



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉHO DÍLU OBRÁBĚNÍM

TECHNOLOGY FOR A SELECTED PART

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Pavlica

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.

BRNO 2025

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Tomáš Pavlica**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.**  
Akademický rok: 2024/25

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:

## Návrh technologie výroby zadaného dílu obráběním

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V práci bude navržena výrobní technologie pro zvolenou vyráběnou součást. Součástí práce bude jak samotný postup výroby, tak strojní a materiálové vybavení. V závěru práce bude zhodnocena navržená technologie.

### Cíle bakalářské práce:

Rešerše zvolené problematiky.  
Rozbor technologií výroby.  
Návrh vhodné technologie výroby.

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.

KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERN, s.r.o., 2001. ISBN 8021419962.

PÍŠKA, Miroslav. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jan Zouhar, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem technologie výroby monoblokové dvoukomorové hlavně, která je součástí střelné zbraně typu flobertkový derringer DF9. Výroba je navržena pro malosériovou produkci o 30 kusech, přičemž jako materiál je zvolena konstrukční nelegovaná ocel 12 050. Hlavní výrobní metodou je třískové obrábění, konkrétně frézování, vrtání, vyhrubování a vystružování realizované na CNC obráběcím centru. Jeden z hlavních bodů je věnován technologii výroby vývrtu komor, včetně dokončovacích operací, jako jsou honování a lapování. Nedílnou součástí návrhu je i volba povrchové úpravy černění, chromování a leštění. Na základě zvolených technologií byly specifikovány vhodné stroje, nástroje, měřidla a přípravky dostupné ve výrobním podniku, kde probíhala realizace prototypu. Součástí práce je rovněž detailně zpracovaný výrobní postup doplněný ilustracemi jednotlivých fází CNC obrábění.

### Klíčová slova

hlaveň, komora, ocel 12 050, třískové obrábění, dokončování, technologický postup

## ABSTRACT

The thesis deals with the design of an appropriate manufacturing technology for a monoblock two-chamber barrel, which is a component of the DF9 Flobert-type derringer firearm. The production is intended for small-batch manufacturing of 30 units, with unalloyed structural steel grade 12 050 selected as the material. The primary production method is chip machining, specifically milling, drilling, rough boring, and reaming performed on a CNC machining center. One of the key areas of focus is the chamber bore manufacturing process, including finishing operations such as honing and lapping. The design also includes the selection of surface treatments such as bluing, chrome plating, and polishing. Based on the selected technologies, suitable machines, tools, gauges, and fixtures available at the company where the prototype was manufactured were specified. The thesis also includes a detailed production procedure supplemented with illustrations of the individual phases of CNC machining.

### Keywords

barrel, chamber, steel grade 12 050, machining, finishing, manufacturing process plan

---

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PAVLICA, Tomáš. *Návrh technologie výroby zadaného dílu obráběním*. Online, bakalářská práce. Jaromír DVOŘÁK (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/166074>.

---

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie výroby zadaného dílu obráběním vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

V Brně 22.05. 2025

místo, datum

Tomáš Pavlica

---

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Jaromíru Dvořákovi, Ph.D., za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Radku Kozumplíkovi a Janu Zrínymu, kteří se mnou měli trpělivost a ochotně mě vedli při vypracování praktické části práce. Poskytli mi cenné rady, technickou podporu i přístup k výrobnímu vybavení.

---

---

## OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD .....	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ .....	10
1.1 Volba varianty výroby .....	13
2 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE VYUŽITÉ V PROCESU .....	16
2.1 Frézování .....	16
2.2 Vrtání .....	18
2.2.1 Vyhrubování a vystružování .....	19
2.3 Tvorba vývrtu hlavně.....	20
2.4 Dokončovací operace vnitřního povrchu hlavně .....	23
2.5 Povrchové úpravy a značení .....	24
3 VOLBA TECHNOLOGICKÉHO VYBAVENÍ.....	27
3.1 Volba strojního vybavení.....	28
3.2 Volba nástrojů a pomocného vybavení .....	31
3.3 Volba měřidel a přípravků.....	34
4 TECHNOLOGIE VÝROBY – VÝROBNÍ POSTUP.....	37
5 REALIZACE VÝROBY SOUČÁSTI .....	46
6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY .....	47
ZÁVĚR.....	49

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

Seznam výkresů

---

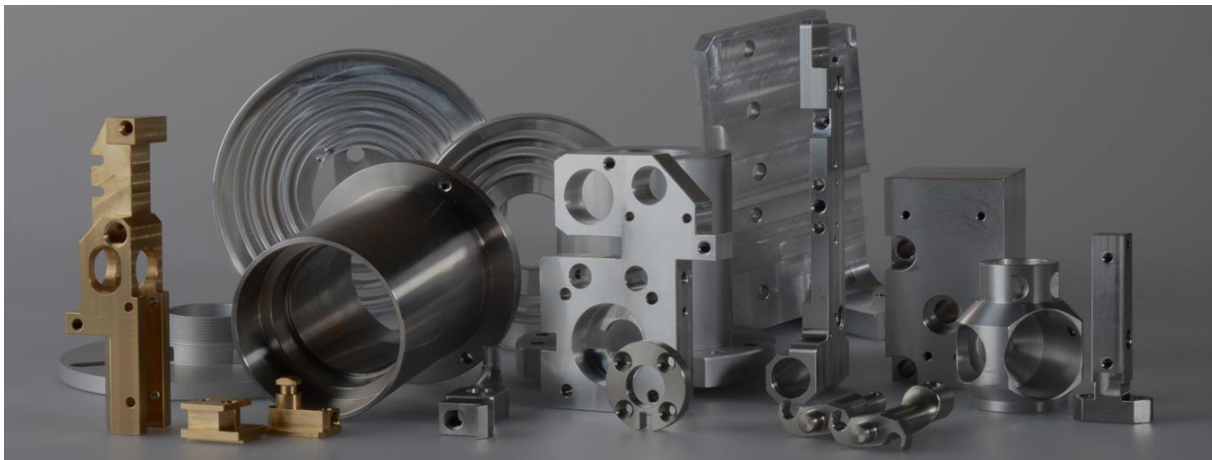
## ÚVOD

Strojírenství je jedním z nejdůležitějších odvětví moderního průmyslu, které hraje klíčovou roli ve výrobě široké škály produktů, od jednoduchých součástí po složité systémy. Do těchto strojních technologií výroby patří obrábění, svařování, odlévání a tváření. Tyto procesy se liší svými principy a aplikacemi. [1]

Obrábění je technologický proces, spočívající v odstranění materiálu z obrobku s cílem dosažení požadovaných tvarů a rozměrů. Lze jej rozdělit na dvě základní kategorie konvenční a nekonvenční. Konvenční obrábění zahrnuje metody využívající mechanické nástroje k odebrání materiálu, jako jsou soustružení, frézování, vrtání nebo broušení. Tyto procesy se dnes často realizují na CNC strojích. Příklady součástí, které jsou vyrobeny konvenčním obráběním, jsou zobrazeny na obr. 1. Nekonenční obrábění využívá různé fyzikální principy, například elektrické výboje, chemické reakce či působení vysokofrekvenčních zvukových vln. Mezi používané metody patří obrábění laserem, vodním paprskem a elektroerozivní technologie. [1; 2; 3]

Přesné zpracování materiálů je nedílnou součástí moderního strojírenství, zejména v odvětvích, která vyžadují sofistikované výrobní postupy a využívají nejnovější techniku. Typickými příklady jsou letectví a zbrojní průmysl, kde je důležitá nejen volba vhodných metod obrábění, ale i důkladná znalost materiálových vlastností. [4; 5; 6]

Zbrojní sektor představuje specializovanou oblast strojírenství, kde se klade důraz na vysokou úroveň přesnosti a kvality zpracování. Výroba zbraní zahrnuje složité operace, jako je precizní opracování komor či dalších mechanických částí. Tyto činnosti často probíhají v úzkých tolerancích s využitím CNC strojů, které umožňují dosáhnout požadovaných parametrů. [6; 7]



Obr. 1 Součásti vyrobeny konvenčním obráběním [7].

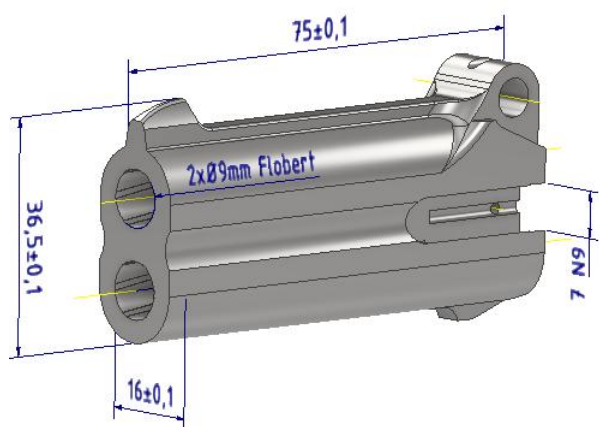
## 1 ROZBOR ZADÁNÍ

Zadanou součástí je monobloková dvoukomorová hlaveň, která je částí střelné zbraně zalamovacího flobertkového derringeru DF9, viz obr. 2. Podstatnými funkcemi součásti jsou přesné vedení střely o průměru 9 mm  $\pm 0,1$  a hmotnosti 2,4 g, efektivní využití plynů vznikajících při výstřelu a současně estetické, bezpečnostní i funkční požadavky. Stanovenou výrobní sérií je 30 kusů, z nichž 10 kusů je leštěných, 10 černěných a 10 chromovaných. [8; 9]

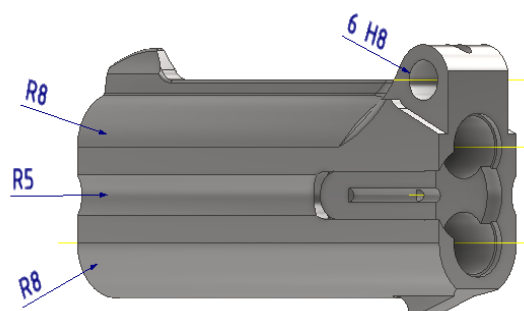


Obr. 2 Flobertkový derringer DF9 [10].

Konstrukční celek je tvořen dvěma paralelně umístěnými drážkovanými hlavněmi s kruhovým průřezem o průměru 9 mm, které vytváří rotaci střely a zlepšují stabilitu její dráhy. Profil dílu je oválného tvaru, přičemž má na bocích zhotoveny rádiusy o poloměrech 5 a 8 mm, které zajišťují ergonomii a snížení hmotnosti. Na horní straně je vyfrézována muška a hledí, pod níž je otvor pro upevnění hlavně k tělu zbraně. Na levé straně je vyfrézována 7 mm široká drážka určená k osazení vyhadzovače nábojnic. Paralelně s ní je zhotoven 3 mm kanálek sloužící k uložení pružiny. Kolmo na něj leží otvor se závitem M3 pro zajišťovací šroub mechanismu. Na spodní straně je vytvořen uzamykací rádius pro aretaci hlavně k tělu zbraně. Model součásti se základními rozměry je zobrazen na obr. 3 a 4. [8]



Obr. 3 Čelní pohled



Obr. 4 Zadní pohled

Zvolené tolerance vycházejí z funkčních požadavků: šířka hlavně 16  $\pm 0,1$  mm, rozteč komor 14  $\pm 0,05$  mm, průměr hlavně 9 mm (Flobert, norma CIP) a průměr montážního otvoru 6 H8. Délka hlavně i celková délka součásti je stanovena na 75 mm  $\pm 0,1$  mm, s geometrickými tolerancemi odpovídajícími střední třídě přesnosti značky k.

Pro výrobu dílu je použita konstrukční nelegovaná ocel 12 050 vhodná pro méně namáhané strojní součásti ve stavu zušlechťeném nebo normalizačně žíhaném. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná k povrchovému kalení plamenem nebo indukci. [12; 13]

Díky své pevnosti a houževnatosti v zakaleném stavu splňuje požadavky pro výrobu hlavní, kde je kladen důraz na odolnost, opotřebení a trvanlivost. Je obtížně svařitelná a obrobitelnost třískovým obráběním může být ve stavu po válcování ztížená vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je výhodnější stav žíhaný na měkko. [11; 13]

Nachází uplatnění při výrobě hřídelí turbokompresorů, čerpadel, těžních strojů, elektromotorů a dynam, také větších ozubených kol či šneků. [11]

Tab. 1 Chemické složení hotového výrobku (v hmotnostních procentech wt%) [13].

C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]
0,46	0,43	0,65	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45

Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli 12 050 [14].

$R_e$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	A [%]	Z [%]	KV [J]
430	665	16	40	25

kde:

$R_e$ ...mez kluzu...[MPa]

$R_m$ ...mez pevnosti...[MPa]

A ...tažnost... [%]

Z...kontrakce...[%]

KV...nárazová práce...[J]

Tab. 3 Označení oceli 12 050 (C45) zahraničními ekvivalenty [14; 15].

ČSN	DIN	EN	ASTM
41 2050	17200-84	10083-2-91	A510

Jako alternativu k oceli 12 050 lze zvolit materiál 12 060, který nabízí srovnatelné chemické složení i mechanické vlastnosti, především pevnost a tvrdost po tepelném zpracování. Zvolená ocel však není zaměnitelná za ušlechtilé oceli C45E nebo C45R, zatímco tyto kvalitnější materiály mohou plně nahradit běžnou ocel 12 050. [15]

Obrobitelnost je souhrnný vliv fyzikálních vlastností a chemického složení materiálu charakterizující vhodnost k obrábění. Lze ji posuzovat z hlediska vlivu materiálu obrobku na intenzitu otěru, energetické bilance procesu řezání, vlivu na proces tvoření třísky, a také vytváření nových povrchů na obrobcích. [16; 17; 18]

Závisí na mnoha faktorech [17; 18]:

- způsob výroby a tepelného zpracování obráběného materiálu,
- mikrostruktura obráběného materiálu,
- metoda obrábění,
- řezné podmínky,
- geometrie nástroje.

Z pohledu technologie obrábění patří obrobitelnost k nejdůležitějším vlastnostem materiálu. Je definována jako míra, s jakou lze daný materiál účinně a kvalitně zpracovat některou z obráběcích metod. [16; 18]

Tab. 4 Třídy materiálu dle obrobitelnosti [19].

Rozsah třídy obrobitelnosti	Skupina materiálu
1a–14a	Litiny a temperované litiny
1a–20b	Oceli a oceli na odlitky
2c–15c	Těžké neželezné kovy
4c–16d	Lehké neželezné kovy

Ocel 12 050 patří mezi materiály s vyšším obsahem uhlíku (0,3–0,5 %). Pro lepší obrobitelnost je žádoucí zrnitá perlitická struktura s většími částicemi cementitu, což se dosahuje normalizačním žiháním, optimální teplota procesu závisí na obsahu uhlíku, čím je jeho podíl nižší, tím vyšší by měla být žihací teplota. Pro zadanou ocel je vhodná teplota cca 900 °C. [18]

Volba vhodného polotovaru vychází z charakteru zvolené metody výroby a technologických požadavků na finální součást. S ohledem na přesnost rozměrů, jakosti povrchu a mechanických vlastností je nutné zvolit materiálový vstup, který minimalizuje potřebu následného opracování a zároveň umožňuje efektivní využití obráběcích a dokončovacích procesů. [18, 19]

Rozhodujícími faktory při výběru jsou nejen rozměry, ale také homogenita struktury a stav dodaného materiálu, který ovlivňuje obrobitelnost i výsledné technické vlastnosti. V případě této součásti je kladen důraz na dosažení optimální kombinace pevnosti a houževnatosti při zachování požadované geometrické přesnosti. [19]

Konkrétní typ a rozměrové specifikace polotovaru jsou podrobně rozpracovány v praktické části, kde jsou rovněž uvedeny důvody volby a způsoby jeho dalšího zpracování.

## 1.1 Volba varianty výroby

K výrobě zadané součásti je nutné určit neoptimálnější řešení z hlediska [16; 20]:

- Metody použité při výrobě – je potřeba vybrat takový technologický postup, který bude produktivní, cenově dostupný a zároveň zajistí požadované vlastnosti součásti.
- Časových požadavků pro malosériovou výrobu – výroba by měla probíhat co nejrychleji, ale zároveň tak, aby nedošlo ke snížení kvality finálního produktu.
- Využití materiálu polotovaru – je důležité minimalizovat odpad a co nejlépe využít materiál, aby se snížily náklady a výroba byla co nejefektivnější.
- Přesnosti a kvality s důrazem na odolnost vůči tlaku – součást musí být vyrobena přesně podle požadavků a mít dostatečně kvalitní povrch, aby vydržela i v náročných podmínkách.
- Ekonomické efektivity celého výrobního procesu – je potřeba zohlednit nejen náklady na materiál a výrobu, ale i provoz strojů a celkovou energetickou náročnost, aby byla výroba co nejvýhodnější.

Na základě kritérií je třeba detailně posoudit dostupné výrobní technologie a určit, která z nich nejlépe vyhovuje požadavkům na výrobu součásti:

- Zápustkové kování – objemové tváření kovu při kovací teplotě v dutině zápustky, která má tvar vyráběného výkovku včetně přídavků technologických a na obrábění (obr. 5). Zahřátý polotovar se klade do dutiny spodní části zápustky a je tvářen buď údery na bucharu nebo plynulým statickým tlakem lisu horní části zápustky. [20; 21; 22]



Obr. 5 Zápustkové kování [23].

Při procesu se důsledkem vysokého tlaku odstraní vnitřní vady, nespojitosti a dochází ke zhutnění materiálu. Pokud je výkovek správně navržen, tak se vlákna přizpůsobují tvaru kovaného dílu, zvyšuje se pevnost a tvrdost v namáhaných směrech. Metoda je vhodná pro nesymetrické a tvarově složité součásti jako je zadaná hlaveň. Při výrobní sérii 30 kusů je technologie zápustkového kování velmi ekonomicky nevýhodná z důvodu ceny výroby zápustek. Přesnost zápustkového kování se obvykle pohybuje v rozmezí IT8 až IT12, což znamená, že některých přesně tolerovaných rozměrů nelze dosáhnout přímo a vyžadují dodatečné obrábění, či jiné dokončení. [20; 22]

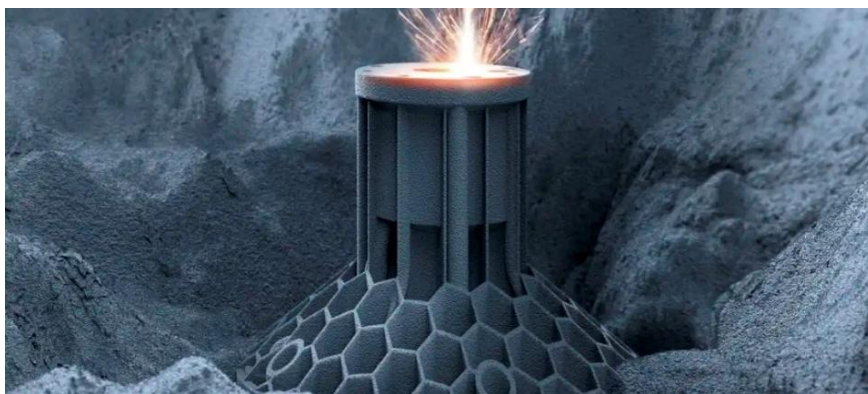
- Odlévání – výrobní proces, při kterém je roztavený materiál nalit do formy požadovaného tvaru (obr. 6). Po vychladnutí a ztuhnutí materiálu se odlitek vyjme z formy, které mohou být jednorázové například pískové nebo opakovaně použitelné nejčastěji kovové. [1; 24; 25]



Obr. 6 Odlévání oceli [25].

Vhodné pro výrobu složitých tvarů, které jsou nákladné vyrobít jinými metodami, efektivní pro malosériovou výrobu s vysokým využitím materiálu. Technologií dosahujeme přesnosti IT9 až IT13, tudíž jsou výsledné rozměry nutné dohotovit obráběním. Důležité je vhodné navržení formy, aby byly minimalizovány defekty, například bubliny a póry. U vysoce namáhaných dílů jako zadaný komponent, není odlévání vhodné z důvodů možnosti vzniku vnitřních vad, nižší pevnosti odlitku a tepelné únavě materiálu. [24; 25]

- Selective laser melting (SLM) – aditivní technologie 3D tisku kovů, využívá laser k tavení kovového prášku v přesně definovaných oblastech. Prášek je nanesen na pracovní desku, po které je laserem taven v místech, kde odpovídá požadovanému tvaru součásti. Proces se opakuje po jednotlivých vrstvách, dokud není výrobek kompletní (obr. 7). Po dokončení tisku následuje ochlazení, postprocessingové operace jako odstranění podpor, či obrábění. [26; 27]



Obr. 7 Tisk pomocí SLM [27].

Přednostmi je možnost výroby složitých tvarů s nízkou spotřebou materiálu, protože používá pouze prášek potřebný pro danou součást a případné podpory. Tiskem dosahujeme přesností IT9 až IT13, pro dosažení přesných rozměrů je vyžadováno následné obrábění. Mikrostruktura tištěného výrobku je náchylnější k únavovým trhlinám při vyšších tlacích, také nedosahuje dostatečné pevnosti a houževnatosti pro výrobu hlavní. Výrobní časy jsou dlouhé, což zvyšuje náklady. [26; 27]

- Třískové obrábění – výrobní technologie, při níž se materiál odebírá pomocí řezného nástroje ve formě třísek, vznikajících jako důsledek působení řezné síly, která překonává pevnost materiálu a odděluje jeho část v definovaném řezu. Podle typu nástroje a jeho pohybu se rozlišují různé technologie, jako jsou soustružení, broušení, vrtání nebo frézování, které je vyobrazeno na obr. 9. [17; 28; 29]



Obr. 9 Frézování [30].

Vysoce přesná technologie umožňující dosažení kvalitních povrchů a minimálních rozměrových odchylek. Jedná se o univerzální metodu, kterou lze zpracovávat kovy, plasty nebo dřevo. Mezi hlavní výhody patří efektivita, produktivita a flexibilita, a také možnost snadné automatizace pomocí CNC strojů, které zajišťují opakovatelnost výroby. Nevýhodami jsou vyšší spotřeba materiálu, vysoké nároky na údržbu strojů a nástrojů, nutné dodatečné operace, jako jsou například povrchové úpravy. [28; 29]

Po zhodnocení možných metod výroby je nejvhodnější technologie třískového obrábění, která nabízí nejlepší kombinaci pevnosti, přesnosti a kvality povrchu. Na rozdíl od ostatních metod zde nehrozí vznik vnitřních vad, trhlin či pórů, které by mohly negativně ovlivnit mechanické vlastnosti a celkovou odolnost hlavně. Přestože je obrábění časově náročnější a vzniká větší materiálový odpad, výsledná kvalita a spolehlivost vyrobené hlavně výrazně převyšují alternativní metody. Díky těmto vlastnostem je nejlepší volbou pro výrobu namáhaných součástí, kde je kladen důraz na bezpečnost, životnost a správnou funkci. Tato problematika je tedy v této bakalářské práci podrobně zkoumána jak v teoretické, tak i praktické části.

## 2 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE VYUŽITÉ V PROCESU

Výroba součásti je založena především na třískovém obrábění, které umožňuje dosažení požadovaných tvarů a rozměrové přesnosti. Vedle těchto metod se však uplatňují i další technologické postupy nezbytné pro dosažení požadované kvality povrchu a funkčních vlastností.

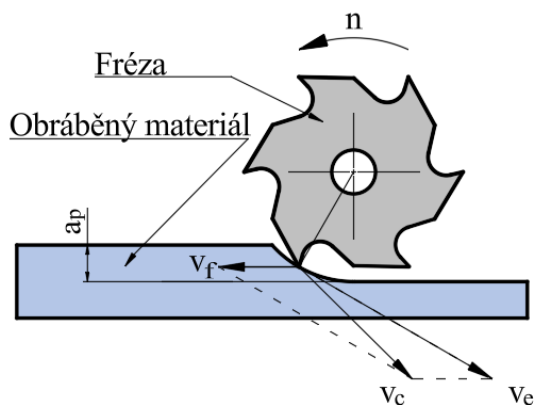
Proces začíná hrubým obráběním polotovaru, kdy se materiál nejprve frézuje a vrtá na CNC stroji, aby díl získal základní tvar a pokračuje dokončovacími operacemi. Následuje přesné opracování rozměrů a tvorba vývrtu metodou tváření, která zajišťuje požadovanou vnitřní geometrii. Po dokončení hlavních rozměrů je povrch dále upravován honováním a lapováním, čímž se minimalizují nerovnosti a optimalizují vlastnosti vývrtu. Závěrečná fáze zahrnuje leštění, značení a povrchovou úpravu, které zvyšují estetické i účelové vlastnosti součásti.

### 2.1 Frézování

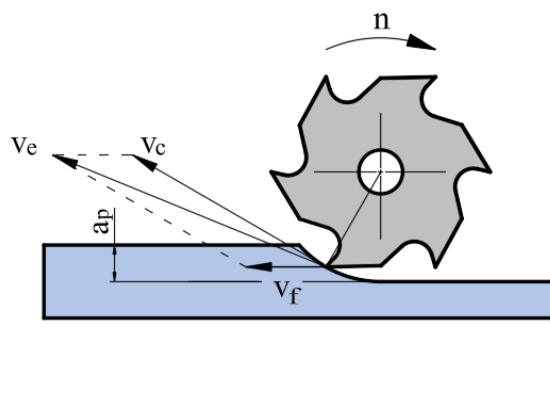
Frézování je obráběcí metoda, při které se materiál obrobku odebrává břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást ve směru kolmém k ose nástroje. Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky. Z hlediska menšího chvění a rázu při frézování je vhodné ustavit nástroj vůči obrobku tak, aby při obrábění bylo v závěru vždy co nejvíce břitů současně. [17; 18]

Jedná se o dynamický proces, při kterém dochází k neustálému střídání záběru a výběhu jednotlivých zubů. Tento charakter obrábění způsobují periodické změny řezných sil, což může vést k vibracím a ovlivnit kvalitu obrobku. Proto je důležité správně volit řezné podmínky a typ frézy s ohledem na materiál obrobku a požadovanou přesnost. Kromě toho hraje významnou roli i chlazení, které snižuje teplotu v oblasti řezu a prodlužuje životnost nástroje. [16; 17; 18]

Z hlediska technologie se v závislosti na aplikovaném nástroji liší frézování válcové, obvodem frézy a frézování čelní, obrábění čelem. Od těchto způsobů jsou odvozeny další, jako frézování okružní a planetové. Obráběná plocha je rovnoběžná s osou frézy. V závislosti na kinematice procesu se rozlišuje frézování nesousledné a sousledné, obr. 9 a 10. [17; 18]



Obr. 9 Sousedné frézování – podle [18].

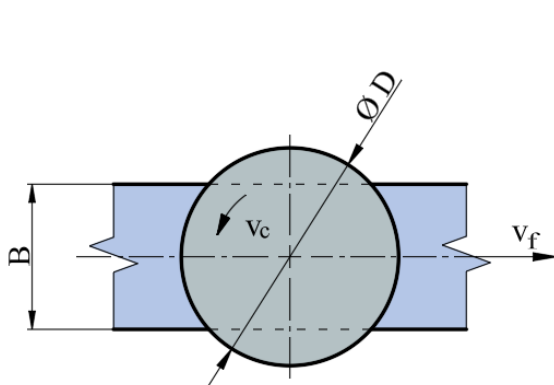


Obr. 10 Nesousledné frézování – podle [18].

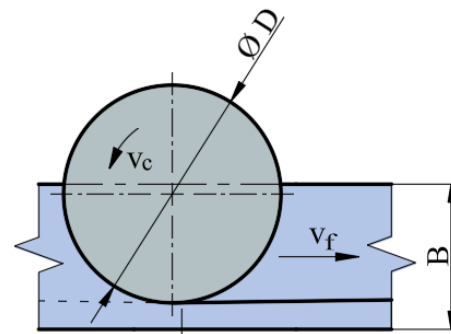
Při sousledném frézování se nástroj otáčí otáčkami  $n$  ve stejném směru, jakým se pohybuje obrobek posuvnou rychlostí  $v_f$ . Největší tloušťka třísky vzniká ve chvíli, kdy zub frézy vstupuje do materiálu a postupně se zmenšuje až do okamžiku, kdy zub opouští řez, vzniká hloubka řezu  $a_p$ . Obrobená plocha se tedy vytváří při výstupu nástroje ze záběru. Řezné síly jsou orientovány společně s řeznou rychlostí  $v_c$  směrem dolů, což pomáhá přitlačovat obrobek k pracovní ploše a snižuje vibrace. Jednotlivé parametry jsou znázorněny na obr. 9. [17; 18]

Při nesousledném frézování se nástroj otáčí proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha se vytváří už při vstupu nástroje do materiálu, přičemž tloušťka třísky postupně narůstá od nulové hodnoty až po maximum. K oddělení třísky však nedochází přesně v bodě, kde má nulovou tloušťku, ale až po krátkém skluzu břitu po ploše, kterou vytvořil předchozí zub frézy. Tento skluz způsobuje dodatečné silové působení a deformace, což vede ke zvýšenému opotřebení břitu nástroje, obr. 10. [17; 18]

Způsob čelního frézování se využívá při práci s čelními frézami, které mají břity nejen na obvodu, ale i na čelní ploše nástroje. Charakter obrábění závisí na poměru šířky frézované plochy  $B$  k průměru frézy  $D$  a také na poloze osy nástroje vůči obráběnému povrchu. Podle těchto faktorů může být zpracování buď symetrické, nebo nesymetrické, obr. 11 a 12. Obrobená plocha zůstává kolmá k ose frézy, šířka záběru ostří  $a_p$  se nastavuje ve směru této osy. [17; 18]



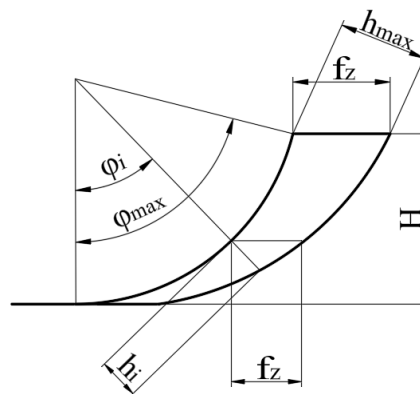
Obr. 11 Symetrické – podle [17].



Obr. 12 Nesymetrické – podle [17].

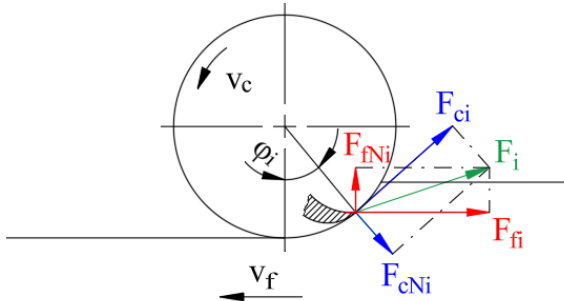
Průřez třísky vzniká při vzájemné interakci řezu, geometrie nástroje a nastaveným obráběcím parametrům, které určuje tloušťku a šířku. Tento tvar třísky pak ovlivňuje, jak se rozloží řezné síly a jaké tepelné efekty nastanou, což se promítá do kvality řezu a životnosti nástroje. Správným nastavením řezných podmínek se dá dosáhnout ideálního tvaru třísky, který minimalizuje vibrace a opotřebení frézy, a tím zvyšuje efektivitu obrábění. [17]

Parametry tvorby třísky jsou vyobrazeny na obr. 13. Posuv na zub  $f_z$  určuje vzdálenost, o kterou se fréza posune během jedné otáčky na jeden zub a přímo ovlivňuje výslednou tloušťku třísky. Jmenovitá tloušťka třísky  $h_{max}$  dosahuje svého maxima v místě největšího záběru, zatímco počáteční tloušťka  $h_i$  je nulová. Úhel posuvného pohybu  $\varphi_i$ ,  $\varphi_{max}$  se mění podle polohy jednotlivých zubů břitů. Šířka záběru ostří  $a_p$  u válcové frézy s přímými zuby odpovídá šířce frézované plochy. [17]

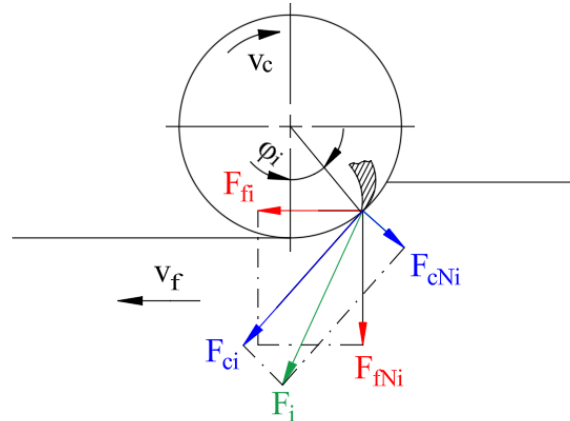


Obr. 13 Průřez frézované třísky – podle [17].

Při určování řezných sil při frézování se vychází ze silových poměrů působících na jednom břitu, který se nachází v daném okamžiku v poloze určené úhlem  $\varphi_i$ . Pro válcové frézování nástrojem s přímými zuby se výsledná řezná síla přímo působící na břitu  $F_i$  rozkládá na složky  $F_{ci}$  a  $F_{cNi}$ , případně  $F_{fi}$  a  $F_{fNi}$ , tyto síly jsou znázorněny na obr. 14 a 15 pro sousledné i nesousledné frézování. [17]



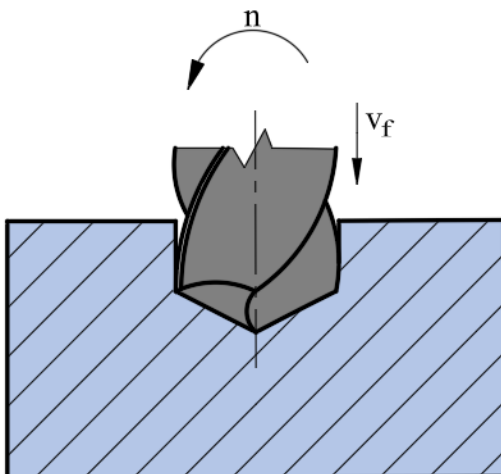
Obr. 14 Řezné síly při sousledném frézování – podle [17].



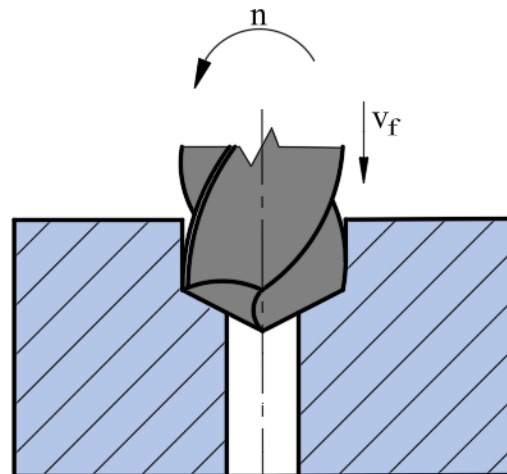
Obr. 15 Řezné síly při nesousledném frézování – podle [17].

## 2.2 Vrtání

Metoda, kterou se zhotovují díry se nazývá vrtání obr. 16, pokud je díra vyvrtána a její průměr se zvětšuje jedná se o vyvrtávání obr. 17. Hlavním pohybem je rotace vykonávána zpravidla nástrojem, méně často obrobkem. Osa vrtáku je obvykle kolmá k ploše, do které vstupuje vrták. Vedlejší pohyb, posuv nástroje, přitom probíhá ve směru jeho osy. [17; 18; 32]



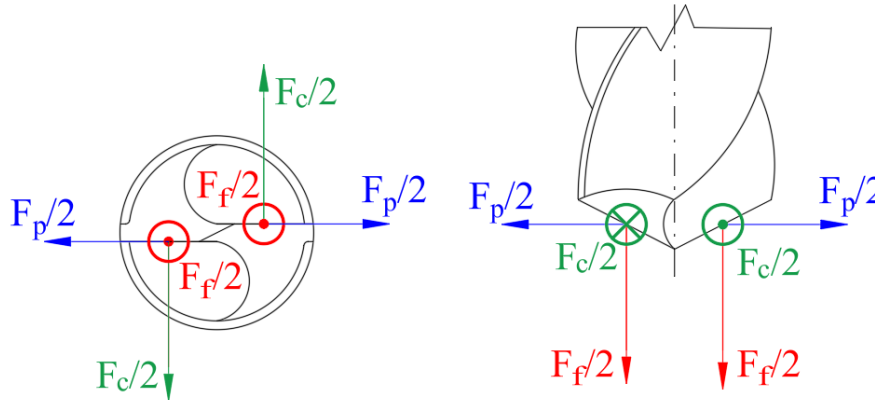
Obr. 16 Vrtání – podle [32].



Obr. 17 Vyvrtávání – podle [32].

Mezi nejpoužívanější nástroje pro vrtání patří šroubovitě vrtáky, které se využívají nejčastěji pro zhotovování děr. Jsou dvouobřité, mají drážky ve šroubovici pro odvod třísek a jsou vhodné pro vyvrtání děr do hloubky až desetkrát větší, než je jejich průměr. Dalšími důležitými typy jsou kopinaté vrtáky, vhodné pro vrtání krátkých děr větších průměrů a dělové vrtáky, určené pro hluboké vrtání s přívodem řezné kapaliny. K vrtání větších otvorů se používají jádrové (korunkové) vrtáky, které materiál odřezávají v mezikruží. Pro přesné navrtání slouží středící vrtáky. [17; 18; 32]

Aby vrták překonal odpor vznikající při obrábění, musí na něj působit řezná síla a její jednotlivé složky. U standardních šroubovitých nebo kopinatých vrtáků, které mají dva symetricky umístěné břity vůči ose nástroje, je výsledná řezná síla dána součtem sil působících na obou břitech. Při analýze této síly je proto nutné brát v úvahu jednotlivé složky zatížení na každém z nich obr. 18. [18]

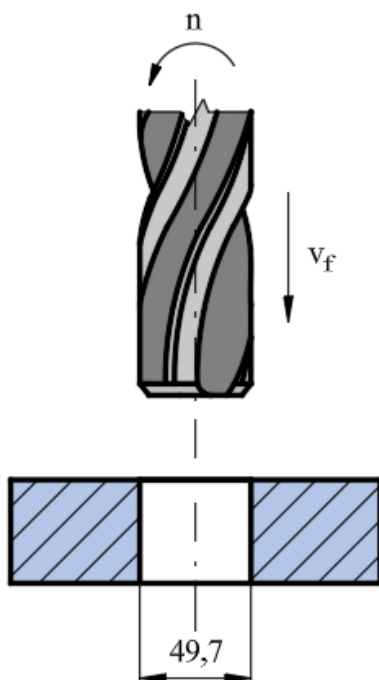


Obr. 18 Řezné síly při vrtání – podle [31].

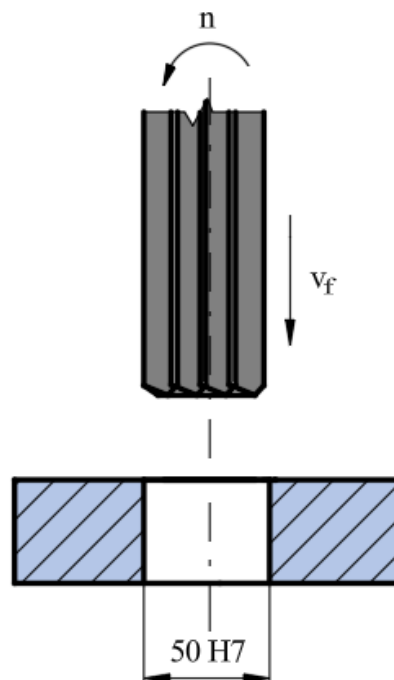
### 2.2.1 Vyhrubování a vystružování

Při vyhrubování a vystružování se nástroj pohybuje podobně jako při vrtání, ale cílem je dosáhnout vyšší kvality obráběných děr, obr. 19 a 20 ukazuje rozdíl mezi operacemi. Otvory do průměru 10 mm se obvykle rovnou vystružují, zatímco větší díry je nejprve nutné vyhrubovat a teprve poté dokončit vystružením. [17; 32; 33; 34]

Přidávky pro obrábění v těchto procesech závisí na požadované přesnosti a drsnosti povrchu, ale také na vlastnostech obráběného i nástrojového materiálu, konstrukci nástroje a dalších faktorech. [33; 34]



Obr. 19 Vyhrubování – podle [34].



Obr. 20 Vystružování – podle [34].

Výhrubníky jsou několikabřité nástroje obvykle tří až čtyřbřité určené pro hrubování otvorů před finálním vystružením. Zlepšují geometrii a kvalitu povrchu díry. Pokud je vyhrubování konečnou operací, tak průměr výhrubníku odpovídá konečnému rozměru otvoru. Konstrukce a tvar jsou uvedeny na obr. 21. [32; 34]



Obr. 21 Výhrubník [35].

Výstružníky slouží k dosažení vysoké přesnosti a kvality povrchu otvorů, viz obr. 22. Existují ruční výstružníky s dlouhým řezným kuzelem, strojní s kratší vodící částí, nástrčné pro větší hloubky, rozpínací s možností jemného nastavení průměru, stavitelné s plynule nastavitelnými noži a kuželové pro kuželová osazení. Výběr vhodného nástroje závisí na druhu materiálu a požadované přesnosti. [32; 34]



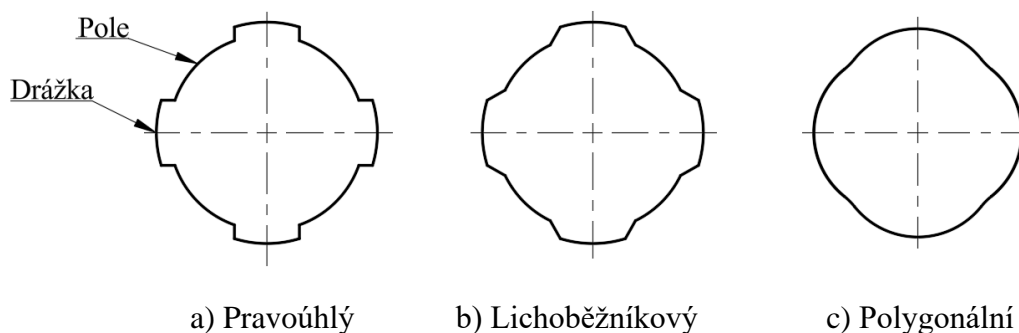
Obr. 22 Výstružník [35].

### 2.3 Tvorba vývrtu hlavně

Výroba vývrtu drážkované hlavně začíná vyvrtáním průchozího otvoru v polotovaru, který je následně vyhrubován a vystružen. Při vrtání hrozí riziko nesouososti komor s vnějším povrchem hlavně, což je zvláště náročné u dlouhých palných zbraní. Po obrobení dutiny se do komory vyrobí drážka, jejichž tvar, stoupání a hloubka jsou voleny dle požadavků na počáteční rychlost střely a její stabilitu během letu. [36]

Druhy drážkování hlavní se dělí:

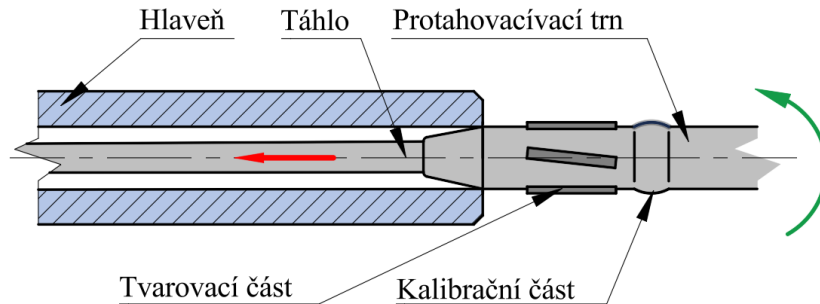
- Pravoúhlý profil – vhodný pro třískové obrábění, má ostré hrany, pro přesné vedení střely,
- Lichoběžníkový profil– vzniká rotačním nebo radiálním kování či protlačováním, dříve běžně používaný,
- Polygonální profil – tvořen tečně navazujícími kruhovými oblouky, jejichž středy leží mimo osu hlavně, snižuje opotřebení a zlepšuje těsnost střely.



Obr. 23 Druhy drážkovaných hlavní – podle [36].

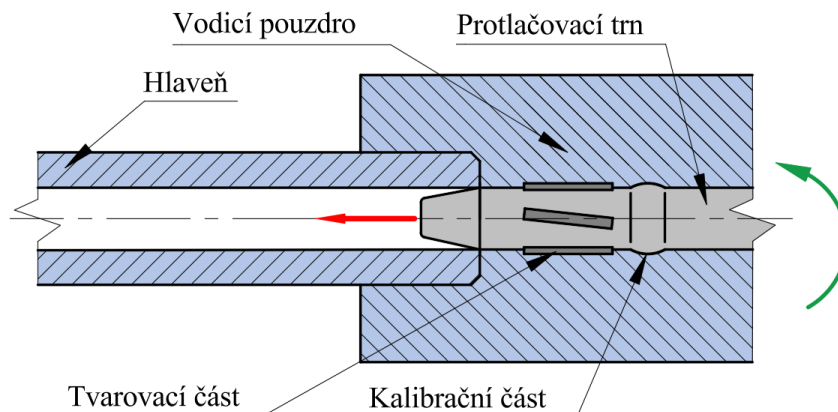
Metody, kterými lze vyrábět drážkování hlavní, se liší podle požadované přesnosti, výrobní technologie a vlastností materiálu. Mezi nejpoužívanější patří:

- Protahování – metoda podobná klasickému protahování, ale s delší protahovanou délkou a šroubovitým pohybem nástroje. Používá se především pro hlavně větších ráží. Nástroj postupně tváří materiál a vytváří drážky, přičemž může pracovat současně na všech drážkách nebo je protahovat po jednotlivých sekcích. Princip je vyznačen na obr. 37. [37; 38]



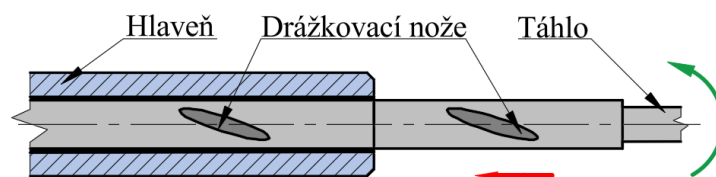
Obr. 37 Protahování – podle [37].

- Protlačování – drážky vznikají tvářením protlačením tlačného trnu skrze celý vývrt hlavně pomocí hydraulického lisu, viz obr. 38. Trn má tvarovací část pro vytvoření drážek a kalibrační část pro přesný průměr ráže. Povrch vývrtu musí být předem vyleštěn a poměděn pro snížení tření. Tato metoda se používá u méně pevných materiálů, avšak vyžaduje dostatečnou tloušťku stěny. [37; 38]



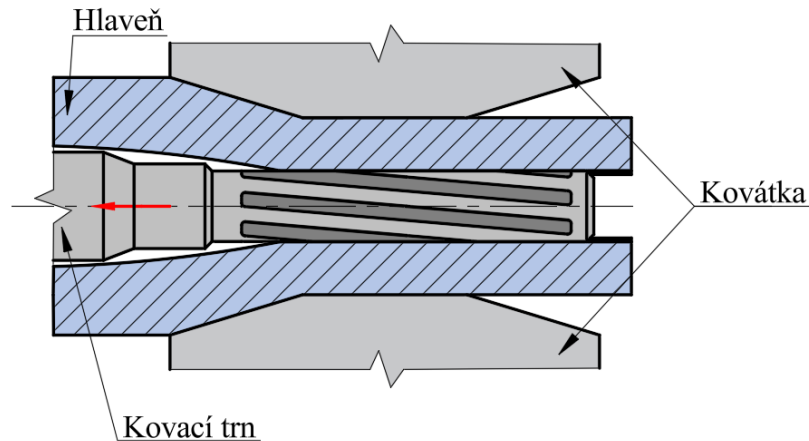
Obr. 38 Protlačování – podle [37].

- Drážkování – provádí se na drážkovacích strojích pomocí speciálního nože v držáku, viz obr. 39. Hlaveň je pevně upnutá a držák vykonává přímočarý a rotační pohyb, čímž se nůž pohybuje po šroubovici a vytváří drážky. Používají se jednobřité nože (řezou pouze při tažení) nebo dvoubřité nože (řezání v obou směrech). Vhodné pro méně pevné materiály, protože u tvrdších materiálů dochází k rychlému opotřebení nožů. [37]



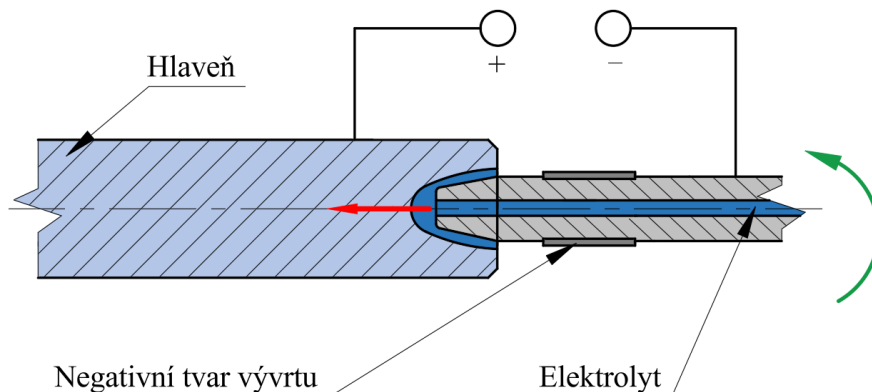
Obr. 39 Drážkování – podle [37].

- Rotační kování – metoda, při které do polotovaru zasunut kovací trn s negativním profilem vývrtu, viz obr. 40. Kovátka pak úderý s frekvencí 1000–500 úderů za minutu postupně překovávají materiál od ústí k zadní části hlavně. Při současném pohybu trnu a polotovaru vzniká mírná kuželovitost vývrtu, která usnadňuje zařiznutí střely do drážek. Celý proces probíhá za studena. Rotačně kované hlavně mají oproti třískově obráběným lepší mechanické vlastnosti, vyšší pevnost, lepší využití materiálu a vyšší produktivitu výroby. [16; 37]



Obr. 40 Rotační kování – podle [37].

- Elektrochemické obrábění (ECM) představuje technologii, při níž je vnitřní tvar hlavně vytvářen anodickým rozpouštěním kovu prostřednictvím řízené elektrolyzy. Nástroj (katoda) odpovídá negativnímu tvaru požadovaného vývrtu, zatímco obrobek, sloužící jako anoda, je ponořen do elektrolytu umožňujícího vedení elektrického proudu. Aplikací stejnosměrného napětí dochází k selektivnímu rozpouštění materiálu z vnitřního povrchu hlavně v místech nejbližších katodě, čímž se postupně vytvářejí přesně definované drážky vývrtu, obr. 41. Proces probíhá bez přímého mechanického kontaktu mezi elektrodami, což eliminuje fyzikální opotřebení nástroje a zajišťuje konstantní kvalitu opracování. [39; 40]



Obr. 41 Elektrochemické obrábění – podle [39].

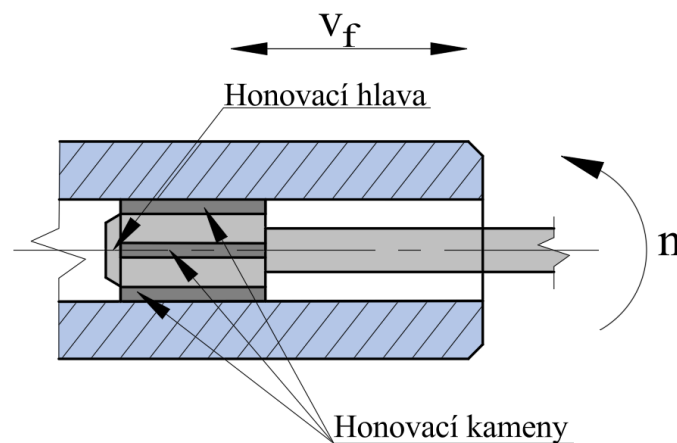
Protlačování bylo zvoleno jako nejvhodnější varianta díky své jednoduchosti, efektivitě a minimálním požadavkům na vybavení, stačí běžný hydraulický lis a protlačovací trn, kterými firma disponuje. Také umožňuje vytvoření vybraného pravoúhlého drážkování tvářením v jednom průchodu, čímž se zkracuje výrobní čas a minimalizuje riziko nepřesností.

## 2.4 Dokončovací operace vnitřního povrchu hlavně

Dokončování povrchu hlavně se provádí pro odstranění drobných nerovností a optimalizaci geometrie vývrtu. Tento proces zvyšuje přesnost střelby a prodlužuje životnost hlavně tím, že snižuje opotřebení a tření při průchodu střely. [41]

Vysoká kvalita povrchu, která přispívá ke stabilnějšímu výkonu zbraně, je zajištěna použitím specializovaných metod [41]:

- Honování – princip abrazivního obrábění, při němž se jemné brusivo umístěné na honovacích kamenech přitlačí na vnitřní válcové plochy hlavně obr. 42. Základním principem je kombinace rotačního pohybu honovací hlavy  $n$  a posuvného vratného pohybu ve směru osy díry  $V_f$ , což umožňuje odstranění povrchových nedokonalostí. Řezné kapaliny slouží k chlazení a efektivnímu odvodu tepla a kovových částic. Proces může být prováděn jednostupňově, kdy jeden nástroj zvládá hrubování i dokončovací operaci, nebo dvoustupňově s nástroji různé zrnitosti. [41]



Obr. 42 Honování – podle [41].

- Lapování – proces zaměřený na zvýšení přesnosti a hladkosti vnitřního vývrtu. Při této metodě se na speciální nástroj obr. 43, aplikuje abrazivní pasta či jemný prášek s určitou hrubostí zrna. Nástroj se následně vkládá do hlavně a ručně nebo pomocí specializovaného zařízení se pohybuje nahoru a dolů, čímž se odstraňují všechny nepravidelnosti a hrubá místa, která by mohla způsobit nestabilitu střely při výstupu. Opakovaným používáním různých stupňů zrnitosti past se dosahuje stále jemnějšího a rovnoměrnějšího povrchu. I když je lapování časově náročný proces a vyžaduje precizní práci, vede k významnému zlepšení přesnosti a konzistence střelby. [42]



Obr. 43 Lapovací trn [43].

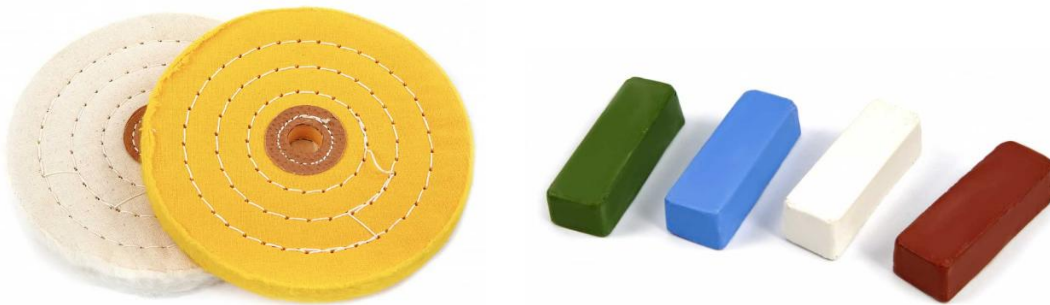
## 2.5 Povrchové úpravy a značení

Povrchové úpravy zahrnují procesy ošetření povrchu materiálu, které zlepšují jeho vlastnosti, jako je jejich odolnost proti otěru, vzhled nebo funkčnost. Aplikují se především na kovy, kde mohou zvýšit mechanické vlastnosti, vytvořit ochranu proti korozi a prodloužit životnost. [44]

**Leštění** je proces jemného opracování povrchu materiálu, při kterém se odstraňují drobné nerovnosti a zvyšuje povrchová čistota. [45]

Lze jej rozlišit podle několika způsobů opracování [45; 46]:

- Mechanické leštění se provádí pomocí různých leštících kotoučů s využitím leštících past obr. 44 a 45. Leštící pasty obsahují brousící částice různých zrnitostí, které postupně snižují drsnost povrchu a zajišťují jeho vysokou hladkost a lesk. Tyto pasty se dodávají v různých barvách, které označují jejich drsnost a složení například hrubé pasty bývají tmavě zbarvené, zatímco jemné a finální pasty mívají světlé odstíny. Při volbě kombinace leštícího kotouče a pasty je důležité zohlednit druh materiálu a požadovaný stupeň vyleštění. Metoda je vhodná pro kovy, skla i plasty.



Obr. 44 Leštící kotouč látkový [47]. Obr. 45 Leštící pasty různých drsností [48].

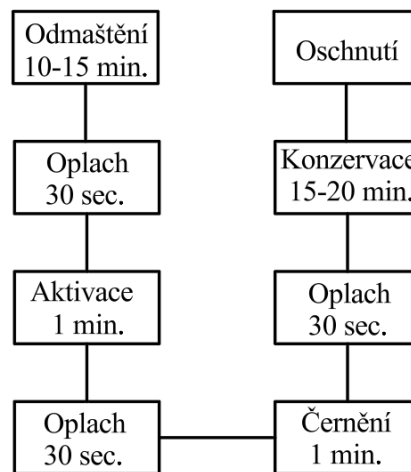
- Při chemickém leštění se využívají speciální kyselé nebo zásadité lázně, které rozpouštějí nerovnosti na povrchu materiálu a zanechávají ho hladký a lesklý. Tato metoda je často používána tam, kde je potřeba dosáhnout rovnoměrného vyleštění složitějších tvarů.
- Metoda elektrolytického leštění používá elektrický proud ve speciálním elektrolytu k odstranění mikroskopických nerovností. Leštěná součást je připojena jako anoda a materiál se postupně rozpouští, což vede k velmi hladkému a vysoce lesklému povrchu, vhodnému pro náročné průmyslové aplikace.

Z dostupných metod je pro zadaný díl volena varianta mechanického leštění, jelikož ve firmě, kde probíhá výroba, je dostupné odpovídající vybavení. Použití chemických nebo elektrolytických metod vyžaduje další specializované zařízení, což znamená náročnost na investice i technologickou přípravu. Mechanické leštění je však v případě složitějších tvarů pracnější a časově náročnější. Z tohoto důvodu je nezbytná odborná zkušenost, aby byl dosahován optimální výsledek.

**Černění** známé též jako brynýrování je chemická povrchová úprava oceli, která vytváří tenkou vrstvu oxidů železa. Proces probíhá mořením kovového předmětu v roztavených solích, kyselinách nebo louhu. Výsledkem je zbarvení povrchu do černé, tmavomodré nebo hnědé barvy. [49; 50; 51]

Na rozdíl od nátěrů nebo povlaků se nejedná o nanesení barvy, ale o chemické pasivování povrchu, které zajišťuje částečnou ochranu proti korozi a zlepšuje vzhled výrobku. Vrstvička oxidů je však velmi tenká přibližně 1  $\mu\text{m}$ , takže nemění rozměry součásti. Navíc je vysoce smáčivá pro olej, což umožňuje její konzervaci a zvýšení ochranných vlastností. [49; 50; 51]

Proces začíná důkladným odmaštěním v alkalickém nebo speciálním čisticím roztoku, po kterém následuje oplach vodou. Poté se povrch aktivuje v kyselém mořicím roztoku, nebo zahřátím na vysokou teplotu v závislosti na metodě, aby byl připraven na vytvoření ochranné vrstvy. Následuje samotné černění ponořením do speciální lázně či oleje, kde chemická reakce vytvoří tmavý oxidový povlak. Po oplachu se součást konzervuje v ochranném prostředí na bázi oleje nebo vosku, čímž se zvýší její odolnost proti korozi. Nakonec se nechá volně oschnout na vzduchu viz obr. 46. [49; 50]



Obr. 46 Proces černění – podle [50].

Černění lze rozdělit na [49]:

- Kovářské černění (karbonování) – Rozžhavený předmět se ponoří do oleje, čímž vznikne karbonová vrstva,
- Studené černění – Použití roztoku kyseliny seleničité a síranu měďnatého v alkoholu, ale jde o toxickou metodu,
- Speciální způsoby – Spreje a fixy s inhibitory koroze pro drobné opravy a retuše.

Vady černění [49]:

- Šedé zbarvení – Vzniká u nitridovaných ocelí, lze odstranit jemným otryskáním korundem,
- Červené zbarvení – Naznačuje vysoký obsah chromu v oceli, řeší se otryskáním nebo omíláním,
- Hnědé skvrny – Mohou být důsledkem znečištěné lázně, příliš dlouhého černění nebo přítomnosti legur v oceli. Lze částečně odstranit petrolejem či naftou.

Studené černění bylo zvoleno pro povrchovou úpravu hlavně kvůli nenáročnému postupu bez potřeby vysokých teplot, které by mohly negativně ovlivnit rozměrovou přesnost nebo strukturu materiálu. Je zároveň vhodné pro kusovou či malosériovou výrobu.

**Chromování** je proces nanášení tenké vrstvy chromu na povrch součástí za účelem zvýšení odolnosti proti korozi, opotřebení a zlepšení estetického vzhledu. Nejčastěji se provádí galvanickou metodou, která využívá elektrolýzu k nanesení chromové vrstvy na povrch materiálu. [52; 53; 54]

Při galvanickém chromování se součást, která má být pokovena, připojí jako katoda v elektrolytickém roztoku obsahujícím ionty chromu. Anoda je obvykle vyrobena ze slitiny olova s antimonem. Po přivedení stejnosměrného proudu dochází k redukci iontů chromu na katodě, čímž se na povrchu součásti vytváří tenká vrstva chromu.

Proces lze rozdělit na dekorativní a tvrdé (funkční) chromování, přičemž každá z nich slouží k odlišným účelům a využívá specifické postupy: [52; 53; 54]

- Dekorativní chromování se zaměřuje na dosažení estetického a lesklého povrchu. Tento způsob zahrnuje nanesení tenké vrstvy chromu přibližně 2–5  $\mu\text{m}$  na podkladovou vrstvu niklu, což dodává předmětům zrcadlový vzhled. [53]
- Tvrdé chromování je navrženo pro zlepšení funkčních vlastností součástí, jako je zvýšení tvrdosti, odolnosti proti opotřebení a korozi. Tato technika zahrnuje nanesení silnější vrstvy chromu až do 300  $\mu\text{m}$  na povrch materiálu, což prodlužuje životnost dílů a zlepšuje jejich mechanické vlastnosti. [52]

Dekorativní chromování bylo aplikováno pro povrchovou úpravu kvůli své schopnosti dodat dílu lesklý a atraktivní vzhled. Zároveň poskytuje základní ochranu proti korozi, což je při běžných podmínkách používání dílu zcela dostačující.

**Značení** hlavní představuje důležitou součást výroby střelných zbraní, která umožňuje trvalou identifikaci příslušnou značkou tak, aby splňovala vládní požadavky, byla viditelná a trvalá. K dosažení těchto vlastností se využívají různé způsoby značení: [55]

- Rytí zahrnuje mechanické odstranění materiálu za účelem vytvoření trvalého značení. Je ideální pro aplikaci sériových čísel a log výrobců na různé povrchy. Mechanické rytí využívá nástroje, které fyzicky odstraňují materiál. [56; 57]
- Ražba je technika spočívající v lisování nebo úderu razníkem do kovového povrchu, čímž se vytváří hluboké a odolné značení. Ražba je často využívána u hlavní a rámmů zbraní, kde je vyžadována vysoká trvanlivost značení. Proces zahrnuje použití razníku s požadovaným vzorem, který je silou vtlačen do materiálu. [56]
- Laserové gravírování je bezkontaktní metoda, která vypaluje identifikační údaje do povrchu materiálu pomocí laseru. Výhodou je vysoká čitelnost a možnost vytváření jemných detailů, což je ideální pro složitá loga nebo malé texty. [56; 57]
- Chemické leptání využívá kyselin nebo elektrochemického procesu k vytvoření trvalého značení na povrchu materiálu. Chemické leptání je vhodné zejména pro hliníkové a nerezové části, kde je třeba dosáhnout přesného a čistého značení bez mechanického namáhání materiálu. Proces zahrnuje nanesení masky s požadovaným vzorem a následné aplikování leptacího činidla, které odstraní odkryté části materiálu. [58]

Laserové gravírování bylo upřednostněno pro jeho preciznost, rychlost a schopnost vytvářet detailní značení bez narušení povrchu materiálu. Díky nárokům na specializované vybavení a kvalitu provedení bude tento proces realizován externí firmou s odpovídajícím technickým zázemím. Současně bylo zvoleno i ražení, a to z důvodu vyznačování montážních čísel na hlavních, které slouží ke spárování s odpovídajícími částmi sestavy.

### 3 VOLBA TECHNOLOGICKÉHO VYBAVENÍ

Výběr technologického vybavení je důležitým prvkem přípravy výroby, ovlivňující efektivitu, kvalitu a ekonomiku celého procesu. Daný proces zahrnuje volbu obráběcích strojů, nástrojů, měřidel a dalších pomůcek nezbytných pro realizaci definovaného postupu. [59]

Při rozhodování o technologickém vybavení je nutné zohlednit [59; 60; 61]:

- typ plánovaných operací,
- montážní požadavky,
- technologické specifikace výrobku, mezi něž patří:
  - požadovaná přesnost rozměrů a tvaru,
  - drsnost povrchu,
  - vlastnosti zpracovávaného materiálu,
  - geometrická složitost součástí,
  - sériovost produkce.

Dále je třeba přihlídnout k dostupnosti a technickým parametrům strojů, jako jsou geometrická přesnost, tuhost, výkon nebo možnosti automatizace. Zásadní roli hrají i spolehlivost, nároky na údržbu a kvalita servisní podpory, což přímo ovlivňuje efektivitu výroby. [59; 60; 61]

Během přípravy výroby byly porovnávány i další varianty vybavení s cílem nalézt optimální řešení, které zajistí maximální produktivitu, požadovanou kvalitu a minimalizaci nákladů. V sériové produkci je výhodné nasazení specializovaných nástrojů a přípravků, které mohou znamenat vyšší počáteční investice, ale dlouhodobě snižují pracnost a zvyšují využití zařízení. Naopak v kusové výrobě, na kterou je v této práci kladen důraz, se preferují univerzální stroje a flexibilní nástroje, které umožňují širokou použitelnost a rychlejší přizpůsobení výroby konkrétním požadavkům. [59; 60]

Ekonomické faktory hrají zásadní roli při rozhodování o technologickém vybavení. Je nutné porovnat náklady na pořízení a provoz zařízení, zhodnotit růst produktivity a stanovit kritické výrobní množství pro jednotlivé varianty. Rozlišují se univerzální a speciální nástroje, přičemž zavedení specializovaných řešení musí být ekonomicky opodstatněné. [59; 63]

Konstrukční řešení výrobku je navrženo tak, aby umožnilo maximální využití standardního vybavení a minimalizovalo potřebu speciálních nástrojů a přípravků. Během výroby je však využít upínací přípravek, který významně zjednodušuje a urychluje celý výrobní proces. Tento přípravek je univerzální, přičemž disponuje výměnnými upínacími prvky, což jej činí zároveň specifickým pro konkrétní operace. Výběr výrobní technologie je pečlivě přizpůsoben požadavkům na flexibilitu a efektivitu výroby. [59; 61; 62]

Důležitým aspektem je také stabilní ustavení a upnutí obrobku. Ergonomie pracoviště a bezpečnost obsluhy, které mají přímý dopad na produktivitu i komfort pracovníků. Optimalizací všech těchto faktorů lze dosáhnout efektivnější a hospodárnější výroby splňující požadované kvalitativní i ekonomické parametry. [59; 60; 61; 62]

### 3.1 Volba strojního vybavení

Výběr strojů pro výrobu komponent vychází z aktuálního vybavení firmy RMmetal s.r.o., přičemž se přihlíží k technologickým požadavkům jednotlivých operací. K výrobě je využita pásová pila pro dělení materiálu, CNC frézka pro obrábění, lis pro protlačování vývrtníku, honovací stroj pro finální úpravu komor a stolní leštička pro úpravu vnějších ploch. [8; 10]

Pásová pila **Bomar STG 230G** na kov je určena pro řezání plných i profilových materiálů, viz obr. 47. Umožňuje řezání pod úhly až 60°. Prořízne materiál o průměru až 230 mm. Nabízí dvě rychlosti pásu a je vybavena systémem pro jeho čištění. Chlazení je umístěno v podstavci. Pila má pneumatické zvedání ramene. Rychlost posuvu lze regulovat na ovládacím panelu. [64]

Pila slouží pro dělení polotovaru na daný rozměr, čímž je připraven pro další výrobní procesy.



Obr. 47 Pásová pila Bomar STG 230G [65].

Stroj **Kovosvit MAS MCV 800** je vertikální CNC frézka, navržena pro přesné obrábění kovů, znázorněna na obr. 48. Nabízí vynikající tuhost a stabilitu, což zaručuje vysokou kvalitu obrábění i při náročných operacích. Díky širokému rozsahu otáček a řízení Heidenhain TNC620 je ideální pro efektivní zpracování různých materiálů s vysokou přesností. [66; 67]

CNC frézka je použita k výrobě tvaru součásti s požadovanou přesností. Mezi prováděné operace patří frézování, vrtání, vyhrubování a vystružování, což zajišťuje optimální geometrickou přesnost.



Obr. 48 Stroj Kovosvit MAS MCV 800 [66].

Stroj **Redats H-380** je hydraulický lis s posuvným pístem a maximálním tlakem 30 tun. Vybaven je dvourychlostní pumpou umožňující rychlé a pomalé prodloužení pístu pro přesnější kontrolu tlaku, zobrazena na obr. 49. Lis je určen pro profesionální dílny k ohýbání, stlačování a lisování hřídelí, ložisek a pouzder. Pracuje v rozsahu 0 až 995 mm a má nastavitelnou pracovní desku s 8 úrovněmi. Tlak lze snadno odečíst na manometru. Konstrukce lisu je pevná a odolná, vyrobená z C-profilů a je dodáván s ocelovými podložkami. [68]

Zařízení je uplatněno k protlačování trnu za účelem vytvoření vývrtné hlavy.



Obr. 49 Hydraulický lis Redats H-380 [68].

Vertikální honovací stroj **Sunnen SV-3000** je precizní stroj pro dokončování vnitřních válcových ploch, který je vybaven řídicím systémem Sunnen2, stroj je představen na obr. 50. Je schopen dosáhnout velmi těsných výrobních tolerancí, až 0,00025 mm, určen pro střední až velkosériovou výrobu. Má vertikální konstrukci s centrálně umístěným otočným ovládacím panelem a oploceným pracovním prostorem s odnímatelnými panely. Vyznačuje se robustním litinovým sloupem pro zvýšenou tuhost a základnou z polymerního kompozitu pro snížení vibrací. [69]

Přístroj je využíván na honování a lapování povrchu komor.



Obr. 50 Honovací stroj Sunnen SV-3000 [69].

Stolní leštička **Holzmann DSM200PS 400V** je zařízení navržené pro profesionální leštění kovových i plastových materiálů, viz obr. 51. Díky své robustní konstrukci a technickým parametrům je ideální pro průmyslové použití s možností nepřetržitého provozu. [70]

Zlepšuje estetické vlastnosti a zajišťuje hladký a lesklý povrch dílu.



Obr. 51 Stolní leštička Holzmann DSM200PS 400V [70].

Zvolené stroje odpovídají technologickým požadavkům výroby hlavně derreru. Výhodou je možnost provést většinu operací přímo ve firmě, což snižuje logistické náklady a umožňuje lepší kontrolu kvality. Nevýhodou je nutnost využití externích operací, jako tepelné úpravy, chromování a značení, která přináší dodatečné náklady a časové prodlevy. Stroje nabízejí dostatečnou přesnost pro malosériovou výrobu, avšak některé operace jsou náročné na seřízení a vyžadují zkušenou obsluhu.

CNC frézka umožňuje flexibilní výrobu složitých tvarů s vysokou přesností, což by bylo na konvenční frézce obtížně dosažitelné. Je však třeba zohlednit její kapacitní vytížení, jelikož je ve firmě využívána i pro jiné zakázky. To může vést ke zpoždění výroby zadaného dílu v závislosti na vytížení stroje. Alternativou by mohlo být využití jiného CNC stroje nebo kooperace s externím dodavatelem.

Hydraulický lis byl zvolen s ohledem na požadavky operace tvarování vývrtu. Vzhledem k malé styčné ploše cca  $6 \times 0,1 \times 1$  mm jsou nároky na tvářecí sílu nízké. Zvolený lis s maximální silou 300 kN tuto potřebu výrazně převyšuje. I když je v tomto případě předimenzovaný, nepředstavuje to problém, jelikož je ve firmě využíván i pro jiné operace, kde je vyšší síla naopak potřebná. Vyšší kapacita tak zajišťuje větší univerzálnost a využitelnost stroje. Klíčové je přesné nastavení parametrů, aby nedocházelo k deformacím obrobku.

Honovací stroj přispívá k vysoké kvalitě povrchu vývrtu, ale jeho přesnost a efektivita jsou optimální spíše pro sériovou výrobu. V malosériové produkci může být nevýhodou delší nastavování stroje a vyšší jednotkové náklady na kus. Vzhledem k tomu, že se v podniku specializují na dokončování vnitřních ploch, je tento stroj i tak dostatečně vytížen a jeho provoz je účelný.


Zvolená sestava strojního vybavení umožňuje efektivní výrobu hlavně s vysokou přesností a kvalitou, přičemž většina operací probíhá přímo ve firmě, kde je k dispozici jak potřebné nářadí, tak i stroje. Nicméně omezená kapacita některých zařízení a potřeba výroby mimo podnik může zpomalit celý proces a vést k nárůstu nákladů.

### 3.2 Volba nástrojů a pomocného vybavení

Volba nástrojů a pomocného vybavení vychází z dostupného vybavení firmy a technologických požadavků výroby. Při jejím výběru se zohledňují typ materiálu, požadovaná přesnost i kvalita povrchu. Kromě toho se klade důraz na kompatibilitu se stroji, efektivitu obráběcích operací a vhodnost dalších prostředků podporujících výrobní proces a finální úpravu součástí. Jednotlivé nástroje jsou zpracovány do tabulek dle použití na různých strojích tab. 5 až 8, potřebné pomocné vybavení je rozepsáno v tab. 9.

Materiál většiny použitých nástrojů je rychlořezná nástrojová ocel (HSS), jedná se buď o monolitické nástroje, nebo o nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD).



Tab. 5 Seznam nástrojů pro dělení polotovaru [8; 10; 71].

Číslo nástroje	Vizualizace	Název	Specifikace	Výrobce
			Materiál	
D-001		Pilový pás	162x13x0,65 M42 6/10z	Pilana
			HSS-M42	












Tab. 6 Seznam nástrojů pro tvorbu vývrtu [8; 10].

Číslo nástroje	Vizualizace	Název	Upnutí	Výrobce
			Materiál	
L-001		Drážkovací protlačovací trn	Svěrné pouzdro RCK 61	Česká Zbrojovka
			HSS-M42	


Tab. 6 Seznam nástrojů pro dokončování povrchu komor [8; 10; 43; 72].

Číslo nástroje	Vizualizace	Název	Upnutí	Výrobce
			Materiál	
S-001		Honovací kartáč 9 mm	Kleština MK3	Osborn
			Karbid křemíku	
S-002		Lapovací hlava 9 mm	Kleština MK3	Brownells
			Mosaz	



Tab. 7 Seznam nástrojů pro CNC operace [8; 10; 73; 74; 75; 76].

Číslo nástroje	Vizualizace	Název	Držáky/upnutí	Výrobce
			Materiál/VBD	
T-001		Stopková fréza čelní 25 mm	25N2R042B25	Dormer Pramet
			HNGX 0604ANSN- R	
T-002		Návrťový vrták 90°	Kleština MK8	FORMAT
			HSS	
T-003		Vrták 8,6 mm s vnitřním chlazením	Kleština MK9	Dormer Pramet
			Slinutý karbid	
T-004		Výhrubník komorový 9 mm Flobert	Kleština MK9	Monsan precision
			HSS	
T-005		Výstružník komorový 9 mm Flobert	Kleština MK9	Monsan precision
			HSS	
T-006		Hrubovací fréza 25 mm	Weldon	Dormer Pramet
			HSS	
T-007 T-008		Dokončovací fréza 14 mm a 3 mm	Kleština MK14/MK3	Dormer Pramet
			HSS	
T-009 T-010		Kulová fréza 5 mm a 1 mm	Kleština MK/MK1	Dormer Pramet
			Slinutý karbid	
T-011 T-012		Vrták 5,9 mm a 2,5 mm	Kleština MK6	Dormer Pramet
			Slinutý karbid	
T-013		Fréza úhlová čelní 5 mm, úhel 55°	Kleština MK3	Česká zbrojovka
			HSS	
T-014		Výstružník 6 H8	Kleština MK6	STIMZET
			HSS	





Tab. 8 Seznam nástrojů pro ruční operace [8; 10; 73].

Číslo nástroje	Vizualizace	Název	Upnutí	Výrobce
			Materiál	
R-001		Ruční závitník M3	Vratidlo stavitelné	Dormer Pramet
			HSS	

Tab. 9 Seznam nástrojů pro leštění [8; 10; 77; 78].

Č. n.	Vizualizace	Název	Upnutí	Výrobce
B-001		Látkový kotouč jemný	Maticemi M12	PFERD
B-002		Leštící kotouč flanelový	Maticemi M12	Proxxon
B-003		Leštící plstěné tělísko	Kleština MK2	Proxxon

Tab. 10 Seznam pomocného vybavení [8; 10; 79; 80; 81; 82].

Č. n.	Vizualizace	Název	Aplikace	Výrobce
PV-001		Lapovací abrazivní kompozit	Nanášení kusem látky na trn	Brownells
PV-002		Leštící pasta	Ruční aplikace na kotouč	Abrasiv
PV-003		Brynór	Máčení součástí	Stilcrin
PV-004		Měděná pasta	Nanášením tubou do dutiny komor	Malwa








Zvolená nástrojová sestava a vybavení odpovídají technologickým požadavkům výroby, přičemž důraz je kladen na kompatibilitu se stroji a produktivitu operací. Správná volba nástrojů přispívá k dosažení požadované kvality a přesnosti obrábění.

Proces doplňuje pomocné vybavení, jako jsou abrazivní, leštící materiály a maziva. Tyto prvky podporují jednotlivé fáze výroby a zajišťují plynulý průběh obrábění až po finální úpravu povrchu. Vybavení pro značení či povrchovou úpravu, jako jsou chromovací lázně, není v seznamu zahrnuto, protože tuto část procesu zajišťuje externí firma.

### 3.3 Volba měřidel a přípravků

Měřidla jsou stanovena s ohledem na požadovanou přesnost a kontrolu kvality. K měření rozměrů a tvarových odchylek se využívají přístroje v tab. 11. Geometrické vlastnosti jsou ověřovány pomocí měřicích systémů odpovídajících daným parametrům.

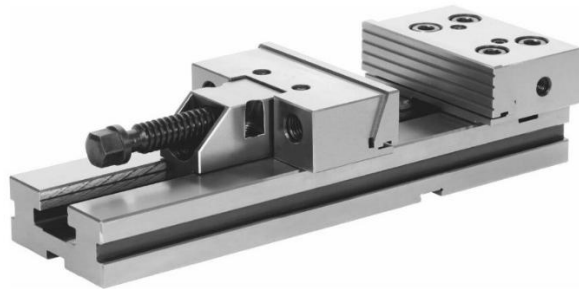
Tab. 11 Seznam použitých měřidel [8; 10; 83; 84; 85; 86; 87; 88; 89].

Číslo nástroje	Vizualizace	Název	Rozsah měření	Výrobce
			Rozlišení měřidla	
M-001		Digitální posuvné měřidlo	0–50 mm	Helios Preisser
			0,01 mm	
M-002		Komorový kalibr	9 mm Flobert CIP	CLYMER
			0,001 mm	
M-003		Válečkový kalibr	6 H8	Česká zbrojovka
			0,001 mm	
M-004		Pákový úchylkoměr	-	Conrad Electronic SE
			0,01 mm	
M-005		Koncové měrky	-	Somet
			0,001 mm	
M-006		Rádiusové měrky	1–7 mm	Asimeto
			0,1 mm	
M-007		Dutinoměr	6–10 mm	INSIZE
			0,002 mm	

Přípravky zajišťují stabilní upnutí obrobku a usnadňují přesné provedení výrobních operací. Pro fixaci jsou použity tři standardní svěráky a jeden speciální upínací přípravek s kuželovými trny, které se rozpínají do dutin komor hlavně.

Konstrukce přípravků minimalizuje výrobní odchylky, eliminuje nežádoucí vibrace a zvyšuje opakovatelnost polohy obrobku. Upínací svěrák použitý pro CNC frézování a honování je identický model VMP-4, zatímco při lisování je díl fixován ve svěráku VQS-5. Speciální upínací přípravek je certifikován a pravidelně kalibrován, aby odpovídal předepsaným tolerancím. Konstrukce umožňuje snadné a rychlé upnutí i uvolnění obrobku, čímž se optimalizuje výrobní proces a zkracuje vedlejší časy operací. [8; 10; 90; 91]

Modulární strojní svěrák VMP-4 je přesné upínací zařízení navržené pro univerzální použití na CNC strojích, (obr. 52). Čelisti s šířkou 100 mm a maximálním rozevřením 100 mm umožňují upnutí široké škály obrobků. Při frézování jsou čelisti vybaveny osazenými hranami, které zajišťují stabilitu a přesné upnutí obrobku. Pro honování se využívají hladké čelisti, které minimalizují otlaky. [90]



Obr. 52 Modulární strojní svěrák VMP-4 [90].

Rychloupínací strojní svěrák VQS-5 je robustní upínací zařízení s šířkou čelistí 131 mm a maximálním rozevřením 125 mm, (obr. 53). Díky své masivní konstrukci a odolným čelistem je vhodný pro lisovací operace, kde je kladen důraz na vysokou pevnost a odolnost vůči otlaku. Mechanismus rychlého upínání umožňuje efektivní manipulaci s obrobky, čímž se zkracuje vedlejší čas operace. [91]

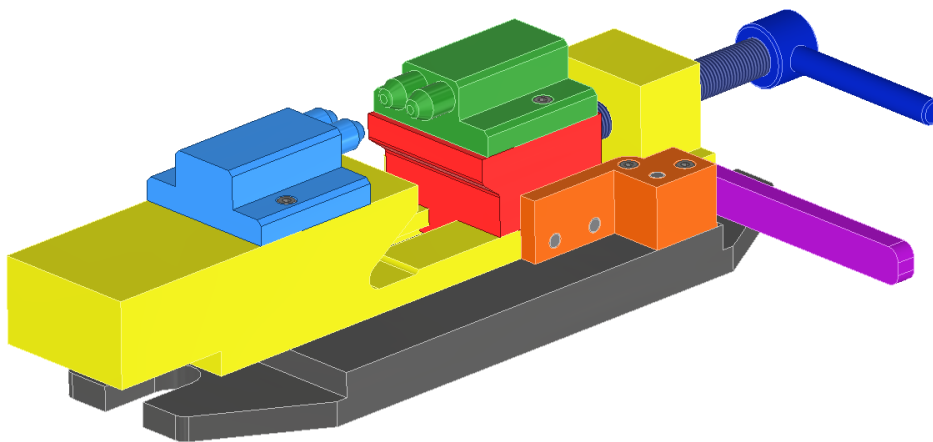


Obr. 53 Rychloupínací strojní svěrák VQS-5 [91].

Speciální upínací přípravek je navržen pro přesné a pevné uchycení obrobku při obrábění, ilustrován na obr. 54. Základní kotvící deska znázorněna šedě je opatřena dvěma drážkami pro upevnění k loži stroje, což zajišťuje stabilitu a správné usazení. Na této desce je pomocí šroubů a kolíků fixována základna přípravku označena žlutě, které disponuje dvěma broušenými plochami sloužícími k přesnému vedení jednotlivých komponent.

Na horní broušené ploše je pevně uchycen výměnný modul vyobrazen modře, jenž zajišťuje referenční bod upnutí. Druhá, pohyblivá část ilustrována červeně, se posouvá po spodní broušené ploše a umožňuje variabilní upnutí obrobku. Na tomto segmentu je připevněn další výměnný modul, který se podílí s pevným protějškem na fixaci součástí. V rámci dané výrobní operace jsou využity právě tyto moduly, nicméně jejich konstrukce umožňuje snadnou výměnu podle potřeby.

Princip upínání odpovídá běžnému strojnímu svěráku, upínací síla je vyvozována pomocí modrého šroubu a páky. Kromě lineárního pohybu je přípravek vybaven otočným mechanismem, jehož součástí je oranžový díl fungující jako kloubový pant. Tento prvek umožňuje po uvolnění zajišťovacích šroubů částečnou rotaci v definovaném rozsahu, pomocí páky znázorněny fialově, což zvyšuje flexibilitu upnutí. Celá konstrukce je přizpůsobena tak, aby minimalizovala odchylky a zajistila vysokou opakovatelnost upnutí.



Obr. 54 Vizualizace čtyřbodového fixačního přípravku [8]

Měřidla a upínací přípravky jsou voleny tak, aby byla zajištěna přesnost výroby a kontrola kvality. Rozměrové a geometrické tolerance jsou ověřovány měřidly, zatímco přípravky uchycující obrobek a minimalizují výrobní odchylky. Upínací systémy jsou tvořeny kombinací standardních i speciálních svěráků optimalizovaných pro jednotlivé operace. Pevné a opakovatelné upnutí je zajištěno speciálním přípravkem s kuželovými trny.

K ustavení a kontrole polohy obrobku ve stroji byla použita dotyková 3D sonda Renishaw OMP40-2. Umožňuje rychlé a opakovatelné měření nulových bodů a tím omezuje chyby z nepřesného upnutí nebo drobných odchylek stroje. [92]

Kromě toho jsou použity také šrouby, matice a další jistící prvky, které však nejsou zpracovány detailně v tabulce, protože jejich specifikace jsou standardní.

## 4 TECHNOLOGIE VÝROBY – VÝROBNÍ POSTUP

Nejprve je nutné určit rozměry polotovaru, což se provádí na základě výpočtů a vzorců vycházejících z konečných rozměrů obrobku a přídaveků na obrábění.

Přídavek na délku součásti

$$P_l = \frac{5 \cdot l_s}{100} + 2 = \frac{5 \cdot 75}{100} + 2 = 5,75 \text{ mm} \quad (4.1)$$

kde:

$l_s$  ... délka součásti ... [mm]

Přídavek na šířku součásti

$$P_b = \frac{5 \cdot b_s}{100} + 2 = \frac{5 \cdot 16}{100} + 2 = 2,8 \text{ mm} \quad (4.2)$$

kde:

$b_s$  ... šířka součásti ... [mm]

Přídavek na výšku součásti

$$P_h = \frac{5 \cdot h_s}{100} + 2 = \frac{5 \cdot 36,5}{100} + 2 = 3,825 \text{ mm} \quad (4.3)$$

kde:

$h_s$  ... šířka součásti ... [mm]

Jednotlivé výsledné rozměry jsou poté určeny:

- Pro šířku polotovaru

$$B_p = b_s + P_b = 16 + 2,8 = 18,8 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{20 \text{ mm}} \quad (4.4)$$

- Pro výšku polotovaru

$$H_p = h_s + P_h = 38,5 + 3,825 = 42,325 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{45 \text{ mm}} \quad (4.5)$$

- Pro délku polotovaru

$$L_p = l_s + P_l = 75 + 5,75 = 80,75 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{80 \text{ mm}} \quad (4.6)$$

Polotovar pro zhotovení hlavně flobertkového derringeru je tyč plochá válcovaná za tepla z materiálu ocel 12 050 dle značení ČSN 42 5548 o hmotnosti 6,28 kg/m. Tento polotovar je již ve stavu žíhaném na měkko pro dosažení optimálních vlastností materiálu a je dodáván společností ZJP, s.r.o. v celkové délce 6 metrů. [93]

Na základě výpočtu byla stanovena počáteční hodnota, avšak po konzultaci s konstruktérem a CNC operátorem byly rozměry upraveny o jiné přídávky na obrábění. Tato změna umožní využít nejvhodnější polotovar, čímž budou zajištěny minimální materiálové ztráty při výrobě. Šířka byla zvětšena o 4 mm, výška o 6,5 mm, délka stanovena na 80 mm. Výsledné rozměry polotovaru jsou tedy PLO 45×20–80. [8; 93; 94]

Plochá válcovaná tyč za tepla je zvolena, protože umožňuje efektivní obrobení na požadovaný tvar s minimálním odpadem materiálu, oproti použití jiných profilů. Tyč válcovaná za studena není vhodná, jelikož při výrobě dochází ke zpevnění struktury, zvýšení tvrdosti a pevnosti, což negativně ovlivňuje obráběcí procesy a zvyšuje náklady na výrobu. [95]

Technologický plán, uvedený v tab. 11, popisuje operace nezbytné pro výrobu zadaného dílu. Cílem je zajistit efektivní výrobu s ohledem na technologické možnosti. Výrobní dávka zahrnuje 30 kusů, přičemž 10 bude leštěných, 10 černěných a 10 chromovaných. Proces využívá technologické vybavení společnosti RMmetal s.r.o.

Tab. 12 Technologický postup

Technologický postup		Název: Hlaveň flobertkového derringeru DF9	Číslo výkresu: DF9-01-1	
Polotovar: PLO 45×20–80		Počet kusů: 30	Materiál: Ocel 12 050	
Č. o.	Název stroje Třídící číslo	Popis práce	Dílna	Použité vybavení
00/00	Pásová pila Bomar STG 230G 05461	Upnutí hranolu za šířku 20	Dělna	D-001
		Řezání polotovaru na délky 80 ±0,5		
01/01	09863	Kontrola: délka výchozího dílu	OTK	M-001
02/02	CNC stroji MAS MCV 800 32531	Upnutí obrobku do svěráku VMP-4 za šířku 20	Obrobna	T-001
		Sondování polohy obrobku		
		Zarovnání čela čel. frézou ø25		
03/03	CNC stroji MAS MCV 800 32531	Upnutí dílu z opačné strany do svěráku VMP-4 za šířku 20, podložení podkládacím hranolem	Obrobna	T-001 T-002 T-003 T-004 T-005 T-007 T-008
		Sondování polohy obrobku		
		Zarovnání čela čel. frézou ø25		
		Navrtání návrtového vrtáku 90°		
		Vrtání otvoru ø8,6 skrz		
		Vyhrubování 8,95 ±0,05 skrz		
		Vystružení 9 ±0,015 skrz		
		Frézování hledí dok. frézou ø3 do hloubky 15		
Frézování kanál vedení pružiny dok. frézou ø3 do hloubky 21				

03/03	CNC stroji MAS MCV 800 32531	Frézování osazení komor dok. frézou ø3 do hloubky 1	Obrobna	T-007
		Frézování plochy vyhazovače dok. frézou ø14 do hloubky 3		T-008
04/04	09863	Kontrola: 9 mm Flobert, kruhovitosti a sousosti komor, dutina vyhazovače ø14 a hloubka 3, drážka hledí hloubka 15 a poloměr 1,5, celkové délky 75 ±0,1	OTK	M-001 M-002 M-004 M-007
05/05	CNC stroji MAS MCV 800 32531	Upnutí do fixačního přípravku	Obrobna	T-001 T-002 T-006 T-007 T-008 T-009 T-010 T-011 T-012 T-013
		Sondování polohy obrobku		
		Zarovnání čela čel. frézou ø25		
		Frézování rovinné kontury hrub. frézou ø25		
		Dokončení uzamykacího rádiusu dok. frézou ø3 do hloubky 20		
		Hrubování volnoplošného tvaru hrub. frézou ø25		
		Polodokončení volnoplošného tvaru kulovou frézou ø5		
		Dokončení volnoplošného tvaru kulovou frézou ø5		
		Dokončení rádiusových přechodů kul. frézou ø1		
		Dokončení ploch kolmých na uzamykací rádius a manipulační otvor frézou dokonč. ø14		
		Frézování drážky vyhazovače frézou ø3 a úhlovou 55° o délce 20 a hl. 3		
		Vrtání díry pro závit M3 o hloubce 4		
		Navrtání návrtového vrtáku 90°		
		Vrtání manipulační otvor ø5,9		
Vystružení manipul. otvoru 6 H8				

06/06	09863	Kontrola: rádiusy, díra 6 H8, šířka drážky	OTK	M-001 M-006 M-007
07/07	CNC stroji MAS MCV 800 32531	Upnutí neobrobenou stranou nahoru do fixačního přípravku	Obrobna	T-001 T-006 T-007 T-009 T-010
		Zarovnání čela čel. frézou $\varnothing 25$		
		Hrubování volnoplošného tvaru hrub. frézou $\varnothing 25$		
		Polodokončení volnoplošného tvaru kulovou frézou $\varnothing 5$		
		Dokončení volnoplošného tvaru kulovou frézou $\varnothing 5$		
		Dokončení rádiusových přechodů kulovou frézou $\varnothing 1$		
Dokončení ploch kolmých na uzamykací rádius a manipulační otvor frézou dokonč. $\varnothing 14$				
08/08	09863	Kontrola: rádiusy, šířka manipulačního otvoru $\varnothing 12,5 \pm 0,1$	OTK	M-001 M-006
09/09	Hydraulický lis Redats H-380 03331	Centrování součásti	Lisovna	L-001 PV-004
		Upnutí dílu do svěráku VQS-5		
		Protlačování drážkovací trnem		
10/10	09863	Kontrola: vizuální	OTK	
11/11	09421	Řezání závitu M3	Ruční pracoviště	R-001
		Jemné ruční začištění hran		
		Ražení montážního čísla		
12/12	81531	Indukční kalení na $56 \pm 1$ HRC, ochlazení v oleji	Kooperace	
		Popouštění $180-200$ °C / 1 hod.		
		Očištění		

13/13	09863	Kontrola: komory 9 mm Flobert, otvor 6 H8, válcovitost i a sousosti	OTK	M-002 M-004
14/14	Honovací stroj Sunnen SV-30 44861	Upnutí dílu do svěráku VMP-4	Obrobna	S-001 S-002 PV-001
		Sondování polohy komor		
		Honování komor na $9,01 \pm 0,01$		
		Nanesení lapovacího abraziva		
		Lapování komor na $9,01 \pm 0,002$		
15/15	09863	Kontrola: výsledný rozměr komor	OTK	
16/16	Stolní leštička Holzmann DSM200PS 400V 09421	Nanesení pasty na kotouče 10/30	Brusírna	B-001 B-002 B-003 PV-002
		Leštění látkovým kotoučem 10/30		
		Leštění dokončení flanelovým kotoučem 10/30		
		Leštění komor tělískem 30/30		
17/17	05841	Chránění komor 10/30	Ruční pracoviště	PV-003
		Ponoření do černicí kapaliny 10/30		
		Sušení 10/30		
18/18	26611	Dekorativní chromování 10/30	Kooperace	
19/19	09421	Laserové značení 30/30	Kooperace	
20/20	09863	Kontrola: vizuální	OTK	
21/21	29252	Konzervování	Balení	
		Kompletování		

Volba řezných parametrů vycházela z kombinace katalogových doporučení Dormer Pramet, provozních zkušeností obsluhy a reálných možností CNC frézky MAS MCV 800. Parametry byly upravovány přímo u stroje s cílem dosáhnout vyváženého poměru mezi produktivitou a kvalitou obrábění.

U hrubovacích operací byla preferována vyšší řezná rychlost a posuvy u frézování  $v_c \approx 280$  m/min,  $f_z$  až 0,2 mm/z, aby bylo dosaženo efektivního úběru materiálu. Naopak u dokončovacích kroků pro rádiusy, jemné drážky a 3D kontury byly hodnoty výrazně sníženy  $v_c \approx 85-110$  m/min,  $f_z$  0,01–0,03 mm/z pro omezení vibrací a dosažení hladkého povrchu.

Hloubka řezu  $a_p$  byla volena dle charakteru operace. V případě 3D tvarů byl zvolen jemnější krok frézování pro zajištění plynulých přechodů a minimalizaci stop po obrábění.

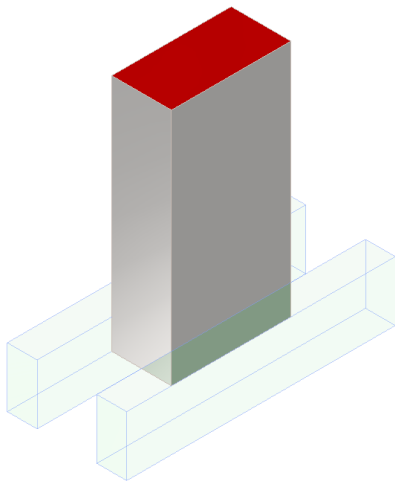
Shrnutí řezných vlastností jednotlivých obráběcích operací použitých při výrobě viz tab. 12. Geometricky a technologicky symetrické frézovací operace jsou uvedeny jen jednou, aby se předešlo opakování. Pro snazší orientaci jsou typy operací barevně rozlišeny zeleně frézování, červeně vrtání a oranžově dokončování.

Tab. 13 Řezné podmínky a parametry obrábění

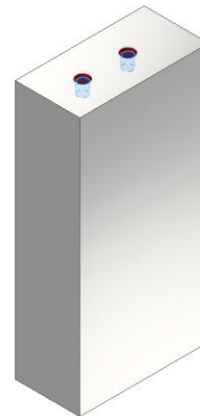
Číslo operace	Číslo nástroje	Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky $n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	Hloubka řezu $a_p$ [mm]	Posuvy $f_z; f_n$ [mm; mm/ot]
02/02; 03/03	T-001	280	3565	2,5	0,2
03/03	T-008	110	11672	10	0,005
	T-008	110	11672	1	0,005
	T-007	85	1932	3	0,023
05/05; 07/07	T-001	280	3565	1,5	0,2
	T-006	83	1932	proměnné	0,056
	T-008	110	11672	proměnné	0,005
	T-009	152	9674	proměnné	0,05
	T-010	181	11518	proměnné	0,01
	T-007	85	1932	proměnné	0,023
	T-007	85	1932	1,5	0,023
	T-013	25	7640	proměnné	0,01
03/03	T-002	10	910	1	0,075
	T-003	22	787	20	0,15
	T-004	8	284	80	0,075
	T-005	4	141	80	0,03
05/05	T-014	4	212	15	0,03
	T-011	22	1188	15	0,1
	T-012	25	3183	4	0,06
14/14	S-001	20 m/min	750	0,02	20
	S-002	2 m/min	50	0,002	20

Pro lepší pochopení a představení výroby na CNC stroji MAS MCV 800 jsou jednotlivé operace znázorněny a detailně popsány. Obráběné plochy jsou vyznačeny červeně, otvory modře a upínací prvky společně s přípravky světle zeleně pro zajištění přehlednost celého procesu.

Polotovár se upne do svěráku, následně se provede sondování k určení přesné polohy. Čelní plochu obrobku zarovná čelní fréza. Poté se kus otočí a znovu upne do svěráku, tentokrát s podložením, které se po dotažení odstraní. V další operaci sonda opět určí pozici materiálu, načež se druhá čelní plocha upraví stejným způsobem, tudíž dojde tak ke srovnání čel z obou stran a odstranění stop po dělení pilou, vysvětleno na obr. 55. Následuje vytvoření středících důlků, které slouží k přesnému navedení vrtáku. Tento krok zajišťuje správné umístění otvorů a minimalizuje riziko vychýlení při vrtání, ilustrováno na obr. 56.

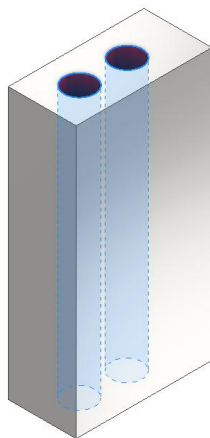


Obr. 55 Obrábění vrchního čela 02/02

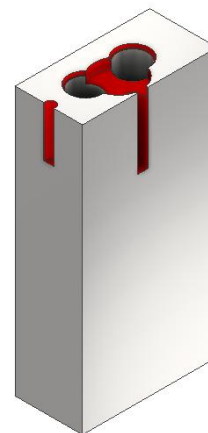


Obr. 56 Vrtání návrťovým vrtákem 03/03

Komory jsou vrtány nástrojem s vnitřním chlazením. Vzhledem k jejich střední hloubce je vrtání prováděno postupně s opakovanými výjezdy, což zajišťuje lepší odvod třísky a snižuje opotřebení nástroje. Následně dochází k vyhrubování a vystružování, přičemž je voleno intenzivní chlazení pro minimalizaci tepelného zatížení a přípravu povrchu pro následné honování a lapování, otvory jsou vyznačeny na obr. 57. Poté je obroben dokončovacími nástroji otvor pro vyhazovač nábojnic, osazení komor, kanálek pro pružinu a drážku pro hledí obr. 58.



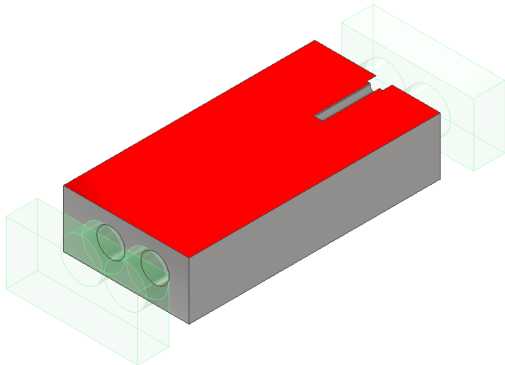
Obr. 57 Obrábění komor 03/03



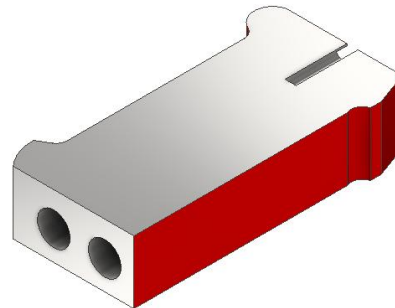
Obr. 58 Frézování dutiny vyhazovače 03/03

K výrobě je použit upínací systém, který umožňuje fixaci součásti pomocí kuželových prvků ve vnitřních otvorech hlavně, což zajišťuje přesnost výroby a tuhost při obrábění.

Nejprve proběhne zaměření nulového bodu dotykovou sondou. Následně se zarovná čelní plocha obr. 59 a poté se postupně vytvoří požadovaná 2D kontura obr. 60, které je tvarována hrubovacím nástrojem a následně je dokončovací frézou vyhotoven uzamykací rádius pro správnou aretaci k tělu derringeru.

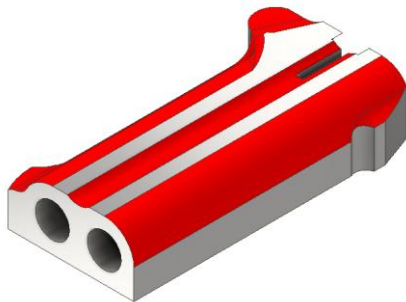


Obr. 59 Obrábění bočního čela 05/05

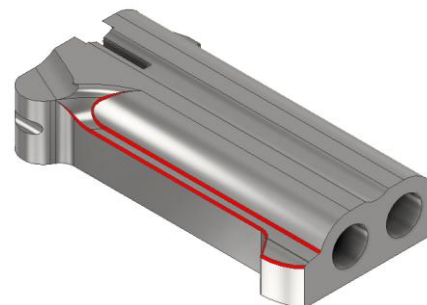


Obr. 60 Obrábění 2D kontury 05/05

Pro následné tvarování 3D povrchu se vzhledem ke složitosti geometrie nejprve provede předhrubování hrubovací frézou pro dosažení co nejpřesnějšího tvaru. Poté se povrch opracuje kulovou frézou a dokončí stejným nástrojem s malým krokem, aby se minimalizovaly stopy po obrábění. Estetická drážka je vytvářena kulovou frézou o průměru 5 mm, ohraničující rádiusy jsou v konečné fázi dokončovány kulovou frézou o průměru 1 mm, viz (obr. 61 a 62).

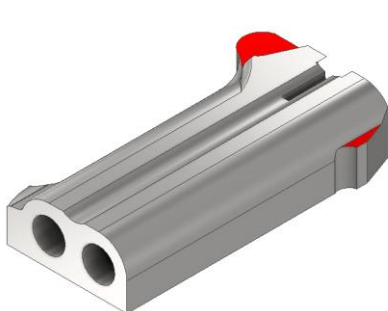


Obr. 61 Obrábění 3D tvaru 05/05

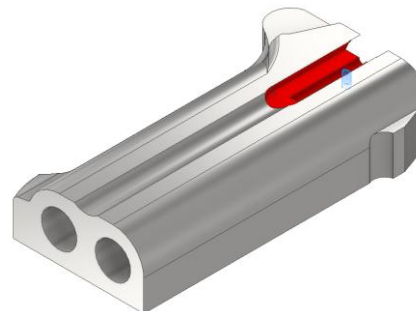


Obr. 62 Dokončování rádiusů 05/05

Následuje odstranění nežádoucích rádiusů vzniklých při tvarování, přičemž dokončovací nástroj zarovná povrch a eliminuje stopy po předchozím opracování, plochy na obr. 63. Dále se vytváří drážka pro vedení šoupátka vyhazovače, obr. 64.

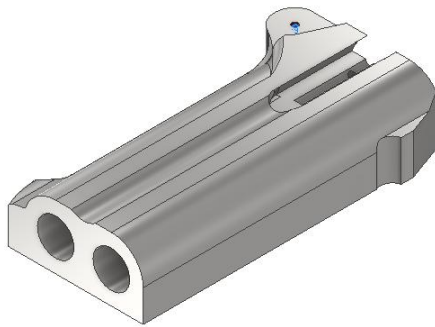


Obr. 63 Zbytkové obrábění ploch 05/05

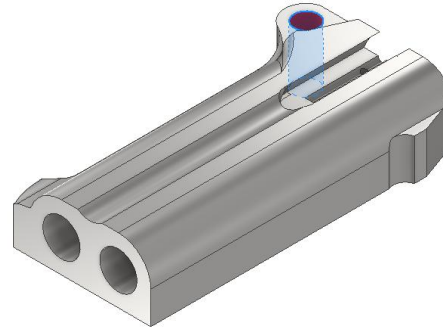


Obr. 64 Frézování drážky 05/05

Ve finální části operace je montážní otvor předvrtán, vyvrtán a vystružen, aby se zajistila požadovaná geometrie otvoru, obr. 65 a 66.



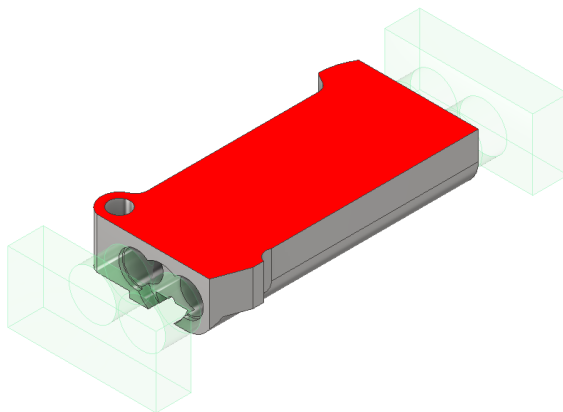
Obr. 65 Vrtání návrťovým vrtákem 05/05



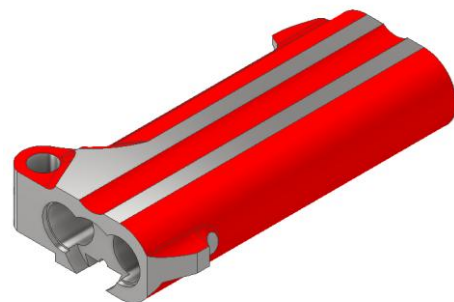
Obr. 66 Zhotovení montážního otvoru 05/05

Díl je upnut do přípravku z opačné strany, jelikož má součást symetrický tvar, tak se provádí totožné zpracování jako na předchozích plochách za použití funkce zrcadlové obrábění.

Opět je zarovnáno čelo a pomocí kombinací více nástrojů a různých kroků je vytvořena konstrukce derringeru, obr. 67 a 68.

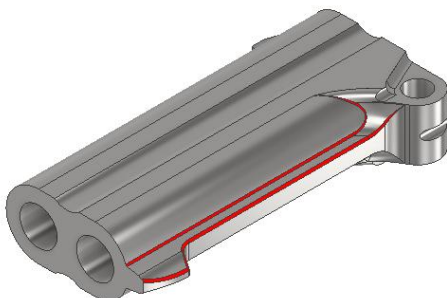


Obr. 67 Obrábění čela z protější strany  
06/06

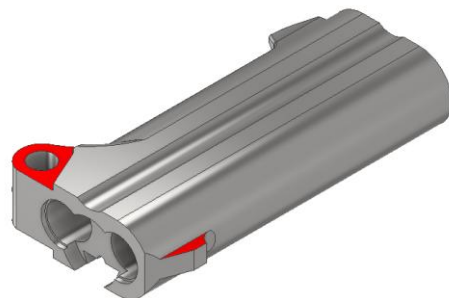


Obr. 68 Zpracování 3D tvaru protějších  
ploch 06/06

Závěrečným krokem jsou frézování dokončeny ohraničující rádiusy a odstraněny stopy po kulovém frézování zarovnaním ploch, obr. 69 a 70.



Obr. 69 Dokončení rádiusů z opačné strany  
06/06



Obr. 70 Zbytkové obrábění z opačné strany  
06/06

## 5 REALIZACE VÝROBY SOUČÁSTI

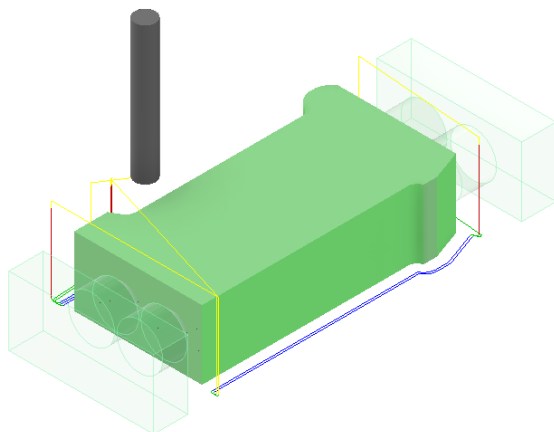
V rámci praktické části bakalářské práce byla realizována výroba hlavně pro flobertkový derringer, viz obr. 71. Cílem bylo nejen ověřit funkčnost konstrukčního návrhu, ale také získat praktickou zkušenost s technologickým postupem a samotným obráběním. Výroba skutečného dílu umožňuje posoudit vhodnost zvolených operací, technologickou náročnost a odhalit případné nedostatky návrhu, které by se při čistě teoretickém postupu nemusely projevit.

Celý proces vycházel z připravené technické dokumentace a 3D modelu vytvořeného v prostředí Autodesk Inventor Professional 2025. Postup prací byl přizpůsoben dostupnému vybavení, vlastnostem použitého materiálu a požadované přesnosti, přičemž byl současně dodržen zákonný limit pro zbraně kategorie C-I.



Obr. 71 Dokončená součást

Z digitálního 3D modelu byly pomocí CAM modulu vygenerovány dráhy nástroje obr. 72, které byly následně postprocesorem převedeny do G-kódu a vloženy do řídicího systému Heidenhain TNC620, viz obr. 73. Ten byl využit při obrábění na CNC obráběcím centru MAS MCV 800, kde proběhla převážná část výroby součásti. U ostatních operací na CNC strojích již nebylo nutné vytvářet nové CAM simulace, stačilo pouze ruční nastavení technologických parametrů přímo na stroji.



Obr. 72 Ukázka CAM simulace

```

46 L Z-0.1 R0 FMAX M13
47 L Y-32.6 RL F4000
48 END R2
49 L X-69.6
50 L Z+5 FMAX
51 L Y+2 FMAX
52 L Z-0.1 FMAX
53 CR X-61 Y+4.7 R+12 DR- F4000
54 L X-58.2 Y+0
55 L X-5.5
56 CR X+5.5 Y+0 R+5.5 DR-
57 L Z+5 FMAX
58 L Y-30 FMAX
59 L Z-0.1 FMAX
60 L X-3.56 Y-33.8 F4000

```

Obr. 73 Část G-code v Heidenhain TNC620

Při výrobě byla nezbytná asistence zkušené obsluhy, bez jejíž pomoci by z důvodu omezené praxe a složitosti některých úkonů nebylo možné realizovat všechny kroky samostatně. Spolupráce se zkušenými pracovníky významně přispěla ke kvalitnímu provedení celého dílu. Po dokončení byla hlavně sestavena s rámem zbraně a celkově zkontrolována z hlediska rozměrů i mechanické funkce.

## 6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY

Stanovení přesné ceny výroby zadané součásti, zvláště u malosériové nebo kusové výroby, představuje technicky i organizačně složitý úkol. Do výsledné kalkulace nevstupují pouze přímé časové náklady na jednotlivé operace, ale i celá řada vedlejších faktorů jako opotřebení nástrojů, spotřeba elektrické energie nebo nutnost pravidelné údržby vybavení, které jsou obtížně měřitelné přímo, a proto se zohledňují pomocí korekčních koeficientů.

V této práci byly při výpočtech nákladů na výrobu hlavní části zbraně typu DF9 aplikovány tři základní přírážkové koeficienty [96]:

- $k_n = 0,2 \dots$  koeficient opotřebení nástrojů a přípravků,
- $k_E = 0,05 \dots$  koeficient zohledňující náklady na spotřebu energie,
- $k_U = 0,05 \dots$  koeficient pro údržbu a pomocné režie.

Hodnoty těchto koeficientů byly stanoveny na základě konzultací s pracovníky firmy RMmetal s.r.o., kteří mají praktické zkušenosti s výrobou podobných dílců. Současně odpovídají rozsahům uváděným v odborné literatuře pro kusovou a malosériovou výrobu, kde se typicky pohybují v rozmezí 5–25 % v závislosti na technologii, typu operace a náročnosti údržby. [96]

Objem polotovaru

$$V_{\text{pol}} = \frac{H_p \cdot B_p \cdot (L_p + z)}{1000} = \frac{20 \cdot 45 \cdot (80 + 2)}{1000} = 73,8 \text{ cm}^3 \quad (6.1)$$

kde:

- $H_p$  ... rozměr výšky polotovaru ... [mm]
- $B_p$  ... rozměr šířky polotovaru ... [mm]
- $L_p$  ... rozměr délky polotovaru ... [mm]
- $z$  ... ztáty způsobeny dělením pásovou pilou ... [mm]

Cena materiálu

$$C_m = \frac{V_{\text{pol}} \cdot \rho \cdot c_{\text{kg}}}{1000} = \frac{73,8 \cdot 7,85 \cdot 36}{1000} = 20,86 \text{ Kč} \quad (6.2)$$

kde:

- $\rho$  ... hustota oceli 12 050 ... [ $\text{cm}^3$ ]
- $c_{\text{kg}}$  ... cena materiálu na 1 kg ... [Kč]

Cena frézovacích operací

$$\begin{aligned} C_{\text{fréz}} &= \left( \frac{t_{\text{fréz}}}{60} \cdot S_{\text{fréz}} \cdot (1 + k_n + k_E + k_U) \right) = \\ &= \frac{45}{60} \cdot 500 \cdot (1 + 0,2 + 0,05 + 0,05) = 487,5 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (6.3)$$

kde:

- $t_{\text{fréz}}$  ... strojní čas frézování rozšířený o pomocné časy ... [min]
- $S_{\text{fréz}}$  ... hodinová sazba CNC frézky ... [Kč]

Cena lisovacích operací

$$C_{\text{lis}} = \frac{t_{\text{lis}}}{60} \cdot S_{\text{lis}} \cdot (1 + k_n + k_U) = \frac{15}{60} \cdot 300 \cdot (1 + 0,2 + 0,05) = 93,75 \text{ Kč} \quad (6.4)$$

Cena honovacích a lapovacích operací

$$\begin{aligned} C_{\text{hon}} &= \frac{t_{\text{hon}}}{60} \cdot S_{\text{hon}} \cdot (1 + k_n + k_E + k_U) = \\ &= \frac{20}{60} \cdot 600 \cdot (1 + 0,2 + 0,05 + 0,05) = 260 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (6.5)$$

Cena leštění komor

$$C_{\text{leštění komor}} = \frac{t_{\text{leš.k.}}}{60} \cdot S_{\text{leš.k.}} \cdot (1 + k_n) = \frac{10}{60} \cdot 250 \cdot (1 + 0,2) = 50 \text{ Kč} \quad (6.6)$$

Cena ručních operací

$$C_{\text{ruční}} = \frac{t_{\text{prac}}}{60} \cdot S_{\text{prac}} \cdot (1 + k_n) = \frac{20}{60} \cdot 200 \cdot (1 + 0,2) = 80 \text{ Kč} \quad (6.7)$$

Cena černění povrchu

$$C_{\text{černění}} = \frac{t_{\text{čer}}}{60} \cdot S_{\text{čer}} \cdot (1 + k_n) = \frac{20}{60} \cdot 180 \cdot (1 + 0,2) = 72 \text{ Kč} \quad (6.8)$$

Cena leštění povrchu

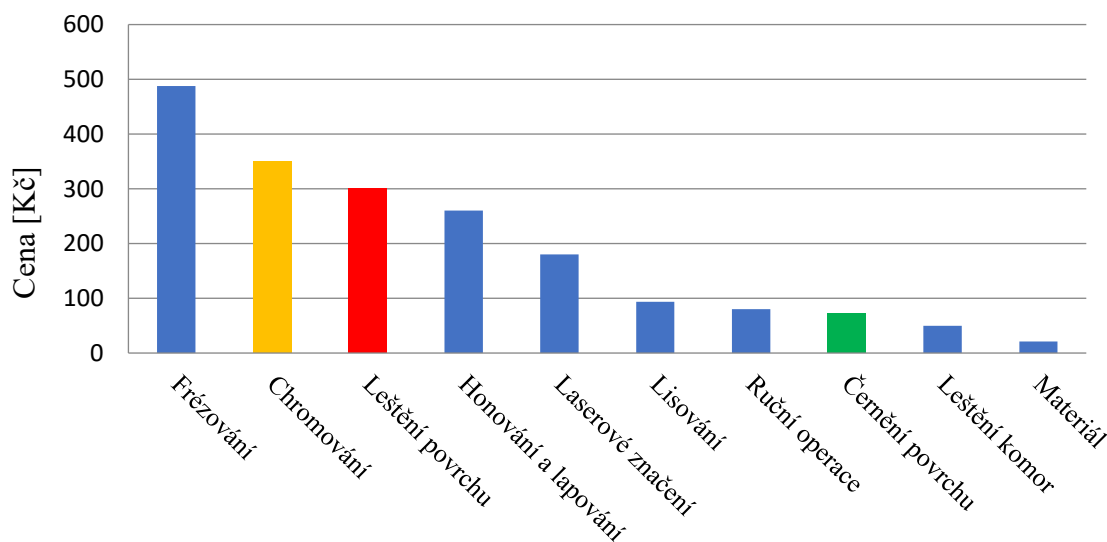
$$C_{\text{leštění}} = \frac{t_{\text{leš}}}{60} \cdot S_{\text{leš}} \cdot (1 + k_n) = \frac{60}{60} \cdot 250 \cdot (1 + 0,2) = 300 \text{ Kč} \quad (6.9)$$

Externě zajišťované operace a jejich ceny jsou uvedeny v tabulce 14. Sestupné pořadí nákladů je znázorněno na obr. 74, kde jsou varianty černění, chromování a leštění barevně odlišeny, protože zásadně ovlivňují výslednou cenu podle zvolené povrchové úpravy.

Tab. 14 Práce zabezpečeny mimo podnik

Externí práce	Ceny [Kč]
$C_{\text{chrom}}$ (Dekorativní chromování)	350 Kč
$C_{\text{laser}}$ (Značení laserem)	180 Kč
$C_{\text{TZ}}$ (Tepelné zpracování)	220 Kč

Výrobní náklady dle typu operace



Obr. 74 Graf výrobních nákladů

Celková cena výroby bez povrchových úprav

$$C_{\text{cel}} = C_m + C_{\text{fréz}} + C_{\text{lis}} + C_{\text{hon}} + C_{\text{leštění komor}} + C_{\text{ruční}} + C_{\text{laser}} + C_{\text{TZ}} = \\ = 20,86 + 487,5 + 93,75 + 260 + 50 + 80 + 180 + 220 = \mathbf{1\,392,11 \text{ Kč}} \quad (6.10)$$

Stanovení reálné ceny výroby bylo ovlivněno řadou proměnlivých vstupů, proto bylo nutné pracovat s přírážkovými koeficienty odrážejícími provozní podmínky. Tyto hodnoty pomohly vytvořit rámcový, ale věcně odpovídající obraz nákladů. Výsledná cena jednoho kusu činí přibližně **1 464,11 Kč** při černění, **1 742,11 Kč** při chromování a **1 692,11 Kč** u leštěného provedení.

## ZÁVĚR

V bakalářské práci byla navržena vhodná technologie výroby monoblokové dvoukomorové hlavně pro flobertkový derringer DF9 ve výrobní dávce 30 kusů. Výroba byla řešena jako kombinace konvenčních i dokončovacích obráběcích operací, včetně aplikace povrchových úprav. Úvodní část práce se věnovala teoretickému rozboru zvolených technologií, jako je frézování, vrtání, vyhrubování, vystružování, výrobě vývrtu komor, jejich dokončení pomocí honování a lapování, a dále povrchovým úpravám leštění, černění a chromování. Součástí byla rovněž problematika značení, které je u zbraní nezbytné z hlediska legislativy, sledovatelnosti a evidence dle zákona o zbraních č. 119/2002 Sb.

Na základě provedených výpočtů a konzultací byl pro výrobu zvolen žíhaný polotovár z konstrukční oceli 12 050 dle ČSN 42 5548, dodávaný firmou ZJP, s.r.o. v délkách po šesti metrech, s hmotností 6,28 kg/m.

Výběr strojního vybavení a měřidel vycházel z možností firmy RMmetal s.r.o., kde probíhala výroba prototypu. Pro hrubování a tvarové frézování byl použit CNC obráběcí stroj typu MAS MCV 800 pro vytvoření vývrtu komor byl využit hydraulický lis Redats H-380 a pro jejich dokončení honovací stroj Sunnen SV-3000. Použité nástroje byly vybírány převážně z běžného sortimentu používaného ve firmě, zejména značky Dormer Pramet. Zvolené nástroje, měřidla i upínací přípravky byly pečlivě vybrány tak, aby odpovídaly požadované přesnosti, technologickým nárokům a charakteru malosériové výroby. Cílem bylo dosáhnout vyváženého poměru mezi kvalitou a efektivitou bez zbytečných nákladů či technologického nadhodnocení.

Na základě dostupného vybavení byl vytvořen ucelený výrobní postup, včetně rezných podmínek a parametrů. Součástí práce je také grafický přehled CNC operací, který přehledně ilustruje jednotlivé fáze CNC výroby na MAS MCV 800.

Pro stanovení orientační ceny výroby součásti byl zvolen model technicko-ekonomické kalkulace, který kromě přímých nákladů pracuje i s přírážkovými koeficienty. Ty zohledňují opotřebení nástrojů, spotřebu energie a nepřímé režijní náklady. Hodnoty těchto koeficientů byly určeny na základě konzultací s pracovníky firmy RMmetal s.r.o., kteří mají zkušenosti s obdobnými výrobními podmínkami. Výsledná cena jednoho kusu se v závislosti na typu zvolené povrchové úpravy pohybuje v rozmezí 1 464,11 Kč až 1 742,11 Kč.

Závěrem byla úspěšně provedena výroba prototypu hlavně, která v praxi ověřila navržený technologický postup. Ten prokázal zlepšení oproti původnímu řešení, které firma používala, to spočívalo ve dvou nalisovaných drážkovaných komorách. Nové monoblokové provedení zvýšilo tuhost konstrukce. Byl změněn také tvar hlavně, tím se zjednodušila výroba, aniž by došlo k narušení vzhledu součásti. Původně konvenční výroba byla z velké části nahrazena CNC obráběním, což vedlo ke zkrácení doby obrábění, vyšší přesnosti a snížení nákladů.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3425-7. [cit. 2025-01-15].
2. NEKONVENČNÍ technologie obrábění – technologie. *Studijni-svet* [online]. Dostupné z: <https://studijni-svet.cz/nekonvencni-technologie-obrabeni-technologie/>. [cit. 2025-01-15].
3. NEKONVENČNÍ metody obrábění. [online]. České Budějovice: COPT, [2025]. Dostupné z: [https://coptel.cz/pluginfile.php/16439/mod\\_resource/content/1/10%20Nekonven%C4%8Dn%C3%AD%20metody%20obr%C3%AD%281%29.pdf](https://coptel.cz/pluginfile.php/16439/mod_resource/content/1/10%20Nekonven%C4%8Dn%C3%AD%20metody%20obr%C3%AD%281%29.pdf). [cit. 2025-01-15].
4. Přesné strojní obrábění a tepelné zpracování. *Meopta* [online]. Meopta Dostupné z: <https://www.meopta.com/cz/presne-strojni-obrabeni-a-tepelne-zpracovani/>. [cit. 2025-02-15].
5. Aerospace a zbrojní průmysl. *Mastercam* [online]. Mastercam Dostupné z: <https://mastercam.cz/prumysl/aerospace-a-zbrojni-prumysl/>. [cit. 2025-04-20].
6. CNC obrábění v obranném průmyslu. *AT-Machining* [online]. AT-Machining Dostupné z: <https://at-machining.com/cs/cnc-machining-in-defense-industry/>. [cit. 2025-02-15].
7. Harcross. *Harcross* [online]. Harcross s.r.o. Dostupné z: <https://harcross.cz/>. [cit. 2025-02-15].
8. KOZUMPLÍK, Radek. *Osobní konzultace*. [osobní sdělení]. [cit. 2025-04-20].
9. Flobert zbraně. *Zbraně-Tobiášek* [online]. Zbraně Tobiášek Dostupné z: <https://zbrane-tobiasek.cz/260-flobert>. [cit. 2025-03-20].
10. RMmetal s.r.o. *RMmetal* [online]. RMmetal s.r.o. Dostupné z: <https://www.rmmetal.cz/>. [cit. 2025-03-20].
11. VÁVRA, Pavel a Jiří LEINVEBER. *Strojnické tabulky*. 20. vydání. Praha: Scientia, 2018. ISBN 978-80-86960-88-8. [cit. 2025-03-20].
12. Jakost C45 – mechanické vlastnosti a použití. *Atreon* [online]. Atreon Dostupné z: <https://www.atreon.cz/jakost-c45/>. [cit. 2025-03-20].
13. Tyče ocel 12050 – technický list. *CZ Ferro Steel* [online]. CZ Ferro Steel Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-12050.pdf>. [cit. 2025-03-20].
14. Ocel 12050 – databáze vlastností. *Ústav strojírenské technologie FME VUT Brno* [online]. Dostupné z: [https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/databaze/ocel\\_12050.3.pdf](https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/databaze/ocel_12050.3.pdf). [cit. 2025-03-22].
15. C45 – mechanické a technologické vlastnosti. *B. Bolzano* [online]. BBolzano Dostupné z: [https://bbolzano.cz/assets/files/TP/MOP\\_%20Tycova\\_ocel/EN\\_10083/MOP\\_vlastnosti\\_C45.pdf](https://bbolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_C45.pdf). [cit. 2025-03-23].
16. ŠTULPA, Miloslav. *Technologie obrábění: CNC soustružení, frézování, vrtání pro praxi*. Praha: Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3660-1. [cit. 2025-03-23].
17. KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-1996-1. [cit. 2025-03-23].
18. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9. [cit. 2025-03-23].

19. Tabulky – Vybrané tabulky pro výpočty řezných podmínek strojního obrábění. *SOSVEL* [online]. SOSVEL Dostupné z: <https://sosvel-te-td.webnode.cz/tabulky/>. [cit. 2025-05-10].
20. Podaný, Kamil. *Ročníkový projekt I – Tváření, svařování*. [cvičení] VUT v Brně 10. října 2024 [cit. 2025-04-10].
21. Zápustkové kování. *OneIndustry* [online]. OneIndustry Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/zapustkove-kovani/>. [cit. 2025-04-20].
22. Die forging. *ScienceDirect* [online]. Elsevier Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/die-forging>. [cit. 2025-04-20].
23. *IndiaMART*. [online]. IndiaMART InterMESH Ltd. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/>. [cit. 2025-04-20].
24. Odlévání. *OneIndustry* [online]. OneIndustry Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/odlevani/>. [cit. 2025-04-20].
25. Cast Iron. *InvestmentCastChina* [online]. 2024 RMC Dostupné z: <https://www.investmentcastchina.com/cast-iron/>. [cit. 2025-04-20].
26. SLM – Selective Laser Melting. *COTU* [online]. COTU Solutions Dostupné z: <https://www.cotu.cz/blog/118/slm-selective-laser-melting>. [cit. 2025-04-20].
27. Additive Fertigung – 3D-Druck. *Edelstahl Mechanik GmbH* [online]. Edelstahl Mechanik Dostupné z: <https://www.edelstahl-mechanik.de/index.php/de/leistungen/additive-fertigung-3d-druck>. [cit. 2025-04-20].
28. Trískové obrábění: využití a teorie. *CzechTechnology* [online]. Czech Technology Dostupné z: <https://czechtechnology.cz/strojirenstvi/triskove-obrabeni-vyuziti-a-teorie-triskoveho-obrabeni/>. [cit. 2025-04-20].
29. IndiaMART – B2B Marketplace. *IndiaMART InterMESH Ltd.* [online]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/>. [cit. 2025-05-10].
30. CNC frézování. *Nastrojarnakowa* [online]. Nástrojárna Kowa s.r.o. Dostupné z: <https://www.nastrojarnakowa.cz/cnc-frezovani>. [cit. 2025-03-15].
31. Trískové obrábění. *Techstroj.g6* [online]. Dostupné z: <https://techstroj.g6.cz/T/T15.pdf>. [cit. 2025-03-16].
32. Drilling Holes Vs Boring Holes Vs Reaming Holes: What is the Difference? *Aria Manufacturing Limited* [online]. Dostupné z: <https://www.madearia.com/blog/drilling-holes-vs-boring-holes-vs-reaming-holes-what-is-the-difference/>. [cit. 2025-02-10].
33. Komorové výstružníky – Přesné nástroje pro obrábění komorových otvorů. *Baucor* [online]. Dostupné z: <https://www.baucor.cz/collections/chamber-reamer>. [cit. 2025-03-10].
34. Vyhrubování a vystružování. *Sokolska* [online]. Dostupné z: [https://www.sokolska.cz/DUMy/STT,%20KOM/VY\\_32\\_INOVACE\\_19-10.pdf](https://www.sokolska.cz/DUMy/STT,%20KOM/VY_32_INOVACE_19-10.pdf). [cit. 2025-03-18].
35. Výstružníky a výhrubníky do kovu. *Nakol* [online]. NAKOL Dostupné z: <https://www.nakol.cz/vystruzniky-a-vyhrubniky-do-kovu>. [cit. 2025-04-20].
36. JANKOVÝCH, Róbert. *Hlavnové zbraně a střelivo*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. ISBN 978-80-260-2384-5. [cit. 2025-04-20].
37. LIDMILA, Zdeněk, Jan LUKÉŠ a Emil SVOBODA. *Strojírenská technologie II: Technologie ve výrobě zbraní a munice*. Brno: RVO VA, 1999. [cit. 2025-04-20].
38. Stress relief for your rifle barrels and your operations. *Unisig* [online]. Unisig Deep Hole Drilling Systems. Dostupné z: <https://unisig.com/stress-relief-for-your-rifle-barrels-and-your-operations/>. [cit. 2025-03-20].

39. Types of machining processes. *HLC Metal Parts* [online]. Dostupné z: <http://cz.hlc-metalparts.com/news/types-of-machining-processes-75591188.html>. [cit. 2025-03-26].
40. WANG, Jing, LI, Wenjun a CHEN, Xiaobo. Research on Honing Process Based on the Surface Roughness Prediction. *International Journal of Control and Automation* [online]. 2015, 8(4), 199–210. ISSN 2005-4297. [cit. 2025-03-26].
41. Honing Process. *WaykenRM* [online]. WayKen Rapid Manufacturing. Dostupné z: <https://waykenrm.com/blogs/honing-process/>. [cit. 2025-02-17].
42. Lapování hlavně. *Armed* [online]. Kentaur Zbraně. Dostupné z: <https://www.armed.cz/slovník/lapovani-hlavne/>. [cit. 2025-02-18].
43. POWER CUSTOM BRASS MUZZLE CROWNING LAP. *Brownells* [online]. Dostupné z: <https://www.brownells.cz/POWER-CUSTOM-BRASS-MUZZLE-CROWNING-LAP-Non-Handled-fits>. [cit. 2025-04-20].
44. Povrchové úpravy. *ORTNB* [online]. Dostupné z: <https://ortnb.cz/povrchove-upravy> [cit. 2025-02-26].
45. Leštění. *ELUC – Elektronická učebnice* [online]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/lekce/lesteni>. [cit. 2025-03-20].
46. Leštění – povrchové úpravy. *KOVO PRODUKT* [online]. Dostupné z: <https://kovoprodukt.cz/povrchove-upravy/lesteni/>. [cit. 2025-03-20].
47. Leštící kotouče pro předleštění a doleštění, sada 2ks, 200 mm. *PrimaDílna* [online]. Dostupné z: <https://www.primadilna.cz/Lestici-kotouce-pro-predlesteni-a-dolesteni-sada-2ks-200-mm-d11413.htm>. [cit. 2025-04-20].
48. Profesionální leštící a brusné pasty 4 x 100g, jemné až hrubé – sada 4ks. *PrimaDílna* [online]. Dostupné z: <https://www.primadilna.cz/Profesionalni-lestici-a-brusne-pasty-4-x-100g-jemne-az-hrube-sada-4ks-d10910.htm>. [cit. 2025-03-08].
49. Brynýrování. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bryn%C3%BDrov%C3%A1n%C3%AD>. [cit. 2025-04-20]
50. Černění kovů. *MDG Servis s.r.o.* [online]. Dostupné z: <https://www.mdg-servis.cz/cerneni.html>. [cit. 2025-03-08].
51. Černění / Brynýrování. *Rosma Trade* [online]. Dostupné z: <https://rosma.cz/galvanovna/cerneni>. [cit. 2025-03-08].
52. Tvrdé chromování. *Rosma Trade* [online]. Dostupné z: <https://rosma.cz/galvanovna/tvrde-chromovani>. [cit. 2025-03-10].
53. Dekorativní chromování. *Galvanovna* [online]. Dostupné z: <https://www.galvanovna.eu/dekorativni-chromovani/>. [cit. 2025-03-10].
54. Hard Chrome Plating vs. Decorative Chrome Plating. *HCS Plating* [online]. Dostupné z: <https://hcsplating.com/resources/hard-chrome-plating-guide/hard-chrome-vs-decorative-chrome/>. [cit. 2025-03-13].
55. Česká republika. Zákon č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů. *Zákony pro lidi* [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-156>. [cit. 2025-03-14].
56. Značení v obranném průmyslu. *Automator Group* [online]. Dostupné z: <https://www.automatorgroup.cz/znaceni-v-obrannem-prumyslu/>. [cit. 2025-03-14].
57. Trvalé značení kovových dílů. *Automator Group* [online]. Dostupné z: [https://www.automatorgroup.cz/co-a-jak-znacime/trvale-znaceni-kovovych-dilu/&#8203;;:contentReference\[oaicite:9\]{index=9}](https://www.automatorgroup.cz/co-a-jak-znacime/trvale-znaceni-kovovych-dilu/&#8203;;:contentReference[oaicite:9]{index=9}). [cit. 2025-03-14].

58. Jak se laserové značení liší od chemického leptání?. *UD-Machine* [online]. Dostupné z: <https://ud-machine.com/cs/blog/how-is-laser-marking-different-from-chemical-etching/>. [cit. 2025-03-26].
59. Zemčík, Oscar. Procesy, přípravky a nástroje v obrábění. [přednášky] VUT v Brně 10. května 2025 [cit. 2025-05-10].
60. Volba základen. *ELUC – Elektronická učebnice* [online]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/lekce/volba-zakladen>. [cit. 2025-04-27].
61. Technologie obrábění – v příkladech: Výrobní postupy. *Projekty.fs.vsb.cz* [online]. Dostupné z: [https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY\\_01\\_003/Technologie.pdf](https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_003/Technologie.pdf). [cit. 2025-04-27].
62. Přizpůsobivost výrobních systémů. *TechPortal* [online]. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/33/prizpusobivost-vyrobnich-systemu-jVUh4EkV75G4Ef0m1hwmHXDb6wWw0291IFmI4ag/>. [cit. 2025-04-27].
63. Příručka pro technology: Ekonomika výroby a celková optimalizace (1. část). *MM Spektrum* [online]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-ekonomika-vyroby-a-celkova-optimalizace-1-cast> [cit. 2025-04-28].
64. Detail produktu. *AKK Stroje* [online]. Dostupné z: <https://www.akkstroje.cz/pdf/detail.php?id=103249>. [cit. 2025-04-28].
65. Bomar Saws. *Lister Machine Tools* [online]. Dostupné z: <https://www.listermachinetools.com/home/bomar-saws/>. [cit. 2025-04-30].
66. MCV 800 Quick. *Web Archive* [online]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20230205213704/https://www.kovosvit.cz/mcv-800-quick/>. [cit. 2025-04-30].
67. Vertikální tříosé obráběcí centrum MCV 800. *Strojimport* [online]. Dostupné z: <https://www.strojimport.cz/maschinen/vertikalni-triose-orableci-centrum-mcv800/>. [cit. 2025-04-30].
68. Hydraulický lis 30T – dvourychlostní pumpa. *Profigaraz* [online]. Dostupné z: <https://www.profigaraz.cz/dvourychlostni-pumpa/hydraulicky-lis-30t-dvourychlostni-pumpa/>. [cit. 2025-04-30].
69. Honing Vertical Machines. *Sunnen* [online]. Dostupné z: <https://www.sunnen.com/Catalog/Honing/Honing-Vertical-Machines>. [cit. 2025-04-30].
70. Stolní leštička DSM200PS Holzmann 400V. *Holzmann-Zipper* [online]. Dostupné z: <https://www.holzmann-zipper.cz/Stolni-lesticka-400V-Holzmann>. [cit. 2025-04-30].
71. Pilový pás BOMAR 1620x13x0,65 M42 6/10z. *Fipas* [online]. Dostupné z: <https://www.fipas.cz/bomar-pilovy-pas-1620x13x065-m42-610z>. [cit. 2025-04-30].
72. Honovací kartáče. *365tools.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.365tools.cz/honovaci-kartace>. [cit. 2025-05-01].
73. Dormer Pramet. *DormerPramet* [online]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/es/>. [cit. 2025-05-02].
74. Středící vrták DIN333 HSS tvar A 3,15 mm. *MojeDílna* [online]. Dostupné z: <https://www.mojedilna.cz/stredici-vrtak-hss-tvar-a-3-format/>. [cit. 2025-05-02].
75. Rimless Pistol Cartridge 9mm Luger Finisher. *Brownells* [online]. Dostupné z: <https://www.brownells.cz/RIMLESS-PISTOL-CARTRIDGES-Rimless-Pistol-Cartridge-9mm-Luger-Finisher-MANSON-PRECISION-9-mm>. [cit. 2025-05-02].
76. Výstružník strojní se zuby ve šroubovici s kuželovou stopkou ČSN 221431 6h7 HSS. *Bo-import* [online]. Dostupné z: <https://www.bo-import.cz/vystruznik-strojni-se-zuby-ve-sroubovici-s-kuzelovou-stopkou-csn-221431-22h7-hss-p2512/>. [cit. 2025-05-02].

77. Leštící kotouče Proxxon. *Nakol* [online]. Dostupné z: <https://www.nakol.cz/proxxon-28294>. [cit. 2025-05-03].
78. Látkový kotouč Pferd TR 10010-10 FL pro leštění (100 mm). *Boukal* [online]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/latkovy-kotouc-pro-lesteni/produkt>. [cit. 2025-05-04].
79. Leštící pasta modrá 110 g. *Abrasiv* [online]. Dostupné z: <https://eshop.abrasiv.cz/lestici-pasta-modra-110-g>. [cit. 2025-05-08].
80. 180 Grit Silicon Carbide Abrasive Compound. *Brownells* [online]. Dostupné z: <https://www.brownells.cz/180-Grit-SILICON-CARBIDE-ABRASIVE-COMPOUND-BROWNELLS-083045180>. [cit. 2025-05-08].
81. Brynér Stilcrin – černění za studena 50 ml. *Kentaurzbrane* [online]. Dostupné z: <https://www.kentaurzbrane.cz/brynyr-stilcrin-cerneni-za-studena-50ml/>. [cit. 2025-05-08].
82. Měděná pasta 500g. *ProfiGaráž* [online]. Dostupné z: <https://www.profigaraz.cz/maziva/medena-pasta-500g/>. [cit. 2025-05-08].
83. HELIOS PREISSER DIGI-MET 1326416 – digitální posuvné měřítko 150 mm IP67. *Conrad* [online]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/helios-preisser-digi-met-1326416-digitalni-posuvne-meritko-150-mm-ip67-1417935.html>. [cit. 2025-05-09].
84. Dutinoměr s digitálním úchylkoměrem INSIZE pro měření malých otvorů, typ 2152. *Stools-shop* [online]. Dostupné z: <https://www.stools-shop.cz/dutinomer-s-digitalnim-uchylkomerem-insize-pro-mereni-malych-otvoru--typ-2152/>. [cit. 2025-05-09].
85. GO/NO-GO kalibry CLYMER pro 9mm Luger. *Brownells* [online]. [cit. 2025-05-10]. Dostupné z: <https://www.brownells.cz/GO/NO-GO-GAUGE-SETS-9mm-Luger-Headspace-Gauge-Kit-CLYMER-9-mm-Luger-184000042>
86. Kalibr hladký průchozí 40 H12. *Mi-spb* [online]. Dostupné z: [https://www.mi-spb.ru/\\_izmeritelnyy-instrument/kalibri/kalibri-glادkie-dlya-otverstiy-i-valov/kalibri-probki-glادkie-prne/kalibr-probka-glاد-40-h12-pr-ne-4--i/](https://www.mi-spb.ru/_izmeritelnyy-instrument/kalibri/kalibri-glادkie-dlya-otverstiy-i-valov/kalibri-probki-glادkie-prne/kalibr-probka-glاد-40-h12-pr-ne-4--i/). [cit. 2025-05-11].
87. Pákový úchylkoměr Basetech 1599704. *Conrad* [online]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/basetech-1599704-pakovy-uchylkomer-0-8-mm-odecet-0-01-mm-1599704.htm>. [cit. 2025-05-11].
88. Koncové měrky SOMET. *Somet* [online]. Dostupné z: <https://somet.cz/cz/koncove-merky>. [cit. 2025-04-20].
89. Rádusová šablona KMITEX 30 ks. *MBCalibr* [online]. Dostupné z: <https://eshop.mbcalibr.cz/radiusove-sablony/sablona-radiusova>. [cit. 2025-05-12].
90. Modulární svěrák VMP-4. *Strojnisveraky* [online]. Dostupné z: <https://www.shop.strojnisveraky.cz/produkty/modularni-sverak-vmp-4>. [cit. 2025-05-12].
91. Rychloupínací strojní svěrák VQS-5. *Kovonastroje* [online]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/rychloupinaci-strojni-sverak-vqs-5/>. [cit. 2025-05-10].
92. Dotykové sondy Renishaw pro obráběcí stroje – standardní přesnost. *Renishaw* [online]. Dostupné z: <https://www.renishaw.com/en/standard-accuracy-machine-tool-touch-probes-32926>. [cit. 2025-04-05].
93. ZJP, s.r.o. Železářství, upínací technika a nástroje, hutní materiál. *ZJP s.r.o.* [online]. ZJP, s.r.o. Dostupné z: <https://www.zjp.cz>. [cit. 2025-04-17].
94. ZRÍNÝ, Jan. *Osobní konzultace*. [osobní sdělení] [cit. 2025-04-17].
95. Kocich, Radim. *Procesy, přípravky a nástroje ve tváření*. [přednášky] VUT v Brně 10. ledna 2025 [cit. 2025-05-10].
96. DILLINGER, Jiří. *Moderní strojírenství pro školu a praxi*. Plzeň: Fraus, 2015. ISBN 978-3-8085-1150-3. [cit. 2025-05-10].

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

### Symbody

Označení	Legenda	Jednotka
$n$	Otáčky	$[\text{min}^{-1}]$
$v_f$	Řezný posuv	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$
$a_p$	Hloubka řezu	$[\text{mm}]$
$v_c$	Řezná rychlost	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$
$B$	Šířka frézované plochy	$[\text{mm}]$
$D$	Průměr frézy	$[\text{mm}]$
$f_z$	Posuv na zub	$[\text{mm}]$
$f_n$	Posuv na otáčku	$[\text{mm}/\text{ot}]$
$h_{\text{max}}$	Maximální tloušťka třísky	$[\text{mm}]$
$h_i$	Počáteční tloušťka třísky	$[\text{mm}]$
$\varphi_{\text{max}}$	Maximální úhel posuvného pohybu	$[\text{°}]$
$\varphi_i$	Počáteční úhel posuvného pohybu	$[\text{°}]$
$F_i$	Celková řezná síla	$[\text{N}]$
$F_{ci}$	Řezná síla	$[\text{N}]$
$F_{cNi}$	Kolmá řezná síla	$[\text{N}]$
$F_f$	Posuvná síla	$[\text{N}]$
$F_p$	Axiální síla	$[\text{N}]$
$P_l$	Přídavek na délku součásti	$[\text{mm}]$
$l_s$	Délka součásti	$[\text{mm}]$
$P_b$	Přídavek na šířku součásti	$[\text{mm}]$
$b_s$	Šířka součásti	$[\text{mm}]$
$P_h$	Přídavek na výšku součásti	$[\text{mm}]$
$h_s$	Výška součásti	$[\text{mm}]$
$B_p$	Rozměr šířky polotovaru	$[\text{mm}]$
$H_p$	Rozměr výšky polotovaru	$[\text{mm}]$
$L_p$	Rozměr délky polotovaru	$[\text{mm}]$
$V_{\text{pol}}$	Objem polotovaru	$[\text{cm}^3]$
$z$	Ztáty způsobeny dělením pásovou pilou	$[\text{mm}]$
$C_m$	Cena materiálu	$[\text{Kč}]$
$\rho$	Hustota oceli 12 050	$[\text{cm}^3]$
$c_{\text{kg}}$	Cena materiálu na 1 kg	$[\text{Kč}]$
$C_{\text{fréz}}$	Cena frézovacích operací	$[\text{Kč}]$
$t_{\text{fréz}}$	Strojní čas frézování rozšířený o pomocné časy	$[\text{min}]$
$S_{\text{fréz}}$	Hodinová sazba CNC frézky	$[\text{kč}]$
$k_n$	Koeficient opotřebení nástrojů a přípravků	$[-]$
$k_E$	Koeficient zohledňující náklady na spotřebu energie	$[-]$
$k_U$	Koeficient pro údržbu a pomocné režie	$[-]$
$C_{\text{lis}}$	Cena lisovacích operací	$[\text{Kč}]$
$t_{\text{lis}}$	Strojní čas lisování rozšířený o pomocné časy	$[\text{min}]$
$S_{\text{lis}}$	Hodinová sazba lisování	$[\text{min}]$
$C_{\text{hon}}$	Cena honovacích a lapovacích operací	$[\text{Kč}]$
$t_{\text{hon}}$	Strojní čas honování a lapování rozšířený o pomocné časy	$[\text{min}]$
$S_{\text{hon}}$	Hodinová sazba honování a lapování na CNC stroji	$[\text{Kč}]$
$C_{\text{leštění komor}}$	Cena ručního leštění komor	$[\text{Kč}]$
$t_{\text{leš k.}}$	Čas leštění komor	$[\text{min}]$

## Symbols

Označení	Legenda	Jednotka
$S_{leš.k.}$	Hodinová sazba leštění komor	[Kč]
$C_{ručn}$	Cena za ruční operace	[Kč]
$t_{prac}$	Čas ručních operací	[min]
$S_{prac}$	Hodinová sazba ručních operací	[Kč]
$C_{černění}$	Cena černění povrchu na studeno	[Kč]
$t_{čer}$	Čas černění povrchu na studeno	[min]
$S_{čer}$	Hodinová sazba černění povrchu na studeno	[Kč]
$C_{leštění}$	Cena leštění povrchu	[Kč]
$t_{leš}$	Čas leštění povrchu	[min]
$S_{leš}$	Hodinová sazba leštění povrchu	[Kč]
$C_{chrom}$	Cena chromování povrchu	[Kč]
$C_{laser}$	Cena laserového značení	[Kč]
$C_{TZ}$	Cena tepelného zpracování (kalení + popuštění)	[Kč]
$C_{cel}$	Celková cena bez povrchové úpravy	[Kč]

## Zkratky

Označení	Legenda
CNC	Computer Numerical Control (Počítačové číslicové řízení)
DF9	Flobertkový derringer 9 mm
CIP	Commission Internationale Permanente (Mezinárodní komise pro zkoušení ručních palných zbraní)
SLM	Selective Laser Melting (Selektivní laserové tavení)
ECM	Electrochemical Machining (Elektrochemické obrábění)
HSS	High-Speed Steel (Rychlořezná ocel)
VBD	Vyměnitelná břitová destička
CAM	Computer-Aided Manufacturing (Počítačová podpora výroby)

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Materiálový list – ocel C45 (EN 10083)
- Příloha 2 Technická specifikace pásové pily Bomar STG 230G
- Příloha 3 Technická specifikace stroje Kovosvit MAS MCV 800
- Příloha 4 Technická specifikace hydraulického lisu Redats H-380
- Příloha 5 Technická specifikace honovacího stroje Sunnen SV-3000
- Příloha 6 Technická specifikace stolní leštičky Holzmann DSM200PS 400V
- Příloha 7 Technické specifikace modulárního strojního svěráku VMP-4
- Příloha 8 Technické specifikace rychloupínacího strojního svěráku VQS-5

## **SEZNAM VÝKRESŮ**

HLAVEŇ DF9 DF9-01-1

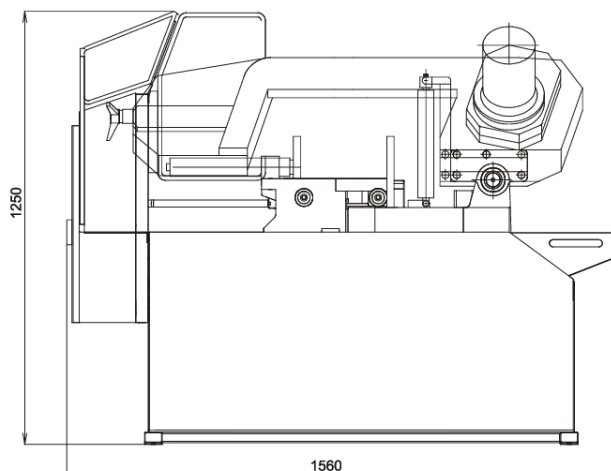
Příloha 1

Materiálový list – ocel C45 (EN 10083) [14]

Přehled vlastností oceli C45E ( C45 R )										1.1191 (1.1201)										
Druh oceli	Nelegovaná ušlechtilá ocel k zušlechťování																			
TDP	ČSN EN 10083-2: 2007. Tato norma obsahuje též ocel C45, klasifikovanou jako jakostní ocel k zušlechťování. Ocelí C45 nelze nahradit ušlechtilé oceli C45E popř. C45R. C45 však lze nahradit ocelmi C45E resp. C45R.																			
Dřívější označení	C45E (C45R) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; Ck 45 (Cm 45) podle DIN 17200; 12 050 podle ČSN.																			
Použití	Často používaná nelegovaná ocel pro výrobu méně namáhaných strojních dílů ve stavu zušlechťeném nebo normalizačně žíhaném. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná i k povrchovému kalení plamenem nebo indukci.																			
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. <sup>1)</sup>	Cr max.	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni											
	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	max. 0,63											
Složení hotového výrobku <sup>2)</sup>	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45												
Mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu. <sup>3)</sup>	Průměr mm	R <sub>e</sub> min. MPa		R <sub>m</sub> MPa		A min. %		Z min. %		KV min. J										
	d ≤ 16	490		700-850		14		35		-										
	16 < d ≤ 40	430		650-800		16		40		25										
Mechanické vlastnosti ve stavu normalizačně žíhaném <sup>3)</sup>	d ≤ 16	340		min. 620		14		-		-										
	16 < d ≤ 100	305		580		16		-		-										
	100 < d ≤ 250	275		560		16		-		-										
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost (+S)				Žíháno na měkko (+A)				Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)											
	HB max. 255				HB max. 207				HRC min. 55											
Prokalitelnost <sup>4)</sup>	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkušebního tělesa v mm																			
	Tvrdost v HRC																			
	+H	Mez	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	20	25	30		
		max	62	61	61	60	57	51	44	37	34	33	32	31	30	-	-	-		
	min	55	51	37	30	28	27	26	25	24	23	22	21	20	-	-	-			
<p>Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 10 mm)</p>										<p>Křivky prokalitelnosti</p>										
<b>Technologické vlastnosti</b>																				
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1150 až 850 °C																			
Tepelné zpracování	Normalizační žíhání °C	Žíhání na měkko °C	Isotermické žíhání °C	Teplota Kalení °C	Kalící prostředí	Teplota popouštění °C	Zkouška kalením čela °C													
	840 až 880	650 až 700	800 až 950 660 -1 hod.	820 až 860	voda nebo olej	550 až 660	850 ± 5													
Obrobitelnost	Obrobitelnost třískovým obráběním může být ve stavu po válcování ztížena vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je výhodnější stav žíhaný na měkko. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel C45R se zvýšeným obsahem S.																			
Stříhatelnost	Přichází v úvahu např. při dělení tyčí na vsázkové délky pro zápusťkové kování. Ocel C45 je stříhatelná za studena i ve stavu po válcování u průměrů nad 80 mm.																			
<p><sup>1)</sup> obsah síry u oceli C45R je 0,020 až 0,040 % s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ± 0,005 %.</p> <p><sup>2)</sup> u jedné tavby smí být překročena horní nebo spodní hranice rozmezí, ale nikoliv obě současně.</p> <p><sup>3)</sup> uvedené hodnoty musí být dosažitelné po odpovídajícím tepelném zpracování (zušlechťení popř. normalizačním žíhání) též u oceli dodávané ve stavu po válcování nebo ve stavu měkce žíhaném. Prokazují se na referenčním vzorku odpovídajícího průměru. Zkušební tělesa pro stanovení mechanických hodnot musí být odebrána v souladu s předpisem normy TDP.</p> <p>R<sub>e</sub> –mez kluzu, R<sub>m</sub> – pevnost v tahu, A – tažnost ( počáteční délka L<sub>0</sub> = 5,65√S<sub>0</sub> ), Z – kontrakce, KV – nárazová práce, zkušební těleso ISO s V-vrubem (průměr ze tří naměřených hodnot, z nichž žádná nesmí být menší než 70% minimální střední hodnoty).</p> <p><sup>4)</sup> pro ocel objednanou bez požadavků na prokalitelnost jsou hodnoty prokalitelnosti pouze informativní.</p>																				

## Příloha 2

### Technická specifikace pásové pily Bomar STG 230G [65]



Provozní napětí stroje, frekvence : 400V,50Hz  
 Řídící napětí : 24V DC řídicí elektronika  
 : 26V DC hydraulické rozvody

Příkon : 1,85 kW  
 Výkon pohonu pásu : 0,75 / 1,1 kW  
 Výkon hydraulického čerpadla : 0,25 kW  
 Výkon chladicího čerpadla : 0,09 kW

#### Hydraulický agregát

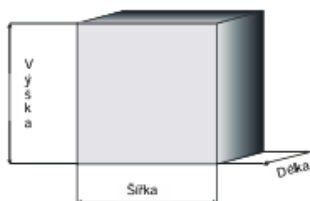
Průtok : 4,2 dm<sup>3</sup> / min  
 Max. provozní tlak : 3 Mpa  
 Obsah : 20 dm<sup>3</sup>

#### Kapacita řezání

			
<b>90°</b>	Ø 230mm	230x230mm	280x200mm
<b>45°</b>	Ø 210mm	200x200mm	200x200mm
<b>30°</b>	Ø 130mm	80x80mm	130x80mm

Délka posuvu : 300mm  
 Řezná rychlost : 35m.min<sup>-1</sup> / 70m.min<sup>-1</sup>  
 Nejmenší řezatelný průměr : Ø 6mm  
 Minimální odřezek : 2mm

Tolerance délky podání materiálu : ± 0,2mm  
 Tolerance délky při vícenásobném podání materiálu : 0,2mm x počet podání  
 Tolerance kolmosti řezu : ± 0,2mm při Ø100mm<sup>2</sup>



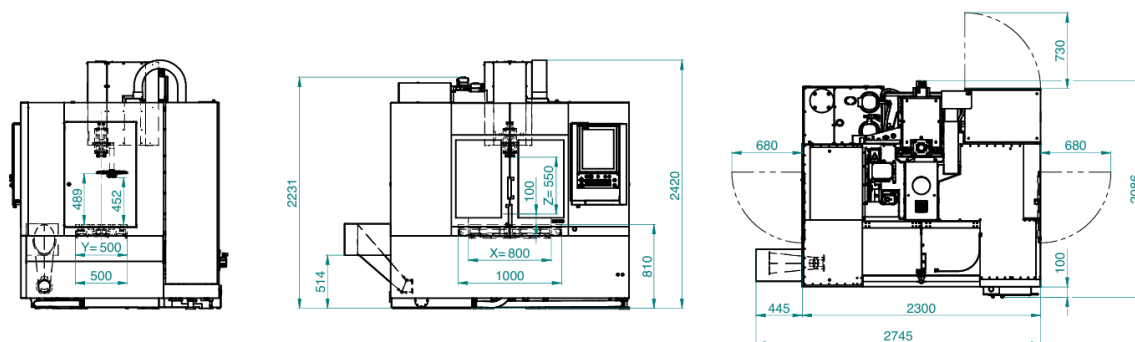
Délka: 1460mm

Šířka: 1560mm

Výška: 1250mm

### Příloha 3

### Technická specifikace stroje Kovošvit MAS MCV 800 [66]



			<b>MCV 800</b>
Hlavní rozměry	Rozměry upínací plochy stolu	mm	1000 × 500
	Počet T-drážek stolu	ks	5
	Šířka a rozteč T-drážek stolu	mm	18 / 100
	Největší délka dráhy stolu (X)	mm	800
	Největší délka dráhy saní (Y)	mm	500
	Největší délka dráhy vřeten (Z)	mm	550
	Maximální hmotnost obrobku (zátížení stolu)	kg	500
Maximální vrtací průměry (motor 10 kW)	Max. rozměr obrobku pro max. délku nástroje	mm	800 × 500 × 300
	Průměr vrtání zplna do oceli o pevnosti 600 MPa vrtákem z RO	mm	25
	Průměr vrtání zplna do oceli o pevnosti 600 MPa vrtákem s výměnnými destičkami ze SK	mm	30
Vřeten	Průměr závitu při řezání do oceli s pevností 600 Mpa	mm	M20
	Kuželová dutina vřeten		ISO 40
	Vzdálenost vřeten od plochy stolu	mm	100 - 650
	Maximální otáčky	min <sup>-1</sup>	12 000
	Výkon motoru vřeten (S1/S6 - 40%)	kW	10 / 14
	Krouticí moment motoru vřeten (S1/S6 - 40%)	Nm	63 / 88
	Změna otáček		plynule měnitelné
Přesnost	Upínací síla nástroje	N	18 000
	Odměřování X, Y, Z	Heidenhain Siemens	přímé
Posuvy	Rychloposuv	mm.min <sup>-1</sup>	30 000
	Posuv pracovní	mm.min <sup>-1</sup>	15 000
	Kuličkový šroub X, Y, Z	průměr stoupání	mm mm / ot
Pneumatické zařízení	Max. objem nádrže	l	200 + 80
	Pracovní tlak	MPa	0,6
	Spotřeba vzduchu	m <sup>3</sup> /hod	3-4
Rozměry stroje	délka	mm	2086
	šířka	mm	2745
	výška	mm	2420
	hmotnost	kg	4000
Připojení stroje	Celkový příkon	kVA	20
	Počet poloh – levý zásobník	ks	24
Zásobník Nástrojů	Max. průměr nástroje	všechny polohy obsazeny vynechání sousední polohy	80 120
	Maximální délka nástroje	mm	250
	Maximální hmotnost nástroje	kg	6,5
	Maximální hmotnost nástrojů v zásobníku	kg	65
	Čas výměny nástroje (nástroj-nástroj)	s	3,8

## Příloha 4

### Technická specifikace hydraulického lisu Redats H-380 [68]



#### Technické specifikace

tlak: 30 tun

nastavitelný zdvih pístu: ano

pracovní rozsah pístu: až 166 mm

pracovní rozsah: 0 – 995 mm

nastavitelná pracovní police: 8 úrovní

šířka stolu: 540 mm

délka stolu: 250 mm

výška s manometrem: 1 750 mm

průměr pístu: 56 mm

součástí balení jsou i dvě ocelové podložky

hmotnost: 125 kg

## Příloha 5

### Technická specifikace honovacího stroje Sunnen SV-3000 [69]

#### Specifications

##### DIAMETER RANGE:\*

3 to 65 mm (.120 to 2.560 in.)

##### MAXIMUM WORKPIECE LENGTH

250 mm (9.8 in.)

##### MAXIMUM WORKPIECE AND FIXTURE WEIGHT\*

SV-3010: 225 kg (500 lbs.)

SV-3015: 27 kg (60 lbs.)

SV-3020/SV-3052: 900 kg (2,000 lbs.)

##### WORK AREA ENVELOPE (TABLE)

SV-3010/SV-3015: 175 x 175 x 150 mm  
(6.88 x 6.88 x 5.9 in.)

##### CARRIAGE TRAVEL

SV-3010/SV-3015/SV-3020: 630 mm  
(24.8 in.)

SV-3052: 1321 mm (52 in.)

##### CARRIAGE SPEED

0.008 to 0.84 mps (20 to 2000 ipm)

##### RECIPROICATION RATE (STROKE)

1 to 400 spm (dependent on stroke length)

##### STROKER MOTOR

8 kW (10.8 hp)

##### SPINDLE SPEEDS

50 to 4000 rpm

##### SPINDLE MOTOR

6.3 kW (8.5 hp)

##### COOLANT SUMP PUMP

Centrifugal Pump

*(Separate Coolant Tank Required)*

0.27 kW (0.36 hp)

80 ipm (20 gpm)

##### FLOOR SPACE *(Coolant Tank Not Included)*

SV-3010/SV-3015: 3000 W x 4268 D x  
2764 H mm (118.1 x 168.0 x 108.8 in.)

SV-3020: 2561 W x 2309 D x  
2611 H mm (100.1 x 91 X 102.8 in.)

SV-3052: 2602 W x 3578 D x  
3789 H mm (102. 5 x 141 x 149 in.)

##### FLOOR WEIGHT *(Dry)*

SV-3010: 2568 kg (5,662 lbs.)

SV-3015: 2658 kg (5,860 lbs.)

SV-3020: 2960 kg (6,520 lbs.)



## Příloha 6

### Technická specifikace stolní leštičky Holzmann DSM200PS 400V [70]

- Bezúdržbový indukční motor s vypínačem s podpětovou ochranou
- Průmyslový stroj umožňující nepřetržitý provoz
- Vysoce kvalitní litinová konstrukce eliminující vibrace

**Součást dodávky:** 2x leštící kotouče: 1x barevný/tvrdý, 1x bílý/měkký



#### Technické parametry

Napětí	400V / 3 / 50Hz	Počet otáček [ot/min]	2950
Jmenovitý výkon S6 [W]	900 S6(15%)	Celkové rozměry [mm]	526x320x310
Rozměry brusného kotouče [mm]	200 x 25 x 16	Netto [kg]	19,200
Brutto [kg]	20,700	Výška balení [mm]	311
Šířka balení [mm]	329	Délka balení [mm]	522
Kód EAN	9120058372223		

# MODULÁRNÍ STROJNÍ SVĚRÁKY

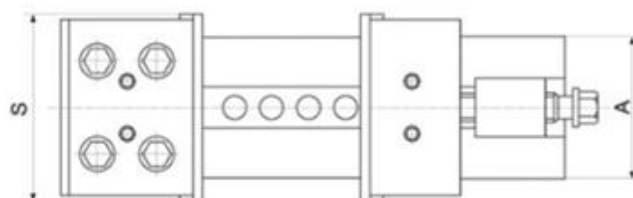
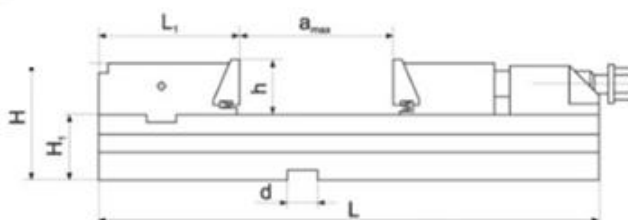
S PEVNOU A POHYBLIVOU ČELISTÍ  
UPÍNACÍ SÍLA 30 kN



## OBSAH STANDARDNÍHO BALENÍ:

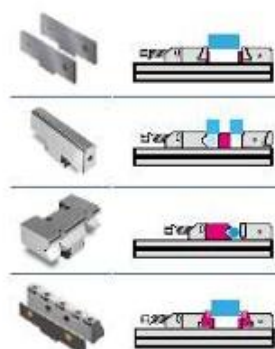
- strojní svěrák
- upínka / 4 ks
- polohovací kámen / 2 ks
- doraz
- klíč vel. 22
- T-šroubovák

S	$a_{max}$	h	H	$H_1$
150	300	50	98	50
A	$L_1$	L	d	m (kg)
125	90	520	16 H7	29



## VÝHODY / VLASTNOSTI:

- ekonomické upínání obrobků
- provedení se šroubovacími čelistmi
- provedení s rychlovýměnnými čelistmi
- široká variabilita
- přesně broušené
- rovinnost se stolem +/- 0,01 mm
- kvalitní legovaná ocel
- kalené plochy 58 - 60 HRC
- maximální tuhost
- vysoký výkon
- minimální opotřebení
- skladem v Brně

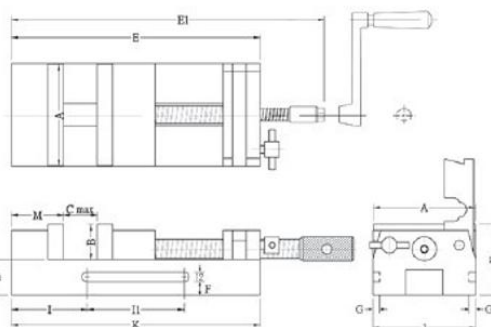


## Quick Setting Vise



### Features

- Special design for quick clamping. (From the acme thread shaft stationly)
- Quick setting by sliding movement. Big clamping capability.
- Operating very quick and easy, can increase so much working efficiency than you can image.
- Good for short term and massive production or proto type work.
- Suit for milling machine, grinder machine, precision drilling machine using.
- Accurate grounded and assembled.
- Precision cut acme thread, it can get 800kgs high clamping force.
- Horizontal & vertical
- Accuracy 0.02 / 100 mm



ORDER NO.	A	B	C max.	D	E	E1	F	G	H	I	I1	J	K	M	MAX.Clamp Force kgf	G.W.	CODE NO.
VQS-3	81	34	85	36	230	374	12	5	70	51	128	82	230	50	700	7	1002-262
VQS-4	105	36	104	36	256	422	12	5	72	54	148	106	256	54	800	9.5	1002-263
VQS-5	131	36	125	38	297	490	13	5	74	59	178	132	297	67	800	14.5	1002-264