

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBNÍ PROCESY RÁMŮ A HLAVNÍ STŘELNÝCH ZBRANÍ

PRODUCTION PROCESSES OF FRAMES AND MAIN FIREARMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Lederer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Vojtěch Lederer**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2017/18

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:

Výrobní procesy rámmů a hlavní střelných zbraní

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Znalost technologického zařízení ve specifické výrobě. Podrobnější rozbor 2 zadaných součástí s využitím i soukromých znalostí a zájmu o věc.

Cíle bakalářské práce:

- Charakteristika současného stavu
- Aktuální výrobní metody
- Technologické podmínky vytipovaných součástí
- Shrnutí možností výroby

Seznam doporučené literatury:

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. Brno: CERM, s. r. o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

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

Kolektiv autorů. Speciální technika, 1. díl. Brno: GŘt ZVS Brno, 1976. 543 s. ISBN 59-154-75.

Kompletní program pro manipulaci a skladování nebezpečných látek. Strakonice: DENIOS, s. r. o., 2005. 180 s.

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


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

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

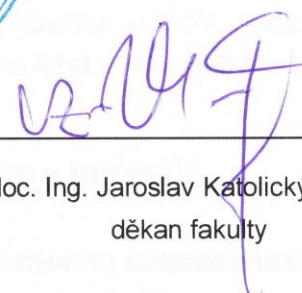
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 20. 10. 2017





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Cílem této práce je seznámit čtenáře se základními principy hlavních zbraní, poskytnout přehled základních technologií používaných k výrobě jejich součástí a poskytnout srovnání těchto technologií.

Klíčová slova

Hlavní zbraně, hlavně, rámy, výrobní metody.

ABSTRACT

This thesis aims to introduce the reader to the basic principles of barrel weapons, provide an overview of basic technologies used to manufacture their parts and provide comparison of these technologies.

Key words

Barrel weapons, barrels, frames, manufacturing methods.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LEDERER, V. *Výrobní procesy rámu a hlavní střelných zbraní*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Výrobní procesy rámů a hlavní střelných zbraní** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Vojtěch Lederer

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji doc. Ing. Róbertu Jankových, CSc. za cenné informace a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Rovněž bych chtěl poděkovat společnosti TRIGGER Service, s.r.o. za možnost pořídit fotodokumentaci její rozsáhlé sbírky.

Na závěr děkuji Ing. Milanu Kalivodovi za odbornost a trpělivost se kterou vedl tvorbu této bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD.....	9
1 HISTORICKÝ VÝVOJ	10
2 SOUČASNÝ STAV	16
2.1 Třídění malých zbraní	16
2.2 Příklady obvyklých moderních zbraní	17
2.2.1 Revolvery	17
2.2.2 Pistole	18
2.2.3 Samopaly	19
2.2.4 Pušky	19
2.2.5 Brokovnice	20
2.3 Údržba hlavních zbraní	21
3 VÝROBNÍ METODY	22
3.1 Přesné lití	22
3.2 Přesné a klasické vystřihování, plošné tváření	27
3.3 Kování.....	28
3.4 Obrábění.....	28
3.5 Metal Injection Moulding	30
3.6 Povrchové úpravy	31
4 VÝROBNÍ METODY HLAVNÍ	33
4.1 Vrtání hlubokých děr	34
4.2 Dokončování hlubokých děr.....	37
4.3 Výroba přechodových kuželů a nábojových komor	38
4.4 Kování hlavní	40
4.5 Výroba drážkování hlavní	45
4.5.1 Drážkování.....	45
4.5.2 Protahování	46
4.5.3 Protlačování.....	46
4.5.4 Elektrochemická (resp. elektroerozivní) výroba drážkování	46
4.6 Kontrola	47
5 VÝROBNÍ METODY RÁMŮ.....	49
5.1 Polymerové rámy	49
5.2 Frézované rámy	51

6 DISKUSE.....	53
ZÁVĚR.....	54
BIBLIOGRAFIE	55

ÚVOD

Hlavňové zbraně jsou podkategorií palných zbraní, palné zbraně jsou charakteristické tím, že získávají energii z prudké chemicko-tepelné reakce pohonné látky (tzv. střeliviny), během které dochází k prudkému vývinu plynů [1]. Pokud tato reakce probíhá v uzavřeném prostoru hlavně a tlak vyvíjených plynů je využíván k pohonu střely, nazýváme takovouto zbraň hlavňovou palnou zbraní [1].

Samozřejmě existuje velké množství hlavňových zbraní, obzvláště pro vojenské použití, jako jsou kanóny, děla, granátometry apod., avšak tato práce se bude zabývat pouze zbraněmi malých ráží, obzvláště proto, že u zbraní velkých ráží jsou používány odlišné systémy a liší se i technologie výroby součástí, jako jsou například hlavně, které bývají u větších kanónů vyráběny z více kusů. Další důvodem tohoto výběru je také to, že civilní obyvatelstvo zpravidla vlastní pouze zbraně malých ráží, stejně jako většina útvarů policie, proto jsou zajímavým artiklem zbrojního průmyslu. Často se vyskytuje kusová nebo malosériová výroba, avšak hlavní objem dnešního trhu zaujímá velkosériová výroba velkých zbrojovek jako jsou GLOCK GmbH., SteyrSportwaffen GmbH, HECKLER & KOCH GmbH., SIG SAUER, Inc., FN Herstal, CZUB, Zbrojovka Brno nebo slovenský výrobce GRAND POWER, s.r.o. Lze předpokládat, že velkosériová výroba bude dále navyšovat svůj podíl, vzhledem k nástupu technologií kování hlavní nebo rámu revolverů, které dosahují špičkové kvality i mechanických vlastností, avšak nejsou vhodné pro malé série.

Hlavňové zbraně nejčastěji pracují při vysokých tlacích a střely opouští hlaveň vysokou rychlostí, až $1000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pro náboj 5,56x45 NATO [2]. Z toho je patrné, že hlavňové zbraně jsou velice intenzivně namáhaná zařízení. Na kvalitu výroby i použitých materiálů jsou tedy kladeny vysoké nároky.

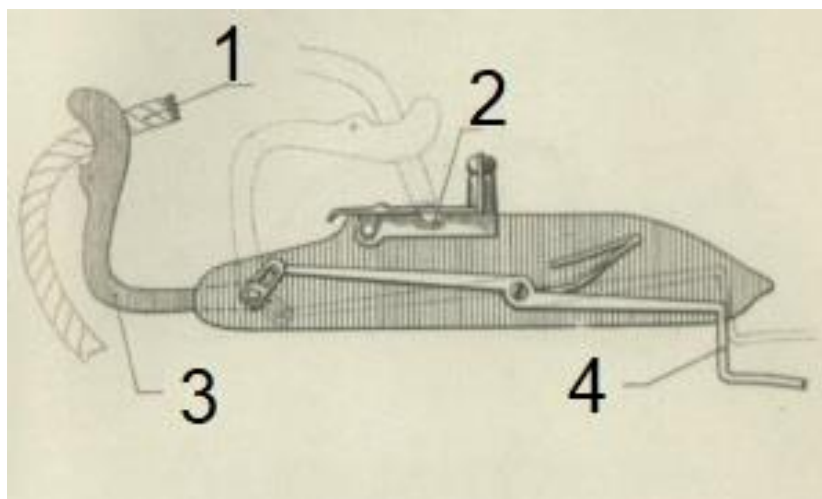
Hlavňové zbraně, potažmo jejich konstrukce i technologie, procházeli od svého vzniku intenzivní vývojem, obzvláště v oblasti Evropy, a to hlavně díky svému využití v armádách. Tento vývoj je dodnes viditelný na mnohých konstrukcích i technologiích, a proto bude v této práci nastíněn, aby čtenář mohl posoudit současný stav v kontextu historického vývoje.

1 HISTORICKÝ VÝVOJ

Na otázku, kterému národu patří prvenství v použití palných zbraní, kdy a kde byly sestrojeny první z nich, nemůže ani nejnovější bádání odpovědět s naprostou jistotou [3]. S ohledem na bádání historiků můžeme prohlásit, že starověcí Indové a Číňané disponovali jistými výbušnými a trhavými směsmi, avšak nálezy nepotvrdily používání palných zbraní, ačkoliv různé legendy a zprávy to naznačují [3]. O tom, jak se dostal tento vynález do Evropy také napanuje příliš shody, někteří ho přisuzují mongolským nájezdníkům, jiní tvrdí, že to byli Maurové skrz Španělsko a Řekové z Cařihradu, kdo přinesl střelný prach do Evropy [3]. Jisté je, že střelný prach opravdu byl znám ve Španělsku a Řecku dříve než ve střední Evropě. Někdy kolem roku 1300 byl střelný prach, který neměl trhavost orientálních prachů, hořel pomaleji a stejnoměrně přemáhal odpor střely v hlavni [3]. Síla tehdejšího prachu nebyla veliká, střela stěží prorážela jezdecký pancíř [3]. K účinnosti palby přispíval morální faktor, bojovníky zastráovala exploze s výšlehem ohně a kouře, proto byla střelba často pokládána za dílo ďábla [3].

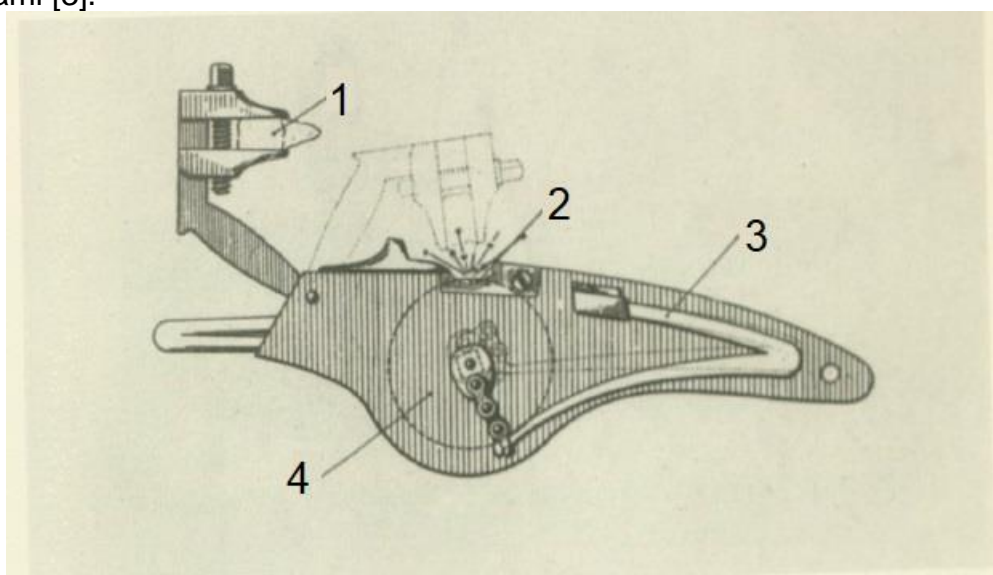
Vydatněji se ručních palných zbraní začíná používat až začátkem 15. století [3]. První palné zbraně mají hlavně vykované ze železa nebo lité z bronzu, mosazi nebo mědi [3]. Tyto hlavně byly vyráběny ze dvou stejně dlouhých a širokých pásů, které byly vykovány do žlábků tak, aby při přiložení tvořily trubku, která byla následně kovářsky svařena [4]. Později bylo k výrobě hlavní užíváno bucharů [4]. Od poloviny 18. století se objevují hlavně z mosazných či bronzových slitin, v polovině 19. století se pak objevují hlavně z lité oceli [4]. Ráže těchto prvních předovek je někdy i větší než 40 mm [3]. Hlaveň je v zadní části uzavřena čepem zaraženým za tepla [3]. Zbraně se nabíjely zpředu a zapalování se provádělo ručně přiložením doutnáku na pánvičku [3]. Po vykování a svaření těla hlavně bylo nutné hlavěň dokončit, vnitřní průměr byl nepřesný, hrubý a válcovitost byla spíše zdánlivá [4]. Toto dokončení se provádělo vrtáním, a to výhradně kopinatými vrtáky s dostatečně dlouhou vodící částí [4]. Takto vyhrubovaná hlavěň byla následně vystružena pomocí vícebřitého nástroje podobného dnešnímu výstružníku, následně byla vyhlazena pomocí zvláštního nástroje na dlouhém dřevěném trnu s mosazným pláštěm a jedním zapuštěným břitem (podobnému dnešním stavitelným výstružníkům) a poté zaleštěna do hladka [4]. Lubrikace a chlazení celého procesu byla v počátcích zajišťována řepkovým olejem [4].

Prvním zdokonalením byl doutnákový zámek (viz obr. 1.1), ten byl připevněn šrouby k boku pušky [3]. V Evropě byl sestrojen kolem roku 1440 [3]. Tento zámek sloužil ke zjednodušení střelby [3]. Doutnák byl upevněn v držáku, který byl zatlačením na spouštěcí páku vtlačen do pánvičky [3].



1 – doutňák 2 – pánvička 3 – kohout 4 – páka
Obr. 1.1 Doutňákový zámek [3].

Značným pokrokem pak byl vynález kolečkového zámku (viz obr. 1.2) kolem roku 1515 [3]. Hlavní součástí je tvrdě zakalené ocelové kolečko na obvodu rýhované a s několika příčnými zářezy, na které je přitlačován pyrit nebo jiný tvrdý materiál upevněný v pohyblivém kohoutu [3]. Zámek se natahoval klíčem [3]. Při spuštění se kolečko pomocí silné pružiny prudce otočilo a vykřesalo jiskry které dopadly na pánvičku kde zapálily prach [3]. Tento mechanismus skýtal značné riziko nežádoucího výstřelu, a proto byly tyto kolečkové zámky často opatřovány pákovými pojistkami [3].

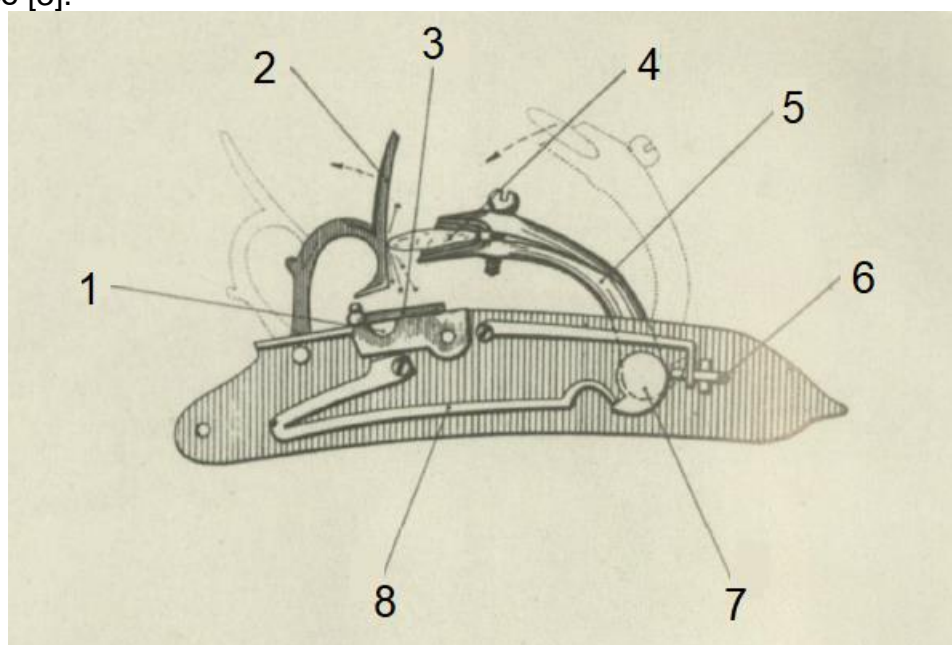


1 – pyrit 2 – pánvička 3 – pružina 4 – kolečko
Obr. 1.2 Kolečkový zámek [3].

Koncem 15. století se začínaly objevovat rýhované hlavně [3]. Zpočátku byly rýhy rovné a sloužili k zachycování zbytků spáleného prachu, tak aby užší část (tzv. pole) vývrtu zůstala hladká a průchozí [4]. Až přibližně v polovině 16. století bylo zavedeno rýhování závitové [3]. Tento vynález pravděpodobně vznikl náhodou, a při tom se poznalo, že pušky se závitovými rýhami střílejí lépe díky gyroskopické stabilizaci, kterou umožňoval nově získaný rotační pohyb střel [3]. Některé zdroje uvádějí, že k tomu došlo v Norimberku, další poukazují na slavného italského vynálezce

Leonarda Da Vinci [4]. Hladké hlavně se dál s výhodou používají pro střelbu hromadnými střelami (např. u dnešních brokovnic) [4].

Na počátku 17. století se objevuje zapalovací soustava, která přetrvává až do poloviny 19. století [3]. Tato konstrukce je zvaná křesadlový zámek (viz obr. 1.3) a její princip spočívá v tom, že pyrit nebo jiný křesací kámen upevněný v kohoutu prudce dopadne na ocílku a vykřesané jiskry padnou na pánvičku s prachem [3]. Vzhledem k dlouhému používání se vyskytovaly různé varianty tohoto mechanismu [3]. Pušky s křesadlovým zámkem měly na svou dobu značnou trvanlivost [3]. Ve Francii byly roku 1806 konány zkoušky trvanlivosti křesadlové pušky typu 1777/1800, kdy ze dvou pušek se jedna roztrhla při 14 443 výstřelech a druhá stále odolávala po 15 000 ranách [3]. V 18. století, zvláště v druhé polovině, se častěji objevují různé konstrukce pušek s křesadlovým zámkem nabíjené zezadu [3]. K uzavření zadního konce hlavně se bylo užíváno různých druhů závěrů (viz obr. 1.4) (záklopkového, šroubového, komorového, blokového a lůžkového) [3]. Záklopkový závěr je zřejmě nejstarší, je prakticky prototypem závěrů moderních zbraní [3]. Do zadního konce hlavně se vkládaly železné nábojnice [3].



1 – pánvička 2 – ocílka 3 – víčko 4 – pyrit 5 – kohout 6 – spoušť 7 – ořech 8 – pružina
Obr. 1.3 Křesadlový zámek [3].



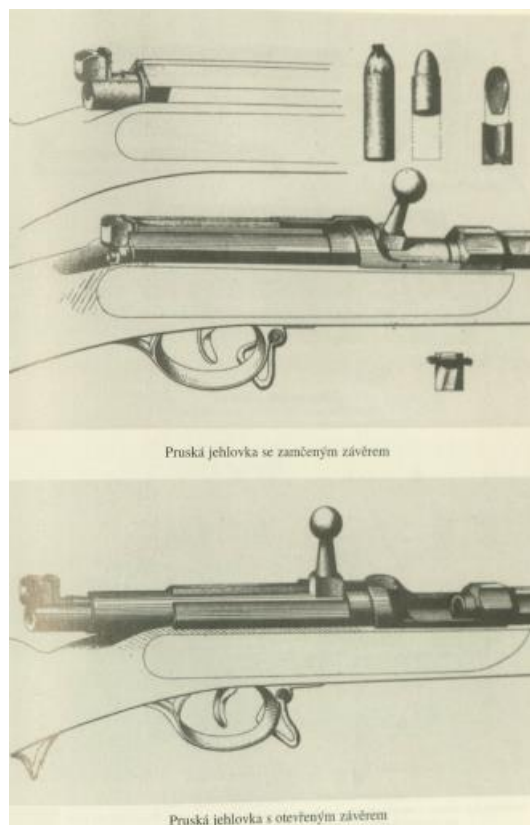
Obr. 1.4 Křesadlové zadovky [3].

Nové období ve vývoji palných zbraní začíná zavedením třaskavin, zejména třaskavé rtuti a chlorečnanu draselného [3]. Od konce 18. století začínají experimenty s těmito látkami, které se osvědčily jako zapalovadla, jež nahradila prach na pánvičce [3]. Roku 1807 vynalezl skot Alexander Forsyth spolehlivý zámek užívající třaskavých směsí [3]. Bylo vyvíjeno mnoho typů zámků, mezi nimi i zámek perkusní (viz obr. 1.5) [3]. U tohoto zámku byl zápalný kanálek nahrazen komínkem, tedy takzvaným pistonem, na který se nasazuje zápalka, proto je zámek též nazýván zápalkovým [3].

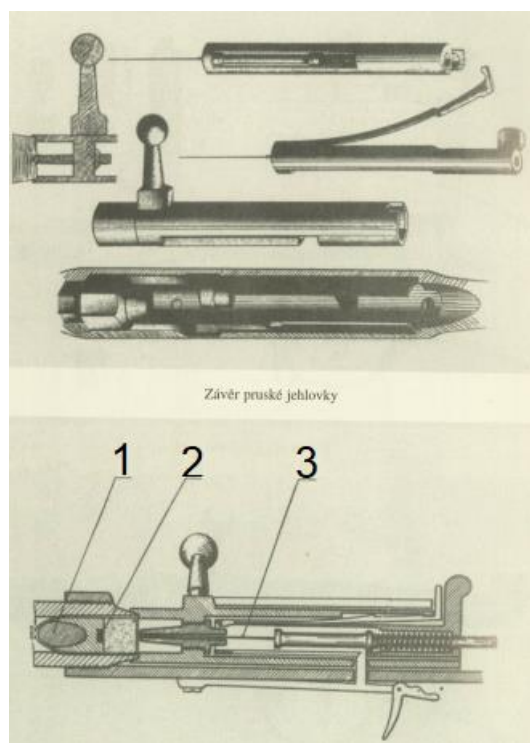


Obr. 1.5 Perkusní zámek [3].

Od roku 1827 pracoval německý mechanik Jan Mikuláš Dreyse na zdokonalení své pušky [3]. Po několika pokusech se pustil do sestrojení zadovky s taženou hlavní a vhodným závěrem a pokus dokončil roku 1835 [3]. Po dlouhých zkouškách byla zavedena roku 4.12.1840 do Pruské armády, tato jehlovka (viz obr. 1.6) s válcovým závěrem (viz obr. 1.7), jež připomíná novodobé vojenské pušky, a z její konstrukce se pak odvíjí všechny opakovací pušky [3]. Náboj do této pušky se skládá z papírové dutinky, rozšiřující se střely, zápalky a prachové náplně [3].



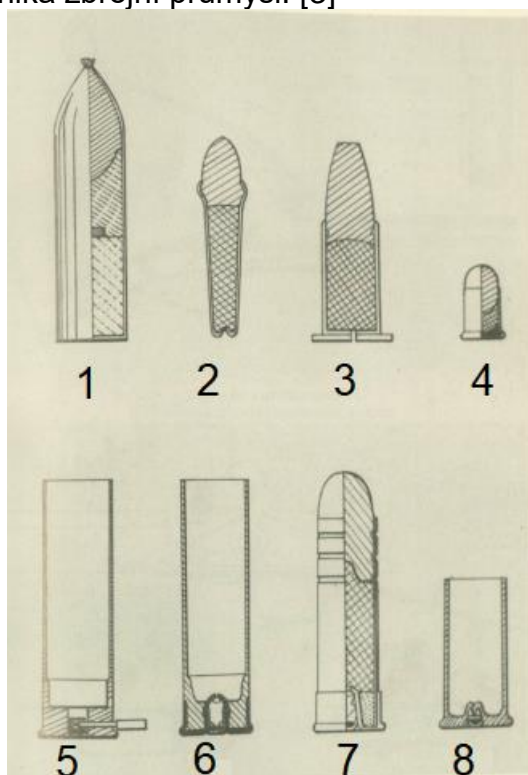
Obr. 1.6 Dreyseho jehlovka [3].



1 – střela 2 – zápalka 3 – jehla
Obr. 1.7 Závěr dreyseho jehlovky [3].

V 19. století se pak objevují zadovky s perkusními zámky, a v jeho polovině pak i zadovky na jednotný kovový náboj (viz obr. 1.8), který odstranil problém s těsněním u perkusních zadovek, o těsnění se již staral tenký plech nábojnice, který se tlakem plynů zdeformoval a utěsnil tak komoru. Náboj byl v komoře držen závěrem. Již roku

1812 byl sestroyen jednotný kovový náboj se středním zapalováním. Nábojnice má tvar používaný dosud. Tehdejší výrobní technika však nebyla dostatečná na to, aby se mohlo začít s hromadnou výrobou. Lisování plechu nebylo tehdy známo, proto byly tyto nábojnice soustruženy a vrtány pomocí soustruhů, a proto bylo ke každé pušce zhotoveno jen určité množství nábojnic, které si střelec sám nabíjel. Samy ještě netěsnily, neboť byly příliš silné, a tedy málo pružné. Tento vynález byl však zapomenut. Až roku 1832 byl sestroyen jednotný náboj pro brokovnice s vlastním těsněním. Roku 1855 pak byla uvedena konstrukce brokového náboje se středovým zápalem používaná dodnes. Roku 1865 byl americkým plukovníkem Berdanem vynalezen náboj tažený z tlustého mosazného plechu. Zápalka byla umístěna ve středu zesíleného dna. Tento typ náboje se s drobnými úpravami používá dodnes. Zavedení kovového náboje s vlastním těsněním, a zvláště rozvoj přesné strojové výroby zbraní s vyměnitelnými díly je důležitým mezníkem v dějinách palných zbraní. Je to doba rozmachu průmyslové výroby, kdy z původní řemeslné a později manufakturní výroby vzniká zbrojní průmysl. [3]



1 – náboj do jehlovky 2 – burnsidův náboj 3 – mayardův náboj 4 – flobertův náboj
5 – lefauchexův náboj 6 – pottetův náboj 7 – boxerův náboj 8 – berdanův náboj
Obr. 1.8 Náboje s perkusní zápalkou [3].

S tímto rozvojem se pojil i rozvoj balistiky, která zkoumala jevy se střelbou spojené. Základy položili Galileo a Newton svými příspěvky mechanice, nejen na těchto základech pak roku 1719 známou balistickou křivku švýcarský fyzik Bernoulli. Další příspěvky podnikly Euler, Jacobi, Poisson, Magnus a mnoho dalších. [3]

S nástupem jednotného kovového náboje s vlastním těsněním přichází postupně opakovací pušky, a postupně i další moderní zbraně, které budou stručně rozebrány v následující kapitole

2 SOUČASNÝ STAV

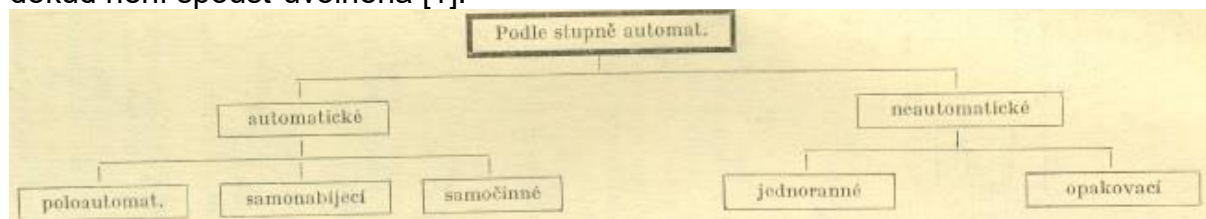
2.1 Třídění malých zbraní

Malé zbraně (viz obr. 2.1) můžeme třídit podle různých hledisek. Některá tato hlediska jsou však různě interpretována zákonem a odbornou veřejností. Skvělým příkladem takového dělení je rozdělení na krátké a dlouhé zbraně. Zákon o střelných zbraních a střelivu považuje za krátkou zbraň takovou palnou zbraň, jejíž délka hlavně nepřesahuje 300 mm, nebo jejíž celková délka nepřesahuje 600 mm, dlouhé zbraně jsou pak všechny zbraně, které nejsou krátké. Na druhé straně odborná veřejnost považuje za krátké zbraně ty, které byly navrženy tak, aby z nich bylo možné efektivně střílet jednou rukou, za dlouhé zbraně jsou pak opět považovány ty zbraně, které nejsou krátké.



Obr. 2.1 Dlouhá zbraň a její základní díly [5].

Dalším dělením by mohl být například rozdělení podle automatizace (viz obr. 2.2), která se týká hlavních operací (doprava náboje do zbraně, opětovné nabití, natažení spoušťového mechanismu a spuštění), na zbraně jednoranné, u kterých střelec vkládá po každém výstřelu nový náboj do zbraně, opakovací, u nichž jsou náboje uloženy v zásobníku, válci nebo schránce a střelec je pohybem závěru dopravuje do nábojové komory, v případě válce natáčí plnou komoru do osy hlavně, samonabíjecí, které po každém výstřelu uvedou zbraň opět do nabitého stavu a samočinné, které střílí dokud není spoušť uvolněna [1].



Obr. 2.2 Schématické zobrazení rozdělení zbraní podle stupně automatizace [1].

Zajímavým hlediskem je také typ střeliva (viz obr. 2.3), pro který je zbraň určena. Na základě toho je celá zbraň konstruována, a tím je tedy ovlivněna i technologie

výroby. U hlavních zbraní lze toto dělení provést v několika úrovních, obecně lze střelivo dělit podle obsažené střely na standardní a speciální. Speciální střely jsou např. gumové projektily nebo projektily plněné kapsaicinem k vyvolání podráždění. Standardní střely lze dále dělit na jednotné a hromadné. Jak je evidentní již z názvů, jednotné střely jsou kompaktní kus kovu, takové střelivo se pak označuje za tzv. kulové, naproti tomu hromadné střely jsou složeny z velkého množství nespojených projektilů (až stovky v případě jemných broků), které se rozdělí po opuštění hlavně a pokračují v letu jako shluk projektilů šířící se přibližně v kuželu, takové střelivo označujeme jako brokové.



Zleva pistolová ráže 9x19mm, ráže pušek NATO 5,56x45mm, ráže starších pušek SSSR 7,62x39mm, brokový náboj 12x70mm.

Obr. 2.3 Střelivo do moderních zbraní [5].

2.2 Příklady obvyklých moderních zbraní

Moderní zbraně nachází v dnešní době několik uplatnění. Mezi civilním obyvatelstvem je to uplatnění v lovectví, ve sportu (případně rekreační střelbě) a sebeobraně. Zvláštní a velkou skupinou zákazníků zbrojovek jsou pak ozbrojené složky, jejichž poptávka je velká, což vyvolává zájem mezi téměř všemi zbrojovkami schopnými splnit podmínky soutěží, které tyto státní subjekty vypisují.

2.2.1 Revolvery

Revolverová konstrukce je nejstarší konstrukcí (16. století) opakovací zbraně, dříve se vyskytovala u dlouhých zbraní, avšak časem přešla až na výjimky výhradně mezi zbraně krátké [3]. Revolverem je dnes označována krátká zbraň s více nábojovými komorami ve válci (viz obr. 2.4), který se otáčí tak, aby jednotlivým komorám umožnil výstřel natočením do osy hlavně. Obvykle používá na rozdíl od většiny pistolí nábojů s rozšířeným okrajem, avšak existují i revolvery na pistolový náboj, avšak až na výjimky jsou to vždy náboje kulové. V dnešní době je revolver téměř výhradně zbraní sebeobrannou či sportovní. Požadavkem kladeným na sportovní revolvery je především přesnost, v druhé řadě pak ergonomie, ostatní kritéria jsou spíše doménou revolverů sebeobranných. Na sebeobranné revolvery nejsou kladeny zdaleka tak vysoké nároky na přesnost, avšak velký důraz je kladen na jejich hmotnost, spolehlivost, velikost a snadnou manipulaci (tzn. bezpečné nošení, tasení, intuitivní střelba apod.). U sebeobranných revolverů je obvyklý tzv. dvojčinný spoušťový mechanismus, ten funguje tak, že lze pouhým stisknutím spouště přimět zbraň k výstřelu, aniž by byla napnutá bicí pružina [2].



Obr. 2.4 Revolver Alfa Proj 3830 [5].

2.2.2 Pistole

Pistole jsou takéž krátké zbraně používající zpravidla kulové náboje. Pro účely sebeobraný či potřeby ozbrojených složek jsou nejčastěji používány pistole samonabíjecí (viz obr. 2.5), výjimečně pak pistole samočinné [2]. Pro sportovní účely jsou takéž nejčastěji používány pistole samonabíjecí (viz obr. 2.6), méně časté jsou pistole opakovací či jednoranné. Požadavky na sebeobrané i sportovní pistole jsou totožné s požadavky kladenými na sebeobrané a sportovní revolvery v předchozím odstavci.



Obr. 2.5 Samonabíjecí pistole H&K SFP9 [5].



Obr. 2.6 Sportovní samonabíjecí pistole STI Model 2011 osazená kolimátorem [5].

2.2.3 Samopaly

Samopal (viz obr. 2.7 a 2.8) je z hlediska držení zbraní dlouhou, je určen k manipulaci dvěma rukama, ačkoliv konstrukce obvykle umožňuje krátkodobou střelbu jednou rukou, například pro případ, kdy střelec musí otevírat dveře. Délka hlavně často nedosahuje 300 mm a celkový rozměr je velice často kratší než 600 mm, proto zákon považuje některé zbraně konstruované jako samopaly za pistole. Samopal je zbraní používající střelivo určené pro pistole, jako je např. nejčastěji používaná ráže 9x19 mm. Samopaly byl vyvinut jako samočinná zbraň, avšak civilní verze jsou samonabíjecí, nicméně termín samopal je pak sporný, proto se část odborné veřejnosti kloní k názoru, že se jedná o samonabíjecí pušku na pistolové střelivo. Na samopal je nejčastěji kladen požadavek malého rozměru, z čehož vyplývá dobrá manévrovatelnost v malých prostorech, taktéž je požadována snadná manipulace a údržba [2].



Obr. 2.7 SP5K, civilní (tzn. Samonabíjecí) verze slavného samopalu MP5 [5].



Za povšimnutí stojí fakt, že pouzdro závěru je vyrobeno z polymeru.
Obr. 2.8 Civilní verze moderního českého samopalu CZUB Škorpión EVO 3 [5].

2.2.4 Pušky

Pušky (viz obr. 2.9, 2.10 a 2.11) jsou nejrozšířenější z dlouhých zbraní, používají kulové náboje, výkonnější než pistole či revolvery. Používají se pro široké spektrum účelů, proto se dodnes dochovalo velké množství typů. Pro sportovní účely jsou používány pušky jednoranné, víceranné, opakovací a samonabíjecí. Pro lovecké účely jsou využívány stejné typy, avšak navíc ještě pušky kombinované (kombinovaná zbraň je vícehlavňová zbraň s alespoň jednou hlavní na kulový náboj a alespoň jednou hlavní na brokový náboj). Pro účely ozbrojených složek se kombinované zbraně téměř nepoužívají, avšak často jsou používány zbraně samočinné. Požadavky na pušky jsou různé, obzvláště podle typů. Jednoranné, víceranné, kombinované a opakovací pušky jsou nejčastěji využívány pro jejich přesnost, spolehlivost a jednoduchost konstrukce, mimo lovecké a sportovní pušky, kde je přesnost převažujícím kritériem, využívají těchto typů i ozbrojené složky. Nejčastěji jsou to opakovací pušky určené pro odstřelovače a další speciální oddíly. Samonabíjecí a samočinné pušky obvykle

disponují nižší přesností způsobenou nutností větších vůlí v mechanismu, avšak umožňují daleko rychlejší střelbu, proto jsou používány ozbrojenými složkami, v menší míře pak sportovními střelci a nejméně lovci, kteří dávají často přednost přesnějším zbraním. Samonabíjecí a samočinné zbraně pracují na různých principech automatizace činností, avšak valná většina z nich funguje na principu odběru plynů z hlavně. Obzvláště na zbraně určené pro ozbrojené složky je kladen přísný požadavek snadné údržby i manipulace a spolehlivosti i v nepříznivých přírodních podmínkách.



Puška je osazena polymerovými doplňky, duralovým krytem závěru pro montáž optických zařízení a ústovou brzdou pro kompenzaci zpětného rázu.

Obr. 2.9 Samonabíjecí puška CZ 858 Tactical, civilní verze slavné pušky vz. 58 [5].



Obr. 2.10 Samonabíjecí puška S&W MP15 oblíbená v USA mezi sportovními střelci [5].



Obr. 2.11 Samonabíjecí verze pušky CZUB 805 Bren osazená kolimátorem, jejíž samočinnou varianta nahrazuje v AČR starší pušky vz. 58 [5].

2.2.5 Brokovnice

Brokovnice jsou dlouhé zbraně konstruované na brokový náboj, avšak jsou schopné střílet i jednotnou střelu (anglicky označovanou „slug“). Hlavně brokovnic bývají hladké, avšak brokovnice, jejíž konstrukce počítá se střelbou jednotné střely mají jemný vývrt, který udělí jednotné střele rotaci, díky níž získá stabilitu a přesnost.

Brokovnice jsou obvykle jedno či víceranné a opakovací pro lovecké a sportovní účely. Méně časté jsou samonabíjecí (viz obr. 2.12) či samočinné brokovnice, které využívají především ozbrojené složky. Brokovnice jsou používány lovci nejčastěji pro lov ptactva, zřídka pak pro lov černé zvěře (výhradně jednotnou střelou). Sportovní střelci využívají dvouranné (viz obr. 2.13) brokovnice např. pro disciplínu zvanou „skeet“ (střelba na asfaltové holuby), případně opakovací brokovnice. Ozbrojené složky používají brokovnice pro plochu pokrytou hromadnou střelou, možnost střelby speciálních projektilů (gumové projektily, dráždivé látky apod.), nebo také k odstřelení zámků zamčených dveří pomocí speciální jednotné střely.



Obr. 2.12 Samonabíjecí brokovnice Benelli M3 Super 90, jejíž konstrukce umožňuje změnu režimu na opakovací [5].



Obr. 2.13 Dvouranná brokovnice (kozlice) pro disciplínu skeet [5].

2.3 Údržba hlavnových zbraní

Vzhledem k vysokým provozním tlakům a rychlostem střel v hlavni jsou naprosto nežádoucí jakákoliv poškození hlavně, která nejčastěji vznikají korozí, přítomností nečistot nebo degradací materiálu hlavně. Aby bylo toto poškození minimalizováno, měla by být hlaveň po každé střelbě náležitě vyčištěna a náchylné součásti by měly být naolejovány za účelem konzervace, popřípadě lubrikace pohyblivých částí mechanismu. Čištění probíhá rozebráním zbraně na jednotlivé funkční celky do takové míry, kterou je střelec schopen provést. Dále jsou pečlivě odstraněny nečistoty pomocí rozpouštěcích přípravků a kartáčků (viz obr. 2.14) vyrobených z materiálů o nižší tvrdosti, než je materiál součástí zbraně, jako například plasty, bronzы nebo mosazi. Poté jsou uvolněné nečistoty odstraněny spolu se zbytky rozpouštědla a obzvláště vývrt hlavně je důkladně vyleštěn pomocí čistého kusu jemné látky, nebo pomocí speciálního vytěraku, závěrem jsou pohyblivé součásti a součásti ohrožené korozí či jinou degradací ošetřeny tenkou vrstvou oleje, zvláště pak vývrt hlavně, kam je mazivo dopraveno na malém kousku látky, nebo pomocí speciálního látkového přípravku.



Obr. 2.14 Náčiní k čištění zbraní [5].

3 VÝROBNÍ METODY

Výroba zbraní a střeliva patří k nejnáročnějším výrobním technologiím [6]. Mimo základní strojírenské technologie se zde používá řada specifických postupů a metod determinovaných charakterem zbrojní výroby [6]. Specifické požadavky na jednotlivé součásti zbraní se odrážejí v procesu jejich výroby [6]. To se projevuje jedna v materiálu, ze kterého jsou jednotlivé díly vyrobeny, a také v požadavcích na rozměrovou a geometrickou přesnost a kvalitu povrchu funkčních ploch [6]. Tento rozdíl u jednotlivých součástí má i svůj vliv na technologii jejich výroby [6]. Proto je vhodné součásti rozdělit do kategorií z hlediska důležitosti funkce a namáhání jednotlivých součástí [6]. Rozdělení součástí do jednotlivých kategorií lze provádět podle řady hledisek, nejčastěji podle úrovně namáhání součástí a jejich složitosti. Potom lze součásti rozdělit do těchto kategorií [6]:

1. Součásti tvarově jednoduché a méně staticky a dynamicky namáhané jako např. čepy, kolíky, tlačítka apod.
2. Součásti tvarově složitější a méně staticky a dynamicky namáhané např. objímky, svorníky, táhla, napínací páky apod.
3. Součásti značně staticky a dynamicky namáhané např. západky, pojistky, pouzdra, vodící trny, pružiny apod.
4. Součásti nejvíce staticky a dynamicky namáhané např. hlavně, závěry, pouzdra závěrů, nosiče závěrů, závorníky, vytahovače, úderníky apod.

Součástí 4. kategorie je nutno věnovat největší pozornost jak při výběru a přejímce materiálu, ze kterého budou vyráběny, tak i při vlastní výrobě, tj. při volbě vhodného technologického postupu, přípravků, nástrojů, technologických podmínek, a včetně metod kontroly jejich rozměru, tvaru a polohy a kvality povrchu při výrobě a po provedených zkouškách v rámci montáže zbraně jako celku [6].

K výrobě zbraní se používají především kovové materiály, nejčastěji oceli třídy 11 až 16, výjimečně i ostatních tříd [6]. U nových konstrukcí zbraní se objevují slitiny hliníku, běžnou součástí jsou plastické hmoty, tradičními materiály jsou různá dřeva. Volba materiálu je závislá na funkci a druhu namáhání součástí [6]. Polotovarem pro výrobu hlavní malých zbraní je obvykle válcovaný tyčový materiál odpovídajícího tepelného zpracování [6]. Na polotovary jsou kladeny následující požadavky: vysoký přírůstek na obrábění, vysoká pevnost, dostatečná houževnatost, požadovaná tvrdost, žárupevnost, chemická odolnost, odolnost proti erozi prachovými plyny a otěru, nízký součinitel tepelné roztažnosti, přijatelná obrobitelnost [6]. Mez pevnosti R_m dosahuje u malých zbraní 1000 MPa [6].

3.1 Přesné lití

O přesném lití je vhodné mluvit, pokud technologie dosahuje přesnosti alespoň $\pm 0,25$ % jmenovitého rozměru, je schopna vyrobit tvarově složitě součásti a je schopna vyrobit některé funkční plochy v požadované kvalitě povrchu a přesnosti bez obrábění [7]. Přesný odlitek lze vyrobit různými způsoby, avšak metoda vytavitelného modelu poskytuje nejširší spektrum možností, proto se někdy pod pojmem „přesné lití“ rozumí metoda vytavitelného modelu [6]. Metoda vytavitelné formy používá keramickou formu, která získává svou pevnost až po vypálení na vysokou teplotu [6]. Metoda samonosných keramických skořepinových forem je nejjednodušší používanou metodou a nejčastěji se používá pro drobnější odlitky ve zbrojním průmyslu [6]. Nástrojem pro výrobu formy je voskový model, často se skládající z mnoha drobných

modelů (tzv. stromeček viz obr. 3.1) včetně vtokové soustavy [6]. Pro vytvoření skořepiny je hotový stromeček ponořen do tekuté obalové směsi, následně je zasypán suchým materiálem a osušen na vzduchu (viz obr. 3.2) [6]. Tento proces je opakován několikrát (3 až 10 krát), dokud není stěna skořepiny dostatečně tlustá, pak je vosk vytaven a forma vypálena na vysokou teplotu, dále putuje na licí pole a odlévá se do žhavé formy (viz obr. 3.3) [6] [7]. Po vychladnutí je keramika porušena, vtoková soustava odstraněna (viz obr. 3.4) a následují dokončovací operace (čištění, apretace případně tryskání odlitků) [6].



Obr. 3.1 Stromeček modelů k výrobě rámu pistole CZUB SP-01 [8].



Obr. 3.2 Stromeček z obr. 3.1 po obalování [8].



Obr. 3.3 Stromeček z obr. 3.2 během lití [8].



Obr. 3.4 Odlitek rámu SP01 oddělený od stromečku, avšak stále přítomnými vtoky [8].

Výroba přesných odlitků metodou vytavitelného modelu je však nákladný proces, proto je nutné provést důkladný rozbor ekonomičnosti takové výroby [7]. Výroba matečního modelu a formy na vytavitelný model je nákladná, vyplatí se až od většího množství kusů [7]. Pro přesné lití nejsou vhodné součásti, které lze vyrobit obvyklými metodami obrábění, zápusťkového kování, lisování, svařování, tlakového lití a podobnými produktivními metodami [7]. Technologie přesného lití umožňuje odlehčení součástí bez ohledu na tvarovou složitost, což dále pomáhá ekonomičnosti výroby, obzvláště pak u drahých legovaných ocelí, kde materiál hraje významnou roli v ekonomické kalkulaci [7]. Úspora ve výrobě součásti není zdaleka taková, pokud není součást konstruována s ohledem na potřeby technologie přesného lití, jako jsou například tvarově složitá vyztužení, která umožní snížit celkovou hmotnost součásti při zachování požadované tuhosti [7]. Nejlepším příkladem přesného odlitku je ocelový rám pistole (viz obr. 3.5) či revolveru.



Je patrné, že v přední části stále zbývá dokončit lištu pro příslušenství
 Obr. 3.5 Lité rámy Pistole SP-01 po třískovém obrábění [8].

Důležitým předpokladem pro výrobu přesného odlitku je rozměrově přesný model bez povrchových vad [7]. To je realizováno tzv. matečnou formou, kterou lze vyrobit buď z matečného modelu, nebo obráběním [6]. Obráběné formy poskytují nejlepší přesnost (cca IT6) a trvanlivost (až $2 \cdot 10^5$ modelů), avšak jejich výroba pro komplikovanější součásti je náročná, vyžaduje použití výsuvných jader a náročné obrábění dutin formy [6] [7]. Obráběné formy jsou vhodné pro tvarově jednoduché součásti bez vnitřních dutin (nutno zvážit, zda je přesné lití vůbec vhodné viz předchozí odstavec), kdy jsou náklady na obrábění nízké a v kombinaci s vysokou trvanlivostí formy tak poskytují úsporné řešení, nebo v případě kdy je požadována nejvyšší možná přesnost [6] [7]. Další možností je výroba matečných forem ze slitin s nízkými teplotami tavení, které probíhá tak, že matečný model je nejprve do půlky zalije slitinou o vyšší teplotě tavení, a následně z druhé poloviny zalije slitinou s nižší teplotou tavení, čímž vzniknou dvě poloviny matečné formy, které od sebe lze oddělit díky nepřilnavé vrstvě (např. sazí) [7]. Takováto výroba forem je vhodná pro menší odlitky, dosahuje obстойné přesnosti (cca IT8 až IT9), avšak její trvanlivost není příliš vysoká, hodí se tedy pro menší série [7]. Alternativou k formám z nízkotavitelných slitin jsou formy ze slitin zinku. Vyrábí se obdobně jako formy ze slitin s nízkou teplotou tavení, avšak jedna polovina formy je vždy zalita v sádře, neboť obě poloviny jsou ze stejné slitiny, a proto by nebylo možné dolévat druhou polovinu formy proti té první [7]. Tyto formy mají dobrou trvanlivost a hodí se k výrobě matečných forem pro velké série, avšak nejsou vhodné u součástí s velkými dutinami nebo bočními či šikmými jádry [7]. Ve srovnání s formami z nízkotavitelných slitin jsou náklady na materiál formy ze zinkové slitiny nižší, avšak tyto formy jsou pracnější na výrobu [7]. Jak zinkové formy, tak formy z nízkotavitelných slitin však vyžadují součinnost s obráběním, které se používá pro výrobu vyhazovačů, jader a středících kolíků [7]. Levnější alternativou pro menší série, nebo prototypy, u nichž není požadavek na nejvyšší přesnost, jsou formy zhotovené z plastů, kterými je oblit matečný model [7]. Je možno využít různých materiálů jako jsou akryly, epoxidy a další plasty ze široké nabídky [7]. V dnešní době se vyskytují snahy o užití 3D tisku ať už k výrobě matečných forem nebo k výrobě samotných modelů v případě kusové či prototypové výroby. Ke kusové výrobě, výrobě

prototypů nebo kusů k ověření nové technologie lze též využít formy ze sádry či silikonu [6].

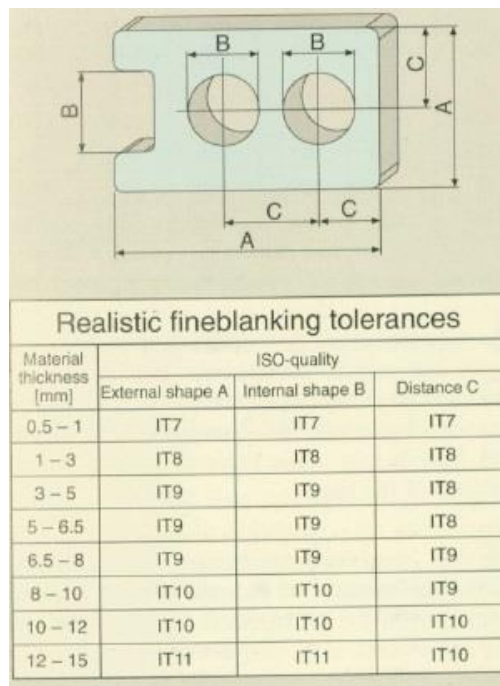
Výroba modelů pak probíhá gravitačním litím nebo tlakovým vstřikováním vosku do matečné formy [7]. Gravitační lití vosku je obvykle záležitostí kusové výroby či prototypů, v sériové výrobě se uplatňují vstřikovací automaty [7]. Vytavitelné modely se vyrábí z voskových směsí s různými přísadami a plnidly, protože čisté vosky nesplňují požadavky kladené na přesnost a stálost modelů [6]. V případě lití malých součástí je snaha vstřikovat rovnou větší množství najednou (např. jedno patro stromečku), které je rovnou uzpůsobeno k nasazení na model vtokové soustavy, který je vstřikován odděleně [6]. Návrh vtokové soustavy obvykle vychází ze zkušeností technologa, avšak lze jej ověřit pomocí výpočtových vztahů, nejlépe však pomocí počítačové simulace [6]. V případě, že součást má hluboké díry, popřípadě úzké drážky, které by se špatně obalovaly nebo způsobovaly problémy při schnutí obalů, je nutno použít keramická jádra [7]. Jádra se vkládají do připravených dutin v matečné formě a jsou zality při výrobě modelu, přičemž hrozí jejich přelomení či vyhnutí z požadované polohy [7]. Tato rizika je nutno uvážit při volbě technologie a výrobě matečné formy.

Po sestavení stromečku (včetně vtokové soustavy) je model obalován v žáruvzdorných roztocích, nejčastěji křemíku či zirkonu, a posypáván žáruvzdorným materiálem (např. silimanit, molochit, korund či zirkon) o vhodné zrnitosti [6] [7]. Poté je obalený model sušen, aby došlo k vytvrzení obalové vrstvy [6]. Sušení nejlépe probíhá v proudu suchého vzduchu o stálé teplotě, aby vlivem kolísání teploty nedošlo k popraskání obalu [6]. Po dokončení obalu je nutno vytavit vosk, a to co nejrychleji, aby nedošlo k popraskání skořepiny [6]. Obvykle se vosk vytavuje ve vodní páře či horké vodě a následuje jeho regenerace k opětovnému použití, což snižuje náklady na likvidaci i nákup nového vosku [6]. Následuje vypalování skořepin, při němž dochází ke krystalizaci obalových roztoků v kompaktní vrstvu, taktéž jsou spáleny zbytky vosku, které se nepodařilo vytavit z formy [7]. Vypalování probíhá za vysokých teplot (900 až 1080 °C), avšak ohřev by měl být pozvolný a rovnoměrný, aby se zamezilo praskání skořepiny z důvodu příliš rychlého ohřevu vnější vrstvy, zatímco vnitřní vrstvy zůstávají chladnější [7]. Výjimkou jsou formy z materiálů, které odolávají teplotnímu šoku, ty je možno vkládat do vyhřátých pecí [6]. Do žhavých skořepin je konečně nalit roztavený kov [6]. Převládá gravitační lití, ovšem pokud se vyskytují vady z důvodu uzavření vzduchu ve formě, je možné použít lití vakuové [6].

Než dojde na samotné oddělování odlitků a jejich následnou apretaci, je nutné, aby odlitek vychladl na manipulační teplotu [7]. Dostatečně chladný odlitek je zbaven skořepiny. To probíhá buď ručně nebo pomocí vibračních kladiv a dalších prvků automatizace [7]. Tvarově složité součásti, např. součásti se slepými otvory, se očišťují ručně [7]. Vtoková soustava je oddělována různými způsoby, jak jsou např. ulamování, řezání, rozbrušování, upichování, stříhání nebo upalování plamenem [6]. Zbytky po odstranění vtokové soustavy se začišťují broušením, případně třískovým obráběním [6]. Odlitky jsou čištěny od zbytků keramické skořepiny mechanickými či chemickými způsoby, jako jsou např. otryskáváním, omíláním, ultrazvukem, proudem vody nebo louhováním v chemických lázních [7]. V případě, že přesnost lití není pro některé funkční plochy dostačující, navazuje obrábění a broušení cílových ploch [6].

3.2 Přesné a klasické vystřihování, plošné tváření

Klasickým a přesným vystřihováním z plechu se zhotovují tvarové výstřižky které nacházejí široké uplatnění v konstrukci závěrů, rámu, ale hlavně spouštěcích mechanismů zbraní [6]. Přesné i klasické vystřihování lze kombinovat s dalšími operacemi tváření, jako jsou ohýbání nebo tažení, díky čemuž lze vyrobit široké spektrum součástí komplikovanějších tvarů [9]. Tento rozsah výrobků lze ještě rozšířit svářením několika dílčích výstřižků, čímž lze získat tvarově složitější součásti [9]. Přesné vystřihování umožňuje zhotovení relativně přesných součástí (IT7 až IT11 v závislosti na charakteru rozměru a tloušťce plechu viz obr. 3.6) [9]. Výhodou přesného vystřihování je značná úspora na případných dokončovacích operacích, obzvláště pokud jsou hrany výstřižku funkční [9]. Nejvýznamnějším parametrem vystřihování je tzv. střížná vůle, která má značný vliv na kvalitu střížné plochy, střížný odpor i životnost nástrojů [6]. Pro výrobu vystřihováním jsou vhodné součásti, které mají jednu převládající tloušťku stěny po celé své ploše, jako jsou například táhlo spouště pistolí, vyhazovače některých zbraní, kryty závěrů (viz obr. 3.7) a jiných ústrojí nebo zásobníky a jejich díly. Některé jednodušší dlouhé zbraně konstruované s myšlenkou jednoduché výroby a nízkých výrobních nákladů dokonce byly (PPSH-41), nebo stále jsou (některé varianty ruských pušek odvozených od konstrukce AK-47, viz obr. 3.8), vyráběny s pouzdry závěrů zhotovenými vystřihováním a následným lisováním z plechu. Tato pouzdra závěrů byla lehčí než jejich protějšky zhotovené obráběním a jejich výroba byla vysoce produktivní, avšak dnes již nedokáží plnit přísné požadavky kladené na moderní zbraně, proto se tato pouzdra závěrů vyskytují při výrobě replik historických zbraní. Dalším omezením takto vyrobených součástí je jejich pevnost, neboť pro tváření je zapotřebí materiál dostatečně tažný a měkký, proto nejsou tyto technologie vhodné pro výrobu nejvíce namáhaných součástí s vysokými požadavky na pevnost [9]. Cena nástrojů je významnou položkou v ekonomické bilanci této technologie, je tedy nutno zvážit, zda je série dostatečně velká, aby se výroba nástrojů vyplatila, případně pro kusovou výrobu či prototypy zvolit jinou technologii výroby.



Obr. 3.6 Informativní přehled dosažitelných přesností na různých tvarových prvcích při přesném vystřihování podle literatury [9].



Obr. 3.7 Lisovaný kryt závěru pušky AK-47 [5].



Obr. 3.8 Lisovaný rám pušky AK-47 [5].

3.3 Kování

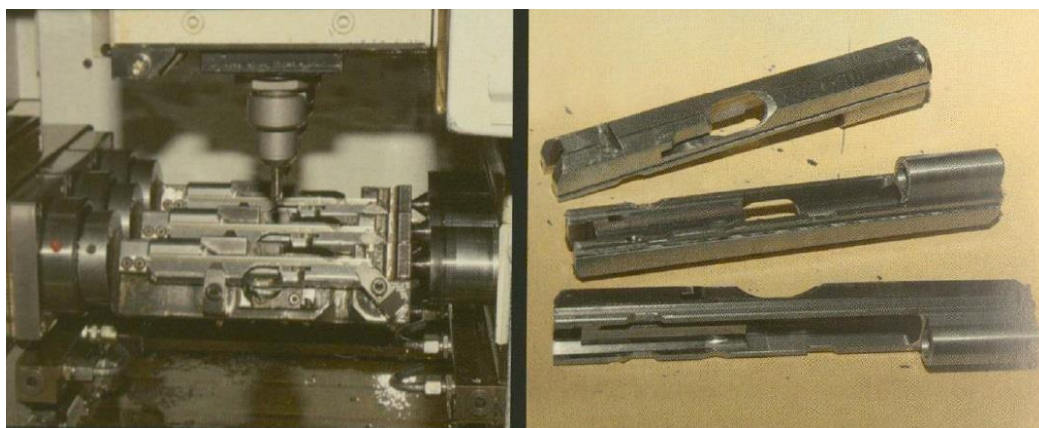
Strojní kování zproduktivňuje výrobu malých a středně velkých výrobků a díky malému množství odpadu je v mnoha případech ekonomicky velmi výhodné [10]. Kování rovněž umožňuje zlepšovat původní mechanické vlastnosti a strukturu materiálu [10]. Kování lze realizovat pomocí lisů či bucharů [10]. Zápustkové kování se používá k výrobě velkých sérií součástí omezených rozměrů a hmotností z oceli, popřípadě jiných tvárných slitin [10]. Hlavními přednostmi zápustkového kování jsou vysoká produktivita, snadná manipulace a vysoký výkon [10]. Oproti volnému kování je zápustkové kování schopno dosáhnout vyšší přesnosti výkovku, která lze následně výrazně zlepšit kalibrováním za studena, které zároveň zlepší kvalitu povrchu, díky čemuž není nutno některé plochy obrábět [10]. Přesnějšího kování lze dosáhnout kováním v uzavřených zápustkách, kde je zapotřebí dodržet přesný objem vstupujícího materiálu [10]. Zápustka je většinou dvoudílná a na její zhotovení jsou kladeny přísné požadavky co se do přesnosti i odolnosti týče, což se následně projevuje ve fixních nákladech na zavedení této technologie, proto je nutný důkladný ekonomický rozbor. Pro výrobu hlavní se často používá rotační kování, které bude detailněji rozebráno v kapitole 4.4.

3.4 Obrábění

Obrábění je ve zbrojní výrobě často používáno jako dokončovací operace, nejčastěji po lití či kování. Některé menší rotační díly jako jsou např. trny pružin, některé úderníky a především čepy, kolík a různé osičky jsou zhotoveny soustružením. Některé dlouhé zbraně (v česku např. PROARMS Par MkIII, CZ 858 Tactical nebo CZ 805 Bren (viz obr. 3.9)) mají pouzdra závěrů vyrobená frézováním z bloku. Takto vyrobená pouzdra závěrů mají nejlepší přesnost a trvanlivost, avšak množství odpadu a obráběcí čas způsobují vysokou cenu konečných výrobků. Přesto je frézování z bloku nejrozšířenější technologií při výrobě pouzder závěrů dlouhých zbraní. Typickým představitelem obráběného výrobku ve zbrojní výrobě jsou samotné závěry (viz obr. 3.10), kde tato technologie drtivě převažuje. Obrábění se také uplatňuje při výrobě prototypů (např. prototyp pistole CZ SP-01 viz obr. 3.11). Obrábění ve zbrojní výrobě je srovnatelné s obráběním běžných strojních součástí, výjimku tvoří malé tvarové prvky a dlouhá lineární vedení v rámech a pouzdrech závěrů, které vyžadují přesnost pro hladký chod zbraně.



Obr. 3.9 Frézované rámy CZUB 805 Bren [11].



Obr. 3.10 Obrábění (vlevo) závěrů (vpravo) pistolí CZUB SP-01 [8].



Obr. 3.11 Prototypy pistole SP-01 vyrobené pouze třískovým obráběním [8].

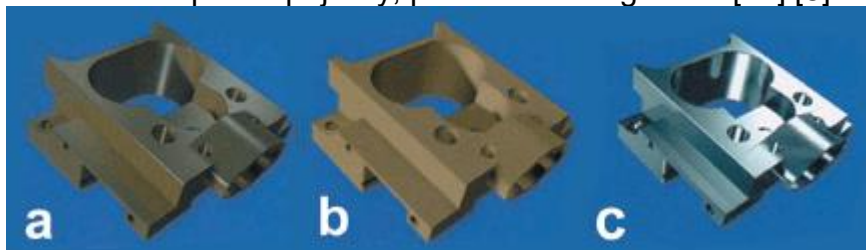
3.5 Metal Injection Moulding

Neboli práškové vstřikování kovů je progresivní technologie vhodná k výrobě malých tvarově složitých součástí, které nejsou nadměrně namáhané. Tato technologie je založená na tom, že prášek kovu je smíšen v polymerovém či voskovém pojivu, které umožňuje vstřikování do forem, po kterém následuje odstranění pojiva a finální operace, při které je prášek sintrován a vzniká kompaktní díl (viz obr. 3.12) [12].



Obr. 3.12 Schéma procesu MIM [12].

Vstřikování pojiva probíhá stejně jako vstřikování plastů (viz kap. 5.1) [12]. Odstranění pojiva není dokonalé, část pojiva zůstane zachycena v materiálu, avšak porézní struktura zbylého materiálu umožňuje vypaření zbytků pojiva na začátku sintrace [12]. Během sintrace je tato porézní struktura vyplněna, čímž dochází ke smrštění součásti 15 až 20 % (viz obr.3.13) [12]. Sintrace probíhá při cca 85 % teploty tavení použitého materiálu [13]. Např. společnost CZUB používá k výrobě složitějších součástí, jako jsou záchyty zásobníku či páčka pojistky, právě technologii MIM [12] [8].



a) „zelený díl“ po vstřikování, b) „hnědý díl“ po odstranění pojiva, c) hotový výrobek
Obr. 3.13 Fáze výrobků MIM

3.6 Povrchové úpravy

Povrchové úpravy pomáhají součástem dosáhnout požadovaných mechanických vlastností povrchové vrstvy, požadované odolnosti vůči prostředí nebo požadovaného vzhledu [6]. Vhodnou volbou povrchové úpravy lze pozitivně ovlivnit funkci a spolehlivost výrobku [6]. Zvláštní důraz je kladen na povrchové úpravy hlavní, které jsou bezesporu nejvíce namáhanou součástí zbraně [6]. K povrchování vývrtu hlavně se nejčastěji používá tzv. tvrdé chromování, nebo teniferace. Teniferace je druhem karbonitridace, existuje několik druhů (Tenifer Q, QP, QPQ seřazeno od nejjednodušší po nejpokročilejší) [14]. Tyto povlaky obvykle dosahují Ra okolo 4 μm , pouze nejpokročilejší Tenifer QPQ lze vyleštit na Ra 1 μm [14]. Ostatní kovové součásti, jako jsou rámy, pouzdra závěrů, závěry a mnohé díly mechanismů se povrchují metodami jako jsou černění (brynýrování viz obr. 3.14), fosfátování, chromátování, chromování (viz obr. 3.15), niklování, titanové povlaky, nebo různé kombinované povlaky, jako je např. chrom-molybdenový povlak [6]. U některých součástích, jako jsou např. ocelové rámy pistolí, je povrchování nezbytné kvůli kontaktu s rukou střelce, a tedy s lidským potem, který je vysoce korozivní. U některých zbraních určených pro ozbrojené složky se vyskytuje barvení nátěrem za účelem maskování v přírodním prostředí nebo jako levnější alternativa ochrany povrchu před korozí, které jsou realizovány pomocí alkydových, olejových, epoxidových nebo polyuretanových nátěrů [6].



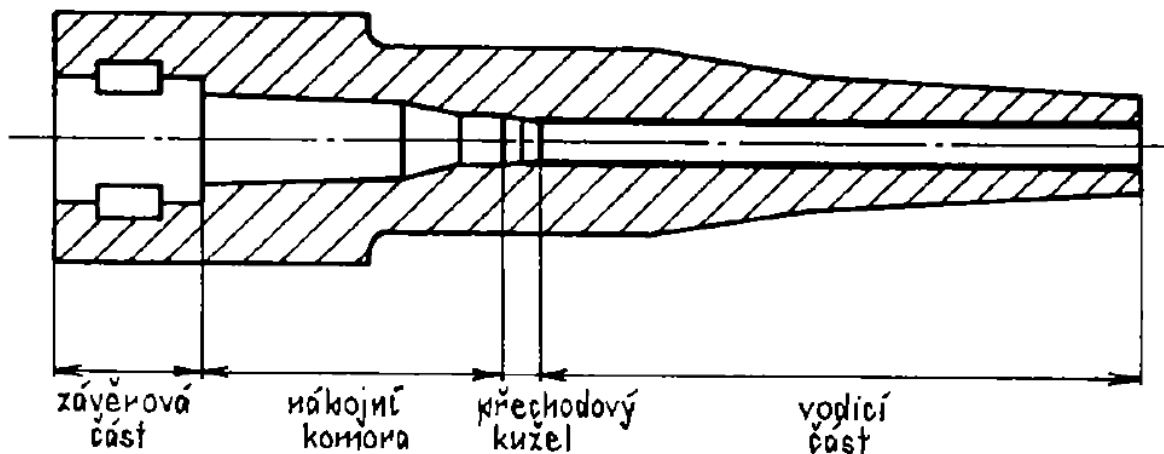
Obr. 3.14 Pistole CZ SP-01 [5].



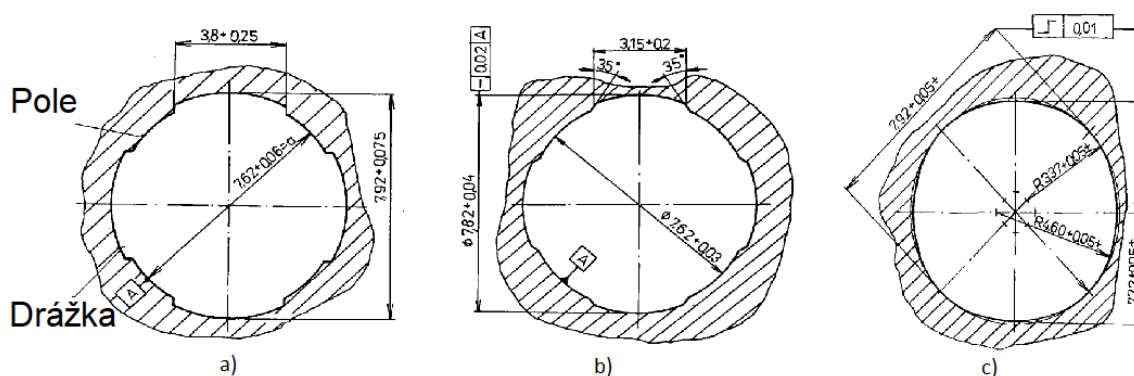
Zásobník (vlevo) brynýrován, rám pistole (uprostřed) ošetřen polyuretanovým nátěrem [8].
Obr. 3.15 Chromované pistole Beretta 92 Billenium [5].

4 VÝROBNÍ METODY HLAVNÍ

Hlaveň je tlustostěnnou tlakovou nádobou s proměnným průřezem po délce, jejímž účelem je udělit střele kinetickou energii pomocí expanze prachových plynů (viz obr. 4.1) [6] [15]. Také slouží k udělení rotace střele, k čemuž je opatřena šroubovicovým drážkováním, případně tzv. polygonálním vývrtem (viz obr. 4.2) [15]. Z hlediska principu lze hlavěň připodobnit k pístovému motoru pracujícímu za extrémních tlaků a výkonů, ovšem mnohem kratší dobu [15]. Životnost hlavěň jsou pouze desítky sekund čisté funkce, avšak díky krátké době trvání samotného výstřelu vydrží hlavěň desítky tisíc ran [15]. Z hlediska rovnoměrného opotřebení by bylo žádoucí, aby se hlavěň kuželovitě zužovala směrem k ústí, avšak tento požadavek dnes dokáže v sériové výrobě splnit pouze rotační kování profilu hlavěň [15]. Na přesnost střelby má též značný vliv ústňová část vývrtnu, které ovlivňuje chování přebytečných plynů za ústím hlavěň [15]. Je kladen přísný požadavek na kolmost čela hlavěň k ose vývrtnu a vnitřní hrana na ústí vývrtnu je zaoblena poloměrem vyšším, než je hloubka drážek hlavěň [15]. U některých zbraní určených k extrémně přesné střelbě se dokonce na ústňovém konci hlavěň odvrstává vodící část vývrtnu na válcovitou dutinu o délce několika ráží, což zajišťuje homogenní výtoku plynů z hlavěň, čímž je minimalizována destabilizace střely vlivem vytékajícího plynu [15].



Obr. 4.1 Řez hlavěň [15].



Obr. 4.2 Drážkování ráže 7,62 mm a) pravoúhlé b) lichoběžníkové c) polygonální [15].

Polotovarem pro výrobu hlavěň malých zbraní jsou buďto tyčové výkovky, nebo válcovaná tyčovina [6]. Na hlavěň jsou kladeny přísné požadavky, co se přesnosti rozměrů a kvality povrchu týče [6]. Na hlavěni jsou dva typy povrchů, jejichž přesnost výroby určuje přesnost střelby celé zbraně [6]. Prvním je vývrt hlavěň spolu s nábojovou komorou, na něž je kladen přísný požadavek válcovitosti, sousosti

a kvality povrchu [6]. Druhým typem povrchů jsou spojovací plochy, které umožňují uložení hlavně do pouzdra závěru (resp. rámu pistole či revolveru). Na tyto plochy jsou kladeny různé požadavky charakteristické podle druhu uložení hlavně (resp. její pohyblivosti). Vývrt malých zbraní se vyhotovuje v přesnosti IT9 a tloušťka stěny hlavně se toleruje $\pm 0,25$ mm [6]. Pro souosost vodící části s nábojovou komorou je tolerance 0,1 mm [6]. Kvality povrchů v malých zbraních doporučuje literatura viz obr. 4.3.

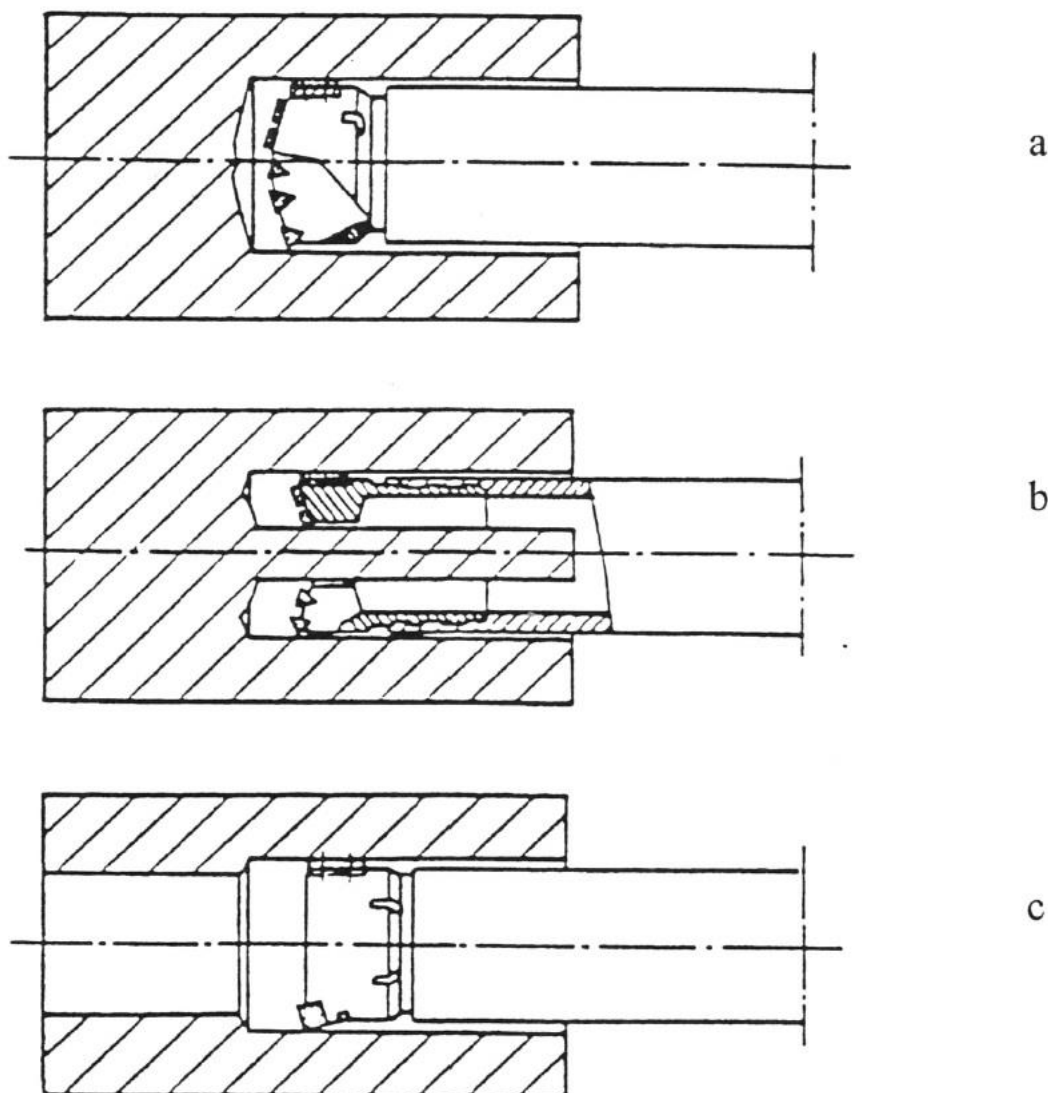
Druh povrchu		Drsnost R_a [μm]	
		<i>Malorážové hlavně</i>	<i>Velkorážové hlavně</i>
Vývrt	<i>vodící část</i>	0,2 až 0,4	0,8 až 1,6
	<i>drážky</i>	0,4	1,6 až 3,2
	<i>nábojová komora</i>	0,4 až 0,8	0,8 až 3,2
Vnější plochy	<i>vodící</i>	0,8 až 1,6	1,6
	<i>středící</i>	0,8 až 1,6	3,2
	<i>stykové</i>	0,8 až 1,6	3,2 až 6,4
	<i>volné</i>	1,6 až 3,2	12,5

Obr. 4.3 Doporučené kvality povrchů v hlavních podle literatury (je zde použit zastaralý termín drsnost povrchu) [6].

4.1 Vrtání hlubokých děr

Jako hluboké se označují díry s poměrem délky k průměru vyšším než 10:1 [6]. Hluboké díry kladou vysoké požadavky na nástroje i technologické podmínky, jako jsou mazání, chlazení, lámání třísek a jejich odvod z místa řezu [6]. Vrtání hlubokých děr lze realizovat několika metodami (viz obr. 4.4) [6]:

- a) **Vrtání do plného materiálu** je nejjednodušší a používá se u děr malých průměrů na jednu operaci.
- b) **Vrtání na jádro** se používá především pro díry velkých průměrů, protože vyžaduje nižší výkon než vrtání do plného materiálu. Taktéž se provádí na jednu operaci. Při vrtání do drahých materiálů se jádro obvykle použije na další účely, jako jsou např. zkušební vzorky. Pokud je během procesu nutno vyměnit břitové destičky, může být zpětné zasunutí jádra do díry náročné důsledkem váhy volného jádra.
- c) **Vyvrátávání** se používá především pro dosažení lepší kvality povrchu a přesnosti děr. Taktéž se používá tehdy, když je výkon stroje nedostatečný pro vrtání do plného materiálu. Vyvrátávání dělíme na tažné a tlačené. Při tlačném vyvrátávání nástroj sleduje osu předvrtané díry, zatímco při tažném vyvrátávání nástroj sleduje osu stroje.

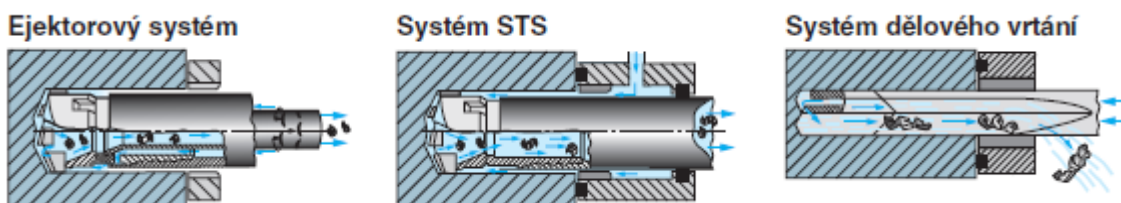


Obr. 4.4 Metody vrtání hlubokých děr [6].

Volba metody závisí na průměru díry, materiálu součásti, požadované toleranci a dostupném strojovém a nástrojovém vybavení [6]. Pro vrtání hlubokých děr se dnes používají také tři systémy, které se liší způsobem dopravování řezné kapaliny a s tím spojeným odběrem třísek (viz obr. 4.5) [16]:

- a) **Dělový vrták** má dutou stopku, skrz níž je čerpána řezná kapalina, která je následně vytlačována drážkami v řezné hlavě [16]. Nevýhodou této metody je to, že třísky přicházejí do kontaktu s již hotovým povrchem díry, což může vést ke snížení jeho kvality [6]. Dále hrozí ulpívání mikroskopických třísek na hotovém povrchu, které dále mohou poškozovat vodítka, a tak snižovat celkovou kvalitu vyráběné díry [6]. Také jsou zvýšeny požadavky na zakrytování stroje, neboť drážky na vrtáku se otáčí a řezná kapalina tak vystřikuje všemi směry.
- b) **Ejektorový vrták** používá výměnou hlavu, která je upevněna na vnitřní i vnější trubku, mezi nimiž je přiváděna řezná kapalina, která je dále odváděna vnitřní trubkou pryč, díky čemuž řezná kapalina koluje v uzavřeném systému [6] [16].
- c) **STS systém** (z angl. Single Tube System) používá taktéž výměnou hlavu, která se upevňuje na rozdíl od ejektorového vrtáku pouze na jednu

trubku [6]. Řezná kapalina je přiváděna prostorem mezi trubkou a stěnou hotové díry pod vysokým tlakem, což napomáhá lomu třísky a následně je kapalina odváděna otvory v řezné hlavě a poté středem trubky pryč z místa řezu [6] [16].



Obr. 4.5 Systémy vrtáků hlubokých děr [16].

Dalším faktorem, který ovlivňuje přesnost při výrobě hlubokých děr je kinematika procesu. Nejideálnějším stavem je rotace obrobku i vrtáku v opačných směrech, pokud to stroj neumožňuje, druhou a nejčastější variantou je rotace obrobku a poslední variantou je rotace vrtáku (viz obr. 4.6) [6] [16].



Obr. 4.6 Vliv kinematiky procesu na přímost díry [16].

Pro zamezení chvění a prohýbání vrtáku se používají vodítka, která zajišťují osu vrtáku proti uhnutí [16]. Pro správný vstup vrtáku do materiálu je vhodné použít pouzdro, které vede vrták od prvního vniknutí do materiálu až po dosednutí vodítek na obrobek [16]. Vrtání hlubokých děr je až na výjimky prováděno na speciálních strojích, proto je při volbě technologie důležité uvažovat již dostupné vybavení, nebo naopak investovat do vhodných strojů, avšak s ohledem na budoucí vývoj výroby. Stroje pro hluboké vrtání lze charakteristicky rozdělit do tří skupin, kdy první skupina obsahuje stroje velice podobné soustruhům, či přímo vzniklé jejich úpravou, kde rotuje obrobek a nástroj je

pevný, druhou skupinu tvoří speciální stroje vrtání součástí hlavňového charakteru, které mají dvě souosa vřetená, čímž umožňují protiběžnou rotaci nástroje a obrobku, a poslední skupiny, která je určena především pro vrtání nerotačních součástí, kdy nelze použít rotaci obrobku a je tedy použita pouze rotace nástroje [6]. Vzhledem k tomu, že ejektorové a STS vrtací hlavy jsou dostupné pro větší průměry (obvykle nad 20 mm [16]), je zřejmé, že pro vrtání hlavní malých zbraní budou použity vrtáky dělového systému. Tyče vyvrtané hlubokým vrtáním jsou polotovarem pro všechny další možnosti dokončování hlavní a např. při kování za studena je přímost a válcovitost díry v polotovaru nezbytným předpokladem přesnosti vyrobeného profilu [17].

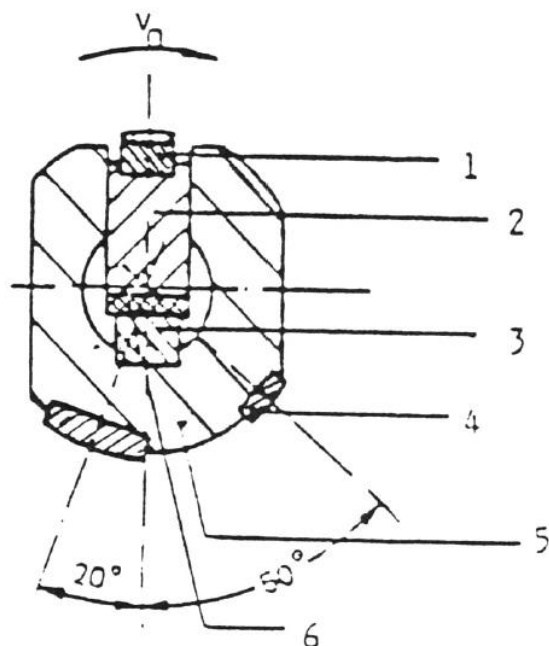
4.2 Dokončování hlubokých děr

Dokončování děr hlavní malých zbraní se obvykle provádí vystružením a následným honováním [6]. Vystružování se provádí výstružníky s prodlouženou stopkou, které mají nestejněměrné rozteče břitů, nebo lichý počet břitů [6]. Malé hlavně jsou vystružovány na jeden záběr, větší hlavně jsou na několik záběrů, avšak poslední záběr by vždy měl být proveden tažením výstružníku, čímž je dosaženo lepší geometrické přesnosti [6]. Obvykle se vystružuje na stejných strojích, jaké jsou používány k vrtání hlubokých děr hlavně, avšak lze vystružovat i na speciálních vodorovných vystružovačkách [6].

Dokončovací metoda honování slouží ke zvýšení kvality povrchu pomocí jemného brusiva, které je upevněné v honovacích kamenech (též lištách) [18]. Honování je prakticky broušení malou rychlostí (viz obr. 4.7) za intenzivního přísunu řezné kapaliny [18]. Honování dosahuje skvělých geometrických přesností, neboť v rámci přídatku odstraňuje kuželovitost, ovalitu a soudkovitost, avšak nedokáže opravit polohu osy [18]. Honování vývrtu je nezbytné u polotovarů pro kované hlavně, před výrobou drážek protahováním, a také před povrchovou úpravou vývrtu [6]. Honování vývrtů hlavní je oproti běžnému honování vnitřních válcových ploch odlišné obzvláště rozsahem honované plochy [6]. Pro honování hlavní malých zbraní jsou obvyklé honovací hlavy s jednou lištou a dvěma vodicími lištami, které jsou nesymetricky rozloženy po odvrácené straně nástroje (viz obr. 4.8) za účelem lepší kruhovitosti honovaného povrchu [6]. Pro zvýšení úběru je možné použít speciální hlavy osazené více lištami [6].

Materiál	Operace	Brusivo					
		diamant, KNB			umělý korund, karbid křemíku		
		v_c [m.min ⁻¹]	v_f [m.min ⁻¹]	P_k [MPa]	v_c [m.min ⁻¹]	v_f [m.min ⁻¹]	P_s [MPa]
Nekalená ocel	hrubování	25 + 35	6 + 12	0,4 + 0,6	15 + 30	8 + 12	0,4 + 0,8
	dokončování	25 + 35	3 + 8	0,2 + 0,4	10 + 30	5 + 7	0,2 + 0,4
Kalená ocel	hrubování	40 + 50	5 + 8	0,8 + 1,4	20 + 40	5 + 8	1,0 + 1,5
	dokončování	40 + 55	4 + 6	0,4 + 0,8	20 + 30	4 + 7	0,6 + 1,0
Litina	hrubování	50 + 80	15 + 18	0,8 + 1,5	40 + 80	12 + 22	0,8 + 1,4
	dokončování	40 + 70	8 + 16	0,4 + 0,9	30 + 50	8 + 15	0,3 + 0,8
Bronz	dokončování				40 + 70	4 + 8	0,3 + 0,5
Tvrde povlaky	dokončování	20 + 25	10 + 12	0,3 + 0,4			

Obr. 4.7 Doporučené řezné podmínky pro honování dle literatury [18].



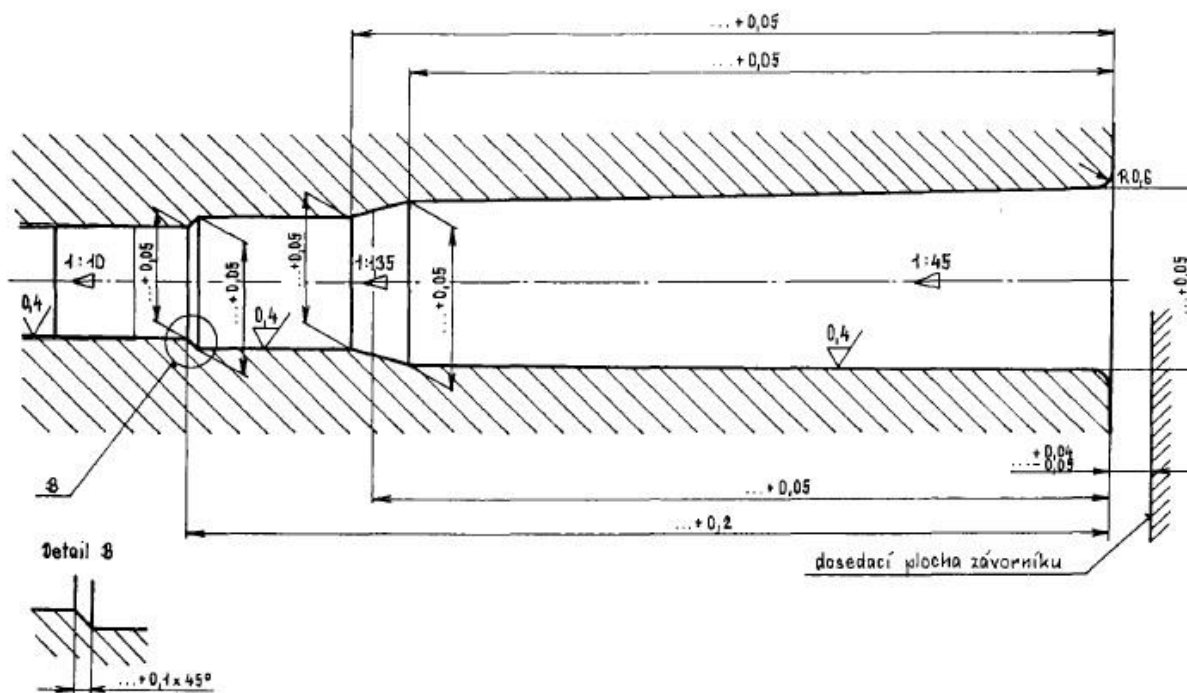
1 – honovací lišta, 2 – nosná lišta (držák), 3 – opěrná lišta, 4 – vodící lišta
5 – těleso, 6 – klín

Obr. 4.8 Řez honovací hlavou pro hlavně malých zbraní s jednou lištou [6].

Po honování se hlavně malých zbraní též leští [6]. Leštění je nezbytné u polotovarů pro kované hlavně a před povrchovými úpravami [6]. Také jsou leštěny hlavně, které mají plnit estetické či výstavní účely [6]. Jednou z metod leštění vývrtu je leštění negativním odlitkem z olova, který je zhotoven tak, že hlaveň je postavena vertikálně, dovnitř je nasunuta tyč a zalita olovem [6]. Po vychladnutí je odlitek vyjmut a do jeho povrchu je vtlačeno brusivo a poté je nástroj za přisunu vhodného řezného oleje protahován dovnitř a ven skrz vývrt hlavně [6]. Další možností jsou speciální nástroje podobné honovací hlavě, avšak uzpůsobeny k dosažení co nejkvalitnějšího povrchu [6]. Poslední možností jsou lešticí kroužky [6]. Vnější je zhotoven z měkké a pružné plastické hmoty, do které je při výrobě přimícháno brusivo, zatímco vnitřní kroužek je tvrdší a pevnější [6]. Stlačováním vnitřního kroužku se vnější kroužek deformuje a brusivo je přitlačeno na povrch vývrtu, nástroj pak koná stejný pohyb jako v případě prvního způsobu [6]. Přísné požadavky na kvalitu povrchů vyžadují leštění nábojových komor a přechodových kuželů, které je realizováno pomocí smirkování [6]. To probíhá tak, že na tvarový nástroj je nanášeno brusivo, nebo připevněno smirkové plátno, a kombinací otáčení nástroje a vhodného přitlaku dochází k leštění plochy [6].

4.3 Výroba přechodových kuželů a nábojových komor

Pokud polotovar hlavně není určen ke kování, je nutno vyrobit nábojovou komoru a přechodový kužel (viz obr. 4.9) obráběním. Přechodový kužel je místem nejintenzivnější degradace hlavně vlivem eroze způsobené teplotou a tlakem plynů a otláčením způsobeným zařezáváním střely do drážek vývrtu [15].



Obr. 4.9 Nábojová komora [15].

Někteří výrobci kovaných hlavní taktéž nábojovou komoru a přechodový kužel vyrábí obráběním, nejčastěji z důvodu vyšší přesnosti nebo menší technologické náročnosti [19]. Obrábění těchto tvarových prvků patří i přesto mezi velmi náročné operace [6]. U malých zbraní jsou nábojová komora a přechodový kužel vyhotoveny tvarovým výhrušníkem a následně dokončeny tvarovým výstružníkem (viz obr. 4.10) [6].

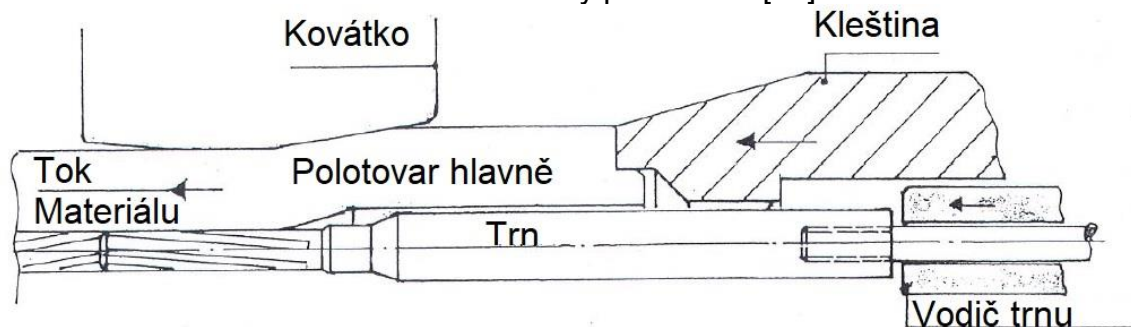


Obr. 4.10 Komorové výstružníky nabízené firmou Parabellum Shop [20].

Cílem vystružování je zlepšení přesnosti a kvality povrchu díry, tomu vyhovují výstružníky, které mají buď při sudém počtu břitů nestejně rozteče mezi břity, nebo mají lichý počet břitů, v obou případech jsou to výrobně nákladné nástroje [6]. V případě přísnějších požadavků na přesnost nábojové komory a přechodového kuželu lze dokončení provést též broušením [6].

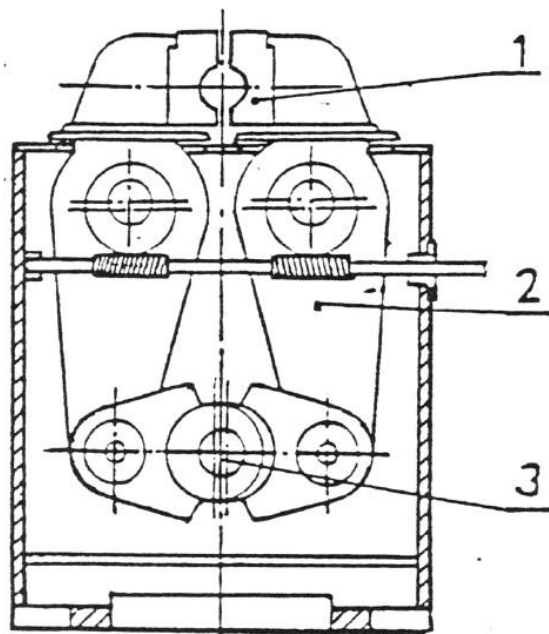
4.4 Kování hlavní

Hlaveň je typickým představitelem pro výrobek technologie rotačního kování [6]. Princip této technologie spočívá v redukci průřezu polotovaru (resp. tloušťky stěny v případě trubek) pomocí kovátka (viz obr.4.11), která na polovar radiálně naráží, přičemž současně dochází k zvětšování délky polotovaru [21].



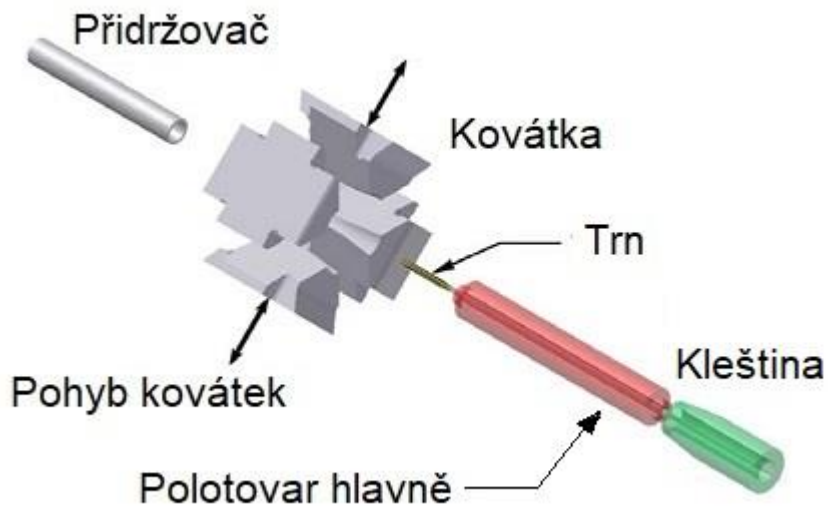
Obr. 4.11 Schéma práce kovátka [17].

Různé konstrukce používají různý počet kovátek a různé druhy jejich pohonu [6]. Stroje typu Wacker (viz obr. 4.12) používají dvě kovátka, jejichž činnost je odvozena od rotujícího vačkového hřídele [21]. Stroje od firmy GFM (viz obr. 4.13, 4.14) používají nejčastěji čtyři, někdy i šest kovátek, které jsou samostatně poháněna vlastním vačkovým hřídelem [6]. Další variantou jsou stroje, které používá firma Winchester (viz obr. 4.15), které jsou zajímavé tím, že výkovek nerotuje na trnu, ale kovátka rotují kolem něj v rotačním pouzdře a jejich pohyb je odvozen od válečků uložených ve stacionárním pouzdře [19].



1 – kovátka 2 – dvouramenné páky 3 – klikový hřídel
Obr. 4.12 Kovací stroj firmy Wacker [21].

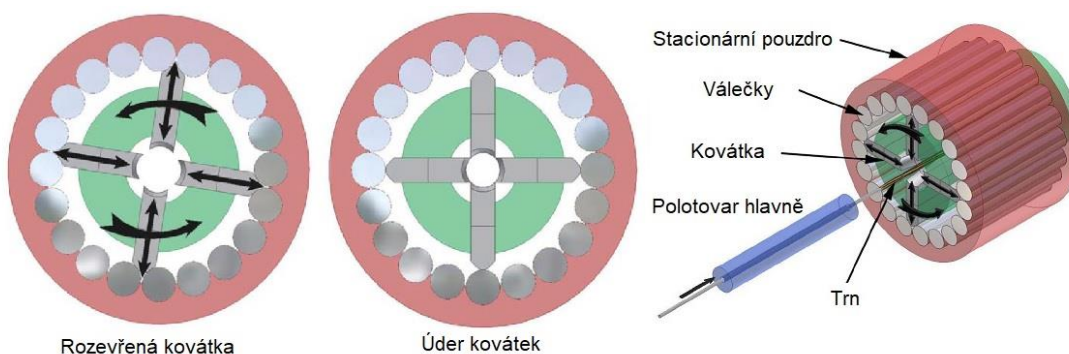
Pohyb kovátek je vždy synchronizovaný i přes vysokou frekvenci úderů (1000 až 1500 úderů za minutu), celý proces je pak řízen numericky a skládá se z kmitání kovátek, posuvu materiálu (upnutého v kleštínách) mezi kovátka, rotace tvářeného materiálu, nebo kovátek a synchronizovaného rozevírání či svírání kovátek za účelem změny kovaného průměru [21]. Hlavně malých zbraní se obvykle kovají za studena, jež dosahuje přesnosti vnějšího průměru IT11 a přesnosti vnitřní plochy kované na trnu IT6 až IT8 [21]. Např. stroje firmy GFM jsou schopny vykovat hlaveň včetně nábojové komory i drážkování hlavně [17].



Obr. 4.13 Schéma kovacího stroje firmy GFM [19].



Obr. 4.14 Kovací stroj na principu GFM ve firmě CZUB [11].

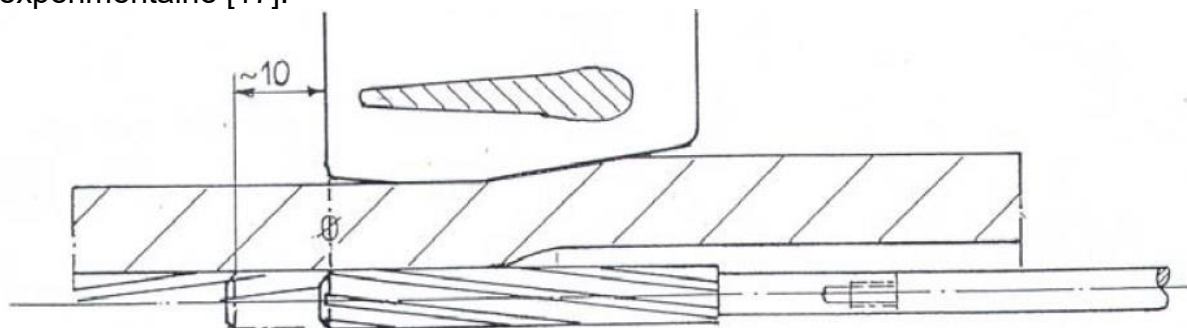


Z konstrukce je patrné, že stroj není schopen upravovat průměr mezi kovátky.
Obr. 4.15 Schéma kovacího stroje používaného firmou Winchester [19].

Pro co nejlepší přesnost vykované hlavní je zásadní kvalita honované a vyleštěné díry v polotovaru, která musí mít co nejlepší válcovitost a přímost [17]. Kvalita povrchu dokončené díry v polotovaru by neměla být horší než $R_a 0,15 - 0,25 \mu m$ [17]. Při vrtání díry v polotovaru hlavní je důležité, aby materiál nebyl výrazně zpevněn, což by vedlo

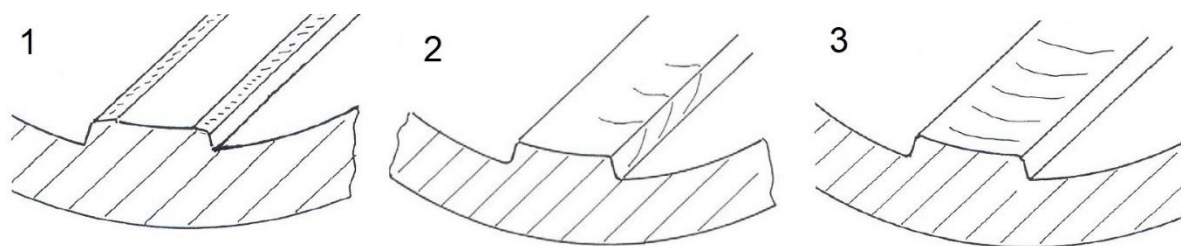
k prasklinám při kování hlavně [17]. Při soustružení vnějšího průměru polotovaru je důležité, aby rozdíl v tloušťce stěn polotovaru nepřesáhl 0,05 mm, což by se projevilo jako ohnutí kované hlavně [17]. Výhodou však je, že díra v polotovaru není tak dlouhá, jako na hlavní vyrobené obráběním, protože polotovar pro výrobu hlavně kování za studena je přibližně o třetinu kratší než výsledná hlaveň [6]. Je doporučeno používat co nejčistší materiály jejichž souhrnný obsah fosforu a síry nepřesahuje 0,025 % [17]. Tato čistota je běžně dosahována pomocí opakovaného tavení ve vakuu [17]. Pokud není dodržena kvalita materiálu, není možné dosáhnout kvality povrchu vykovaného drážkování hlavně [17]. Čím více nečistot materiál obsahuje, tím více se objevují záhyby v kovaném materiálu [17]. Čím homogennější je struktura materiálu tím menší je riziko případných trhlin při kování za studena [17]. Pokud je to možné, polotovar hlavně by měl být před kování vyžhán za účelem snížení vnitřního pnutí a po kování taktéž, aby nedošlo k uvolnění napětí během dokončovacích operací [17]. Literatura uvádí pro kování hlavní za studena následující materiály jako obvyklé volby: 32 Cr Mo V 1210, 21 Cr Mo V 511, 14 Ni Cr 14, 50 Cr V 4 [17].

Dále se budeme věnovat parametrům provozu strojů firmy GFM, jelikož literatura [19] naznačuje, že jsou nejpoužívanější a také k nim existuje dostupná literatura, na rozdíl od ostatních technologií, které jsou zřejmě střeženy jako výrobní tajemství. Obvyklý posuv polotovaru v kleštinách je 90 až 200 mm.min⁻¹, kleština se otáčí přibližně 30 až 56 min⁻¹ a tlak její sevření dosahuje 25 až 40 bar [17]. Taktéž je důležitá pozice trnu vůči hraně kovátek, která je rozhodující vůči kvalitě vyráběného drážkování [17]. Je možné trn přesadit za zadní hranu klovátek cca o 10 mm (viz obr 4.16), vyšší hodnota by způsobila studené svary s trnem, nebo předsadit až 5 mm před zadní hranu kovátek, tato hodnota je závislá na tvaru a stoupání drážek a je nutno jí vyladit experimentálně [17].



Obr. 4.16 Poloha trnu vůči kovátku [17].

Během zavádění do výroby je vyrobena kratší hlaveň k ověření funkce [17]. Již během prvních 50 až 100 mm je nutné kontrolovat kleštinu na vibrace, a případně snížit rychlost jejího posuvu [17]. Po vykování krátkého kusu je nutno provést kontrolu vyrobeného drážkování, neboť mohou vznikat defekty viz obr. 4.17 [17]. Na obr. 4.17.1 jsou vidět nedostatečně napěchované drážky, což lze odstranit mírným zmenšením průměru v dolní úvrati kovátek [17]. obr. 4.17.2 znázorňuje příliš napěchované drážky, což lze odstranit mírným zvětšením průměru v dolní úvrati kovátek [17]. Na obr. 4.17.3 jsou vidět prohlubně v příčném směru, které vznikají kvůli nedostatečnému přesazení trnu, který je nutno zasunout hlouběji mezi kovátko [17].

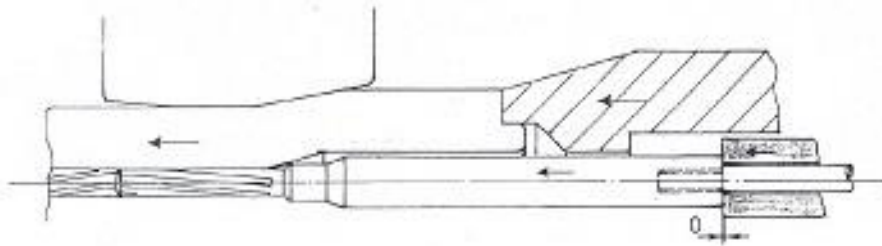


Obr. 4.17 Defekty drážek [17].

Poté co je vyrobeno drážkování hlavně, je nutno vyrobit nábojovou komoru, což je velice náročné. Někteří výrobci (např. Sturm, Ruger & Co.) kvůli obtížnosti této operace raději dokončují výkovky hlavní obráběním (viz obr. 4.18) [19]. Pistolové hlavně jsou také obvykle vyráběny bez nábojové komory z dlouhého polotovaru, který je kován v celku a následně nařezán na kratší kousky a dokončen na požadovaný tvar a rozměr. Jakmile je dokončen vývrt, trn je posunut vpřed, dokud se neopře o začátek drážkování hlavně, čímž je definováno místo vzniku budoucího přechodového kuželu a začíná proces kování přechodového kuželu a nábojové komory, který probíhá podobně jako předchozí kování drážek, avšak postupně je zvětšován vnější průměr hlavně (viz obr. 4.19) [17]. Poté co je vykován přechodový kužel a případně spojovací kužel (pokud je hlaveň určena pro náboj s lahovitou nábojnicí), je materiál kován pouze tak, aby se dotkl největšího průměru na trnu [17]. Správné vyplnění přechodového (resp. spojovacího) kuželu je nejnáročnější částí kování hlavně a je třeba mu věnovat zvýšenou pozornost. Tvrdost trnu pro kování hlavně s nábojovou komorou by měla být 50 až 54 HRC, z důvodu vysokých tlaků na trn při formování přechodového kuželu [17]. Celá soustava je pak obzvláště náchylná na souosost, která by měla být přísně kontrolována, neboť jakékoliv vyosení způsobuje nepřesnost střelby a technologické problémy při výrobě [17].



Obr. 4.18 Vykovaná hlaveň po soustružení (vlevo) a frézování (vpravo) před dokončením [8].



Obr. 4.19 poloha trnu na začátku kování nábojové komory [17].

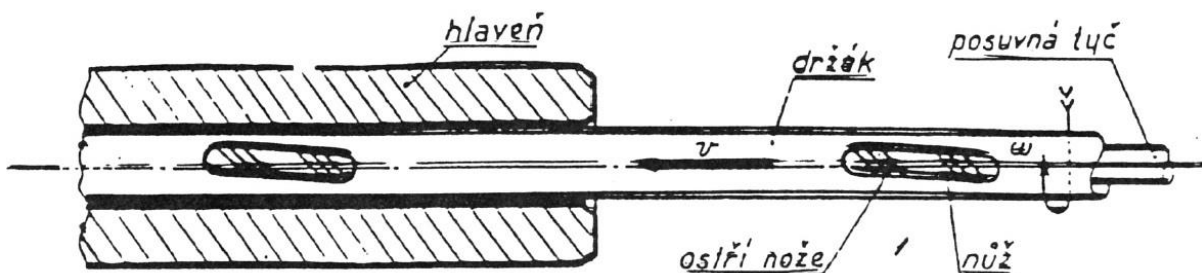
Hlavně vyrobené pomocí rotačního kování mají řadu předností, mají např. vynikající mechanické vlastnosti, výbornou přesnost, ale hlavně vyšší procento využití materiálu a kratší výrobní čas, vzhledem k tomu, že drážkování není nutno provádět obráběním, což ve výsledku staví tuto technologii do popředí v hromadné výrobě [6]. Další výhodou je snadná možnost výroby různých (dokonce i polygonálních) profilů hlavně pomocí úpravy kovacího trnu. Ostatní technologie dokáží vyrobit polygonální vývrtky pouze za speciálních a velice komplikovaných podmínek.

4.5 Výroba drážkování hlavní

Drážkování je část hlavně jejímž účelem je udělení rotace střele. Hlavně mají zpravidla sudý počet drážek, pokud je to možné, měl by být počet drážek násobkem čtyř [6]. Úhel stoupání drážek bývá okolo 7° [6]. Jak již bylo zmíněno, jednou z variant výroby drážkování je kování za studena. Pokud je však z nějakého důvodu rozhodnuto hlavně nekovat, přichází na řadu obvyklé metody drážkování.

4.5.1 Drážkování

Zhotovení vývrtky drážkováním se provádí na speciálních strojích pomocí speciálních držáků, do kterých jsou umístěny drážkovací nože (viz obr. 4.20) [6]. Držák koná přímočarý a rotační pohyb, čímž přivádí nože do záběru a zhotovuje tak šroubovicové drážky [6]. Pomocí vhodného nastavení poměru rotačního a přímočarého pohybu pak lze vyrobit vývrtky různých stoupání, dokonce i nekonstantních [6]. Drážkovací bývají dvoubřité s negativní geometrií pro oboustranný záběr [6]. Počet drážek je stejný jako počet nožů nebo je jeho násobkem, tehdy se držák pootočí pomocí dělicího přístroje a je vyrobena další skupina drážek [6].

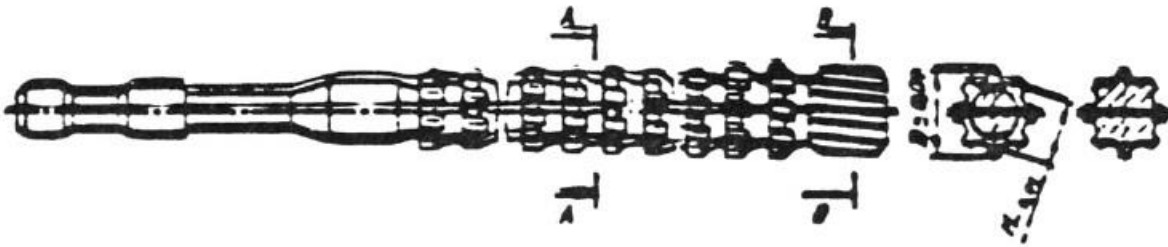


Obr. 4.20 Schéma drážkování hlavně [6].

V dnešní době je drážkování nahrazováno jinými technologiemi, zejména pro nedostatečnou produktivnost, efektivitu a kvalitu vyrobených drážek [6]. Drážkování přetrvává v kusové a zakázkové výrobě. Také se používá pro výrobu hlavně z materiálů nízké pevnosti, jako mají např. vzduchovky [6].

4.5.2 Protahování

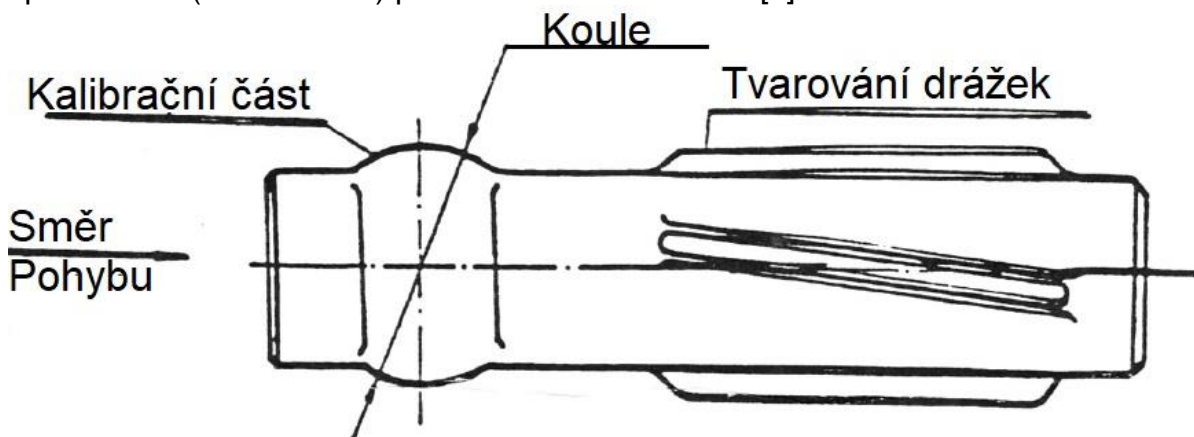
Protahování je dokončovací proces, při němž se velice produktivním způsobem dokončují tvarové prvky [18]. Podstatou protahování je postupný záběr po sobě jdoucích zubů trnu pohybujícího se řeznou rychlostí v_c [18]. Protahování drážek hlavní malých zbraní je realizováno pomocí celistvého protahovák (viz obr. 4.21), nebo pomocí tažných kroužků [6]. Výhodou protahování tažnými kroužky je vyšší přesnost, kvalita povrchu zhotovených drážek a produktivita, avšak nástroj je dražší a je zapotřebí vyšší výkon stroje [6].



Obr. 4.21 Celistvý protahovák k drážkování hlavní [6].

4.5.3 Protlačování

Protlačování je produktivní tvářecí operace používaná k dokončení hlavní. Při protlačování je do hladce vyleštěného vývrtu polotovaru hlavně zatlačován speciální trn (viz obr. 4.22) pomocí vodorovného lisu [6].



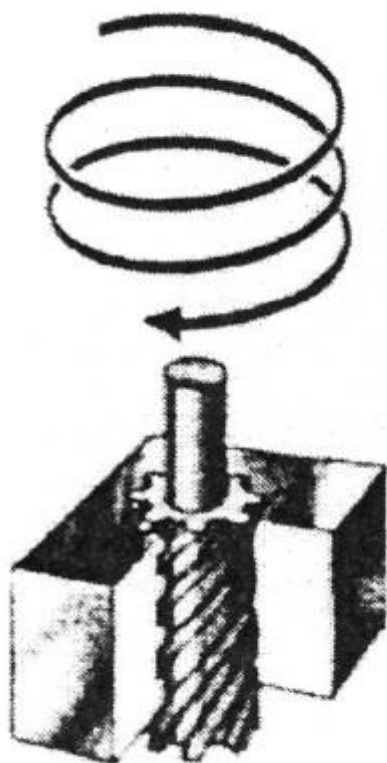
Obr. 4.22 Protlačovací trn [6].

Přední část trnu vytváří samotné drážky, zatímco zadní část trnu kalibruje pole vývrtu [6]. Před protlačováním je nutné povrch co nejdokonaleji vyleštit a lehce pomědit vrstvou amorfní mědi, která usnadňuje tvářecí proces a snižuje tření [6]. Tento proces je však schopen pouze vyrobit drážkování hlavně, nikoliv nábojovou komoru nebo přechodový kužel či vnější povrch, ty se následně dokončují obráběním [6]. Protlačování je vhodné pro výrobu hlavní s tlustší stěnou z méně pevného materiálu, neboť materiál hlavně je tvářením značně namáhán [6]. Z ekonomických důvodů, které ovlivňuje hlavně nutnost vyleštění a pomědění, je výroba hlavní protlačováním spíše výjimečnou záležitostí [6].

4.5.4 Elektrochemická (resp. elektroerozivní) výroba drážkování

Tyto metody nejsou pro výrobu drážkování hlavní příliš obvyklé, většinou se uplatňují při výrobě hlavní ze speciálních materiálů [6]. Nástroj má při obou metodách tvar

negativu drážkované plochy (viz obr. 4.23), avšak je o něco menší, aby mezi nástrojem a hotovým výrobkem vznikla optimální vůle [18]. Důležitým faktorem při výrobě nástroje je izolace částí nástroje, které nejsou v záběru, což umožňuje kontrolu procesu [18].



Obr. 4.23 Schéma elektrochemického obrábění drážek [6].

Tato metoda umožňuje velice rychlé drážkování, až $700 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ [6]. Metodu lze aplikovat při výrobě hlavní malých zbraní do délky cca 600 mm téměř všech ráží [6]. Přesnost výroby a kvalita povrchu je postačující, avšak je třeba dbát zvýšené opatrnosti z důvodu ovlivnění povrchové vrstvy procesem, které může mít za následek snížení životnosti hlavně [6].

4.6 Kontrola

Výrobní kontrola hlavní je s ohledem na jejich namáhání kritická. Nejen že je ohroženo renomé výrobce, ale především je ohrožen střelec na zdraví nebo i na životě. Obzvláště zbraně pro ozbrojené složky by měly dosahovat kvalit, které zaručí spolehlivost v náročných podmínkách. Vyrobenu hlavěň lze kontrolovat na velké množství kritérií jako jsou rozměr, přímost, válcovitost nebo souosost drážek s polí [6].

Velice důležitá je kontrola hlavně vůči přítomnosti trhlin. Vnější povrch hlavně lze kontrolovat elektromagnetickým defektoskopem, defekty lze zvýraznit kapilární metodou [6]. Vnitřní povrch hlavně lze kontrolovat opticky pomocí průmyslových endoskopů nebo též metodou vířivých proudů [6]. Častá je defektoskopie ultrazvukem [6].

Průměr vodící části se obvykle kontroluje pomocí průchozích kalibrů (tzv. propadávajících válečků) nebo přesných měřících trnů [6]. Měřící trny slouží k měření

ústové části drážkování, či měření vývrtu za nábojovou komorou, případně speciální trny se používají k měření samotné nábojové komory a přechodového kuželu [6]. Kontrola pomocí propadávajících válečků se provádí vždy na konci výroby k ověření přímosti a správného průměru hlavně [6]. Běžná mezioperační kontrola přímosti se provádí pomocí tzv. kontroly proti stínu, která spočívá v tom, že zkušený pracovník pozoruje hlaveň proti světlu [6].

5 VÝROBNÍ METODY RÁMŮ

U moderních zbraní lze rozlišovat čtyři hlavní druhy ráků (resp. pouzder zřvěřů u dlouhých zbraní) a to jsou ráky lité, ráky frézované, ráky kované a nejnovější jsou ráky polymerové. Mezi hlavní přednosti litých ráků patří malý podíl odpadu a jejich cenová výhodnost. Frézované ráky jsou velice rozšířené u dlouhých zbraní, Doc. Ing. Róbert Jankových uvádí, že je to kvůli značnému namáhání a přísným požadavkům na bezpečnost, které nepřipouští oslabenou strukturu materiálu vzniklou litím. Kované ráky pistolí a revolverů jsou oblíbeny hlavně pro svoje vynikající mechanické vlastnosti. Polymerové ráky pak převládají u moderních pistolí pro ozbrojené složky a sebeobranu, kde dominují hlavně díky své nízké hmotnosti. U moderních dlouhých zbraní (např. FN Scar, CZ 805 Bren, Remington ACR „Masada“, atd.) je obvykle pouzdro zřvěřu dvoudílné a spodní polovina (angl. lower receiver), která přímo netrpí rázy zřvěřu, je vyrobena z polymeru, zatímco horní polovina (angl. upper receiver) vystavená rázům mechanismu je kovová, obvykle vyráběna frézováním z bloku. Mezi pouzdra zřvěřu moderních dlouhých zbraní převládají lehké hliníkové slitiny, obzvlášť kvůli přísným požadavkům na hmotnost zbraní pro ozbrojené složky. Revolvery mají nejčastěji ráky lité, avšak např. Smith & Wesson vyrábí ráky revolverů kováním (viz obr. 5.1).



Obr. 5.1 kování revolverových ráků ve firmě Smith & Wesson [22].

Moderní pistole (Glock 17, Heckler & Koch SFP9, CZ P-09, atp.) mají nejčastěji polymerové ráky s integrovaným ocelovým vedením zřvěřu. Stále se vyrábí některé modely (CZ 75, Colt 1911, atd.) s litým rákem. Lité ráky se realizují pomocí technologie přesného lití, která je diskutována v kap. 3.1. Společnost Smith & Wesson dokonce ráky svých pistolí předkovává. Zřejmě se jedná o zápuskové kování s následným obráběním (viz video [22]), avšak jakékoliv konkrétní informace k technologii jsou zřejmě firemním tajemstvím jednotlivých společností. Technologie zápuskového kování je diskutována v kap. 3.3. Některé starší zbraně používaly ráky z plechu vyrobené vystřihováním, ohýbáním a lisováním, avšak tato technologie nesplňuje přísné požadavky kladené na moderní zbraně.

5.1 Polymerové ráky

Je nutno zmínit, že ve zbrojním průmyslu jsou z polymeru vyráběny mnohé součásti, avšak ráky jsou nejkomplikovanější a jednou z nejvíce namáhaných aplikací. Také je

nutno zdůraznit, že polymerové rámy jsou v porovnání s ostatními technologiemi (viz kap. 1) poměrně mladou technologií. První plastové rámy použila firma Heckler & Koch v roce 1970 na modelu VP70 [23]. Mezi výrobci zbraní s polymerovými rámy panuje silný konkurenční boj, proto je těžké získat jakékoliv konkrétní informace o použitých technologiích nebo dokonce konkrétních materiálech. Stránky výrobce GLOCK Ges.m.b.H. uvádí, že pistole používají rám z vyztuženého polymeru a uvádí, že k vyztužení nejsou použity skelná vlákna [24]. Naproti tomu výrobce Heckler & Koch GmbH ve svém katalogu uvádí, že jeho pistole (konkrétně model USP COMPACT V1 .40 S&W) má rám vyrobený z polymeru vyztuženého právě skelným vláknem [23]. Slovenský výrobce Grand Power Ltd. Používá na své pistole polyamid GF 30 [25]. Polymerové rámy pistolí jsou oblíbené mezi příslušníky ozbrojených složek pro svou nízkou hmotnost, která se projeví při celodenním nošení zbraně. Např. nenabitá pistole CZ 75 SP-01 Tactical s litým ocelovým rámem váží 1,18 kg zatímco její varianta s polymerovým rámem CZ 75 SP-01 Phantom (viz obr. 5.2) váží 0,80 kg [8]. Litý rám osazený všemi příslušnými součástkami váží 623 g oproti 242 g vážící polymerové alternativě [8]. Za zmínku také stojí zbraň německého výrobce Heckler & Koch model G36 (civilní variantou je model H&K 243 viz obr. 5.3), která jako jedna z mála samonabíjecí pušek používá polymerovou i horní polovinu závěru, avšak je nutno podotknout, že německá armáda (Bundeswehr) rozhodla o budoucím vyřazení této zbraně kvůli problémům s polymerovými pouzdry závěru, která se vlivem vysokých teplot při intenzivních přestřelkách zahřívala, čímž ztrácela potřebnou tuhost a zbraň se tak stávala výrazně nepřesnou [26].



Obr. 5.2 Pistole s polymerovým rámem CZUB SP-01 Phantom [8].



Obr. 5.3 H&K 243 TAR, puška s polymerovým pouzdrém závěru [5].

Z dostupných informací vyplývá, že nejčastěji je pro výrobu polymerových rámu používáno vstřikování plastů [23] [24]. Při vstřikování je materiál roztaven a následně pod tlakem vstříknut do dutiny tvarové formy [27]. Vstřikovací stroje pracují na základě součinnosti vstřikovací a uzavírací jednotky [27]. Vstřikovací jednotka zajišťuje přísun, tavení a vstřík granulovaného plastu, zatímco uzavírací jednotka zajišťuje pohyby formy a vyhazování hotových výrobků [27]. Celý proces je obvykle automatizován a provozní parametry jako jsou teplota vstřikovaného plastu, vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost, teplota formy a časy jednotlivých operací jsou regulovány pomocí řídicího systému [27]. Forma je vyměnitelná část uzavírací jednotky, která dává výslednému výrobku tvar, který uchovává až do úplného ztuhnutí [27]. Forma je velice důležitou částí celého procesu a její kvalita a přesnost rozhodují o kvalitě výsledného výrobku [27]. Forma musí odolávat značným tlakům a nesmí degradovat při teplotách vstřikovaného plastu [27]. Pokud má výsledný tvar komplikované dutiny, používají se vstřikovací formy s jádry, která jsou po vyhození z výrobku vyjmuta [27]. Forma musí umožňovat chlazení, aby výrobek tuhnul dostatečně rychle a byla zajištěna produktivita procesu.

5.2 Frézované rámy

Někteří výrobci (např. Sig Sauer viz obr. 5.4 [28]) vyrábí rámy pistolí pomocí frézování. Frézované rámy jsou mezi střelci známé jako velice přesně vyrobené a spolehlivé. Nejčastěji se frézování uplatňuje při výrobě pouzder závěrů dlouhých zbraní, kde je kování nevhodné vzhledem k uzavřeným tvarům konstrukcí a nutnosti zhotovení množství dutin a přesné lití nevyhovuje kvůli náchylnosti odlitků k praskání vlivem struktury materiálu.



Obr. 5.4 Ukázka fází výroby frézovaného rámu ve firmě Sig Sauer [28].

Frézování je technologie, při které je materiál obrobku odebírán břity rotujícího vícebřitého nástroje (frézy) [18]. Válcové frézování, kdy je obráběná plocha rovnoběžná s osou nástroje, rozdělujeme na sousledné, kdy se zuby nástroje pohybují ve směru posuvu obrobku a nesousledné, kdy se zuby pohybují proti směru posuvu obrobku [18]. Sousledné frézování se vyznačuje vyšší trvanlivostí břitů, menším potřebným výkonem, jednodušším upnutím obrobku, menším chvěním a lepší kvalitou výsledného povrchu. Nesousledné frézování má hlavní výhodu v tom, že zuby jdou „z materiálu ven“, proto nejsou ovlivněny okujemi po kování nebo zbytky písku v litém povrchu [18]. Čelní frézování, kdy je obráběná plocha kolmá na osu nástroje, vyžaduje nástroj, jehož čelo je rovněž opatřeno zuby [18]. Zásadním faktorem pro frézování jsou řezné podmínky (viz obr. 5.5), a to konkrétně řezná rychlost v_c [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$] a posuv na zub f_z [mm], nebo posuvná rychlost v_f [$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$] pro kterou platí $v_f = f_z \cdot z \cdot n$ [18]. Řezné podmínky jsou voleny podle konkrétní operace, což zahrnuje materiál nástroje, materiál obrobku a požadovanou jakost obrobené plochy [18]. Důležitá je správná volba nástroje pro konkrétní operaci, bez níž nelze dosáhnout požadované kvality ani ekonomického efektu.

Materiál obrobku R_m , HB	Mat. nástroje	Frézovací hlavy		Kotoučové a válcové frézy			Čelní válcové stopkové frézy	
		v_c [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	f_z [$\text{mm}\cdot\text{z}^{-1}$]	hrubovávání [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	na čisto [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	f_z [$\text{mm}\cdot\text{z}^{-1}$]	v_c [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	f_z [$\text{mm}\cdot\text{z}^{-1}$]
Ocel R_m 500 až 800 MPa	RO	45	0,1+0,2	27	35	0,1+0,3	30	0,1+0,2
Ocel R_m 800 až 1000 MPa	RO	30	0,1+0,15	20	25	0,1+0,2	25	0,1+0,2
Ocel R_m 500 až 800 MPa	SK (P25)	100	0,1+0,2	175	195	0,15+0,25	135	0,1+0,25
Ocel R_m 800 až 1000 MPa	SK (P25)	80	0,1+0,15	145	160	0,15+0,25	100	0,1+0,15
Šedá litina HB 160	RO	35	0,1+0,3	25	30	0,1+0,2	35	0,1+0,2
Šedá litina HB 200	RO	25	0,1+0,3				25	0,1+0,15
Šedá litina HB 160	SK (K10)	60	0,1+0,35	75	100	0,1+0,3	70	0,1+0,3
Šedá litina HB 200	SK (K10)	50	0,1+0,25				55	0,1+0,2
Hliník střední	RO	250	0,1+0,3	280	390	0,1+0,2	110	0,1+0,2
Hliník střední	SK (K10)	700	0,1+0,25	550	650	0,1+0,2	650	0,1+0,2
Hliník tvrdý	SK (K10)	250	0,1+0,25				250	0,1+0,2

Obr. 5.5 Doporučené řezné podmínky pro frézování podle literatury [18].

6 DISKUSE

Technologie používané v hlavních zbraních musí splňovat přísné požadavky, neboť zbraně jsou opakovaně namáhány rázy pohybujících se mechanismů i samotného výstřelu. Obzvláště součásti označené v kap. 3 jako součásti 4. kategorie jsou zásadní, neboť v případě jejich selhání hrozí zničení zbraně nebo dokonce zranění či smrt střelce. Dalším faktorem je také dobré jméno produktu i společnosti, které hraje ve zbrojním průmyslu stále důležitou roli. Výrobky všech nových technologií by tak měly projít intenzivním testováním, které by mělo probíhat za přísných bezpečnostních opatření, aby případné selhání neohrozilo zdraví pracovníků. Tyto faktory jsou překážkou a zvyšují ekonomickou zátěž fixních nákladů při zavádění nové technologie. Proto je důležité zvážit, zda je ekonomický i kvalitativní přínos nových technologií dostatečně velký na to, aby se vyplatilo technologii zavádět. V některých případech je vhodnější vyčkat s aplikací nových technologií a načasovat ji tak, aby byla aplikovaná pro novou generaci výrobků, které by tak či tak vyžadovali obměnu nástrojů, jako jsou formy apod. Obzvláště důležitá je volba technologie při zavádění nové výroby, která ovlivňuje vlastnosti výrobku (např. váha podobných výrobků se u různých technologií liší), které ovlivňují jeho cenu, a především uplatnění na trhu. Volba nové technologie také může do značné míry ovlivnit budoucí vývoj společnosti, proto je důležité jí věnovat zvýšenou pozornost.

Progresivní technologií v oblasti drobných součástí se stává technologie MIM, vytlačuje obzvláště přesné lití. V oblasti pomocných součástí, jako jsou páčky a ovladače, se obzvláště na zbraních určených pro ozbrojené složky objevují polymery, které vytlačují kovové díly hlavně díky své váze, nízké ceně, vlastní korozivzdornosti a vysoké produktivitě výroby. V oblasti hlavní získávají stále lepší jméno hlavně kované za studena (viz kap. 4.4). Tato technologie je schopna kovat jinak výrobně složité polygonální profily hlavní, které mají excelentní odolnost proti opotřebení a zároveň umožňují velice přesnou střelbu. Alternativou jsou také často používané protlačované hlavně, kde se taktéž vyskytuje deformační zpevnění, což zlepšuje mechanické vlastnosti materiálu. Technologie obrábění stále hrají nezastupitelnou roli, neboť bez nich by mnohé ostatní technologie nebyly schopny dosáhnout požadovaných přesností. Z důvodů požadavků na přesnost a odolnost při výrobě pouzder závěru dlouhých zbraní stále dominuje frézování z hutního polotovaru, avšak množství odpadu a potřebný strojní čas poskytují prostor pro nové produktivní technologie. Zápustkové kování se mimo rámů také často objevuje u tvarově složitých a namáhaných součástí, jako jsou například kladívka revolverů.

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla roztržena do šesti kapitol. První kapitola se věnovala historickému kontextu, aby čtenář mohl dále porovnat stav minulý se stavem současným (popsaným v následujících kapitolách) a vyvodit tak závěry pro budoucí vývoj technologie. Druhá kapitola se věnovala současnému stavu používaných zbraní a jejich kategorizaci, tak aby čtenář získal základní rozhled a porozuměl terminologii. Třetí kapitola popisovala příklady metod často používaných ve zbrojním průmyslu a seznamovala čtenáře s jejich základními principy. Čtvrtá kapitola se věnovala výrobě hlavní, které jsou velice specifické vzhledem ke svému značnému namáhání, délce průchozí díry a nutnosti vyrobení profilu v takto dlouhé díře. Obzvláště důkladně byla probrána problematika kování za studena, které dnes na trhu převládá. Pátá kapitola diskutovala technologie výroby rámmů, které se výrazně neliší od běžných výrobních postupů. Jednotlivé firmy bohužel své know-how pečlivě střeží, proto není možné poskytnout detailní informace o konkrétních technologických podmínkách. Šestá kapitola poskytla souhrn problematiky a nástin možností budoucího vývoje. Vhodným navázáním této práce by bylo experimentální ověření vlastností srovnatelných dílů vyrobených různými technologiemi, čímž by bylo možné ověřit informace o vhodnosti různých technologií dostupné z literatury. Takovýto experiment by vyžadoval důkladnou přípravu, avšak ve výsledku by mohl přinést cenné podklady, které by bylo možno využít při volbě technologie.

BIBLIOGRAFIE

- [1] *Speciální Technika 2*. 1. vyd. Předseda redakční rady L. Urban. Praha: FMVS Praha a GŘt ZVS Brno, 1976, 480 s. [Typové číslo 59-154-75].
- [2] FIŠER, Miloslav a Jiří BALLA. *Malorážové zbraně: konstrukce*. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 2004. ISBN 80-859-6079-6.
- [3] LUGS, Jaroslav. *Ruční palné zbraně: soustavný přehled ručních palných zbraní a dějin jejich výroby*. Fotoreprint 1. vyd. Praha: Svojtka & Co., 2002. ISBN 80-723-7663-2.
- [4] SLANINA, Miroslav. *Puškařství: z historie puškařského řemesla v Čechách*. 1. vyd. Říčany u Prahy: Arms Studio, 2012. ISBN 978-80-260-2503-0.
- [5] *TRIGGER Service, s.r.o.: střelnice*. Brno, 2018.
- [6] LIDMILA, Zdeněk, Jan LUKEŠ a Emil SVOBODA. *Strojírenská technologie II: Technologie ve výrobě zbraní a munice*. 1. vyd. Brno: VA, 1999, 159s.
- [7] DOŠKÁŘ, Josef, Jan GABRIEL, Miroslav HOUŠŤ a Miroslav PAVELKA. *Výroba přesných odlitků*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1976, 320 s. [Typové číslo L13-B2-IV-41/22437].
- [8] LIŠKA, Přemysl. *Pistole CZ 75 SP-01: příběh zbraně, která přepsala dějiny sportovní střelby IPSC*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2009. ISBN 978-80-204-1994-1.
- [9] BIRZER, Franz. *Forming and fineblanking: cost effective manufacture of accurate sheetmetal parts*. 1. Ed. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, 1997. ISBN 34-789-3161-4.
- [10] Technologie objemového tváření – kování. *Technická univerzita v Liberci* [online]. Liberec, b.r. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm#031
- [11] Česká útočná puška CZ 805 BREN. In: *YouTube* [online]. b.r. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=g45ymu6Zs_8
- [12] An overview of the Metal Injection Moulding process. In: *Powder Injection Moulding* [online]. b.r. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.pim-international.com/metal-injection-molding/an-overview-of-the-metal-injection-moulding-process/>
- [13] MEDŮSEK, Milan. *Technologie při výrobě ručních palných zbraní*. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Karel Osička, Ph.D.
- [14] KREJČÍ, Martin. *Teniferace, metoda karbonitridace*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Eva Molíková, Ph.D. Paed, IGIP.
- [15] POPELÍNSKÝ, Lubomír, Stanislav PROCHÁZKA, Jiří ROSICKÝ a Jiří BALLA. *Automatické zbraně: učebnice*. 1. vyd. Praha: Federální ministerstvo obrany, 1991. RDV-51-1.
- [16] SANDVIK COROMAT. *Vrtání hlubokých děr: Katalog produktů a aplikační příručka*. b.r., 162 s. Dostupné také z: www.kvantum.sk/files/vrtanie_hlbokych_otvorov.pdf
- [17] WERNER, Augustin, James HIGLEY, ed. PRUDE UNIVERSITY CALUMET. *Cold forging of rifle barrels with and without chamber on Cold Forging Machines type*

- GFM SHK und SKK* [online]. [1. Ed.]. [Hammond], 2006, 26 s. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://technology.calumet.purdue.edu/met/higley/index.htm>
- [18] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [19] HIGLEY, James a Vern BRIGGS. *Notes on Hammer Forged Barrels* [online]. Vol. 57 No. 3. Prude University Calumet, Hammond, 2006 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/53432034/Notes-on-Hammer-Forged-Barrels>
- [20] *Parabellum-shop* [online]. b.r. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://parabellum-shop.cz/>
- [21] LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-580-2.
- [22] Forging Guns at Smith & Wesson: GunVenture. In: *YouTube* [online]. b.r. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=mF4ekcE3k94>
- [23] HECKLER & KOCH USA. *Civillian Catalog* [online]. 2017, 24 s. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://hk-usa.com/search/catalog>
- [24] GLOCK Technology Built Into Every Single Firearm. In: *GLOCK US* [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://us.glock.com/products/technology>
- [25] Q100. *Grand Power Ltd.* [online]. b.r. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://grandpower.eu/produkt/q100/>
- [26] G36 hat nun auch offiziell große Schwächen. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* [online]. Frankfurt, b.r. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/bericht-g36-hat-auch-offiziell-grosse-schwaechen-13544955.html>
- [27] DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
- [28] Sig Factory Tour: An Insider's Look At How Sig Sauer Pistols Are Made In Germany. In: *YouTube* [online]. b.r. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=gAhcU_NfYQA