the given production was outlined. This is professional work requiring manual dexterity, logical thought, attention to detail and an artistic spirit. During production we obtained an image showing a part of the cross-section of the pipe perpendicular to its axis. The image shows the correct shape of the soldered joint and the tangential connection of both sides of the sheet. Several aspects of the pipe were evaluated. The final chapters include feedback from customers and a general assessment of this particular work.

Key words

organ pipe, tin, manual work, organ, skill

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SVOBODA, Jakub. *Strojní technologické procesy s nutným podílem ručních prací* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140317>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Strojní technologické procesy s nutným podílem ručních prací vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

V Brně, dne 20. 5. 2022

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanovi Kalivodovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své manželce a celé rodině za psychickou podporu. Za poskytnutí odborných rad a informací ohledně varhan děkuji Borisi Mettlerovi a Daliboru Michkovi.

OBSAH

ÚVOD	9
1 PŘEHLED STROJNÍCH TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ	10
1.1 Obrábění	11
1.2 Tváření.....	13
1.2.1 Stříhání.....	14
1.3 Slévání	15
1.4 Pájení	16
2 PŘEHLED RUČNÍCH PROCESŮ	17
2.1 Pilování.....	18
2.2 Řezání	19
2.3 Zaškrabávání	20
3 SOUVISLOST STROJNÍCH A RUČNÍCH PROCESŮ	21
4 ROZBOR VÝROBY CÍNOOLOVĚNÉ PÍŠŤALY	22
4.1 Vstupní podmínky	23
4.2 Sestavení výrobního postupu.....	24
4.2.1 Odlévání plechu	27
4.2.2 Obrábění	28
4.2.3 Tváření.....	31
4.2.4 Pájení a barvení	32
4.2.5 Dokončení funkčních částí	34
4.3 Zhodnocení provedeného procesu	35
5 ZKUŠENOSTI A HODNOCENÍ ZÁKAZNÍKŮ	36
6 ZHODNOCENÍ.....	37
ZÁVĚR.....	38
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [31].....	39
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	41
SEZNAM PŘÍLOH.....	42

ÚVOD

Ne vždy je možné vše vyrábět strojně a výrobu automatizovat. V různých situacích je stále třeba lidské práce, v některých případech méně, v některých více. Tento fakt je doložen například u výroby a restaurování varhan, královského hudebního nástroje. Konkrétně u výroby kovových varhanních píšťal.

Výroba či restaurování varhan je velmi složitá, rozsáhlá, komplexní, ale také krásná práce. Zahrnuje několik odvětví, které je potřeba ovládat. Jedná se o uměleckou práci se dřevem, navrhování a kreslení varhan, práci s kovovými (cínoolověnými) píšťalami.

Výroba kovové píšťaly je svázána s několika strojírenskými procesy. Vyrobění kompletní píšťaly předchází odlévání, tváření, obrábění a pájení (letování). Po zhotovení je třeba ji intonovat a ladit. Většina práce na kovových píšťalách je ruční, u dřevěných částí varhan a dřevěných píšťal je podíl ručních prací o něco menší, avšak u obou odvětví je třeba velká manuální zručnost.

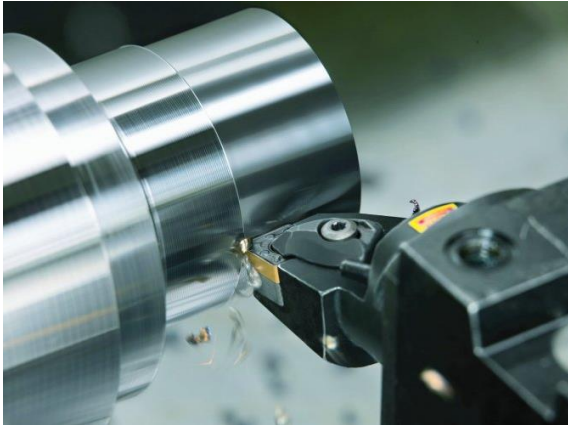
Jako příklad kompletního nástroje jsou na obr. 1 uvedeny varhany, které jsou v Krzesówě v Polsku. Jsou to velké, složité postavené a perfektně technicky promyšlené varhany.



Obr. 1 Varhany v Krzesówě v Bazilice Nanebevzetí Panny Marie.

1 PŘEHLED STROJNÍCH TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ

Mezi standardní strojírenské procesy patří obrábění, tváření (stříhání), slévání a svařování/pájení. Díky těmto procesům dostává materiál požadované mechanické a technologické vlastnosti, požadovaný tvar nebo dochází ke spojování dvou a více součástí, které poté tvoří jeden celek. Ve strojírenské výrobě se často tyto procesy kombinují a vznikají tak výrobky různých vlastností, velikostí a tvarů. V dnešní době je k dispozici obrovské množství různých strojů a technologií. Ukázky technologických procesů jsou vidět na obrázcích obr. 2, obr. 3, obr. 4 a obr. 5.



Obr. 2 Ukázka obrábění [1].



Obr. 3 Ukázka tváření [2].



Obr. 4 Ukázka slévání [3].



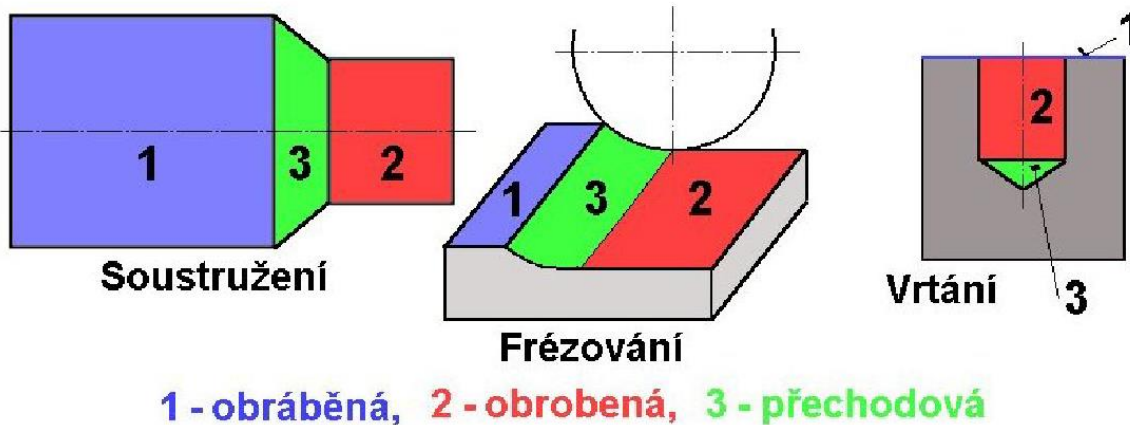
Obr. 5 Ukázka svařování [4].

Všechny tyto procesy jsou založeny na různých principech a každý má své výhody a nevýhody. Aby bylo možné dosáhnout požadovaných vlastností a tvaru výrobku, je v některých případech nutné technologické procesy kombinovat. Jednou z možných a častých kombinací je odlití dílu a následné obrobení funkčních ploch a částí. Vyrábět celou součást například obráběním by se ekonomicky nevyplatilo, ale s využitím několika po sobě jdoucích procesů je výroba výhodnější. Samozřejmě s ohledem na počet kusů/velikost série. Naopak pouze odlitá součást nemá kvalitní dosedací plochy nebo chybí potřebné díry, které jsou po odlití vyvrtány. Podobně je tomu u předkování výrobku, na které navazuje obrábění.

1.1 Obrábění

Velmi rozšířeným technologickým procesem ve strojírenství je obrábění. Obrábění je technologický proces, při kterém se požadovaného tvaru výrobku, rozměrů a vlastností povrchu dosahuje odebráním částic materiálu různými účinky. Tyto účinky jsou: mechanické, chemické, elektrické. Někdy se kombinují. [5; 6]

Obráběný materiál (polotovár) se nazývá obrobek. Na obrobku se rozlišují 3 typy ploch. Obráběná, přechodová a obrobená. Tyto plochy jsou znázorněny na obr. 6. Obráběná plocha je taková, která je třeba obrobřit. Přechodová je právě v kontaktu s ostřím nástroje a obrobená je hotová plocha vyrobená obráběním. [5]



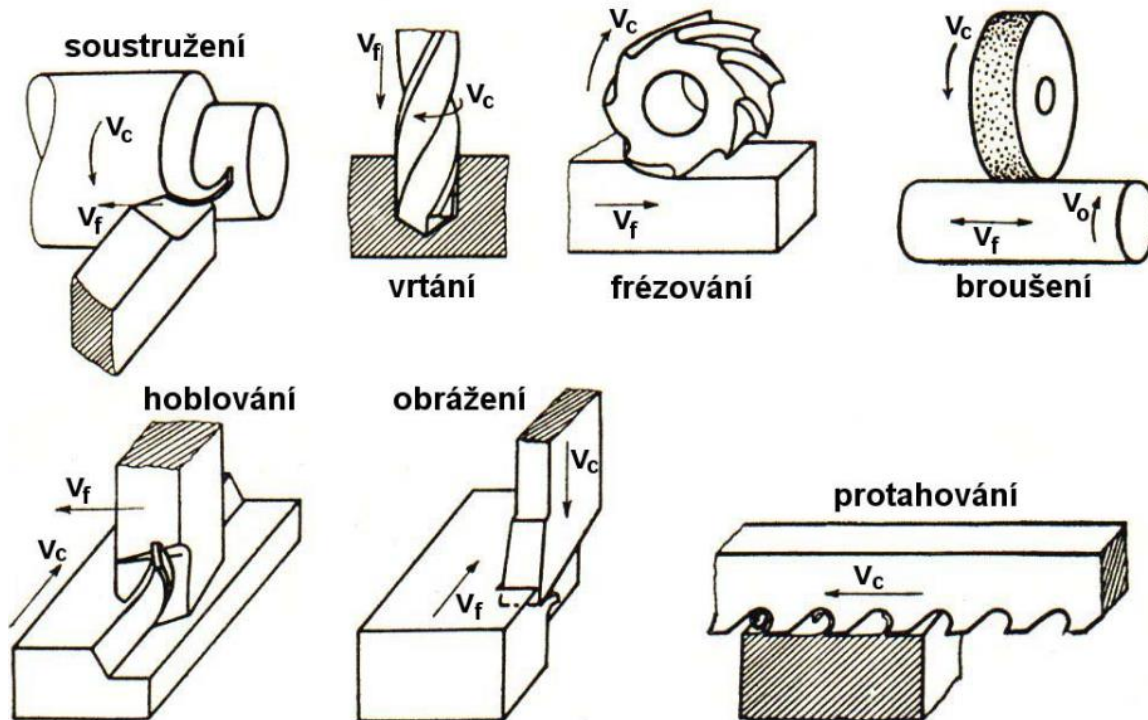
Obr. 6 Plochy na obrobku [5].

U obrábění dále rozlišujeme pohyby: hlavní pohyb, posuvový pohyb a výsledkem těchto dvou pohybů je řezný pohyb (součet vektorů hlavního a posuvového pohybu). Např. u soustružení vykonává hlavní pohyb obrobek, který je upnut do sklíčidla a roztočen na požadované otáčky a posuvový pohyb koná nástroj (soustružnický nůž). U frézování je tomu naopak, hlavní pohyb vykonává nástroj (fréza) a vedlejší obrobek. K pohybům je třeba ještě přidat přísuv. To je pohyb, díky kterému se nástroj nastaví do pracovní polohy, ve které bude odebrat požadovanou šířku záběru ostří, která se obecně značí a_p . [5]

Typickým příkladem obrábění je třískové obrábění. K odebrání materiálu zde dochází mechanickým účinkem. Do materiálu vniká ostří nástroje a dochází ke vzniku třísky (část obrobku, která je odříznutá a zdeformovaná). Mezi základní metody třískového obrábění patří [5; 6]:

- soustružení,
- frézování,
- vrtání,
- broušení,
- hoblování,
- protahování,
- obrážení.

Jednoduché zobrazení základních metod třískového obrábění a naznačení pohybů při obrábění je vidět na obr. 7. Horní čtyři metody jsou opravdu nejzákladnějšími a nejrozšířenějšími metodami třískového obrábění kovů ve strojírenské výrobě. Hoblování společně s frézováním jsou základní obráběcí metody při zpracování dřeva, ale běžně se používají i pro zpracování kovů.



Obr. 7 Vybrané metody obrábění s naznačeným hlavním a posuvovým pohybem [5].

Dalšími příklady obrábění jsou nekonvenční technologie, které využívají elektrický a chemický účinek. Elektrického účinku využívá např. elektrojiskrové obrábění a chemického účinku např. chemické prostřihování. [6; 7] Příklady metod obrábění pomocí elektrického účinku [7]:

- Elektroerozivní obrábění – Materiál je periodicky ubírán opakujícími se elektrickými/obloukovými výboji mezi elektrodou (nástrojem) a obrobkem. Obrobek i elektroda leží v dielektrické kapalině, díky které je odpařovaný materiál odplavován z místa obrábění.
 - elektrojiskrové obrábění,
 - elektrokontaktní obrábění,
 - anodomechanické obrábění,
- Obrábění laserem,
- Obrábění paprskem (svazkem) elektronů.

Princip obrábění s využitím chemického účinku je založen na odleptávání vrstev materiálu. Tam, kde materiál nemá být odebraný, je třeba nanést speciální povlak (masku). Rychlost odleptávání může být okolo $0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Metoda je výhodná zejména v případě, že se materiál odebírá jen do malých hloubek [6; 7]. Příklady metod obrábění pomocí chemického účinku [7]:

- Chemické prostřihování,
- Chemické rozměrové leptání.

Kromě těchto obráběcích procesů, existují v průmyslu i jiné procesy, které jsou pro strojírenskou výrobu taktéž důležité a potřebné. Budou přiblíženy zvláště v následujících podkapitolách. Jedná se o tyto procesy: tváření, pod které spadá stříhání, slévání a pájení.

1.2 Tvářeni

Tváření je proces, při kterém se plasticky deformují polotovary z železných i neželezných kovů různými nástroji. Cílem je dosáhnout požadovaného tvaru dílce. Tvářením zhotovené dílce se nazývají: výlisek, výkovek, protlaček, ohybek atd. Zpravidla mají lepší mechanické a fyzikální vlastnosti, než původní polotovary. Nejzákladnější rozdělení tvářecích procesů je na objemové tvářeni a plošné tvářeni. [8; 9]

U objemového tvářeni dochází k plastické deformaci v celém objemu tvářeného dílce. Dochází k významné změně tvaru a ke zvětšení plochy oproti původnímu polotovaru. Objemové tvářeni probíhá většinou za tepla (tj. materiál je deformován nad rekrystalizační teplotou). [6; 8; 9] Příklady objemového tvářeni [8]:

- kování,
- válcování,
- protlačování,
- tažení.

Oblast (pásno) plastické deformace při plošném tvářeni je užší. K plastické deformaci nedochází v celém objemu tvářeného dílce. Plech je při zanedbatelných změnách plochy a tloušťky přetvářen do prostorového tvaru. Tento proces probíhá nejčastěji za studena. [8; 9] Příklady plošného tvářeni [8]:

- stříhání,
- ohýbání,
- tažení,
- tlačení.

Tvářené součásti mají dobré mechanické vlastnosti. Součást vyrobená tvářením má lepší vlastnosti, než stejná součást vyrobená např. soustružením. Je tomu tak proto, že u soustružení (obrábění) dochází k přerušování vláken, zatímco u tvářeni zůstávají vlákna neporušená. Tvářením někdy bývá obrábění nahrazováno, a to v případě velkých výrobních sérií. Často bývá jediným důvodem snížení nákladů na výrobu.

Příklady výrobků vytvořených tvářecími procesy jsou uvedeny na obrázcích níže. Na obr. 8 jsou vidět výrobky plošného tvářeni (vystřihováním vzniklé nebo laserem vypálené otvory s následným ohýbáním). Obr. 9 ukazuje výrobky objemového tvářeni, konkrétně kování, tedy výkovky.



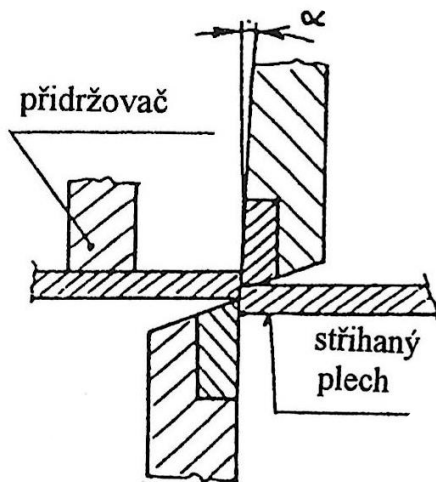
Obr. 8 Výrobky plošného tvářeni [2].



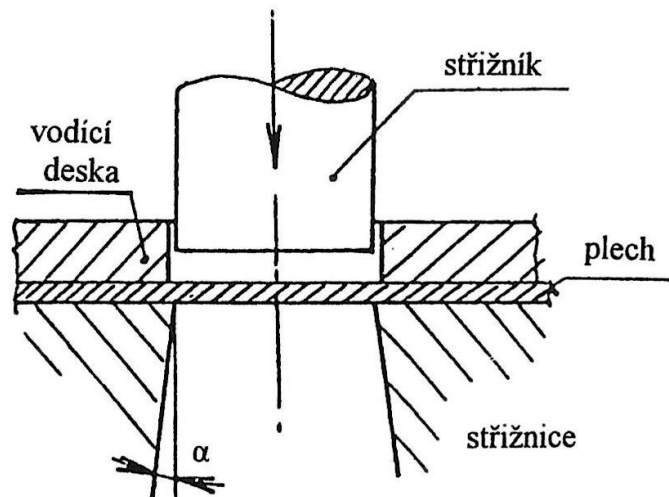
Obr. 9 Výrobky objemového tvářeni (výkovky) [10].

1.2.1 Stříhání

Stříhání patří do tvářecích procesů, ale oproti ostatním je zde cílem porušení soudržnosti materiálu. U dalších druhů tváření je snaha porušení materiálu zabránit. Patří mezi nejrozšířenější a nejekonomičtější způsoby dělení materiálu. Rozlišují se dva tvary křivky stříhu, otevřená a uzavřená. Otevřenou křivku stříhu mají u prostého stříhání např. tabulové nůžky a uzavřenou pak vystřihování, děrování. Stříhání mimo uvedených druhů zahrnuje přistřihování, ostřihování, nastřihování, prostřihování, vysekávání a protrhávání. Princip stříhání je vidět na obr. 10 a na obr. 11 je znázorněn princip vystřihování. [6; 8]



Obr. 10 Princip stříhání [6].

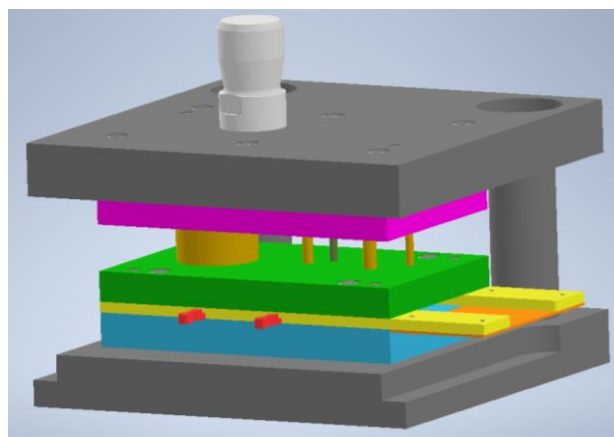


Obr. 11 Princip vystřihování [6].

Ruční stříhání lze provádět ručními či pákovými nůžkami, viz obr. 12. Stříhat můžeme také za pomoci strojů. Jedná se např. o tabulové nůžky nebo stříhadlo, což je nástroj pro vystřihování (děrování). Stříhadla se dále rozdělují na jednoduchá (výstřížek je vyroben v jednom kroku), postupová (výstřížek je vyroben ve dvou a více krocích, typicky se jedná o kruhovou podložku pod šroub), sloučená (děrování a vystřihování je zhotoveno při jednom zdvihu nástroje a bez posunutí pásu) a sdružená (jedná se o spojení více operací v jednom stroji např.: děrování, stříhání a ohýbání). Ukázka stříhadla je na obr. 13. [8]



Obr. 12 Ruční pákové nůžky [11].



Obr. 13 Stříhadlo.

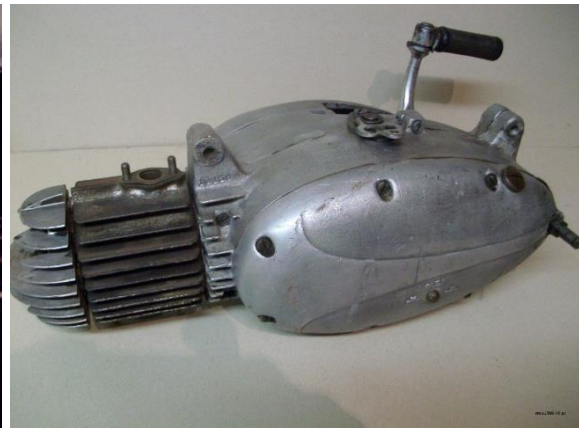
1.3 Slévání

Slévání je proces výroby součástí z kovů a jejich slitin, potažmo plastů. Výrobek vzniklý odlitím materiálu do formy se nazývá odlitek. Odléváním lze vyrobit dílce velice složitých tvarů, které by nebylo jinak možné zhotovit. Jako příklad lze uvést vzduchem chlazený válec a další díly motoru, které je možno vidět třeba na starých motorkách. Ukázka odlévání je vidět na obr. 14 a příklady hotových odlitků jsou k vidění na obr. 15 a obr. 16. U slévání je důležité sledovat slévárenské vlastnosti odlévaných materiálů. [6; 12] Slévárenské vlastnosti [6]:

- tavitelnost – schopnost materiálu přecházet z tuhého skupenství do kapalného a vytvořit homogenní taveniny,
- tekutost – vyjadřuje odpor roztaveného materiálu proti jeho tečení,
- zabíhavost – je daná schopností roztaveného materiálu vyplňovat slévárenskou formu (v praxi se provádějí zkoušky zabíhavosti),
- objemové změny – mají vliv na přesnost rozměrů odlitku při chladnutí a tuhnutí materiálu, na velikost vnitřních pnutí a na vznik staženin. Vyjadřují se smrštěním (procenta nebo promile).



Obr. 14 Odlévání [13].



Obr. 15 Příklad odlitku – motor pro Jawa 50 [14].



Obr. 16 Tlakově lité bloky motoru [14].

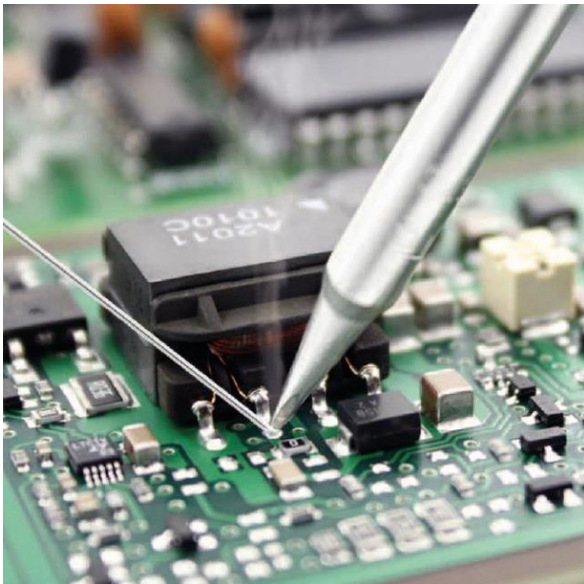
1.4 Pájení

Pájení je proces, při kterém dochází k vytvoření nerozebíratelného spoje dvou materiálů (nad nerozebíratelností by se dalo polemizovat, pokud by se spoj totiž zahřál nad teplotu tavení pájky, lze pájené součásti opět oddělit). Roztavená pájka se zakotví v povrchové vrstvě a její složky difundují (pronikají) do krystalové mřížky pájených materiálů. Teplota pájky nikdy nedosahuje teploty tavení pájeného materiálu, což je podstatný rozdíl mezi pájením a svařováním. V souvislosti s pájením se používá několik termínů, které je potřeba znát. [6; 15] Objasnění pojmů v pájení [6,15]:

- pájka – přídavný materiál používaný při pájení, slitina mající nižší tavící teplotu než má pájený materiál, dělí se na měkké (většinou slitina olova a cínu a tavící teplota je nižší než 450 °C) a tvrdé (mosazné a stříbrné, tavící teplota je nad 450 °C),
 - smáčivost – vyjádřena velikostí úhlu, který svírá pájka s tavidlem a pájený materiál. Dokonalá, když se tento úhel blíží 0°,
 - vzlínavost – schopnost pájky zaplnit úzké štěrbiny vlivem kapilárních sil,
- tavidlo – odstraňuje oxidy zabraňující přímému spojení pájky s pájeným materiálem a ochraňuje pájený spoj před oxidací. Zlepšuje smáčivost pájky a základního materiálu. U měkkého pájení se používá chlorid sodný (salmiak) nebo chlorid zinečnatý. Pro pájení tvrdé se používá kyselina boritá, borax nebo jejich směs.

Pájení na měkko má velké využití ve výrobě elektroniky, plošné spoje (obr. 17). Při hromadném pájení elektroniky se používá metoda pájení vlnou. Jedná se taky o ruční pájení elektrických vodičů či jiné řemeslné činnosti.

Pájení na tvrdo je rozšířené např. u instalatérské činnosti, kde je potřeba pájet měděné potrubí, které tvoří oběh topení v domácnosti (obr. 18). Tento případ je typickým příkladem pájení, kde je potřeba dobrá vzlínavost pájky, aby se kapilárními silami po celém obvodu trubky zaplnila mezera a vznikl tak pevný a nepropustný spoj po celém obvodu.



Obr. 17 Pájení plošného spoje [16].



Obr. 18 Pájení měděného potrubí [17].

Do měkkého pájení například spadá i uměleckořemeslná činnost pájení kovových varhanních píšťal. Je to specifická práce a je k ní zapotřebí určitá manuální zručnost. Používá se cínoolověná pájka a speciální páječka. Ve varhanářství pochází hodně slov z němčiny, proto se běžně hovorově používá místo pájení spíše slovo letování.

2 PŘEHLED RUČNÍCH PROCESŮ

Mezi ruční řemeslné činnosti patří například pilování, řezání, zaškrabávání, broušení. Tyto procesy je v některých případech nutné provést, v některých je to časově výhodnější, než programování nebo provádění úkonů strojně. K výše uvedeným činnostem by se mohlo ještě zařadit umělecké kování, řezbářství, výroba či restaurování varhan. Doba spěje kupředu, k automatizaci, avšak některá odvětví nelze nahradit strojní výrobou a roboty. Nejspíše to nebude možné ani v budoucnu, a kdyby se to někdy povedlo, byla by velká škoda zaniklých řemesel, která lidstvo provázejí již několik staletí. Příklady ručních procesů viz obr. 19, obr. 20, obr. 21, obr. 22, obr. 23 a obr. 24.



Obr. 19 Pilování [18].



Obr. 20 Řezání [18].



Obr. 21 Zaškrabávání [19].



Obr. 22 Broušení.



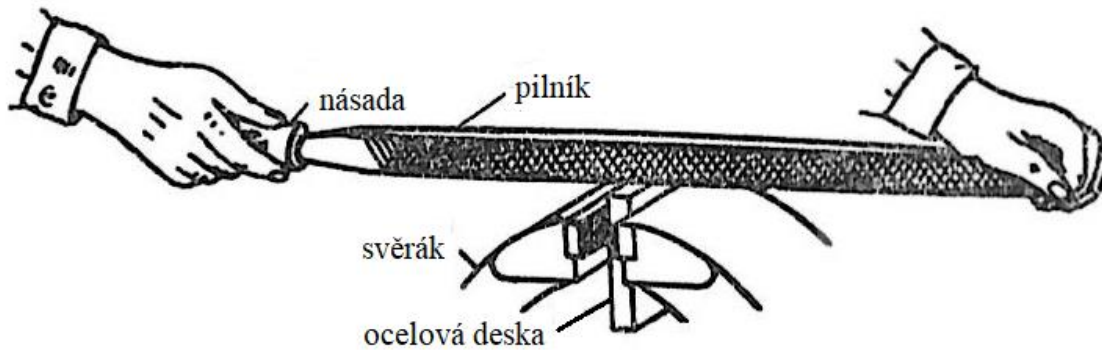
Obr. 23 Řezbářství [20].



Obr. 24 Výroba varhanní píšťaly.

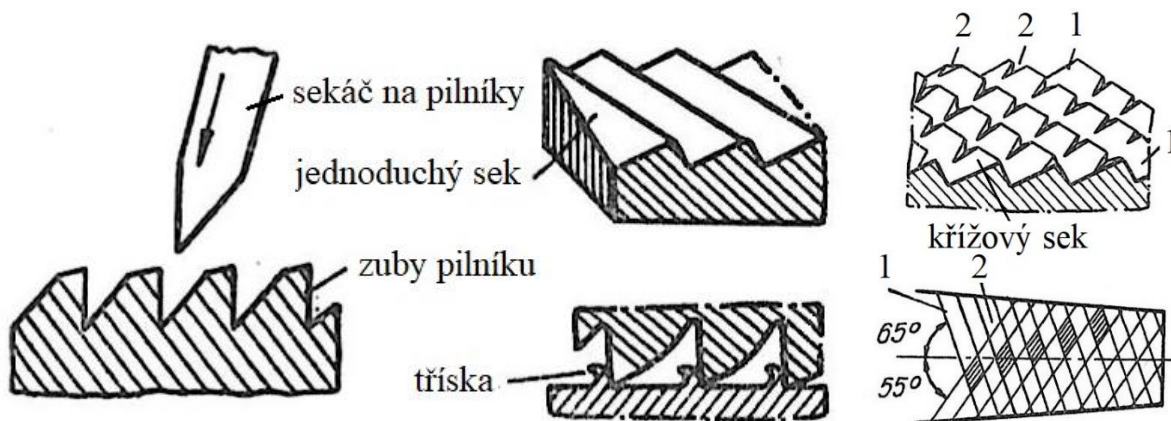
2.1 Pilování

Ruční proces, který tvoří základ strojnické zručnosti. Platilo to spíše dříve, kdy museli zámečníci pilovat téměř vše, protože obráběcí stroje nebyly dokonalé. Výrobky se pilováním dokončily „na čisto“. Přesto, že jsou v dnešní době stroje téměř dokonalé, jsou odvětví, ve kterých je pilování stále potřebná činnost. Jsou to činnosti jako nástrojářství, složité montáže, opravy strojů. Příklad pilování s popisky je vidět na obr. 25. [21]



Obr. 25 Pilování ocelové desky upnuté ve svěráku [21].

Nástrojem pro pilování je pilník. Ten je vyroben např. kováním nebo válcováním za tepla z tyčové nástrojové oceli, která obsahuje 1,1 až 1,5 % uhlíku, což je složení, které umožňuje dosažení dostatečné tvrdosti při kalení. Základním prvkem jsou zuby, ty jsou sekány za studena, ručně nebo strojně, v pilníkárnách. Rozlišují se dva typy seku. Jednoduchý sek, který je vhodný pro měkké kovy (hliník, zinek, olovo), jelikož se méně zanáší pilinami a křížový sek, ten má dvě řady seků a je vhodný pro ocel, litinu, měď a mosaz. Druhý neboli horní sek dělí ostří seku prvního na menší části. Důvodem je tvoření menších třísek. Na obr. 26 je zobrazeno sekání zubů a jejich tvar, jednoduchý sek a křížový sek pilníku. [21]



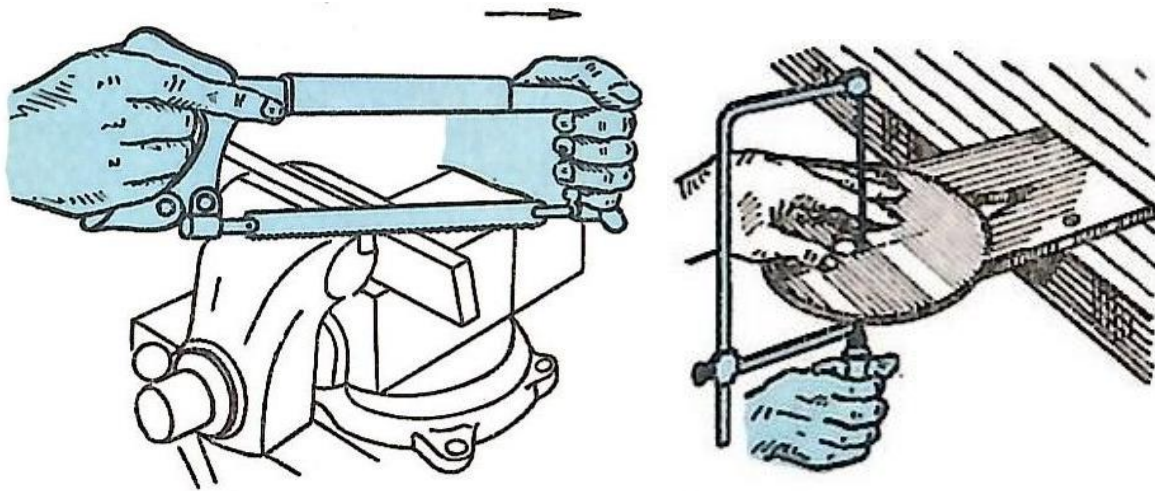
Obr. 26 Sekání zubů pilníku a jejich tvar, křížový sek pilníku: 1 – spodní (první) sek; 2 – horní (druhý) sek [21].

Pro pilování dřeva se používají tzv. rašple. Zuby se zde sekají špicí a tím se podstatně liší od zubů, které jsou na pilníku. Rašple se dělí na podkovářské (mají na části povrchu rašplový sek a na zbytku hrubý sek pilníkový) a truhlářské (např. půlkruhová rašple má po celém těle zpravidla rašplový sek). Obecně je třeba chránit zuby pilníků i rašplí před poničením tvrdými předměty, stůl, kam se odkládají, musí být čistý a nikdy se nepokládají na sebe. [21]

2.2 Řezání

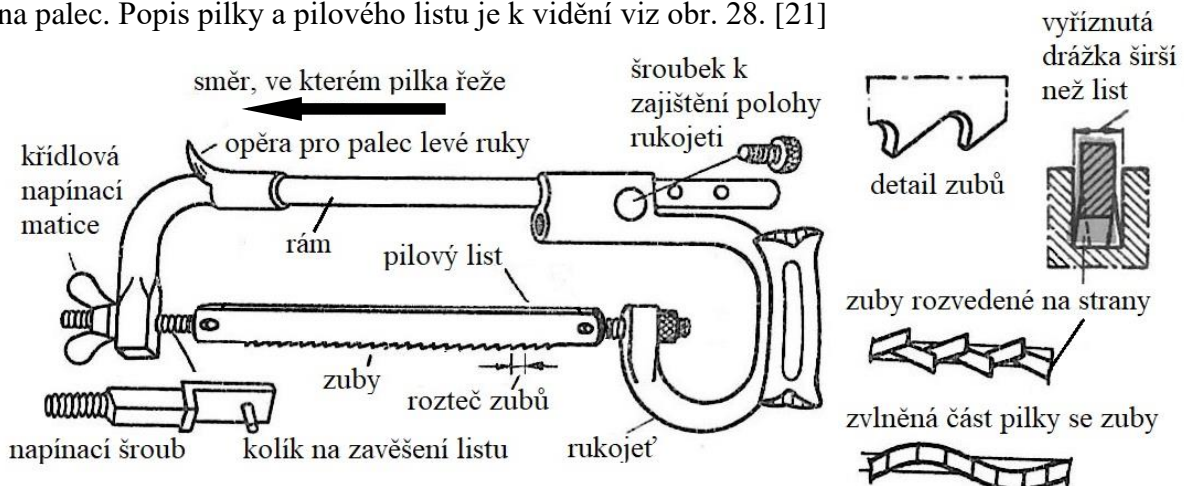
Způsob dělení materiálu, který je mechanický a spadá pod obrábění. Řezat se mohou kovové materiály, dřevo nebo plasty. Lze přerézávat tyčový materiál, z čehož může být již hotový výrobek s konečným rozměrem, u kterého nevadí horší kvalita povrchu vzniklého řezáním (příprava stavebních kovových sítí) nebo polotovar, pro následné obrábění. [6; 21]

Řezání vykonávají vícebřité nástroje, které se nazývají pily. Jsou pásové nebo kotoučové. Většinou konají hlavní i vedlejší pohyb a obrobek je v klidu. Pilové pásy či listy se vyrábí z nástrojové nebo rychlořezné oceli. Rychlejší a mnohem rozšířenější způsob uříznutí materiálu je strojní pilou, avšak jsou případy, kdy je potřeba řezat ruční pilkou, tou se mohou vyřezávat úzké drážky (v hlavě šroubu pro šroubovák), upravovat velké součásti nebo takové, které mají nevhodný tvar pro strojní řezání. Ukázky ručního řezání viz obr. 27. [6; 21]



Obr. 27 Ruční řezání drážky (vlevo) a práce s lupenkovou pilkou na kovy (vpravo) [21].

Důležitým aspektem u pily je hustota zubů. Ta je dána počtem zubů na délku jednoho anglického palce, což je v přepočtu 25,4 mm. Nejběžnější hustota, kterou pily mávají, je 18 zubů na 1“. Je potřeba ji volit podle řezaného materiálu. Na měkkou ocel, měď, hliník a tlustší materiály se používá méně zubů na palec, většinou 14 až 18. Pilka s takovouto hustotou zubů je tzv. hrubá. Pro tvrdou ocel se volí zuby hustší, asi 18 až 24 zubů na 1“. Jedná se o střední pilky. Na tenké součásti (plechy, trubky) se používají jemné pilky, ty mají 24 až 32 zubů na palec. Popis pilky a pilového listu je k vidění viz obr. 28. [21]



Obr. 28 Popis pilky a pilového listu [21].

2.3 Zaškrabávání

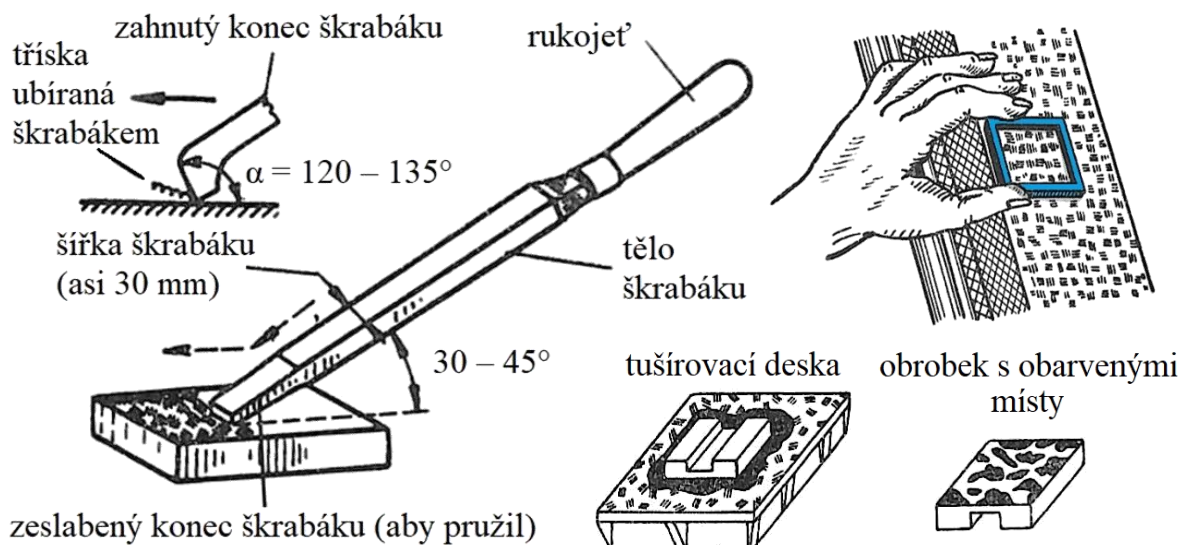
Poměrně stará ruční metoda sloužící k odstranění jinak nevyrovnatelných nerovností na důležitých plochách. Jsou to např. vedení na obráběcích strojích nebo různá ložiska. Tyto nerovnosti jsou na materiálu z předchozího obrábění (frézování, hoblování, vyvrtávání). Jedná se o rýhy po břítu nože, nepravidelné vlny vzniklé chvěním nástrojů atd. Zaškrabávání je zobrazeno na obr. 29. Je to velmi fyzicky náročná práce a z toho vyplývá, že i hodně nákladná. Proto je snaha co nejvíce využívat jiné metody, které nejsou tak namáhavé a jsou strojní (jemné obrábění, broušení, hlazení, lapování, superfiniš). Lze pracovat i mechanizovanými škrabáky, jež jsou poháněny elektromotory. [19; 21]

Zaškrabáváním se vytvářejí dotykové plošky, jejichž množství na jeden čtvereční palec ukazuje dokonalost styku. Hrubým zaškrabáním se vytvoří 3 až 4 dotykové plošky, jemným zaškrabáním 10 až 12 a velmi jemným zaškrabáním 20 až 24 těchto plošek. Zaškrabané plochy mají 5 tříd jakosti (tab. 1). Kontrola třídy jakosti je vidět viz obr. 29. Provádí se kontrolním rámečkem, který má rozměr cca jeden palec čtvereční, tedy 25 x 25 mm a po přiložení k povrchu se v něm počítají dotykové plošky. Na třídu 1 se zaškrabávají měřidla, na třídu 3 vedení obráběcích strojů a na třídu 5 např. víka. [19; 21]

Tab. 1 Třídy jakosti zaškrabaných ploch [21].

Třída jakosti	1	2	3	4	5
počet plošek na čtvereční palec	24 až 32	14 až 22	9 až 12	6 až 8	3 až 5

Nástrojem jsou škrabáky. Ruční nástroje, které mají nabroušené, ostré hrany, obtažené na kamínku. Na rovinné plochy se používají ploché škrabáky. Zakřivené plochy a pánve ložisek se škrabou trojhrannými škrabáky. Při práci je nezbytné pracovat s průměrným nářadím, tj. průměrné (tuširovací) pravítko, deska nebo hranol. Tímto nářadím se proměřuje rovinnost ploch. Proces přiměřování se také nazývá tuširování. Jedná se o nanesení berlínské modři, okru, indiga atd. na povrch průměrného nářadí, které se následně přiloží k zaškrabávanému povrchu, nebo naopak viz obr. 29. Obarvené vyvýšeniny, které se objeví na obrobku, se zaškrabou. Na vedení obráběcích strojů je vidět pravidelně zaškrabané obrazce i okem. Zlepšují vzhled a drží se v nich mazací olej. Podle těchto „ozdob“ se částečně dá kontrolovat opotřebení. [21]



Obr. 29 Zaškrabávání, kontrola třídy jakosti rámečkem, tuširování [21].

3 SOUVISLOST STROJNÍCH A RUČNÍCH PROCESŮ

V některých případech se problematiky výše zmíněné kapitoly 1 a kapitoly 2 prolínají. Jedná se zvláště o činnosti v umělecké a kusové výrobě. Kombinují se zde strojní procesy s těmi ručními. Někdy převažují strojní procesy, jindy je práce téměř ruční. Dobrým příkladem souvislosti strojních a ručních procesů je strojní obrobení plochy (vedení obráběcího stroje) a následné ruční zaškrabání.

Dalším takovým příkladem je výroba cínoolověné píšťaly do varhan. Tato, převážně ruční, výroba byla vybrána jako reprezentativní případ kombinace strojních a ručních procesů a v následující kapitole bude podrobněji rozebrána. Výroba varhan jako celku je kusová výroba, nikde na světě nestojí dva úplně stejné nástroje (výjimečně se dají nalézt podobné od stejného autora). V případě výroby jednotlivých řad píšťal, které tvoří tzv. rejstříky varhan, by se mohlo říci, že jeden rejstřík, který má obvykle 45 nebo 49 píšťal, je taková mini série. Píšťaly jsou v něm podobné, ale každá je jinak velká. Postupně se zmenšuje jak délka, tak průměr, tudíž se tedy jedná o kusovou výrobu i u vyrábění píšťal. Na obr. 30 je vidět jeden z několika procesů výroby a na obr. 31 jsou vidět celé nové a restaurované (opravované) píšťaly. Vyrobit cínoolověnou píšťalu je poměrně rozsáhlá a tvůrčí činnost, u které je třeba dbát na tyto důležité aspekty:

- zručnost pracovníka – jak již bylo zmíněno, jedná se převážně o ruční práci,
- specifické ruční nářadí – pro tuto činnost je nezbytné speciální nářadí,
- speciální pracovní postupy – výroba je provázena strojírenskými procesy, avšak ne vždy se jedná o „klasickou strojařinu“.



Obr. 30 Jeden proces výroby píšťaly.



Obr. 31 Nové a restaurované píšťaly.

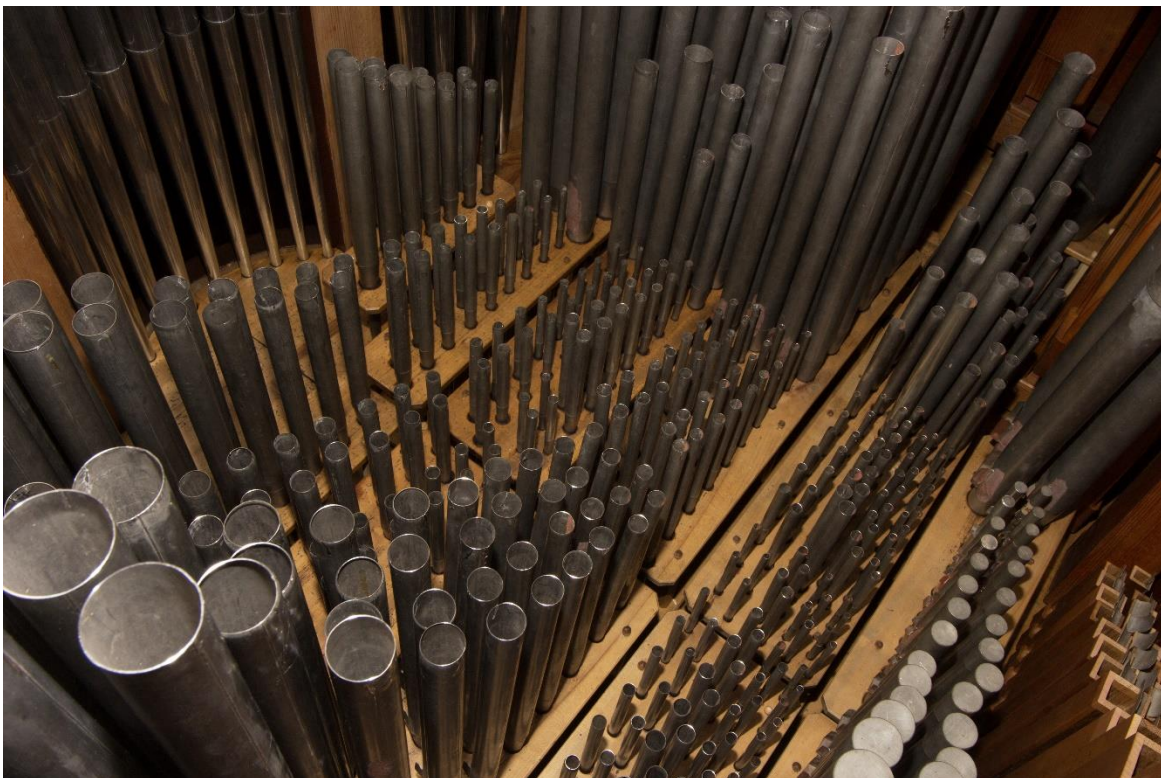
4 ROZBOR VÝROBY CÍNOOLOVĚNÉ PÍŠŤALY

Cínoolověná píšťala, jak již napovídá název, je vyrobena ze slitiny cínu a olova. Na různé řady (této řadě píšťal se říká rejstřík) píšťal se používá odlišný poměr těchto dvou kovů. Aby se předešlo „borcení“ píšťal, začíná se v poslední době do slitin přidávat cca 0,3 – 0,5 % mědi [22]. Někdy se totiž píšťaly postupem času, obzvláště větší, začaly deformovat vlastní vahou.

Nejčastěji používané slitiny mají obsah cínu přibližně 30 % a 40 %. Ty se využívají na píšťaly, které jsou uvnitř nástroje (obr. 32). Na tzv. prospektové píšťaly se používá slitina, která má cínu okolo 70 – 75 %. Při pohledu na varhany jsou prospektové píšťaly první a vlastně i jediné, které jsou z venku vidět (ostatní jsou schované ve varhanní skříni). Tvoří umělecký dojem celé práce společně s dřevěnou skříní a dřevořezbami. Všechny, které hrají, se běžně intonují a často tvoří základní varhanní rejstřík tzv. Principál. Podle konstrukce varhan se někdy mezi prospektovými píšťalami mohou objevit i němé píšťaly (nehrají, není k nim přiveden vzduch). Tyto píšťaly slouží pouze k vyplnění a dozdobení prospektu varhan.

Ne všechny kovové píšťaly ve varhanách jsou vyrobeny z cínoolověné slitiny. Někdy je možné nalézt píšťaly ze zinku, mědi nebo jiných materiálů. Když v minulosti nebylo dostatek peněz na cín, musely se píšťaly vyrábět z jiného kovu, příp. se vyráběly ze slitin, kde bylo cínu méně, než bylo zvykem (20 % Sn). Je možné, že se vzhledem ke skokovému zdražování materiálů, tedy i kovů, bude historie opakovat.

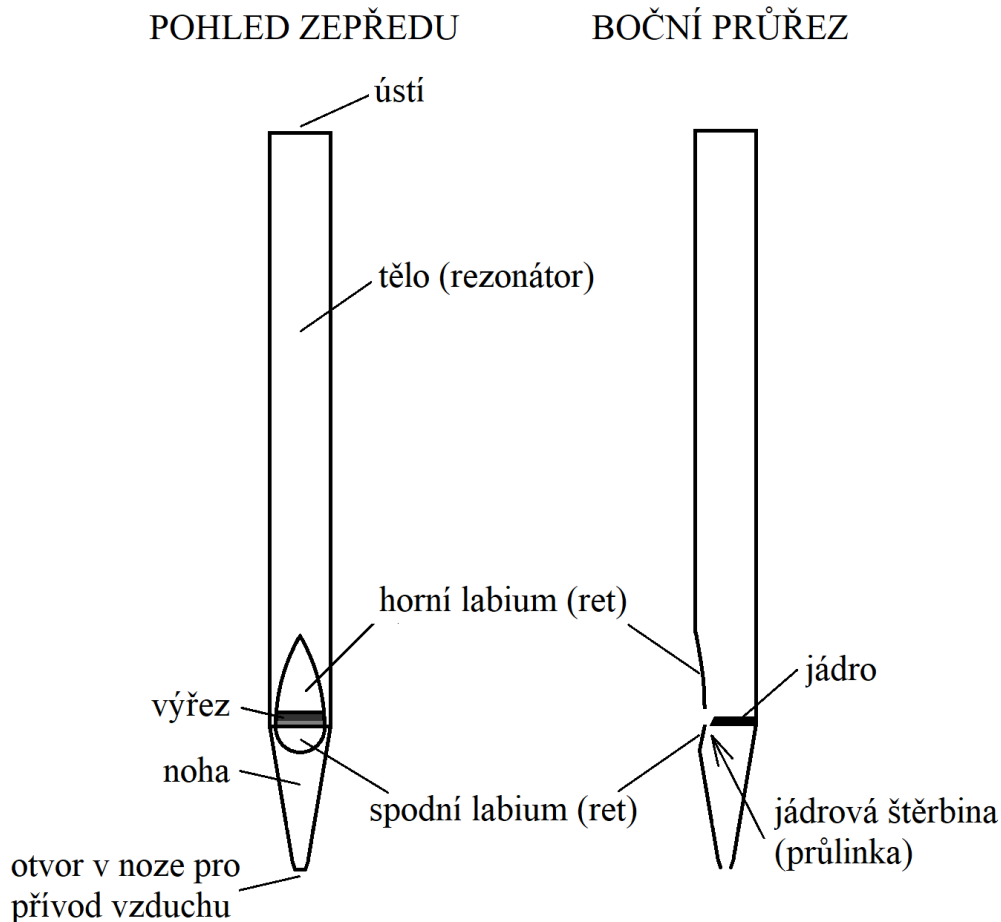
Výroba cínoolověné píšťaly spojuje několik strojírenských procesů. Od slévání, obrábění, tváření až po pájení. Jedná se především o ruční práci. Část výroby je prováděna na speciálních strojích. Podrobný postup bude uveden v následujících podkapitolách.



Obr. 32 Pohled do varhanní skříně.

4.1 Vstupní podmínky

Před výrobou je třeba znát požadované základní rozměry píšťal tj. vnitřní průměr a délku těla píšťaly neboli menzury. Poté se musí určit složení slitiny, tloušťka plechu, délka nohy, poměr šířky labia ku obvodu těla píšťaly (obvykle $\frac{1}{4}$), tvar labia a výška výřezu. Popis částí píšťaly je na obr. 33.



Obr. 33 Popis otevřené labiální (retné) kovové píšťaly [23].

Polotovarem pro tělo je plech tvaru obdélníku, který má danou tloušťku, délku a šířku (tvarem polotovaru nohy je výseč mezikružší). Šířka je závislá na vnitřním průměru a tloušťce materiálu. Je třeba přepočítat rozvinutý tvar, tedy obvod neutrální osy ohybu. Vypočte se dle vztahu:

$$b = (d_{min} + t) \cdot \pi, \quad (4.1)$$

kde: b - šířka polotovaru [mm],
 d_{min} - vnitřní průměr píšťaly [mm],
 t - tloušťka plechu [mm].

Podle vypočtené šířky polotovaru dle vztahu (4.1) a zadané délky, lze ustříhnout obdélník ze svitku plechu dané tloušťky. Protože délka udává výšku tónu, dává se na ni přídavek. Dalších výpočtů při práci není potřeba. Tabulka s délkovými menzurami pro rejstřík principál 410 Hz a principál 440 Hz, viz příloha 1. Polotovar pro nohu je obtížnější vyrobit. Vyrábí se na speciálním přípravku nebo pomocí šablon.

Při stříhání polotovarů a v dalším průběhu výroby vzniká odpad. Třídí se podle složení materiálu. Je možné ho opět přetavit a odlít z něj další plech nebo lze větší zbytky využít při restaurování píšťal.

Konkrétní vstupní parametry pro píšťalu, která byla vyrobena v rámci této práce, jsou sepsány v tab. 2. Byla vybrána prospektová píšťala se speciálně navrženým zdobením. Po přivedení vzduchu bude znít tón „c1“ s frekvencí cca 262 Hz.

Tab. 2 Vstupní parametry píšťaly.

Název parametru	Hodnota parametru
Obsah cínu ve slitině	75 %
Tloušťka plechu	0,5 mm
Délka těla	620 mm
Vnitřní průměr	43 mm
Délka nohy	250 mm
Šířka labia	1/4 (obvodu píšťaly)
Tvar labia	Lomený oblouk – výška = 2 šířky labia
Výška výřezu	1/5 šířky labia

4.2 Sestavení výrobního postupu

Výroba cínoolověné píšťaly je komplexní, rozsáhlá, tvořivá a řemeslně náročná činnost. Jak bylo zmíněno v přechozích kapitolách, sdružuje několik strojírenských procesů. K výrobě je potřeba dílna vybavená ručním náradím, speciálními stroji, nástroji a přípravky. Nazývá se cínárna. Řemeslník, věnující se výrobě kovových píšťal, se nazývá cínař.

Mezi používané náradí (obr. 34) patří vyklepávátka, rajzhák, poměrové kružítko, hoblík, ruční a pákové nůžky na plech a v neposlední řadě páječka. Některé je dost specifické a možná ho ani nelze v jiné profesi nalézt. České názvy často vycházejí z němčiny. Vybrané náradí je popsáno v tab. 3 a kromě vyklepávátka, které je přibližně uprostřed, se jedná a nástroje v levém dolním rohu obr. 34. Další náradí je běžné, např. pilník či posuvné měřidlo. Část katalogu se specifickým náradím je v příloze 2.

Tab. 3 Vybrané specifické ruční náradí cínaře s popisem.

Název	Popis	Funkce
Vyklepávátka	Dřevěný nebo plastový čtyřboký hranol	Slouží k vyklepávání (tváření) plechu nabaleného na kopytu do válcovitého tvaru.
Rajzhák	hákový nástroj s vybroušeným koncem do tvaru V	slouží k řezání plechu a prorýsování labia.
Poměrové kružítko	speciální kružítko se čtyřmi hroty, při otevřeném stavu má tvar X	mezi hroty na jedné straně se nabere vzdálenost, přes posuvný čep, kterým se nastaví poměr, je převedena mezi hroty na straně druhé.
Fázovník	jednobřítý nástroj s nastavitelnou šířkou třísky	odebírání pomocnou barvu a materiál před pájením dle nastavené šířky.
Labovák	Tvar jako půlkulatý pilník, povrch leštěný	Slouží k tzv. labování, tedy „vymáčknutí“ labia podle rýsování.

Tab. 4 Výrobní postup píšťaly se zařazením do technologií.

č. op.	TECHNOLOGIE				
	slévání	obrábění	tváření	pájení	ostatní
	NÁZEV OPERACE				
1	vytvořit slitinu				
2	odlít plech				
3		obrobit plech			
4			stříhat polotovar		
5		označit šířku labia			
6		slícovat nohu			
7		rýsovat labium			
8			nabalit na kopyto		
9			vyklepat		
10					odmastit
11					nabarvit
12		fázovat			
13				podélně pájet	
14					umýt
15			vyklepat		
16			labovat		
17					odmastit
18					nabarvit
19		fázovat			
20		zarovnat čela			
21		hoblovat jádro			
22		orýsovat jádro			
23			stříhat jádro		
24				pájet jádro na nohu	
25				spájet nohu a tělo	
26					umýt
27		vyřezat výřez			
28			zatočit/zaklepat nohu		
29		vyleštit			

4.2.1 Odlévání plechu

Výroba cínoolověné píšťaly začíná u vytvoření slitiny dle požadovaného složení a následného „odlití plechu“. V klasickém strojírenství je toto slovní spojení neobvyklé, ale u slitiny cínu a olova tomu tak skutečně je.

Slitina je vytvořena z požadovaného hmotnostního poměru cínu a olova, s přidáním legujícího prvku, mědi [22]. Té je ve směsi asi 0,3 – 0,5 % [22]. Důležité je, sebrat z roztaveného kovu nečistoty. Ty mohou ovlivňovat kvalitu plechu. Po sebrání nečistot a kontrole složení je slitina přenesena v pánvi k odlévacímu stolu a je nalita do speciálního vozíku, který po stole jezdí. Zatímco vozík jede, vytéká z něj roztavená směs na stůl. Pohled na stůl s vozíkem je na obr. 35. Lití plechu je poměrně obtížná činnost, protože jak slitina chladne, je třeba ke konci stolu s vozíkem zpomalovat tak, aby byla zachována, alespoň přibližně, konstantní tloušťka plechu. Odlitý plech na stole je ke spatření viz obr. 36. V příloze 3 jsou vidět příklady odlitých plechů z různých slitin.



Obr. 35 Odlévací stůl s vozíkem.



Obr. 36 Odlitý plech.

4.2.2 Obrábění

Po odlití plechu je třeba jej navinout na velký buben, viz obr. 37, a z obou stran ho obrobit na příslušnou tloušťku. Obrábění je vidět na obr. 38. Buben, na který se plech navíjí, je součástí speciálního soustruhu. Tloušťky plechů jsou odstupňovány po pěti setinách milimetru. Plechy na větší píšťaly už jen po desetínách milimetru. Třísky vzniklé odebráním materiálu se opět zpracují při odlévání dalšího plechu.



Obr. 37 Navíjení odlitého plechu na buben soustruhu.



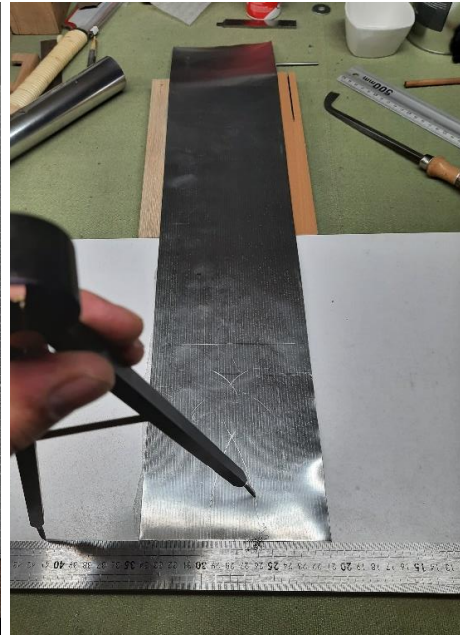
Obr. 38 Obrábění odlitého plechu.

Vynález tohoto soustruhu přinesl velké usnadnění výroby plechu. Dříve se musely plechy obrábět ručně, cidlinovat. Je to velice fyzicky náročná práce. Jedná se o ruční obrábění pomocí tzv. cidliny. Ruční ocelový nástroj, který je spíše znám z truhlářství nebo z výroby jiných hudebních nástrojů. Dosáhnout jednotné tloušťky u celého plechu je velmi obtížné. Tato činnost vyžaduje určitou zručnost. I v dnešní době je třeba někdy cidlinovat. Například při úpravě povrchu plechu na jádra.

Do obrábění patří i rýsování. Tím se na speciálním přípravku označuje šířka labia a rozkresluje se jeho tvar, viz obr. 39. Na rovné čáry se používá rýsovací jehla a na zakřivené speciální kružítko. Ukázka rýsování je vidět na obr. 40. Po narýsování je třeba tvary „protáhnout“ upraveným rajzhákem, který odebere materiál a vytvoří tak drážku tvaru „V“.



Obr. 39 Označení šířky labia.



Obr. 40 Rýsování kružítkem.

Důležitou ruční a přípravnou obráběcí činností je fázování. Jedná se o seškrabání ochranné barvy v místě, kde má být pájený spoj. Nástroj by se dal česky nazvat fázovník. Je vidět na obr. 41 při fázování.

Pro kvalitní sesazení částí píšťaly, těla a nohy, je třeba zarovnat jejich konce (čela). K tomu se používá speciálně vyrobený stroj, který je vidět na obr. 42. Skládá se z kotouče, ze kterého v jednom místě kousek vyčnívá nůž, který obrábí píšťalu. Dále z příložného dílce, který se nastaví na potřebný průměr, z posuvného koníku, který se nastaví podle délky píšťaly a z kovového rámu. Kotouč je roztočen pomocí elektromotoru přes řemenový převod. Řemenice má tři různé průměry pro řazení různých rychlostí. Ve vybavení dílny bývá i ruční zatáčečka, jejíž kotouč se roztáčí ručně pomocí kliky. Tyto stroje se používají i u restaurování píšťal, konkrétně u jejich prodlužování. Někdy je totiž potřeba staré píšťaly prodloužit, aby hrály ve správné výšce.



Obr. 41 Fázování.



Obr. 42 Zarovnání nohy.

Další operací spadající do obrábění je hoblování jádra píšťaly. Jedná se opět o ruční práci, která je možná více známá z truhlářství. Ve strojírenství je hoblování taktéž zastoupeno, ale jedná se o strojní proces. Nástrojem je hoblík. Pokud se nejedná o jednoruční hoblík, drží se oběma rukama. Odebírání třísky zajišťuje nůž, někdy též želízko.

Jádro se hobluje na speciálním přípravku, který dokáže upnout plech a natočit jeho polohu o požadovaný úhel oproti rovině, v níž jezdí hoblík. Operace je ke spatření na obr. 43 a na obr. 44 je vidět systém naklápění plechu. Hoblováním se vytváří přední strana jádra, která svírá se spodní stranou určitý úhel. Ten má vliv na výsledný charakter tónu, tzv. barvu. Na připravený plech se orýsuje vylabovaná noha.



Obr. 43 Ruční hoblování plechu na výrobu jader.



Obr. 44 Systém naklápění plechu.

Poslední činností spadající do této kapitoly je leštění. Vyráběná píšťala je prospektová, tudíž je třeba ji na závěr vyleštit, aby při pohledu na varhany dodala co nejlepší estetický dojem. Na tyto píšťaly se používá slitina s vysokým obsahem cínu, kolem 75 %. Toto složení zaručuje velmi dobrý lesk. Leští se látkou, na které je nanesena speciální leštící pasta. Po vyleštění je třeba dávat na píšťalu opravdu velký pozor, protože je na ni ještě zřetelněji vidět každý škrábanec a je vhodné ji brát do rukou s rukavicemi nebo alespoň přes látku. Většinou se po vyrobení zabalí do ochranné fólie. Leštěná píšťala je k vidění na obr. 45.



Obr. 45 Leštění prospektové píšťaly.

4.2.3 Tváření

Po obrobení plechu je možno přistoupit k stříhání/formátování plechu na obdélníky. U nich je jeden rozměr délka těla píšťaly a druhý rozměr tvoří šířka, která má délku obvodu neutrální osy ohybu. Výpočet je uveden ve vztahu (4.1). Vychází se z vnitřního průměru píšťaly a tloušťky plechu. Zadaná délka bývá zvětšena o přídavek, který si následně upraví intonér tak, aby píšťala hrála ve správné výšce. Šířka je třeba dodržet. Stříhání je prováděno na ručních pákových nůžkách a je vidět na obr. 46. Lze dosáhnout rozměrů v toleranci $\pm 0,2$ mm.



Obr. 46 Stříhání polotovaru pro výrobu kovové píšťaly.

Když je plech naformátován a je prorýsané labium, lze dávat píšťale válcový tvar. Naformátovaný plech je nabalován na trubku nebo tyč kruhového průřezu, čímž dostává válcový tvar. Tento proces je zachycen na obr. 47. Po navinutí je třeba plech vyklepat. Stejně tak po spájení dílců. K vyklepání se používá dřevěné nebo plastové klepátko, které je vidět na obr. 48.



Obr. 47 Nabalování plechu na tyč.



Obr. 48 Vyklepávání nabalené píšťaly.

Následně dochází k dalšímu tvarování, tzv. labování, které lze spatřit na obr. 49. Používá se nástroj zvaný labovák nebo silonová kulatina. Nástrojem se tlačí a jezdí po materiálu v místě, kde je vidět rýsování. Začíná tak vznikat labium. Předpokladem pro zdárné vytažení labia je správná hloubka rýsování. Když je hloubka malá, labium nemá konkrétní hranu. V opačném případě hrozí, že se plech roztrhne. U prospektových píšťal je někdy potřeba vytahovat i další prvky, které již nejsou nutné pro samotnou funkci píšťaly (obr. 49).



Obr. 49 Labování (vytažení labia).

Po vylabování a orýsování nohy na ohoblovaný plech se vystříhne jádro (poslední dílec píšťaly). Před vyleštěním hotové píšťaly zbývá pouze zatočit/zaklepat vstupní otvor pro vzduch tak, aby píšťala dobře dosedla do píšťalnice a mohl jím proudit vzduch. Velikostí tohoto otvoru se reguluje přívod vzduchu. Tomu se věnuje intonér.

4.2.4 Pájení a barvení

Proces, u kterého je zapotřebí velké zručnosti a zkušenosti. Výsledný pájený spoj, kterému se v cínařském řemesle říká lot, přidává píšťale na uměleckém dojmu. Správně by měl mít po celé své délce vypouklý tvar, jak je tomu na obr. 50, a pájka by neměla „prokápnout“ do vnitřku píšťaly. Oba konce plechu je potřeba napojit tečně a bez schodku, viz obr. 50. Nástrojem pro pájení je páječka s měděným kladívkem, které je pochromováno (obr. 53).



Obr. 50 Řez píšťalou kolmý k její ose.

Na pájení se používá cínoolověná pájka s obsahem cínu nad 70 %. Jako tavidlo se používá stearin. Směs kyseliny palmitové a stearové. Je znám jako přísada do parafínů při výrobě svíček. Získává se s rostlinných nebo živočišných tuků. [24]

Předpokladem pro zhotovení kvalitního pájeného spoje je pečlivá příprava. Před samotným pájením se píšťala kolem budoucího spoje musí odmastit a nabarvit klišovou barvou. Ta musí být namíchána tak, aby při pájení „držela“ roztavenou pájku podle ofázování. Odmaštění a barvení je ke spatření na obr. 51 a obr. 52.



Obr. 51 Odmaštění povrchu píšťaly.



Obr. 52 Barvení klišovou barvou.

Po nabarvení a ofázování těla a nohy se letuje podélně, viz obr. 53. Vznikne válcovitá a kónická „trubka“. Po pájení se vždy díly umývají horkou vodou od barvy a následně jsou vyklepány. Další operací je spojení jádra s nohou, to je vidět na obr. 54. Na to navazuje slícování nohy a těla a vytvoření „kulatého“ pájeného spoje. Nohu je potřeba slícovat tak, aby konec s otvorem pro přívod vzduchu neházel, tudíž aby byl v ose píšťaly. Taktéž je potřeba hlídat horní a spodní labium, musí na sebe co nejlépe navazovat. Čím lépe je tělo s nohou slícované, tím má intoner snazší práci.



Obr. 53 Podélné pájení.



Obr. 54 Připájení jádra na nohu.

Pájení je poslední z technologických procesů, které výroba cínoolověné píšťaly sdružuje. Po něm dochází už jenom k dokončení funkčních částí, tedy k intonování a ladění.

4.2.5 Dokončení funkčních částí

Do této části výroby byla zařazena operace č. 27 z výrobního postupu (tab. 4), vyřezání výřezu. To zároveň patří do obrábění, ale vhodnější je umístit ji do dokončování. Je to totiž jeden z posledních úkonů, co se výroby píšťaly týče. Práce s poměrovým kružítkem je vidět na obr. 55, jedná se o předrýsování výšky výřezu. Samotné řezání je zachyceno na obr. 56, kde je zároveň vidět práce s rajzhákem. Výška výřezu má veliký vliv na charakter (barvu) a sílu tónu. Udává množství tzv. parciálních tónů. Z části tedy navazuje na intonování. Cínař zhotoví výřez nižší, např. 1/5 šířky labia. U některých píšťal je tato výška již ponechána, u jiných ji intonér upravuje tak, aby výsledný zvuk měl všechny náležitosti, které má mít. [23]



Obr. 55 Rýsování výšky výřezu poměrovým kružítkem. Obr. 56 Vyřezávání výřezu rajzhákem.

Píšťala vyrobené v cínárně ještě není zcela hotová. Tedy ještě se nemůže usadit do varhan. Následuje poměrně obtížný a rozsáhlý proces, kterým je intonace a ladění píšťaly, potažmo celých rejstříků. Provádí ho intonér, který svou prací ovlivňuje celkovou kvalitu nástroje. Jeho úkolem je zušlechtit píšťalu. [23]

Intonace znamená nastavení správné síly, zvukového charakteru/barvy a začlenění celého rejstříku, složeného z řady píšťal, do zvukového celku varhan. Jedná se o velmi odbornou práci, která vyžaduje velice dobrou zvukovou představu a sluch. Intonuje se zpravidla na místě stavby či rekonstrukce varhan, protože píšťaly zní jinak ve varhanní skříni a v prostoru, kde varhany stojí, než když jsou vyndané v dílně. Tam jsou píšťaly pouze předintonovány. [23]

Příkladem intonační operace je stanovení přítoku vzduchu. Zvětšováním nebo zmenšováním otvoru nohy se reguluje síla zvuku píšťaly. V některých případech se musí síla regulovat změnou velikosti průlinky. Dalším procesem může být, avšak není to podmínkou, vytvoření vpichů na jádře (malé kolmé zářezy na hraně jádra). Usnadňují ozev. Velice důležitým aspektem, u intonérovy práce, je výška výřezu, která byla popsána výše. [23]

Ladění píšťal je oproti intonování poměrně jednoduchou činností. Jedná se o stanovení správné délky těla, která je přímo úměrná výšce (frekvenci) znějícího tónu. Je potřeba si dávat pozor na teplotu. Při uchopení píšťaly do ruky dochází ihned k zahřátí a tím i zkreslení ladění. Proto je důležité je nechat několik hodin na místě ladění a při dané teplotě. [23]

4.3 Zhodnocení provedeného procesu

Ruční kusová výroba s sebou nese řadu nepřesností, které jsou přirozenou součástí řemeslné práce. Záleží však jak velké tyto nepřesnosti jsou a kolik jich na píšťale je. Na určité věci by se mělo při výrobě dávat pozor. Čím je výroba přesnější, tím má intonér snadnější práci a píšťala působí lepším dojmem již od pohledu. Je potřeba dbát na tyto aspekty:

- dodržení správného průměru a délky těla u daného tónu,
- co nejlepší slícování těla a nohy,
 - musí na sebe navazovat labia – nesmí být vůči sobě natočené,
 - při otáčení tělem by neměl konec nohy s otvorem pro přívod vzduchu házet,
- kvalita pájených spojů,
 - musí pevně držet, nesmí být tzv. studené,
 - nesmí v nich být dírky (problémy při intonování),
 - měly by mít po celé délce vypouklý tvar (obr. 50),
- správná hloubka prorýsování,
 - labia musí jít dobře labovat,
 - vznik zřetelné hrany,
 - plech se nesmí roztrhnout.

Při vyrábění píšťaly je třeba zaměřit pozornost na používání správně namíchané klišové barvy. Je potřeba znát správný poměr látek, které barvu tvoří. Z názvu vyplývá, že jednou ze složek je klíh. Další jsou pak voda, plavená křída a hlinka (pigment), která slouží k obarvení směsi, aby byla dobře viditelná na píšťale. Používá se např. červená.

Na obr. 57 je ke spatření bližší pohled na vyrobenou píšťalu. Byla zhotovena a navržena pro tuto práci. Je to píšťala prospektová s principálovou menzurou, tj. průměr a délka odpovídá rejstříku zvanému principál. Podle výše uvedených aspektů je vyrobená v pořádku, pouze pájené spoje by měli vypadat poněkud lépe. Aby vypadaly opravdu tak, jak vypadat mají, je potřeba se učit poměrně dlouho a mít k tomu dostatečnou trpělivost. Záleží na několika dalších vlivech, jako jsou teplota páječky, kvalita barvy, tloušťka plechu, držení páječky ve správné poloze a rychlost jejího posunu.



Obr. 57 Prospektová píšťala.

Při zodpovědném chování nehrozí z hlediska bezpečnosti práce a hygieny nebezpečí. V opačném případě může dojít ke zranění při odlévání (popáleniny), soustružení, stříhání plechu, ruční řezání nožikem apod. Při pájení a odlévání plechu je třeba místnost větrat. Používané barvy jsou přírodního charakteru. Neznečišťují životní prostředí tak, jako by tomu mohlo být u jiných barev používaných v průmyslu.

5 ZKUŠENOSTI A HODNOCENÍ ZÁKAZNÍKŮ

Vzhledem k originální výrobě varhan, kde je každý nástroj jedinečný, je pro varhanáře výroba varhan pokaždé v něčem jiná. Ve výjimečných případech lze nalézt 2 podobné nástroje od jednoho mistra. Nejedná se vždy jen o výrobu kompletně nových varhan. Častou náplní práce bývá i restaurování původních varhan a výroba pouze některých částí, které chybí. V příloze 5 je foto původních a restaurovaných píšťal a v příloze 6 je detailní foto části píšťaly před opravou. Z důvodu originality vznikají u uživatelů různé zkušenosti a případně i kritické situace.

V tomto oboru jsou zákazníci poněkud specifictí. Jde o města, farnosti nebo třeba různé spolky lidí nadšených pro opravení varhan. Financování je taktéž různé, protože práce a materiály na varhany se pohybují od stovek tisíc až po miliony Korun českých, mnohdy se pořádají různé sbírky od veřejnosti. Přispívají i obce a kraje.

Výsledek může zhodnotit ten, kdo se podobným činnostem věnuje. Nejlépe však práci zhodnotí ten, kdo na hotové varhany hraje, tedy varhaník (obr. 58). Ti často bývají těmi, kteří dají potřebný impulz pro výrobu či restaurování varhan. S odvedenou prací jsou velice spokojeni. Při výrobě a restaurování je snaha o co nejpocitivěji a nejkvalitněji odvedenou práci, která bude sloužit po další časy.



Obr. 58 Varhaník hrající na opravené varhany v Doubravníku [25].

Krátké hodnocení nástroje v Doubravníku. „...Kvalitních nástrojů je již znatelně méně a těch výborně restaurovaných je jen poskrovnu. Jeden z nich se nachází v Doubravníku, (...) Výmolova nástroje, který skvěle restauroval varhanář Dalibor Michek.“ [26].

Popis odvedené práce na varhanách v Žirči. „Ukázkově restaurovaný nástroj se tak stal jedním z mála dosud funkčních opusů varhanáře J. A. Bartha.“ [27].

Někdy mohou mít varhaníci při hře na nástroj špatné zkušenosti s nenadále vzniklým problémem. Jde například o tzv. visení tónu. Při vytažení některého z rejstříků, může konstantně znít tón, aniž by byla zmáčknuta nějaká klávesa. Do píšťaly se dostává vzduch nechtěně. Ještě horší je, když se toto děje bez vytažení jakéhokoli rejstříku. Tento problém může být způsoben použitím slabého pera, které vrací ventil do zavřené polohy. Někdy je způsoben různými netěsnostmi na cestě k píšťale.

6 ZHODNOCENÍ

Z výše uvedených kapitol vyplývá, že výroba cínoolověné píšťaly vyžaduje určitou zručnost pracovníka. Protože se jedná především o ruční práce, má přímo vliv na výsledek. Tedy technické a umělecké provedení. Kromě zručnosti je potřeba logické a kreativní myšlení. Někdy je během práce potřeba si výrobní postup upravit. Další potřebnou vlastností je dobrý zrak. Mnohdy se pracuje s drobnými díly, obzvláště při výrobě nejmenších píšťal, jejichž tělo je dlouhé 20 mm, výjimečně 10 mm a průměr se pohybuje mezi 4 – 5 mm. Taktéž je potřeba dobře vidět na narýsované čáry kvůli dobrému slícování těla a nohy a taky pro co nejpřesnější prorýsování labí. S tím souvisí potřeba dobrého osvětlení dílny.

Ruční práce je oproti strojní fyzicky a někdy i psychicky náročnější. Často se u ní stojí a je potřeba vynakládat určité úsilí. Pokud se něco vyrábí strojně, vždy je ušetřen čas. U ručních činností je potřeba mít dobře vybavenou dílnu specifickým náradím a vybavením.

Při stavbě varhan např. v kostelích, ve kterých často bývají na kůru, je někdy potřeba jednotlivé díly vozit na speciálním výtahu. Větší díly se vozí jednotlivě, menší v krabicích nebo ve speciálních přeprávkách jako např. menší kovové píšťaly na obr. 59. U přepravy dopravy je třeba mít díly na měkkém podkladu a řádně zajištěny, aby se nezničili.



Obr. 59 Rejstříky složené z malých píšťal ve speciální přepravce.

Použitým polotovarem pro výrobu píšťaly je cínoolověný plech s obsahem cínu cca 75 %. Kilogram cínu v dnešní době stojí kolem 1100 Kč bez DPH [MICHEK, Dalibor. 6. 4. 2022]. Vyrobená píšťala váží 401 gramů. Výroba větších rejstříků se značně prodrazí kvůli velké spotřebě materiálu. Zatímco u menších píšťal je draží práce.

Z hlediska energetické náročnosti je výroba píšťaly poměrně nenáročná. Nejvíce energie se spotřebuje při ohřevu slitiny, soustružení a pájení. Ostatní operace lze dělat i při výpadku elektrického proudu. Část z celkové spotřebované energie je použita na osvětlení dílny a na ohřev vody, které je zapotřebí. Využívá se k umývání píšťal od pomocné klišové barvy či restaurovaných píšťal.

Celý proces je poměrně ekologický jelikož se v barvách používají přírodní materiály a celková spotřeba energií je oproti strojnímu automatizovanému závodu malá. Jediný problém je s používáním olova, ale při správném zacházení nehrozí žádné nebezpečí.

ZÁVĚR

Ruční práce jsou stále potřebné a často nenahraditelné. Jsou případy, ve kterých nelze provádět pouze strojní výrobu a vzniká potřeba vyrábět ručně. Tyto práce jsou, více či méně, ve většině případů kombinovány se strojní výrobou. Jako příklad takové práce byla vybrána výroba cínoolověné píšťaly do varhan, která zahrnuje několik strojírenských procesů jako je slévání, obrábění, tváření a pájení. Tato činnost je velice komplexní a ojedinělá. Byl proveden rozbor kompletní výroby od vyrobení polotovaru po dokončovací operaci, kterou je leštění povrchu. Rozbor obsahuje informace o používaných materiálech, vstupní podmínky a sestavení výrobního postupu. Dle uvedených vstupních hodnot byla vyráběna prospektová píšťala, která je ze slitiny, jež obsahuje 75 % cínu, olovo a měď, jako legující prvek (0,3 – 0,5 %). Váží 401 gramů, její celková délka je 882 mm a vnější průměr 44 mm.

V jednotlivých kapitolách bylo předvedeno speciální ruční nářadí a specifické stroje přímo při práci. Tyto stroje se u jiné činnosti nevyskytují. Stejně tak některé používané nářadí a přípravky. Daná výroba je velmi originální a některé její části poměrně obtížné. Jedná se o odbornou práci, která vyžaduje manuální zručnost, logické myšlení, smysl pro detail a uměleckého ducha.

Během výroby se povedl zachytit snímek, na kterém je vidět část průřezu píšťaly kolmého k její ose. Na snímku je vidět správný vypouklý tvar pájeného spoje a napojení obou stran plechu, které by mělo být tečné a bez schodku. Píšťala byla zhodnocena podle několika uvedených aspektů. Do budoucna by bylo potřeba ještě zlepšit pájený spoj. Dle ostatních kritérií je píšťala v pořádku. Na závěr bylo zmíněno hodnocení zákazníků a bylo provedeno celkové zhodnocení daného problému.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [31]

1. Profil firmy. *Kovoobrábění Vladimír Jež - SPINE* [online]. Zlín: Kovoobrábění - SPINE, © 2022 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <http://www.spine-cnc.cz/>
2. Ohýbání plechu. *Kovomont Zruč s.r.o* [online]. Zruč nad Sázavou: Kovomont Zruč, © 2022 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.kvomont-zruc.cz/ohybani-plechu-a15>
3. Slévárna Přerov. *Č. O. B. slévárna s. r. o.* [online]. Beňov: Č. O. B. slévárna, © 2022 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://www.slevarna-cob.cz/>
4. Svařování kovů. *Česká rodinná strojírenská firma CENTES spol. s r. o.* [online]. České Budějovice: CENTES, © 1991-2022 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://centes.cz/svarovani-kovu/>
5. HUMÁR, Anton. *Technologie I - Technologie obrábění – 1. část: Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2003 [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-1cast.pdf
6. PILOUS, Václav. *Technologie kovových materiálů. 2. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2008. ISBN 978-80-7043-699-8.*
7. HUMÁR, Anton. *Technologie I - Technologie obrábění – 3. část: Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2005 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf
8. DVOŘÁK, Milan a Michaela MAREČKOVÁ. *Technologie tváření: Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň, 2. ročník CTT-K* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor tváření kovů a plastů, 2006 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/technologie_tvareni/index.htm
9. DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.*
10. Výroba výkovků: Tradiční zakázková výroba výkovků z oceli. *SWR Jihlava, spol. s r. o.* [online]. Jamné: SWR Jihlava, © 2022 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.swrjihlava.cz/vyroba-vykovku>
11. Ruční pákové nůžky. *Firemní vybavení - vše pro dílnu, sklad, kancelář i domácnost* [online]. Havířov: Firemní vybavení, © 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.firemni-vybaveni.cz/lisy-a--pakove-nuzky/rucni-pakove-nuzky-2/>
12. ČADA, Radek. *Technologie tváření a slévání - teoretický základ. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2013. ISBN 978-80-248-3015-5.*
13. *Třebechovická slévárna a strojírna* [online]. <https://www.tsssro.cz/slevarna>: TSS, © 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.tsssro.cz/slevarna>
14. Motor - změny ve výrobě. *Jawa 50 pionýr* [online]. Ladislav Ševčík, © 2003-2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.jawa-50.cz/clanek/parez-pionyr-motor-karburator-typy-zmeny-ve-vyrobe.html>
15. RUŽA, Viliam. *Pájení. 2. upr. a dopl.vyd. Praha: SNTL, 1988, 452 s.*

-
16. Praktické rady pro kvalitní a efektivní ruční pájení. *SOS electronic* [online]. Brno: SOS electronic, © 1991-2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.soselectronic.cz/articles/weller/prakticke-rady-pro-kvalitni-a-efektivni-rucni-pajeni-2297>
 17. Tvrdá pájka měď fosfor CuP, 6 ks/113g. *NIPO* [online]. Luhačovice: NIPO Tools, © 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.nipo.cz/tvrda-pajka-med-fosfor-cup-7-ks-113g-P7284/>
 18. Ruční obrábění kovů. *Chatař chalupář* [online]. Praha: Časopisy pro volný čas, [21. století] [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/rucni-obrabeni-kovu/>
 19. Je zaškrabávání nezastupitelná metoda?. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, © 2001 - 2022 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/je-zaskrabavani-nezastupitelna-metoda>
 20. Řezbářství aneb zábava pro každého. *Rustikální bydlení* [online]. © 2021 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://rustikalni-bydleni.cz/rezbarstvi-aneb-zabava-pro-kazdeho/>
 21. DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Ruční obrábění a zpracování kovů: určeno pro nejnižší technické kádry a nové pracovníky přicházející do průmyslu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960, 232 s.
 22. METTLER, Boris. *Re: Dotaz ke slitinám* [e-mailová komunikace]. 30. dubna 2022 11:50 [cit. 2022-05-10].
 23. BĚLSKÝ, Vratislav. *Nauka o varhanách pro 2. a 5. ročník konzervatoře: stud. zaměření Hra na klávesové nástroje*. Praha: Supraphon, 1982, 174 s.
 24. Stearin. *Jeřicha s. r. o. - prodej parafínu* [online]. Konárovice: Jeřicha, [21. století] [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.parafin-jericha.cz/produkty/stearin-detail-300>
 25. HABERMANN, Alfred. *Fotky* [e-mailová komunikace]. 18. května 2022 10:54 [cit. 2022-05-18].
 26. Mekka varhaníků Doubravník. In: *Jaroslav Tůma* [online]. Jaroslav Tůma, [21. století] [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <http://jaroslavtuma.cz/2018/02/04/mekka-varhaniku-doubravnik/>
 27. Žireč varhany/zvonkohra. In: *Vzkříšené varhany* [online]. Jan Hrubý, © 2020 – 2021 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://vzkrisenevarhany.cz/zirec-varhany/>
 28. METTLER, Boris. *Cínárna* [e-mailová komunikace]. 27. května 2020 14:10 [cit. 2022-05-19].
 29. *Weiblen: Spezialwerkzeuge und Werkzeuge für Orgelbauer*. Owingen: Johannes Weiblen, 2018, 48 s.
 30. MICHEK, Dalibor. *Re: Foto varhan, píšťal* [e-mailová komunikace]. 27. dubna 2022 18:41 [cit. 2022-05-19].
 31. *Citace PRO* [online]. Brno: Citace.com, © 2015–2020 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/info>
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbole

Označení	Legenda	Jednotka
b	šířka obdélníkového polotovaru	[mm]
d _{min}	vnitřní průměr píšťaly	[mm]
t	tloušťka plechu	[mm]

Zkratky

Označení	Legenda
DPH	daň z přidané hodnoty
Kč	Koruna česká
č. op.	číslo operace

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Délkové mezury principálu 410 Hz a 440 Hz a rejstříků z nich vycházejících
- Příloha 2 Část katalogu firmy Weiblen
- Příloha 3 Příklady vzhledů odlitých plechů
- Příloha 4 Ukázka kompletních výrobků (varhan)
- Příloha 5 Foto píšťal v původním a restaurovaném stavu
- Příloha 6 Detailní foto píšťaly před restaurováním

Délkové menzury principálu 410 Hz a 440 Hz a rejstříků z nich vycházejících [28]

Délková menzura - Principál 410 Hz							
Rejstřík	Tón	Délka těla		Rejstřík	Tón	délka těla	
Principál 8'	C1	2455,0		Octava 1'	c13	320	
		C#2	2320,0			c#14	295
		D3	2190,0			d15	278
		D#4	2060,0			d#16	262
		E5	1950,0		Tercie 4/5'	e17	247
		F6	1830,0			f18	233
		F#7	1735,0			f#19	219
		G8	1625,0		Quinta 2/3'	g20	207
		G#9	1530,0			g#21	195
		A10	1440,0			a22	184
		B11	1370,0			b23	173
		H12	1340,0			h24	163
Oktáva 4'	c13	1296,0		Oktáva 1/2'	c25	154	
		c#14	1225,0			c#26	145
		d15	1155,0			d27	137
		d#16	1090,0			d#28	129
		e17	1040		Tercie 2/5'	e29	122
		f18	977			f30	115
		f#19	918			f#31	108
Quinta 2 2/3'	g20	862		Quinta 1/3'	g32	102	
		g#21	810			g#33	96
		a22	762			a34	91
		b23	717			b35	86
		h24	675			b36	81
Oktáva 2'	C1	635		Oktáva 1/4'	c37	76	
		C#2	600			c#38	72
		D3	566			d39	68
		D#4	535			d#40	64
Tercie 1 3/5'	E5	505			e41	60	
		F6	478			f42	57
		F#7	452			f#43	53
Quinta 1 1/3'	G8	428			g44	50	
		G#9	405			g#45	47
		A10	382			a46	45
		B11	360			b47	42
		H12	339			h48	40
					1/8	c49	38
						c#50	36
						d51	35
					d#52	33	
					e53	31	
					f54	29	
					f#55	27	
					g56	26	

Délková menzura - Principál 440 Hz						
Rejstřík	Tón	Délka těla		Rejstřík	Tón	délka těla
Principál 8'	C1	2455,0		Octava 1'	c13	295
	C#2	2320,0			c#14	278
	D3	2190,0			d15	262
	D#4	2060,0			d#16	247
	E5	1950,0		Tercie 4/5'	e17	233
	F6	1830,0			f18	219
	F#7	1735,0			f#19	207
	G8	1625,0		Quinta 2/3'	g20	195
	G#9	1530,0			g#21	184
	A10	1440,0			a22	173
	B11	1370,0			b23	163
	Oktáva 4'	H12	1290,0			h24
c13		1230,0		Oktáva 1/2'	c25	145
c#14		1150,0			c#26	137
d15		1080,0		d27	129	
d#16		1010,0		d#28	122	
e17		970		Tercie 2/5'	e29	115
f18		905			f30	108
f#19		860			f#31	102
Quinta 2 2/3'	g20	805		Quinta 1/3'	g32	96
	g#21	760			g#33	91
	a22	725			a34	86
	b23	680			b35	81
	h24	645			b36	76
Oktáva 2'	C1	600		Oktáva 1/4'	c37	72
	C#2	566			c#38	68
	D3	533			d39	64
	D#4	502			d#40	60
Tercie 1 3/5'	E5	474			e41	57
	F6	446			f42	53
	F#7	421			f#43	50
Quinta 1 1/3'	G8	397			g44	47
	G#9	374			g#45	45
	A10	352			a46	42
	B11	332			b47	39
	H12	313			h48	37
					1/8 c49	35
					c#50	33
					d51	31
					d#52	29
					e53	27
					f54	26
					f#55	25
				g56	24	

w e i b l e n

>>Gießen und Hobeln für Metallpfeifen



Schmelzöfen ab 40 kg für Zinn/Bleilegierungen

Diese hochwertigen Collin-Schmelzöfen werden mit Fassungsvermögen von 40 - 1000 kg auf Bestellung hergestellt. Elektro- oder Gasbeheizung wahlweise möglich.

Die stabile Stahlkonstruktion mit wärmeisoliertem Kessel und Rührwerk mit Temperatur- und Zeitsteuerung und Ablaßhahn am Kessel unten, ist eine Schmelzeinrichtung, die wenig Beaufsichtigung braucht. Dies ermöglicht auch den Einsatz kleiner Öfen, damit die engen Vorschriften bzgl. entstehender Bleidämpfe ohne Genehmigung eingehalten werden können.

Weiter kann der in entsprechender Höhe angebrachte handbetätigte Ablaßhahn direkt den Gießschlitzen befüllen. Zusätzliche Umfüllarbeiten können entfallen.

Gerne geben wir Ihnen bei Interesse weitere Auskünfte und unterbreiten Ihnen nach Ihren Wünschen ein Angebot. Bitte fragen Sie uns!



Ziehklingenhobel Kat. Nr. 21700

Neben dem Einsatz in der Massivholzbearbeitung besonders geeignet zum Ausdünnen von Metallpfeifenzuschnitten. Winkel der Ziehklinge verstellbar, Hobelkörper aus Stahlguß, Sohle geschliffen

Gesamtlänge 240 mm Klingbreite 70 mm Gewicht ca. 1600 g



Stanley Kantenbestoßhobel Kat. Nr. 21500

Zum Bestoßen von Pfeifenkörpern und Pfeifenfüßen. Hobel aus Metall, Sohle und Seiten plan geschliffen, verstellbare Maulöffnung, präzise Eiseneinstellung

Gesamtlänge 160 mm Eisenbreite 40 mm Schnittwinkel 21°

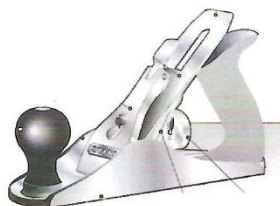


Stanley Stirnholzhobel Kat. Nr. 21600

Zum Bestoßen kleinerer Pfeifenkörper und Pfeifenfüße. Etwas kleiner und damit handlicher, steiler Schnittwinkel und damit besonders für dünne Wandungen geeignet.

Gesamtlänge 160 mm Eisenbreite 35 mm Schnittwinkel 13,5°

Ersatzhobeisen und Ziehklingen einzeln lieferbar.



Stanley Putzhobel Kat. Nr. 40000

Zum Ausdünnen von Pfeifenblechen oder zur Bearbeitung von Kernmaterial und Kernschrägen.

Schwarz lackierter Metallkörper mit geschliffener Sohle und Außenseiten, Maulbreite einstellbar, Schnitttiefe auf Bruchteile von Millimetern genau mit Rändelschraube einstellbar. Horizontale Korrektur des Hobeisens mit Seitenverstellhebel.

Gesamtlänge 240 mm, Eisenbreite 45 mm

Auch in 50 mm Breite lieferbar! Kat. Nr. 40050



Messerscheibe zum Bestoßen Kat. Nr. 21800

Zum Einspannen in eine Dreh- oder Drechselbank. Messerscheibe aus Aluminium mit Messer und Außenschutzring. Stabiler Zapfen aus Stahl D=20 mm, 50 mm lang zum Einspannen in ein Dreh- oder Drechselbankfutter. Scheibendurchmesser 170 mm.



Ausbeulscheibe für große zyl. Metallpfeifenkörper

Diese Scheibe für Durchmesser ab 100 bis 140 mm wird auf ein dünnes max. 70 mm Halterrohr aufgeschraubt und deckt durch seine Spezialform und die extra polierten Kanten optimal die versch. Durchmesser ab und ersetzt vor allem vor Ort aufwändige große Ausbeulrohre. Kat. Nr. 21820



Set zyl. kleiner Pfeifenformen Kat. Nr. 21850 und 21851

Fein geschliffene Stahlstangen aus Wälzlagerstahl in den Durchmessern von 2 - 20 mm und einer Länge von 500 mm finden sich in einem 7tlg. und 12tlg. Set. D= 2/3/4/5/6/8/10 + 12/14/16/18/20 mm beim 12tlg. Set.

w e i b l e n

>> elektr. LötKolben



ALC elektr. LötKolben Kat. Nr. 22000 -22400
 Die bewährten LötKolben für Metallpfeifenbau.
 Alle LötKolben mit Holzgriff und langem Gummikabel
ohne Lötspitze für 230 V Netzanschluß.

- Gr. 0 125 W** Kat. Nr. 22005
- Gr. I 150 W** Kat. Nr. 22105
- Gr. II 200 W** Kat. Nr. 22205
- Gr. IV 300 W** Kat. Nr. 22405
- Gr. V 400 W** Kat. Nr. 22505

Bitte bestellen Sie zusätzlich unsere passenden Speziallötspitzen oder verwenden Ihre eigenen. Die Plattenaufnahme am LötKolben sollte von der Lötspitze größtenteils abgedeckt werden. Gewisse Stärken der Lötspitzenaufnahme können bauartbedingt nicht überschritten werden.



Spezial-Lötspitzen für Metallpfeifenbau
 zum Einsetzen in ALC-LötKolben aus Kupfer, allseitig
 verchromt.

Vor Gebrauch muß die Arbeitsfläche abgeschliffen
 werden. Die verchromten Seitenflächen verhindern das
 Hochziehen des Lötzinns.

- Lötspitze quadratisch** Kat. Nr. 21900 ab 150 W. Länge 115/60 mm, Fläche 15 x 15 mm
- Lötspitze rechteckig groß** Kat. Nr. 21910 ab 300 W. Länge 100 mm, Fläche 30 x 8 mm
- Lötspitze rechteckig schmal** Kat. Nr. 21920 ab 150 W. Länge 100 mm, Fläche 30 x 6 mm
- Lötspitze rechteckig dünn** Kat. Nr. 21930 ab 150 W. Länge 100 mm, Fläche 20 x 3 mm
- Lötspitze rechteckig für 125 Watt** Kat. Nr. 21935 nur für 125 W! Ohne Chromoberfläche. Fläche 22 x 5 mm



FG LötKolbenregler Kat. Nr. 22610
 StandardlötKolbenregler. Metallgehäuse mit Schutz-
 kontaktsteckdose, Regeldrehknopf, 1,5 m Anschlußkabel
 mit Schutzkontaktstecker, Sicherung und Gummischutz.
 Anschlußspannung 230 V AC
 Spannungsregelung 10 - 230 V Phasenanschnitt
 Abmessung 180 x 75 x 70 mm 800 g



Zeva HammerlötKolben
 LötKolben mit runder Lötstückaufnahme, leichter schlagfestem Griff aus
 Kunststoff, Gummikabel mit Stecker für 230 V. Kopf-Abwinklung 102°.
 LötKolben kompl. mit vernickeltem Standardlötstück.

- H 10** 140 W Kat. Nr. 22910
- H 15** 180 W Kat. Nr. 22915
- H 20** 280 W Kat. Nr. 22920

Zeva LötKolbenregelgerät Kat. Nr. 22950
 230 V / 350 W mit Anschlusskabel und Ablage für Zeva LötKolben
 Alle ZevalötKolben und Regelgerät auch in 110 V mit Stecker für USA lieferbar.



ALC PlastikschweißKolben
 mit Spezialeinsätze aus Kupfer für das thermoplastische Verformen von
 Kunststoffen. Heizgeräte 230 V

- 125 Watt** mit gebogenem Fingereinsatz Kat. Nr. 22651
- 200 Watt** mit beilartigem Keileinsatz 80x75 mm Kat. Nr. 22650
- 250 Watt** mit beilartigem Keileinsatz 80x75 mm Kat. Nr. 22652
- 300 Watt** mit beilartigem Keileinsatz 120x65 mm Kat. Nr. 22653

w e i b l e n

>> Metallpfeifenbau



Löt-/Ringstelltransformator für die Werkstatt Kat. Nr. 22800
 Robustes Regelgerät für den Dauereinsatz in der Metallpfeifenwerkstatt. Bei diesem Gerät handelt es sich nicht um einen sog. Dimmer, sondern um einen „mechanischen“ Regler von Wechselspannungen mittels eines Stelltransformators. Der kontinuierliche Abgriff ermöglicht eine sehr gleichmäßige Energiezufuhr für den LötKolben und wird deshalb von namhaften Metallpfeifenbauern sehr geschätzt. Gehäuse aus Stahlblech grau lackiert in den Außenmaßen 220 x 150 x 160 mm. Schutzkontaktsteckdose und Anschlussstecker mit 2 m Kabel. 230 V. Gewicht 4,6 kg.



Temperatursteuerung für LötKolben Kat. Nr. 22750
 Elektron. Regelgerät von Fa. Ersa mit **externem** Temperaturfühler zum Anstecken an das jew. Lötstück. Vorteil dieser externen Technik ist die Verwendungsmöglichkeit an versch. LötKolben. Die Temperaturregelung ermöglicht das sofortige Weiterarbeiten nach Arbeitsunterbrechungen, da nicht zuerst das Lötstück auf die passende Löttemperatur abgekühlt werden muß.



Klappständer für LötKolben Kat. Nr. 21990
 Ideal für Werkstatt und Montage



Salmiakstein Kat. Nr. 21980
 zum Reinigen von Lötspitzen



Rollenbock für Rundnähte Kat. Nr. 23100
 Aus Buchensperrholz gefertigter Bock mit 2 befilzten leicht laufenden Rollen. Hochwertige Verarbeitung, alles farblos lackiert. Größe 200 x 100 x 120 mm

V-Lötböckchen Kat. Nr. 23200
 Aus massivem Hartholz gefertigt. Auflagenfläche schwarz befilzt. Hochwertige Verarbeitung, alles farblos lackiert. Größe 140 x 60 x 80 mm



Klopfhölzer aus Weißbuche
 In 2 Längen lieferbar. 55 mm breit mit Griffriellen. Flachseiten beidseitig rund auslaufend mit Querdübeln zur Stabilisierung. Oberfläche roh, fein geschliffen.
kurz 250 mm lang Kat. Nr. 21225 **lang 400 mm lang** Kat. Nr. 21240



Kulpwerkzeuge für Fußspitzen
 Kulphörner mit versch. Konen für spitze und flache Fußspitzenherstellung oder das rotierende Kulpwerkzeug sind gute Helfer für die Fußspitzenausarbeitung.

Details finden Sie in diesem Katalog auf Seite 2



Stahlstempel Kat. Nr. 90001 - 91500
 Einzelstempel in verschiedenen Schrifthöhen mit Standardbuchstaben sauber graviert.
Zahlensatz 0 - 9 SH 3, 4 und 5 mm Kat. Nr. 91003 - 91005
Großbuchstabensatz A - Z Schrifthöhe 3, 4, 5 mm Kat. Nr. 91030 - 91050
Kleinbuchstabensatz a - z Schrifthöhe 3, 4, 5 mm Kat. Nr. 91300-91350
gebrochene Zahlenstempel wie 1/2 oder 1/4 Schrifthöhe 3 mm Kat. Nr. 90001 wie 2/3 oder 1/5 SH 3 mm Kat. Nr. 90002

w e i b l e n

>> Metallpfeifenbau



Reißhaken groß Kat. Nr. 21450
Schaft verchromt, Kunststoffgriff, Hartmetallschneide
Gesamtlänge 200 mm
Klingenlänge 85 mm



Reißhaken normal Kat. Nr. 21410
Stahl mit Holzheft 250 mm lang



Aufschneidewerkzeug Kat. Nr. 09080
Ideal für Oberlabienschnitte und Expressionen. Durch flachen Messerrücken gut am Lineal führbar. Lieferung mit 2 Messern. Gesamtlänge 260 mm



Präz.-Federspitzzirkel
eckige Schenkel mit Schnellspannmutter
Gesamtlänge 150 mm Kat. Nr. 12000
Gesamtlänge 125 mm Kat. Nr. 12050
Weitere Anreißzirkel auf Anfrage.



Reduktionszirkel 200 mm Kat. Nr. 06110
qualitativ hochwertiger großer Markenreduktionszirkel matt verchromt. Ideal für den Metallpfeifenbau zum Anreißen verschiedener Parameter. Weiter Reduktionszirkel siehe Katalogseite 3.



Aufschneidemesser
Kirschen Kerbschnitzmesser liegen gut in der Hand!
190 mm lang normale Form Kat. Nr. 09000
Weitere Messer siehe Katalogseite 3!



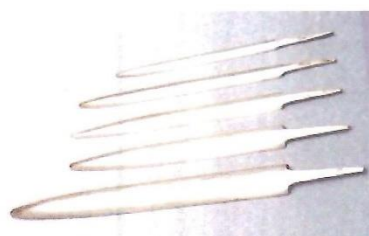
Faseisen/Fasfeile Kat. Nr. 21100
Dreikantstahl spitz, vorne angeschärft mit Holzgriff
Gesamtlänge 205 mm
Lötschutzfarbe siehe Katalogseite 45!



Rundfaseisen Kat. Nr. 21000
zum Fasen von Rundnähten mit großer Feststellschraube und einstellbarem Auflagefinger
Gesamtlänge 110 mm Breite 14 mm



Polierstahl halbrund Kat. Nr. 21300 - 21325
Stahlrohlinge halbrund spitz vorgeschliffen für eigene Politur oder Hochglanz fertig poliert.



Polierstahl schmal spitz mit Metallgriff für Labier- und Intonationsarbeiten Länge x Breite 210 mm x 12 mm
Kat. Nr. 21300 vorgeschliffen Kat. Nr. 21301 hochglanzpoliert

Polierstahl schmal spitz 150 x 10 mm mit Holzgriff
Kat. Nr. 21311 vorgeschliffen Kat. Nr. 21310 hochglanzpoliert

Polierstähle mit Holzgriff vorgeschliffen, nicht poliert!
200 mm x 14 mm Kat. Nr. 21312 200 mm x 18 mm Kat. Nr. 21320

Sortiment 5tlg. versch. Breiten und Längen zwischen
10 - 20 mm ohne Holzgriffe Kat. Nr. 21350



Schälbohrer für Metallpfeifen Kat. Nr. 23001 - 23002
zweischneidiger HSS Schälbohrer mit Holzgriff zum Einpassen von Röhrcchen

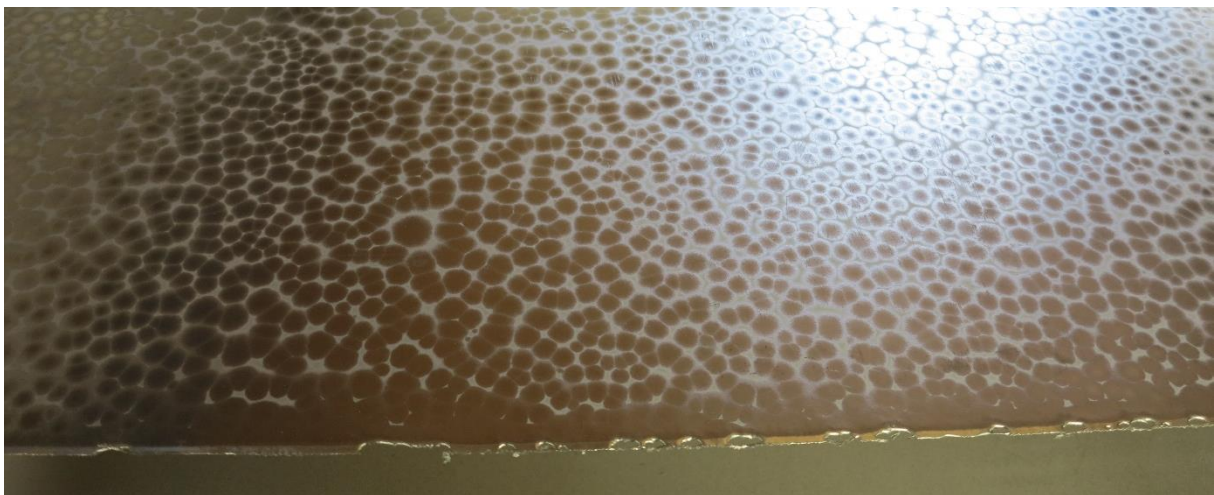


Schälbohrer klein Kat. Nr. 23001 D= 3 - 14 mm
Schälbohrer groß Kat. Nr. 23002 D= 6 - 20 mm

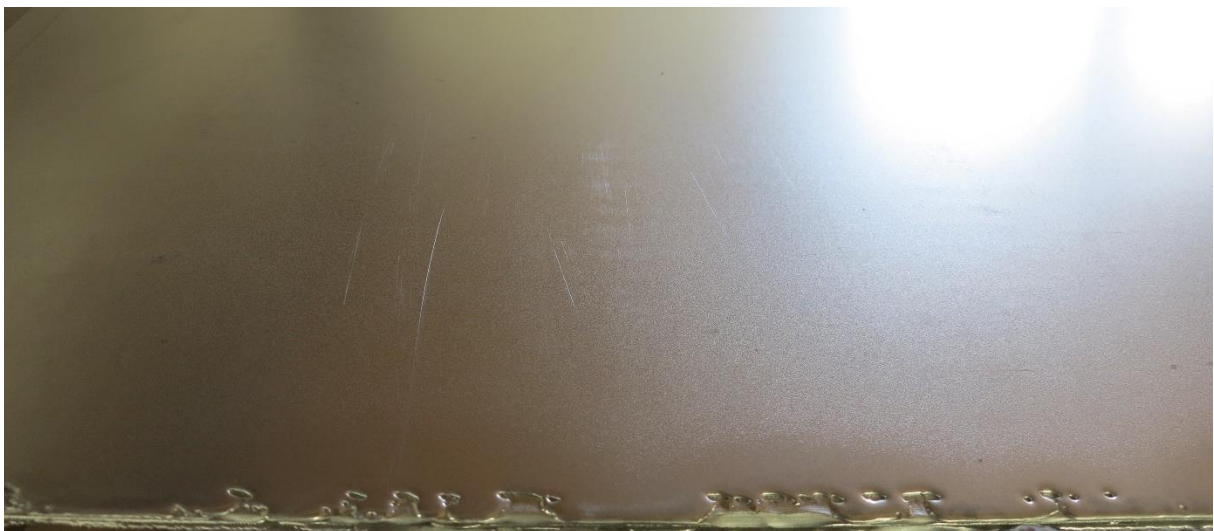
25 % cínu ve slitině:



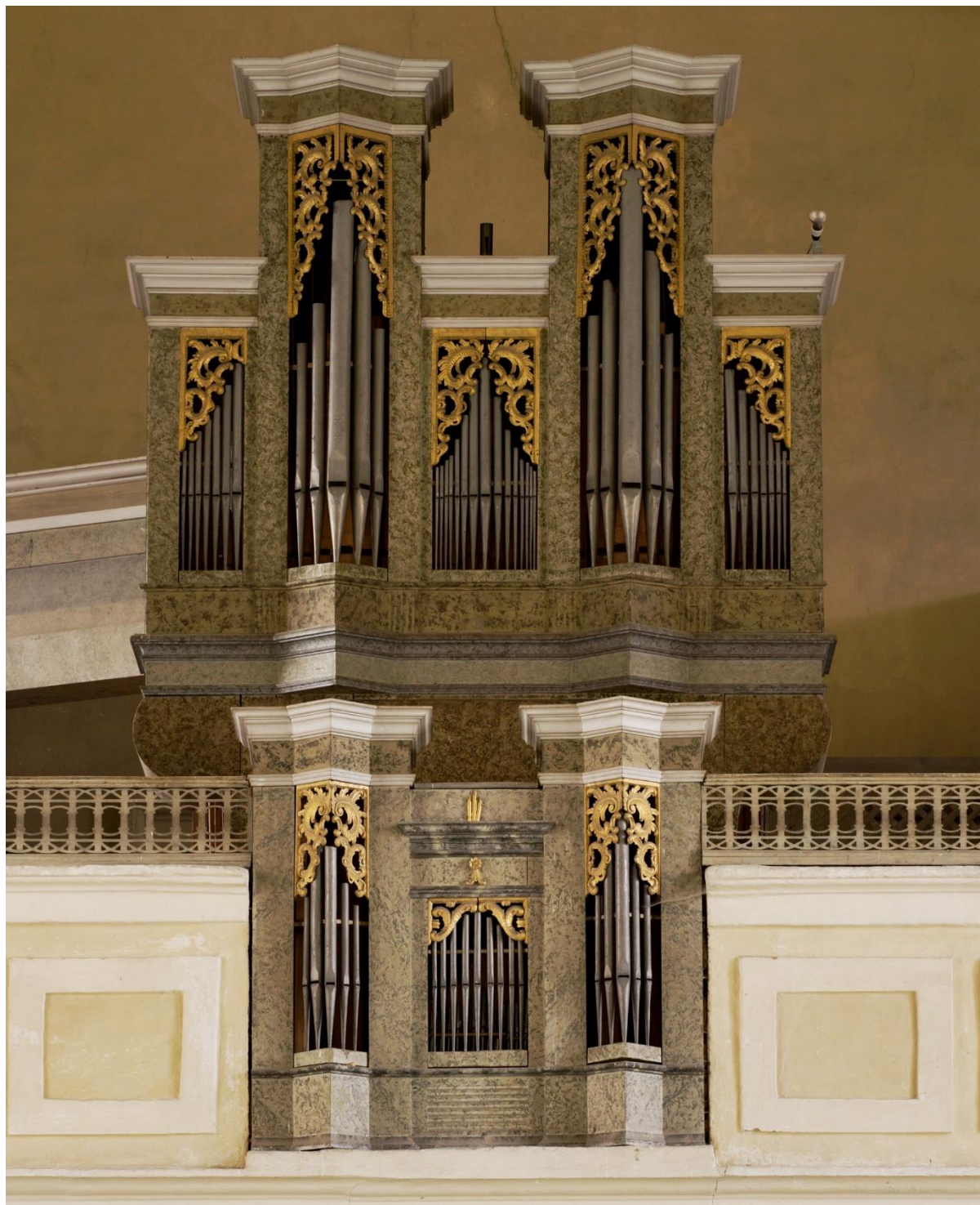
42 % cínu ve slitině:



75 % cínu ve slitině:



Varhany v Brtnici u Jihlavy v kostele blahoslavené Juliány Collato:



Varhany v Doubravníku v kostele Povýšení sv. Kříže:



Varhany v Krásné hoře v kostele Narození sv. Jana Křtitele:



Foto píšťal v původním a restaurovaném stavu [30]

Pozn.: Dvě největší píšťaly byly nahrazeny za nové kopie, protože byly nepůvodní. Byly vyrobeny podle dalších v řadě.



Detailní foto píšťaly před restaurováním [30]

Tyto fotky jsou pořízeny speciální metodou focení, kterou se zabývá varhanář Dalibor Michek. Za povšimnutí stojí ostrost fotky. Je ostrá v celé své hloubce.

Detail otvoru pro přívod vzduchu:



Detail ústí píšťaly před restaurováním:

