



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE PŘI VÝROBĚ RUČNÍCH PALNÝCH ZBRANÍ

TECHNOLOGY IN PRODUCTION OF HANDGUNS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MILAN MEDŮSEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Milan Medůsek

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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 diplomové práce:

Technologie při výrobě ručních palných zbraní

v anglickém jazyce:

Technology in production of handguns

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést vyhodnocení technologie výroby stěžejních součástí krátkých střelných zbraní.
Navrhnout racionalizaci stávající technologie výroby.

Cíle diplomové práce:

Úvod.

Rozbor stávající technologie výroby krátkých střelných zbraní.

Rozbor možností racionalizace výroby krátkých střelných zbraní.

Návrh změn technologických postupů.

Návrh alternativních progresivních nástrojů.

Technicko-ekonomické vyhodnocení.

Diskuze.

Závěr.

Seznam odborné literatury:

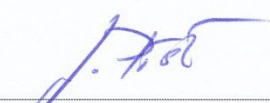
1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 2. vydání Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
3. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
4. ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje. 2. dotisk 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2008. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
5. JUROVÁ, Marie. Řízení výroby. 1.vyd. Brno, Akademické nakladatelství CERM, 2001. 240 s. ISBN 80-214-2031-6.

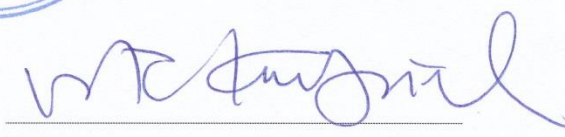
Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Osička, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 22.11.2012




prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o možnosti racionalizace výroby ručních palných zbraní v podmínkách firmy Česká zbrojovka, a.s. V úvodu teoretické části je seznámení s firmou CZUB, dceřinými společnostmi a výrobním portfoliem. Následuje rozdělení zbraní, popis jednotlivých součástek ručních palných zbraní a způsobu jejich výroby. Praktická část se zaměřuje na možnou racionalizaci výroby součástek spouště, kohoutku a zádržky zásobníku. Po analýze současného stavu ve firmě jsou nejdříve jednotlivé varianty nových technologií popsány teoreticky. Pro tyto nové varianty jsou vytvořeny technologické postupy u každé součásti při jednotlivých uvažovaných technologiích. Následuje výpočet potřebných hodnot pro konečné srovnání. Finální částí je technicko-ekonomické zhodnocení, ve kterém jsou porovnány jednotlivé technologické varianty mezi sebou. V závěrečné diskuzi jsou zmíněny možnosti jednotlivých technologií a rizika při jejich implementaci do výrobního procesu.

Klíčová slova

Ruční palné zbraně, kohoutek, spoušť, zádržka zásobníku, technologie, racionalizace.

ABSTRACT

The thesis discusses the possibility of a rationalizing of a production of handguns in the conditions of the Česká zbrojovka, a.s. company. In the beginning of the theoretical part, it deals with a familiarization with CZUB, its subsidiaries and a manufacturing portfolio. The following is a division of weapons, a describe of components of firearms and their method of a production. The practical part focuses on the possible rationalization of a production of components of a trigger, a hammer and a magazine catch. After analyzing the current situation in the company, the individual variants of the new technologies are described theoretically first of all. The technological processes for each component at each considered technology are created for these new variants. The following is the calculation of the required values for the final comparison. The final part is the technical-economic evaluation, which compares various technological options among themselves. In the final discussion, the possibility of the individual technologies and their implementation risks in the production process are mentioned.

Key words

Handguns, hammer, trigger, magazine catch, technology, rationalization.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MEDŮSEK, M. *Technologie při výrobě ručních palných zbraní*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 132 s, 17 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Osička, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Technologie při výrobě ručních palných zbraní** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Milan Medůsek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Karlovi Osičkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce a doc. Ing. Róbertovi Jankových, CSc. za odborné rady v oblasti zbraní.

Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům oddělení Technické přípravy výroby firmy Česká zbrojovka, a.s., zejména pak Ing. Miloši Blahůškovi za odborné rady, konzultace a poskytnuté materiály ke zpracování diplomové práce.

Poděkování patří také mé rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole a po celý tento čas studia mě podporovala v jeho dokončení.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	10
1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ČESKÁ ZBROJOVKA, A.S.	12
1.1 Historie společnosti.....	12
1.2 Dceřiné společnosti.....	13
1.3 Výrobní portfolio	14
2 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY KRÁTKÝCH PALNÝCH ZBRANÍ.....	17
2.1 Základní rozdělení krátkých palných zbraní.....	17
2.2 Součásti krátkých palných zbraní a způsoby jejich výroby	18
2.3 Materiály pro výrobu zbraní	25
2.4 Rozbor hlavních technologií při výrobě krátkých palných zbraní.....	25
2.4.1 Technologie obrábění	26
2.4.1.1 Soustružení.....	26
2.4.1.2 Frézování	28
2.4.1.3 Vrtání, zahlubování, vyvrtávání, vyhrubování a vystružování	29
2.4.1.4 Obrážení.....	35
2.4.1.5 Drážkování vývrtu řezáním	35
2.4.1.6 Protahování a protlačování	37
2.4.2 Technologie tváření	39
2.4.2.1 Vystřihování a přesné stříhání	39
2.4.2.2 Ohýbání.....	41
2.4.2.3 Protlačování tvářením	42
2.4.2.4 Kování.....	43
2.4.2.5 Flow Forming (Tváření tokem materiálu)	45
2.4.3 Technologie slévání	47
2.4.3.1 Přesné lití	47
2.4.4 Nekonvenční metody obrábění	48
2.4.4.1 Elektroerozivní obrábění.....	49
2.4.4.3 Obrábění paprskem laseru	50
2.4.4.4 Obrábění vodním paprskem.....	50
2.4.4.5 Elektrochemické obrábění	51

2.4.5	Dokončovací technologie	52
2.4.5.1	Broušení	52
2.4.5.2	Honování.....	54
2.4.5.3	Lapování	55
2.4.5.4	Leštění.....	56
2.4.6	Povrchové úpravy zbraní	57
2.4.7	Výroba součástí z plastů	60
2.4.7.1	Vstřikování plastů	61
2.4.7.2	Vytlačování plastů	61
2.4.7.3	Vyfukování plastů.....	62
2.5	Technologie montáže	62
2.6	Zkoušky zbraní	64
3	ROZBOR MOŽNOSTÍ RACIONALIZACE VÝROBY KRÁTKÝCH PALNÝCH ZBRANÍ.....	68
3.1	Analýza současného stavu výroby vybraných komponent	68
3.1.1	Kohoutek.....	68
3.1.2	Spoušť	70
3.1.3	Zadržka zásobníku	71
3.2	Návrh variant možného řešení	71
3.2.1	MIM technologie (Metal Injection Moulding)	72
3.2.2	Výroba součástí z profilů	76
3.2.2.1	Válcování profilů	76
3.2.2.2	Tažení profilů.....	76
4	NÁVRH ZMĚN TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ	78
4.1	Technologická příprava výroby (TgPV) pro vzorové součásti.....	78
4.1.1	Výchozí dokumentace a zaměření	79
4.1.2	Návrh výroby polotovaru.....	79
4.1.3	Výrobní operace.....	80
4.1.4	Stroje a strojní vybavení	80
4.1.5	Pracovní podmínky	87
5	NÁVRH ALTERNATIVNÍCH PROGRESIVNÍCH NÁSTROJŮ.....	89
5.1	Současný sortiment nástrojů	89
5.2	Návrh možných změn v sortimentu nástrojů	89
6	TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ.....	93
6.1	Výpočet základních technicko-ekonomických parametrů	93
6.1.1	Maximální výrobní kapacita	93

6.1.2 Celková doba výroby jednotlivých součástí	98
6.1.3 Náklady na jednotlivé technologie	101
6.1.4 Typový kalkulační vzorec.....	105
6.2 Srovnání jednotlivých metod	107
6.2.1 Analýza bodu zvratu	111
6.2.2 Analýza nákladových funkcí	115
7 DISKUZE	117
ZÁVĚR	119
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	121
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	125
SEZNAM PŘÍLOH.....	132

ÚVOD

Zbraně byly jedním z prvních nástrojů člověka. Z počátku přispívaly k boji o přežití, později byly symbolem převahy a sloužily k porážení, či zastrašování nepřátel. Od kamene, přes kyj, luk a šíp až k dnešní podobě výkonných zbraní prodělaly dlouhý vývoj. Jejich rozvoj byl ovlivněn především dobou, ve které byly navrhovány, a účelem, ke kterému měly sloužit. Podléhaly mocenským i sociálním požadavkům a jejich rozmachu předcházely válečné konflikty.

I u ručních palných zbraní, o kterých se bude dále pojednávat, bylo milníkem objevení černého a později bezdýmného prachu, který posunul možnosti střelby zase o něco dál. A tak s pokrokem techniky se rozvíjel i zbrojní průmysl. Z prvotních primitivních ručních palných zbraní (husitské píšťaly – odtud slovo pistole), se přestoupilo k předovkám (zbraně nabíjené zepředu ústím hlavně) a později zadovkám. Zbraně byly jednohlavňové i vícehlavňové, jednoranové i víceranové a úkolem tehdejších konstruktérů bylo zvyšování rychlosti střelby (kadence) a postupné snižování hmotnosti tak, aby byly mobilní. V dnešní době se na vývoji nových zbraní podílí celé technické úseky a specializované kolektivy konstruktérů, výroba probíhá nejprogresivnějšími technologiemi a finální výrobky jsou podrobeny důkladným všestranným zkouškám.

Tato práce pojednává o ručních (krátkých) palných (střelných) zbraních, které jsou specifické držením při střelbě jednou rukou. Dělit je můžeme dle konstrukce na pistole a revolvery (z anglického revolve – otáčet se). Ovšem oba typy mají mnoho společných rysů a hlavní rozdíl spočívá především v konstrukci zásobníku (otáčivého válce). Samotná problematika ručních palných zbraní je úzce specializovaná disciplína, v níž jsou zahrnuty i další oblasti jako konstrukce, zkušebnictví atd., kdy vysoká kvalita zbraní je podmíněna návrhem a výrobou jednotlivých dílů a jejich následnou montáží v jeden celek.

Firmy nacházející se nejenom ve zbrojním, ale v podstatě ve všech průmyslových odvětvích, pokud chtějí být konkurenceschopné, musí dbát na neustálé zdokonalování svých výrobních programů a jejich inovací. Je nutné držet neustále krok s konkurencí. Zbrojní technika jde s dobou, neustále se rozvíjí a tomu se musí přizpůsobovat i cíle a strategie firem operujících v tomto odvětví. Je nutné maximálně vycházet vstříc všem požadavkům a potřebám zákazníků, při zabezpečení bezpečnosti střelce, ovladatelnosti zbraně a pohodlí při střelbě (tvarované střenky, tlumení zpětného rázu, atd.). Rovněž je nutno dbát na únosnou cenu zbraně, která se odvíjí od její efektivní výroby. Usnadnění realizace těchto cílů je možné za pomoci nových progresivních technologií a vyvíjených materiálů.

Snad žádné jiné mechanické zařízení z oblasti techniky neprochází před svým zavedením do použití tak důkladnými, všestrannými a ke všem maličkostem ostražitými zkouškami, jakými prochází zbraň. I přes tato přísná pravidla, jak pro držitele zbrojních průkazů, tak pro zbrojní firmy, v současné době vlastní zbrojní průkaz v České republice 306 815 lidí, kteří legálně drží 721 054 zbraní. A Češi si nejčastěji kupují právě ruční palné zbraně. Pro porovnání: v roce 1990 vlastnilo zbrojní průkaz 74 604 lidí, kteří drželi 90 295 zbraní. Jsou mezi nimi kromě myslivců a příslušníků složek ozbrojených sil nejvíce zastoupeni sportovní střelci. Rovněž je málo známé, že sportovní střelba je třetí nejrozšířenější sport v ČR, hned po fotbalu a hokeji. Nejpoužívanějšími zbraněmi u střelců jsou právě ty české. Jde hlavně o výrobky CZUB, například pistole CZ 75, která je v této práci podrobněji zkoumána.

V České republice vlastní zbraň 7 % populace, podobná situace je i na Slovensku. Ovšem absolutním rekordmanem jsou Spojené státy americké, kde téměř 90 % obyvatelstva vlastní 280 000 000 zbraní. Ze studií je patrné, že poptávka po zbraních roste nejenom v ČR, ale i celosvětově. Z těchto důvodů, ale také z historického hlediska je nutné, aby zbrojní výroba v Česku byla nejenom zachována, ale i dále rozvíjena.

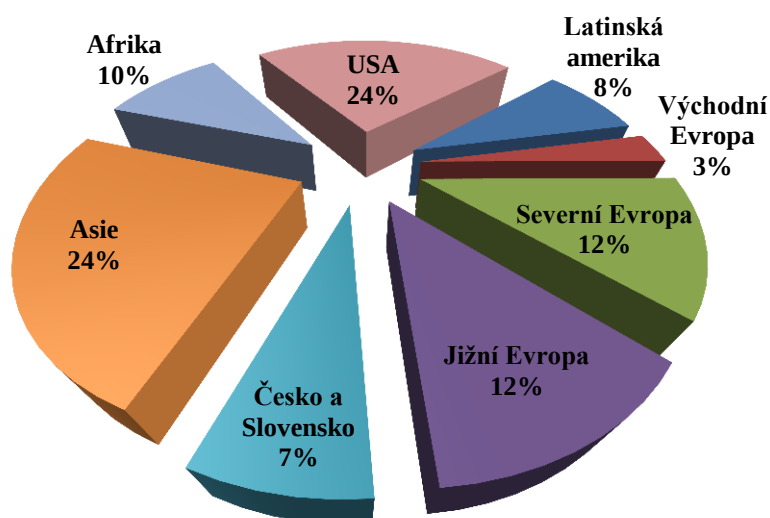
Lídrem v oboru je též Česká zbrojovka, a.s., která mně poskytla podklady pro tuto práci. Provedl jsem analýzu výrob součástí kohoutek, spoušť a zádržka zásobníku pistole CZ 75 a navrhl způsob racionalizace. Výsledky mé diplomové práce tak mohou posloužit i firmě Česká zbrojovka při posuzování vhodnosti aplikace nových technologií.

1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ČESKÁ ZBROJOVKA, A.S.

Česká zbrojovka, a.s., Uherský Brod (CZUB) je dlouholetým výrobcem ručních palných zbraní. Původně byl podnik zaměřen na výrobu ručních vojenských zbraní, avšak s postupem času byla výroba rozšířena také o výrobky pro civilní použití, a to jak v oblasti sportovní, tak i lovecké¹.

V současné době Česká zbrojovka představuje jednoho z největších světových producentů ručních palných zbraní, což je také podloženo prodejem do více než 150 zemí světa (obr. 1.1). V roce 2011 společnost vyrobila kolem 171 000 kusů zbraní, přičemž export tvořil 70 %, což představuje z celkového pohledu exportu ČR v oblasti zbraní celou jednu čtvrtinu. Firma trvale zvyšuje objem své produkce a rozšiřuje sortiment ručních zbraní, jejichž významným rysem je jejich kvalita, dlouhodobá spolehlivost a přesnost, díky čemuž si tyto zbraně vytvořily za dobu existence České zbrojovky vysokou image na domácím i na světovém trhu¹.

Pro zlepšování kvality a vlastností zbraní každoročně investuje Česká zbrojovka značné finanční objemy na nákup špičkové technologie, zejména v oblasti numericky řízených obráběcích strojů a výpočetní techniky. Díky konstruování výrobků s využitím výpočetní techniky může podnik rychle reagovat na potřebu trhu vývojem nových výrobků.



Obr. 1.1 Objem exportu zbraní do jednotlivých zemí světa v roce 2011¹.

1.1 Historie společnosti

O výstavbě zbrojního závodu v Uherském Brodě bylo rozhodnuto v polovině roku 1936. První výroba sestávala z leteckých kulometů vz. 30, signálních pistolí vz. 28 a vz. 30 a pistolí vz. 24 ráže 9 mm². V následujících letech se společnost různě proměňovala a s ní se samozřejmě měnilo i její logo, což demonstruje následující schéma.



27.06.1936 – založení České zbrojovky v Uherském Brodě jako pobočného závodu České zbrojovky, a.s. Strakonice.

02.01.1937 – zahájení výroby v novém závodě.



01.01.1950 – založeno Přesné strojírenství, národní podnik, Uherský Brod, jako organizační součást generálního ředitelství Přesné strojírenství v Praze.



01.04.1958 – podnik organizačně začleněn pod Závody říjnové revoluce, národní podnik Vsetín, závod 05 Uherský Brod.



01.07.1965 – podnik začleněn pod generální ředitelství VHJ Zbrojovka Brno pod názvem Přesné strojírenství, národní podnik, Uherský Brod.



01.01.1983 – podnik začleněn do koncernu Agrozet Brno, pod názvem Agrozet, koncernový podnik, Uherský Brod.

01.07.1988 – založen státní podnik Česká zbrojovka, Uherský Brod.



01.05.1992 – založena Česká zbrojovka, akciová společnost, Uherský Brod².



Současné logo CZUB.

1.2 Dceřiné společnosti

Pod mateřskou společnost CZUB spadají dvě dceřiné firmy, jejichž úkolem je buď výroba zbraní (BRNO RIFLES), či distribuce zbraní na zahraničním trhu a poskytování oprav (CZ-USA).



BRNO RIFLES **BRNO RIFLES**

Původní Zbrojovka Brno, a.s. vznikla jako československá státní zbrojovka v roce 1918 z původních rakousko-uherských dělostřeleckých dílen. V letech 1924-1925 byly postaveny budovy pro výrobu pušek, kulometů, automobilů, ale i strojírní a nářaďovny. V druhé polovině 20. let se Zbrojovka stala jedním z největších výrobců pušek na světě. V letech 1934-1938 se ze Zbrojovky stal koncern světového významu. Ve čtyřicátých letech byla zavedena výroba traktorů, motocyklových motorů, loveckých a sportovních zbraní.

V 80. letech Zbrojovka Brno vyráběla zejména kancelářskou, sdělovací a výpočetní techniku, diesellové motory pro traktory Zetor, speciální a komunální nářadí. V 90. letech došlo ke zrušení neperspektivních výrobních oborů a snížení počtu zaměstnanců. I přesto, že Zbrojovka měla výrobní zařízení, mnoho zkušených zaměstnanců a schopné konstruktéry, se dostala po několika oživeních a pádech do otevřené agónie, která v roce 2003 vyvrcholila vyhlášením konkurzu. Na jaře roku 2004 byla založena společnost BRNO RIFLES, s.r.o., kterou v listopadu převzala společnost EXIMAT, a.s., vlastníci většinový podíl akcií České zbrojovky, a.s. V polovině roku 2006 brněnská Zbrojovka ukončila výrobu zbraní. Společnost BRNO RIFLES začala v roce 2009 hledat odpovídající prostory, které by nahradily původní výrobní a montážní haly. V současné době pokračuje firma Zbrojovka Brno ve slavné tradici brněnské zbrojní výroby jako dceřiná společnost CZUB. Výrobky Zbrojovky Brno, s.r.o. v produktové řadě BRNO RIFLES jsou nabízeny prostřednictvím distribuční sítě CZUB. Jak již název napovídá, produktová řada BRNO RIFLES se zabývá výrobou loveckých pušek (brokovnic, kulovnic atd.)³.



CZ-USA je stoprocentní dceřinou společností mateřské společnosti Česká zbrojovka, a.s. Uherský Brod. CZUB dováží zbraně do USA již od roku 1991 a v roce 1997 shledala potřebu kontrolovat svůj osud na trhu tak velkém jako USA. Zpočátku bylo sídlo společnosti v Oakhurstu, Kalifornii, ale v roce 1998 se areál společnosti přestěhoval do Kansas City, kde je nyní veškerá distribuce, záruční a opravářské práce a také zásobování⁴.

1.3 Výrobní portfolio

Kromě výroby čistě zbrojního charakteru firma působí i v oborech přesného strojírenství. Jedná se o výrobky, díly a sestavy pro letecký a automobilový průmysl, zabývá se také výrobou speciálního nářadí pro strojírenství. Ovšem tato odvětví nejsou součástí této práce, a proto bude zaměřena pouze na výrobky čistě zbrojní produkce, která se dále dělí:

Pistole:

- Subcompact – subkompaktní záložní a obranné zbraně.
(CZ 92, CZ 2075 RAMI, CZ 2075 D RAMI, CZ 2075 RAMI P).
- Compact – zbraně pro osobní obranu.
(CZ 75 COMPACT, CZ 75 COMPACT .40 S&W, CZ 75 D COMPACT, CZ 75 D COMPACT PCR, CZ 75 P-07 DUTY).
- Standart – zbraně pro civilní trh i pro ozbrojené složky, armádu a policii.
(CZ 75 B, CZ 75 BD, CZ 75 KADET, CZ 85 B, CZ 75 BD POLICE, CZ 75 SP-01, CZ 75 SP-01 TACTICAL, CZ 75 SP-01 SHADOW, CZ 75 SP-01 PHANTOM, CZ 75 B STAINLESS, CZ 75 B Ω, CZ 75 B NEW EDITION, CZ 97 B, CZ 97 BD).
- Competition – zbraně pro sportovní střelbu.
(CZ 75 B SA, CZ 85 COMBAT, CZ 75 TACTICAL SPORTS, CZ 75 TS CZECHMATE).

Pistole Dan Wesson – od roku 2005 jsou součástí CZUB krátké palné zbraně renomované americké značky Dan Wesson. Továrna firmy Dan Wesson Firearms sídlí v Norwichi ve státě New York. Pro CZUB a její dceřinou společnost CZ-USA vyrábí služební, obranné a sportovní pistole řady M1911². (DW GUARDIAN, DW VALOR, DW V-BOB).

Malorážky:

- Bolt Action – Junior – zbraně pro mladé střelce. (CZ 452 – 2E Scout).
- BoltAction – Senior – zbraně určené na sportovní střelbu, na lov, nebo na obojí. (CZ 452-2E ZKM SILHOUETTE, CZ 452-2E ZKM STYLE, CZ 513 FARMER, CZ 452-1E ZKM LH LUX, CZ 452-2E ZKM LH AMERICAN, CZ 453 LUX, CZ 453 AMERICAN, CZ 455 LUX, CZ 455 FS, CZ 455 VARMIN, CZ 455 STANDARD, CZ 455 AMERICAN, CZ 455 THUMBHOLE, CZ 455 SUPER MATCH, CZ 455 EVOLUTION).
- Semiautomatic – zbraně v semiautomatickém provedení. (CZ 512).

Vzduchové zbraně:

- Vzduchovky zlamovací – pro rekreační, či sportovní střelbu. (Slavia 630 Standart, Slavia 631 LUX, Slavia 634, Slavia 634 COLOUR).
- Větrovky – pro rekreační, nebo sportovní střelbu. (CZ 200 S HUNTER, CZ 200 S Colour, CZ 200 S FS, CZ 200 T).

Kulovnice:

- Lite – lehké typy zbraní. (CZ 527 AMERICAN, CZ 527 CARBINE, CZ 527 FS, CZ 527 LH AMERICAN, CZ 527 LH LUX, CZ 527 LUX, CZ 527 SYNTHETIC, CZ 527 VARMIN, CZ 527 EXCLUSIVE – EBONY EDITION, CZ 527 VARMIN – LAMINATED).
- Medium - střední typy zbraní. (CZ 550 AMERICAN, CZ 550 BATTUE LUX, CZ 550 FS, CZ 550 LUX, CZ 550 MC, CZ 550 MEDIUM LUX, CZ 550 STANDART, CZ 550 SYNTHETIC, CZ 550 VARMIN, CZ HA 550 HUNTER, CZ 550 VARMIN – LAMINATED, CZ 550 EXCLUSIVE – EBONY EDITION, CZ 550 PREDATOR, CZ 555, CZ 750 S1 M1 SPORT).
- Magnum – výkonné zbraně. (CZ 550 MAGNUM LUX, CZ 550 MAGNUM STANDART, CZ 550 SAFARI MAGNUM).
- Safari Classics – výkonné zbraně určené pro lov v africké divočině. (CZ 550 SAFARI CLASSICS).

Brokovnice CZ – USA – díky spolupráci CZ-USA s tureckou firmou Huglu se rozšířila nabídka CZUB řadou atraktivních moderních brokových kozlic, klasických brokových dvojek a samonabíjecích brokovnic.

(CZ-USA SPORTING, CZ UPLAND ULTRALIGHT, CZ-USA CANVASBACK, CZ-USA CZ 712, CZ-USA CZ 912, CZ-USA MALLARD, CZ-USA REDHEAD, CZ-USA RINGNECK, CZ-USA WOODCOCK).

Zbraně BRNO RIFLES – moderní brokové, kulobrokové a kulové kozlice pro lovecké a sportovní využití.

(Brno Competition (Trap/Skeet), BO 802, BO 803, BRNO EFFECT, BRNO EFFECT FS, BRNO EFFECT LUX, BRNO STOPPER).

Ozbrojené složky:

- Pistole – krátké služební zbraně.
(CZ 75 D COMPACT, CZ 75 SP-01 PHANTOM, CZ 75 SP-01 TACTICAL, CZ 75 P-07 DUTY, CZ 97 BD, CZ 2075 D RAMI, CZ 2075 RAMI P).
- Automatické zbraně – pro vysoce specializované policejní a vojenské jednotky.
(Sa. vz. 58, CZ 805 BREN A1, CZ 805 BREN A2, CZ SCORPION EVO 3 A1).
- Sniper rifles – pušky pro odstřelovačské úlohy, primárně v otevřeném terénu.
(CZ 750 S1 M1).
- Granátomety – pro ničení obrněných cílů, živé síly a vojenské techniky.
(CZ 805 G1).

Zbraně pro sport a hobby:

- Airsoft pistole – plynové pistole.
(CZ 75 P-08 DUTY Dual Tone, CZ 75 D Compact, Dan Wesson 8, Dan Wesson 4)
- Sportovní pušky – (kulovnice CZ 450 S1 M1 Sport, samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL).
- Krátké samonabíjecí zbraně – (CZ SCORPION EVO 3 S1, CZ SCORPION 61 S).

2 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY KRÁTKÝCH PALNÝCH ZBRANÍ

Výroba zbraní a munice patří k nejnáročnějším výrobním technologiím. Mimo základní strojírenské technologie se zde používá řada specifických postupů a metod determinovaných charakterem zbrojní výroby.

ČR v oblasti výroby střelných zbraní zaujímá významné místo, ovšem v dnešní době pouze v omezeném rozsahu a sortimentu (malorážové a sportovní zbraně). I přes řadu podniků, které se touto problematikou zabývají, není k této problematice k dispozici mnoho podkladových materiálů zejména z důvodu ochrany hospodářského a průmyslového tajemství¹¹.

Specifické požadavky na jednotlivé součásti zbraňových systémů se odrážejí i v procesu jejich výroby. To se projevuje jednak v materiálu, ze kterého jsou jednotlivé díly vyrobeny, a jednak v požadavcích na drsnost povrchu, rozměrovou a geometrickou přesnost funkčních ploch. Tento rozdíl u jednotlivých součástí má svůj vliv i na vlastní technologii jejich výroby. Proto je vhodné součásti rozdělit do kategorií z hlediska důležitosti funkce a namáhání. Toto rozdělení bývá uváděno v technické dokumentaci součástky. Podle něj lze stanovit také rozsah kontrol materiálu při přejímce, kontrol při výrobě součástí a po jejím skončení a rozsah kontrol zbraně jako celku. Rozdělení do kategorií lze provádět podle řady hledisek, ovšem nejčastěji je to podle úrovně namáhání součástí a jejich složitosti¹¹:

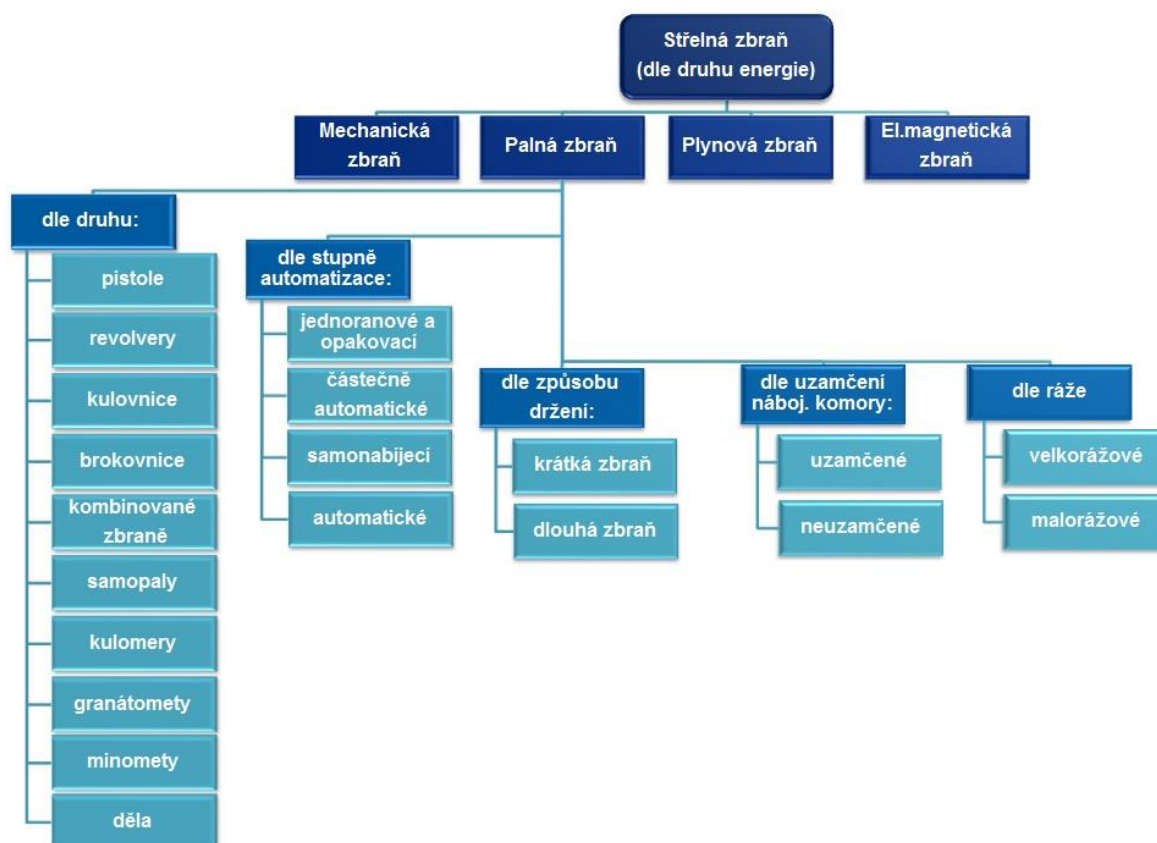
1. kategorie – součásti tvarově jednoduché a méně staticky a dynamicky namáhané (např. čepy, kolíky, tlačítka, apod.).
2. kategorie – součásti tvarově složitější a méně staticky a dynamicky namáhané (např. objímky, táhla, svorníky, apod.).
3. kategorie – součásti hodně staticky a dynamicky namáhané (např. západky, pojistky, pouzdra, vodící trny, pružiny, apod.).
4. kategorie – součástky nejvíce staticky a dynamicky namáhané (např. hlavně, závěry, pouzdra závěrů, nosiče závěrů, závorníky, vytahovače, úderníky, apod.).

Součástí 4. kategorie je nutno věnovat největší pozornost od úplného začátku. Již při výrobě a přejímce materiálu. Později při vlastní výrobě, tj. volbě vhodného technologického postupu, přípravků, nástrojů, režných podmínek, tepelného zpracování a povrchových úprav. A nakonec i při montážích zbraně jako celku. Samozřejmostí jsou průběžné kontroly jejich rozměru, tvaru a polohy a drsnosti povrchu v průběhu celé etapy výroby a montáže zbraně. V této kategorii patří k nejdůležitějším z hlediska budoucích vlastností zbraně hlaveň. Její kvalita totiž ovlivňuje kvalitu celé zbraně za mnohdy velmi ztížených provozních podmínek¹¹.

2.1 Základní rozdělení krátkých palných zbraní

Střelnou (palnou) zbraní rozumíme zbraň, u které je její funkce charakterizována okamžitým uvolněním daného druhu energie při výstřelu. Dle druhu energie můžeme střelné zbraně rozdělit na: mechanické (historicky nejstarší, k pohonu střely je využita mechanická práce, např. luky, kuše, praky atd.), palné (využívají k pohonu střely chemicko-tepelnou přeměnu střeliviny, např. pistole a revolvery, samopaly), plynové (k pohonu střely využívají vzduch, nebo jiný plyn, např. vzduchovky) a elektromagnetické (historicky nejmladší, využívají k pohonu elektromagnetické pole, např. laserové). Palné a plynové zbraně, u kterých dochází k pohonu střely v uzavřeném proměnném objemu hlavně, se nazývají

hlavňové palné zbraně. Ty dále můžeme klasifikovat dle nejrůznějších kritérií, která ovšem nejsou úplně jednoznačná. V naší i zahraniční literatuře se objevuje řada různých přístupů. Mohou být rozděleny dle druhu zbraně (pistole, revolvery, pušky, brokovnice, kombinované zbraně, samopaly, PDW – osobní obranné zbraně (Personal Defence Weapon), kulomety, granátomety, minomety, děla). Dle držení zbraně při střelbě: Toto rozdělení souvisí pouze s ručními zbraněmi (krátké a dlouhé zbraně). Dle stupně automatizace (jednoranové a opakovací, částečně automatické, samonabíjecí, automatické). Dle uzamčení nábojové komory (se závěry uzamčenými a neuzamčenými). A nakonec dělení podle ráže (malorážové a velkorážové)¹². Pro lepší názornost rozdělení střelných zbraní slouží obr. 2.1.



Obr. 2.1 Rozdělení střelných zbraní¹².

Jak je z tohoto výčtu patrné, existuje opravdu mnoho různých druhů zbraní. Tato práce je zaměřena pouze na krátké palné ruční zbraně, mezi které patří revolvery a pistole.

Pistole: krátké zbraně, které mají buď pevnou, nebo pohyblivou hlaveň s vývrtem, který obsahuje nábojovou komoru. Z hlediska konstrukce mohou být jednohlavňové i vícehlavňové, jednoranové, opakovací, samonabíjecí nebo i automatické²¹.

Revolvery: krátké zbraně s pevnou hlavní a otáčivým válcem s nábojovými komorami, které se mezi jednotlivými výstřely natáčí do osy hlavně.

2.2 Součásti krátkých palných zbraní a způsoby jejich výroby

Každá zbraň sestává z tzv. hlavních částí, které jsou popsány v zákoně o střelných zbraních a střelivu (Z 119/2002 Sb.). Těmito hlavními částmi jsou myšleny: hlaveň (vložka hlavně, vložná nábojová komora), rám, válec revolveru, pouzdro závěru nebo tělo a závěr¹².

Toto netechnické členění má za cíl v maximální možné míře znemožnit nelegální (neeviodované) sestavení zbraně podléhající registraci z jednotlivých částí (obr. 2.2).

Hlavní části pistole jsou:



Obr. 2.2 Hlavní části pistole².



Obr. 2.3 Jednotlivé části pistole².

Pistole se ovšem skládají z mnohem více součástí (např. zbraň CZ-75 B má 67 částí, CZ-75 P-07 DUTY má 51 částí atd.). V následujících řádcích bude popis jednotlivých komponent jak pistolí (obr. 2.3), tak revolverů (obr. 2.22).

a) Součásti pistolí:

Rám (tělo) (obr. 2.4) – základní část zbraně. Nese spoušťové i část bicího ústrojí, jsou v něm drážky pro vedení závěru a otvor pro záchyt závěru, po němž se pohybuje hlaveň. Rukojeť slouží jako zásobníková šachta.

Výroba: Výroba se odvozuje podle toho, z jakého materiálu je rám proveden.

Z hlediska výroby mohou být rámy:

- Rámy ocelové: Odlévání, frézování, vrtání, broušení, tepelné zpracování (kalení), povrchová úprava (černění, lakování, niklování, v případě exklusivních provedení úprava rytím, nebo zlacením).
- Rámy duralové: Zápusťkové kování, frézování, vrtání, broušení, povrchová úprava (lakování).
- Rámy plastové: Vstřikové lisování plastů do formy.



a – ocelový, b – duralový, c – plastový.
Obr. 2.4 Rámy pistole (M 1:4)⁵.

Závěr (obr. 2.5) – slouží zejména pro uložení hlavně a uzamčení komory při výstřelu, dále jako hmatník pro natažení pistole. Nese další důležité součástky např. úderník, či mířidla.

Výroba: Frézování, vrtání, vystružení, cementace, kalení, popouštění, pískování, rovnání, broušení, povrchová úprava (černění, lakování, niklování, teniferace).

Materiál se volí ocelový, jelikož musí být dostatečně hmotný z důvodu absorpce energie střely při výstřelu. Rychlost závěru by neměla překročit $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Předpokládá se také dostatečná houževnatost a otěruvzdornost materiálu.



Obr. 2.5 Závěr pistole (M 1:3)⁵.



Obr. 2.6 Hlaveň pistole (M 1:2)⁵.

Hlaveň (obr. 2.6) – vede střelu do té doby, než opustí zbraň. Za pomoci drážek jí uděluje rotaci (čímž zvyšuje přesnost střelby). V zadní části hlavně se nachází nábojová komora. Hlaveň je nejdůležitější částí celé zbraně, což znamená, že i její výroba je obzvláště náročná. Polotovarem je u malorážových zbraní tyčovina, zpracovávaná dále jako výkovek nebo protlačovaný polotovar.

Výroba: Řezání, tepelné zpracování, soustružení, vrtání, vystružení, rovnání, honování, kování nebo protlačování, soustružení, frézování a broušení vnějšího povrchu, vyhrubování a vystružování nábojové komory, tepelné zpracování, leštění, chromování vývrtu, úprava vnějšího povrchu (černění, fosfátování, teniferace).

Drážky vývrtu hlavně se mohou vyrobit těmito metodami: rotačním kovááním, protahováním, protlačováním, drážkováním, elektrochemickým vypalováním (obráběním).

Záchyt závěru (obr. 2.7) – součást spojující rám pistole a závěr s hlavní v jeden celek. Slouží k zadržení závěru v otevřené poloze při vystřelení posledního náboje, takzvaná střelecká pohotovost.

Výroba: Z tyčového materiálu frézováním, soustružením a broušením. Následně kalení a povrchová úprava (leštění, černění, fosfátování, případně speciální úpravy jako zlacení pro exkluzivní provedení pistolí). Záchyt lze vyrobit též slisováním a spájením dvou částí, hmatníku a čepu. V tomto případě se hmatník vyrábí výše uvedenými metodami buď z tyčového materiálu, nebo z odlitku a čep soustružením a broušením.

Spoušť (obr. 2.8) – spouští se ovládá spoušťový mechanismus, který dále ovládá bicí mechanismus. Náhodnému stisku spouště brání tzv. lučík, který je součástí pistolového rámu.

Výroba: Frézování z tyčového materiálu, nebo z odlitku, vrtání, kalení, broušení, leštění, povrchová úprava (černění, fosfátování, lakování, případně speciální úpravy pro exkluzivní provedení pistolí).

U ručních palných zbraní rozlišujeme spoušťové ústrojí:

a) Jednočinné, tzv. Single Action (SA) – před každým výstřelem musí být nejdříve napnut bicí mechanismus. Spoušť provádí pouze jednu činnost, uvolnění bicího mechanismu.

b) Dvojčinné, tzv. Double Action (DA) – spoušť provádí dvě činnosti. Napíná bicí mechanismus a poté ho uvolní. U dvojčinných revolverů také otáčí válcem. Pokud je zbraň označena jako dvojčinná, znamená to, že disponuje i jednočinným režimem, proto se také někdy označuje SA/DA.

c) Výhradně dvojčinné, tzv. Double Action Only (DAO) – umožňuje pouze spoušťové napínání bicího mechanismu. Všechny výstřely se uskuteční pouze po napnutí bicího mechanismu stiskem spouště.

Kohoutek (obr. 2.9) – je určen k přenosu energie stlačené bicí pružiny na zápalník, který naráží na zápalku náboje a odpaluje ho. Pokud je kohoutek zcela skryt v rámu zbraně nazývá se kladívko.

Výroba: Frézování z tyčového materiálu, vrtání, kalení, broušení, lapování, leštění, povrchová úprava (černění, fosfátování).



Obr. 2.7 Záchyt závěru pistole
M (1:1)⁵.



Obr. 2.8 Spoušť pistole
M (1:1)⁵.



Obr. 2.9 Kohoutek pistole
M (1:1)⁵.

Vypouštění (zádržka) zásobníku (obr. 2.10) – zmáčknutím se vysouvá zásobník ze zbraně.

Výroba: Z tyčového materiálu frézováním, následně kalení, leštění, černění.

Střenky (obr. 2.11) – slouží k lepšímu úchopu zbraně a zakrývají montážní okna v rukojeti pistole.

Výroba: Výroba se odvozuje podle toho, z jakého materiálu jsou střenky provedeny. Dřevěné střenky se vyrábí frézováním a lakováním, plastové a pryžové jsou výlisky ze vstřikovacího lisu.



a)



b)



Obr. 2.10 Zádržka zásobníku pistole (M 1:1)⁵. Obr. 2.11 Střenky a) dřevěné, b) plastové (M 1:3)⁵.

Úderník resp. zápalník (obr. 2.12) – stisknutím spouště je uvolněna energie bicí pružiny a přes kladívko přenesena na úderník. Ten je vržen do přední polohy, ve které jeho špička naráží na dno nábojnice a tím dojde k odpálení střely.

Výroba: Soustružení, rotační kování, frézování, omílání, rovnání, kalení, moření, černění nebo fosfátování, leštění.

Vytahovač (obr. 2.13) – vytahuje po výstřelu, při otvírání závěru z nábojové komory, vystřelenou nábojnici.

Výroba: Frézování z tyčového materiálu, vrtání, kalení, broušení, leštění, povrchová úprava (černění, fosfátování).

Obr. 2.12 Úderník pistole (M 1:1)⁵.Obr. 2.13 Vytahovač pistole (M 2:1)⁵.

Zásobník – zásobuje zbraň náboji. Je složen z pláště zásobníku, podavače, pružiny, západky dna zásobníku a dna zásobníku.

Plášť zásobníku (obr. 2.14 a) – plechová schránka obsahující náboje, podavače a pružinu.

Výroba: Plášť je plechová součást, vyráběná stříháním, ohýbáním a svařováním. Následně je frézován, leštěn a černěn. Může být i niklován. Plášť může být rovněž plastový.

Podavač (obr. 2.14 b) – odpružená součástka v zásobníku, která tlačí náboje vzhůru k hlavní a závěru. Po odpálení posledního náboje tlačí na záchyty závěru a způsobí tak, že po poslední ráně zůstane závěr v zadní (otevřené) poloze.

Výroba: Součást může být plastová, tedy vyráběná jako výlisek ze vstřikovacího lisu, nebo plechová. Plechová součást je vyráběna stříháním a ohýbáním.

Pružina zásobníku (obr. 2.14 c) – jejím prostřednictvím jsou náboje posouvány v zásobníku a podávány do nábojiště.

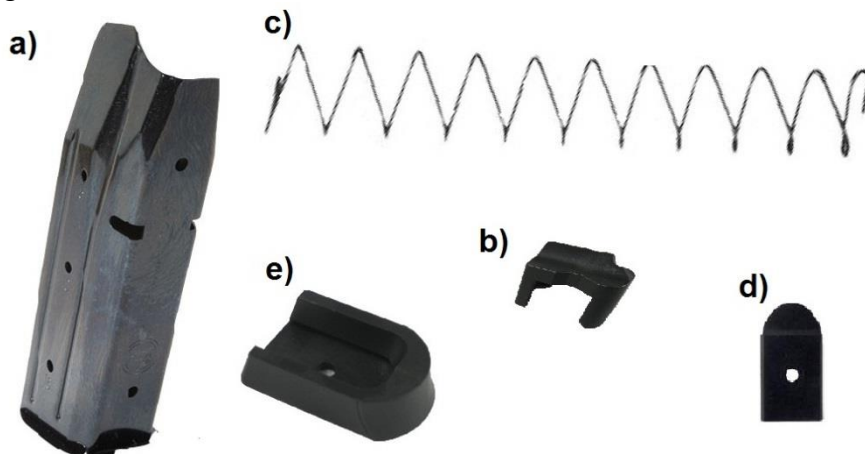
Výroby: Vinutím z drátu.

Západka dna zásobníku (obr. 2.14 d) – slouží pro montáž a demontáž zásobníku.

Výroba: Stříháním a ohýbáním. Následně je černěná, nebo fosfátovaná.

Dno zásobníku (obr. 2.14 e) – uzavírá plášť zásobníku a slouží jako opora pro pružinu zásobníku.

Výroba: Součást může být plastová, plechová, plechová s pryžovým potahem, nebo kovová frézovaná. Plastová verze vzniká jako výlisek ze vstřikovacího lisu. Plechová součást je vyráběna stříháním a ohýbáním. Plechová s pryžovým potahem je kombinací obou zmíněných technologií.



a – plášť, b – podavač, c – pružina, d – západka dna, e – dno.

Obr. 2.14 Zásobník pistole (M 1:2)⁵.

Výstražník (obr. 2.15) – signalizuje přítomnost náboje v nábojové komoře.

Výroba: Soustružením.

Vypouštění kohoutku (obr. 2.16) – pomocí něj se dá bezpečně vypustit (uvolnit) již natažený kohout, i pokud je již náboj v nábojové komoře. Tento ovladač může být jednostranný, nebo oboustranný.

Výroba: Z odlitku soustružením, frézováním, kalením. Následně omílání, pískování, broušení, černění, nebo lakování a leštění.

Pojistka (obr. 2.17) – slouží k zajištění natažené zbraně. Rovněž může být jednostranná, nebo oboustranná.

Výroba: Buď z tyčového polotovaru, nebo výkovku. Soustružení, frézování, obrážení, kalení, broušení, černění nebo lakování, případně speciální úprava pro exkluzivní provedení pistolí.



Obr. 2.15 Výstražník pistole M (5:1)⁵.



Obr. 2.16 Vypouštění kohoutku pistole M (1:2)⁵.



Obr. 2.17 Pojistka pistole M (1:2)⁵.

Vyhazovač (obr. 2.18) – vytahovačem tažená nábojnice na něj narazí, díky čemuž se vyhodí ze zbraně ven.

Výroba:

- Frézováním z tyčového materiálu, obrážením, vrtáním. Pak kalení, broušení, leštění a černění.
- Stříháním a ohýbáním

Muška a hledí (obr. 2.19) – mířidla, slouží k zamíření zbraně na cíl. Přímka spojující oko střelce, hledí, mušku a záměrný bod na cíli se nazývá záměrná.

Výroba: Obě součásti jsou zhotoveny buď jednodílně, nebo jako montované vícedílné sestavy. Jsou zhotoveny frézováním, vrtáním a broušením. Následně jsou zušlechtěny a černěny, nebo lakovány. Možná je též výroba MIM technologií.



a) typ CZ 75 SP-01, b) typ CZ 75 SP-07 DUTY
Obr. 2.18 Vyhazovač pistole M (1:1)⁵.



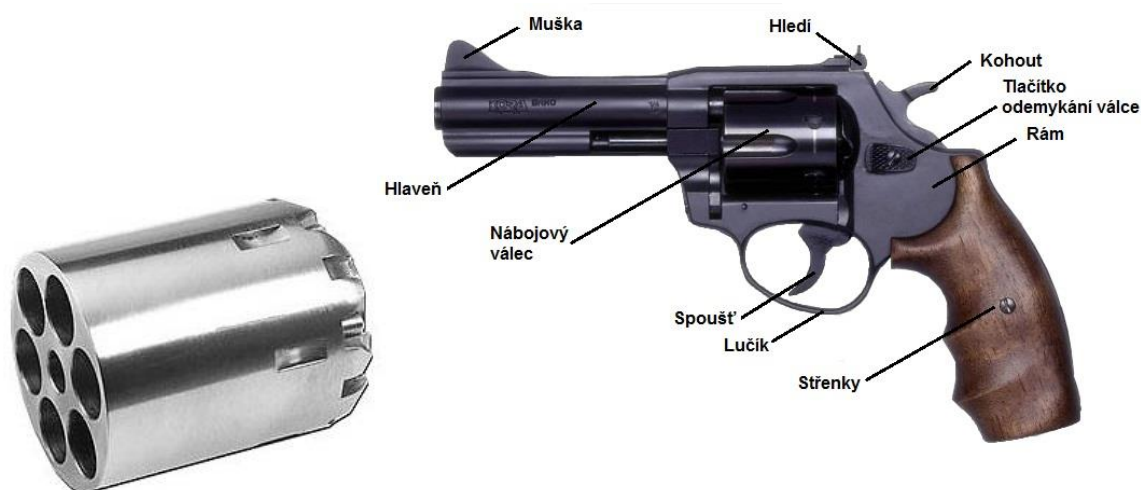
Obr. 2.19 a – hledí, b – muška (M 2:1)⁵.

Přerušovač (obr. 2.20) – součástka zajišťující rozpojení spoušťových kontaktů, čímž zamezuje střelbu dávkou. Pro další výstřel je nutné uvolnění spouště.

Výroba: Frézováním, vrtáním, kalení, černění.



Obr. 2.20 Přerušovač pistole (M 2:1)⁵.



Obr. 2.21 Nábojový válec revolveru M (1:1)⁶.

Obr. 2.22 Konstrukce revolveru⁶.

b) Součásti revolverů:

Většina konstrukcí moderních revolverů (obr. 2.22) je velmi podobná. Jedná se o opakovačí zbraň, kde k připravení dalšího náboje a natažení bicího ústrojí dochází promáčknutím spouště, či natažením kohoutku. Největší rozdíl oproti konstrukci pistole je zjevný na první pohled, je to tvar a umístění zásobníku, který se u revolverů nazývá nábojový válec (obr. 2.21). Válec se otáčí kolem své osy tak, že všechny jeho komory (obvyklý počet je 5 či 6, u malorážových až 8) se postupně spojí s nepohyblivou hlavní. Toto otáčení se děje mechanicky. Zdrojem energie je síla střelce, která je vydávána na stlačení bicí pružiny při natažení kohoutu. Komora, která je v daný okamžik spojena s hlavní, plní úlohu nábojové komory, ostatní komory plní úlohu zásobníku. Jelikož revolvery nemají vytahovací ústrojí, tak po vystřelení všech nábojů zůstávají ve válci prázdné nábojnice. Proto je tedy nutné před zahájením opětovného nabíjení nejdříve odstranit z válce staré nábojnice.

Jednotlivé součásti, z nichž je revolver složen, jsou výrobně shodné (nebo velmi podobné) se součástkami pistolovými.

Pro revolver specifická součást je nábojový válec (obr. 2.21):

Výroba: Řezání, soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování a vystružování komory, broušení, tepelné zpracování, leštění a úprava vnějšího povrchu (černění, fosfátování, niklování, teniferace).

2.3 Materiály pro výrobu zbraní

Při výrobě zbraní se nejčastěji používají kovové materiály, především oceli tříd 11 až 16 dle ČSN, výjimečně i ostatních tříd (ocel třídy 17 - model CZ 75 B STAINLESS). Pevnosti se pohybují od 450 MPa do 1350 MPa, u tažených pružinových drátů nad 2000 MPa. U nových konstrukcí zbraní se objevují slitiny hliníku, jejichž pevnost se pohybuje na úrovni nízko a středně pevných ocelí. Běžnými materiály jsou plasty, fenolové a fenol-formaldehydové pryskyřice a pryže. Samozřejmě tradičním materiálem především pro výrobu pažeb je dřevo. Dále se používají materiály jako kůže, textilie, nátěrové hmoty a papír, v menší míře se vyskytují sklo a žíně⁹. Volba materiálu je závislá na funkci a druhu namáhané součásti. V tab. 2.1 jsou příklady použití ocelí pro různé součásti zbraně.

Tab. 2.1 Příklady použití ocelí pro zbraňové součásti ($R_{p0,2}$ - smluvní mez kluzu, R_m -mez pevnosti, A - tažnost, Z - kontrakce, KCU 2 - vrubová houževnatost)⁷.

Poř. čís.	Součást zbraně	Ocel	Rozměr [mm]	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	Z [%]	KCU 2 [J·cm ⁻²]	Tepelné zpracování
1.	Plechová schránka zásobníku	11 321.2	do 2	235	284-382	29			Cementováno 0,15 mm; HRA 62
2.	Pružina zásobníku (listová skládaná)	12 071.4 12 071.6 12 071.7 12 071.8		1570 1080 1275 1470	1860-2060 1370-1570 1570-1770 1770-1960	2 4 3 2			Zušlechtěno 1400-1600 MPa
3.	Hlaveň	13 242.7 15 230.7	40 do 16 400-100 16-40 40 40-100 100-250	696 883 686 786 835 735 590	932-1079 1079-1275 883-1030 981-1177 980-1180 880-1080 780-930	10 10 12 11 12 12 12	40 30 40 35 45 50 50	39 39	Zušlechtěno 850-1000 MPa Zušlechtěno 850-1000 MPa
4.	Úšťová brzda	13 242.7		Viz poř. čís. 3					Zušlechtěno 850-1000 MPa
5.	Vytahovač	14 260.7 14 260.8	30 30	1175 1275	1370-1670 1470-1770	7 6	25 20		Zušlechtěno 1300-1500 MPa
6.	Závorník	14 331.7 16 520.4 16 520.6 16 720.7 16 720.7	25 16-40 40-100 30 30 25 40-100	835 750 650 932 637 883 834	1080-1270 950-1100 850-1000 1177-1471 834-932 1128 1128	10 12 14 8 15 12 10	45 42 45 40 60 50 45	44 40 45 39 88 98	Zušlechtěno 1300-1500 MPa Cementováno 0,4 mm; HRA 80 Cementována 0,2 mm; HRA 70
7.	Záchyt spuštěadla	14 220.4	30		785	10	30	49	Cementováno 0,2 mm; HRA 80
8.	Pružiny	14 260.8		Viz poř. čís. 5					Popuštěno Zušlechtěno 1600-1800 MPa
9.	Nosič závorníku	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1300-1500 MPa
10.	Vyhazovač	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1200-1400 MPa
11.	Pouzdro nárazníku	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
12.	Plynový násadec	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
13.	Plynový válec	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
14.	Píst	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1000-1200 MPa
15.	Spoušťová páka	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1300-1500 MPa
16.	Podávací zařízení	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1100-1250 MPa
17.	Pouzdro zbraně	14 331.7		Viz poř. čís. 6					Zušlechtěno 1100-1250 MPa
18.	Nárazník	15 230.7 16 532.4		Viz poř. čís. 3 Viz poř. čís. 19					Zušlechtěno 850-1000 MPa Zušlechtěno 1500-1700 MPa
19.	Pouzdro hlavně	16 532.4	8	1370	1570	9	45	44	Izotermicky zušlechtěno 1400-1500 MPa
20.	Úderník	16 532.4		Viz poř. čís. 19					Zušlechtěno 1400-1600 MPa

Materiály jednotlivých součástí pistolí získané z podkladů CZUB jsou umístěny v příloze 1.

2.4 Rozbor hlavních technologií při výrobě krátkých palných zbraní

Technologie výroby krátkých palných zbraní zahrnuje prakticky všechny druhy výrobních způsobů uplatňovaných v klasické strojírenské výrobě. Polotovary se nakupují v podobě hutních materiálů (tažené, či válcované tyče kruhových, nebo čtyřhranných průřezů). Speciální polotovary se vyrábí zápusťkovým kovááním z důvodu úspory materiálu a dosažení vyšší pevnosti. Dále přesným litím metodou ztraceného modelu, či litím pod tlakem

u lehkých slitin. Tam, kde je to výhodné se vychází ze speciálních tažených profilů a především plechů všeho druhu^{8,9}.

Důraz je kladen na výrobu hlavně, která tvoří základní část každé hlavnové zbraně. Výrobní náročnost tvaru, přesnosti a hladkosti vývrtu hlavně vedla ke zkonstruování jednoúčelových vrtacích a drážkovacích strojů.

U vícehlavňových zbraní se uplatňuje spojování jednotlivých hlavní a podélných lišt do tzv. hlavnového svazku, což se děje zpravidla pájením. V tomto případě musí být dodržena vzájemná poloha jednotlivých hlavní při zachování jejich přímosti a současně musí být zabráněno vzniku nežádoucích vnitřních pnutí^{8,9}.

Jednoduchá konstrukce s minimálním počtem součástek nejen zjednodušuje výrobu, ale také zvyšuje provozní spolehlivost. Tendence ve vývoji ručních zbraní směřuje ke stavebnicové konstrukci s využitím maximálního množství společných dílů. Široké uplatnění plastů na zbraních přináší snížení hmotnosti a urychluje výrobu^{8,9}.

Pro obrábění jednotlivých dílů zbraní jsou využívány všechny dostupné technologie třískového obrábění. Frézování, soustružení, vrtání, vystružování, řezání závitů, obrážení, broušení, honování i lapování. V menší míře se využívá také protahování a elektroerozivní obrábění.

Zvyšuje se podíl součástek vyráběných tvářením. Jsou využívány technologie přesného stříhání, ohýbání, protlačování, lisování, tažení a ve velké míře kování za studena.

Vzhledem k požadovaným vyšším mechanickým hodnotám pro zbraňové součástky jsou tyto díly tepelně zpracovány. Součástky jsou kaleny, popouštěny, zušlechťovány, cementovány, nitridovány atd.

Pro zabránění koroze, zajištění spolehlivosti chodu mechanismů, životnosti dílů, nebo zlepšení vzhledu povrchu kovových dílů na zbraních jsou využívány rozmanité technologie povrchových úprav. Především fosfátování, černění (alkalické, kyselé), chromování, niklování, zlcení, lakování, eloxování atd. Před těmito úpravami jsou zařazeny operace např. odmašťování, pískování, matování, leštění, kartáčování atd.

Používání plastů se dnes soustřeďuje na odlehčení různých částí zbraní.

Konečný vzhled zbraní v exkluzivním provedení dává u pušek zpracování pažby a provedené rytiny na zámcích, mnohdy v uměleckém provedení. U pistolí rytiny rámu a závěru s užitím zlacených ovládacích prvků¹⁰.

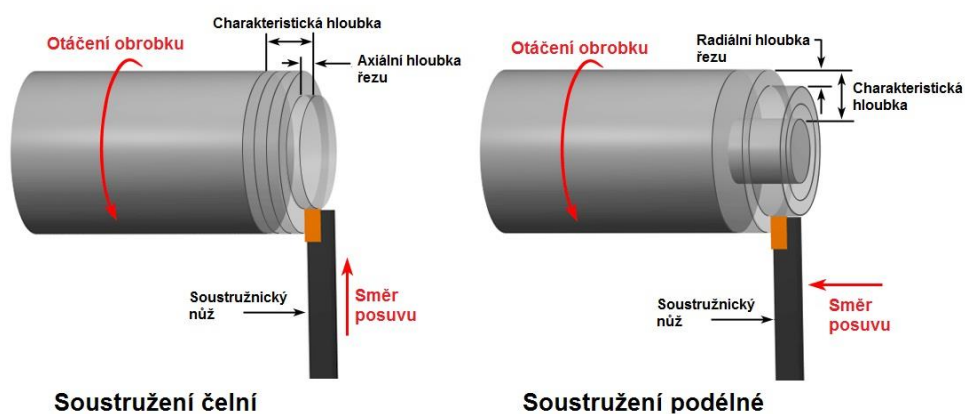
2.4.1 Technologie obrábění

Při procesu obrábění dochází k oddělování částic materiálu obrobku (třísky) břitem nástroje. Metody obrábění jsou charakterizovány použitím nástrojů s definovanou geometrií břitu. Objekt obrábění se nazývá obrobek a je popsán obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou. Vhodnost daného materiálu k obrábění charakterizuje technologická vlastnost, která se nazývá obrobiteľnosť¹⁴.

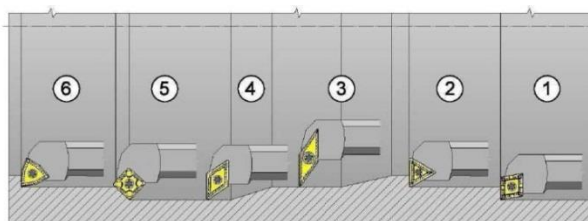
2.4.1.1 Soustružení

Soustružení je obráběcí metoda používaná pro zhotovení součástí rotačních tvarů, většinou pomocí jednobřitých nástrojů různého provedení. Z mnoha hledisek představuje soustružení nejjednodušší způsob obrábění a také nejužívanější metodu ve strojírenské praxi. Hlavní pohyb (rotační) koná obrobek a vedlejší pohyb (přímočarý) koná nástroj. Řezný pohyb se při soustružení válcové plochy realizuje po šroubovici, při soustružení čelní plochy

po Archimedově spirále. Podle směru posuvu rozlišujeme soustružení čelní a podélné (obr. 2.23). Stroj se nazývá soustruh (obr. 2.27) (hrotový, svislý, čelní, revolverový a speciální). Klasický, nebo CNC. Nástrojem jsou soustružnické nože (obr. 2.24, obr. 2.25), nejčastěji užívané radiální, dále pak prizmatické, kotoučové a tangenciální. Řezná část nože může být z kalené nástrojové oceli (monolitní nástroje), rychlořezné oceli, nebo zde může být napájena břitová destička ze slinutého karbidu. V současné době se nejčastěji používá konstrukce, kdy se na tělo nástroje mechanicky upíná vyměnitelná břitová destička (VBD). Materiálem pro výrobu VBD je nejčastěji slinutý karbid, dále pak řezná keramika, polykrystalický diamant (PKD), kubický nitrid bóru (KBN), nebo cermet. Pro zvýšení trvanlivosti a řezných vlastností se VBD povlakuje. Soustružením lze obrábět vnější a vnitřní plochy válcové, kuželové i tvarové, rovinné čelní plochy a zápichy. Na soustruzích lze dále vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závit (vnitřní i vnější), vroubkovat, válečkovat, leštit atd. (obr. 2.26)¹⁵.

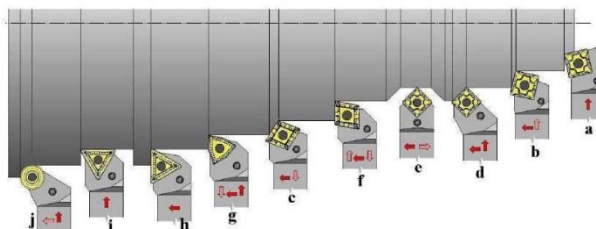


Obr. 2.23 Soustružení čelní a podélné³⁰.



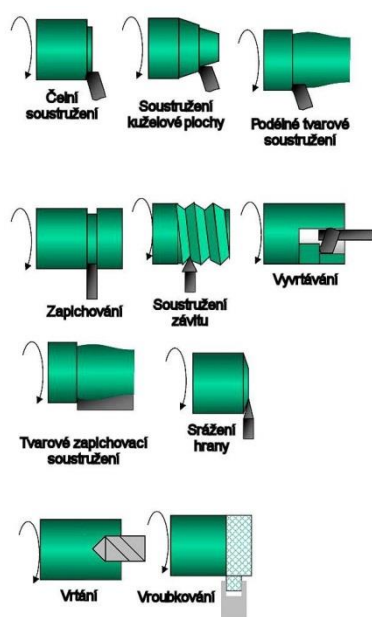
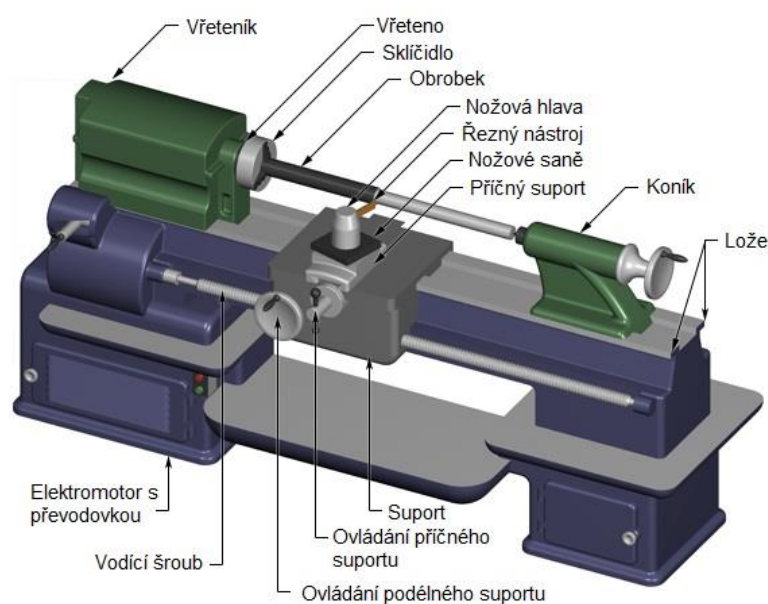
1 - vnitřní uběrací, 2 - vnitřní rohový, 3 - vnitřní kopírovací, 4 - vnitřní uběrací, 5 - vnitřní uběrací, 6 - vnitřní rohový.

Obr. 2.24 Vnitřní soustružnické nože²⁷.



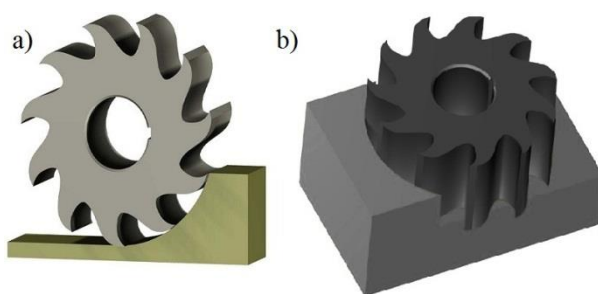
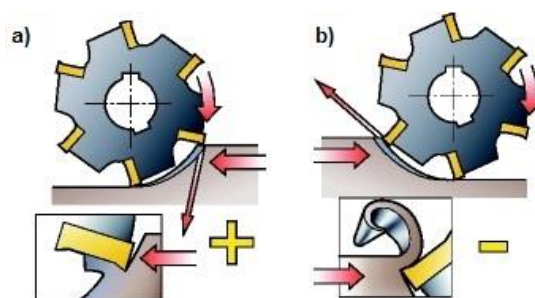
a - uběrací nůž čelní, b - uběrací nůž přímý, c - uběrací nůž přímý, d - uběrací nůž ohnutý, e - uběrací nůž oboustranný, f - rohový nůž, g - rohový nůž, h - uběrací nůž stranový, i - hladící nůž, j - rádiusový nůž.

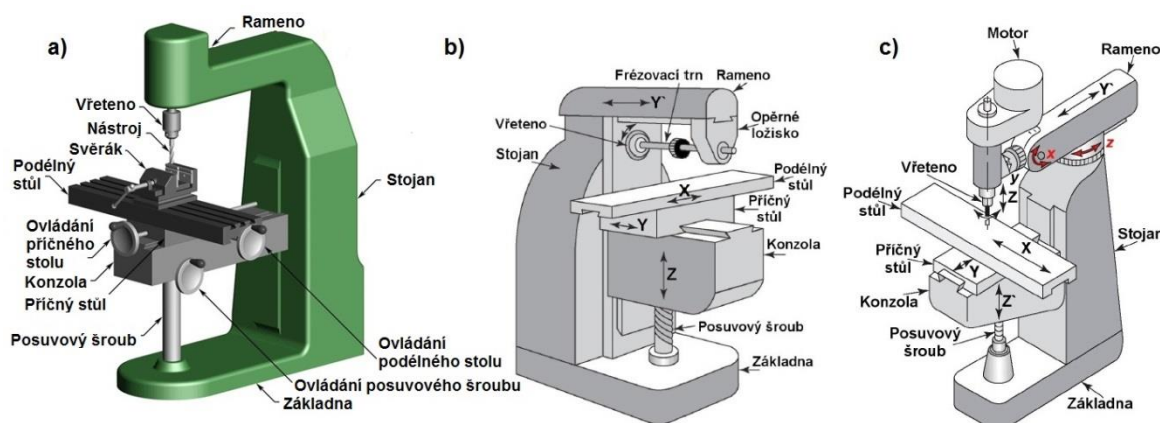
Obr. 2.25 Soustružnické nože vnější²⁷.

Obr. 2.26 Základní práce na soustruhu¹⁵.Obr. 2.27 Popis soustruhu³⁰.

2.4.1.2 Frézování

Frézování je obráběcí metoda, při které je materiál obrobku odebírán břity rotujícího nástroje. Hlavní řezný pohyb vykonává rotující nástroj, posuv do řezu nejčastěji koná obrobek a to ve směru kolmém k ose otáčení nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvové pohyby plynule měnitelné a mohou být realizovány ve všech směrech (CNC stroje). Jelikož zuby na otáčejícím se nástroji odebírají třísku přerušovaně a s různou tloušťkou, lze říci, že se jedná o tzv. cyklické obrábění. Z technologického hlediska se v závislosti na aplikovaném nástroji rozlišuje frézování válcové (frézování obvodem) a frézování čelní (frézování čelem) (obr. 2.28). Od těchto základních stylů se odvozují další způsoby jako frézování okružní a planetové. Při sousledném (souměrném) frézování se fréza posouvá souhlasně se směrem otáčení. Naopak u nesousledného (nesouměrného) frézování je směr posuvu frézy opačný, než je směr její rotace (obr. 2.29). Frézovací stroje se nazývají frézky (konzolové obr. 2.30, stolové, rovinné a speciální), nástroj je na rozdíl od soustružení vícebřitý a nazývá se fréza^{13,15}. Materiály a tepelné zpracování fréz je obdobné jako u soustružnických nožů. I zde se frézovací hlavy mohou osadit různými povlakovanými i nepovlakovanými břitovými destičkami dle druhu obráběného materiálu.

a – obvodové, b – čelní.
Obr. 2.28 Druhy frézování²⁸.a – sousledné, b – nesousledné
Obr. 2.29 Frézování²⁹.

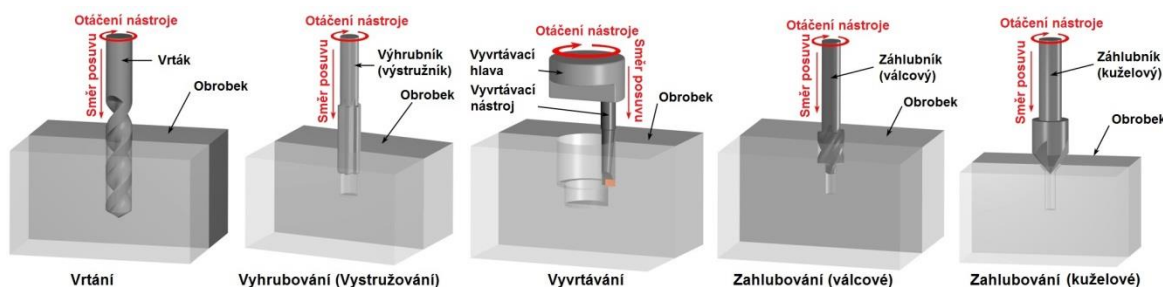


a – svislá, b – vodorovná, c – univerzální.

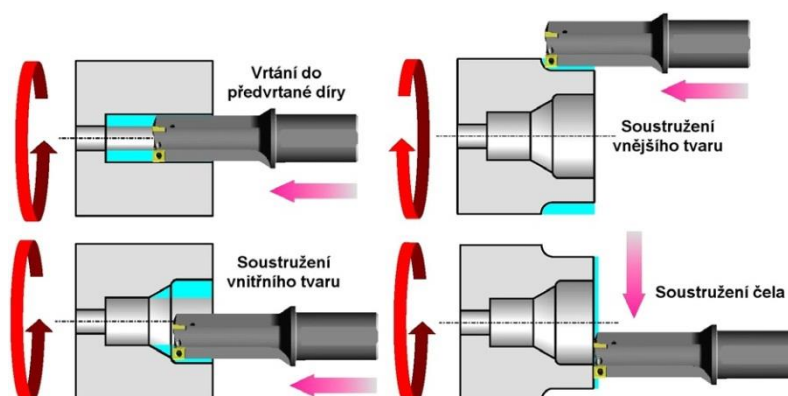
Obr. 2.30 Konzolové frézky^{30,31}.

2.4.1.3 Vrtání, zahlubování, vyvrtávání, vyhrubování a vystružování

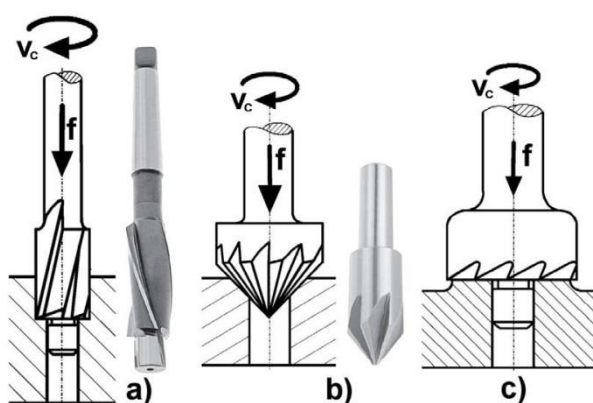
Všechny uvedené metody se používají při obrábění válcových děr (obr. 2.31). Společným jmenovatelem všech těchto způsobů je rotační pohyb nástroje, případně obrobku společně s přímočarým pohybem nástroje, respektive obrobku. Charakteristickou vlastností všech nástrojů na díry je, že řezná rychlost se podél hlavního ostří, ve směru od obvodu ke středu zmenšuje (v ose nástroje dosahuje nulové hodnoty). Za řeznou rychlost tedy považujeme hodnotu obvodové rychlosti na jmenovitém (největším) průměru nástroje^{13,15}.

Obr. 2.31 Metody obrábění válcových děr³⁰.

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují nebo zvětšují již předvrtané díry. Osa vrtáku je obvykle kolmá k ploše, ve které vstupuje vrták do obráběného materiálu. Posuv vrtáku probíhá ve směru jeho osy. Stroje na vrtání, ale také vyhrubování, vystružování a zahlubování se nazývají vrtačky. Podle konstrukčního provedení se člení na ruční, stolní, sloupové, stojanové, otočné, vodorovné na hluboké díry a speciální. Nejnovějším typem jsou NC a CNC vrtačky. Vrtací nástroje je možné rozdělit na nástroje pro výrobu krátkých děr (šroubovitě, kopinaté a frézovací vrtáky) a nástroje pro obrábění hlubokých otvorů (hlavní vrtáky, korunové trepanační hlavy a nástroje BTA). V dnešní době jsou hojně rozšířeny vrtáky s VBD, kterými lze na jedno upnutí provádět více operací (obr. 2.32).

Obr. 2.32 Pracovní možnosti vrtáku s VBD¹⁶.

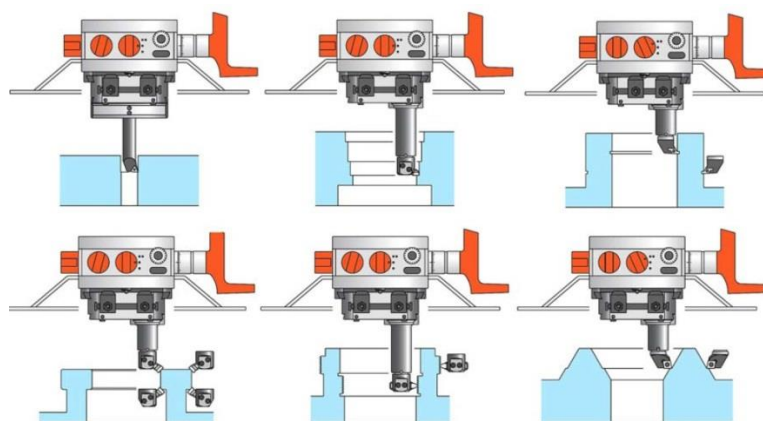
Při zahlubování se provádí úprava tvarů konců děr a ploch k nim přilehlých. Zahlubuje se do tvaru válcového (obr. 2.33 a), či kuželového (obr. 2.33 b) pro válcové, nebo kuželové hlavy zapaštěných šroubů. Za zahlubování se považuje i zarovnání čelní plochy (obr. 2.33 c). Materiál pro výrobu je rychlořezná ocel (HSS).



a – válcové zahlubování, b – kuželové zahlubování, c – zarovnání čelní plochy.

Obr. 2.33 Způsoby zahlubování a základní druhy záhlubníků¹⁶.

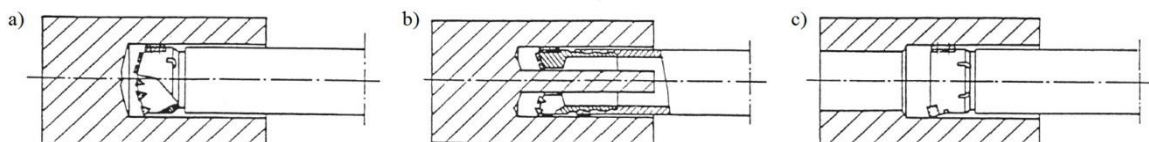
Vyvrátávání je metoda, při níž se rozšiřují předlité, předkované, předlisované, předvrtané, nebo jiným způsobem předpracované díry na požadovaný rozměr nebo tvar. Tato metoda se používá jak pro hrubování, tak i pro práci na čisto. Nástroje se mohou dělit dle konstrukce na vyvrtávací tyče a vyvrtávací hlavy osazené vyvrtávacími noži (obr. 2.34)^{13,15}.

Obr. 2.34 Vyvrtávací hlava italské firmy d'Andrea a její pracovní možnosti¹⁶.

Speciální uplatnění zvláště při výrobě hlavní má vrtání hlubokých otvorů. Za hluboký otvor se považuje takový otvor, jehož průměr D a délka L jsou v poměru min. 10, většinou však 20 a více. Úspěšné vrtání hlubokých otvorů je podmíněno především kvalitou použitých nástrojů. Z hlediska technologie obrábění spočívají základní problémy při vrtání hlubokých otvorů především v: přesném navádění nástroje, spolehlivém odvádění třísek z místa řezu, nedostatečném lámání třísky a vzniku třísky plynulé, spolehlivém chlazení místa řezu, překročení meze pevnosti materiálu (krutu) vrtacího nástroje a v hranatosti (úchylných tvaru a polohy) vrtaného otvoru. Při výrobě zbraní jsou požadovány otvory splňující vysoké nároky na přesnost (rozměry, přímost, kruhovitost) a drsnost povrchu. Součástky totiž bývají v tomto odvětví velmi drahé a zmetky mohou mít značné ekonomické následky. Proto při vrtání hlubokých otvorů je vždy dávana priorita spolehlivosti vrtání¹¹.

Velké hloubky otvorů zvyšují požadavky na nástroje a na technologické podmínky pro zajištění mazání, chlazení, dobrého lámání a odvádění třísek z místa řezu. Je nutný intenzivní přívod řezné kapaliny. Pro vrtání hlubokých otvorů se užívají tři různé technologické metody vrtání (obr. 2.35)¹¹:

- Vrtání do plného materiálu je nejčastější metodou pro malé průměry, používá se k vrtání otvorů v jedné jednoduché operaci.
- Vrtání na jádro (trepanační vrtání) se užívá hlavně pro velké průměry otvorů, protože požadavky na výkon stroje jsou u něj nižší, než při vrtání do plného materiálu. Trepanace se provádí také v jedné operaci, ale místo odvrtávání materiálu ve tvaru třísek zůstává ve středu otvoru jádro. Při vrtání drahých materiálů se obvykle jádro použije pro jiné účely (např. pro vzorky na zkušební tahové tyče a analýzu materiálu).
- Vyvrtávání (rozšíření předvrtaného otvoru) se užívá především pro dosažení lepší drsnosti povrchu a přesnosti otvoru. Jestli je výkon stroje nedostatečný pro vrtání do plného materiálu během jedné operace, otvor se může předvrtat menším vrtákem, a pak rozšířit na konečný průměr tlačným vyvrtáváním. V tomto případě nástroj sleduje osu existujícího již vyrobeného otvoru. Tažné vyvrtávání je užíváno při obrábění tenkostěnných součástí. Nástroj odebírá třísky při svém vytahování ze součásti, to znamená, že nejdříve otvorem prochází tažná tyč nástroje a teprve potom vlastní nástroj.



a - vrtání do plného materiálu, b - vrtání na jádro (trepanační), c - vyvrtávání.

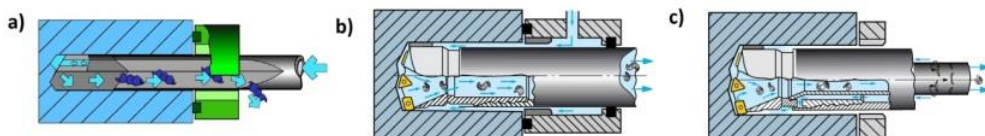
Obr. 2.35 Metody hlubokého vrtání s ukázkami nástrojů pro jednotlivé metody¹¹.

Volba metody hlubokého vrtání závisí na: průměru otvoru, materiálu součásti, žádané toleranci a na dostupném výkonu stroje.

Při hlubokém vrtání má nejvyšší technologickou prioritu uspokojivé lámání třísek a jejich plynulé odvádění z otvoru bez poškození obrobce povrchu. Čím větší je hloubka otvoru, tím jsou požadavky na získání bezporuchového odvodu třísky náročnější. Lámání a odvod třísek podporuje řezná kapalina, která je oproti klasickému vrtání dodávána

v podstatně menším množství. Podle druhu přívodu řezné a odvodu třísek rozlišujeme tyto systémy hlubokého vrtání (obr. 2.36)¹¹:

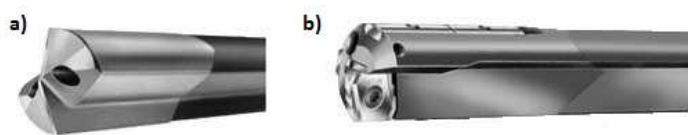
- Vrtání hlavnovým vrtákem. Zde je řezná kapalina přiváděna k místu řezu vnitřkem dutého vrtáku (otvory v hlavě nástroje) a tvarovanou trubkou (vrtací tyčí ve tvaru V). Kapalina odchází i s třískami prostorem mezi vyvrtaným otvorem a žlábkem ve vrtací tyči. Je zde nutné těsnění mezi součástí a vrtacím pouzdem. Největší nevýhodou tohoto systému je to, že se kapalina i s třískami odvádí místem, kde je již vyvrtán požadovaný otvor a může tak dojít k poškození tohoto otvoru. Kromě toho může dojít k zamačkávání mikroskopických třísek do obrobeného povrchu. Třísky mohou poškozovat vodítka a to vše zhoršuje kvalitu vyvrtaného otvoru. Po vrtání je nutné následné dokončování (vystružení) otvoru.
- Systém BTA (Boring and Trepanning Association). Je zde použita pouze jedna trubka, na které je čtyřchodým plochým závitem našroubován vlastní nástroj (vrtací hlava). Je to jediný systém vhodný pro vrtání na jádro a je vhodný také k provrtání materiálu s obtížným lámáním třísky (např. korozivzdorná ocel), nebo u nehomogenních materiálů, jelikož vysoký tlak řezné kapaliny podporuje lámání třísek. Z tohoto důvodu je vhodný pro otvory s extrémní hloubkou ve dlouhých a velkých součástech. U STS (Single Tube Systém), či BTA systému je řezná kapalina tlačena mezi trubkou vrtáku a stěnou otvoru. Kapalina musí mít dostatečný tlak a množství pro účinné odstranění třísek nástrojem a vrtací trubkou.
- Systém ejektorový. U tohoto systému je řezná kapalina přiváděna prostorem mezi vnitřní a vnější trubkou. Většina kapaliny proudí až k řezným břitům a vodícím lištám. Část řezné kapaliny však protéká zpět otvory ve vnitřní trubce a vyvolává tak podtlak způsobující nasátí znečištěné kapaliny s třískami (ejektorový jev). Proto zde nedochází k rozstřikování řezné kapaliny.



a - vrtání hlavnovým vrtákem, b - vrtání STS a BTA vrtákem, c - ejektorové vrtání.

Obr. 2.36 Princip funkce jednotlivých systémů hlubokého vrtání¹⁶.

Záleží na průměru vrtaného otvoru. V některých případech je možnost volby omezená. U velmi malých průměrů lze použít pouze hlavnového vrtáku, pro velmi velké průměry je třeba použít trepanační vrtáky a STS systém. Proto pořadí vhodných systémů při rostoucím vrtaném průměru je: hlavnový vrták → ejektorový vrták → BTA vrták. Dříve se pro vrtání hlubokých otvorů používal i dělový (puškový) vrták (obr. 2.37), který má pracovní část vytvořenou na tyči (plného průřezu) na níž je vytvořena V drážka pro odvod třísek. Ostří je buď kolmé k ose vrtáku, nebo mírně skloněné, případně lomené. Je vhodný pro vrtání méně hlubokých děr s menší přesností, protože jsou u něj problémy s chlazením břitu a lámáním třísky. Proto se musí vrtání po vyvrtání určité hloubky přerušit a vrták se musí vytáhnout z otvoru, aby se odstranily třísky. Prostor se zaplní řeznou kapalinou a vrtání může znovu pokračovat. Dalším nedostatkem je nízká trvanlivost břitu nástroje¹¹.



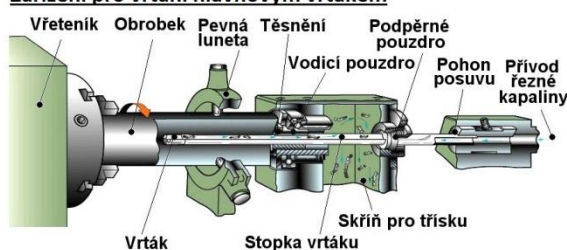
a – dělový vrták dvoubřitý, b - dělový vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami
Obr. 2.37 Dělové vrtáky²².

Vrtání hlubokých otvorů se obvykle provádí na speciálních strojích pro vrtání hlubokých otvorů, které jsou konstruovány pro tři kinematické varianty¹¹:

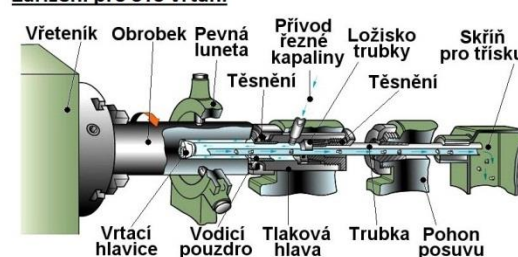
- 1) Rotující součást. Nejčastější varianta. Součást rotuje, zatímco nástroj vykonává přímočarý posuv. Může vzniknout vada v podobě vlnitého povrchu na začátku otvoru způsobená odchylkou souososti mezi vrtacím pouzdem a součástí.
- 2) Rotující nástroj. Zde vzniká vada v podobě snížení jakosti otvoru při nesouososti vrtacího pouzdra a součásti. Neboť dojde k nestejnému zatížení břitů. U dlouhých štíhlých součástí mohou radiální síly vyvolat průhyb vrtáku a vibrace.
- 3) Rotující součást i nástroj. Největší přesnosti vrtaného otvoru se dosáhne při protisměrném otáčení nástroje i obrobku. Tato varianta je výhodná i pro docílení zvlášť vysokých řezných rychlostí.

Nejdůležitějším předpokladem pro použití stroje pro hluboké vrtání (do plna) je dostatečná tuhost stroje a přesné uložení vřetene bez vůle. Při vysokých otáčkách se každá nepřesnost projeví chvěním a házením. Vzniklé axiální a radiální kmity jsou příčinou vylomení břitu nástroje. Obráběcí stroje pro hluboké vrtání jsou vyráběny jako speciální, nebo jsou upraveny z klasických strojů (soustruhů, vrtaček, vyvrtávaček). S růstem průměru vrtaného otvoru se zvětšuje univerzálnost strojů. Jsou vybavovány reverzací otáček, zvyšuje se počet otáčkových stupňů, nebo je použita plynulá změna otáček. Vysoká posuvová rychlost je nutná pro dobré utváření (lámání) třísky. Nutné je udržování posuvu na konstantní úrovni z důvodu lámání třísek a zabránění jejich přechování (ucpávání)¹¹. Zařízení pro jednotlivé systémy hlubokého vrtání jsou na obr. 2.38.

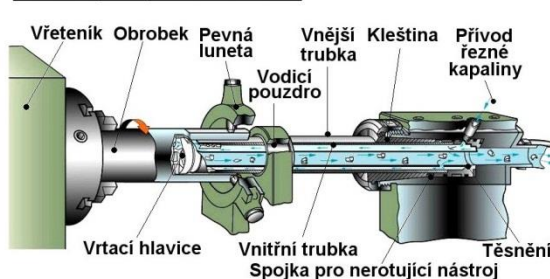
Zařízení pro vrtání hlavním vrtákem



Zařízení pro STS vrtání



Zařízení pro ejektorové vrtání



Obr. 2.38 Zařízení pro hluboké vrtání¹⁶.

Řezné podmínky pro hluboké vrtání jsou ovlivněny čtyřmi hlavními faktory¹¹:

- vhodným utvářením třísky (vhodné dělení třísky je hlavním kritériem). Vyšší řezné rychlosti způsobují vznik delší třísky, větší posuv třísky zmenšuje,
- řeznou silou (disponibilním výkonem na nástroji),
- opotřebením nástroje (trvanlivostí),
- drsností povrchu a přesností rozměrů.

Vyhrubování a vystružování slouží k dokončování děr při vyšších požadavcích na parametry přesnosti díry. Díry do průměru 10 mm se pouze vystružují, větší díry se vyhrubují a pak vystružují. Úkolem vyhrubování je zpřesnění geometrických parametrů obráběné díry. Úkolem vystružování je komplexní výroba přesné díry s požadovanými geometrickými parametry a drsností povrchu obrobené plochy¹³. Nástroje se nazývají výhrubníky a výstružníky (obr. 2.39).



Obr. 2.39 Druhy výhrubníků a výstružníků¹⁶.

Dokončování hlubokých otvorů hlavní je možné provést vystružením, obvykle následovaným honováním. Vystružením se zlepši geometrický tvar otvoru (kruhovitost, kuželovitost), sníží přídavek a pracnost honování. U malorážových zbraní se vystružování provádí klasickými výstružníky, které mají prodlouženou stopku. Pro dosažení co nejlepší tvarové přesnosti je vhodné, aby výstružník měl nestejně rozložené jednotlivých břitů, nebo alespoň lichý počet břitů. Je vhodné, aby poslední záběr při vystružování byl prováděn metodou taženého výstružníku (lepší tvarová přesnost otvoru). Tuto metodu lze provádět na strojích pro vrtání, nebo se používají speciální vodorovné vystružovačky. Kinematika je volena dle stroje a parametry procesu jsou obvykle stejné jako při vrtání hlubokých děr¹¹.

U hlavní větších ráží je nástrojem pro vystružování vystružovací hlava. V jejím tělese je po obvodu pravidelně rozmístěno 4 až 6 drážek pro vodící a zároveň i tlumící lišty z texturoidu. V tělese je vnitřní plochý závit pro upevnění na tyč a radiální tvarový obdélníkový otvor pro přesné uložení "plovoucího" bloku se dvěma SK noži loupací geometrie. Vystružování se obvykle provádí ve dvou záběrech. V prvním záběru pracuje první sada nožových bloků tlakem. Po nasazení bloků s větším průměrem se při stejných řezných podmínkách pracuje tahem (od vřetene k tlakové hlavě)¹¹.

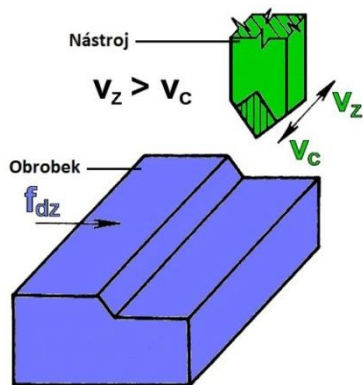
Ve vývrtu, zejména v oblasti zádi hlavně, se vyskytují kuželové a tvarové plochy (např. nábojová komora, přechodový kužel). Obrábění těchto ploch patří k velmi náročným operacím. U malorážových hlavních se po vyvrtání hlavního otvoru nábojová komora vyhrubuje plovoucím tvarovým výhrubníkem. Ten vytvoří osazení otvoru, i kuželové přechody.

Po vyhrubování následuje dokončení nábojové komory ručním vystružením obvykle plovcím tvarovým výstružníkem. Aby byla zlepšena rozměrová a tvarová přesnost otvoru a drsnost povrchu, jsou konstruovány výstružníky se sudým počtem břitů nestejně rozteče mezi jednotlivými břitů. Případně mají lichý počet břitů. Výroba nástroje je v obou případech nákladnější. U hlavní velkých ráží se stupňovité (kuželové) otvory obvykle obrábějí vrtáním vyvrtávacími hlavami BTA. Jsou-li zvýšené požadavky na souosost těchto otvorů, lze použít BTA vyvrtávací hlavy s předním vedením z bronzu, nebo texgumoidu. Je-li požadovaná přesnost vyšší, lze zejména nábojové komory hlavní větších ráží dokončovat broušením, které se provádí brousicím kotoučem v požadovaném tvaru upnutém na vřeteníku.

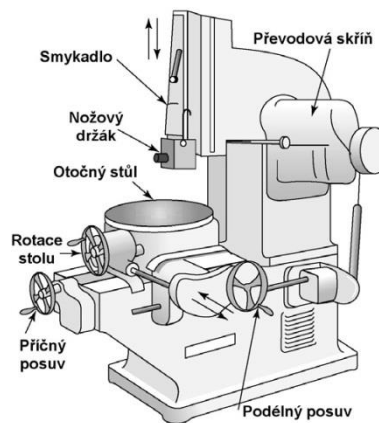
Vrtáním lze zhotovit také polygonální vývrt hlavně. Je však nutné mít speciální nástroj a speciální úpravu vřeten, která dovoluje kromě rotačního pohybu vřeten i vyosení nástroje a jeho rotaci vzhledem k otáčení vřeten i jeho celkovému natáčení při posuvu nástroje ve směru osy vrtání. Tato metoda se ovšem v běžné praxi nepoužívá, protože metody kování, protahování a elektrochemického obrábění vývrtu hlavní jsou nejenom produktivnější, ale i přesnější¹¹.

2.4.1.4 Obrážení

Technologie používaná při obrábění rovinných povrchů jednobřitým nástrojem. Hlavní pohyb je přímočarý vratný a vykonává jej nástroj (obr. 2.40). Při vstupu nástroje do materiálu dochází k nárazům. Zpětný zdvih nástroje probíhá naprázdno a jeho rychlost je vyšší, než při pracovním zdvihu. Používá se obráběcích nožů, jejichž geometrie je podobná jako u nožů soustružnických. Stroje se nazývají obrážecí a dle konstrukčního hlediska se dělí na vodorovné a svislé (obr. 2.41). Zvýšenou pozornost je nutno věnovat upínání obrobků vzhledem ke skutečnosti, že při obrážení dochází k rázovému záběru nástroje¹³.



Obr. 2.40 Princip obrážení¹⁶.

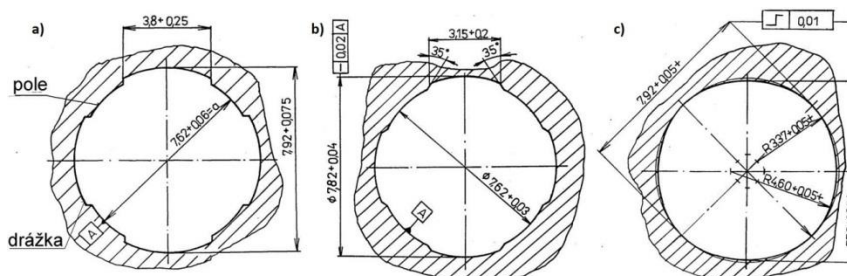


Obr. 2.41 Schéma svislé obrážecí¹⁶.

2.4.1.5 Drážkování vývrtu řezáním

Drážkovaná část vývrtu hlavně se skládá z drážek a polí, do kterých se vřezává vodící část střely (plášť, nebo vodící obroučka). Hloubka drážek u malorážových zbraní bývá v rozmezí $(0,015 - 0,025) \cdot d$. Příliš malá hloubka drážek snižuje životnost hlavně opotřebením. Velká hloubka drážek způsobuje nevýhodnou deformaci střely. Obecně platí, že měkké střely (např. olověné) mají mít větší hloubku drážek. Šířka drážek se obvykle pohybuje cca $\frac{1}{2}$ ráže. Velká šířka drážek snižuje pevnost polí. Šířka polí je cca 2 až 3 mm. Počet drážek u hlavnových zbraní je obvykle sudý (4,6,8 atd.). Existují ovšem i hlavně

s lichým počtem drážek (3,5 atd.). Tvar drážek může být různý (obr. 2.42). Pro třískové obrábění je vhodný tvar pravoúhlý. Tento tvar je nejrozšířenější. Nástroje jsou výrobně jednoduché. Nedostatkem je horší čištění vývrtu mezi bokem a dnem drážky. Při výrobě rotačním kováním za studena, případně protlačováním se přechází na tvar mírně lichoběžníkový dříve běžně používaný. V tomto případě jsou boky polí tvořeny šikmými plochami, což umožňuje snadnější čištění vývrtu hlavně. Hlavně s polygonálním vývrtem (nedrážkovaná hlavěň) se objevily již v průběhu druhé světové války. Tento vývrt je tvořen kruhovými oblouky tečně navazujícími, jejichž středy leží mimo osu hlavně. To vyvolává stejný efekt jako drážky v hlavni. Stoupání drážek vývrtu hlavně je u většiny hlavnových zbraní konstantní. Úhel stoupání se volí dle požadavků na stabilitu střely a uvádí se obvykle jako délka jednoho zákrutu v mm. Se stoupáním úzce souvisí otáčky střely na ústí hlavně, které jsou mírou stability střely a závisí na úhlu stoupání a ústové rychlosti. Stoupání drážek (zákrutu) zavedených zbraní se nachází v normě CIP²¹.

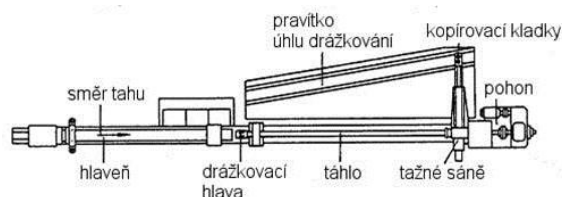


a – pravouhlý tvar drážek, b – lichoběžníkový tvar drážek, c – polygonální tvar drážek.

Obr. 2.42 Tvary drážek vývrtu hlavní ²¹.

Hlaveň se před drážkováním vrtá na speciálních strojích pro hluboké vrtání (viz kap. 2.4.1.3). Technologie drážkování lze rozdělit na drážkování pomocí třískového obrábění a drážkování pomocí tváření.

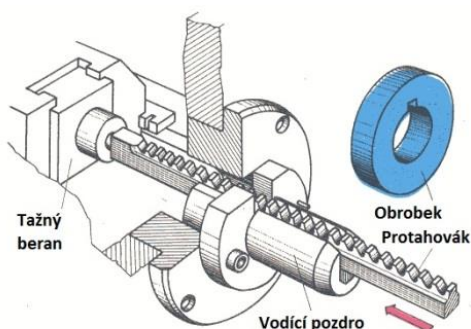
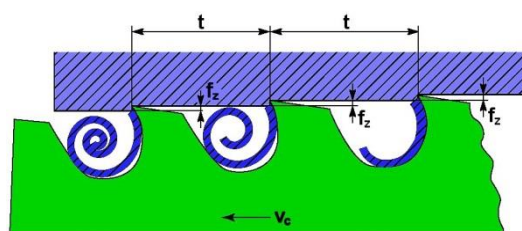
Nejstarším způsobem výroby vodící části vývrtu hlavně je třískové drážkování (cut rifling). Princip jeho činnosti lze vidět na obr. 2.43. Byl vynalezen v Německu v roce 1520⁴⁹. Vodící drážky se původně řezaly ručně tahem za rukojeť drážkovacího trnu. Při tahání se tento trn natáčel pomocí šroubové drážky pro zajištění požadovaného stoupání vývrtu. Počet drážek se nastavoval pomocí vyměnitelných kotoučových dělicích hlav. Princip současných drážkovaček (obráz. 2.45) je podobný. Hlaveň se upíná pevně a hákové nože (obráz. 2.44) jsou do záběru přiváděny pohybem držáku. Drážkovací nožový držák vykonává současně pohyb rovnoměrný přímočarý (řezná rychlost v_c) a otáčivý pohyb kolem podélné osy. Stoupání drážek je tedy závislé na vzájemném poměru rychlosti otáčení a pohybu přímočarém ve směru osy. Otáčení držáku se obvykle zabezpečuje přes palec, převody a vodící pravitko, které je vychýleno ve směru osy. Pro drážkování se používají dvoubřité nože s negativní geometrií pro oboustranný záběr. Obvykle jsou na držáku 4 nože (dva a dva proti sobě) s profilem drážek. Posuv nožů do záběru se provádí táhlem, které prochází držákem. Podle počtu nožů v držáku se vyrobí potřebná hloubka drážek (počet drážek odpovídá počtu nožů). Ostření opotřebovaných nožů se provádí přímo na držácích, aby bylo dosaženo maximální přesnosti drážek. Především z důvodu produktivity (doba tvorby drážkovaného vývrtu hlavně je kvůli úběru materiálu na jeden cyklus 0,002 – 0,005 mm až několik hodin), efektivnosti a přesnosti vyrobených drážek se drážkování nahrazuje jinými metodami výroby drážek. Dalším nedostatkem může být velmi rychlé opotřebení nástrojů při drážkování materiálů s vyšší pevností. Proto se tato metoda používá pouze u hlavní malých ráží vyrobených z materiálů nižších pevností¹¹.

Obr. 2.43 Náskres drážkovacího stroje²¹.Obr. 2.44 Držáky s hákovými noži²¹.Obr. 2.45 Stroj na řezání drážek hlavně firmy Winston značky Ludwig Loewe&Co²¹.

2.4.1.6 Protahování a protlačování

Tyto dvě metody patří k obráběcím procesům, při nichž jsou vysoce produktivním způsobem obráběny tvarové díry. Protahování je na obr. 2.46. Metody se liší pouze konstrukcí nástroje, způsobem jeho upnutí a velikostí úběru materiálu. Obrobek je zpravidla nehybný a nástroj koná přímočarý pohyb (při protahování je tažen, při protlačování tlačén). Podstatou je postupný záběr jednotlivých po sobě následujících zubů protahovacího trnu do obráběného materiálu (obr. 2.47). Nástrojem jsou zde protahovací a protlačovací trny. Protlačovací nástroje jsou mnohem kratší z důvodu namáhání na vzpěr. Nástroje jsou velmi drahé, z toho důvodu se tato technologie využívá pouze ve velkosériové a hromadné výrobě. Protahovací stroje (protahovačky) jsou řešeny jako vodorovné, nebo svislé. Pro protlačování se využívají různé typy pomaloběžných lisů^{13,15}.

U zbraní se protahují drážky ve vývrtu hlavně. Tento způsob je obdobný klasickému protahování. Rozdíl je pouze v konstrukčně upravených protahovacích nástrojích. Neboť při protahování drážek v hlavni je protahovaná drážka ve šroubovici a jedná se o velkou protahovanou délku vzhledem k průměru¹¹.

Obr. 2.46 Princip protahování⁵⁴.Obr. 2.47 Schéma postupného úběru materiálu při protahování¹⁵.

Z hlediska konstrukce protahováků se používají tyto typy¹¹:

- do průměru cca 70 mm,
- průměry nad 70 mm.

Ad. a)

- 1) Celistvý protahovák (obr. 2.48) – protahují se všechny drážky současně. Vzhledem k protahované délce je nutná velká rozteč mezi jednotlivými břity (jsou konstrukčně dlouhé), a proto se používají pouze u malých průměrů a pouze ve výjimečných případech.

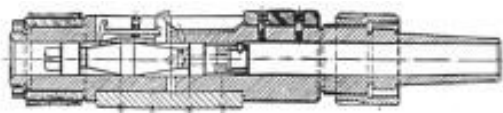


Obr. 2.48 Celistvý protahovák¹¹.

- 2) Protahovák, který protahuje drážky v sekcích – protahuje pouze $\frac{1}{3}$, nebo $\frac{1}{4}$ počtu drážek rovnoměrně rozdělených po obvodu. Po protažení skupiny drážek se protahovák, nebo obrobek pootočí o požadovanou rozteč a protahuje se další skupina drážek. Protahovák se obvykle konstruuje jako celistvý, případně se vsazovanými zuby, nebo se zuby v sekcích (vkládaných na základní těleso protahováku).

Ad. b)

- 1) Protahování se provádí tzv. tažnou hlavou (obr. 2.49), do níž jsou samostatně vkládány jednotlivé nože v počtu 8 až 20 podle počtu drážek a průměru vývrtu. Protahování všech drážek se provádí postupně tak, jako by zabíraly zuby protahováku, tzn., že se nože po každém tahu vysunou v hlavě pomocí kužele o šířku záběru ostří, až se vytvoří požadovaná hloubka drážky. Následně se hlava pootočí o příslušný úhel (rozteč) a postup se opakuje. Mezi výhody této metody patří možnost měnit nože a v omezeném rozsahu nastavení hlavy, a tím i tvar, profil a hloubku drážek. Navíc k protahování je zapotřebí menších sil. Nevýhodou je výrobně složitější nástroj, nutnost dělení (pootáčení hlavy) při výrobě jednotlivých skupin drážek (z toho vyplývající nepřesnosti) a vyšší pracnost (delší čas výroby všech drážek).



Obr. 2.49 Tažná hlava¹¹.

- 2) Protahování tažnými kroužky - jednotlivé kroužky se nasazují na tyč s distančními vložkami a takto sestavený nástroj tvoří protahovák. Každý kroužek má požadovaný profil s úplným počtem drážek. Kroužky tvoří vlastně jednu sekci zubů protahovacího trnu. Požadované hloubky profilu drážky se dosáhne postupnou změnou kroužků (zvětšováním) na trnu. K vytvoření profilu je potřeba sady kroužků (pro hloubku drážky cca 1 mm je v sadě 35 až 50 kroužků). Poslední kroužek v sadě je kalibrující a hladící. Kroužky se brousí na čelo a životnost kroužků je 5 až 8 ostření. Trvanlivost kroužků je cca 20 až 30 ks hlavní. Mezi přednosti této metody patří, že se všechny drážky protahují současně, vyrobené drážky jsou přesnější a mají menší drsnost povrchu a pracnost výroby je nižší. Nedostatkem jsou dražší nástroje, větší síly potřebné k protažení drážek a nemožnost korekce profilu (je dána profilem kroužků).

Metody protahování, či protlačování se používají k vytvoření drážkovaného vývrtu hlavně. Jednou ze specifických metod je tzv. Broach rifling vynalezený kolem roku 1850⁴⁹. U této metody se uskutečňuje vlastní proces tvorby drážek za pomoci kalených protahovacích

trnů, na nichž jsou po celé délce umístěny řezné kroužky (obr. 2.50). Na kroužcích jsou vytvořeny mezery, které odpovídají šířce polí. Řezné kroužky jsou vůči sobě pootočený, čímž vytváří potřebnou spirálovitou drážku ve vývrtu hlavně. Vytvoření drážky ve vývrtu hlavně proběhne na jeden zdvih úběrem materiálu řezacími kroužky. Jejich průměr se postupně zvětšuje, kdy poslední kroužek má velikost odpovídající finálnímu tvaru vývrtu hlavně.



Obr. 2.50 Protahovací trn a detail řezacích kroužků⁴⁶.

2.4.2 Technologie tváření

Tvářením kovů rozumíme technologický proces, při kterém dochází k požadované změně tvaru výrobku, nebo polotovaru, případně vlastností v důsledku působení vnějších sil. Podstatou je vznik plastických deformací, ke kterým dojde v okamžiku dosažení napětí na mezi kluzu pro daný materiál. Mezi výhody patří vysoká produktivita práce, vysoké využití materiálu a velmi dobrá rozměrová přesnost tvářeného materiálu¹⁸.

Hlavní rozdělení technologie tváření je podle vztahu teploty tvářeného materiálu k teplotě rekrytalizace (přibližně 0,4 teploty tavení kovu). Z tohoto hlediska rozdělujeme tuto technologii na tváření za studena (pod rekrytalizační teplotu), kdy dochází ke zpevňování materiálu a na povrchu se vytváří textura. A tváření za tepla (nad rekrytalizační teplotu). Materiál se nezpevňuje a k tváření stačí menších sil. Nevytváří se zde textura, ale povrch materiálu je nekvalitní vlivem okujení. Určitým kompromisem mezi tvářením za tepla a za studena je tváření za poloohřevu, které probíhá za teplot těsně pod rekrytalizační oblastí¹⁸.

Dále lze tváření kovů dělit podle počtu směrů, ve kterém nastává deformace. U plošného tváření převládá deformace ve dvou směrech (ohýbání, stříhání atd.). Oproti tomu deformace ve všech třech směrech nastává u objemového tváření (kování, válcování atd.)¹⁸.

2.4.2.1 Vystříhování a přesné stříhání

Klasickým a přesným vystříhováním z tabule, nebo pásu plechu se zhotovují tvarové výstřižky, které nacházejí široké uplatnění v konstrukci spouštěcích mechanismů i jiných částí zbraní¹¹.

Technologie stříhání je nejrozšířenější způsob zpracování plechu. Výstřižky se vystřihují buď přímo z pásu (ze svitku), nebo se pásy připraví rozstřížením tabulí plechu. Postup stříhání je třeba zvolit na základě posouzení tvaru výstřižku z hlediska technologie stříhání a vytvořit tzv. nástřihový plán. Ten musí být zvolen tak, aby využití tabule bylo co největší. Podstata spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Oddělení materiálu nenastane přesně v žádané ploše, neboť materiál je elastický, tvárný a smykové napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše. Přesnost rozměrů výstřižku, otvorů i jakost střížné plochy

ovlivňují mnohé faktory. Mezi nejdůležitější z nich patří způsob stříhání, vlastnosti stříhaného materiálu, velikost střížné mezery, kvalita střížného nástroje atd. Stříhat je možné z hlediska konstrukce nožů a jejich pohybu: rovnoběžnými noži, skloněnými noži a kotoučovými noži¹⁷.

Pod společným označením technologie přesného stříhání (obr. 2.51) se uvádějí všechny metody zlepšující povrch střížné plochy a zpřesňují stříhané rozměry. Metodami přesného stříhání se dosáhne kvalitní, hladké střížné plochy kolmé k rovině plechu a rozměrové přesnosti vyrobených součástí. Pro tuto technologii jsou zvláště vhodné součásti, které se vyrábí ve velkých sériích a jejichž výroba vyžaduje velké množství obráběcích operací. Rozeznáváme několik metod přesného stříhání.

Při vystřihování se zaoblenou střížnou hranou střížníku nebo střížnice (obr. 2.51-1) se dosáhne hladké a kolmé střížné plochy, neboť je v místě stříhu vytvořena tlaková napjatost a materiál je při stříhu částečně dopředně protlačován. Metoda je vhodná pro dobře tvárné materiály¹¹.

Přesné vystřihování s tlačnou hranou je poměrně složitý proces, jehož výsledkem je kvalitní a přesná střížná plocha. Konstrukce nástroje i činnost lisu je výrazně odlišná od běžného vystřihování. Plech je nejdříve sevřen mezi tlačnou hranu a střížnici, přičemž tlačná hrana je do plechu zalisována. Zároveň je sevřen uvnitř materiál mezi střížníkem a vyhazovačem. Při následném vlastním stříhání se materiál neprohne, přičemž radiální složka pružení, vznikající v důsledku plastické deformace, je zachycována tlačnou hranou. Podmínkou této metody je nejen složitý a drahý nástroj, ale i speciální trojčinný lis¹¹.

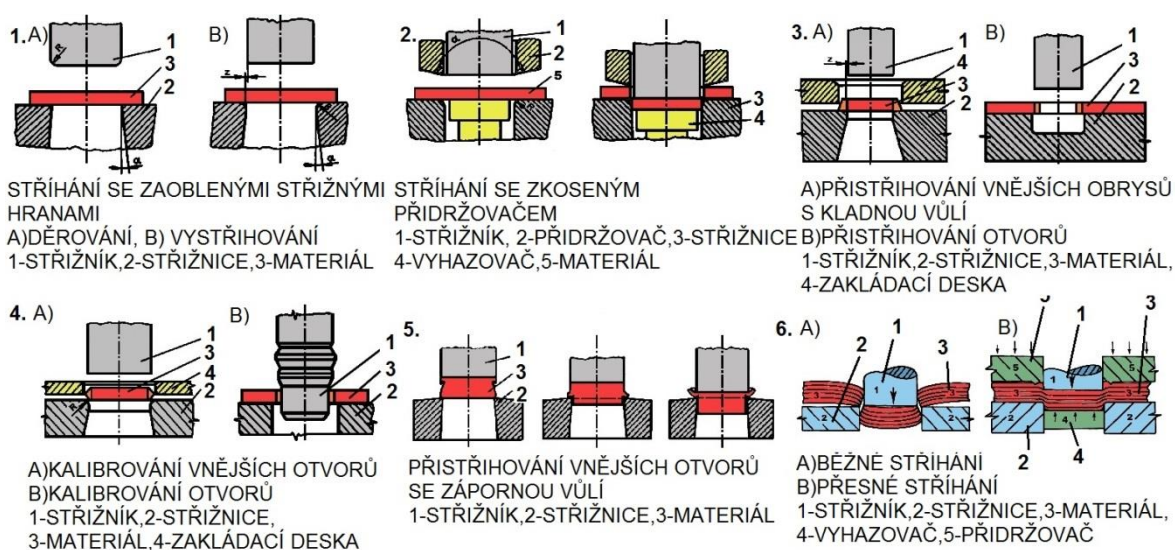
Přistřihování je metoda (obr. 2.51-3), při které se klasicky zhotovený výstřížek na svém vnějším, nebo vnitřním obryse čistě a hladce ostříhne. Při přistřihování se tříska odebírá přerušovaně, kmitavým pohybem střížníku, což umožňuje speciální mechanismus lisu. Při přistřihování s kladnou vůlí je střížník menší než střížnice. Při přistřihování se zápornou vůlí je čelní plocha střížníku větší než plocha výstřížku a ten je vlastně protlačen přes střížnici. Přistřihováním se získá kvalitní střížná plocha zejména u tvrdých materiálů. U měkkých materiálů dochází k vytrhávání okrajů¹¹.

V případě stříhání se zápornou vůlí (obr. 2.51-5) je průměr střížníku větší než průměr střížnice (většinou o 0,1 mm až 0,2 mm). Proto také do ní nemůže vniknout a zůstává v dolní úrovni o 0,2 mm až 0,5 mm nad rovinou střížnice. Polotovár je přistřižen jen částečně a dokončí se až při přistřihování dalšího výstřížku, který předchází výstřížek do střížnice protlačí¹¹.

Princip kalibrování (obr. 2.51-4) spočívá v protlačení výstřížku přes střížnici, která má zaoblené hrany (R 0,5 mm – 1,5 mm) dle tloušťky plechu. Kalibrování lze provést na vnějším obrysu výstřížku, nebo v otvoru. Otvory se kalibrují pomocí kalibrovacího trnu. Navíc je potřeba také větší síla, než u vystřihování. V porovnání s přistřihováním je kalibrování méně přesné vlivem odpružení po kalibraci. Povrch kalibrované plochy je zpevněn¹¹.

Použitím zkoseného přidržovače (obr. 2.51-2) se vyvodí ve stříhaném materiálu dvouosý stav napjatosti. Tímto způsobem lze dosáhnout požadovaných rozměrových přesností i jakosti střížné plochy. Jelikož je zapotřebí poměrně komplikovaného nástroje s přidržovačem, tak tato technologie je v praxi málo využívána¹¹.

Přesné stříhání má oproti běžnému stříhání (obr. 2.51-6) kromě výhody kvality stříženého dílce také výhodu v ekonomičnosti. Ovšem ne všechny materiály se hodí pro přesné stříhání.

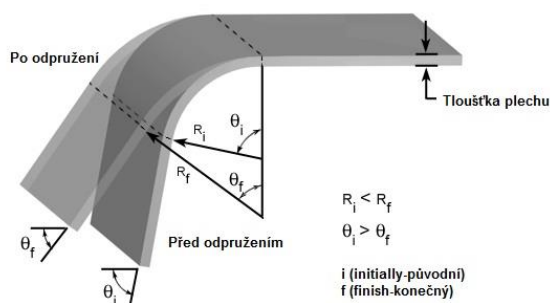
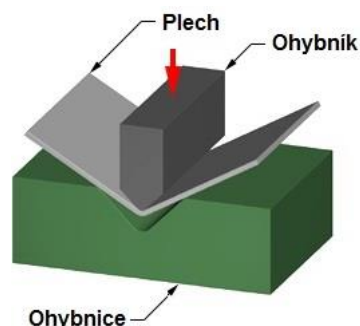
2.51 Schéma jednotlivých typů přesného stříhání^{18,19}.

2.4.2.2 Ohýbání

Ohýbání se provádí ve většině případů za studena, v případě velkých průřezů materiálů vyšší pevnosti za tepla. Je to technologická tvářecí operace, při které vlivem působícího ohybového momentu od ohybové síly dochází k trvalé změně tvaru polotovaru. Dochází zde k pružně-plastické deformaci polotovaru. Charakteristickým znakem je změna tvaru plochy ohýbané součástky tzv. neutrální plochy. Napětí v místě neutrální plochy mění skokem svoji velikost a znaménko. Důsledkem změny a průběhu napětí tahového a tlakového při ohýbání dílce je i deformace v příčném průřezu¹⁷.

Při ohýbání plošných materiálů se rozlišuje ohýbání úzkých polotovarů ($b < 3t$) a širokých polotovarů ($b > 3t$), kde b je šířka polotovaru a t tloušťka polotovaru. Při ohýbání úzkých polotovarů se deformuje příčný průřez více než při ohýbání polotovarů širokých¹⁷.

Výrazným průvodním jevem v technologii ohýbání je odpružení (obr. 2.52). To způsobuje změnu rozměru a tvaru dílce, jenž neodpovídá daným rozměrům. Na velikost odpružení mají vliv mechanické vlastnosti ohýbaného materiálu, jeho tloušťka, poloměr ohybu k tloušťce materiálu, velikost úhlu ohybu a konstrukce ohýbadla.

Obr. 2.52 Odpružení po ohýbání³⁰.Obr. 2.53 Ohýbání do tvaru V³⁰.

Základní způsoby ohýbání jsou ohýbání do tvaru U a V (obr. 2.53). Při ohybu vznikají některé technologické problémy, jako je praskání materiálu způsobené vlivem zpevňování

materiálu. Jiným problémem je vznik vln, který vzniká při ohýbání předmětů s tenkými stěnami¹⁷.

Stroje resp. zařízení k ohýbání jsou různé a používají se s přihlédnutím k velikosti a množství ohýbaných součástí. Jsou to mechanické lisy vhodné k ohýbání součástí menších rozměrů. Ohýbačky se naopak používají k ohýbání rozměrnějších součástí. Mohou být s ručním, mechanickým, či hydraulickým pohonem. Dále se k ohýbání používají ohraňovací lisy, což jsou v podstatě mechanické lisy určené k tvarování rozměrnějších polotovarů v délce např. 6 až 8 m. K výrobě otevřených nebo i uzavřených profilů libovolných délek se používá plynulé ohýbání profilovými válci (tzv. kontinuální ohýbání). Zde požadovaný profil vzniká z výchozího pásu plechu postupně mezi několika dvojicemi tvarovacích válců. Nástroje se nazývají ohybníky¹⁷.

2.4.2.3 Protlačování tvářením

Další tvářecí operací výroby drážek je protlačování. Při něm se do vyleštěného vnitřního povrchu hlavně pomocí tlačného trnu na vodorovném hydraulickém, či mechanickém lisu tvarují drážky. Před protlačováním musí být povrch vývrtu vyroben na hotovo. Nestačí jen honování, musí být i vyleštěn a lehce poměděn k usnadnění tvářecího procesu a snížení tření při protlačování. Tímto procesem se vyrobí pouze drážky. Nábojová komora, vnější povrch a zarovnání hlavně se dokončuje obráběním. Vhodnost této metody je pro hlavně vyrobené z méně pevných materiálů s dostatečně silnou stěnou hlavně. Protože při protlačování je nástroj i hlaveň silně namáhána (hlaveň mimo jiné i na vzpěr). Při procesu tlačný trn svojí přední částí vytváří reliéf vlastních drážek a jeho další koncová část (tzv. kulička) dokončí kalibraci průměru v polích (ráže). Vzhledem k nutnosti před vlastním procesem protlačováním vnitřní povrch hlavně ještě leštit a pomědit je tato metoda v Evropě používána jen výjimečně. Zejména z ekonomických důvodů¹¹.



Obr. 2.54 Detail konce drážkovacího trnu u metody Button rifling⁴⁶.



Obr. 2.55 Stroj značky Zs 151, vpravo dole je uložení nástroje (button) ve vývrtu hlavně²¹.

Nejčastější způsob výroby drážkovaného vývrtu v USA je v dnešní době tzv. Button rifling. Tato metoda byla ve vývoji již od konce 19. století, ale doopravdy zdokonalena byla až kolem roku 1940 firmou Remington⁴⁹. Od první metody protlačování se odlišuje rozdílným nástrojem, který je ve tvaru tyče s rozšířeným tvrdým koncem z kalené oceli, na němž jsou vytvořeny drážky (obr. 2.54). Vývrt s drážkami v hlavni se vytvoří pomocí stroje, který táhne (nebo tlačí) a zároveň otáčí nástrojem za intenzivního mazání. Z důvodu pružné deformace při tvorbě drážek musí mít nástroj o trochu větší průměr než je požadovaná hloubka drážky (k další změně tvaru dochází při žihání k odstranění vnitřního pnutí). Celý proces trvá jenom kolem jedné minuty. Hydraulický píst vyvozuje na nástroj vysoký tlak v hodnotách kolem 410 MPa⁴⁹. Jelikož proces probíhá za studena, po procesu je vývrt

hlavně zpevněn a zároveň vyleštěn nástrojem. Důvodem k jejich početnému používání jsou i velmi levné nástroje a také možnost různorodějších výsledků oproti ostatním metodám. Nevýhodou je nutná homogenita materiálu a jednotná tvrdost v celé délce polotovaru. Jinak se může stát, že drážky vytvořené na jedné straně průměru vývrtu budou mít odlišnou hloubku oproti drážkám protějším⁴⁹. Na obr. 2.55 je stroj firmy Winston určený pro tvorbu drážek vývrtu medou button rifling.

2.4.2.4 Kování

Vedle technologie protlačování vývrtu hlavně, které se začalo používat na počátku 2. světové války a odstraňovalo nevýhody třískového drážkování, existuje ještě druhý perspektivnější způsob výroby malorážových hlavních. Tímto způsobem je kování (obr. 2.60), které může být za tepla (velkorážové hlavně), či za studena (malorážové hlavně). Bylo vynalezeno v Německu roku 1939 (první kovací stroj byl sestaven v Erfurtu) a oproti button riflingu, který je více populární spíše v USA, je tato metoda praktikována více v evropských zemích⁴⁹.

Z výchozího přířezu tyče se třískovým opracováním připraví polotovar pro kování. Tímto polotovarem je trubka s proměnnou tloušťkou stěny. Polotovar je nutné připravit jak po stránce rozměrové, tak i jakosti opracovaného vývrtu. U moderních kovacích strojů je navíc možné během kování plynule přestavovat kuželový kovací trn v podélném směru. To umožňuje kovat i vnitřní kuželové tvary vývrtu v rozmezí 0,01 mm – 0,03 mm. Což má příznivý vliv na přesnost střelby a výrazně zvyšuje životnost hlavně.

Výroba vývrtu hlavně radiálním, případně rotačním kováním, je jednou z nejhospodárnějších a nejperspektivnějších technologií. Velkou výhodou kování je, že se na jednu operaci zhotoví dokonalý vnitřní povrch. Hladký, drážkovaný, případně i s nábojovou komorou, který už nemusí být nijak opracováván (kromě povrchových úprav např. chromování).

Na obr. 2.59 a) je znázorněn princip radiálního kování, kdy se kovací kladívko (obr. 2.56) pohybují pouze v radiálním směru vůči polotovaru hlavně, který se otáčí. Technologie radiálního kování hlavní byla vyvinuta v Německu před 2. světovou válkou a její vývoj pokračoval ve firmě GFM v Rakousku. První stroje na kování hlavní této firmy byly distribuovány v padesátých letech 20. století. Na obr. 2.58 je fotografie kovacího stroje SHK 10 rakouské firmy GFM s řídicím systémem SIMATIK, který vlastní CZUB. Při rotačním kování na obr. 2.59 b) všechna kovací kladívka (kovátka) rotují a zároveň vykonávají radiální kovací pohyb²¹.



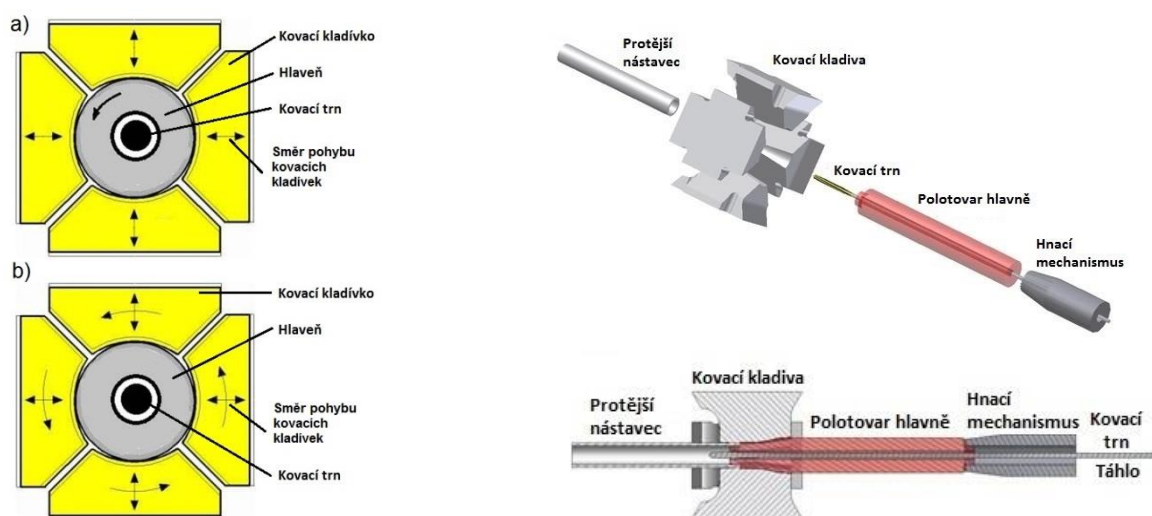
Obr. 2.56 Kovací kladívko (kovátko)²¹.



Obr. 2.57 Kovací trn.



Obr. 2.58 Kovací stroj GFM SHK 10²¹.

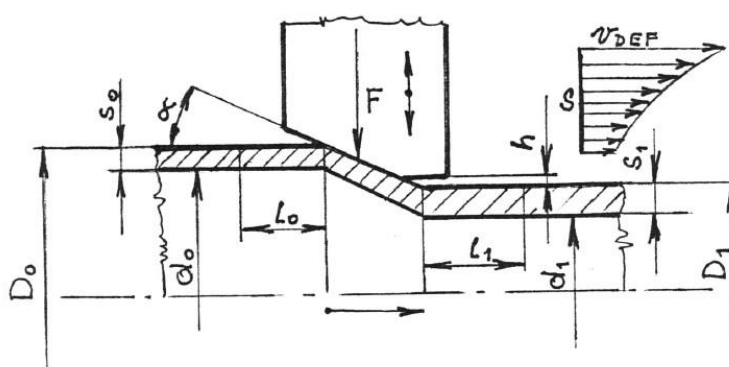


a – radiální kování, b – rotační kování.

Obr. 2.59 Způsoby kování hlavně²¹.Obr. 2.60 Uspořádání elementů
a princip kování hlavně⁴⁹.

Těmito způsoby se přetváří vstupní trubkový polotovar tak, že redukuje vnější průměr $D_0 \rightarrow D_1$, zesiluje tloušťku stěny trubky $s_0 \rightarrow s_1$ a zvětšuje výchozí délku $L_0 \rightarrow L_1$ (viz obr. 2.61)¹¹.

Proces deformace je složitý. Pracovní nástroj působí na tvářený polotovar silou F ve směru radiálním, materiál se však přemísťuje jak ve směru působení síly, tak ve směru kolmém, tj. ve směru podélné osy výkovku. Rychlost tečení materiálu není na jednotlivých průřezích konstantní. Na vnějším okraji teče materiál intenzivněji, než na okraji vnitřním (viz v_{def} na obr. 2.61). Tato skutečnost spolu s deformačním zpevněním omezuje přípustnou velikost deformace. Při jejím překročení dochází k oddělování jednotlivých vrstev materiálu v příčném řezu hlavně a k nadměrnému vytváření trhlin na vnitřním povrchu. S ohledem na uvedené skutečnosti bývá maximálně dosažitelná deformace vyjádřená změnou velikosti příčného průřezu trubky $R_{MAX} = 35\%$ ¹¹.

Obr. 2.61 Změna rozměrů polotovaru hlavně při rotačním kování¹¹.

Na hotovo se vykove vnitřní plochy hlavně, včetně šroubových drážek pro vedení střely. Vykove se tvar nábojové komory a předkove se vnější povrch hlavně. Současně se trubkový polotovar prodlouží na požadovanou délku hlavně. Vlastní postup kování je následující. Trubkový polotovar se upne do čelistí a je do něj zasunut trn (má negativní tvar vývrtu hlavně) ze slinutého karbidu, či tvrdokovu (obr. 2.57). Trn je složen z části pro kování nábojové komory a z části pro kování vývrtu s drážkami. Je-li požadována mírná kuželovitost

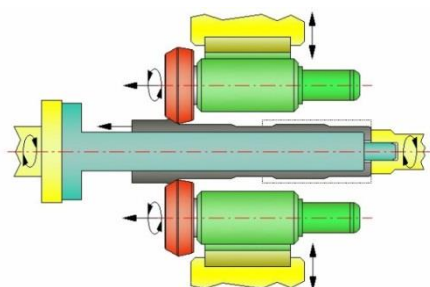
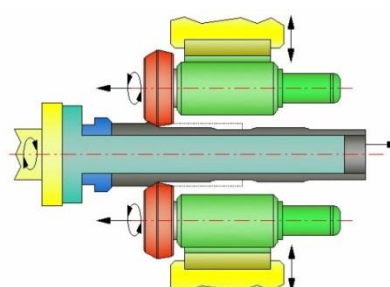
otvoru v hlavni, je také trn v části určené pro kování vývrtu kuželovitý. Kování hlavně začíná od jejího ústí. Do prostoru mezi kovacími kladívky je zasunut zkosený okraj trubkového polotovaru s vloženou přední částí trnu. Synchronizovaným pohybem kovacích kladívek s 1000 až 1500 údery za minutu je pak postupně na vloženém trnu překována celá hlaveň v drážkované části vývrtu. Celý proces je velmi rychlý, trvá jen (3 – 4) minuty. V podélném směru mají kovací kladívka složené vstupní a výstupní úkosové plochy, mezi nimiž je se základnou rovnoběžná, kalibrační část. Při kování je synchronizováno posouvání polotovaru mezi kovacími kladívky, jejich postupné radiální rozevírání při nepřetržitém kmitání a pozvolném zatlačování vnitřního trnu za účelem získání vnitřní kuželovitosti otvoru. Po vykování drážkové části následuje kování nábojové komory. Kovací kladívka se rozevřou na větší průměr, který odpovídá vnějšímu rozměru hlavně v tomto místě. Mezi ně je zasunuta válcová část trnu, určená pro kování nábojové komory a celá délka hlavně je dokována¹¹.

Rotačně vykovaná hlaveň má v porovnání s hlavněmi vyrobenými jinými technologiemi řadu předností. Hlaveň vykovaná za studena má nejen lepší mechanické vlastnosti než hlaveň zhotovená výhradně třískově, ale i vyšší přesnost při vyšším využití materiálu. Vyšší přesnost kovaných hlavní je zejména důsledkem zkrácení náročné vrtací operace. Polotovar pro kování je totiž cca o třetinu kratší, než je konečná délka hlavně a při vrtání relativně krátkého polotovaru je přesnost a souosost vývrtu s vnějším povrchem vyšší. Přesnost rotačního kovaného vnějšího povrchu za studena se pohybuje ve stupni přesnosti IT 11. Na trnu zhotovený vnitřní průměr má přesnost ve stupni IT 8 až IT6¹¹. Jelikož při kování vzniká v hlavni vnitřní napětí, musí být po kování zahrnuto žihání k odstranění vnitřního pnutí. Z důvodu ceny stroje (přes milion dolarů) je tato metoda využívána pouze v sériové výrobě hlavní u velkých výrobců zbraní (CZ, Heckler&Koch (Německo), Sako (Finsko), Glock, Steyr (Rakousko), v USA vlastní pár strojů Remington atd.)⁵⁰.

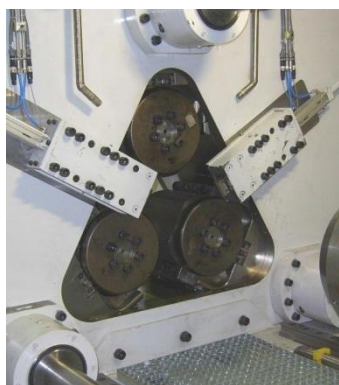
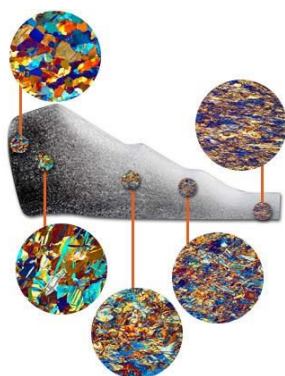
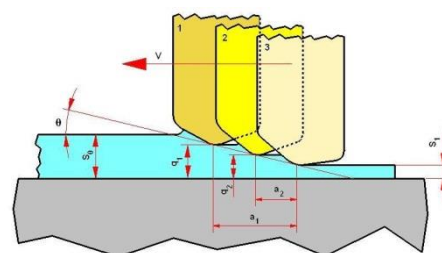
2.4.2.5 Flow Forming (Tváření tokem materiálu)

Flow forming je beztržková metoda tváření za studena, jež byla vynalezena v roce 1950 ve Švédsku⁴⁹. Polotovar ve formě průchozí tyče se umístí na trn. Při jejich společném otáčení na vnější průměr polotovaru působí tlakové síly od řízených kladek, které mohou být poháněny hydraulicky, nebo pomocí vodícího šroubu řízeného CNC strojem. Pro většinu aplikací je používáno tří kladek. Materiál je plasticky deformován tlakovými silami a jeho tok je ve směru axiálním k ose polotovaru. U většiny materiálů je možné snížení tloušťky stěny přesahující 90 % výchozí tloušťky. Polotovary mohou být zpravidla tvářeny až do šestinásobku výchozí délky. Kvalita vnitřní plochy hotového výrobku je téměř totožná s kvalitou vnější plochy trnu. Rozlišujeme dva způsoby této technologie, které se liší dle toku materiálu vůči pohybu nástroje⁴⁶.

- a) Dopředné flow forming – u polotovarů, které mají tvar s jednou plochou částečně, nebo zcela uzavřenou. K upevnění materiálu na trn slouží koník, který jej k trnu přitlačuje. Protahení polotovaru v průběhu tváření je totožné se směrem relativního axiálního pohybu kladek (obr. 2.62)⁴⁶.
- b) Zpětné flow forming – používá se u polotovarů s průchozím otvorem. Zde slouží k fixaci materiálu na trn ozubený kroužek, jenž je zároveň používám k vyjmutí hotového dílce z trnu. Prodloužení polotovaru je v opačném směru oproti relativnímu axiálnímu pohybu kladek (obr. 2.63)⁴⁶.

Obr. 2.62 Dopředné flow forming⁴⁶.Obr. 2.63 Zpětné flow forming⁴⁶.

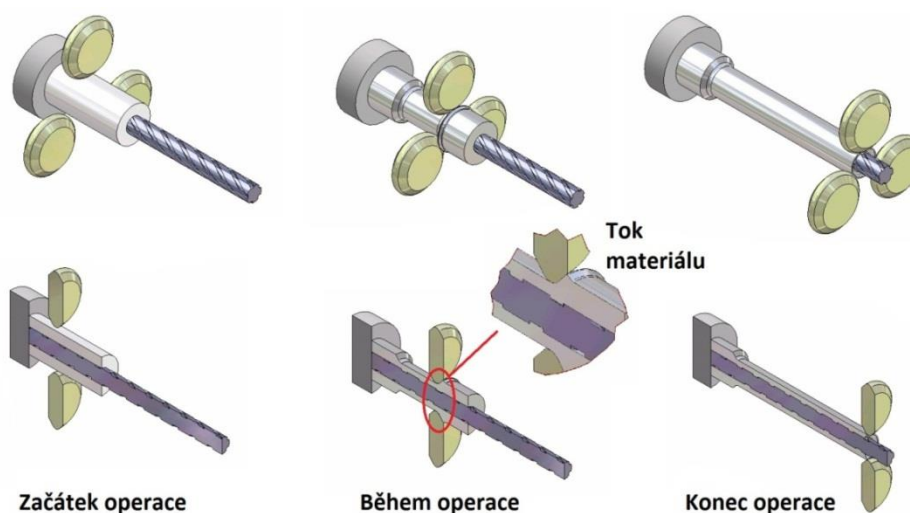
Pro přesné tváření a dlouhé výrobky se používá obvykle tři kladky vychýlených vůči sobě o 120° (obr. 2.64). Tyto kladky mají předem vypočítané axiální a radiální posunutí (obr. 2.66) mezi sebou k dosažení potřebných tvářecích podmínek.

Obr. 2.64 Rozložení kladek⁴⁶.Obr. 2.65 Změna struktury zrna při redukci tloušťky⁴⁶.Obr. 2.66 Posun 3 kladek⁴⁶.

V důsledku tváření za studena (zpevňování povrchu), ke kterému dochází v průběhu procesního cyklu, bude mít výsledný výrobek výrazně vyšší mechanické vlastnosti (mez kluzu, únavová životnost atd.) oproti původnímu polotovaru. Z důvodů velké redukce tloušťky materiálu má finální produkt značně propracovanou jemnozrnnou strukturu a celkové přeskupení zrn v mikrostruktuře, které je velmi rovnoměrné v axiálním směru (obr. 2.65). V případě nutnosti může následovat rekrystalizační žíhání. Výhodou je také jedinečná možnost tvarování součástí, čímž se potlačují obtíže a vysoké náklady spojené s finálním obráběním, broušením a honováním kalené a deformované duté součásti. Touto metodou se dosahuje výroby dlouhých a dutých velmi přesných součástí s požadovanými mechanickými vlastnostmi⁴⁶.

Touto metodou lze samozřejmě vytvářet nejen hladké vnitřní průměry, ale i potřebné vnitřní průměry s drážkováním (obr. 2.67). V tomto případě je použit trn, který má tvar negativu vývrtu hlavně. Během procesu je materiál kladkami tvářen v axiálním i radiálním směru. Přičemž axiálním směrem pohybu materiálu je hlaveň prodlužována a radiálním směrem se tvoří potřebné drážkování vývrtu hlavně. Na součásti je možné vytvořit odlišné vnější průměry při toku materiálu, aniž by se zastavila tvorba vnitřního vývrtu. Ovšem každý bod vnějšího povrchu musí být menší, než původní vnější průměr polotovaru⁴⁶. Tato technologie zatím není hojně zastoupena ve zbrojním průmyslu. Ale díky svým výhodám, mezi které patří větší přesnost oproti standartním metodám, zlepšení únavové životnosti,

rychlá a hospodárná výroba s vhodností pro všechny typy hlavní se může stát v budoucnu poměrně žádanou. Nevýhoda spočívá v nerealizovatelném vytvoření polygonálního vývrtu.



Obr. 2.67 Proces drážkování vývrtu pomocí metody flow forming⁴⁶.

2.4.3 Technologie slévání

Slévárnictví poskytuje potenciálně nejekonomičtější způsob přeměny výchozí suroviny v žádaný finální nebo polofinální výrobek (určený k dalšímu zpracování). Existuje mnoho technologických postupů při výrobě odlitků, které zachovávají základní princip, tj. odlévání tekutého kovu do připravené formy. Tyto technologie můžeme rozlišit z různých hledisek¹⁷:

Dle typu modelu:	- trvalý (dřevo, kov,...),	1 model = x forem
	- netrvalý (vosk, polystyren,...).	1 model = 1 forma
Dle druhu forem:	- trvalá (kokila, grafit. formy),	1 forma = x odlitků,
	- netrvalá ("písková"),	1 forma = 1 odlitek,
	- polotrvalá.	1 forma do 10 ks odlitků
Dle způsobu odlévání:	- gravitační,	
	- za zvýšeného tlaku (nízkotlaké, vysokotlaké, odstředivé),	
	- ve vakuu.	

2.4.3.1 Přesné liti

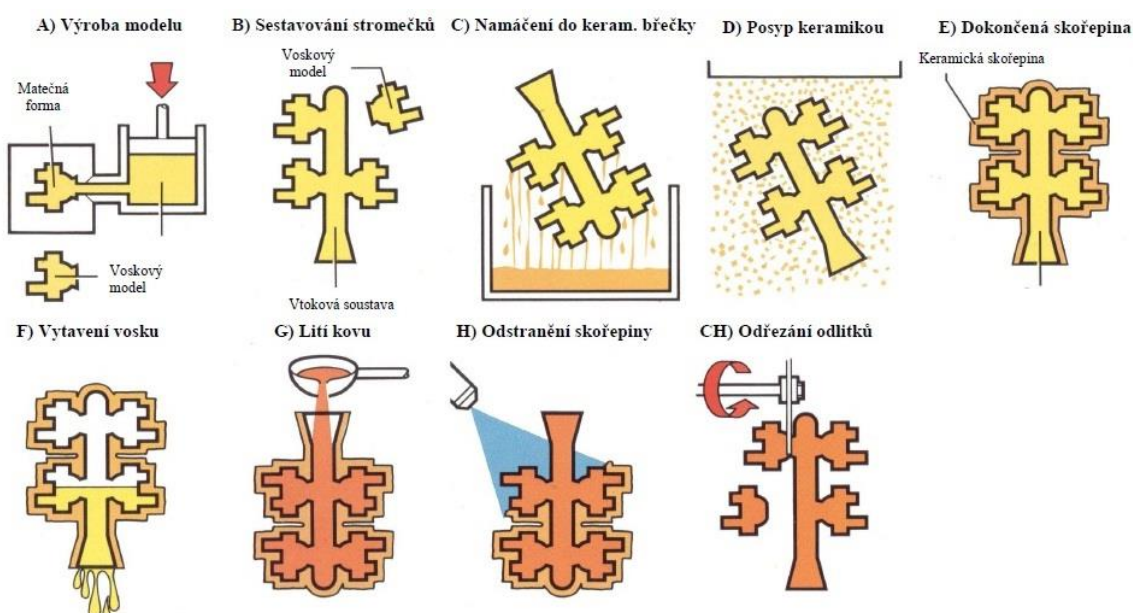
S ohledem na velikost, tvar, materiál a požadavky na přesnost a hladkost litého polotovaru lze použít výrobní metody používané v běžných slévárnách ocelí a litiny (tab. 2.2). V případě některých drobných ocelových součástí se jedná o odlitky, kde kromě vnitřní kvality odlitku vystupuje do popředí požadavek na hladkost litého povrchu a na přesnost odlitku. Výroba těchto součástí z plného polotovaru obráběním by byla podstatně nákladnější než výroba odlitku a jeho dokončení. U přesných odlitků mohou být přídavky na obrábění funkčních ploch velmi malé a některé plochy není nutné obrábět vůbec¹¹.

Metoda vytavitelného modelu vyžaduje použití keramické formy, jejímž charakteristickým znakem je to, že konečná pevnost formy se získá až po vypálení při vysoké teplotě, při které probíhají reakce nutné pro vznik keramických sloučenin. K výrobě formy se používá vytavitelných modelů z různých druhů vosku. Vyrobit můžeme kompaktní keramické

kou formu, nebo skořepinovou keramickou formu. Princip výroby odlitků pomocí vytavitelného modelu je zřejmý z obr. 2.68.

Tab. 2.2 Přesnost odlitků vyráběných různými metodami (Nejlepší přesnost 1, nejhorší 6. Odlitek ve stupni 1 a 2 lze označit jako přesný)¹¹.

Výrobní metoda		Stupeň přesnosti odlitku					
		1	2	3	4	5	6
Vytavitelný model		■	■				
Tlakové lití (neželezné kovy)		■	■	■			
Skořepinové formy (Croningova metoda)			■	■	■		
Horké jaderníky (metoda HB)			■	■	■		
Pískové formy zhotovení podle modelu	strojně			■	■	■	
	ručně				■	■	



Obr. 2.68 Princip technologie vytavitelného modelu²⁰.

2.4.4 Nekonenční metody obrábění

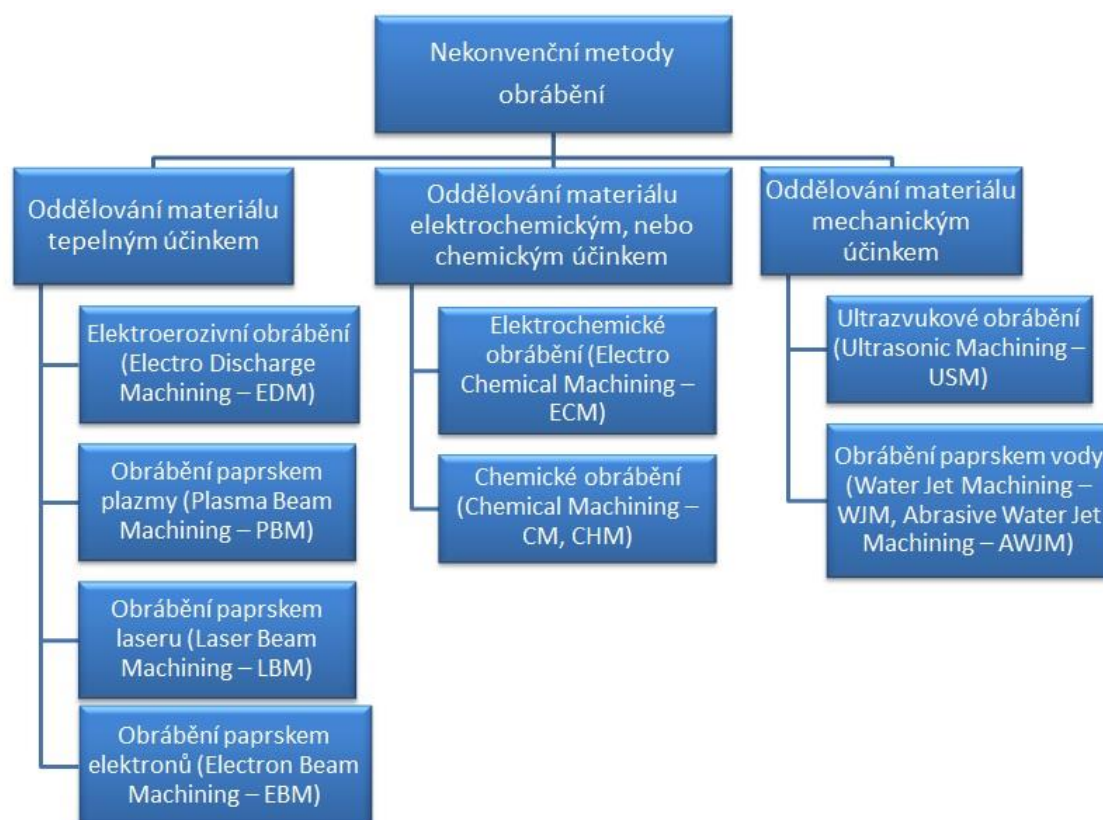
Při obrábění těmito metodami se nepoužívá standartní řezný nástroj, u kterého je možné definovat pracovní části (čelo, hřbet, atd.). K úběru materiálu dochází účinky tepelnými, chemickými, případně i mechanickými (převážně abrazivními) – nebo jejich vzájemnou kombinací. Tyto metody jsou odezvou na vývoj a používání nových konstrukčních materiálů s vysokou pevností, tvrdostí, houževnatostí, odolností proti opotřebení, které nelze standartními metodami hospodárně obrábět (slitiny titanu, superslitiny, keramika, slinuté karbidy atd.)²⁵.

Metody jsou charakterizovány širokým rozsahem parametrů, k základním patří²⁵:

- rychlost, možnosti a výkonnost obrábění nezávisí na mechanických vlastnostech obráběného materiálu,
- materiál nástroje nemusí být tvrdší než obráběný,
- možnost provedení složitých technologických operací (výroba děr se zakřivenou osou, obrábění děr složitých tvarů atd.),

- možnost zavedení plné mechanizace a automatizace,
- možnost zvýšení technologičnosti konstrukce a sériovosti výroby se současným snížením zmetků a snížení pracnosti dané operace,
- současně s výrobou tvaru dochází u některých nekonvenčních metod také k řízené změně vlastnosti povrchové vrstvy, zejména zvýšení odolnosti proti korozi, únavové pevnosti atd.

Rozdělení jednotlivých metod dle převládajících účinků oddělování materiálu je zobrazeno na obr. 2.69.



Obr. 2.69 Rozdělení nekonvenčních metod obrábění dle účinků oddělování materiálu²⁵.

V podmínkách CZUB všechny metody samozřejmě využívány nejsou. Ale například popisy a dekorativní střeňky (obr. 2.74) se vyrábí pomocí paprsku laseru. Z důvodu možných konstrukčních změn v průběhu výroby pláště zásobníku se místo vystřihování tvaru z plechu používá metoda elektrojiskrového řezání, jelikož nákup, či úprava stříhacího nástroje při každé změně tvaru by byla příliš nákladná. Elektroerozivní obrábění je využíváno jako doplněk přesných obráběcích operací nebo tam, kde není konvenční obrábění technicky efektivní. Elektrochemické obrábění se používá pro odstranění ostřin. S vodním paprskem byly z důvodu ne úplně přímého řezu prováděny pouze zkoušky. Rovněž tak probíhají kooperační zkoušky odstranění ostřin výbuchem. Dále je popis pouze metod používaných v podmínkách CZUB.

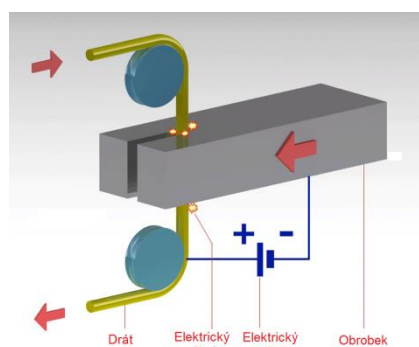
2.4.4.1 Elektroerozivní obrábění

Zahrnuje řadu metod, u kterých je úběr materiálu vyvolán periodicky se opakujícími elektrickými, popř. obloukovými výboji mezi nástrojem a obrobkem. Tavením a vypařováním jsou z obráběného materiálu odebírány velmi malé částice, které jsou z oblasti obrábění

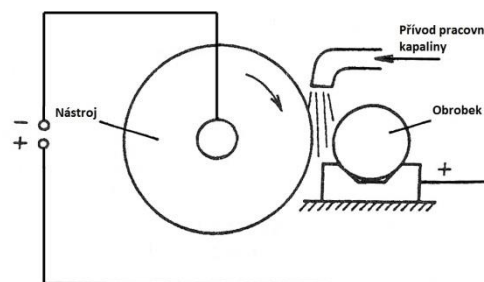
následně odplavovány pomocí dielektrické kapaliny (petrolej, vodní sklo, destilovaná voda atd.)²⁵.

V závislosti na fyzikálních podmínkách úběru materiálu se elektroerozivní obrábění dělí:

- elektrojiskrové obrábění (elektrojiskrové hloubení, elektrojiskrové řezání, obr. 2.70),
- elektrokontaktní obrábění,
- anodomechanické obrábění, obr. 2.71.



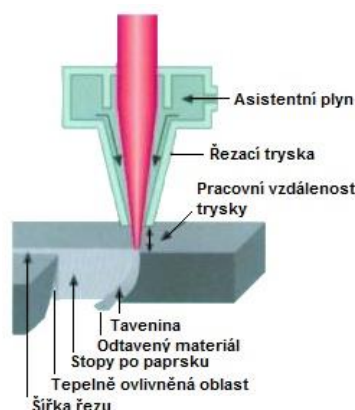
Obr. 2.70 Schéma elektrojiskrového řezání⁴⁴.



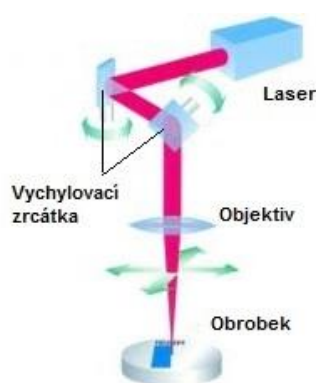
Obr. 2.71 Principiální schéma anodomechanického obrábění⁴⁵.

2.4.4.3 Obrábění paprskem laseru

Při laserovém obrábění dochází k odebrání materiálu účinkem úzkého paprsku silného monochromatického světla soustředěného na velmi malou plochu. Působením laserového paprsku dochází k místnímu ohřevu částic materiálu na vysokou teplotu (řádově až 10^4 °C), která způsobí jejich roztavení. Povrch natavené oblasti se rychle zvětšuje a materiál se dalším působením paprsku začne odpařovat. Při odpařování vznikají v natavené oblasti poměrně vysoké tlaky. Tavenina je tlakem par přemísťována a vytlačena ze vznikajícího kráteru a paprsek proniká do větší hloubky²⁵. Kromě řezání (obr. 2.72) je možno laserem také svařovat, vrtat, značit, či popisovat (2.73), gravírovat, leštit povrch, tepelně zpracovávat, nebo nanášet ochranné a ořezuvzdorné vrstvy.



Obr. 2.72 Princip řezání laserem⁴².



Obr. 2.73 Princip popisování laserem⁴².

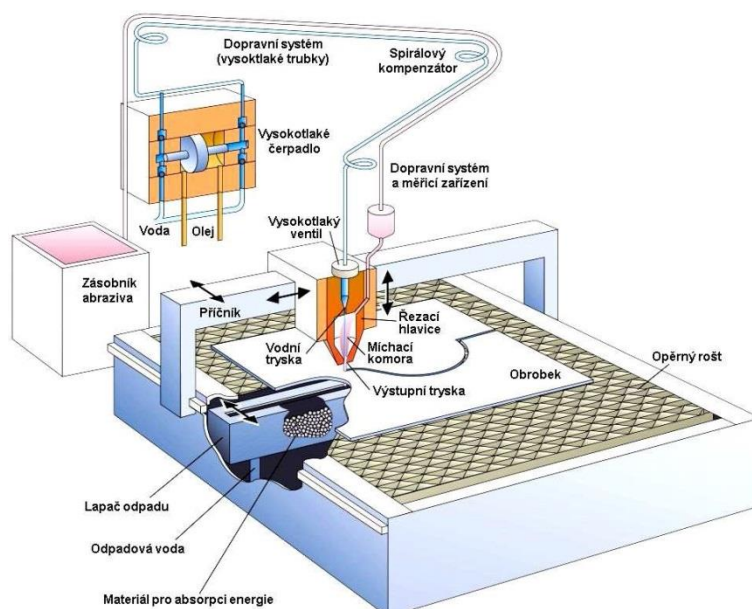


Obr. 2.74 Ukázka gravírovaných stěnek⁴³.

2.4.4.4 Obrábění vodním paprskem

Využívá k oddělování materiálu kinetickou energii vysokotlakého a vysokorychlostního (rychlost proudění $600 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $900 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) vodního paprsku. Je možno řezat čistým vodním

paprskem, nebo paprskem s abrazivem, kdy dochází k úběru materiálu vysokorychlostním erozivním procesem působením abrazivních částic usměrněných do úzkého paprsku s vysokým řezným účinkem (obr. 2.75)²⁵.



2.75 Řezání vodním paprskem²⁵.



Obr. 2.76 Princip ECR¹¹.

2.4.4.5 Elektrochemické obrábění

Je řízený proces oddělování materiálu prostřednictvím anodického rozpuštění v elektrolytu, který proudí mezerou mezi elektrodami (anoda – obrobek, katoda – nástroj). Napájení je stejnosměrným zdrojem nízkého napětí, při vysoké hodnotě proudu²⁵.

Metod elektrochemického obrábění je více, zde jsou uvedeny pouze dvě, se kterými je možno se setkat při výrobě zbraní.

Elektrochemické odstraňování ostřin je velmi účinná metoda, díky které se odstraňuje velký podíl manuální práce a lze v krátkých časech odstranit ostřiny i z těžko přístupných míst. Princip spočívá v intenzivním anodickém rozpouštění ostřin, které je způsobeno velkou koncentrací hustoty elektrického proudu právě na ostrých hranách a na vrcholcích ostřin. Odstraňování ostřin se provádí tvarovou elektrodou, nebo v lázni²⁵.

Elektrochemické drážkování ECR (obr. 2.76) je v podstatě speciální aplikace elektrochemického obrábění s proudícím elektrolytem. Před obráběním jsou polotovary kaleny a žíhány. Nástrojem je obvykle kovová (vodivá) elektroda (Cu, W, Ti atd.), která má negativní profil vzhledem k profilu vývrtu, v přední části zkosený tak, aby k úběru docházelo na větší ploše elektrody. Proces je stabilní, nedochází při něm k deformaci hlavně. Doba drážkování malorázových hlavních je velmi krátká. Dosahováno může být rychlostí až cca $70 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$. Tuto metodu lze aplikovat zejména při výrobě drážek z hlavní vyrobených ze zvláštních materiálů (např. materiály na bázi titanu, kobaltu). Přesnost výroby a drsnost povrchu je dostačující. Pozornost se musí věnovat stavu povrchové vrstvy po obrábění drážek, aby nebyla narušena natolik, že by mohla snížit životnost hlavně při vysokém zatížení při výstřelu. Produktivita procesu je vysoká, náklady na zařízení a nástroje zejména při větších délkách hlavních jsou vyšší než u klasických metod výroby drážek. V běžné produkci se tato metoda zatím výrazně neuplatňuje. Většinou byla používána pouze při dráž-

kování hlavní vyrobených ze speciálních materiálů, nebo při výzkumu jednotlivých technologií¹¹. Metodu poprvé použila v roce 1993 firma Smith&Wesson k výrobě drážkových vývrtů revolverových hlavni⁴⁹. Výhodou metody je rychlost drážkování (kolem minuty). Nevýhody spočívají ve vysokých nákladech na nástroj a vysoké spotřebě elektřiny.

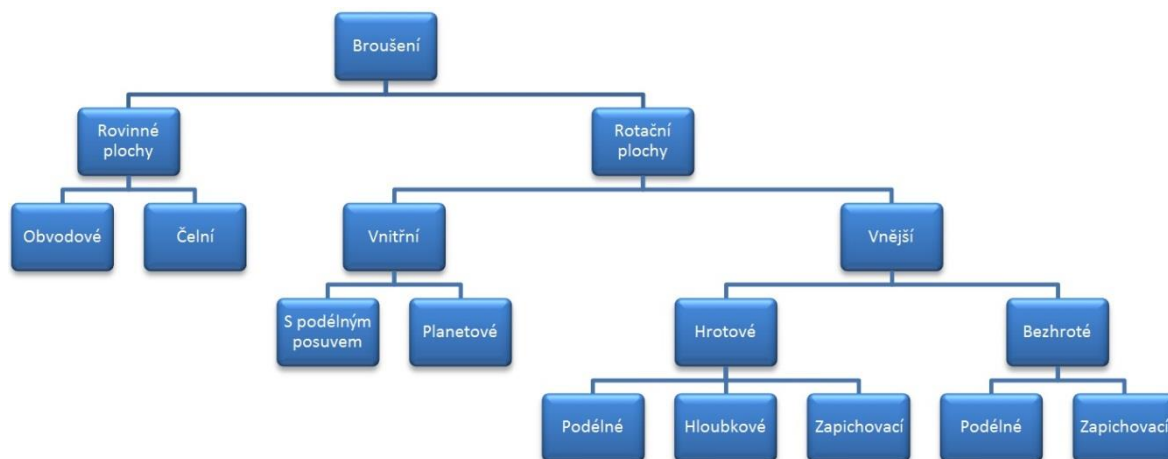
2.4.5 Dokončovací technologie

Cílem je dosažení požadované drsnosti povrchu. Dokončovací operace se dělí na operace nástroji s definovanou geometrií břitu a s nedefinovanou geometrií břitu. Častěji užívané jsou operace s nedefinovanou geometrií břitu. Zde je důležitým faktorem volba správného brusiva, jeho velikosti a materiálu. U těchto metod může být materiál součásti odebírán volným brusivem přiváděným mezi polotovar a nástroj, nebo se materiál odebírá nástrojem, na kterém jsou jednotlivá zrna spojena pomocí pojiva (např. broušení). Typickým znakem těchto technologií je minimální úběr materiálu.

2.4.5.1 Broušení

Patří k nejvyužívanějším aplikacím při obrábění součástí, u kterých jsou požadovány vysoké parametry přesnosti obrobených ploch, tvarů a jakosti povrchu. Charakteristické je použití nástroje s nedefinovatelnou geometrií břitu (brousícího kotouče). Brousící proces se uskutečňuje při vysokých řezných rychlostech ($30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a při malých průřezech třísky. Od jiných způsobů obrábění se práce brousícího kotouče liší schopností tzv. samoostření. Což znamená vylomení otupených zrn v důsledku zvýšení řezných sil a jejich nahrazení zrny neotupenými¹³.

Brousící proces se uskutečňuje různými metodami (obr. 2.77), které se definují pro vhodná kritéria.



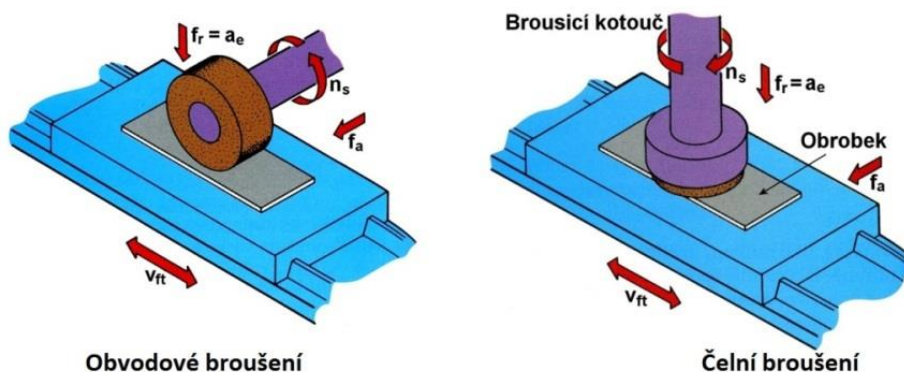
Obr. 2.77 Rozdělení broušení¹³.

Podle tvaru obrobeného povrchu a způsobu jeho vytváření se rozlišuje¹³:

- rovinné broušení (výsledkem je rovinná plocha),
- broušení do kulata (výsledkem je rotační plocha),
- broušení na otáčivém stole (broušení s rotačním posuvem),
- tvarovací broušení (broušení závitů, ozubených kol apod.),
- kopírovací broušení (broušení s řízenou změnou posuvu),
- broušení tvarovými brousícími kotouči (profil obrobku určuje profil brousícího kotouče).

Podle aktivní části brousicího kotouče (obr. 2.78):

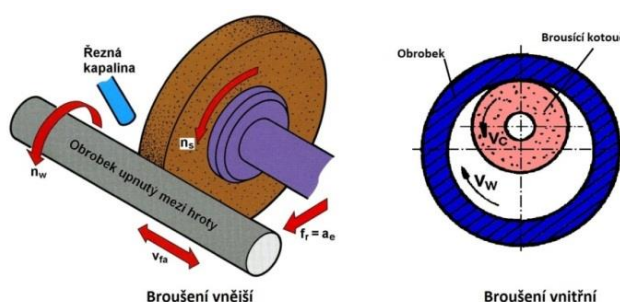
- obvodové broušení (broušení obvodem kotouče),
- čelní broušení (broušení čelem kotouče kolmým k jeho ose).



Obr. 2.78 Obvodové a čelní broušení²⁵.

Podle vzájemné polohy brousicího kotouče a obrobku (obr. 2.79):

- vnější broušení (broušení vnějšího povrchu obrobku),
- vnitřní broušení (broušení vnitřního povrchu obrobku).



Obr. 2.79 Broušení vnější a vnitřní²⁵.

Podle hlavního pohybu stolu vzhledem k brousicímu kotouči:

- axiální broušení,
- tangenciální broušení,
- radiální broušení,
- obvodové zápichové broušení,
- čelní zápichové broušení.

V důsledku velkých plastických deformací a vnějšího a vnitřního tření se určitá část třísky ohřeje natolik, že se roztaví a vytvoří kapky kovu, nebo shoří (jiskření). Za řeznou rychlost při broušení považujeme obvodovou rychlost brousicího kotouče.

Brousicí nástroje tvoří zrna brusiva pevně vázaná v tuhých, či pružných tělesech různých velikostí a tvarů. Upínání brousicích kotoučů na vřetena brusky se nejčastěji provádí mechanickým sevřením, nebo lepením speciálními tmely. Při vyšších nárocích na klidný chod vřetene brusky je třeba brousicí kotouč vyvažovat. Statické vyvažování se provádí pomocí vyvažovacího stojánku přestavováním vyvažovacích tělísek v drážkách upínacích přírub. Dynamicky je nutno vyvažovat brousicí kotouče pro přesné broušení, pro větší obvodové rychlosti (než $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a o větší šířce než 30 mm na speciálních vyvažovacích zařízeních¹³.

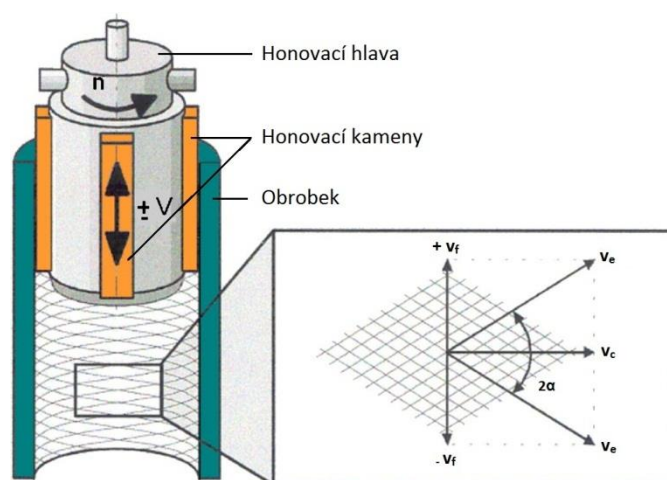
Brousicích strojů (brusek) je široký sortiment různých druhů a použití. Brusky mohou být¹³:

- hrotové (k broušení rotačních ploch upnutých mezi hroty),
- bezhroté (odpadá upínání obrobku, mají dva vřeteníky s vlastním náhonem),
- na díry (sklíčidlové, planetové a bezhroté),
- vodorovné rovinné (pro broušení rovinných ploch),
- rovinné svislé (jakost obroušené plochy je horší než při broušení na vodorovných rovinných bruskách),
- speciální (se speciálním technologickým zaměřením, např. na broušení ozubení, klikových hřídelů, vačkových hřídelů atd.).

2.4.5.2 Honování

Honování je dokončovací metoda obrábění, při které se jakost obrobených povrchů zvyšuje řezným účinkem jemného brusiva. Nejčastěji se používá pro dokončování vnitřních válcových ploch (vnitřní honování). Kde lze honovat díry průchozí i neprůchozí, s drážkami různých tvarů a velikostí a s přidavným zařízením i kuželové díry. Méně často se honují vnější válcové plochy (vnější honování).

Je to v podstatě broušení malou rychlostí jemným brusivem vázaným v honovacích kamelech (lištách) upevněných v honovací hlavě (obr. 2.81) při intenzivním použití řezných kapalin. Při vnitřním honování (obr. 2.80) vykonávají honovací kameny v díře složený šroubovitý pohyb. Ten je tvořen kombinací rotačního pohybu honovací hlavy a posuvného vratného pohybu ve směru osy honování. Dráhy brusiva se přitom překrývají a na honovaném povrchu se objevují charakteristické křížové stopy, které svírají úhel 2α . Předností honování je dosažení vysoké přesnosti geometrického tvaru. Lze jím v rozsahu přídatku odstranit kuželovitost, ovalitu, soudkovitost, ne však změnit polohu osy díry. Řezné podmínky honování jsou ovlivňovány především honovaným materiálem, výchozí a požadovanou přesností tvaru a drsností povrchu, použitým brusivem, průměrem díry a přídatkem na honování. Pro zajištění vysoké produktivity a požadované jakosti povrchu se při honování vždy používá řezných kapalin¹³.



v_f - posuvová rychlost, v_c - řezná rychlost, v_e - rychlost řezného pohybu.

Obr. 2.80 Schéma procesu honování²³.



Obr. 2.81 Honovací kameny uložené v honovací hlavě.

Podle požadované přesnosti honovaného povrchu se rozlišuje honování jednostupňové (jeden nástroj pro hrubovací i dokončovací honování) a honování dvoustupňové (hrubozrnější nástroj pro hrubování a jemnozrný pro dokončování). Při elektrolytickém honování ve vhodném elektrolytu se až 90 % úběru materiálu realizuje jako elektrolytický proces. Vibrační honování probíhá za podmínek, kdy se na posuvový nebo rotační pohyb nástroje superponuje kmitavý pohyb o amplitudě 1 až 10 mm a frekvenci až 1500 Hz. Proces honování se realizuje pomocí sady radiálně stavitelných honovacích kamenů, které jsou v rovnoměrných roztečích ustaveny po obvodě honovací hlavy¹³.

Honovací stroje se vyrábějí v širokém rozsahu provedení a rozměrů. Podle polohy vřeten se rozlišují honovací stroje svislé a vodorovné. Podle počtu vřeten jednovřetenové a vícevřetenové. Nejfrekventovanějším druhem jsou svislé jednovřetenové stroje¹³.

U zbraní se honování vývrtu provádí zejména u malorážových zbraní drážkovaných i hladkých před kováním vývrtu (technologicky nutné pro úspěšné kování hlavně na kovacím trnu). Dále jako dokončovací operace pro dosažení požadovaných úchylek tvaru, polohy a drsnosti povrchu vývrtu hlavně. Hlavně středních a větších ráží se honují před výrobou drážek protahováním. Honování se zařazuje do technologického postupu obvykle také před povrchovou úpravou vývrtu (např. chromováním).

Při honování menších průměrů (od 2,5 mm do 30 mm) se obvykle používá honovacích hlav s jednou lištou s keramickým, nebo častěji diamantovým brusivem, a se dvěma vodícími lištami. Zvláštností konstrukce honovací hlavy je nesymetrické uspořádání, při kterém jsou obě vodící nebo opěrné lišty umístěny nesymetricky na odvrácené straně. Což přispívá ke zlepšení kruhovitosti honované plochy. Pro zvýšení úběru při honování malých průměrů se používají i speciálně konstruované honovací nástroje s větším počtem honovacích kamenů. Tyto hlavy mají větší činnou plochu a tím i větší úběr. Pro zajištění vyšších přesností jsou v přední a zadní části hlavy umístěna vodítka. Přisun kamenů do záběru je podle typu stroje buď ruční, nebo strojní. Délka honovacích kamenů se obvykle volí od 0,7 až 1,0 délky honovaného otvoru. Honování hlubokých otvorů (zejména u větších průměrů a délek nad 1,5m) se obvykle provádí na vodorovných honovačkách¹¹.

2.4.5.3 Lapování

Touto dokončovací metodou obrábění se dosahuje nejvyšší rozměrové přesnosti a nejmenší drsnosti povrchu. Lapovat se mohou plochy rovinné (obr. 2.83), válcové a tvarové, vnější i vnitřní. Je to zvláštní druh broušení, při němž dochází k úběru materiálu volným brusivem, které se přivádí mezi vzájemně se pohybující nástroj a obrobek. Z technologického hlediska rozlišujeme lapování hrubovací, jemné a velmi jemné. Lapovací nástroje mají negativní tvar lapovaných ploch. Vyrábějí se z jemnozrné perlitické, nebo feritické litiny, mědi, měkké oceli, olova, plastických hmot atd. Při ručním lapování se používají pro lapování rovinných ploch lapovací desky, pro lapování děr lapovací trny a lapovací prstence pro lapování vnějších válcových ploch. Pro strojní lapování rovinných ploch se používají lapovací kotouče litinové, nebo brousící kotouče s vázaným brusivem a keramickou vazbou. Pro vnější rotační plochy se používá bezhrotý zapichovací nebo průběžný způsob. Lapovací stroje mohou být univerzální pro lapování rovinných i válcových ploch, nebo speciální pro lapování určitého druhu ploch. Pro lapování děr se používají stroje se svislým pracovním vřetenem, pro dlouhé otvory stroje s pracovním vřetenem vodorovným. Nevýhodou této metody je velká pracnost, malá produktivita a vysoké náklady na jednotku plochy. Z těchto důvodů se lapování nahrazuje honováním, nebo superfinišováním¹³. U speciálních kusů zbraní se ručně lapují vývrtky hlavně (obr. 2.82). Tuto technologii je možno

nalézt také v technologickém postupu výroby kohoutku, kdy se lapují rovinné plochy ozubů.



Obr. 2.82 Ruční lapování vývrtu hlavně⁵⁰.



Obr. 2.83 Schéma lapovacího stroje s naznačením jednotlivých pohybů³².

2.4.5.4 Leštění

Leštěním souhrnně nazýváme nejrůznější druhy dokončovacích operací, při nichž se provádí úprava povrchu převážně z důvodu jejich vzhledu. Dosahuje se lesklého povrchu s menšími nároky na přesnost rozměru. Uběr materiálu je u těchto operací minimální, odstraňují se pouze stopy (rysky) po předcházejícím obrábění určujícím přesnost rozměrů a tvarů, které se leštěním nezlepší. Z povrchu se kromě mikronerovností odstraňují nečistoty, vrstvičky oxidů a jiných chemických sloučenin. Leštění se často používá jako příprava dílu před povrchovými úpravami.

Leštění se provádí ve třech krocích²⁴:

- 1) hrubování (brousící plátina, pásy),
- 2) jemné leštění (zrna rozptýlená v kapalině (oleji), nebo leštící pastě (tuky), které se nanáší na textilní kotouče nebo pásy),
- 3) dolešťování bez brusiva (bez brusiva přítlakem textilního kotouče, nebo pásu).

Nástroje pro leštění mají nejrůznější provedení v závislosti na tvaru upravované plochy²⁴:

Kotouče:

- lamelové, vytvořené pásy z tkanin,
- vrstvené z textilních tkanin, nebo plstěné,
- tvořené vlákny z umělých hmot, žíní, apod. (rotační kartáče),
- kombinací lamel a vláken,
- speciální – tuhé (guma, dřevo, kov aj.).

Textilní pásy - nekonečný pás přitlačovaný tvarovou opěrkou, nebo volným povrchem,

- brousící pásy nalepené na kmitající tvarové kameny.

Brousicí zrna se používají s ohledem na materiál a požadovaný účinek procesu z nejrůznějších brousicích materiálů a zrnitostí²⁴.

Stejně jako honování se i leštění provádí zejména u malorážových zbraní před kováním vývrtu. Dále jako dokončovací operace hlavní, kde jsou vysoké požadavky na vzhled a funkčnost, případně drsnost povrchu. Kromě vývrtu se leští i nábojová komora a přechodové plochy. Leštění se do technologického postupu zbraní zařazuje před povrchovou úpravou vývrtu.

Leštění hlavní se provádí třemi základními způsoby¹¹:

- 1) Pomocí oloveného negativního odlitku vývrtu – do vertikálně upnuté hlavní je zasunuta tyčka a zalita olovem. Po zchladnutí je možno odlitek vyjmout a do jeho povrchu je zatlačeno jemné brusivo. Tento nástroj koná střídavě krouživý pohyb při současném posouvání v ose hlavní, čímž se leští vývrt hlavní. Při leštění je nutno použít vhodný řezný olej.
- 2) Na speciálních strojích (podobných honovacím) – tato operace se podobá honování. Nástroj je podobný honovací hlavě. Rozdílné jsou pouze podmínky procesu. Ty jsou upraveny pro dosažení vysokého lesku povrchu.
- 3) Pomocí leštících kroužků – zde je potřeba dvou kroužků. Vnější je vyroben z plastické hmoty, do které je při výrobě přimícháno brusivo. Musí být pružný, aby se mohl v průběhu procesu deformovat. Vnitřní kroužek je vyroben ze stejného materiálu (bez brusiva), ovšem musí být tvrdší a pevnější. Na tyč se nasadí postupně vnitřní a vnější kroužek. Stlačováním vnitřního kroužku dochází k deformaci vnějšího kroužku. Tímto se nastavuje potřebný průměr a přítlak mezi nástrojem a leštěnou plochou. Nástroj vykonává stejný pohyb jako v prvním případě.

Z důvodů vysokých požadavků na jakost povrchu se vyžaduje u malorážových zbraní leštění nábojových komor a přechodových ploch. Toto leštění se obvykle provádí smirkováním. Na tvarově stejný, ale menší nástroj se nanáší smirkový prášek, nebo se připevní smirkové plátno a při otáčení součásti se ručním způsobem dolešťují jednotlivé kuželové a přechodové části v hlavní. Tento postup se provádí tak dlouho, dokud rozměrové parametry odpovídajících ploch vyhovují při kontrole kalibrem. Tato operace vyžaduje zkušenost, neboť odstranění většího množství materiálu způsobuje zmetkovitost hlavní¹¹.

2.4.6 Povrchové úpravy zbraní

Zejména u zbraní sportovních a loveckých je kromě provozních vlastností zbraně vyžadován i určitý estetický vzhled zbraně. Ovšem vhodnou povrchovou úpravou mohou být pozitivně ovlivněny i technologické vlastnosti, funkčnost a spolehlivost jednotlivých součástí.

Při výběru povrchových úprav se přihlíží zejména k účelu použití a funkci povlaku. Proto se podle účelu použití rozlišují následující druhy povrchových úprav¹¹:

1. Ochranné povrchové úpravy – se vytváří na povrchu podkladového kovu k jeho ochraně proti klimatickým a korozním vlivům. Tyto vlivy mohou způsobit omezení funkce, zhoršení parametrů nebo snížení životnosti.
2. Dekorativní povrchové úpravy – slouží k zabezpečení požadovaného vzhledu výrobku, nebo součásti v souladu s předpisem designu výrobku. Napomáhají vytvoření kladného estetického dojmu.
3. Povrchové úpravy pro dosažení speciálních vlastností povrchu – jsou důležité z hlediska funkčnosti jednotlivých součástí, např. odolnosti proti opotřebení,

zvýšení tvrdosti povrchu, zajištění spolehlivého pohybu součásti mechanismu, vyhovující pážitelnosti, požadované elektrické vodivosti aj.

Jednotlivé druhy povrchových úprav se mohou samozřejmě kombinovat, např. ochranně-dekorativní povlak.

Technologie povrchových úprav zahrnuje tři fáze¹¹:

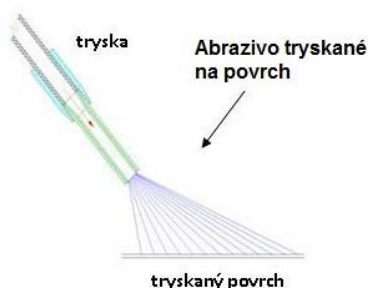
- 1) přípravu povrchu,
- 2) vlastní vytváření vhodné povrchové úpravy,
- 3) konečnou úpravu povrchu (povlaku).

Ad 1) Úvodní částí je příprava povrchu před vlastním procesem povrchové úpravy. Odstraňují se zde všechny nečistoty z povrchu (mastnoty, okuje, ostatní částice).

Dalším cílem přípravy povrchu je úprava mikrogeometrie a mikrostruktury, protože z povrchu součástí je třeba odstranit nejen nečistoty, ale i všechny nežádoucí změny vzniklé během výroby v důsledku výrobního procesu. Využívá se tří základních skupin metod¹¹:

a) mechanické úpravy:

- otryskávání (obr. 2.84) – druh mechanického opracování povrchu kovových výrobků proudem tryskajícího prostředku (volné abrazivní částice), který je vrhán určitou rychlostí na povrch otryskávaného výrobku. Zlepšuje se vzhled i drsnost povrchu,
- kartáčování (obr. 2.85) – technologie, při které se kartáčem z povrchu výrobků odstraňují hrubé nečistoty,
- omílání (obr. 2.86) – úběr materiálu je konán vzájemným pohybem součástí a abrazivních částic v omílacím bubnu. Nejproduktivnější metoda úpravy vzhledu povrchu velkého množství malých předmětů bez nároku na přesnost,
- broušení (viz kapitola 2.4.5.1),
- leštění (viz kapitola 2.4.5.4).



Obr. 2.84 Tryskání²⁶.



Obr. 2.85 Kartáčování²⁶.



Obr. 2.86 Omílání²⁶.

b) chemické úpravy:

- moření – je možno provádět ponorem do mořicí lázně, nebo postřikem mořicího gelu. Důležitá je doba moření, tj. čas, po který je materiál vystaven mořicímu prostředí,
- chemické leštění – se zpravidla využívá při úpravě výrobků z hliníku, mědi, případně jejich slitin,
- odmašťování – proces, kterým se kovový povrch zbavuje ulpívajících nečistot, především mastnoty.

Odmaštěný, mořený a odrezený povrch je velmi náchylný ke koroznímu napadení. Proto se po těchto operacích často zařazují další úpravy (neutralizační oplach a pasivace).

c) elektrochemické úpravy:

- elektrochemické odmašťování – je v podstatě ponorové odmašťování, při kterém se využívá účinku elektrického proudu,
- elektrolytické leštění – zvláštní druh elektrolytického moření. Dochází k odstraňování povrchové vrstvy a odstranění poruch povrchu,
- pasivace – chemická, nebo elektrochemická úprava, která zvyšuje odolnost kovového povrchu proti korozi.

Ad.2) Při vlastním procesu se na povrch nanáší většinou velmi tenká vrstva povlaku, kterou lze podle způsobu rozdělit na¹¹:

a) Anorganické nekovové povlaky – kov je na povrchu měněn na nekovovou sloučeninu:

- fosfátové povlaky – fosfátování je proces povrchové technologie, při kterém se na povrchu železa, oceli a též zinku a jejich slitin vytváří nekovová vrstva nerozpustných nebo obtížně rozpustných fosforečnanů kovů hmotnosti až do $50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. Nejrozšířenější je použití fosfatizačních prostředků na bázi zinku. Zkvalitnění povlaku se dosahuje přidáním urychlovačů (zejména oxidačních látek), které zkracují fosfatizaci na několik minut. Fosfatizační procesy se rozdělují dle funkce a cíle jejich použití na procesy: sloužící k ochraně proti korozi, pro přípravu povrchu před nanášením nátěrových hmot, k záběhu pohyblivých strojních součástí.

- oxidové povrchové úpravy – vytvářeny obvykle chemickou, nebo elektrochemickou oxidací. Chemickou oxidací mohou být vytvořeny povlaky na výrobcích z různých kovů a slitin. Např. oceli a litiny (černění a hnědění), hliník a jeho slitiny (chromátování, eloxování, černění), měď a mosaz (pasivace, černění, patinování) a stříbro (pasivace). Povlaky se zhotovují ponorem do horkých, vysoce alkalických roztoků s obsahem oxidačních látek. Povlaky vytvořené na různých kovech a slitinách elektrochemickou oxidací jsou obvykle kvalitnější než povrchy upravené chemicky.

- chromátové povlaky – chromátování je proces chemické, resp. elektrochemické úpravy, při kterém se na povrchu kovových výrobků vytváří působením prostředků s obsahem sloučenin chromu anorganická amorfnní vrstva.

b) Kovové povlaky – mohou se vytvářet elektrochemickými procesy i bezproudově. Povlaky se mohou nanášet ponorem do roztaveného kovu (metoda značně průmyslově rozšířená), zároveň stříkat (roztavený kov se nanáší stříkáním částic taveniny na vhodně upravený povrch), nebo elektrolyticky (často označováno jako galvanické pokování).

- niklové povlaky – mají nejrozšířenější použití u ocelových drobných výrobků, nebo výrobků z hliníku, mosazi, mědi a zinku. Povlaky mohou být dekorativně-ochranné, ochranné a funkční. Dvouvrstvé (duplexní) i trojvrstvé (triplexní). U černých niklových povlaků se černého vzhledu dosahuje např. obsahem zinku v elektrolytu;

- chromované povlaky – vyznačují se velmi dobrými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Vlastnosti jsou závislé zejména na podmínkách zhotovování a druhu použité lázně. Pro svůj vzhled jsou často využívány jako dekorativní povlaky. Ovšem vyznačují se i značnou tvrdostí a jsou odolné proti mechanickým vlivům, a proto se používají jako povlaky funkční. Jsou také významné z hlediska ochrany proti korozi;

- zinkové povlaky – zejména u oceli se využívá dobré korozní odolnosti zinku. Žárovým zinkováním se označuje zhotovování zinkových povlaků ponorem v tavenině

kovu. Povlaky lze také nanášet žárovým nástřikem (metalizací), či elektrolytickým zinkováním;

- povlaky ušlechtilých kovů – stříbrem, zlatem, rhodiem, palladiem a některými dalšími. Povlaky z těchto kovů se zhotovují buď bezproudově, nebo elektrolyticky. Používají se pro dekorativní účely, nebo jako funkční povlaky.

c) Slitinové a kompozitní povlaky – řadí se k novým druhům povrchových úprav. Je jimi dosahováno zcela nových, kvalitativně dokonalejších zejména funkčních vlastností. Mohou to být slitinové povlaky nikl-fosfor, nikl-železo, nikl-kobalt, nikl-cín, zinek-nikl, chrom-molybden, měď-zinek, stříbro-antimon atd. Kovové kompozitní povlaky jsou povlakové systémy složené z více fází, kde základní matrice je tvořena kovem a fáze vložená do matrice si ponechává své charakteristiky. Jako kovové matrice jsou nejvíce využívány nikl, chrom, molybden a stříbro. Vkládanou fází bývají oxidy kovů, karbidy, nitridy a uhlík, bór a plasty.

d) Organické povlaky (nátěry) – sem patří především povlaky z nátěrových hmot a povlaky z práškových plastů, které mají u zbraní kromě povrchové ochrany i speciální funkce (např. maskovací). Nátěrové hmoty je souhrnný název pro výrobky, které lze po nanesení na výrobek vhodnou nanášecí technikou fyzikální, nebo chemickou cestou převést na povlak požadovaných vlastností. Dle obsahu pigmentu se dělí na transparentní (laky, politury) a pigmentované (emaily, barvy, tmely). Dle způsobu zasychání se dělí na fyzikálně a chemicky zasychající. Dále mohou být jednosložkové, nebo dvousložkové. Nátěrové hmoty mohou být asfaltové, olejové, epoxidové, polyuretanové atd. Nejjednodušší způsob nanášení nátěrových hmot je natírání štětcem. Vyšší výkoností se vyznačuje technika nanášení válečkem. Dále se mohou máčet, tedy ponořením součástí do nádrže s nátěrovou hmotou, navalovat, polévat, stříkat vzduchem až po elektrochemické nanášení.

e) Povlaky práškových plastů – práškové plasty jsou částice, které se po nanesení na výrobek a po roztavení spojí a vytváří souvislý povlak.

Povrchové úpravy se v podmínkách CZUB vytváří v automatizovaných linkách, kdy součástky jsou umístěny v koších a dle programu jsou ponořeny v patřičných vanách. Mezi povrchové úpravy zbraní, zejména k dekorativním účelům, patří samozřejmě rytectví. Tento způsob se provádí speciálními ryteckými nástroji, nebo gravírováním. Vyžaduje značnou zkušenost a tvůrčí schopnosti.

Ad 3) Po povrchových úpravách součástí, které vznikly následujícími metodami, je nutno dílce konzervovat. Např. po fosfátování a černění povrchu musí následovat konzervace součástí v oleji. Nasycení povrchu potom vede ke zlepšení třecích schopností a konzervace taktéž napomáhá k vytvoření ochranné vrstvy¹¹.

2.4.7 Výroba součástí z plastů

Součásti z plastů se vyznačují některými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi, které lze výhodně využít. Jde především o jejich malou hmotnost, izolační vlastnosti, malou tepelnou vodivost, otěruvzdornost, korozivzdornost atd. Plasty lze poměrně levně a kvalitně zpracovat, navíc zpravidla nevyžadují dodatečné povrchové úpravy. Plasty se dělí na termoplasty (lze je teplem opakovaně roztavit a ochlazením převést zpět do tuhého stavu. Teplem se nevytvrzují.) a reaktoplasty (účinkem tepla se stávají plastické a chemicky se přeměňují (vytvrzují). Po zpracování jsou nerozpustné a netavitelné). Mezi technologie výroby součástí z plastů patří.

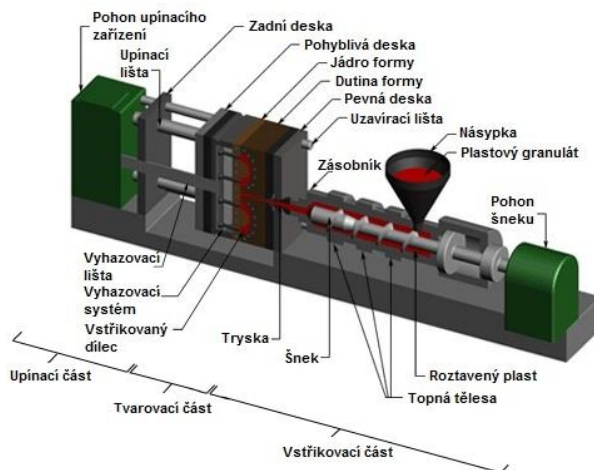
2.4.7.1 Vstřikování plastů

Vstřikování (obr. 2.87) je způsob tváření plastů, při kterém zpracováváný materiál v podobě granulátu přechází působením tepla z tuhého stavu do taveniny plastu. Ta se vstřikuje pod tlakem do tvarové dutiny vstřikovací formy, kde se pod tlakem ochladí a nechá ztuhnout. Vstřikovací cyklus proběhne rychle a dá se automatizovat. Celý proces se skládá z těchto fází:

- plastifikace materiálu v tavném válci vstřikovacího stroje,
- vstříknutí taveniny plastu do uzavřené vstřikovací formy,
- dotlačení taveniny a její chlazení ve formě až do ztuhnutí plastu,
- vyjmutí ztuhlého výlisku.

Pro bezproblémový průběh celého procesu je důležitá správně volená dávka taveniny. Odlišnost vstřikování elastomerů a reaktoplastů spočívá ve vytápění ocelové formy. Ta je zde vytápěna na teplotu 120 °C až 180 °C (podle zpracovávaného materiálu) oproti 180 °C až 270 °C při vstřikování termoplastů¹⁷.

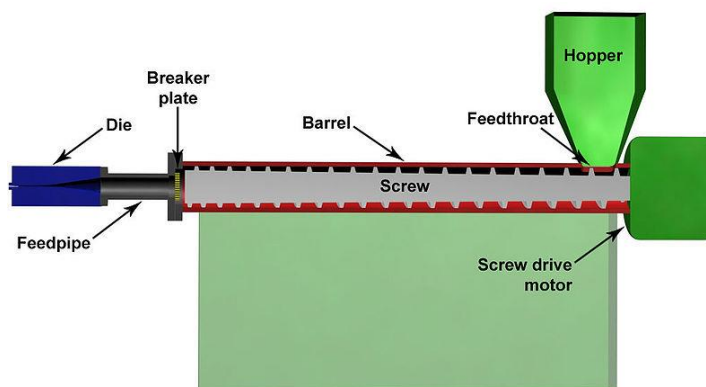
Vstřikovací stroj má dvě na sobě nezávislé jednotky. Vstřikovací (plastifikační) a uzavírací jednotku. Úkolem vstřikovací jednotky je zajistit dávkování granulátu, jeho plastifikaci, vstříknutí roztavené hmoty do formy, provedení dotlaku a odsunutí a přisunutí tavící komory k formě. Uzavírací jednotka zajišťuje pevné uzavření vstřikovací formy během plnění a všechny pohyby nutné k vyhození výrobku z formy. Vstřikovací forma je komplikované technické zařízení. Musí odolávat vysokým tlakům, poskytnout výstřiky o přesných rozměrech, designu povrchu a umožnit snadné vyjmutí výlisku. Její konstrukce a výroba je proto náročná i finančně nákladná¹⁷.



Obr. 2.87 Princip vstřikování plastů³⁰.

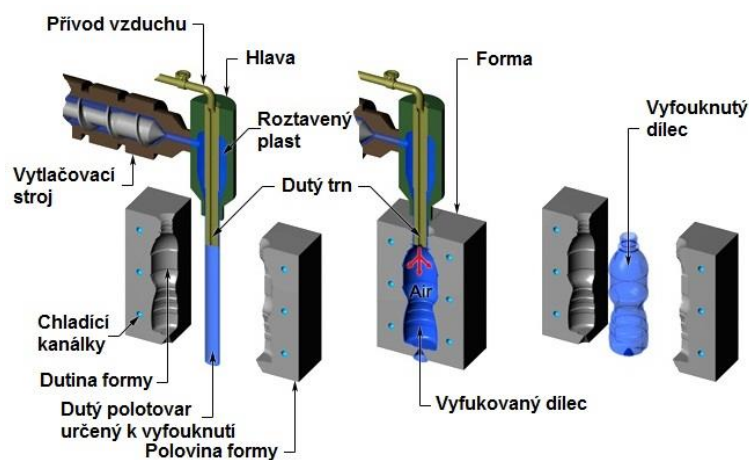
2.4.7.2 Vytlačování plastů

Je značně rozšířená technologie zpracování plastů a slouží především k výrobě polotovarů. U této technologické operace je hmota v plastickém stavu vytlačována hlavou o různém tvaru do volného prostoru (obr. 2.88). K tomuto kontinuálnímu procesu jsou využívány šnekové vytlačovací stroje. Součást získá vlastní tvar ve vyhřívané protlačovací hlavě zakončené profilovací hubicí. Potřebný tlak je získán otáčením šneku¹⁷.

Obr. 2.88 Princip vytlačování³⁰.

2.4.7.3 Vyfukování plastů

Může být vytlačovací, nebo vstřikovací. Vytlačovací vyfukování (obr. 2.89) je technologie, která navazuje na technologii vytlačování. Používá se při výrobě dutých těles, někdy i značně velkých rozměrů. Na vytlačovací stroji opatřeném příčnou hlavou s kruhovou trubicí se vytlačuje trubka potřebného rozměru. Vytlačená trubka v plastickém stavu je po dosažení potřebné délky sevřena oběma polovinami formy, do které je zasunut dutý trn, tvořící zároveň vnitřní část hrdla láhve. Stlačeným vzduchem, který je přiváděn dutým trnem po celou dobu chlazení, dojde k vytvarování trubky.

Obr. 2.89 Princip vyfukování plastů³⁰.

Při vstřikovacím vyfukování se nádoby menších objemů s výhodou vyfukují z předlisku zhotoveného vstřikováním. Na vstřikovacím stroji se v dvoudílné vstřikovací formě na speciálně upravený dutý trn v uzavřené dutině formy nastříkne vhodný plast. Tím se vytvoří předlisek ve tvaru nádoby včetně dna a hrdla. Ihned po nastříknutí plastu je předlisek v další operaci přesunut do vyfukovací formy, kde je vyfouknut stlačeným vzduchem přes dutý trn. Díl zaujme tvar odpovídající dutině vyfukovací formy¹⁷.

2.5 Technologie montáže

Jelikož zbraň sestává z mnoha dílčích částí, následuje po procesu výroby kompletace jednotlivých součástí do výsledného funkčního celku. Sestavovat se mohou díly vyráběné samotnou firmou, zakoupené, či vyrobené od subdodavatelů. Montáž je závěrečnou částí výrobního cyklu.

Strojírenský výrobek se zpravidla dělí na tyto části¹¹:

- součást je zhotovena z jednoho kusu materiálu, výroba bez montáže např. hlaveň,
- dílec je samotná část výrobku zhotovená vzájemným spojením dvou a více částí, spojení může být rozebíratelné např. spojení šroubem, nebo nerozebíratelné např. lepení, pájení,
- podsystem je část montážní skupiny, vytváří se ze součástí a dílců,
- system je část výrobku vytvořená spojením většího počtu součástí, dílců, případně podsystemů,
- výrobek je zhotovený předmět sestávající zpravidla z velkého počtu součástí, dílců, podsystemů a systémů.

Druhy montážních činností (prací)¹¹:

- přípravné činnosti (odjehlování, čištění, úprava tvarů atd.),
- manipulační činnosti (nasouvání, ukládání, vyjímání atd.),
- spojovací činnosti (lepení, pájení, šroubování atd.),
- kontrolní a zkušební činnosti (měření a zkoušení funkce).

Montáž lze rozlišit na¹¹:

1) Stacionární (nepohyblivou) – vhodná pro kusovou a malosériovou výrobu.

- a) nerozčleněná (soustředná) – výrobek se montuje od začátku do konce jedním pracovníkem (skupinou), tj. na jednom místě je objekt montáže i pracovníci,
- b) rozčleněná – montáž se může provádět na různých místech a pracovníci mohou měnit místa montáže podle toho, co právě montují. Vede ke zkrácení průběžné doby.

2) Nestacionární (pohyblivou) – použití v sériové a hromadné výrobě.

- a) s volným pohybem – na příslušném pracovišti se provede předepsaná operace a teprve po jejím ukončení se předmět (dělník) posune na další pracoviště,
- b) s vázaným pohybem – je zde stanoven takt montáže (montážní linky).

Významnou roli při požadavku na plynulost, rovnoměrnost apod. hraje mezisklad součástí pro montáž, do něhož vstupují jak vyráběné součásti z dílen, tak materiály zajišťované útvarem zásobování. Ve velkých montážních dílnách je kromě montážních pracovišť výdejna náradí pro montáž. Důležitou částí z hlediska ergonomického, ekologického i bezpečnostního je uspořádání pracovišť při montáži¹¹.

Montážní pracoviště mohou být také automatizovaná. Využívá se zde stavebnicové soustavy montážních prostředků. Varianty montážní techniky mohou být různé¹¹:

- stolová mechanizovaná, resp. automatizovaná pracoviště s polohováním součástí,
- hnízdomá montážní pracoviště pro montáž výrobků s menším počtem součástí a s vyšší variabilitou typů montovaných výrobků vyráběných v menších sériích,
- automatické montážní stroje a linky vhodné pro velkosériovou výrobu,
- rotorové stroje a linky pro hromadnou a proudovou výrobu.

Montážní schéma vyjadřuje posloupnost sestavování jednotlivých součástí, podsystemů a systémů v konečný výrobek a využívá se jej při zpracovávání montážních postupů. Určitá součást, nebo systém je při montáži jako hlavní a na ni navazuje montáž všech ostatních součástí nebo podsystemů. Specifikace pro montáž obsahuje přehled všech potřebných součástí a další potřebné údaje (např. pořadové číslo, číslo výkresu, hmotnost atd.). Přesnost montáže ovlivňuje provozní charakteristiky jednotlivých skupin i celého výrobku

(např. životnost, funkční spolehlivost atd.). Přesnost smontovaného výrobku je ovlivňována výrobními, montážními a technologickými úchytkami.

Metody montáže z hlediska přesnosti (vyměnitelnosti) jsou¹¹:

Metoda absolutní vyměnitelnosti – dovoluje montáž všech součástí bez úprav. Např. policejní pistole CZ 75 D Compact.

Metoda částečné vyměnitelnosti – předpoklad, že čím větší je počet sestavovaných součástí, tím je menší pravděpodobnost, že se při montáži setkají extrémní rozměry jednotlivých součástí.

Výběrová metoda montáže – montáž se provádí ze speciálně vybraných součástí. Výběr může být párový, nebo skupinový.

Metoda regulační (kompenzační) – předepsané tolerance závěrného členu se dosahuje pomocí tzv. vyrovnávacího členu rozměrového řetězce. Jako vyrovnávací člen slouží součást vyrobená pouze za tímto účelem, která se nazývá kompenzátor. Ten může být pevný (většinou sada kalibrovaných kroužků), nebo stavitelný (plynulá změna rozměru kompenzačního členu např. regulační šrouby s maticí a výstředníky). Kompenzační člen u pistolí CZ je vyhazovač.

Montáž s dolícováním – požadované přesnosti závěrného členu se dosahuje změnou jedné ze součástí rozměrového řetězce.

Závěrečný akt spojení součástí, podskupin a skupin ve finální výrobek se nazývá konečná montáž. Montáž elektronického a elektrického zařízení do jednotlivých výrobků je montáží elektroinstalace. Skutečným, nebo simulovaným zatěžováním rozumíme záběh výrobků. Dále následuje krytování a konečná povrchová úprava, nebo konečný nátěr.

Specifikou při montáži sportovních a loveckých zbraní je tzv. bílá a černá montáž. Bílá montáž probíhá v první fázi, kdy je zkompletována zbraň bez konečných povrchových úprav. Po bílé montáži následuje kontrola funkčnosti zbraně a pevnosti hlavně. Následně se zbraň vrací zpět na montáž, kde se provede demontáž s kontrolou všech rozebíratelných dílů zbraně. Nevyhovující části se vymění a proces se opakuje s novými součástmi. Pokud všechny součásti vyhovují, provedou se na nich potřebné dokončovací operace a povrchová úprava. Po provedených povrchových úpravách se zbraň znovu smontuje, tj. provede se tzv. černá montáž, kdy je kladen důraz na nepoškození konečné povrchové úpravy. Následuje nástřel zbraně a konečná kontrola. Kontrola výrobku se děje zpravidla po částech. Následuje funkční kontrola, kontrola vzhledová a úplná kontrola se provede před zabalením výrobku do přepravních obalů¹¹.

2.6 Zkoušky zbraní

Snad žádné jiné mechanické konstrukce z oblasti techniky neprochází před svým zavedením do užívání tak všestrannými a důkladnými zkouškami, jakými prochází zbraň. Účelem zkoušení je zjištění jednotlivých vlastností zbraní a prokázání, že zkoušené zbraně vyhovují požadavkům příslušných norem. Jednotlivé povinnosti ve zkoušení zbraní jsou popsány v normě ČSN 39 5005 Zkoušení civilních palných zbraní. V této normě jsou popsány jednotlivé zkušební metody.

Zkoušky zbraní se dělí podle platných předpisů na¹⁰:

- 1) Povinné – zkoušky, které jsou platnými předpisy nařízeny. Povinné zkoušky zajišťuje výrobce.
- 2) Nepovinné – nejsou nařízeny platnými předpisy, provádí se na žádost zadavatele.

Ad. 1)

Zkoušky podle účelu:

- a) prototypové – výsledek zkoušky slouží jako podklad pro přípravu další výroby zbraně,
- b) typové – ověření funkce, zda zbraň vyhovuje všem ustanovením technických podmínek,
- c) kontrolní – ověření, zda se zbraně shodují se schváleným typem,
- d) informativní – ke zjištění nebo ověření vlastností zbraně,
- e) výrobní – provádí je výrobce na sériově vyráběných zbraních,
- f) ověřovací – zda výroba splňuje nadále požadované podmínky,
- g) kusové – provádí se na každé vyrobené zbraně,
- h) homologační – provádějí se na vzorcích zbraní ze sériové výroby, které nepodléhají zkouškám výrobním,
- i) dílčí nebo úplné – k ověření buď jednotlivých, nebo všech vlastností zbraní.

Zkoušky podle opakování:

- a) původní – provádí se jako první,
- b) opakované – v případě, že výrobek nevyhoví některé z původních zkoušek,
- c) náhradní – v případě že a) nebo b) byla vyhlášena za neplatnou.

Zkoušky podle metod zkoušení:

- a) kontrola základních vlastností (vzhledu a provedení, proměření hlavně, rozměrů součástí, závěrového ústrojí, hmotnosti),
- b) kusové ověřování,
- c) zkoušky funkce zbraně (rozložení a složení zbraně, nabíjecí schopnosti, spoušťového a bicího ústrojí, bezpečnosti a pojistného ústrojí, vytahovacího a vyhadzovacího ústrojí, mechanismu samonabíjecí funkce),
- d) zkouška funkce za ztížených podmínek,
- e) zkoušky balistické (rychlost střely, přezkoušení nastřelení, měření rozptylu, pravidelnost krytí a zhuštění zásahů, výškový úhel zdvihu při výstřelu),
- f) zkoušky zvláštní (snadnosti zamiřování a střelby, určení momentu setrvačnosti, odolnost vývrtu hlavně proti korozi, životnosti atd.).

Po ukončení všech uvedených zkoušek se provádí vizuální prohlídka zbraně.

Ad. b), c)

Každá zbraň musí být před první střelbou kusově ověřena a označena příslušnou značkou. Značení zbraní je předepsáno technickou dokumentací a zejména u loveckých a sportovních zbraní spočívá v trvalém a čitelném vyznačení následujících údajů: označení výrobce zbraně, typu zbraně, výrobního čísla, roku výroby, označení ráže, druhu náboje a úřední značky státní zkušebny. Při střelbě je nutno dodržet všechny bezpečnostní předpisy pro střelnici. Jde především o střelbu zkušebními náboji, kdy je nutné použít ochranné kryty a odpalování na dálku (šňůrou, táhlem apod.)³³. Zkušební střelba se skládá z výstřelů dvou zkušebních nábojů z každé hlavně a nejméně jednoho spotřebního náboje pro ověření funkce opakovací, nebo samonabíjecí zbraně. Zkušební náboje se na pohled neliší od spotřebních nábojů, mají ovšem jiný druh střelného prachu, který vyvíjí podstatně vyšší tlak. U drážkovaných zbraní musí zkušební náboje vyvíjet tlak, který je nejméně o 30 % vyšší, než je tlak nejsilnějších spotřebních nábojů stejné ráže. Po zkušební střelbě následuje prohlídka, při níž se kontroluje, zda nedošlo k vyduť, roztržení, nebo deformaci hlavně.

Zbraně, u nichž nebyly zjištěny žádné závady, jsou pak označeny na hlavní a na závěru předepsanou zkušební značkou¹⁰.

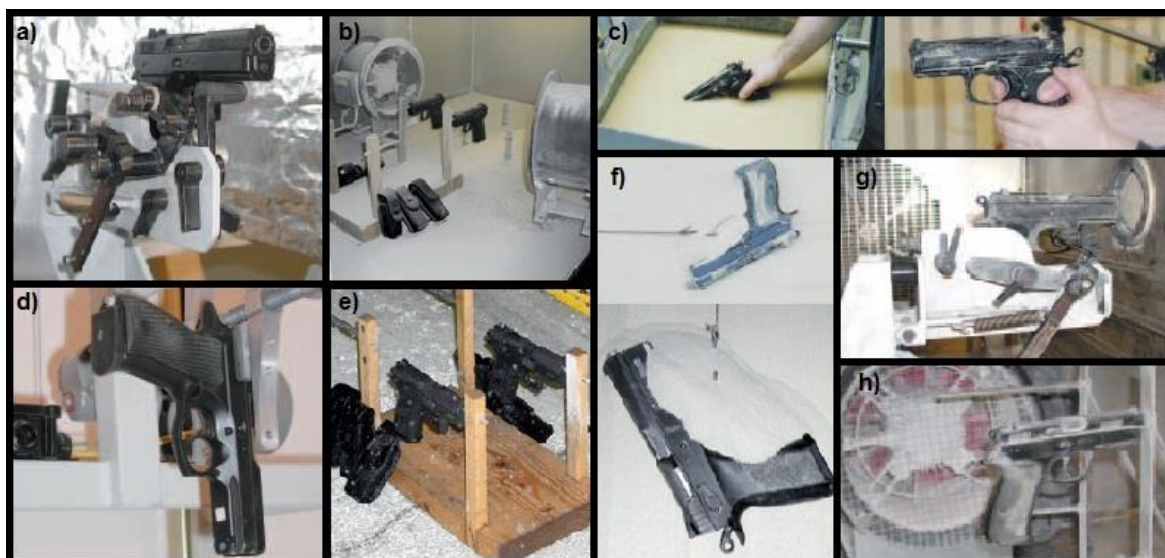
Ad. 2)

Informativní nepovinné zkoušky jsou zkoušky: funkčních modelů pro ověření vývoje, ke zjištění hodnot pro normy, vzorků pro ověření konstrukčních a technologických změn, zahraničních vzorků, vyžádané obchodními organizacemi atd. Informativní zkoušky provádí výrobce nebo je může na jeho žádost provést Český úřad pro zkoušení zbraní a střeliva. Tyto zkoušky se provádějí ve vyžádaném, nebo dohodnutém rozsahu dle požadavků daných účelem zkoušky³³.

V České republice zajišťuje úřední zkoušení zbraní Český úřad pro zkoušení zbraní a střeliva v Praze, který je organizačně přiřazen ke Strojírenskému zkušebnímu ústavu v Brně.

V roce 1914 byla pro usnadnění vzájemného obchodu s civilními zbraněmi mezi zeměmi, které mají úřední zkušebny zbraní (Belgie, Německo, Francie, Itálie) sjednána Mezinárodní úmluva za účelem stanovení pravidel vzájemného uznávání úředních zkušebních značek ručních palných zbraní (bruselská úmluva). Úmluva byla v roce 1969 novelizována pod názvem Úmluva o vzájemném uznávání zkušebních značek ručních palných zbraní. Mezi současné členy (Belgie, Francie, Itálie, Německo, Španělsko, Rakousko, Chile, Maďarsko, Velká Británie, Finsko, Slovensko, Rusko, Spojené arabské emiráty) patří i Česká republika. V důsledku společného členství se zkušební značky vyjmenovaných zemí považují za rovnocenné a zbraně jimi označené se tedy při dovozu nepřezkušují. Výkonným orgánem úmluvy je Mezinárodní stálá komise pro zkoušení ručních palných zbraní (C.I.P. – Commission Internationale Permanente)¹⁰.

Než se zbraně CZUB dostanou do ruky zákazníkov, jsou všechny zkoušeny. Vybrané typy dokonce prochází extrémně obtížnými zkouškami prováděnými Vojenským technickým ústavem výzbroje a munice ve Slavičíně. Při zkoušce životnosti zbraně se z ní vystřelí několik tisíc ran (5 – 15 tisíc) (obr. 2.90 a) u speciálních výrobků až 20 – 30 tisíc ran. Při zkoušení prašnosti (obr. 2.90 b) je zkoušena těsnost a z ní vycházející abrazivní odolnost mechanismů při extrémních podmínkách. U bahenní zkoušky je pistole ponořena na 1 minutu do bahenní lázně (obr. 2.90 c). V první fázi se s ní v lázni pohybuje a v dalších fázích se nechává ležet na levé straně (nachází se zde výhodné okénko zbraně). Po vyjmutí a ofuku je zbraň podrobena střelbě. Ostře se sleduje zkouška bezpečnosti zbraně při pádu z 1,5 m a 3 m na tvrdou podložku (obr. 2.89d). Zbraň při zkoušce kombinovaných povětrnostních podmínek je vystavena sérii dešťových spršek a také se na ni opakovaně několik desítek minut prší (obr. 2.90 e). K tradičním zkouškám patří tažení zbraně pískem (obr. 2.90 f). Jelikož CZUB vyváží pistole do celého světa, musí být připraveny na extrémně nízké (obr. 2.90 g) i extrémně vysoké (obr. 2.90 h) teploty. U první zkoušky je zbraň ponechána 1,5 hodiny v mrazicí komoře při – 30 °C, poté se přenesení do komory, ve které je 20 °C – 25 °C a relativní vlhkost 70 %. Zde je zbraň do té doby, než se na jejím povrchu vytvoří jinovatka. Pak je znovu přenesena do mrazicí komory, kde se z ní střílí. Při vysokých teplotách je zbraň umístěna do tepelné komory, v níž je teplota vzduchu 50 °C. Navíc jsou do ní vloženy náboje temperované na teplotu 70 °C. U pistole je také vypouštěn kohout a je mnohokrát naprázdno spuštěna. V další fázi testů se kontroluje stoprocentní vyměnitelnost součástí, při níž se rozebere několik kusů zbraní, jejich součástky jsou zaměněny a zbraně jsou opětovně složeny^{34,35}.



a – životnosti, b – prachová, c – bahenní, d – pádem, e – dešťová sprška a prach, f – tažení pískem, g – nízké teploty, h – vysoké teploty.

Obr. 2.90 Extrémní zkoušky pistolí CZ^{34,35}.

3 ROZBOR MOŽNOSTÍ RACIONALIZACE VÝROBY KRÁTKÝCH PALNÝCH ZBRANÍ

Racionalizaci je možno chápat jako nepřetržité zdokonalování výrobního systému. Aby se výrobní proces uskutečňoval na stále vyšší úrovni techniky, technologie, organizace práce, výroby i řízení. Jejím základem je vyloučení zbytečných ztrát a využití existujících rezerv. Jako podklad slouží ekonomická kalkulace, která směřuje k rentabilitě a hospodárnosti. Hlavním cílem je maximální zvýšení produktivity za minimálních investic⁴⁷.

Racionalizace, jde z hlediska jejího poslání rozdělit na:

- a) Racionalizaci preventivní (posouzení předprojektové a projektové dokumentace).
- b) Racionalizaci korektivní (hledá, řeší a navrhuje změny již probíhající výroby).

Základní postup racionalizace⁴⁷:

1. Poznání (analýza) systému.
2. Posouzení funkce současného systému.
3. Generování racionalizačních opatření.
4. Realizace opatření.
5. Vyhodnocení přínosů.

Typické přístupy k racionalizaci jsou⁴⁷:

1. Komponentní přístup – řeší pouze jednu část celku.
2. Komplexní přístup – vícehlediskový přístup, který se přibližuje k řešení všech částí celku jednotlivě.
3. Systémový přístup – vyžaduje respektování celkové charakteristiky objektu racionalizace.
4. Procesní přístup – procesy procházejí permanentním zdokonalováním.

Tato část práce je zaměřena na komponentní racionalizaci výroby. Z možných variant jednotlivých dílů zbraně byly nakonec pro racionalizaci vybrány součástky kohoutek, spoušť a zádržka zásobníku. Neboť jsou při jejich výrobě využívány podobné technologické operace.

3.1 Analýza současného stavu výroby vybraných komponent

Při popisu současného stavu výroby bylo využito konstrukční a výrobní dokumentace společnosti CZUB. Jednotlivé součásti mají různé modifikace dle typu zbraně, ve které jsou obsaženy. Další část práce je zaměřena na zbraň CZ 75 a z ní se také bude vycházet při analýze jednotlivých částí.

3.1.1 Kohoutek

Základní údaje o kohoutku jsou v tabulce 3.1. Na obr. 3.1 je model kohoutku vytvořený v programu SolidWorks.

Tab. 3.1 Základní údaje – Kohoutek.

Název součásti	Kohoutek
Materiál	12 061.3
Polotovár	40 x 22, ČSN EN 10058 Ocel. tyč plochá válcovaná za tepla
Objem hotové součásti	1833 mm ³
Hmotnost hotové součásti	14 g
Plošný obsah hotové součásti	1702 mm ²



Obr. 3.1 Model kohoutku.

Jak již bylo řečeno, kohoutek slouží k přenosu energie stlačené bicí pružiny na zápalník. Z čehož vyplývá, že u něj dochází k rázovému kontaktnímu zatížení v místě dotyku jeho funkční části s čelem zápalníku a k zatěžování funkčních ozubů při spouštění bicího mechanismu. Proto by měl být materiál, z něhož se součást vyrábí, dostatečně tuhý a odolný proti opotřebení. Jeho tvrdost se dále zvyšuje izotermickým kalením. Jelikož kohoutek slouží také k natažení bicího mechanismu (z jeho pozice lze rozeznat, zda je, či není napnutý bicí mechanismus), musí být hrany jeho hmatníku sraženy, aby nedošlo ke zranění střelce. Drážky na jeho horní části slouží k lepší manipulaci při natažení kohoutku v případě, že střelec má například zpocené ruce, nebo se zbraní zachází v rukavicích. Spodní vyvrtané otvory plní úlohu spojovacích členů s ostatními komponentami mechanismu. Levý (přední) otvor slouží ke spojení s přerušovačem, který se zafixuje pomocí čepu. V prostředním otvoru se nachází čep, kolem něhož se kohoutek otáčí. Pomocí pravého (zadního) otvoru a čepu se realizuje spojení kohoutku s tyčkou bicí pružiny. Horní otvor slouží k odlehčení komponenty. Dále jsou v těle kohoutku vytvořeny dva ozuby (bezpečnostní a palný), neboť kohoutek je součástí pohyblivého mechanismu. Jeho povrch se ať z funkčního, nebo estetického hlediska opatřuje různými povrchovými úpravami dle typu zbraně a účelu, ke kterému má sloužit (např. fosfátování Mn, černění, zlcení apod.). Jako u všech částí zbraně i zde je zohledňována jednoduchost konstrukce, neboť se vzrůstající složitostí vzrůstají i náklady na výrobu a rovněž dochází ke znesnadnění montáže tohoto členu, přičemž jeho výměnu by mohl zvládnout sám majitel zbraně.

Vlastnosti materiálu⁴⁸.

Norma EN 10083 – 1

Značení dle ČSN 42 002:1976 12 061 (12 061.3 – žíháno na měkko)

Značení dle EN 10027 – 1 C60E

Značení dle EN 10027 – 2 1.1221

Značení dle DIN 17200 – 87 Ck 60

Značení dle ISO 638-1:87 C 60 E4

Jedná se o konstrukční ocel nelegovanou, jakostní k zušlechťování. Svařitelnost obtížná. Pro výrobu méně namáhaných strojních součástí s vyšší pevností ve stavu zušlechtěném, nebo normalizačně žíhaném a s vyšší odolností proti opotřebení ve stavu kaleném a nízko popuštěném (povrchové kalení). Optimálních mechanických hodnot se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Chemické složení a mechanické vlastnosti dané oceli jsou uvedeny v tabulce 3.2.

Tab. 3.2 Chemické složení a mechanické vlastnosti oceli 12 061⁴⁸.

Chem. složení [%]	C	Mn	Si max.	Cr max	Ni max.	Mo max.	P max.	S max.	Cr+Mo+Ni
	0,057 - 0,065	0,6 - 0,9	0,4	0,4	0,4	0,1	0,035	0,035	0,63
Mechanické vlast. v zušlechtěném stavu	Průměr [mm]	Re min. [MPa]	Rm [MPa]		A min. [%]		Z min. [%]		
	16 ≤ d ≤ 40	520	800 - 950		13		30		

Dělení materiálu probíhá na pásové pile. Největší část úběru materiálu je realizována na obráběcím centru WYSSROD MC 510.3N/X, jehož parametry jsou uvedeny v příloze 2. Pomocí něho se zhotoví téměř kompletní tvar součásti včetně děr. Drážky na horní části kohoutku a některé funkční části se doobrobí později na vodorovné frézce (FA2H) a svislé frézce. Povrch součásti je rovněž broušen a omílán. Je třeba také zahлубit a pročistit otvory. V další fázi výrobek přechází do kalírny, kde se izotermicky kalí s následným provedením kontroly tvrdosti. Následně je nutno kartáčovat a leštit povrch, opět pročistit otvory

a srazit hrany. V závěru je zařazena povrchová úprava s dodatečnou ruční úpravou, lapováním a leštěním. Detailnější technologický postup je uveden v příloze 3.

3.1.2 Spoušť

Základní údaje o spoušti jsou v tabulce 3.3. Na obr. 3.2 je model spouště vytvořený v programu SolidWorks.

Tab. 3.3 Základní údaje – Spoušť.

Název součásti	Spoušť
Materiál	12 061.3 42 2670.5 (odlitek)
Polotovar	40 x 20, ČSN EN 10058 Ocel. tyč plochá válcovaná za tepla
Objem hotové součásti	1152 mm ³
Hmotnost hotové součásti	9 g
Plošný obsah hotové součásti	1249 mm ²



Obr. 3.2 Model spouště.

Spoušť je základním členem spoušťového ústrojí zbraně. Jejím stiskem dává střelec impuls zbraní k výstřelu. V horní části jsou vyvrtány dva otvory. Do vyfrézované drážky se vloží spoušťová pružina, která vrací spoušť do počáteční polohy. Pružina je zachycena v tělesu spouště pomocí čepu umístěného v horním otvoru. Další čep, který se vsadí do spodní díry, vytváří spoj mezi spouští a táhlem spouště. Kontaktním místem prstu střelce a spouště je tzv. jazýček. Jeho zaoblení a velikost záleží na typu zbraně a požadavcích střelce (může být např. zdrsňen, nebo povrchově upraven). Důležité je také zaoblení, nebo sražení hran, aby nedošlo k poranění střelce. Pro konstrukci celého spoušťového mechanismu je charakteristickou veličinou tzv. odpor spouště, který vyjadřuje námahu potřebnou k provedení výstřelu. U pistolí by se měl odpor spouště pohybovat v intervalu (15 – 60) N. Není to ovšem konstantní hodnota, její velikost vzrůstá při stlačování spouště. Rovněž záleží na tom, jaký druh spoušťového mechanismu je použit, zda SA, DA, nebo DAO.

Polotovarem při výrobě je ocelová plochá tyč válcovaná za tepla, nebo odlitek, jenž se používá z důvodu úspory materiálu. Materiál při výrobě z ocelové ploché tyče byl popsán v kapitole 3.1.1, proto je zde pouze popis materiálu odlitku.

Vlastnosti materiálu⁴⁸

Norma ČSN ISO 3755 (42 0952)

Značení dle ČSN 42 0006:1970 42 2670 (42 2670.5 – normalizačně žíháno a popouštěno)

Značení dle EN 10027 – 2 1.0554

Značení dle DIN 1691 GS – 70

Nelegovaná ocel na odlitky, odlévána do pískových forem. Svařitelnost dobrá, podmíněná předehřevem na 350 °C. Po svaření musí být odlitky vyžíhány na odstranění prutí (600 – 650) °C, nebo znovu normalizačně vyžíhány a popouštěny, což ovšem není náš případ. Obrobitelnost dobrá, při snížené řezné rychlosti. Použití na odlitky s vyšší pevností, tvrdostí a tuhostí konstrukce, kde současně nejsou požadovány vysoké hodnoty tažnosti a kontrakce. Ocel není určena pro tepelné zušlechťování. Chemické složení a mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 3.4.

Tab. 3.4 Chemické složení a mechanické vlastnosti oceli 42 2670⁴⁸.

Chem. složení [%]	C	Mn	Si	P max.	S max.	P + S max.
	0,5 – 0,6	0,4 – 0,8	0,2 – 0,5	0,05	0,05	0,09
Mechanické vlast.	Tvrdost -HB	Re min. [Mpa]	Rm [MPa]	A min. [%]	Z min. [%]	
	200 - 240	380	690 - 840	10	-	

Při výrobě součásti z odlitku se zkracuje výrobní postup o dvě počáteční operace oproti výrobě z plného materiálu. Jedná se o dělení materiálu na pásové pile o obrábění na NC obráběcím centru (WYSSROD MC 510.3N/X). Následný výrobní postup zahrnuje broušení, vrtání, vystružení a pročištění otvorů, u některých typů může být zhotoven i závit na zadní ploše jazýčku (seřiditelné spouště, systém SA). Poté už následuje omílání, izotermické kalení s následnou kontrolou tvrdosti, rovnání, závěrečná kontrola a povrchové úpravy jako je leštění, chromování, odvodňování a oplach dílce. V závěru je ještě finální kontrola vzhledu, neboť součást musí plnit nejen funkční a ergonomické, ale i estetické vlastnosti. Podrobný technologický postup je přiložen v příloze 4, v příloze 5 je postup výroby odlitku.

3.1.3 Zádržka zásobníku

Základní údaje o zádržce jsou v tabulce 3.5. Na obr. 3.3 je model zádržky vytvořený v programu SolidWorks.

Tab. 3.5 Základní údaje – Zádržka zásobníku.

Název součásti	Zádržka zásobníku
Materiál	12 061.3
Polotovar	10 x 12, ČSN EN 42 6522.12 Ocel. tyč plochá tažená za studena
Objem hotové součásti	792 mm ³
Hmotnost hotové součásti	6 g
Plošný obsah hotové součásti	739 mm ²



Obr. 3.3 Model zádržky.

Jak již název napovídá, tato součástka slouží k zadržení (či vysunutí) zásobníku z rámu zbraně. V provozním stavu je z větší části zasunuta v otvoru vytvořeném vedle lučičku na rámu zbraně, vyčnívá pouze její část s rýhováním, které je vytvořeno z důvodu lepší ovladatelnosti. Po obvodu jsou vyfrézovány dvě drážky pro uložení pružiny, která udržuje zádržku v základní poloze. Na vnitřní straně pak je zhotoven ozub, který drží zásobník v rámu pistole. Stlačení zádržky je její ozub vyřazen ze záběru s pláštěm zásobníku a zásobník vypadne z rámu pistole. Ze všech tří součástí je konstrukčně a tedy i výrobně nejjednodušší, což se také projevuje v technologickém postupu. Materiál je stejně jako v případě kohoutku a spouště ocel 12061.3.

Počáteční operací při výrobě je dělení materiálu na rámové pile. Úběr materiálu je dále prováděn na obráběcím centru, kdy se vyhotoví tvar součásti. Po omílání následuje ještě frézování na pákové frézce, na níž se provede rýhování čela součásti. Před izotermickým kalením a následnou kontrolou tvrdosti je potřeba ručně pročistit boční drážky. Leští se pouze přední čela s rýhováním, jelikož zbytek součásti je uložen v otvoru rámu. Konečnou operací je černění a konzervování komponenty. Podrobný technologický postup je v příloze 6.

3.2 Návrh variant možného řešení

Jak lze pozorovat z předchozí kapitoly, při výrobě těchto součástí se často vychází z plného materiálu ve formě ploché ocelové tyče. Pokud srovnáme výchozí a konečný tvar součástí, zjistíme, že se odebírá velké procento materiálu. To s sebou nese značné náklady jak na výchozí polotovar, tak na uskladnění přebytečného nevyužitého odpadu. Z toho dů-

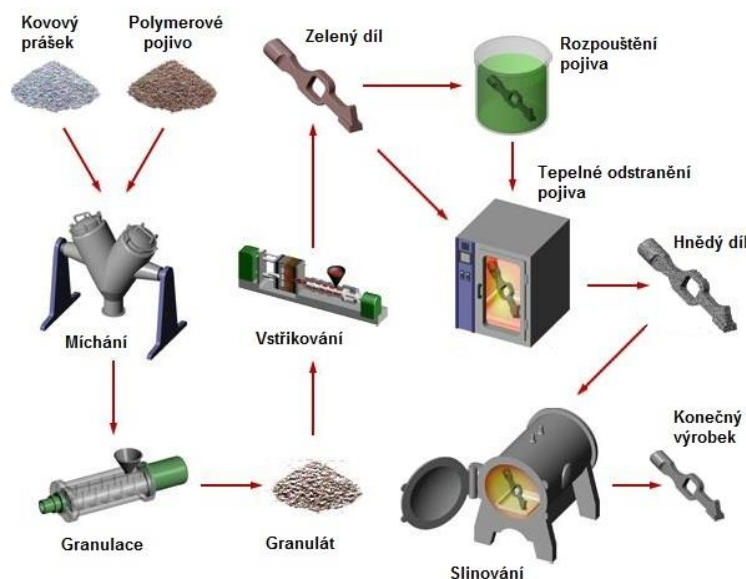
vodu byly pro racionalizaci vybrány technologie, jejichž výsledkem bude dílec, který se dále bude jen minimálně opracovávat, čímž se zvýší hospodárnost celého výrobního procesu při zachování, nebo dokonce zlepšení stávajících mechanických vlastností součástí. V podstatě jde o nahrazení NC obrábění s velkým množstvím odebraných třísek metodami, u nichž je zaručena větší efektivita výrobního procesu. K tomuto účelu byly vybrány dvě technologie, které se již nějakou dobu používají ve zbrojní výrobě. První je metoda injekčního vstřikování kovů MIM a druhou výroba polotovarů ve formě profilových tyčí.

3.2.1 MIM technologie (Metal Injection Moulding)

Technologie injekčního vstřikování PIM (Powder Injection Moulding) se dle typu vstřikovaného prášku dělí na CIM (Ceramic Injection Moulding) a MIM (Metal Injection Moulding).

Tato technologie, česky nazývaná jako vstřikování kovového prášku se využívá především ve velkosériové výrobě menších součástí, kde dochází až k 70% úspoře prostředků oproti obrábění. Technologií MIM lze zpracovávat všechny spékateľné materiály, ať se jedná o lehké kovy (Mg, Zn, atd.), nízkolegované, korozivzdorné a nástrojové oceli, speciální slitiny, či karbidy. U této metody je odstraněna hlavní nevýhoda práškové metalurgie, tedy velmi značné tvarové omezení. Lze zde vytvářet tvarově komplexní součásti, které se využívají zejména v oblastech zbrojního, automobilového, leteckého a zdravotnického průmyslu. Hmotnost výrobků se nejčastěji pohybuje pod 50 g, horní hranice je kolem 100g³⁷.

Vlastní proces MIM (obr. 3.4) je poměrně složitý. Začíná se přípravou kovových prášků. Používané prášky se vyrábějí především pomocí plynového, či vodního otryskávání popř. chemického srážení, proto se liší svým tvarem i velikostí. U příliš jemných prášků bude kvůli prachovité konzistenci obtížně vmícháváno vazební činidlo (plast, nebo v některých případech vosk) a z důvodu jemných pórů bude také znesnadněn proces jeho odstranění. Prášky s větší zrnitostí jsou cenově příznivější, ovšem u prášků z tvrdých látek dochází k většímu opotřebení na míchacím zařízení a plastifikační jednotce. Obvyklé velikosti zrn u kovových prášků leží v oblasti od 5 μm do 25 μm ⁴¹.



Obr. 3.4 Výrobní proces technologie MIM³⁰.

Následuje proces míchání a granulace, kdy se mísí kovový prášek s vhodným vazebním činidlem. Podíl typické směsi kovového prášku a vazebního činidla se pohybuje mezi

(50 – 80) obj. %. Obsah vazebního činidla je přitom co nejmenší, ale takový, aby jím bylo každé zrno kovového prášku obaleno. Příliš málo pojiva způsobuje vysokou viskozitu a vznik vzduchových bublin uzavřených v mezičásticovém prostoru, která se projeví prasklinami a distorzemi na slinovaných výliscích. V případě, kdy je pojiva velký nadbytek, dochází k vytvoření nerovnoměrné struktury slinovaného prášku, vzniku propadlin, a po odstranění pojiva nedrží komponenta tvar a zbortí se. Proto jsou oba případy nepříjemné⁶⁰. Granulací se rozumí formování materiálu do určitého tvaru, což usnadňuje manipulaci s granulátem.

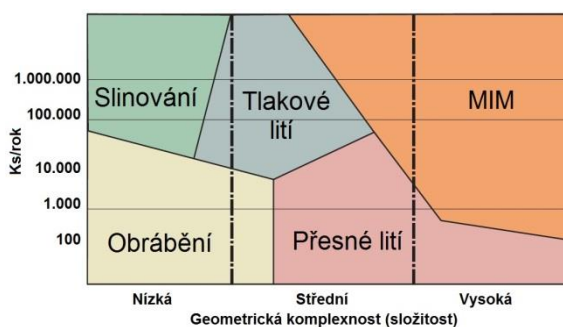
Do násypky vstřikovacího stroje je vložen granulát směsi prášek-pojivo, který je průchodem komorou stroje zplastizován (zplastizuje se pouze pojivo, kovový prášek zůstane nezměněn). V dalším kroku je směs vstříknuta do dutiny formy. Poté dojde k dotlaku. Následuje ochlazení, otevření formy a vyhození a vyjmutí vlastního výlisku, kterému se říká tzv. zelený díl (z německého Grünling, anglicky Green Part). Tato část je podobná vstřikování termoplastů. Rozdíly jsou ovšem v konstrukci strojů a nástrojů z důvodu abrazivního působení směsi na komoru, šnek a trysku. Dalšími omezeními jsou vyšší teplotní vodivost oproti termoplastům, což si žádá větší průřezy kanálů a z důvodu vyšší křehkosti výlisku je nutné zpomalit pohyb vyhazovačů a zvětšit jejich stykovou plochu s výliskem⁵⁹.

Klíčovým krokem celého procesu je odstranění pojiva z výlisku. Doba potřebnou k odstranění pojiva určuje kromě užití metody maximální tloušťka stěny výlisku a použitý vazebný systém. Tato doba se pohybuje od několika hodin, až po několik dní. Existuje několik základních metod⁴¹:

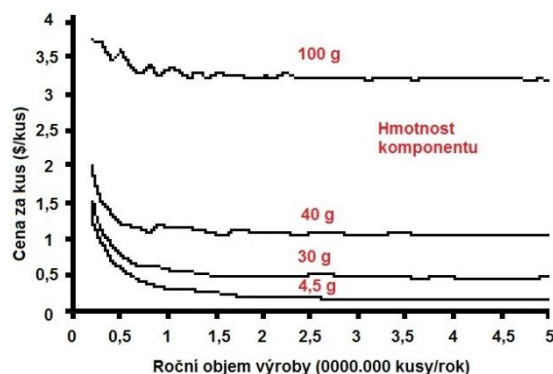
- zahřívání výlisku tak, aby se polymerové pojivo roztavilo, rozložilo a nakonec vypařilo,
- katalytický rozklad směsi,
- rozpuštění pojiva vhodnými rozpouštědly,
- gelatizace a odpaření pojiva.

Po vypuzení pojiva z výlisku vznikne pórovitá konstrukce, tzv. hnědý díl (z německého Braunling, anglicky Brown Part).

Tepelný proces, ve kterém se spékají oddělené částice a vytvářejí konečnou požadovanou pevnost výrobku, je slinování. Tento proces je prováděn v pecích s kontrolovanou atmosférou (někdy ve vakuu) při teplotě nižší, než je teplota tavení kovu (kolem 85 % teploty tavení kovu). Teplota slinování musí být velmi sledována, aby byl udržen tvar výlisku a nedocházelo k tečení. Během slinování je nutno počítat se smrštěním, které může být až 30% z důvodu vysoké porezity součásti po odstranění pojiva. Finální díl má hustotu přibližně odpovídající hustotě kovu, ze kterého je prášek vyroben (obvykle 95 % hustoty kovu a vyšší). Mechanické vlastnosti výrobku zhruba odpovídají vlastnostem kovaného kovu stejného složení⁴¹.



Obr. 3.5 Srovnání využitelnosti metody MIM s konkurenčními technologiemi³⁶.



Obr. 3.6 Vliv objemu výroby na cenu dílu⁴¹.

Finální výrobky zhotovené technologií MIM se mohou dále zpracovávat obráběním, tepelným zpracováním, povrchovými úpravami apod. Srovnání metody MIM s nejvíce konkurenční možností přesného lití jak po stránce tolerancí, tak výrobních možností uvádějí tabulky 3.6 a 3.7. Využitelnost této metody tedy spočívá ve výrobě tvarové složitých dílů ve velkých sériích (obr. 3.5). Kdy s rostoucím objemem výroby klesají náklady na vyrobený kus (obr. 3.6). Srovnání konečného výrobku zhotoveného metodou MIM s konkurenčními technologiemi je uvedeno v tabulce 3.8. Konstrukční možnosti a omezení této technologie jsou uvedeny v tabulce 3.9. Firma CZUB již některé díly pistole zhotovené touto technologií nakupuje od externích dodavatelů např. ovladač vypouštění, přerušovač, vytahovač, záchyt kohoutu, kontejnery spoušťového mechanismu, mířidla atd.

Tab. 3.6 Porovnání možných tolerancí součástí vyrobených metodou MIM a přesného lití³⁶.

Typické tolerance rozměrů		
Jmenovitý rozměr [mm]	Technologie MIM [mm]	Lití metodou vytavitelného modelu [mm]
do 3	± 0,05	-
3 – 6	± 0,06	± 0,12
6 – 15	± 0,075	± 0,15
15 – 30	± 0,15	± 0,25
30 - 60	± 0,25	± 0,30
Přes 60	± 0,5 % jmenovitého rozměru	-

Tab. 3.7 Porovnání výrobních možností dílů vyrobených metodou MIM a přesného lití⁴¹.

Vlastnost:	Přesné lití	MIM
Min. průměr otvoru	2 mm	0,4 mm
Max. hloubka otvoru ø 2 mm	2 mm	20 mm
Min. tloušťka stěny	2 mm	≥ 0,3 mm
Max. tloušťka stěny	neomezeno	≤ 30 mm
Tolerance při rozměru 14 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,075 mm
Drsnost povrchu Ra	5 µm	4 – 20 µm

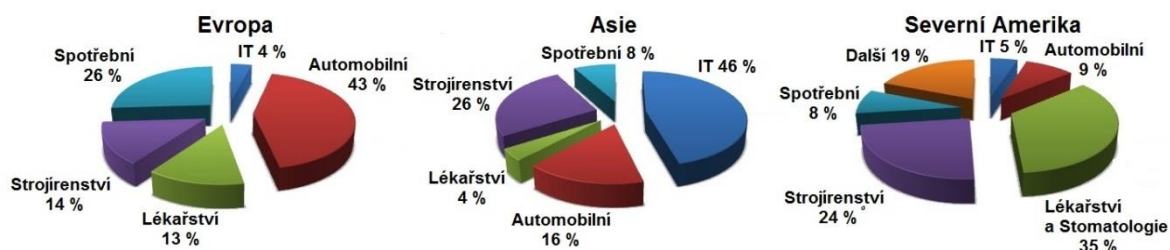
Tab. 3.8 Srovnání konečného výrobku zhotoveného metodou MIM s konkurenčními metodami⁵⁷.

	MIM	Obrábění	Přesné lití	Slinování kovů
Hustota	98 % +	100 %	98 %	88 %
Tažnost	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Nizká
Pevnost v tahu	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Nizká
Tvrdost	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Nizká
Složitost	Vysoká	Vysoká	Střední	Nizká
Povrchová úprava	Vysoká	Vysoká	Střední	Střední
Cena	Střední	Vysoká	Střední	Nizká
Objem výroby	Vysoký	Nizký	Střední	Vysoký

Tab. 3.9 Konstrukční možnosti metody MIM⁴¹.

Žádoucí vlastnosti	Omezení	Konstrukční možnosti
Postupné změny tloušťky dílu	Žádné vnitřní uzavřené dutiny	Otvory vzájemně pootočený
Nejmenší rozměr menší než 100 mm	Žádná vybraní ve vnitřních otvorech	Šestihranné, čtvercové, slepé a ploché spodní otvory
Hmotnost nižší než 100 g	Poloměr rohu větší než 0,075 mm	Výztužná žebra
Tloušťka stěny menší než 10 mm	Na dlouhých dílech 2° úkos	Rýhované a reliéfové povrchy
Sestava v jednom kusu (montážní sestava se vyrobí najednou)	Nejmenší průměr otvoru 0,1 mm	Výčnělky a hřebky
Malý geometrie poměru stran	Minimální tloušťka stěny 0,2 mm	Vnější a vnitřní závit
Složitě tvary	Rozsah hmotností 0,02 g až 20 kg	Otvory ve tvaru „D“
	Drahe nástroje a vysoké náklady na zařízení	Číslo, nebo identifikace dílu

Jak lze vidět z obr. 3.7 technologie MIM je používána v různých produkčních odvětvích. Poměr výroby v jednotlivých odvětvích se liší dle kontinentu, na kterém se technologie nachází.

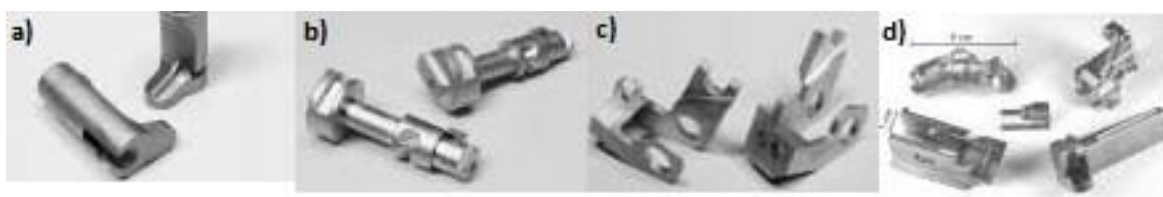


Obr. 3.7 Srovnání použití technologie MIM v různých odvětvích v Evropě, Asii a Severní Americe (data z Evropy a Severní Ameriky jsou z roku 2010, data z Asie z roku 2008)⁴⁰.

Z případové studie⁴¹ je patrné, že se jedná o širokou škálu výrobků. Od sportovního zboží, přes různé trysky, pouzdra antén, díly hodinek, až po vačky a komory hořáků. Společným rysem všech vyráběných dílců jsou malé rozměry s nízkou hmotností. Touto metodou se nenahrazují pouze konvenční metody obrábění, ale i celkové výrobní postupy, které zahrnují ohýbání, svařování, přesné lití, pájení atd. Tím lze složitější postupy zkombinovat pouze do jednoho bez dalších druhotných operací, což vede k úsporám nejen za potřebné stroje, ale také ke snížení režijních nákladů a celkové úspoře nákladů.

Pokud bychom se zaměřili na zbrojní výrobu, tak v této studii nalezneme zajímavé údaje společnosti Metalor 2000 působící v Izraeli. Při výrobě zádržky zásobníku (obr. 3.8a) ze slitiny stupně MIM-8620 používané v konstrukci lehkých zbraní bylo konečnému uživateli v porovnání s obráběním uspořeno 45 % nákladů. Tento díl byl tvrzen s tvrdostí povrchu (82 – 85) HR15N a hloubka cementované vrstvy byla (0,15 – 0,25) mm. Pojistka (obr. 3.8b), která se vyskytuje v lehkých zbraních byla speciálně zkonstruována pro výrobu MIM. Vyrábí se z nízkolegované oceli MIM – 4340. Je slinována na měrnou hmotnost $7,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Po tepelném zpracování byla tvrdost (40 – 44) HRC a pevnost v tahu 1550 MPa. Charakteristickým rysem této součásti byly ostré hrany a vnitřní průměr 0,15 mm. V porovnání s výrobou obráběním bylo konečnému uživateli uspořeno 70 % nákladů. Díl operatoru (obr. 3.8c), který se používá v konstrukci lehkých zbraní byl vyroben z korozi-vzdorné oceli MIM-17-4 PH. Výroba tohoto dílce konvenčními metodami byla velmi drahá v důsledku jeho složitého tvaru, ale také proto, že jeho výroba zahrnovala zpracování EDM (Electro Discharge Machining – elektrojiskrové obrábění). Technologie MIM snížila výrobní náklady na jednu třetinu. Tepelně zpracovaná součást měla tvrdost (35 – 39) HRC, pevnost v tahu 1100 MPa a smluvní mez kluzu 980 MPa. Firma Mimersica, Ecrimesa Group ze Španělska při výrobě různých komponent střelných zbraní (obr. 3.8d) úspěšně nahradila výrobu litím na vytavitelný model s dodatečným strojním zpracováním metodou MIM. Tím dosáhla vysokého snížení ceny dílů a větší svobody jejich konstrukce. Součásti mají hmotnost mezi 5 g a 65 g a vyrábějí se z nízkolegovaných ocelí jako je MIM-4140, nebo MIM-Fe8Ni0,6C, mohou být vyrobeny rovněž z korozi-vzdorné oceli MIM-17- PH. Výrobky vykazovaly 96% měrnou hmotnost plného materiálu. Po kalení dosahovaly pevnosti 40 HRC⁴¹. Z tohoto výčtu můžeme registrovat podstatné snížení výrobních nákladů, při zavedení technologie MIM do výrobního procesu.

Materiály nejčastěji používané v této technologii včetně chemického složení a mechanických vlastností jsou uvedeny v příloze 7.



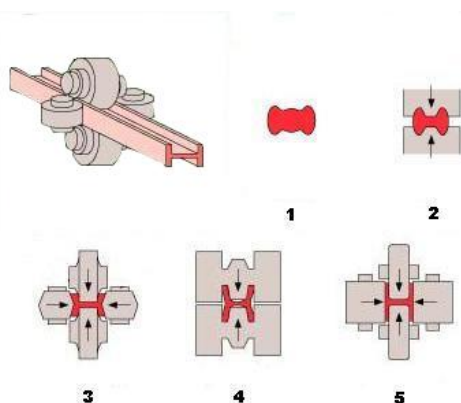
Obr. 3.8 Ukázky zbrojních součástí vyrobených metodou MIM⁴¹.

3.2.2 Výroba součástí z profilů

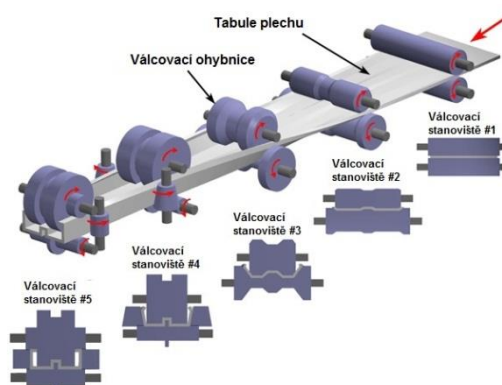
Profily je možno zhotovit technologií válcování, tažením (protlačováním), eventuálně ohýbáním z pásů plechů. Finálním výrobkem jsou tyče potřebného tvaru různých délek s požadovaným povrchem. Tyto výrobky je ovšem ještě nutno dělit (např. řezáním) na přesnou délku a v případě nutnosti tvar dokončit obráběním (vrtání děr, frézování drážek apod.). Hotové součásti je možno tepelně zpracovávat a povrchově upravovat.

3.2.2.1 Válcování profilů

Profily různých tvarů a velikostí se válcují na profilových válcovacích stolicích (obr. 3.9). Válcování profilů je kontinuální technologický proces tváření materiálu několika páry válcových kladek postupně do požadovaného příčného tvaru (obr. 3.10). Při tváření se mění nejen tvar, ale také tloušťka tvářeného materiálu. Technologie je ekonomicky výhodná zejména pro výrobu součástí větších délek při středních a velkých výrobních sériích. Válcování se vyznačuje dobrou kvalitou povrchu obrobku. Postup je následující: výchozí polotovár je přiváděn podávacím mechanismem do rovnacího zařízení, kde je rovnán. Pak postupuje do tvarovací části, kde je několika sadami po sobě jdoucích válcovacích kladek tvarován do požadovaného profilu. Počet válcovacích kladek je různý a závisí především na vyráběném tvaru. Jako typické pracovní (válcovací) rychlosti se v literatuře uvádějí hodnoty $(20 - 100) \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Aby se při tváření dílu snížila tvářecí síla, válcuje se za tepla, kdy je materiál součásti těsně před tvářecími kladkami ohříván hořákem (kolem 800°C). Dalšími výhodami tváření s ohřevem, či poloohřevem je snížení počtu válcovacích kladek a téměř nulové odpružení materiálu (vytvořený profil je vyroben přesně)³⁸.



Obr. 3.9 Válcování H profilu³⁹.



Obr. 3.10 Schéma plynulého ohýbání profilovými válci³⁰.

3.2.2.2 Tažení profilů

Tažením polotovaru průvlakem se zmenšuje jeho příčný průřez a zvětšuje délka. Dosahuje se přesných rozměrů a tvarů, zlepšuje se jakost povrchu a mechanické vlastnosti. Pokud je vyčerpána plasticita, musí se provést mezioperační žihání. Nejdůležitější podmínkou při

tažení profilů, drátů a trubek je snížení vnitřního pnutí pomocí mazání. Mazivo musí snižovat součinitel tření, oddělovat polotovar a průvlak, odvádět teplo a zajišťovat hladký povrch polotovaru. Jako mazivo při tažení se používá emulze, fosfátů, boraxu, mýdlového prášku apod. Jako výchozí polotovar se používají např. tyče válcované za tepla. Ty se následně očistí od okují a nanese na ně vrstva, která slouží jako nosič maziva. Na jednom konci se zašpičatí a za takto upravený konec se polotovar chytne kleštěmi a následuje proces tažení. Táhnout se dají plná i dutá tělesa³⁹.

Tvářecí proces se provádí za studena a ve více stupních. Možné přetvoření je omezeno pevností daného materiálu. Tahové a tlakové síly vykonávají potřebnou deformační práci, tj. mění rozměr, třecí síly působí proti směru tažení a ohřívají materiál. Správně volená tažná síla umožňuje optimální využití tažných stolic vyloučením nebezpečnosti porušení vstupního materiálu. Na tažnou sílu má vliv mechanické složení taženého materiálu, úběr, tvar výrobku, tvar průvlaku, mazání a rychlost tažení³⁹.

Stroje pro tažení se nazývají tažné stolice (obr. 3.11) a mohou být s přímočarým pohybem, nebo stolice s navíjením materiálu. Podle výrobního způsobu se dělí na bezskluzové a skluzové. Tažná rychlost u tažné stolice s přímočarým pohybem se pohybuje od $30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ do $150 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a max. délka součásti je 60 m. Jsou také vybaveny mazacím zařízením, které provádí během tažení mazání. Nástrojem u tažení jsou průvlaky, kalibry, které se nepohybují a jsou značně namáhány na otěr. Průvlaky z oceli mají životnost zhruba 2000 kg drátu, u průvlaků z tvrdokovu je životnost 200krát větší, diamantové průvlaky jsou téměř nezničitelné. Na jakost povrchu konečného produktu má vliv jakost průvlaku. Průvlak (obr. 3.12) sestává z většího počtu kuželů o různých vrcholových úhlech. Název kužele je dle jeho funkce (vstupní - zaváděcí, mazací, tažný, kalibrační a výstupní). Kalibrační část bývá válcová a zajišťuje hladký povrch. Průvlaky se vyrábí buď jednoduché, nebo skládané³⁹.

Technologie tažení je podstatně nákladnější než válcování, a proto počet tahů má být minimální. Získání kovově lesklého povrchu vyžaduje minimální celkový úběr 50 % z původního objemu, obvyklé úběry jsou kolem 80 % až 90 %, což však nelze udělat na jediný tah³⁹.

Pro tažení profilů, které se na rozdíl od drátu táhnou v konečné délce, se používá přetržitý proces. Nejčastěji se proces provádí za studena a je určen s nároky na rozměrovou přesnost a jakost povrchu. Profily nepravidelných tvarů se táhnou pomocí vícedílných průvlaků sestavených v upevňovacím rámu a mají mnohem přesnější rozměry, než profily válcované³⁹.



Obr. 3.11 Tažná stolice⁵¹.



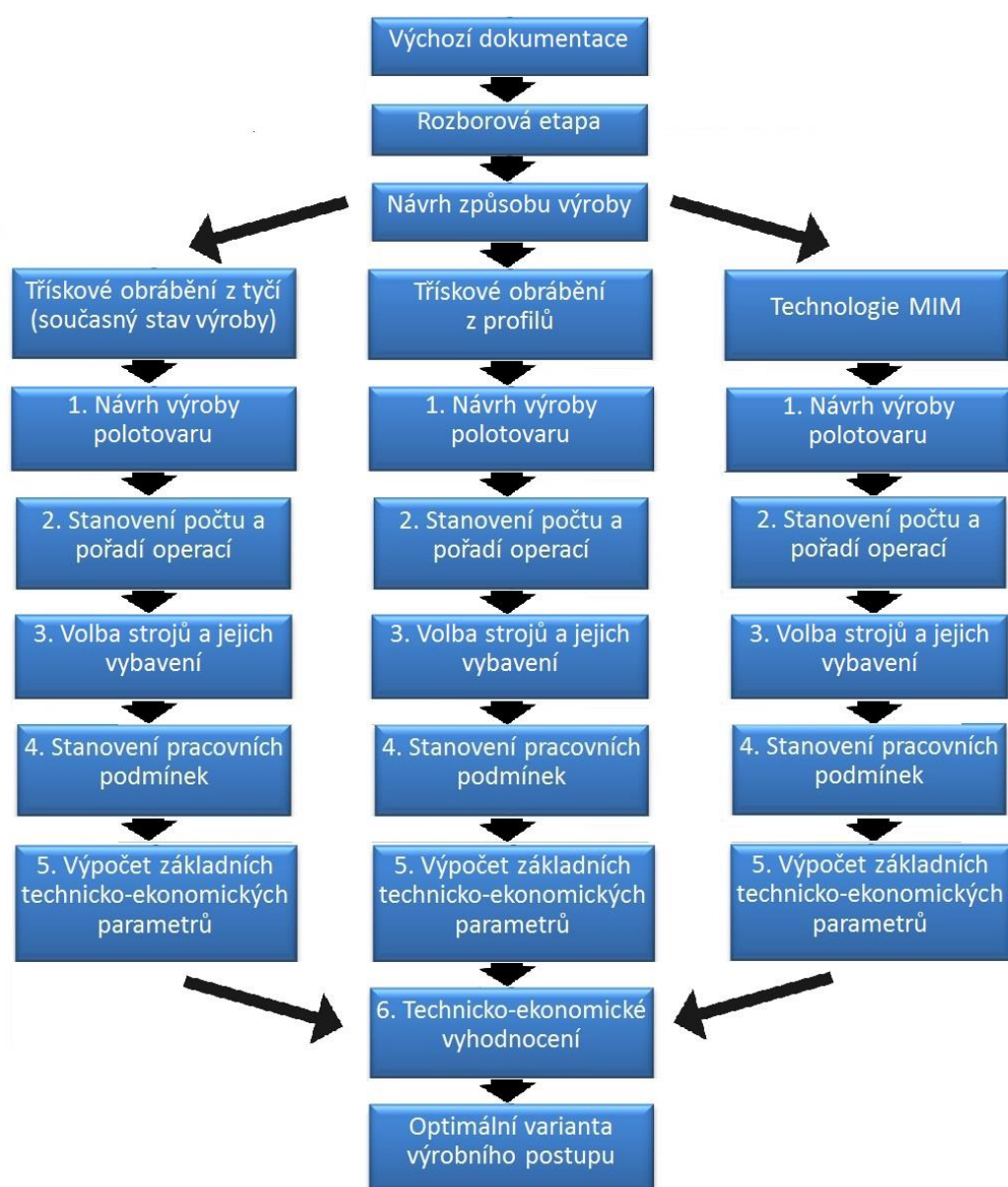
Obr. 3.12 Různé tvary průvlaků⁵².

4 NÁVRH ZMĚN TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ

Další etapa práce se zaměřuje na posouzení možnosti implementace nových technologií do výrobního procesu s případnými modifikacemi technologických postupů. Přičemž důraz bude kladen na zkrácení strojních časů, vytíženost kapacit pracovišť a posouzení metod z ekonomického hlediska. Z tohoto důvodu se jako nejvýhodnější ukazuje úplná, nebo alespoň částečná substituce obrábění na obráběcích centrech nově zkoumanými metodami.

4.1 Technologická příprava výroby (TgPV) pro vzorové součásti

TgPV je souhrn technicko-organizačních činností a opatření zaměřených na zpracování výrobní dokumentace a podkladů pro materiální vybavení výrobního procesu. Výrobní dokumentace obsahuje soubor závazných technicko-organizačních a ekonomických údajů potřebných pro zajištění racionální výroby z hlediska navrhované technologie výroby, manipulace, kontroly, organizace a ekonomiky práce⁵³. Časová návaznost TgPV je zobrazena na obr. 4.1.



Obr. 4.1 Rámcové schéma časové a obsahové návaznosti základních činností TgPV.

4.1.1 Výchozí dokumentace a zaměření

Návrh technologického postupu bude odvozen z výkresové dokumentace jednotlivých součástí společnosti CZUB. Roční objem výroby u všech tří součástí je stanoven 70 000 kusů.

Rozbor součástkové základny je uveden v kapitole 3.1.

4.1.2 Návrh výroby polotovaru

Dále je třeba rozlišovat, zda se jedná o polotovary typu plochých tyčí, tažených profilů, či zhotovených metodou MIM.

a) Ploché tyče

Jsou zhotovovány válcováním za tepla, nebo tažením za studena. Ze všech tří možností je zde nejnížší využití materiálu (viz tabulka 4.2), neboť je úběr realizován nejenom obráběním z plného tvaru, ale i dělením výchozích tyčí, jejichž délka je 3 m.

Materiál

Všechny tři součástky se dle původní technologické dokumentace vyrábí z oceli 12 061.3.

b) Tažené profily

V tomto případě je polotovarem profilová tyč délky 3 metrů, která má po obvodu tvar finální součásti. Nicméně je nutný kromě prvotního dělení tyče rovněž dodatečný úběr materiálu (vrtání otvorů apod.). Tím se oproti první metodě zvyšuje využitelnost materiálu a výtěžnost kapacit pracovišť.

Materiál

Stejně jako u plochých tyčí se volí osvědčený materiál 12 061.3.

c) Polotovary MIM

Popis výroby dílů je popsán v kapitole 3.2.1. Dá se říci, že z procesu výroby vznikne v podstatě hotový výrobek, u něhož jsou někdy nutné jen minimální úpravy tvaru, následné tepelné zpracování a povrchové úpravy. Současným trendem je výroba hotové součásti. Využitelnost materiálu je proto velmi vysoká, což je ovšem kompenzováno vyšší cenou polotovaru.

Materiál

V dnešní době je možnost zakoupení kovových prášků téměř všech druhů ocelí. I oceli určených k následnému tepelnému zpracování. Specialisté na technologii MIM doporučují firmám, které začínají s touto náročnou technologií, nákup již hotových surovin (tzv. feed-stock – směs pojiva a kovového prášku). Z možných variant byla nakonec vybrána pro posuzované součásti surovina s označením MIM 4340, její složení a mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 Chemické složení a mechanické vlastnosti MIM 4340 (červeně jsou uvedeny hodnoty po tepelném zpracování)⁵⁵.

	Fe	C	Ni	Mo	Mn	Cr	Nb	Cu	Si
	Bal	0,3 – 0,6	1,5 – 2,5	max. 0,75		0,75–1,25			
MIM 4340	Rp _{0,2} [MPa]		Rm [MPa]		A [%]		HRB; HRC		ρ [g·cm ⁻³]
	500; 1400		700; 1620		11; 3		70 – 100; 40 – 45		7,5

V případě realizace by polotovary CZUB mohla řešit buď kooperací, nákupem od firem zabývajících se jejich výrobou, nebo implementací této výrobní technologie do výrobního programu společnosti. Což by ovšem bylo náročné nejenom na zavedení, odladění, ale i vlastní výrobu. Také počáteční náklady nejenom na stroje, ale i vybudování potřebných podmínek by nebyly malé. Počáteční investice na zařízení a první dva roky provozu se u této technologie pohybují mezi (5 – 10) miliony dolarů⁵⁶.

Pro co nejpřesnější výpočet využití materiálu byly jednotlivé součásti i polotovary součástí vymodelovány v programu SolidWorks. Odkud byly získány potřebné informace pro výpočet tabulky 4.2. Při výpočtu možného počtu kusů z jedné tyče byla brána hodnota šířky prořezu od pásové pily 2 mm. U profilových tyčí je zvolena koncová nevyužitelná část tyče 150 mm.

Tab. 4.2 Využití materiálu u jednotlivých technologií.

	Ploché tyče		Profilové tyče		MIM	
	Objem polotovaru [mm ³]	Využití materiálu [%]	Objem polotovaru [mm ³]	Využití materiálu [%]	Objem polotovaru [mm ³]	Využití materiálu [%]
1) Kohoutek	2 400 000	10,4	972 260	48,8		~100
Objem součásti [mm ³]	1 833		1 833		1 833	
Počet ks z 1 tyče	136		259			
2) Spoušť	2 400 000	6,5	635 367	47		~100
Objem součásti [mm ³]	1 152		1 152		1 152	
Počet ks z 1 tyče	136		259			
3) Zádržka	360 000	20	188 253	40		~100
Objem součásti [mm ³]	792		792		792	
Počet ks z 1 tyče	91		95			

4.1.3 Výrobní operace

Při stanovování výrobních operací se vychází z návodů původní výroby. Jak již bylo napsáno dříve, úpravy se budou týkat eliminace obrábění na obráběcích centrech. Cíl je stanoven v podobě snížení strojních časů, vytížení kapacity pracovišť a pokud možno co nejvyššího snížení nákladů na vyrobené součásti.

a) Ploché tyče

Původní technologický postup využívající NC obrábění všech tří součástí je umístěn v příloze 3,4 a 6.

b) Tažené profily

Nově vytvořené technologické postupy CNC obrábění z profilových tyčí jednotlivých součástí jsou uvedeny v přílohách 8 až 10.

c) Technologie MIM

Technologické postupy dílů vyrobených pomocí technologie MIM jsou formulovány v přílohách 14 až 16.

4.1.4 Stroje a strojní vybavení

a) Původní technologie

V současné době se výroba těchto součástí provádí na obráběcím frézovacím centru značky WYSSBROD MC 510-3. Detailní informace o stroji jsou uvedeny v příloze 2. Mezi strojní

vybavení patří různé přípravky, upínky, výrobní pomůcky a měřidla, kterými jsou pracoviště vybavena dle typu vyráběného dílce. Podrobnější přehled je uveden v přílohách 3 až 6.

b) Výroba z profilových tyčí

Při tomto způsobu výroby by byla nutná investice do nových CNC strojů umožňujících provádění jednotlivých operací. Na trhu se vyskytují speciální CNC stroje na obrábění profilových tyčí. Vzhledem k tvaru součástí nejsou použitelné, neboť většinou nabízejí pouze tříosé obrábění ve vertikálním směru. Také z tohoto důvodu byl nakonec vybrán pětiosý CNC stroj určený pro tyčový materiál. Z možných výrobců jako např. Haas, Emag, MAS, Doosan apod. byla nakonec vybrána firma Chiron, se kterou společnost CZUB již delší dobu spolupracuje. Hlavní informace ohledně stroje jsou uvedeny níže. Celkový pohled na stroj je na obr. 4.2. Obrázek 4.3 znázorňuje možné posuvy stroje a naklápění vřeteníku.

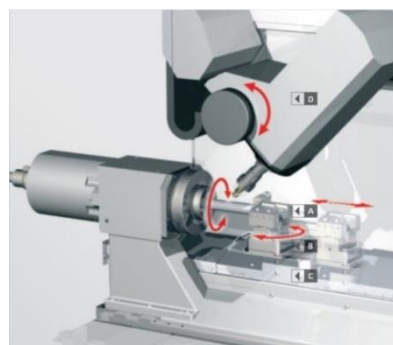
Chiron FZ 12 MT (FZ 12K S) – soustružnicko-frézovací centrum s naklápěcím vřeteníkem.

Základní charakteristiky stroje⁵⁷:

Počet míst v zásobníku nástrojů	24
Max. průměr nástroje	85 mm
Max. délka nástroje	250 mm
Max. hmotnost nástroje	5 kg
Čas výměny nástroje	0,9 s
Max. otáčky vřetene	12 000 ot·min ⁻¹
Max. krouticí moment vřetene	29 Nm
Pojezd X/Y/Z osy	550/320/360 mm
Rychlost rychloposuvu	75 m·min ⁻¹
Polohovací osa naklápěcího vřetena	- 10° až + 100°
Odchylka osy naklápěcího vřetena	0,001°
Upínací plocha stolu	820 x 440 mm
Max. zatížení stolu	500 kg
Celkový příkon	37 kVA
Výkon vřetena	24 kW
Max. průchodnost vřetene	Ø 65 mm



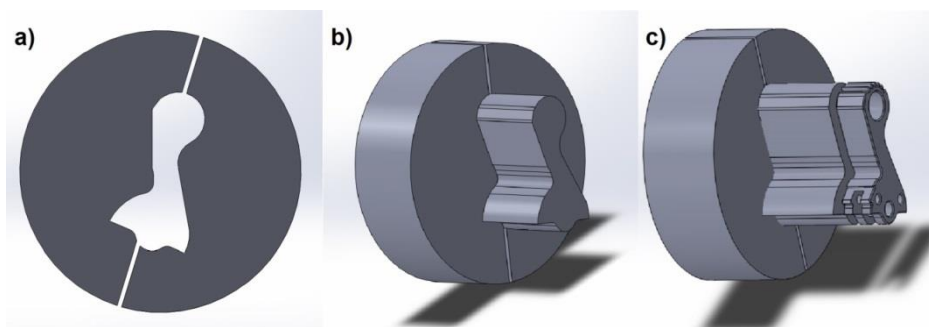
Obr. 4.2 Vzhled stroje FZ 12K S⁵⁷.



Obr. 4.3 Možné posuvy a naklápění vřeteníku⁵⁷.

Další řešenou částí technologie je způsob upnutí jednotlivých dílů. Jako možný způsob se jeví upínací prvky ovládané hydraulicky, či pneumaticky. Ty by se skládaly z upínače, jehož funkční část by měla čelisti ve tvaru negativu profilu příslušné profilové tyče.

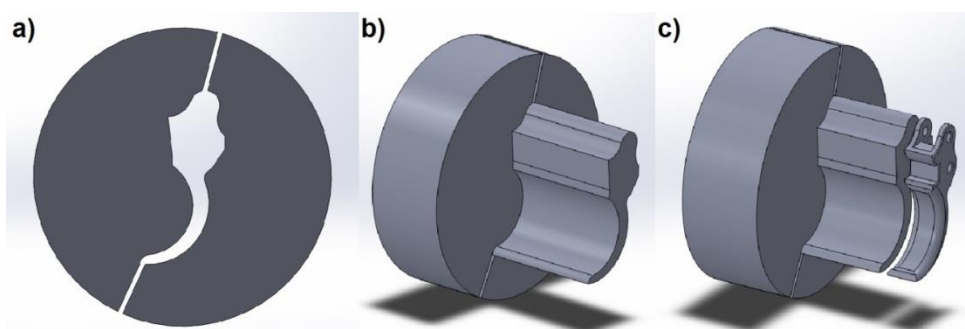
Kohoutek – na obr. 4.4 jsou uvedeny čelisti přípravku pro upnutí profilové tyče ve tvaru kohoutku.



a – tvar čelistí, b – upnutí profilové tyče na délku 30 mm, c – tyč po obrobení součásti.

Obr. 4.4 Čelisti přípravku pro kohoutek.

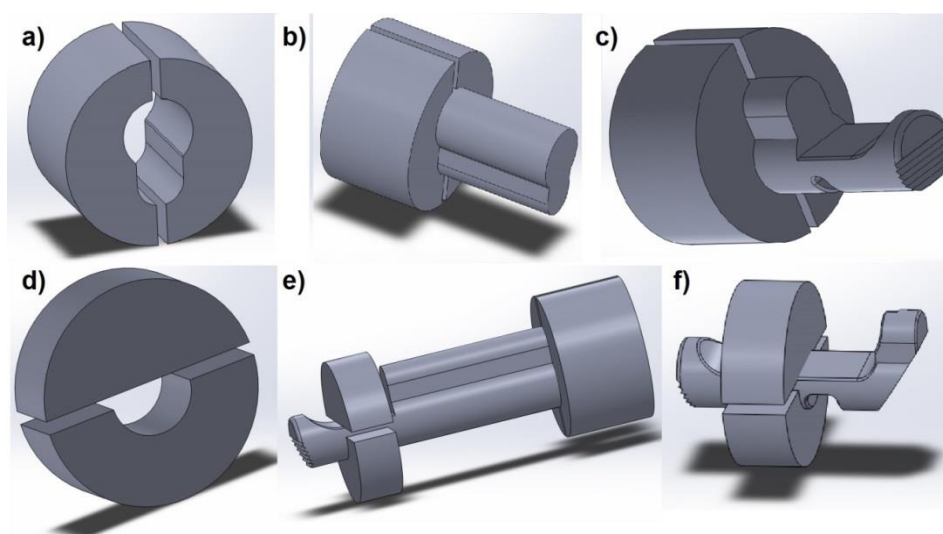
Spoušť – na obr. 4.5 lze vidět čelisti přípravku pro upnutí profilové tyče ve tvaru spouště.



a – tvar čelistí, b – upnutí profilové tyče na délku 30 mm, c – tyč po obrobení součásti.

Obr. 4.5 Čelisti přípravku pro spoušť.

Zádržka zásobníku – u této součásti je nutno pozměnit technologii upínání, jelikož se musí obrábět z obou stran. Po obrobení poloviny součásti – obr. 4.6 a) až c) následuje přepnutí do protějšího upínače a dokončení součásti – obr. 4.6 d) až f).



a – tvar čelistí pro počáteční upnutí, b – upnutí profilové tyče na délku 30 mm, c – obrobení 1/2 součásti, d – tvar čelistí pro konečné upnutí, e) upnutí součásti f) kompletně obrobena součást.

Obr. 4.6 Čelisti přípravky pro zádržku zásobníku.

c) Technologie MIM

Náročnost této technologie se projevuje i v potřebném strojním vybavení a s tím souvisejícími zvýšenými náklady na zavedení technologie do výroby. Firma DSH technologies, zabývající se zaváděním, konzultacemi a prodejem strojů technologie MIM radí začínajícím firmám nákup hotových vstupních surovin. Tím odpadají nemalé investiční náklady na míchačky kovových prášků s pojivem a následné stroje na granulaci. V tomto případě by tedy byla výchozí surovina (feedstock) nakupována od externích dodavatelů (např. firma BASF). Jednou z nejdůležitějších vlastností feedstocku je homogenita. Rovnoměrné rozložení kovového prášku a pojiva ve vstupní surovině. Což napomáhá minimalizovat oddělování částic při vstřikování a později přispívá k izotropnímu smrštění po slinování. V další fázi procesu bude potřeba vhodný vstřikovací lis, pec na odstranění pojiva a slinovací pec (může být součástí pece na odstranění pojiva).

1. Vstřikovací lis

Jedná se o vstřikovací lis obdobný vstřikování plastů, který se plní vstupní surovinou ve tvaru pelet. Úprava stroje spočívá v upravené vstřikovací hlavě (nutná větší mechanická odolnost proti opotřebení) a vyhazovači hotových součástek (jsou velmi křehké). Pro co nejsnadnější průběh procesu je nutné udržení nejnižší možné viskozity feedstocku. Viskozita pojiva by měla být do 0,1 Pa·s a feedstocku do 1000 Pa·s⁶⁰. Vstřikovací zařízení se skládá ze šneku, který pohybuje surovinou uvnitř válce, stlačuje ji a odstraňuje možné bubliny, topného tělesa k usnadnění vstřikování a trysky, kterou je materiál pod tlakem vstříknut do formy. Forma je dvojdílná. Z důvodu možné reprodukovatelnosti a úpravy programu jsou stroje opatřeny řídicí jednotkou. Zařízení pro vstřikování výchozí suroviny bylo vybráno od firmy Arburg, která se zabývá vývojem strojů pro tuto technologii.

Charakteristiky stroje Arburg 320 C 600-250 (obr. 4.7)⁶¹:

Uzavírací síla	600 kN (60 tun)
Max. otevření	350 mm
Min. výška formy	200 mm
Max. váha formy	400 kg
Rozměr mezi sloupy	320 x 320 mm
Dráha vyhazovače	125 mm
Síla vyhazovače	30 N
Průměr šneku	30 mm
Specifický vstřik.tlak (při 400 °C)	1550 bar
Instalovaný výkon	23,9 kW



Obr. 4.7 Vstřikovací lis Arburg 320 C⁶¹.

2. Pec na odstranění pojiva (Debinding oven)

Při výběru pece je prioritní otázkou typ použitého pojiva. Výhodné je pojivo složené z několika různých složek s rozdílnou chemickou strukturou a teplotou rozkladu. Zde pak může dojít k postupnému odstranění jednotlivých složek (tzv. step-by-step). Hlavní složka se nazývá páteř (backbone). Což je termoplastický polymer, který podporuje a udržuje tvar výlisku až do poslední fáze debindingu (např. polyetylen, polypropylen atd.). Další složka slouží ke zlepšení tekutosti při vstřikování a měla by být jednoduše odstranitelná z výlisku (vosk, parafin atd.). Pro odstranění pojiva se používá tři základních metod⁵⁸:

- *Tepelná* – využívá k odstranění pojiva mechanismu tepelné degradace organických pojiv, který je založen na postupném rozkladu pojiv a jejich následném odpaření z povrchu výlisku. Čas operace se liší dle typu použitého pojiva. Z důvodu možných poruch výlisku (trhliny, tvarové deformace) jsou používány nízké teploty ohřevu, což má za následek delší dobu odstraňování pojiva (10 – 60) hodin. Nicméně z důvodu své jednoduchosti, bezpečnosti, a šetrnosti k životnímu prostředí je stále používána. Ke zvýšení účinnosti procesu je možno použít vakuovou pumpu, která nepřetržitě odsává páry pojiva z výlisku. Avšak i přesto trvá proces kolem deseti hodin. Další možností je použití nasákavého substrátu, který je v kontaktu s výliskem. Pojivo taje a může vytékat z komponenty do pórů kontaktního substrátu. Tento způsob vyžaduje na rozdíl od předešlého nižší teploty, ale je zdoluhavější neboť pojivo je zde ve stavu kapalném oproti plynnému v předchozím způsobu. Problém je také s následným odstraněním substrátu od výlisku.
- *Rozpouštěcí* – provádí se ponořením výlisku do plynného, nebo kapalného rozpouštědla jako např. etanol, heptan, či aceton při nízké teplotě (50 – 60) °C. Rozpouštědlo odstraní alespoň jednu ze složek pojiva a vytváří pórovitost výlisku. Další fází je odstranění páteře pojiva jejím vypálením při teplotách mezi (200 – 600) °C. Účinnost rozpouštědel úzce souvisí s geometrií výlisku, protože potřebují proniknout do dílce. Po odstranění pojiva kapalným rozpouštědlem se dílce musí sušit v peci při teplotě (65 – 75) °C po dobu nejméně 3 hodin. Tento krok může být zahrnut jako součást slinovacího procesu. V současnosti je tendence používat pojiv rozpustných ve vodě (škroby, polyvinylalkoholy atd.) z důvodu lepší manipulace oproti organickým pojivům.
- *Katalytická* – používá se pro pojiva, která se rozkládají v menších molekulách za přítomnosti katalyzátoru. Nejpoužívanějším pojivem je polyacetát (POM). Použitím katalyzátoru jsou polymery na povrchu dílce rozloženy na monomery a odpaří se. Postupným odpařováním monomerů pokračuje depolymerační proces hlouběji do výlisku. Rychlost odstraňování monomerů je vzhledem k jejich malé velikosti vysoká, což znamená nižší čas prováděné operace (4 – 6) hodin. Tento typ debindingu se provádí obecně pod teplotou tání pojiva (110 °C – 150 °C). Použitím těchto teplot se zabráňuje vzniku kapalné fáze pojiva a tím i deformaci dílce. Při použití pojiva polyacetátu se jako katalyzátor aplikuje 100% kyselina dusičná (HNO₃). Rozklad pojiva probíhá rychlostí 2 mm za hodinu a tím umožňuje až desetkrát rychlejší odstraňování pojiva než jiné používané metody. Ovšem POM obsahuje až 30 % ethylenu, který nereaguje s katalyzátorem a je odstraněn až během slinovacího cyklu. Nevýhodou je rozklad polyacetátu na formaldehyd, který je jedovatý a tomu musí být i přizpůsobeno pracovní prostředí. Je nutné, aby plyny odcházející z pece byly zdravotně nezávadné.

Při výběru pece na odstranění pojiva a slinovací pece je důležitá jejich kompatibilita. Poněvadž součásti jsou po odstranění pojiva křehké a náchylné na deformace. Pece byly vybrány od firmy Elnik, která spolupracuje s dalšími společnostmi zabývajícími se technologií MIM jako dříve zmiňovaná DSH, Arburg, či výrobci surovin BASF. Z možných metod se jeví jako nejvýhodnější metoda katalytického odstranění pojiva. Tento proces je u výrobců nakupujících hotové suroviny velmi oblíbený z důvodu vysoké rychlosti operace, relativní nízkonákladnosti a spolehlivosti.

Charakteristiky pece Elnik CD 3045 (obr. 4.8)⁶²:

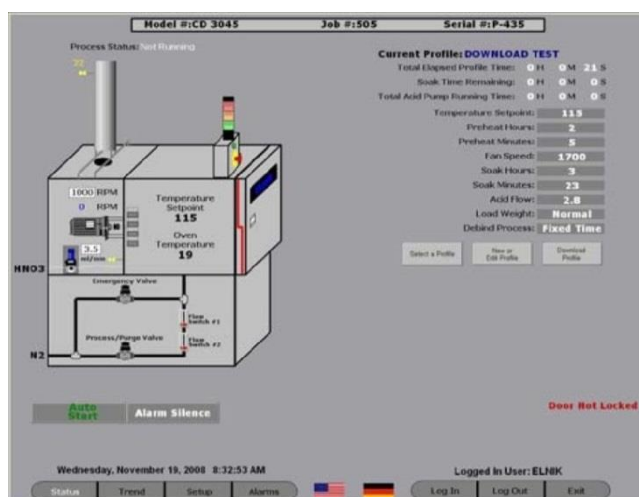
Pec je určena výhradně pro odstranění pojiva vstupních surovin BASF Catamold®. Rámy jsou navrženy tak, aby se při plném zatížení podnosů vešly totožně jako do Elnik MIM 3045 slinovací pece. Což znamená, že není nutná manipulace s komponentami či jejich přeskládávání při přesunu z operace odstranění pojiva ke slinování.

Celý proces je řízen pomocí PLC (obr. 4.9), které je nahráno z počítače. Hlavní obrazovka se používá také pro zapnutí čerpadla kyseliny, větráku, motoru dusíkového ventilu a hořáku, pokud neběží program. Program používá tabulky aplikace Excel. Je možnost uložení a vyvolání každého z vytvořených programů. V případech vedení záznamů je možnost tisku potřebných informací.

Rozměry pece	686 x 1473 x 2591 mm
Vnitřní velikost komory	508 x 686 x 686 mm
Velikost vnitřního regálu	425 x 635 x 610 mm
Teplota	20 °C – 150 °C
Ložná plocha police	206 x 305 mm
Rozteč police	38 mm
Množství polic	44 (11 a 11vedle sebe ve dvou řadách)
Max. zatížení police	4,5 kg na polici, celkově 198 kg
Celková ložná plocha	2,73 m ² , objem 104 litrů



Obr. 4.8 Elnik CD 3045⁶².



Obr. 4.9 Obrazovka PLC pro Elnik CD 3045⁶².

3. Slinovací pec (Sintering surface)

Slinovatelné jsou obecně částice menší než 45 µm. U MIM technologie se velikost částic kovového prášku pohybuje od 5 µm do 15 µm. Provádí se při teplotách nižších než teplota tavení (70 % – 90 % teploty tavení). Při těchto teplotách částice rekrystalizují do sebe

navzájem, což způsobí jejich spojení. V předslinovacích teplotách (200 – 600) °C dochází k odstranění zbytkového pojiva, které zůstalo z předchozího kroku. V tomto kroku musí být odstraněny všechny uhlíkové zbytky, vznikající rozkladem pojiva. Tyto uhlíkové zbytky společně se zachyceným kyslíkem mohou mít negativní vliv na mechanické vlastnosti některých materiálů jako např. korozivzdorné oceli. Dále dochází k odstranění pórů, což je doprovázeno růstem a silnou přilnavostí sousedních částic výlisku. To způsobí smrštění dílce o 14 % – 20 % oproti původnímu výlisku. Výsledná hustota slinovaného dílce se pohybuje mezi 95 % – 99,5 % teoretické hustoty (z důvodu zbytkové pórovitosti po slinování). Doba slinování se liší dle typu materiálu a velikosti dílce (malé součásti 1 hodinu až 1,5 hodiny, větší kolem 3 hodin, wolfram až 8 hodin). Následné ochlazení se provádí v ochranné atmosféře (amoniak a dusík pro běžné použití, vakuum pro korozivzdornou ocel a wolfram), aby se zabránilo oxidaci slinutých dílů. Z hlediska fázové transformace materiálu je důležitá rychlost ochlazování^{58,59,60}.

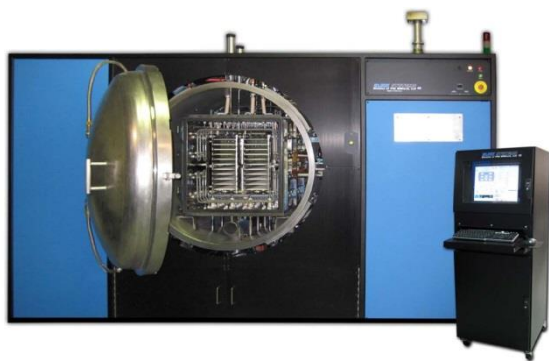
Příklad materiálů a podmínek jejich slinování⁶⁰:

- ocel se slinuje při teplotě 1250 °C v dusíku, nebo vodíku po dobu 2 hodin,
- korozivzdorná ocel se slinuje při teplotě 1360 °C ve vakuu po dobu 2 hodin.

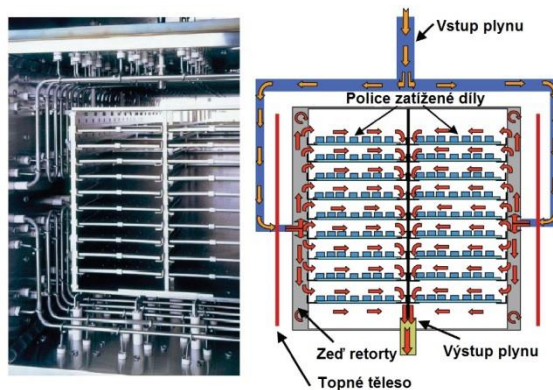
Stejně jako u pece pro odstranění pojiva bylo pro slinování vybráno zařízení firmy Elnik.

Charakteristika slinovací pece MIM 3045 (Obr. 4.10, 4.11)⁶²:

Tato pec je rozměrově plně kompatibilní s pecí na odstraňování pojiva CD 3045. Proto při přesunu rámu z jedné operace do druhé není nutno nijak manipulovat se zpracovávanými dílci. Vnitřní rozměry pece jsou tedy obdobné. Pracovní částí pece je plynotěsná, žáruvzdorná kovová retorta (nádoba určená pro vysoké teploty) s plynovým řízením. Rozdílné proudění plynů do horké zóny a retorty a mírný parciální tlak uvnitř retorty je zárukou, že žádný pojivový materiál se nebude lepit na chladné stěny pece. Retorta má výstupy plynu na každé stěně, aby ohřátý plyn proudil rovnoměrně na každou polici (obr. 4.11). Navíc je zde nastavení šestizónové regulace pro přední, střední, zadní, horní a spodní okolí retorty. Zařízení obsahuje tepelný výměník s dmychadlem pro 5097 m³·h⁻¹ s počítačově nastavitelným tlakem a teplotou pro aktivaci ventilátoru. Plynový hořák s integrovaným vodíkovým zapalovačem umístěným na vrcholu pece. Police jsou vyrobeny z molybdenu s děrováním pro možný průtok plynu. Řízení procesu probíhá opět pomocí řídicí jednotky, která zajišťuje plnou automatizaci procesu. Může být slinován jakýkoliv materiál s jakýmkoliv typem pojiva. Proces v dusíkové, argonové, či vodíkové atmosféře. Pec primárně slouží k odstranění sekundárního pojiva a slinování částic při teplotách obvykle mezi 1250 °C a 1380 °C dle typu oceli.



Obr. 4.10 Slinovací pec MIM 3045⁶².



Obr. 4.11 Vnitřek slinovací pece a její schéma⁶².

4.1.5 Pracovní podmínky

a) Původní technologie

Pracovní podmínky u jednotlivých technologií včetně výrobních pomůcek a nástrojů jsou uvedeny v přílohách 3, 4, 5 a 6.

b) Výroba z profilových tyčí

V tomto případě je nutno zjistit charakteristiky obráběcího procesu. Je možno srovnat teoreticky vypočtené hodnoty s reálnými hodnotami simulace běhu CNC programu.

Teoreticky vypočtené hodnoty obrábění profilových tyčí na CNC stroji:

Výsledné hodnoty jsou uvedeny v přílohách 11 až 13.

$$\text{Řezná rychlost} \quad v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (5.1)$$

$$\text{Otáčky} \quad n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad [ot \cdot \min^{-1}] \quad (5.2)$$

$$\text{Trvanlivost břitu doporučená výrobcí} \quad T = 15 \text{ min}$$

Koeficient dle výrobců (pro materiál nástroje slinutý karbid se pohybuje v rozmezí 4 – 6).
 $m = 5$

Přepočet trvanlivosti řezného nástroje. Vycházíme ze vzorce:

$$T_1 \cdot v_{c1}^m = T_2 \cdot v_{c2}^m \quad (5.3)$$

Odkud získáme:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{v_{c1}}{v_{c2}} \right)^m \quad [min] \quad (5.4)$$

$$\text{Posuvová rychlost} \quad v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (5.5)$$

$$\text{Čas jednotkový strojní} \quad t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{L}{f \cdot n} \quad [min] \quad (5.6)$$

Dráha nástroje ve směru posuvu:

$$\text{Soustružení a čelní frézování asymetrické} \quad L = l_n + l + l_p \quad [mm] \quad (5.7)$$

$$\text{Válcové frézování} \quad L = l_n + l + l_p + l_{nf} \quad [mm] \quad (5.8)$$

$$l_{nf} = \sqrt{H(D_C - H)} \quad [mm] \quad (5.9)$$

$$\text{Vrtání} \quad L = l_n + l + l_p \quad [mm] \quad (5.10)$$

$$\text{Pro vrtáky s úhlem } 2\kappa_r = 118^\circ \quad l_p \cong 0,3 \cdot D_C + (0,5 \text{ až } 1) \quad [mm] \quad (5.11)$$

$$l_n = (0,5 \text{ až } 1) \quad [mm] \quad (5.12)$$

$$\text{Poměr času řezného a hlavního} \quad \lambda = \frac{l}{L} \quad [-] \quad (5.13)$$

$$\text{Počet obrobených kusů během 1 trvanlivosti} \quad Q_T = \frac{T}{t_{AS} \cdot \lambda} \quad [ks] \quad (5.14)$$

$$\text{Potřebný počet nástrojů na výrobní dávku} \quad Q_N = \frac{Q}{Q_T} \quad [ks] \quad (5.15)$$

Při výpočtu potřebného počtu nástrojů uvažujeme jednobřité nástroje.

Reálné hodnoty obrábění profilových tyčí získané simulací na CNC stroji:

Kohoutek	Strojní čas včetně výměny nástroje 3,45 min
Spoušť	Strojní čas včetně výměny nástroje 2,43 min
Zadržka zásobníku	Strojní čas včetně výměny nástroje 1,5 min

Jak lze vidět v přílohách 11 až 13, hodnoty teoreticky vypočtené jsou odlišné od hodnot získaných simulací. Je to dáno provozními podmínkami stroje, které nejsou do výpočtu zahrnuty. Při výpočtu maximálního možného počtu kusů vyrobených za rok (maximální výrobní kapacity) budeme vycházet z reálnějších hodnot získaných simulací na CNC stroji.

c) Technologie MIM

Výpočet pracovních podmínek bude složen z mechanické části procesu a části tepelně-chemické:

- Mechanická část - takt vstřikolisu: 27 s/ks při jednonásobné formě.
- Tepelně-chemická - čas nutný k odstranění pojiva: 360 min/vsázka,
 - čas nutný pro slinování: 120 min/vsázka,
 - čas nutný pro řízené chladnutí: 60 min/vsázka .

Hodnoty jsou uvedeny v návrhu TgP pro výrobu součástí metodou MIM v přílohách 14 až 16.

d) MIM kooperace

Jedná se o nákup, proto není potřeba stanovovat pracovní podmínky.

5 NÁVRH ALTERNATIVNÍCH PROGRESIVNÍCH NÁSTROJŮ

5.1 Současný sortiment nástrojů

Jelikož současná výroba všech tří komponent spočívá v obrábění na CNC strojích, tak i skladba nástrojů je orientována tímto směrem. Jedná se o nástroje frézovací a vrtací, popřípadě vystružovací. Většina nástrojů je nakupována od specializovaných firem, ovšem jsou zde i tvarové frézy, které je potřeba vyrobit na zakázku (výroba jazýčku u spouště). V další části je zpracován návrh možné obměny nástrojového portfolia.

5.2 Návrh možných změn v sortimentu nástrojů

Dalšího zvýšení produktivity lze docílit použitím povlakovaných řezných nástrojů. Ty ve většině případů umožňují zvýšení řezných podmínek, což má za následek snížení strojních časů, a zvýšení trvanlivosti a životnosti nástrojů. Také mohou vést ke zlepšení kvality povrchu obráběných součástí. V současné době nabízí řezné nástroje mnoho světových i domácích výrobců. Při výběru byly upřednostňovány firmy, se kterými je v současné době společnost CZUB v kontaktu. Jelikož je prodej nástrojů uskutečňován formou rabatu, jsou ceny jednotlivých nástrojů odlišné nejenom mezi prodávajícími firmami navzájem, ale i v rámci firem samotných. Cena každého nástroje se proto odvíjí od ročního obrátu zákazníka. Pro srovnání byly vybrány firmy Iscar, Sandvik Coromant a Seco. V tabulce 5.1 jsou uvedeny kromě cen a značení výrobců i doporučené řezné podmínky (v_c – řezná rychlost, a_p – šířka záběru ostří, f_n – posuv na otáčku) a v případě vícebřitých nástrojů počet zubů nástroje. Při výběru nástroje byla hlavním kritériem cena daného nástroje, neboť ostatní aspekty jednotlivých produktů byly velmi podobné.

Tab. 5.1 Výběr nástrojů (červeně je označena vybraná varianta nástroje).

Stopková monolitní fréza Ø 3,5 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	EC-A3 035-12C035E32	R216.32-03530-AC07P	553035Z3.0-SIRON-A
v_c [m·min ⁻¹]	110 – 150	150	155 - 195
a_{pmax} [mm]	12	7	9
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,01 – 0,04	0,041	0,028
Charakteristiky	Z = 3	Z = 2	Z = 3
Cena [Kč]	258,20	1 425	931

Stopková monolitní fréza Ø 4 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	EC-E3 04-12C04E50	R216.34-04045-AC11N	514041Z4.0-SIRON-A
v_c [m·min ⁻¹]	110 – 150	170	130 – 170
a_p [mm]	12	11	10
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,02 – 0,05	0,045	0,036
Charakteristiky	Z = 3	Z = 4	Z = 4
Cena [Kč]	272,20	1 635	248

Stopková monolitní fréza Ø 8 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	EC-E4L0818/26C08CF63	R216.24-08050BCC13P	553080Z3.3-SIRON-A
v_c [m·min ⁻¹]	160 – 220	170	155 – 195
a_p [mm]	18	13	18
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,03 – 0,09	0,055	0,076
Charakteristiky	Z = 4	Z = 4	Z = 3
Cena [Kč]	1 027,60	2 405	1 190

Stopková monolitní fréza Ø 10 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	EC-E4L1022/32C10CF72	R215.36-10050-AC22L	992100-SIRON-A
v_c [m·min ⁻¹]	160 – 220	170	130 - 170
a_p [mm]	22	22	20
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,03 – 0,10	0,070	0,05
Charakteristiky	Z = 4	Z = 6	Z = 4
Cena [Kč]	1 440,30	3 825	915

Fréza profilová Ø 10 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	HCM D10-A-L090-C10 VBD: HBR D100-QF	R216-10A16-050 VBD: R216-1002E	JS533100D1B.0Z3-SIRA
v_c [m·min ⁻¹]	135 - 165	185 - 250	130 – 170
a_p [mm]	1,5 – 5	8,6	20
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,08 – 0,15	0,125	0,05
Charakteristiky			Z = 3
Cena [Kč]	DRŽÁK – 2 603,20 VBD – 413,40	DRŽÁK – 7 045 VBD – 687	2 210

Fréza profilová Ø 12 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	HCM D12-B-L160-C20 VBD: HBR D120-QF	R216-12A20-045 VBD: R216-1202M	JS533120D1B.0Z3-SIRA
v_c [m·min ⁻¹]	135 - 165	185 - 250	130 – 170
a_p [mm]	2 – 6	10,8	24
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,08 – 0,15	0,140	0,06
Charakteristiky			Z = 3
Cena [Kč]	DRŽÁK – 6 350 VBD – 528	DRŽÁK – 7 045 VBD – 623	3 010

Fréza stopková čelní Ø 12 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	HM90 E90A-D12-1-C16 VBD: HM90 APKT 1003PDR	R390-012A16-11L VBD: R390-11 T3 08E-PL	R217.69 -1612.3-09-1AN VBD: XOMX090308TR- ME06 MP2500
v_c [m·min ⁻¹]	100 - 150	205 - 275	130 - 170
a_p [mm]	10	10	8
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,08 - 0,15	0,05 - 0,15	0,08 - 0,14
Charakteristiky	Z = 1	Z = 1	Z = 1
Cena [Kč]	DRŽÁK - 4 860 VBD - 325	DRŽÁK - 5 170 VBD - 459	DRŽÁK - 6 070 VBD - 331

Fréza kotoučová Ø 40 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	ETSD040-03-W16-LN08 VBD: LNET 081804-TN-N	R331.35-040A16CM060 VBD: N331.1A-04 35 05H-PL	R335.19 -1040.RE-04.2 VBD:SNHQ110202ER4- E05
v_c [m·min ⁻¹]	120 - 140	110 - 150	120 - 160
a_p [mm]	3	6	4
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,08	0,05 - 0,2	0,16 - 0,30
Charakteristiky	Z = 6	Z = 4	Z = 4
Cena [Kč]	DRŽÁK - 9 489,60 VBD - 248,50	DRŽÁK - 9 950 VBD - 359	DRŽÁK - 9 680 VBD - 462

Fréza kotoučová Ø 80 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	SGSF 80-2-22KR VBD: GSFN 2	330.20-080020-220 VBD: N151.2-200-5E	R335.10 -32080.3-02-6 VBD: 150.10-2.25N-14 CP600
v_c [m·min ⁻¹]	120 - 140	135 - 180	155 - 205
a_p [mm]	2	2	2,25
f_z [mm·ot ⁻¹]	0,08 - 0,15	0,05 - 0,2	0,14 - 0,22
Charakteristiky	Z = 8	Z = 8	Z = 6
Cena [Kč]	DRŽÁK - 12 294,3 VBD - 165,70	DRŽÁK - 15 145 VBD - 283	DRŽÁK - 20 700 VBD - 297

Vrták Ø 2,1 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	SCD 021-012-030 AP6	862.1-0210-017A1-GM	SD205A-2.1-12-4R1
v_c [m·min ⁻¹]	40 - 85	32 - 60	60 - 160
a_p [mm]	12,6	17	12
f_n [mm·ot ⁻¹]	0,07 - 0,17	0,06 - 0,08	0,07 - 0,12
Charakteristiky		Povlak mnohovrstvý z TiAlN	Povlak TiAlN + TiN
Cena [Kč]	733,60	3 530	2 060

Vrták Ø 3 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	SC D 030-014-060 AP3	R840-0300-30-A0A	SD203A-3.0-14-6R1
v_c [m·min ⁻¹]	70 – 90	40 – 80	60 – 160
a_p [mm]	14	13	14
f_n [mm·ot ⁻¹]	0,10 – 0,18	0,08 – 0,14	0,09 – 0,14
Charakteristiky		Vícevrstvý TiN/TiAlN	Povlak TiAlN + TiN
Cena [Kč]	763,30	1 890	442

Vrták Ø 3,1 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	SC D 031-014-060 AP3	R840-0310-30-A0A	SD203A-3.1-14-6R1
v_c [m·min ⁻¹]	70 – 90	40 – 80	60 – 160
a_p [mm]	14	13	14
f_n [mm·ot ⁻¹]	0,10 – 0,18	0,08 – 0,14	0,09 – 0,14
Charakteristiky		Vícevrstvý TiN/TiAlN	Povlak TiAlN + TiN
Cena [Kč]	763,30	1 890	442

Vrták Ø 6,8 mm	Iscar	Sandvik	Seco
Značení	SC D 068-024-080 AP3	R840-0680-30-A0A	SD203A-6.8-25-8R1
v_c [m·min ⁻¹]	70 – 90	40 - 80	60 – 160
a_p [mm]	24	22	25
f_n [mm·ot ⁻¹]	0,15 – 0,25	0,10 – 0,22	0,13 – 0,22
Charakteristiky		Vícevrstvý TiN/TiAlN	Povlak TiAlN + TiN
Cena [Kč]	1890	2 220	486

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

6.1 Výpočet základních technicko-ekonomických parametrů

Nejdříve je nutno stanovit maximální výrobní kapacitu jednotlivých technologií. Z nich se pak dále bude vycházet při dalších výpočtech pro následnou ekonomickou analýzu.

6.1.1 Maximální výrobní kapacita

Je nutné zjistit i maximální objem produkce, který je možno ročně vyrobit u jednotlivých technologií. U každé varianty je potřeba spočítat efektivní (využitelný) časový fond a pracnost jednoho kusu výrobku. Pokud jsou tyto hodnoty stanoveny, je možno vyčíslit výrobní kapacitu.

1) Původní technologie

Efektivní časový fond CNC původní technologie.

$$F_{ef} = (Fk - Fv - tz) \cdot s \cdot h \quad (6.1)$$

$$F_{efP} = (365 - 12 - 2) \cdot 22 = 7722 \text{ hod}$$

Pracnost jednotlivých součástí na CNC stroji (vychází se z firemních podkladů).

Je zde zohledněn strojní čas na CNC stroji včetně výměny nástroje.

$$\text{Kohoutek} \quad p_{kPK} = 7,72 \text{ min} = 0,129 \text{ hod}$$

$$\text{Spoušť} \quad p_{kPS} = 6,35 \text{ min} = 0,106 \text{ hod}$$

$$\text{Zádržka zásobníku} \quad p_{kPZ} = 4,45 \text{ min} = 0,074 \text{ hod}$$

Celková kapacitní pracnost všech plánovaných kusů na CNC.

$$P_k = \sum q_i \cdot p_{kPi} \quad (6.2)$$

$$P_{kP} = 70000 \cdot 0,129 + 70000 \cdot 0,106 + 70000 \cdot 0,074 = 21\,630 \text{ Nhod}$$

Potřebný počet výrobních CNC strojů.

$$a = \frac{P_k}{F_{ef}} \quad (6.3)$$

$$a_P = \frac{P_{kP}}{F_{efP}} = \frac{21630}{7722} = 2,801 \cong 3 \text{ CNC stroje}$$

Koeficient zatížení.

$$k_z = \frac{P_k}{F_{ef} \cdot a^0} = \frac{a}{a^0} \quad (6.4)$$

$$k_{zP} = \frac{a_P}{a_P^0} = \frac{2,801}{3} = 0,934 = 93,4 \%$$

Při použití 3 CNC strojů na výrobu těchto tří druhů součástí bude jejich využití 93,4 %. Zbylou rezervu je možno využít pro výrobu dalších typů součástí na CNC strojích.

2) Výroba z profilových tyčí

Efektivní časový fond CNC při výrobě z profilových tyčí.

Jelikož se jedná o podobné CNC stroje, budeme uvažovat stejnou dobu nutnou pro seřízení, opravy a údržby CNC stroje jako v předchozím případě.

$$F_{efT} = (365 - 12 - 2) \cdot 22 = 7722 \text{ hod}$$

Pracnost jednotlivých součástí na CNC stroji zjištěných ze simulace.

Kohoutek $p_{kTK} = 3,45 \text{ min} = 0,058 \text{ hod}$

Spoušť $p_{kTS} = 2,43 \text{ min} = 0,041 \text{ hod}$

Zádržka zásobníku $p_{kTZ} = 1,5 \text{ min} = 0,025 \text{ hod}$

Celková kapacitní pracnost všech plánovaných kusů na CNC.

$$P_{kT} = 70000 \cdot 0,058 + 70000 \cdot 0,041 + 70000 \cdot 0,025 = 8\,680 \text{ hod}$$

Potřebný počet výrobních CNC strojů.

$$a_T = \frac{P_{kT}}{F_{efT}} = \frac{8680}{7722} = 1,124 \cong 2 \text{ CNC stroje}$$

Koeficient zatížení.

$$k_{zT} = \frac{a_T}{a_T^0} = \frac{1,124}{2} = 0,562 = 56,2 \%$$

Vzniklá časová rezerva při uvažování 2 CNC strojů.

$$R_T = (1 - k_{zT}) \cdot 2 \cdot F_{efT} \quad (6.5)$$

$$R_T = (1 - 0,562) \cdot 2 \cdot 7722 = 6\,764 \text{ hod}$$

Jako v předešlém případě i zde je nutno zařadit do výrobního procesu této technologie další druhy součástí, čímž by se kompenzovala vzniklá rezerva ve výši 43,8 %.

Průměrná pracnost zkoumaných součástí při objemu výroby 70 000 kusů.

$$P_{kTP} = \frac{P_{kT}}{3} = \frac{8680}{3} = 2\,893,33 \text{ hod}$$

Počet dalších tvarově a rozměrově podobných součástí ke zvýšení využití pracoviště.

$$Q_{TD} = \frac{R_T}{P_{kTP}} \quad (6.6)$$

$$Q_{TD} = \frac{6764}{2893,33} = 2,34 \text{ druhů} \cong 2 \text{ druhy součástí}$$

Koeficient zatížení při 5 druzích vyráběných součástí.

$$k_{zT5} = \frac{P_{kT} + 2 \cdot P_{kTP}}{F_{efT} \cdot a_T^0} = \frac{8680 + 2 \cdot 2893,33}{7722 \cdot 2} = 0,937 = 93,7 \%$$

Přidáním dvou druhů rozměrově a tvarově podobných součástí o ročním objemu výroby 70 000 ks se zvýší využití CNC strojů na 93,7 %.

3) Technologie MIM

V tomto případě je nutno nalézt tzv. nejužší místo výrobního procesu. U každého pracoviště je nutno zohlednit kromě strojního času také čas přípravy pracoviště, manipulace s materiálem, přesunu mezi jednotlivými pracovišti a u slinování čas řízeného chlazení.

a) **Vstřikování**

Čas přípravný

$$t_{B11V1} = 20 \text{ min}$$

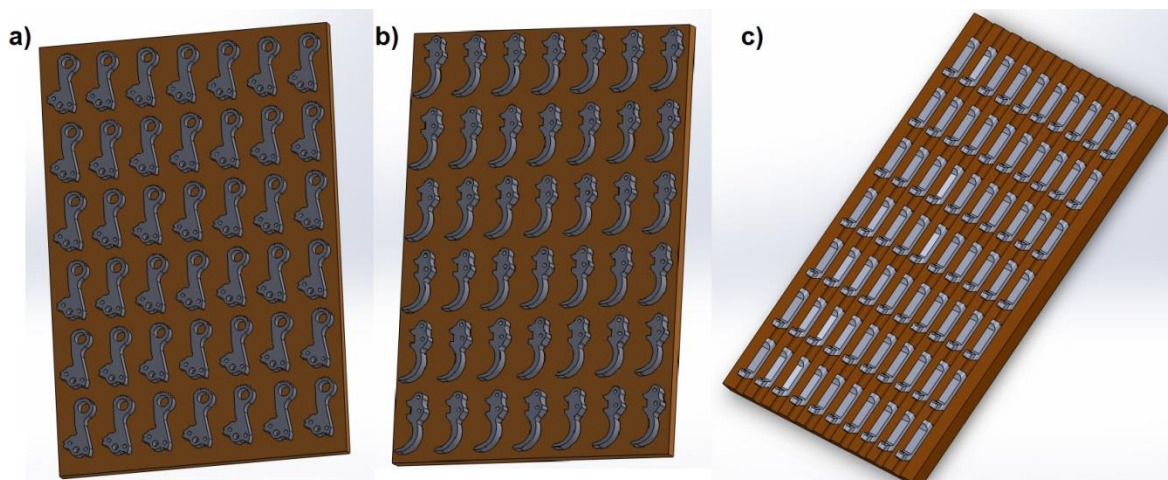
Čas manipulační

$$t_{B11V2} = 15 \text{ min}$$

Doba vstřikování 1 kusu

$$t_{ASV} = 27 \text{ s} = 0,45 \text{ min}$$

Při výpočtu strojního času jedné dávky lze vycházet z maximálního počtu kusů, které je možno umístit do slinovací pece, respektive pece na odstranění pojiva. Tento počet se již bude u jednotlivých kusů lišit. Nutno vzít v úvahu zvětšený objem součástí při vstřikování z důvodu konečného smrštění (14 % – 20 %). Jelikož součásti jsou po odstranění pojiva náchylné k možné degradaci, je nutno mezi nimi volit přiměřenou mezeru. Návrh možného rozmístění součástí na jedné podložce lze vidět na obrázku 6.1. Jak je z návrhu patrné, těleso zádržky nemá rovinnou plochu pro uložení. Proto musí mít podložka tvar s vybráním dle tvaru součástí.



a – rozmístění kohoutků, b – rozmístění spouští, c – rozmístění zádržek zásobníku.

Obr. 6.1 Návrh rozmístění jednotlivých součástí na podložkách.

Počet ks na jedné podložce – kohoutek. 42 ks (š. 6 x v. 7)

Počet ks na jedné podložce – spoušť. 42 ks (š. 6 x v. 7)

Počet ks na jedné podložce – zádržka. 70 ks (š. 10 x v. 7)

Max. počet podložek v jedné peci. 44 ks

Počet ks v jedné dávce – kohoutek. $Q_{DK} = 42 \cdot 44 = 1\,848 \text{ ks}$

Počet ks v jedné dávce – spoušť. $Q_{DS} = 42 \cdot 44 = 1\,848 \text{ ks}$

Počet ks v jedné dávce – zádržka. $Q_{DZ} = 70 \cdot 44 = 3\,080 \text{ ks}$

Doba vstřikování výrobní dávky.

$$t_V = t_{ASV} \cdot Q_D + t_{B11V1} + t_{B11V2} \quad (6.7)$$

Doba vstřikování výrobní dávky – kohoutek.

$$t_{VK} = 0,45 \cdot 1848 + 20 + 15 = 866,6 \text{ min}$$

Doba vstřikování výrobní dávky – spoušť.

$$t_{VS} = 0,45 \cdot 1848 + 20 + 15 = 866,6 \text{ min}$$

Doba vstřikování výrobní dávky – zádržka.

$$t_{VZ} = 0,45 \cdot 3080 + 20 + 15 = 1\,421 \text{ min}$$

b) Odstranění pojiva (Debinding)

Čas odstranění pojiva nezávisí na počtu kusů. Při katalytickém způsobu se tato hodnota liší dle velikosti a tvaru součásti. V tomto případě je čas potřebný k odstranění pojiva 360 min.

Čas přípravný	$t_{B11D1} = 40 \text{ min}$
Čas manipulační	$t_{B11D2} = 15 \text{ min}$
Čas přepravy	$t_{A721D} = 10 \text{ min}$
Doba odstranění pojiva 1 dávky	$t_{ASD} = 360 \text{ min}$

Doba debindingu výrobní dávky (pro všechny tři součástky stejná).

$$t_D = t_{ASD} + t_{B11D1} + t_{B11D2} + t_{A721D} \quad (6.8)$$

$$t_D = 360 + 40 + 15 + 10 = 425 \text{ min}$$

c) Slinování

Stejně jako při odstraňování pojiva nezáleží na počtu kusů. Ocel se slinuje po dobu 2 hodin a musí následovat řízené chladnutí v ochranné atmosféře.

Čas přípravný	$t_{B11S1} = 30 \text{ min}$
Čas manipulační	$t_{B11S2} = 15 \text{ min}$
Čas přepravy	$t_{A721S} = 10 \text{ min}$
Čas řízeného chladnutí	$t_{g7S} = 60 \text{ min}$
Doba slinování 1 dávky	$t_{ASS} = 120 \text{ min}$

Doba slinování výrobní dávky (pro všechny tři součástky stejná).

$$t_S = t_{ASS} + t_{B11S1} + t_{B11S2} + t_{A721S} + t_{g7S} \quad (6.9)$$

$$t_S = 120 + 30 + 15 + 10 + 60 = 235 \text{ min}$$

Jako úzké místo technologie MIM vychází vstřikovací proces, od jehož času se odvíjí čas potřebný k výrobě dávky. A protože jsou součásti rozměrově malé, doba potřebná pro naplnění všech 44 podnosů do pece je značná. Při výpočtu maximální výrobní kapacity proto budeme nadále počítat s dobou vstřikování jakožto rozhodujícím faktorem. Potřebný objem výroby jednotlivých součástí je 70 000 ks ročně. Jelikož se jedná o zavádění nové technologie do výrobního procesu, je nutno počítat s jistou počáteční zmetkovitostí. První rok se uvažuje zmetkovitost ve výši 10 %. Je tedy nutno vyrobit 77 000 ks každé součásti za rok. Protože součásti kohoutku a spouště mají stejný počet ks na jedné podložce, je možno výpočty sloučit.

Kohoutek a spoušť.

Počet ks v jedné dávce. $Q_{DK} = Q_{DS} = 1\,848 \text{ ks}$

Počet součástí při uvažované zmetkovitosti.

$$Q_{MK} = Q_{MS} = Q_K \cdot 1,1 = Q_S \cdot 1,1 = 70\,000 \cdot 1,1 = 77\,000 \text{ ks}$$

Doba výroby dávky v nejužším místě. $t_{VK} = t_{VS} = 866,6 \text{ min}$

Potřebný počet výrobních cyklů. $Q_{CK} = Q_{CS} = \frac{Q_{MK}}{Q_{DK}} = \frac{Q_{MS}}{Q_{DS}} = \frac{77\,000}{1\,848} = 41,667$

Počet součástí vyrobených ve 41 cyklech.

$$Q_{MK41} = Q_{MS41} = Q_{DK} \cdot 41 = Q_{DS} \cdot 41 = 1\,848 \cdot 41 = 75\,768 \text{ ks}$$

Doba potřebná k vykonání 41 cyklů.

$$t_{MK41} = t_{MS41} = t_{VK} \cdot 41 = t_{VS} \cdot 41 = 866,6 \cdot 41 = 35\,530,6 \text{ min}$$

Počet součástek v 42 cyklu.

$$Q_{MK42} = Q_{MS42} = Q_{MK} - Q_{MK41} = Q_{MS} - Q_{MS41} = 77\,000 - 75\,768 = 1\,232 \text{ ks}$$

Doba trvání 42 cyklu.

$$t_{MK42} = t_{MS42} = Q_{MK42} \cdot t_{ASV} + t_{B11V1} + t_{B11V2} = Q_{MS42} \cdot t_{ASV} + t_{B11V1} + t_{B11V2} \\ = 1\,232 \cdot 0,45 + 20 + 15 = 589,4 \text{ min}$$

Celková potřebná doba pro vyrobení požadovaného počtu kusů (třeba uvažovat, že po konci vstřikování musí následovat ještě procesy odstranění pojiva a slinování).

$$t_{MK} = t_{MS} = t_{MK41} + t_{MK42} + t_D + t_S = t_{MS41} + t_{MS42} + t_D + t_S \\ = 35\,530,6 + 589,4 + 425 + 235 = 36\,780 \text{ min}$$

Doba potřebná na výrobu 1 ks dané součástky.

$$t_M = \frac{t_{Msoučást}}{Q} \quad (6.10)$$

Doba potřebná na výrobu 1 ks kohoutku, nebo spouště.

$$t_{MK1} = t_{MS1} = \frac{t_{MK}}{Q_K} = \frac{t_{MS}}{Q_S} = \frac{36\,780}{70\,000} = 0,5254 \text{ min} = 0,00876 \text{ hod}$$

Zádržka

Počet ks v jedné dávce.

$$Q_{DZ} = 3\,080 \text{ ks}$$

Plánovaný roční objem výroby.

$$Q_{MZ} = Q_Z \cdot 1,1 = 70\,000 \cdot 1,1 = 77\,000 \text{ ks}$$

Doba výroby dávky v nejužším místě.

$$t_{VZ} = 1\,421 \text{ min}$$

Potřebný počet výrobních cyklů.

$$Q_{CZ} = \frac{Q_{MZ}}{Q_{DZ}} = \frac{77\,000}{3\,080} = 25 \text{ cyklů}$$

Celková potřebná doba pro vyrobení požadovaného počtu kusů.

$$t_{MZ} = t_{VZ} \cdot 25 + t_D + t_S = 1\,421 \cdot 25 + 425 + 235 = 36\,185 \text{ min}$$

Doba potřebná na výrobu 1 ks zádržky.

$$t_{MZ1} = \frac{t_{MZ}}{Q_Z} = \frac{36\,185}{70\,000} = 0,5169 \text{ min} = 0,00862 \text{ hod}$$

Nyní je možno vypočítat, za jak dlouho se vyrobí všechny tři druhy součástí.

$$t_{M3} = t_{MK} + t_{MS} + t_{MZ} = 36\,780 + 36\,780 + 36\,185 = 109\,745 \text{ min} = 1829,08 \text{ hod}$$

Při uvažování denního pracovního fondu 22 hodin budou kusy vyrobeny za dobu.

$$t_{M3D} = \frac{t_{M3}}{22} = \frac{1829,08}{22} = 83,14 \text{ dne} \cong 84 \text{ dnů}$$

Z důvodu využití kapacity pracoviště a navrácení původních investic by bylo nutné touto technologií vyrábět další součásti, popřípadě poskytnout možnost kooperace jiným firmám. V případě volby první možnosti by byl počet druhů součástí v ročním objemu produkce 77 000 ks následující.

Průměrná doba výroby součásti o počtu 77 000 kusů podobné velikosti jako vyšetřované díly.

$$t_{M1} = \frac{t_{M3}}{3} = \frac{109\,745}{3} = 36\,581,67 \text{ min} \cong 36\,600 \text{ min}$$

V roce 2013 je časový efektivní fond CZUB, a.s.

$$F_{efM} = (F_K - k - \check{r} - p) \cdot h = (365 - 12) \cdot 22 = 7\,766 \text{ hod} = 465\,960 \text{ min}$$

Počet druhů součástí vyrobitelných metodou MIM v podmínkách CZUB, a.s.

$$Q_M = \frac{F_{efM}}{t_{M1}} = \frac{465\,960}{36\,600} = 12,73115 \cong 12 \text{ druhů součástí}$$

Zbývá rezerva vyjádřená v čase volné kapacity.

$$R_M = 0,73115 \cdot t_{M1} = 0,73115 \cdot 36\,600 = 26\,760 \text{ min} = 446 \text{ hod}$$

Výrobní kapacita by byla vytížena při výrobě 12 druhů součástí o objemu výroby 70 000 kusů za rok (při uvažování 10% zmetkovitosti). Což se rovná 840 000 kusů za rok. Navíc by byla dostupná rezerva ve výši 446 hodin na možné výměny forem, problémy při výrobě, atd. Možnost preventivní údržby pece na odstranění pojiva a slinovací pece je možná v době mezi ukončením procesu vstřikování a odstranění pojiva, respektive odstranění pojiva a slinování, jak lze vidět v příloze 17.

4) Technologie MIM – kooperace

Poněvadž se nejedná o vlastní výrobu, ale o nákup hotových dílů, není možno stanovit maximální objem roční produkce. Počet hotových součástí se odvíjí od nákupu již hotových dílů od externích dodavatelů.

6.1.2 Celková doba výroby jednotlivých součástí

V technologických postupech výroby jednotlivých součástí nejsou ovšem obsaženy pouze operace obrábění na CNC, případně MIM. Při výpočtu celkové doby výroby je nutno zohlednit i zbylé výrobní operace, následné tepelné zpracování a finální povrchovou úpravu. Porovnání výrobních časů jednotlivých komponent zobrazují grafy na obrázcích 6.2 až 6.4.

1) Původní technologie

Zde se vychází z oficiálních zdrojů CZUB. V těchto časech jsou již zahrnuty všechny dílčí časy potřebné pro zhotovení součástí, včetně tepelného zpracování a povrchových úprav.

Kohoutek	$Nh_{PK} = 0,241 \text{ hod}$
Spoušť	$Nh_{PS} = 0,187 \text{ hod}$
Zádržka zásobníku	$Nh_{PZ} = 0,134 \text{ hod}$

2) Výroba z profilových tyčí

Je nutno připočíst k časům z CNC obrábění dodatečné obráběcí operace a následné tepelné zpracování a povrchové úpravy.

Tepelné zpracování.

U těchto součástí se jedná o kalení. Doba potřebná pro zpracování jedné výrobní dávky součástí takovýchto rozměrů se pohybuje kolem 120 minut. V jednom cyklu je možno kalit 400 kusů součástí. Průměrný čas potřebný na zpracování jedné součásti je tedy:

$$t_{TZ} = \frac{t_{DTZ}}{Q_{DTZ}} \quad (6.11)$$

$$t_{TZ} = \frac{120}{400} = 0,3 \text{ min} = 0,005 \text{ hod}$$

Omílání.

Součásti jsou omílány 20 minut při výrobní dávce 50 kusů.

$$t_o = \frac{t_{DO}}{Q_{DPO}} \quad (6.12)$$

$$t_o = \frac{20}{50} = 0,4 \text{ min} = 0,0067 \text{ hod}$$

Povrchové úpravy.

Součásti bývají nejčastěji lakovány, Mn-fosfátovány nebo černěny. Doba potřebná pro povrchovou úpravu jedné výrobní dávky součástí takovýchto rozměrů se pohybuje kolem 100 minut. V jednom cyklu je možno upravovat 400 kusů součástí. Průměrný čas potřebný na zpracování jedné součásti je tedy:

$$t_{PÚ} = \frac{t_{DPÚ}}{Q_{DPÚ}} \quad (6.13)$$

$$t_{PÚ} = \frac{100}{400} = 0,25 \text{ min} = 0,0042 \text{ hod}$$

Celkový čas potřebný pro výrobu jednoho kusu dané součásti, jsou zde zahrnuty veškeré časy dle technologického postupu.

$$Nh_T = p_{KT} + t_{TZ} + t_o + t_{PÚ} + t_{TD} \quad (6.14)$$

$$\text{Kohoutek} \quad Nh_{TK} = 0,058 + 0,005 + 0,0067 + 0,0042 + 0,066 = 0,140 \text{ hod}$$

$$\text{Spoušť} \quad Nh_{TS} = 0,041 + 0,005 + 0,0067 + 0,0042 + 0,051 = 0,108 \text{ hod}$$

$$\text{Zádržka zásobníku} \quad Nh_{TZ} = 0,025 + 0,005 + 0,0067 + 0,0042 + 0,043 = 0,084 \text{ hod}$$

3) Technologie MIM

I když tato technologie produkuje v podstatě hotové dílce, i zde je nutné následné tepelné zpracování a povrchová úprava. Pokud ještě přičteme dodatečné operace, celková doba výroby 1 kusu je v tomto případě.

$$Nh_M = t_{M1} + t_{TZ} + t_{PÚ} + t_{MD} \quad (6.15)$$

$$\text{Kohoutek} \quad Nh_{MK} = 0,00876 + 0,005 + 0,0042 + 0,033 = 0,051 \text{ hod}$$

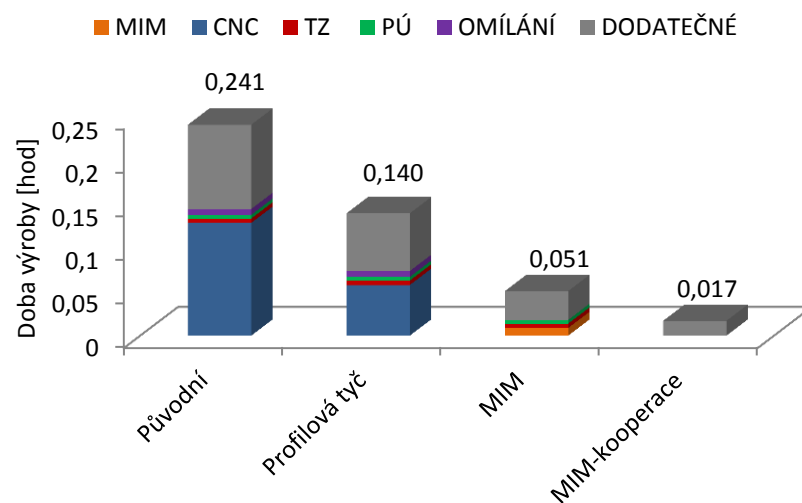
$$\text{Spoušť} \quad Nh_{MS} = 0,00876 + 0,005 + 0,0042 + 0,017 = 0,035 \text{ hod}$$

$$\text{Zádržka zásobníku} \quad Nh_{MZ} = 0,00862 + 0,005 + 0,0042 + 0,008 = 0,026 \text{ hod}$$

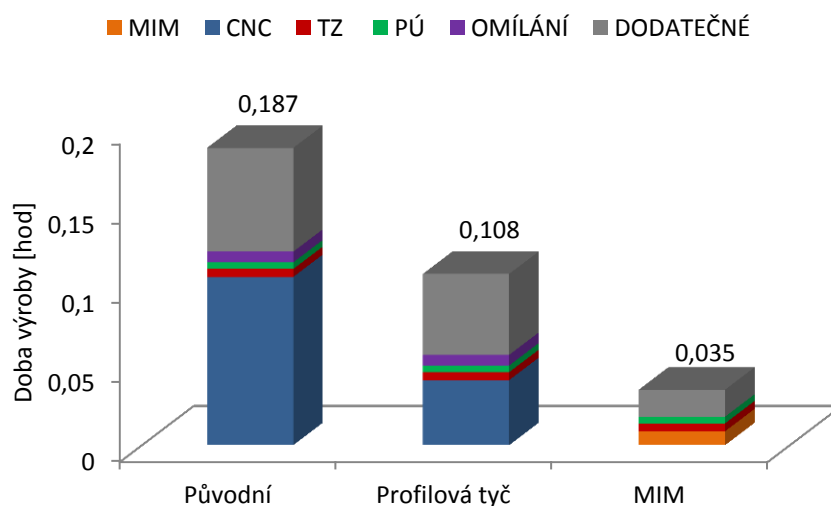
4) Technologie MIM – kooperace

Při realizaci nákupu by součásti byly již tepelně upraveny s provedenou finální povrchovou úpravou. Důvodem je snaha zajistit nedělitelnou odpovědnost za kvalitu hotového dílu a vyloučit tak případné reklamační spory. Výjimka nastane pouze u součásti kohoutku, jehož ozuby musí být lapovány. Tato operace by musela být provedena v podmínkách CZUB.

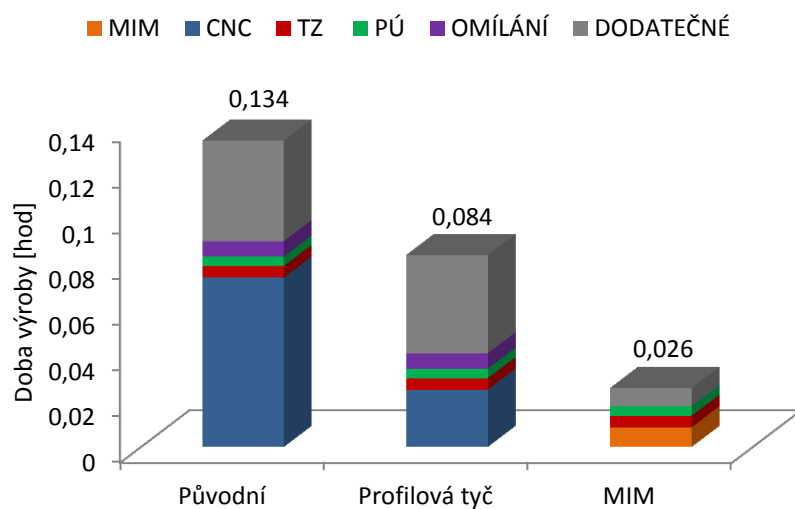
$$\text{Kohoutek} \quad Nh_{KK} = t_{KD} = 0,017 \text{ hod}$$



Obr. 6.2 Srovnání výrobních časů u jednotlivých technologií součásti kohoutku.



Obr. 6.3 Srovnání výrobních časů u jednotlivých technologií součásti spouště.



Obr. 6.4 Srovnání výrobních časů u jednotlivých technologií součásti zádržky zásobníku.

6.1.3 Náklady na jednotlivé technologie

Nákladová analýza se provede prostřednictvím kalkulačního vzorce užívaného ve společnosti CZUB (viz tab. 6.1), do něhož se dosadí potřebné hodnoty odpovídající jednotlivým posuzovaným součástem a druhům analyzovaných technologií. Výpočet těchto hodnot (jednicový materiál, jednicové mzdy a normohodiny) je následující.

1) Původní technologie

Pro nákladovou analýzu původní technologie se použijí hodnoty získané přímo od společnosti CZUB. Největší část nákladů se odvíjí od hodinové sazby CNC stroje, protože tato operace má největší časový podíl při výrobě jednotlivých dílů. Sazba stanovená ve firmě CZUB je 950 Kč/hod. K těmto vypočteným hodnotám je nutno přičíst ještě náklady na další operace technologického postupu.

2) Výroba z profilových tyčí

a) Náklady na zařízení

Cena CNC stroje včetně potřebného příslušenství	10 696 900 Kč
Přejímka stroje, balení, transport včetně pojištění, uvedení do provozu	1 000 000 Kč
Školení (programátoři + seřizovači)	155 000 Kč
Upínací zařízení	150 000 Kč

b) Náklady na materiál

Ceny profilových tyčí požadovaného tvaru z vhodného materiálu byly navrženy společností Osborn Metals. Jedná se o tyče délky 3 metry zhotovené z materiálu C60E (odpovídá oceli 12 061.3).

Kohoutek

Cena kilogramu tyče.	$C_{TK} = 180 \text{ Kč/kg}$	
Hmotnost tyče.	$m_{TK} = 7,65 \text{ kg}$	
Cena tyče.	$C_{Tyč} = C_T \cdot m_T$	(6.16)
	$C_{TyčK} = C_{TK} \cdot m_{TK} = 180 \cdot 7,65 = 1377 \text{ Kč}$	

Počet kusů z 1 tyče.	$Q_{TK} = 259 \text{ ks}$	
Náklady na 1 ks.	$N_T = \frac{C_{Tyč}}{Q_T}$	(6.17)
	$N_{TK} = \frac{C_{TyčK}}{Q_{TK}} = \frac{1377}{259} = 5,32 \text{ Kč}$	

Spoušť

Cena kilogramu tyče.	$C_{TS} = 258 \text{ Kč/kg}$	
Hmotnost tyče.	$m_{TS} = 5 \text{ kg}$	
Cena tyče.	$C_{TyčS} = C_{TS} \cdot m_{TS} = 258 \cdot 5 = 1290 \text{ Kč}$	
Počet kusů z 1 tyče.	$Q_{TS} = 259 \text{ ks}$	
Náklady na 1 ks.	$N_{TS} = \frac{C_{TyčS}}{Q_{TS}} = \frac{1290}{259} = 4,98 \text{ Kč}$	

Zádržka zásobníku

Cena kilogramu tyče. $C_{TZ} = 284 \text{ Kč/kg}$

Hmotnost tyče. $m_{TZ} = 1,48 \text{ kg}$

Cena tyče. $C_{TyčZ} = C_{TZ} \cdot m_{TZ} = 284 \cdot 1,48 = 420,3 \text{ Kč}$

Počet kusů z 1 tyče. $Q_{TZ} = 95 \text{ ks}$

Náklady na 1 ks. $N_{TZ} = \frac{C_{TyčZ}}{Q_{TZ}} = \frac{420,3}{95} = 4,42 \text{ Kč}$

c) Náklady na mzdy

Hlavním ukazatelem je doba potřebná na výrobu jedné součásti na CNC stroji vynásobená sazbou stroje. Celkové náklady na jednicové mzdy pro všechny potřebné operace u jednotlivých součástí jsou vypočteny v typovém kalkulačním vzorci dále (tab. 6.2 – 6.4).

3) Technologie MIM

a) Náklady na zařízení (zavedení výroby a první rok provozu)

Vstřikovací lis Arborg 320 C	2 705 000 Kč
Pec na odstranění pojiva Elnik CD 3045	3 250 000 Kč
Slinovací pec Elnik MIM 3045	14 050 000 Kč
Formy	1 400 000 Kč
Palety, přepravní zařízení, skladovací regály	2 000 000 Kč
Laboratoř, kontrola kvality (vybavení)	40 000 000 Kč
Laboratoř, kontrola kvality (provozní náklady)	13 700 000 Kč
Zavedení výroby + ztráty ze zmetků a vadné výroby	20 000 000 Kč

b) Náklady na materiál

U těchto výpočtů se vychází z objemu vylisku, který je zvětšený o 20 % oproti finální části. Použitý materiál MIM 4340 má měrnou hmotnost $\rho = 7500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dále se vypočte hmotnost jednoho vylisku. Cena výchozí suroviny je přibližně 750 Kč/kg.

Kohoutek

Objem vylisku. $V_V = V \cdot 1,2$ (6.18)

$$V_{VK} = V_K \cdot 1,2 = 1833 \cdot 1,2 = 2199,6 \text{ mm}^3 = 2,1996 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Hmotnost vylisku. $m_V = V_V \cdot \rho$ (6.19)

$$m_{VK} = V_{VK} \cdot \rho = 2,1996 \cdot 10^{-6} \cdot 7500 = 0,0165 \text{ kg} = 16,5 \text{ g}$$

Počet vylisků z 1 kg. $Q_V = \frac{1}{m_V}$ (6.20)

$$Q_{VK} = \frac{1}{m_{VK}} = \frac{1}{0,0165} = 60,6 \text{ ks}$$

Náklady na 1 ks. $N_M = C_{SUR} \cdot m_V$ (6.21)

$$N_{MK} = C_{SUR} \cdot m_{VK} = 750 \cdot 0,0165 = 12,38 \text{ Kč/ks}$$

Spoušť

Objem vylisku. $V_{VS} = V_S \cdot 1,2 = 1152 \cdot 1,2 = 1382,4 \text{ mm}^3 = 1,3824 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

Hmotnost vylisku. $m_{VS} = V_{VS} \cdot \rho = 1,3824 \cdot 10^{-6} \cdot 7500 = 0,0104 \text{ kg} = 10,4 \text{ g}$

Počet výlisků z 1 kg. $Q_{VS} = \frac{1}{m_{VS}} = \frac{1}{0,0104} = 96,1 \text{ ks}$

Náklady na 1 ks. $N_{MS} = C_{SUR} \cdot m_{VS} = 750 \cdot 0,0104 = 7,80 \text{ Kč/ks}$

Zádržka zásobníku

Objem výlisku. $V_{VZ} = V_Z \cdot 1,2 = 792 \cdot 1,2 = 950,4 \text{ mm}^3 = 0,9504 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

Hmotnost výlisku. $m_{VZ} = V_{VZ} \cdot \rho = 0,9504 \cdot 10^{-6} \cdot 7500 = 0,0072 \text{ kg} = 7,2 \text{ g}$

Počet výlisků z 1 kg. $Q_{VZ} = \frac{1}{m_{VZ}} = \frac{1}{0,0072} = 138,9 \text{ ks}$

Náklady na 1 ks. $N_{MZ} = C_{SUR} \cdot m_{VZ} = 750 \cdot 0,0072 = 5,40 \text{ Kč/ks}$

c) Náklady na mzdy

Tato metoda je natolik specifická, že vyžaduje širší úvahy ohledně počtu pracovníků a jejich mezd. Ke každému stroji (vstřikovací lis, pec na odstranění pojiva a slinovací pec) je nutno přiřadit jednoho dělníka, který jej bude obsluhovat. Dále je nutno uvažovat alespoň o jednom seřizovači ve směně, který se bude starat o plynulý chod celého procesu. Nakonec je nutno několik odborných pracovníků vykonávajících laboratorní práce. Mzda dělníka se uvažuje 150 Kč/hod, seřizovač 200 Kč/hod a odborného pracovníka 250 Kč/hod. Výpočet mzdy je tedy následující.

Pro zjednodušení situace vycházíme z předpokladu, že vždy se u stroje nachází obsluha (dělník), tedy časový fond stroje se rovná časovému fondu obsluhy.

$$F_S = F_D = (F_K - k - \check{r} - p) \cdot h = 353 \cdot 22 = 7\,766 \text{ hod/rok}$$

Je potřeba obsluhovat tři stroje.

$$F_{D3} = F_D \cdot 3 = 7\,766 \cdot 3 = 23\,298 \text{ hod/rok}$$

Hodinová mzda dělníka je 150 Kč, tudíž celkové náklady na přímé mzdy obsluhy.

$$PMZ_{MD} = F_{D3} \cdot S_D = 23\,298 \cdot 150 = 3\,494\,700 \text{ Kč}$$

Dále je nutno, aby z důvodu plynulé výroby byl na každé směně přítomen alespoň jeden seřizovač, který by v případě problémů mohl odstranit vzniklou závadu. Časový fond seřizovače se tedy bude rovnat časovému fondu stroje a obsluhy.

$$F_{SE\check{R}} = F_S = F_D = 353 \cdot 22 = 7\,766 \text{ hod/rok}$$

Hodinová mzda seřizovače je 200 Kč, tedy celkové náklady na přímé mzdy seřizovačů.

$$PMZ_{MSE\check{R}} = F_{SE\check{R}} \cdot S_{SE\check{R}} = 7\,766 \cdot 200 = 1\,553\,200 \text{ Kč}$$

Nakonec je nutno počítat s prací odborných pracovníků v laboratořích. Jelikož se jedná o složitý výrobní proces je potřeba alespoň tři pracovníků (jeden bude zkoumat vstupní surovinu, druhý průběh výrobního procesu a třetí vlastnosti finálního výrobku). Jejich časový fond bude nižší než obsluhy, či seřizovačů. Předpokládá se osmihodinová pracovní doba pouze ve všední dny (bez sobot a neděl). Zkrácený o dny státních svátků a dny řádné dovolené. Časový fond laboratorního pracovníka tedy bude.

$$F_{LAB} = (F_K - k - \check{r} - p) \cdot h = (365 - 113 - 20 - 0) \cdot 8 = 1\,856 \text{ hod/rok}$$

Uvažujeme 3 pracovníky.

$$F_{LAB3} = F_{LAB} \cdot 3 = 1\,856 \cdot 3 = 5\,568 \text{ hod/rok}$$

Hodinová mzda laboratorního pracovníka je 250 Kč, tedy celkové náklady na přímé mzdy těchto pracovníků jsou.

$$PMZ_{MLAB} = F_{LAB3} \cdot S_{LAB} = 5568 \cdot 250 = 1\,392\,000 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady na mzdy pracovníků u technologie MIM budou.

$$PMZ_M = PMZ_{MD} + PMZ_{MSE\check{R}} + PMZ_{MLAB} = 3494700 + 1553200 + 1392000 = 6\,439\,900 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} = \frac{6439900}{7766} = 829,24 \text{ Kč/hod}$$

Nyní můžeme stanovit mzdové náklady na jednotlivé součástky. Vycházíme z maximální výrobní kapacity technologie MIM zpracované v kapitole 6.1.3.

Kohoutek a spoušť – 70 000 kusů se vyrobí za 36 780 minut = 613 hodin.

Mzdové náklady na 1 kus dané součásti.

$$PMZ_{Msoučást} = \frac{PMZ_M \cdot t_{Msoučást}}{Q_{součásti}} \quad (6.22)$$

Mzdové náklady na 1 kus kohoutku a spouště tedy jsou.

$$PMZ_{MK} = PM_{MS} = \frac{PMZ_M \cdot t_{MK}}{Q_K} = \frac{PMZ_M \cdot t_{MS}}{Q_S} = \frac{829,24 \cdot 613}{70000} = 7,26 \text{ Kč/ks}$$

Zádržka zásobníku – 70 000 kusů se vyrobí za 36 185 minut = 603,08 hodin.

Mzdové náklady na 1 kus zádržky jsou.

$$PMZ_{MZ} = \frac{PMZ_M \cdot t_{MZ}}{Q_Z} = \frac{829,24 \cdot 603,08}{70000} = 7,14 \text{ Kč/kus}$$

4) Technologie MIM - kooperace

Při posuzování vhodnosti nákupu hotových dílů od externích dodavatelů se nevychází pouze z hmotností jednotlivých dílů. Je zohledněna také jejich konstrukční složitost a odebíraný objem kusů. Kromě nákladů za jednotlivé díly je třeba počítat i s cenou formy, která také bývá zahrnuta do celkových nákladů. Níže jsou uvedeny ceny zkoumaných dílů získané od společnosti VIBROM zabývající se touto technologií při ročním odebíraném množství 70 000 ks.

Kohoutek

Cena 1 díl.	$C_{KK} = 30,59 \text{ Kč}$
Cena formy.	$C_{FK} = 136\,100 \text{ Kč}$

Spoušť

Cena 1 díl.	$C_{KS} = 26,51 \text{ Kč}$
Cena formy.	$C_{FS} = 103\,200 \text{ Kč}$

Zádržku zásobníku

Cena 1 díl.	$C_{KZ} = 22,11 \text{ Kč}$
Cena formy.	$C_{FZ} = 95\,600 \text{ Kč}$

6.1.4 Typový kalkulační vzorec

Při výpočtu úplných vlastních nákladů se vychází z typového kalkulačního vzorce společnosti CZUB, a.s.

Tab. 6.1 Typový kalkulační vzorec CZUB, a.s.⁶⁵.

Číslo položky	Položka	Výpočet
1	Normohodiny (Nhod)	
2	Jednicový materiál (PM)	
3	Kooperace (K)	
4	Jednicové mzdy (PMZ)	Nhod · sazba dle operace
5	Sociální zabezpečení k jednicovým mzdám (SZ)	Jednicové mzdy · 34 %
6	Přímé náklady (PN)	2+3+4+5
7	Výrobní režie fixní (VRF)	Nhod · sazba VRF
8	Výrobní režie variabilní (VRV)	Nhod · sazba VRV
9	Vlastní náklady výroby (VNV)	6+7+8
10	Správní režie (SR)	Nhod · sazba SR
11	Úplné vlastní náklady (ÚVN)	9+10

V tabulce 6.2, 6.3 a 6.4 jsou uvedeny vypočtené hodnoty pro jednotlivé součásti při výrobě zkoumanými technologiemi. Hodnoty jsou uvedeny v Kč.

Tab. 6.2 Vypočtené hodnoty kalkulačního vzorce pro kohoutek.

Číslo položky	Položka	Současná technologie	Výroba z profilů	MIM	MIM kooperace
1	Nhod	0,241	0,140	0,051	0,017
2	PM	2,53	5,32	12,38	0
3	K	0	0	0	30,59
4	PMZ	18,06	11,20	7,26	3,40
5	SZ	6,14	3,81	2,47	1,16
6	PN	26,73	20,33	22,11	35,15
7	VRF	41,43	35,00	48,45	4,25
8	VRV	42,87	41,90	20,40	7,65
9	VNV	111,03	97,23	90,96	47,05
10	SR	69,16	40,60	14,79	4,93
11	ÚVN	180,19	137,83	105,75	51,98

Tab. 6.3 Vypočtené hodnoty kalkulačního vzorce pro spoušť.

Číslo položky	Položka	Současná technologie	Výroba z profilů	MIM	MIM kooperace
1	Nhod	0,187	0,108	0,035	0
2	PM	2,99	4,98	7,80	0
3	K	0	0	0	26,51
4	PMZ	14,58	8,64	7,26	0
5	SZ	4,96	2,94	2,47	0
6	PN	22,53	16,56	17,53	26,51
7	VRF	25,08	27,00	33,25	0
8	VRV	38,91	38,40	14,00	0
9	VNV	86,52	81,96	64,78	26,51
10	SR	53,68	31,32	10,15	0
11	ÚVN	140,20	113,28	74,93	26,51

Tab. 6.4 Vypočtené hodnoty kalkulačního vzorce pro zádržku zásobníku.

Číslo položky	Položka	Současná technologie	Výroba z profilů	MIM	MIM kooperace
1	Nhod	0,134	0,084	0,026	0
2	PM	0,93	4,42	5,40	0
3	K	0	0	0	22,11
4	PMZ	11,63	7,04	7,14	0
5	SZ	3,96	2,39	2,43	0
6	PN	16,52	13,85	14,97	22,11
7	VRF	41,58	21,00	24,70	0
8	VRV	42,17	35,20	10,40	0
9	VNV	100,27	70,05	50,07	22,11
10	SR	38,35	24,36	7,54	0
11	ÚVN	138,62	94,41	57,61	22,11

6.2 Srovnání jednotlivých metod

Pro následné porovnávání a vyhodnocení jednotlivých metod je nutné zjistit zbývající vstupní hodnoty, které můžeme dále roztrždit. Z pohledu získání potřebné nákladové funkce je nutné členění nákladů podle závislosti na změně objemu výroby. Základní stupnici tvoří náklady fixní (nezávisí na objemu výroby) a náklady variabilní (mění se s objemem výroby).

a) Původní technologie

Fixní náklady

Jedná se o položky výrobní režie fixní a správní režie z typového kalkulačního vzorce.

Fixní náklady na danou součást.

$$FN_P = (VRF_P + SR_P) \cdot Q_{\text{součásti}} \quad (6.23)$$

Fixní náklady na kohoutek.

$$FN_{PK} = (VRF_{PK} + SR_{PK}) \cdot Q_K = (41,43 + 69,16) \cdot 70000 = 7\,741\,300 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na spoušť.

$$FN_{PS} = (VRF_{PS} + SR_{PS}) \cdot Q_S = (25,08 + 53,68) \cdot 70000 = 5\,513\,200 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na zádržku zásobníku.

$$FN_{PZ} = (VRF_{PZ} + SR_{PZ}) \cdot Q_Z = (41,58 + 38,35) \cdot 70000 = 5\,595\,100 \text{ Kč}$$

Celkové fixní náklady na sadu součástí.

$$FN_P = FN_{PK} + FN_{PS} + FN_{PZ} \quad (6.24)$$

$$FN_P = 7741300 + 5513200 + 5595100 = 18\,849\,600 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady

Jedná se o náklady přímé navýšené o variabilní složku výrobní režie z kalkulačního vzorce.

Variabilní náklady na danou součást.

$$vn_P = PN_P + VRV_P \quad (6.25)$$

Variabilní náklady na kohoutek.

$$vn_{PK} = PN_{PK} + VRV_{PK} = 26,73 + 42,87 = 69,60 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na spoušť.

$$vn_{PS} = PN_{PS} + VRV_{PS} = 22,53 + 38,91 = 61,44 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na zádržku zásobníku.

$$vn_{PZ} = PN_{PZ} + VRV_{PZ} = 16,52 + 42,17 = 58,69 \text{ Kč}$$

Celkové variabilní náklady na sadu součástí

$$vn_P = vn_{PK} + vn_{PS} + vn_{PZ} \quad (6.26)$$

$$vn_P = 69,60 + 61,44 + 58,69 = 189,73 \text{ Kč}$$

b) Výroba z profilových tyčí*Fixní náklady*

CNC stroj – řadí se do druhé odpisové skupiny s dobou odpisování 5 let. Pro plánovaný roční objem výroby je potřeba zakoupení dvou CNC strojů. Při rovnoměrném odpisování jsou náklady.

$$FN_{TCNC} = 2 \cdot \frac{C_{CNC}}{5} = 2 \cdot \frac{10696900}{5} = 4\,278\,760 \text{ Kč}$$

Přejímka, balení, transport, pojištění, uvedení do provozu. Je nutno opět počítat s dvěma CNC stroji.

$$FN_{TP} = 2 \cdot 1000000 = 2\,000\,000 \text{ Kč}$$

Školení pracovníků (programátoři + seřizovači).

$$FN_{Tš} = 155\,000 \text{ Kč}$$

Upínací zařízení pro jednotlivé profily. (Uvažuje se ročně 5 druhů součástí, viz list 94).

$$FN_{TU} = 5 \cdot C_U = 5 \cdot 150\,000 = 750\,000 \text{ Kč}$$

Výrobní režie fixní a správní režie z typového kalkulačního vzorce.

Fixní náklady na kohoutek.

$$FN_{TK} = (VRF_{TK} + SR_{TK}) \cdot Q_K = (35 + 40,60) \cdot 70000 = 5\,292\,000 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na spoušť.

$$FN_{TS} = (VRF_{TS} + SR_{TS}) \cdot Q_S = (27 + 31,32) \cdot 70000 = 4\,082\,400 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na zádržku zásobníku.

$$FN_{TZ} = (VRF_{TZ} + SR_{TZ}) \cdot Q_Z = (21 + 24,36) \cdot 70000 = 3\,175\,200 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na zbylé 2 vyráběné součásti (průměr předcházejících fixních nákladů). Viz list 94 výpočet maximální výrobní kapacity vzorec 6.6.

$$FN_{T2} = 2 \cdot \frac{FN_{TK} + FN_{TS} + FN_{TZ}}{3} = 2 \cdot \frac{5292000 + 4082400 + 3175200}{3} = 8\,366\,400 \text{ Kč}$$

Celkové fixní náklady na sadu součástí.

$$\begin{aligned} FN_T &= FN_{TCNC} + FN_{TP} + FN_{Tš} + FN_{TU} + FN_{TK} + FN_{TS} + FN_{TZ} + FN_{T2} \\ &= 4278760 + 2000000 + 155000 + 750000 + 5292000 + 4082400 \\ &\quad + 3175200 + 8366400 = 28\,099\,760 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Variabilní náklady

Jedná se o náklady přímé navýšené o variabilní složku výrobní režie z kalkulačního vzorce.

Variabilní náklady na kohoutek.

$$vn_{TK} = PN_{TK} + VRV_{TK} = 20,33 + 41,90 = 62,23 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na spoušť.

$$vn_{TS} = PN_{TS} + VRV_{TS} = 16,56 + 38,40 = 54,96 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na zádržku zásobníku.

$$vn_{TZ} = PN_{TZ} + VRV_{TZ} = 13,85 + 35,20 = 49,05 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na zbylé 2 vyráběné součásti (průměr předcházejících fixních nákladů). Viz list 94 výpočet maximální výrobní kapacity vzorec 6.6.

$$vn_{T2} = 2 \cdot \frac{vn_{TK} + vn_{TS} + vn_{TZ}}{3} = 2 \cdot \frac{62,23 + 54,96 + 49,05}{3} = 110,83 \text{ Kč}$$

Celkové variabilní náklady na sadu součástí.

$$vn_T = vn_{TK} + vn_{TS} + vn_{TZ} + vn_{T2} = 62,23 + 54,96 + 49,05 + 110,83 = 277,07 \text{ Kč}$$

c) Technologie MIM

Fixní náklady

Vstříkovací lis – řadí se do druhé odpisové skupiny s dobou odpisování 5 let. Při rovnoměrném odpisování jsou náklady.

$$FN_{ML} = \frac{C_{LIS}}{5} = \frac{2705000}{5} = 541\,000 \text{ Kč}$$

Pec na odstranění pojiva – řadí se do druhé odpisové skupiny s dobou odpisování 5 let. Při rovnoměrném odpisování jsou náklady.

$$FN_{MPP} = \frac{C_{PP}}{5} = \frac{3250000}{5} = 650\,000 \text{ Kč}$$

Slinovací pec – řadí se do druhé odpisové skupiny s dobou odpisování 5 let. Při rovnoměrném odpisování jsou náklady.

$$FN_{MSP} = \frac{C_{SP}}{5} = \frac{14050000}{5} = 2\,810\,000 \text{ Kč}$$

Zařízení laboratoře – řadí se do druhé odpisové skupiny s dobou odpisování 5 let. Při rovnoměrném odpisování jsou náklady.

$$FN_{MZL} = \frac{C_{ZL}}{5} = \frac{40000000}{5} = 8\,000\,000 \text{ Kč}$$

Skladovací regály, palety, přepravní zařízení – řadí se do třetí odpisové skupiny s dobou odpisování 10 let.

$$FN_{MFS} = \frac{C_{SZ}}{10} = \frac{2000000}{10} = 200\,000 \text{ Kč}$$

Formy

$$FN_{MFL} = 1\,400\,000 \text{ Kč}$$

Provoz laboratoře.

$$FN_{MPL} = 13\,700\,000 \text{ Kč}$$

Náběh výroby, ztráty ze zmetků a vadné výroby.

$$FN_{MZAV} = 20\,000\,000 \text{ Kč}$$

Výrobní režie fixní a správní režie z typového kalkulačního vzorce.

Fixní náklady na kohoutek.

$$FN_{MK} = (VRF_{MK} + SR_{MK}) \cdot Q_K = (48,45 + 14,79) \cdot 70000 = 4\,426\,800 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na spoušť.

$$FN_{MS} = (VRF_{MS} + SR_{MS}) \cdot Q_S = (33,25 + 10,15) \cdot 70000 = 3\,038\,000 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na zádržku zásobníku.

$$FN_{MZ} = (VRF_{MZ} + SR_{MZ}) \cdot Q_Z = (24,70 + 7,54) \cdot 70000 = 2\,256\,800 \text{ Kč}$$

Předpokládaný objem produkce je ovšem 12 druhů součástí (viz list 98), fixní náklady na zbylých 9 druhů se dopočítá jako devítinásobek průměru předchozích tří druhů součástí.

$$FN_{M9} = 9 \cdot \frac{FN_{MK} + FN_{MS} + FN_{MZ}}{3} = 9 \cdot \frac{4426800 + 3038000 + 2256800}{3} = 29\,164\,800 \text{ Kč}$$

Celkové fixní náklady na sadu součástí.

$$\begin{aligned} FN_M &= FN_{ML} + FN_{MPP} + FN_{MSP} + FN_{MZL} + FN_{MFS} + FN_{MFL} + FN_{MPL} + FN_{MZAV} \\ &\quad + FN_{MK} + FN_{MS} + FN_{MZ} + FN_{M9} \\ &= 541000 + 650000 + 2810000 + 8000000 + 200000 + 1400000 \\ &\quad + 13700000 + 20000000 + 4426800 + 3038000 + 2256800 \\ &\quad + 29164800 = 86\,187\,400 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Variabilní náklady

Jedná se o náklady přímé navýšené o variabilní výrobní režii z kalkulačního vzorce.

Variabilní náklady na kohoutek.

$$vn_{MK} = PN_{MK} + VRV_{MK} = 22,11 + 20,40 = 42,51 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na spoušť.

$$vn_{MS} = PN_{MS} + VRV_{MS} = 17,53 + 14 = 31,53 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na zádržku zásobníku.

$$vn_{MZ} = PN_{MZ} + VRV_{MZ} = 14,97 + 10,40 = 25,37 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady zbylých 9 součástí (viz list 98).

$$vn_{M9} = 9 \cdot \frac{vn_{MK} + vn_{MS} + vn_{MZ}}{3} = 9 \cdot \frac{42,51 + 31,53 + 25,37}{3} = 298,23 \text{ Kč}$$

Celkové variabilní náklady na sadu součástí.

$$vn_M = vn_{MK} + vn_{MS} + vn_{MZ} + vn_{M9} = 42,51 + 31,53 + 25,37 + 298,23 = 397,64 \text{ Kč}$$

d) Technologie MIM – kooperace

Fixní náklady

Fixní náklady sestávají z cen forem jednotlivých součástí, správní režie a fixní složky výrobní režie.

Fixní náklady na kohoutek.

$$FN_{KK} = C_{FK} + (VRF_{MK} + SR_{MK}) \cdot Q_K = 136100 + (4,25 + 4,93) \cdot 70000 \\ = 778\,700 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na spoušť.

$$FN_{KS} = C_{FS} = 103\,200 \text{ Kč}$$

Fixní náklady na zádržku zásobníku.

$$FN_{KZ} = C_{FZ} = 95\,600 \text{ Kč}$$

Celkové fixní náklady na sadu součástí.

$$FN_K = FN_{KK} + FN_{KS} + FN_{KZ} = 778700 + 103200 + 95600 = 977\,500 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady

Variabilní náklady sestávají z přímých nákladů a variabilní složky výrobní režie.

Variabilní náklady na kohoutek.

$$vn_{KK} = PN_{KK} + VRV_{KK} = 35,15 + 7,65 = 42,80 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na spoušť.

$$vn_{KS} = C_{KS} = 26,51 \text{ Kč}$$

Variabilní náklady na zádržku zásobníku.

$$vn_{KZ} = C_{KZ} = 22,11 \text{ Kč}$$

Náklady na jednu sadu nakupovaných součástí.

$$vn_K = vn_{KK} + vn_{KS} + vn_{KZ} = 42,80 + 26,51 + 22,11 = 91,42 \text{ Kč}$$

6.2.1 Analýza bodu zvratu

Objem výroby, který odpovídá průsečíku přímky tržeb a přímky celkových nákladů se nazývá bod zvratu (také mrtvý bod, bod krytí nákladů, bod zisku, kritický bod rentability, anglicky break even point). Představuje objem výroby, při kterém se tržby rovnají celkovým nákladům. Tedy podnik již není ztrátový, ale ještě nedosahuje zisku. U analýzy se předpokládá neměnná cena výrobků, tržby jsou nejvýznamnější položka výnosů a je nutné rozdělení nákladů na variabilní a fixní složku⁶³.

Ceny jednotlivých součástí jsou následující.

Kohoutek	$C_K = 340 \text{ Kč}$
Spoušť	$C_S = 315 \text{ Kč}$
Zádržka zásobníku	$C_Z = 260 \text{ Kč}$

Jelikož se u jednotlivých variant zkoumaných technologií vyskytuje rozdílný počet druhů součástí vyrobených během jednoho roku, pro jejich plné kapacitní vytížení, je nutné spočítat průměrnou cenu. Následně se bude pracovat s vyšší ceny, dle předpokládaného objemu výroby.

Průměrná cena jedné součásti.

$$C = \frac{C_K + C_S + C_Z}{3} \tag{6.27}$$

$$C = \frac{340+315+260}{3} = 305 \text{ Kč}$$

Pro heterogenní (různorodou) výrobu, o kterou se jedná v našem případě, vycházíme z následujících rovnic.

Celkové náklady.

$$N = FN + VN \quad (6.28)$$

Variabilní náklady připadající na jednu korunu produkce (tržeb).

$$v^* = \frac{VN}{Q} \text{ nebo } v^* = \frac{vn}{c} \quad (6.29)$$

Potom celkové náklady.

$$N = FN + v^* \cdot Q \quad (6.30)$$

A hledaný bod zvratu pro heterogenní výrobu.

$$BZ = \frac{FN}{1-v^*} \quad (6.31)$$

Bod zvratu vyjádřený naturálně (v kusech).

$$BZ_N = \frac{BZ}{c} \quad (6.32)$$

Z předem zjištěných variabilních nákladů jednotlivých technologií musíme nejdříve vypočítat variabilní náklady připadající na jednu korunu produkce (tržeb).

Původní technologie.

$$v_P^* = \frac{vn_P}{3 \cdot C} = \frac{189,73}{3 \cdot 305} = 0,2074 \text{ Kč}$$

Výroba z profilových tyčí.

$$v_T^* = \frac{vn_T}{5 \cdot C} = \frac{277,07}{5 \cdot 305} = 0,1817 \text{ Kč}$$

Technologie MIM.

$$v_M^* = \frac{vn_M}{12 \cdot C} = \frac{397,64}{12 \cdot 305} = 0,1086 \text{ Kč}$$

MIM kooperace.

$$v_K^* = \frac{vn_K}{3 \cdot C} = \frac{91,42}{3 \cdot 305} = 0,0999 \text{ Kč}$$

Pokud známe fixní a variabilní složku nákladů u jednotlivých technologií, můžeme vyjádřit body zvratu.

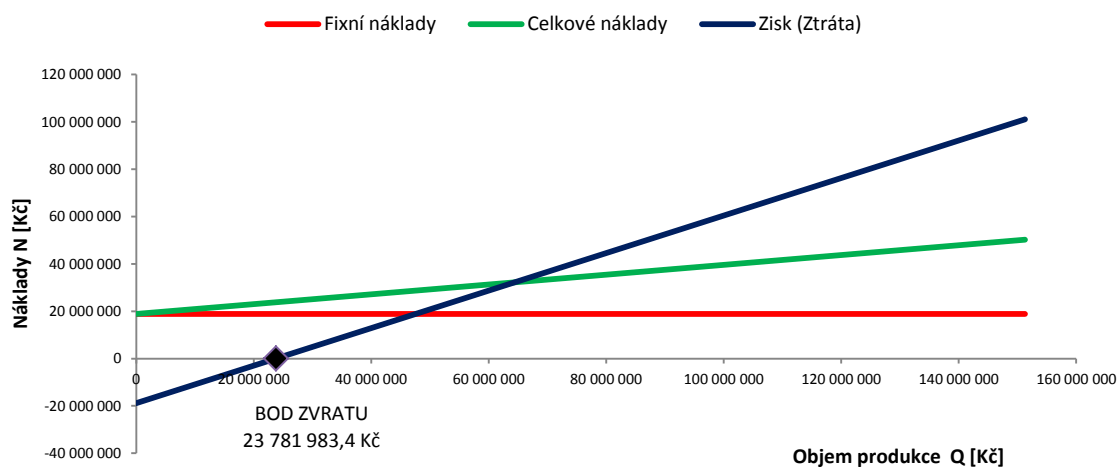
Bod zvratu původní technologie, vyjádřený hodnotově (obr. 6.5).

$$BZ_{HP} = \frac{FN_P}{1 - v_P^*} = \frac{18849600}{1 - 0,2074} = 23\,781\,983,4 \text{ Kč}$$

Bod zvratu původní technologie, vyjádřený naturálně.

$$BZ_{NP} = \frac{BZ_{HP}}{C} = \frac{23781983,4}{305} = 77\,973,72 \text{ ks} \cong 77\,974 \text{ ks}$$

Aby tato technologie nebyla ztrátová, musí být vyrobeny a prodány součásti odpovídající tržbám 23 781 983,4 Kč. Tyto tržby odpovídají 77 974 kusům součástí.



Obr. 6.5 Analýza bodu zvratu původní technologie.

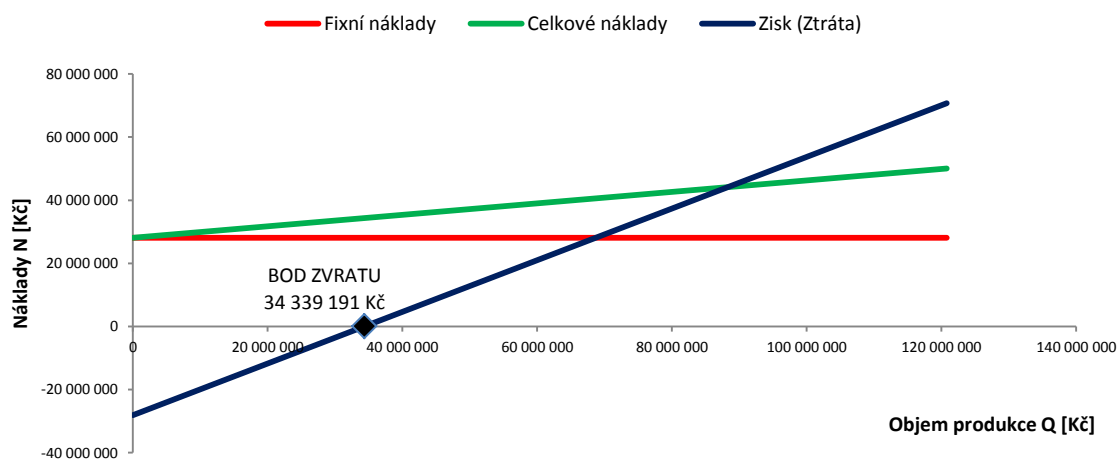
Bod zvratu technologie výroby z profilů, vyjádřený hodnotově (obr. 6.6).

$$BZ_{HT} = \frac{FN_T}{1 - v_T^*} = \frac{28099760}{1 - 0,1817} = 34\,339\,191 \text{ Kč}$$

Bod zvratu technologie výroby z profilů, vyjádřený naturálně.

$$BZ_{NT} = \frac{BZ_{HT}}{C} = \frac{34\,339\,191}{305} = 112\,587,51 \text{ ks} \cong 112\,588 \text{ ks}$$

Aby tato technologie nebyla ztrátová, musí být vyrobeny a prodány součásti odpovídající tržbám 34 339 191 Kč. Tyto tržby odpovídají 112 588 kusům součástí.



Obr. 6.6 Analýza bodu zvratu technologie výroby z profilových tyčí.

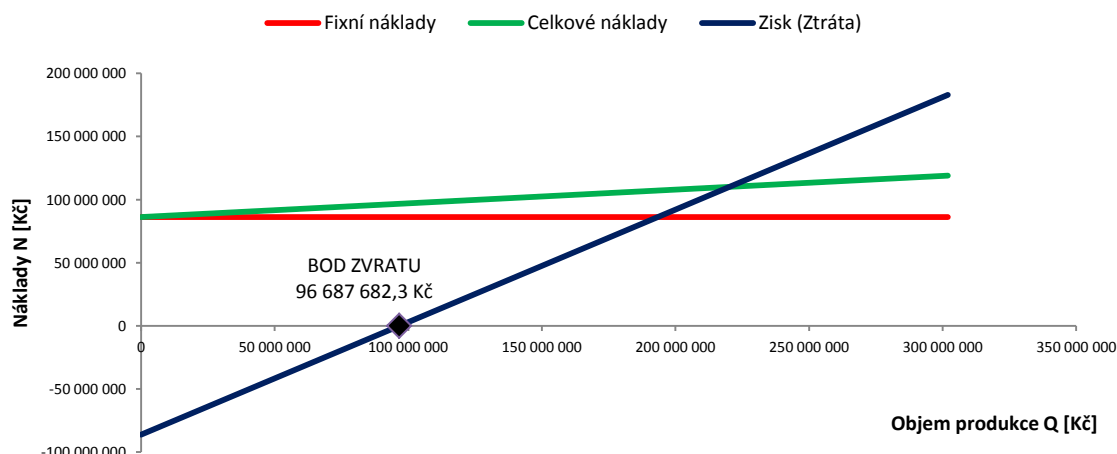
Bod zvratu MIM technologie, vyjádřený hodnotově (obr. 6.7).

$$BZ_{HM} = \frac{FN_M}{1 - v_M^*} = \frac{86187400}{1 - 0,1086} = 96\,687\,682,3 \text{ Kč}$$

Bod zvratu MIM technologie, vyjádřený naturálně.

$$BZ_{NM} = \frac{BZ_{HM}}{C} = \frac{96687682,3}{305} = 317\,008,8\,ks \cong 317\,009\,ks$$

Aby tato technologie nebyla ztrátová, musí být vyrobeny a prodány součásti odpovídající tržbám 96 687 682,3 Kč. Tyto tržby odpovídají 317 009 kusům součástí.



Obr. 6.7 Analýza bodu zvratu technologie MIM.

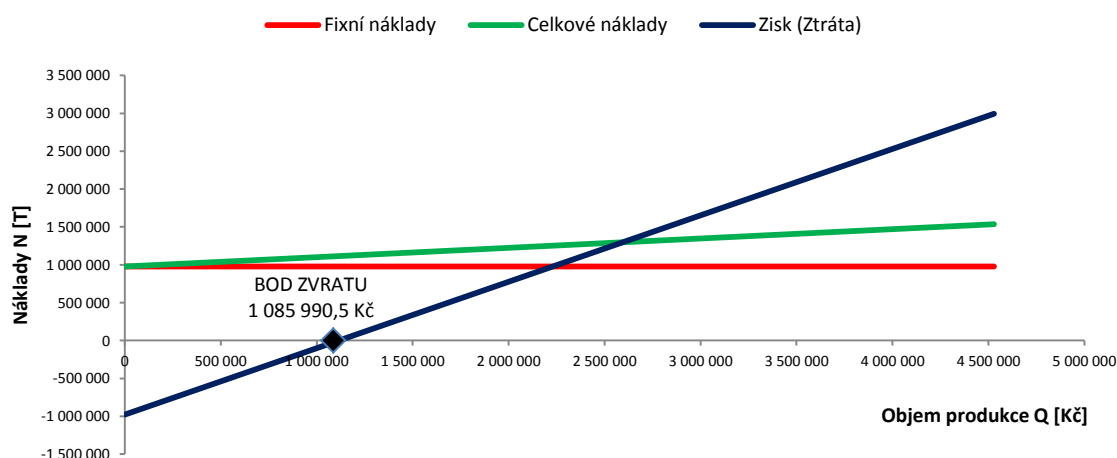
Bod zvratu MIM kooperace, vyjádřený hodnotově (obr. 6.8).

$$BZ_{HK} = \frac{FN_K}{1 - v_K^*} = \frac{977500}{1 - 0,0999} = 1\,085\,990,5\,Kč$$

Bod zvratu MIM kooperace, vyjádřený naturálně.

$$BZ_{NK} = \frac{BZ_{HK}}{C} = \frac{1085990,5}{305} = 3\,560,62\,ks \cong 3\,561\,ks$$

Aby tato technologie nebyla ztrátová, musí být vyrobeny a prodány součásti odpovídající tržbám 1 085 990,5 Kč. Tyto tržby odpovídají 3 561 kusům součástí.



Obr. 6.8 Analýza bodu zvratu nákupu MIM součástí.

6.2.2 Analýza nákladových funkcí

Při srovnání jednotlivých technologických variant vycházíme z jejich nákladových funkcí. Sestavení nákladové funkce jednotlivých technologií.

Nákladová funkce původní technologie.

$$N_P = FN_P + v_P^* \cdot Q_P = 18\,849\,600 + 0,2074 \cdot Q$$

Nákladová funkce technologie výroby z profilových tyčí.

$$N_T = FN_T + v_T^* \cdot Q_T = 28\,099\,760 + 0,1817 \cdot Q$$

Nákladová funkce technologie MIM.

$$N_M = FN_M + v_M^* \cdot Q_M = 86\,187\,400 + 0,1086 \cdot Q$$

Nákladová funkce pro MIM kooperaci

$$N_K = FN_K + v_K^* \cdot Q_K = 977\,500 + 0,0999 \cdot Q$$

Tyto nákladové funkce následně srovnáváme mezi sebou, čímž dostáváme objemy produkce, při kterých jsou stejně vysoké celkové náklady.

$$N_1 = N_2 \quad (6.33)$$

$$FN_1 + v_1^* \cdot Q_1 = FN_2 + v_2^* \cdot Q_2 \quad (6.34)$$

$$Q_{1,2} = \frac{FN_2 - FN_1}{v_1^* - v_2^*} \quad (6.35)$$

Srovnání původní technologie a výroby z profilových tyčí.

$$N_P = N_T$$

$$FN_P + v_P^* \cdot Q_P = FN_T + v_T^* \cdot Q_T$$

$$Q_{P,N} = \frac{FN_T - FN_P}{v_P^* - v_T^*} = \frac{28\,099\,760 - 18\,849\,600}{0,2074 - 0,1817} = 359\,928\,404,7 \text{ Kč}$$

Srovnání původní technologie a technologie MIM.

$$N_P = N_M$$

$$FN_P + v_P^* \cdot Q_P = FN_M + v_M^* \cdot Q_M$$

$$Q_{P,M} = \frac{FN_M - FN_P}{v_P^* - v_M^*} = \frac{86\,187\,400 - 18\,849\,600}{0,2074 - 0,1086} = 681\,556\,680,2 \text{ Kč}$$

Srovnání původní technologie a MIM kooperace.

$$N_P = N_K$$

$$FN_P + v_P^* \cdot Q_P = FN_K + v_K^* \cdot Q_K$$

$$Q_{P,K} = \frac{FN_K - FN_P}{v_P^* - v_K^*} = \frac{977\,500 - 18\,849\,600}{0,2074 - 0,0999} = -166\,252\,093 \text{ Kč}$$

Srovnání výroby z profilů a technologie MIM.

$$N_T = N_M$$

$$FN_T + v_T^* \cdot Q_T = FN_M + v_M^* \cdot Q_M$$

$$Q_{T,M} = \frac{FN_M - FN_T}{v_T^* - v_M^*} = \frac{86187400 - 28099760}{0,1817 - 0,1086} = 794\,632\,558,1 \text{ Kč}$$

Srovnání výroby z profilů a MIM kooperace.

$$N_T = N_K$$

$$FN_T + v_T^* \cdot Q_T = FN_K + v_K^* \cdot Q_K$$

$$Q_{T,M} = \frac{FN_K - FN_T}{v_T^* - v_K^*} = \frac{977500 - 28099760}{0,1817 - 0,0999} = -331\,567\,970,7 \text{ Kč}$$

Srovnání technologie MIM a MIM kooperace.

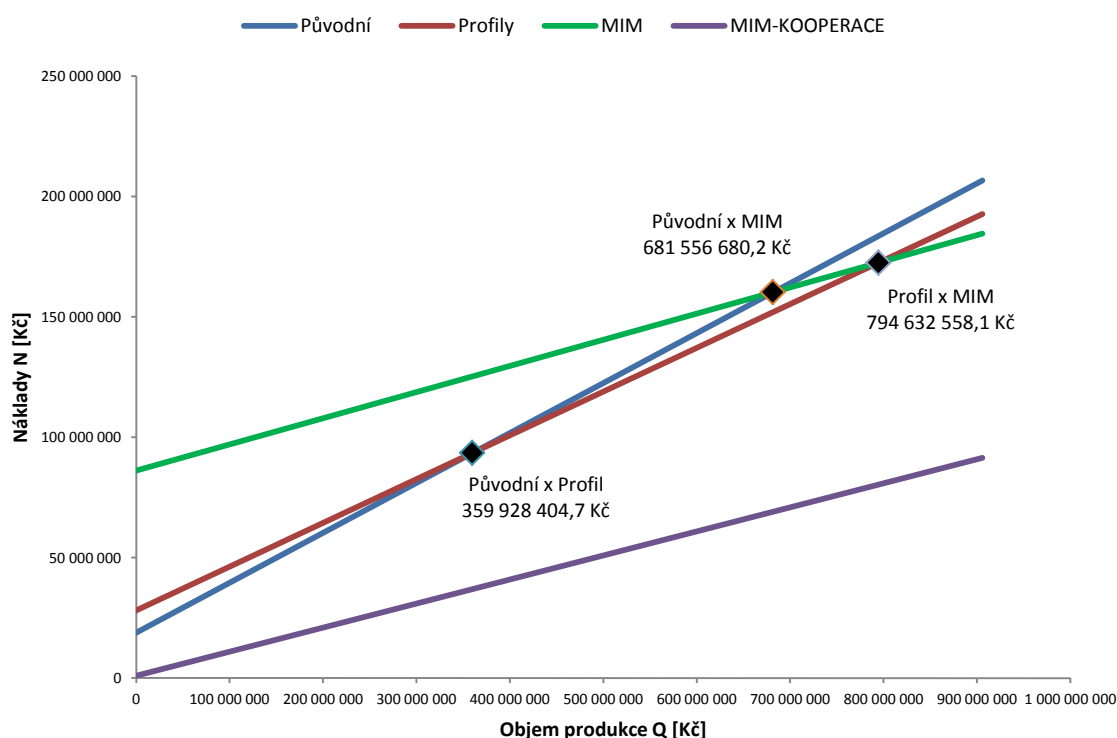
$$N_M = N_K$$

$$FN_M + v_M^* \cdot Q_M = FN_K + v_K^* \cdot Q_K$$

$$Q_{M,K} = \frac{FN_K - FN_M}{v_M^* - v_K^*} = \frac{977500 - 86187400}{0,1086 - 0,0999} = -9\,794\,241\,379 \text{ Kč}$$

Záporné hodnoty znamenají, že daná technologie má nižší složku jak fixních, tak i variabilních nákladů. Tudíž se jejich nákladové přímky nikdy neprotínají. A při jakémkoliv objemu produkce je výhodnější použít variantu s nižšími náklady (v tomto případě MIM kooperace).

Grafické porovnání nákladových funkcí (obr. 6.9).



Obr. 6.9 Analýza nákladových funkcí.

7 DISKUZE

Možnosti nových technologií

Při nákupu CNC strojů určených pro výrobu z profilových tyčí by bylo možno rozšířit jejich použití a produkci o další součásti nákupem upínacích segmentů dle tvaru vyráběné součásti. Tímto způsobem by bylo možno postupně rozšiřovat produkci nákupem nových CNC strojů s potřebným upínacím zařízením. Další možností by bylo zvýšit úroveň automatizace celého výrobního procesu. Jednalo by se o automatické upínání profilových tyčí ze zásobníku a přesun hotových součástí např. po pásovém dopravníku k dalšímu zpracování. Jelikož by se jednalo o výrobu vysoce automatizovanou, mohla by se do výrobního procesu zavést víceobsluha. Kdy by pracovník obsluhoval dva, popřípadě tři stroje, či více strojů.

V případě technologie MIM se jedná o eliminaci času úzkého místa, tedy vstřikovacího procesu. Na něm závisí celkový roční objem výroby, a proto v případě budoucího zavedení této technologie do výrobního provozu firmy by měla hlavní pozornost být zaměřena tímto směrem. Jako nejpříznivější možnost ke snížení pracnosti vstřikování je použití dvoudutinové formy. Tím by se doba připadající na vylisování jednoho kusu výlisku snížila téměř o polovinu. V případě dalšího zvyšování objemu výroby, by se požadavky na formu mohly různě upravovat. Doporučení výrobců MIM na počet dutin v závislosti na objemu výroby⁶⁴:

- pod 100 000 dílů za rok – 1 dutina,
- 50 000 – 250 000 dílů za rok – 2 dutiny,
- 250 000 – 500 000 dílů za rok – 4 dutiny,
- 500 000 – 1 000 000 dílů za rok – 8 dutin,
- 1 000 000 – 5 000 000 dílů za rok – 12 nebo 16 dutin.

Životnost formy se pohybuje od 100 000 do 2 000 000 cyklů v závislosti na druhu prášku a pojiva. Dále ji lze prodlužovat různými nátěrovými povlaky⁶⁴. Nebylo by tedy nutno přerušovat výrobu dílu z důvodu nutné opravy, či výměny formy před ukončením plánovaného objemu výroby. Stačilo by pouze jednou ročně formu opravit, či v případě poškození nechat vyhotovit formu novou. Další rozšíření této technologie v podniku spočívá ve vlastní výrobě vstupní suroviny. Podmínkou je dostatečné odladění stávající MIM technologie. Nebyla by tedy nutnost spoléhat na externí dodavatele. Samozřejmě by bylo nutné zvážit rozsah dalších investic na nákup potřebného zařízení a také rizik souvisejících s mícháním a granulováním prášků a pojiva. Samozřejmostí je stejně jako v případě profilových tyčí možná automatizace výrobního procesu. Kdy by přesun mezi jednotlivými fázemi výrobního procesu probíhal automatizovaně pomocí drah. Čímž by se počet dělníků operujících při této technologii mohl snížit ze tří na pouze jednoho.

Rizika nových technologií

Největším rizikem při výrobě z profilových tyčí jsou samotné tyče. Vady obsažené na povrchu jsou zjevné a mohou být případně odstraněny. Mnohem větší problém nastává u tvářených tyčí s defekty uvnitř polotovaru, které nejsou na první pohled patrné a nelze je tedy predikovat. Z tohoto pohledu může tyč obsahovat různé vměstky, dutiny, přeložky apod., které jsou pro proces obrábění nevyhovující. Je proto nutné, již při samotném objednávání polotovarů tento problém ošetřit s dodavatelem. Neboť dodání nekvalitního materiálu může ohrozit celou výrobní činnost dané součástky.

Technologie MIM se skládá z několika složitých výrobních procesů, z nichž nejkritičtější fází celého procesu je odstranění pojiva. Této etapě procesu je nutno věnovat zvýšenou pozornost, neboť zde dochází k několika chemickým reakcím a je zde největší pravděpodobnost vzniku defektu, či celkové degradace součástí. Není to ovšem jediná část procesu, na kterou se je nutno zaměřit. Slinování je rovněž problematický děj, při kterém dochází k pohybu atomů, jejich seskupování a následném smrštění dílce. Péče musí být věnována i procesu vstřikování. Z tohoto výčtu je patrné, že všechny procesy obsažené v této technologii musí být přesně řízeny a kontrolovány, aby nedocházelo k nežádoucím důsledkům.

Při nákupu hotových MIM dílů pomocí kooperace je jediné riziko v podobě nedodání dávky, pozdního dodání, či dodání nekvalitních součástí. Všechny tyto varianty musí být zabezpečeny již ve smlouvě s dodavatelskou firmou.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo posouzení možnosti racionalizace původní technologie výroby součástí kohoutek, spouště a zádržky zásobníku v podmínkách firmy Česká zbrojovka, a.s. a zhodnocení možnosti implementace nově zkoumaných technologií do výrobního procesu. To jak z technologického, tak z ekonomického hlediska. Z dosažených výsledků mohou být vyvozeny tyto závěry.

U každé z nově zkoumaných technologií je zjevný nárůst využití materiálu:

- u technologie MIM se jedná o 1500% zvýšení využití materiálu u tělesa spouště, o 1000 % u kohoutku a o 500 % u zádržky zásobníku oproti původní technologii,
- u výroby z profilů až o 720 % u tělesa spouště, o 470 % u kohoutku a o 200 % u zádržky zásobníku oproti původní technologii.

Dále u jednotlivých variant došlo ke snížení potřebného počtu výrobních operací potřebných ke zhotovení jednotlivých součástí.

Při současné technologické variantě je u dílu kohoutku zapotřebí 22 operací, u spouště 21 operací a u zádržky zásobníku je zapotřebí 10 operací. Nově vytvořené technologické postupy ukazují podstatné snížení počtu operací:

- při aplikaci technologie MIM je možno vyrábět kohoutek ve 12 operacích, spoušť v 15 operacích a zádržku zásobníku v 10 operacích,
- při výrobě z profilových tyčí se kohoutek vyrobí ve 12 operacích, spoušť v 15 operacích a zádržka zásobníku v 8 operacích.

Posledním zkoumaným jevem je čas nutný k výrobě jednoho kusu dané součásti a od toho se odvíjející maximální objem výroby. Při původní technologii byly časy potřebné ke zhotovení kohoutku 0,241 hod, spouště 0,187 hod a zádržky zásobníku 0,134 hod. Nově šetřené technologie zaznamenaly výrazný pokles:

- u technologie MIM byly časy některých součástí sníženy až pětinasobně. Čas výroby kohoutku se snížil na 0,051 hod, spouště na 0,035 hod a zádržky zásobníku na 0,026 hod.
- u výroby z profilových tyčí byl čas potřebný na zhotovení jednotlivých dílů téměř poloviční oproti původní technologii. Kdy čas výroby kohoutku byl 0,140 hod, spouště 0,108 hod a zádržky zásobníku 0,084 hod.

Z technologického hlediska by bylo prospěšné zařadit do výrobního procesu obě technologické varianty, neboť u obou se jedná o progresivní zvýšení výroby. Ať už v záležitostech využití materiálu, či respektive snížení výrobních časů a tím docílení zvýšené výrobní kapacity.

Ovšem je třeba brát v potaz i stránku ekonomickou. Body zvratu hovoří pro zavedení jednotlivých technologií do podniku. Neboť počet kusů, který je nutno vyrobit a prodat, aby podnik nebyl ve ztrátě je nižší, než výrobní kapacita jednotlivých technologií.

Při srovnání nákladových funkcí již převaha zavedení jednotlivých technologií do firmy CZUB není zcela jednoznačná. Při nahrazení původní technologie výrobou z profilů je nutné, aby roční objem výroby podniku vyjádřený v tržbách byl alespoň 359 928 404,7 Kč, což odpovídá 1 180 094 kusů součástí tvarově a rozměrově se podobajícím zkoumaným součástem. Je tedy zřejmé, že pro dosažení tohoto počtu by bylo nutno

vyrábět ne 3 druhy součástí, ale v tomto případě alespoň 17 druhů o objemu výroby 70 000 ks/rok. Toho by mohlo být docíleno zakoupením 7 CNC strojů s potřebným příslušenstvím. Neboť daný roční objem výroby pěti tvarově a rozměrově podobných součástí lze uskutečnit na 2 CNC strojích.

U technologie MIM je situace ještě komplikovanější. Jak již bylo zmiňováno v průběhu práce, tato technologie je vhodná pro výrobu velkého počtu součástí malých rozměrů a složitých tvarů. Pro nahrazení původní technologie touto technologií je nutný roční objem produkce v tržbách 681 556 680,2 Kč, což vyjadřuje 2 234 613 kusů součástí ročně. Při použití dvoudílné formy, odladění výrobního procesu a plně automatizované výrobě by bylo možno zvýšení ze současných 840 000 kusů součástí za rok na 2 000 000 kusů za rok. Případné navýšení by mohlo být uskutečněno použitím vícenásobné formy, či zakoupením dalších strojů.

Z ekonomického hlediska lze doporučit variantu nákupu dílů kooperací. Nejedná se však o reálnou výrobu. Součásti by byly nakupovány již ve finálním stavu (kromě kohoutku, u něhož by musely být lapovány ozuby). U této varianty není nutnost nákupu strojů, což je hlavní důvod nejnižších jak fixních, tak variabilních nákladů a tím pádem i jasné ekonomické převahy v porovnání s ostatními technologickými variantami.

Z dosažených výsledků lze konstatovat, že jako jediná jak technologicky, tak ekonomicky reálná varianta náhrady původní technologie pro tyto tři druhy součástí se jeví nákup dílů MIM kooperací. Z důvodu nejnižších nákladů ji lze akceptovat i narůstajícím objemem výroby. V případě zavedení výroby z profilových tyčí by bylo nutné ke stávajícím zkoumaným třem druhům součástí připojit ještě minimálně dalších 14 tvarově a rozměrově podobných dílů, aby varianta mohla ekonomicky nahradit původní technologii. Implementace technologie MIM do výrobních podmínek firmy by byla ekonomicky reálná, pokud by do tohoto výrobního procesu bylo nashromážděno alespoň 32 druhů součástí o ročním objemu výroby 70 000 ks/rok, v tomto případě by bylo možno nahrazení původní technologie technologií MIM. Jelikož portfolio firmy CZUB nezahrnuje pouze jeden typ zbraní, ale jsou zde kromě krátkých i dlouhé zbraně, bylo by reálné k současným zkoumaným třem druhům dílů nalézt další, čímž by se zvýšila pravděpodobnost realizace některých ze zkoumaných technologických variant.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. CZUB. *Prezentace firmy CZUB*. Prezentace. [vid. 10.10.2012].
2. CZUB [online]. [vid. 12.10.2012]. Dostupné z: www.czub.cz
3. *Zbrojovka Brno* [online]. [vid. 14.10.2012]. Dostupné z: www.zbrojovka-brno.cz
4. CZ_USA [online]. [vid. 12.10.2012]. Dostupné z: www.cz-usa.com
5. CZCUSTOM [online]. [vid. 8.10.2012]. Dostupné z: <http://czcustom.com/cz-factory-extractors.aspx>
6. *Kora Brno* [online]. [vid. 14.10.2012]. Dostupné z: www.korabrno.cz
7. FRENZL, Jiří. *Ruční palné zbraně*. 3. vyd. Zlín: Print Centrum, a.s., 1996. 223 s.
8. SOUČEK, František. *Technologie II. Učebního oboru puškař*. 1996. 148 s.
9. KŘÍBEK, Jan. *Střelné zbraně I. část*. 2. vyd. Brno: PC-DIR spol. s.r.o., 1995. 147 s. ISBN 80-85895-08-0.
10. KŘÍBEK, Jan. *Střelné zbraně II. část*. 2. vyd. Brno: PC-DIR spol. s.r.o., 1995. 147 s. ISBN 80-85895-09-9.
11. LIDMILA Zdeněk, LUKEŠ Jan, SVOBODA Emil. *Strojírenská technologie II: Technologie ve výrobě zbraní a munice*. 1. vyd. Brno: VA, 1999. 159 s.
12. JANKOVÝCH, R. *Hlavňové zbraně a střelivo*. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012. 115 s. ISBN 978-80-260-2384-5.
13. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 8021430680.
14. SANDVIK COROMANT. *Průručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Praha: Scientia, c1997. 1 sv. (různé stránkování). [PŘELOŽIL MIROSLAV KUDELA]. ISBN 91-972299-4-6.
15. HUMÁR, Anton. *Technologie I. Technologie obrábění – 1. část* [online]. [vid. 15.10.2012]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 138 s. Dostupné z: http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/Vyrobnitechnologie_I.pdf
16. HUMÁR, Anton. *Technologie I. Technologie obrábění – 2. část* [online]. [vid. 16.10.2012]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 95 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
17. DVOŘÁK, Milan et al. *Technologie II*. 3. dopl. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 238 s. ISBN 8021426837.
18. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
19. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980. 213 s.

20. HORÁČEK, Milan. *Rozměrová přesnost odlitků vyráběných metodou vytavitelného modelu* [online]. [vid. 18.10.2012]. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 92 s. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/slevarenstvi/download/technologie-vytavitelneho-modelu.pdf>
21. JANKOVÝCH, R. *Hlavní palné zbraně*. Přednáška [vid. 18.10.2012].
22. BOTEK USA, INC. [online]. [vid. 18.10.2012]. Dostupné z: <http://www.botekusa.com/>
23. SABRI, L., EL MANSORI, M. Process variability in honing of cylinder liner with vitrified bonded diamond tools. *Surface and Coating Technology*. 204 (2009). pp. 1046-1050. ISSN 0257-8972.
24. MÁDL, J., KAFKA, J., VRABEC, M., DVOŘÁK, R. *Technologie obrábění: 3. díl*. Praha: ČVUT, 2000. 79 s. ISBN 80-010-2091-6.
25. HUMÁR, Anton. *Technologie I. Technologie obrábění – 3. část* [online]. [vid. 16.10.2012]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf
26. SPOLMONT. *Technologie tryskání* [online]. [vid. 5.11.2012]. Dostupné z: http://www.spolmont.cz/technologie/technologie-tryskani_cz.html
27. HUMÁR, Anton. *VÝROBNÍ TECHNOLOGIE II* [online]. [vid. 8.11.2012]. Bakalářské kombinované studium-cvt. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 84 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/VyrobníTechnologie_II.pdf
28. ZOZEI. *Frézování rovinných ploch* [online]. [vid. 22.11.2012]. Dostupné z: <http://zozei.sssebrno.cz/frezovani-rovinnych-ploch/>
29. SANDVIK. *Poloha frézy vůči obrobku* [online]. [vid. 22.11.2012]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/milling/getting_started/general_guidelines/cutter_position/pages/default.aspx
30. MACHINING [online]. [vid. 25.11.2012]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/machining>
31. BARTOŠ, L. *Učebnice Technologie Obrábění* [online]. Učivo druhého ročníku prvního pololetí. [vid. 27.11.2012]. Lipová- Lázně, Odborné učiliště a praktická škola, 2008. 84 s. Dostupné z: <http://oulipova.cz/vyuka/strojari/Obrabeni.pdf>
32. PROSIND. *Double side lapping* [online]. [vid. 29.11.2012]. Dostupné z: <http://www.specializedlapping.com.au/>
33. ČSN 39 5005. *Zkoušení civilních palných zbraní*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 28 s. Třídící znak 395005.
34. Česká zbrojovka a.s., *Uherský Brod-Yearbook 2010*. Praha: Pražská vydavatelská společnost s.r.o. First Edition, © 2010. 68 s. ISBN: 978-80-7250-510-4.
35. *Ročenka České zbrojovky Uherský Brod 2007*. Praha: Pražská vydavatelská společnost s.r.o. První vydání, © 2007. 100 s. ISBN: 978-80-7250-358-2.

36. GKN. *MIM-Technologie* [online]. [vid. 30.11.2012]. Dostupné z: <http://www.gkn.com/sintermetals/media/Brochures%20Library/Capabilities%20%20Metal%20Injection%20Moulding/GKN%20MIM%20Technologie%20GER.pdf>
37. TŮMA, Tomáš. *MIM technologie*. Praha, 2006. Diplomová práce. České učení v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí diplomové práce Ing. Aleš Herman, Ph.D.
38. KRATKY, A., SCHUÖCKER, D., Válcování profilů s podporou laseru. In: *MM Průmyslové spektrum*. 2010, č.6, s.70. ISSN 1212-2572.
39. LENFELD, P. *Technologie II* [online]. [vid. 8.12.2012]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/
40. INOVAR COMMUNICATIONS. *Metal injection moulding (MIM), Ceramic injection molding (CIM): An introduction* [online]. [vid. 8.12.2012]. Dostupné z: <http://www.pim-international.com/aboutpim>
41. EPMA. *Metal injection moulding* [online]. [vid. 9.12.2012]. Dostupné z: http://www.prontoplast.ch/doku/epma_metal_injection_moulding.pdf
42. ŘASA, J., KEREČANINOVÁ, Z. Nekonvenční metody obrábění – 5.díl. In: *MM Průmyslové spektrum*. 2008. č.5, s.68. ISSN 1212-2572.
43. SHOPRUGER. *Cocobolo Engraved Checkered Grips* [online]. [vid. 10.12.2012]. Dostupné z: <http://shopruger.com/SR1911-Cocobolo-Engraved-Checkered-Grips/productinfo/19854/>
44. WIKIPEDIA – FREE ENCYKLOPEDIA. *Wire erosion* [online]. [vid. 29.12.2012]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wire_erosion.png
45. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 8021419962.
46. FIREARMSID. *Rifling* [online]. [vid. 9.1.2013]. Dostupné z: http://www.firearmsid.com/A_bulletIDrifling.htm
47. NOVÁK, J., ŠLAMPOVÁ P. *Racionalizace výroby* [online]. Učební text. [vid. 9.1.2013]. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 75 s. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>
48. KŘÍŽ, Rudolf a Josef TRČKA. *Tabulky materiálů pro strojírenství I: část kovové materiály - železné kovy*. 1. vyd. Ostrava: Montanex, 1999, 349 s. ISBN 8085780925.
49. FIREARMS HISTORY, TECHNOLOGY & DEVELOPMENT. *Rifling: Manufacturing: Hammer Forged Rifling* [online]. [vid. 18.1.2013]. Dostupné na World <http://firearmshistory.blogspot.cz/2010/05/rifling-manufacturing-hammer-forged.html>
50. *Lapping a rifle barrel* [online]. [vid. 18.1.2013]. Dostupné z: http://www.shootingtimes.com/2010/09/23/gunsmithing_st_lappingbarrel_200805/
51. INDOMETAL. *Product Highlights* [online]. [vid. 28.1.2013]. Dostupné z: <http://www.indometal.net/product-highlights.html?letter=S>

52. *Extrusion profiles* [online]. [vid. 28.1.2013]. Dostupné z: <http://www.forum1923.com/ekstruder-kalip-tasarimi-t5064p2.html?s=a03d9a7047f872bdfbfe1386d546b72bb&s=61d6066441fa8c524b07fbc1edcef2a&s=a03e9cbc405418ad79d00abb8eb79876&>
53. ZEMČÍK, O. *Technologické procesy část obrábění* [online]. Učební texty kombinovaného bakalářského studia. [vid. 29.1.2013]. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 54 s. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf>
54. *Protahování a protlačování* [online]. [vid. 30.1.2013]. Dostupné z: www.isstvm.cz/info/st_mater/ZAV/Protah_protlac.doc
55. INDO-MIM. *MIM Material Properties* [online]. [vid. 5.2.2013]. Dostupné z: http://www.indo-mim.com/pdf/mim_materials_leaflet.pdf
56. CORNWALL, R., GERMAN, R., M. Think bigger! The future is bright for MIM. *Metal Powder Report*. 59 (2004). pp 8-11. ISSN 0026-0657.
57. CHIRON. *Technical data*. Katalog [online]. [vid. 10.2.2013]. Dostupné z: http://www.chiron.de/fileadmin/pdf/baureihen_neu/englisch/br12/BR12_2012-01_data_sheet_EN.pdf
58. GONZÁLEZ-GUTIÉRREZ, J., STRINGARI, B., G., EMRI, I. Powder Injection Molding of Metals and Ceramic Parts. *Injection Molding*. 2012, 270 s. ISBN 978 953 51 029 7.
59. GERMAN, R., M., BOSE, A. *Injection molding of metals and ceramics*. Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1997, 413 s. ISBN 1-878-954-61-X.
60. Marčíková, Helena. *Vývoj polymerního pojiva pro vysoce plněné směsi s keramickým práškem*. Zlín, 2010. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav fyziky a materiálního inženýrství. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
61. ARBURG. *Vstřikovací stroje* [online]. [vid. 24.3.2013]. Dostupné z: <http://www.arburg.com/cs/cz/quick-access-navigation-cz/vstrikovaci-stroje/>>
62. ELNIK. *Furnaces*. Katalog [online]. [vid. 24.3.2013]. Dostupné z: <http://www.elnik.com/Brochures.htm>
63. SYNEK, Miloslav et al. *Manažerská ekonomika*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. 452 s. ISBN 9788024719924.
64. SMITH METAL PRODUCT. *A DESIGN GUIDE FOR MIM-METAL INJECTION MOLDING* [online]. [vid. 25.3.2013]. Dostupné z: http://www.mimparts.com/sites/mimparts.com/files/DesignGuide_Published_101712.pdf
65. CZUB. *Typový kalkulační vzorec*. Firemní materiály. [vid. 25.3.2012].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

K jednotlivým zkratkám jsou použity indexy.

První index značí druh použité technologie:

P – původní technologie,

T, Tyč – výroba z profilových tyčí,

M – technologie MIM,

K – kooperace.

Druhý index označuje druh součástky:

S – spoušť,

Z – zádržka zásobníku,

K – kohoutek.

Zkratka, nebo symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	Tažnost
a	[ks]	Počet CNC strojů (nezaokrouhlený)
a⁰	[ks]	Počet CNC strojů (zaokrouhlený)
a.s.		Akciová společnost
ap	[mm]	Šířka záběru ostří
BTA		Boring and trepanning association
BZ	[Kč]	Bod zvratu
BZ_H = BZ	[Kč]	Bod zvratu vyjádřený hodnotově (v tržbách)
BZ_N	[ks]	Bod zvratu vyjádřený naturálně (v kusech)
C	[Kč]	Cena, Průměrná cena všech 3 součástí
C.I.P.		Commision Internationale Permanente
C_{CNC}	[Kč]	Cena CNC stroje
C_{Fsoučást}	[Kč]	Cena formy součásti u MIM kooperace
CIM		Ceramic injection moulding
C_K	[Kč]	Cena kohoutku
C_{Ksoučást}	[Kč]	Cena 1 ks součásti u MIM kooperace
C_{LIS}	[Kč]	Cena vstřikovacího lisu
CM, CMH		Chemical machining
CNC		Computer numerical control
C_{PP}	[Kč]	Cena pece na odstranění pojiva
C_S	[Kč]	Cena spouště

C_{SP}	[Kč]	Cena slinovací pece
C_{SUR}	[Kč/kg]	Cena výchozí suroviny MIM
C_{SZ}	[Kč]	Cena skladovacích regálů, palet a přepravního zařízení.
C_T	[Kč/kg]	Cena kilogramu tyče
C_{Tyč}	[Kč]	Cena tyče
CZ		Česká zbrojovka
C_Z	[Kč]	Cena zádržky zásobníku
C_{ZL}	[Kč]	Cena zařízení laboratoře
CZUB		Česká zbrojovka, a.s. Uherský Brod
DA		Double action
DAO		Double action only
D_C	[mm]	Průměr řezu
EBM		Electron beam machining
ECM		Electro chemical machining
ECR		Electrochemical rifling
EDM		Electro discharge machining
F_D	[hod]	Časový fond dělníka
F_{D3}	[hod]	Časový fond 3 dělníků
F_{ef}	[hod]	Časový efektivní fond
F_k	[dny]	Kalendářní fond
F_{LAB}	[hod]	Časový fond laboratorního pracovníka
F_{LAB3}	[hod]	Časový fond 3 laboratorních pracovníků
FN	[Kč]	Fixní náklady
FN_{M9}	[Kč]	Náklady na zbylých 9 druhů součástí u metody MIM.
FN_{MFL}	[Kč]	Náklady na formy
FN_{MFS}	[Kč]	Náklady na skladovací regály, palety, přepravní zařízení
FN_{ML}	[Kč]	Náklady na vstřikovací lis
FN_{MPL}	[Kč]	Náklady na provoz laboratoře
FN_{MPP}	[Kč]	Náklady na pec na odstraněná pojiva
FN_{MSP}	[Kč]	Náklady na slinovací pec

FN_{MZAV}	[Kč]	Náklady na náběh výroby, ztráty ze zmetků a vadné výroby.
FN_{MZL}	[Kč]	Náklady na zařízení laboratoře
FN_{T2}	[Kč]	Náklady na zbylé 2 vyráběné profilové druhy součástí.
FN_{TCNC}	[Kč]	Náklady na CNC stroje.
FN_{TP}	[Kč]	Náklady na přejímku, balení, transportu, pojištění a uvedení do provozu CNC stroje.
FN_{TŠ}	[Kč]	Náklady na školení pracovníků
FN_{TU}	[Kč]	Náklady na upínací zařízení
F_S	[hod]	Časový fond stroje
F_{SEŘ}	[hod]	Časový fond seřizovače
F_v	[dny]	Fond volna
f	[mm]	Posuv na otáčku
f_Z	[mm]	Posuv na zub
H	[mm]	Hloubka odebírané vrstvy
h	[hod]	Počet hodin ve směně
K	[Kč]	Kooperace
KCU 2	[J·cm ⁻²]	Vrubová houževnatost
KNB		Kubický nitrid bóru
k	[dny]	Počet sobot a neděl
k_Z	[-]	Koeficient zatížení
k_{ZT5}	[-]	Koeficient zatížení při 5 druzích vyráběných součástí.
L	[mm]	Dráha nástroje ve směru posuvu
LBM		Laser beam machining
l	[mm]	Délka obráběné plochy
ln	[mm]	Délka náběhu nástroje
l_{nf}	[mm]	Délka náběhu frézy
lp	[mm]	Délka přeběhu nástroje
MIM		Metal injection moulding
m	[-]	Koeficient
m_T	[kg]	Hmotnost tyče

m_v	[kg]	Hmotnost výlisku
N	[Kč]	Celkové náklady (nákladová funkce)
NC		Numerical control
N_h, N_{hod}	[hod]	Normohodiny
N_M	[Kč]	Náklady na 1 kus výlisku
N_T	[Kč]	Náklady na 1 ks z profilové tyče
n	[ot·min ⁻¹]	Otáčky
PBM		Plasma beam machining
PDW	[-]	Personal Defense Weapon
PDW		Personal defence weapon
PIM		Powder injection moulding
PKD		Polykrystalický diamant
P_k	[ks]	Pracnost
PM	[Kč]	Přímý (jednicový) materiál
PMZ	[Kč]	Jednicové (přímé) mzdy
PMZ_M	[Kč]	Celkové roční náklady na mzdy MIM
PMZ_{MD}	[Kč]	Celkové náklady na mzdy obsluhy MIM
PMZ_{MLAB}	[Kč]	Celkové náklady na mzdy laboratorních pracovníků MIM
PMZ_{MSEŘ}	[Kč]	Celkové náklady na mzdy seřizovače MIM
PMZ_{Msoučást}	[Kč]	Mzdové náklady na 1 ks u technologie MIM
PN	[Kč]	Přímé náklady
POM		Polyacetát
p	[dny]	Počet dnů neplánovaného volna
p_k	[hod]	Jednicová pracnost
Q_{součást}	[ks]	Počet kusů součástí
Q₄₁	[ks]	Počet součástí vyrobených v 41 cyklech
Q₄₂	[ks]	Počet součástí vyrobených v 42. cyklu
Q_C	[-]	Počet výrobních cyklů
Q_D	[ks]	Počet kusů v jedné dávce
Q_{DPO}	[ks]	Počet kusů v jednom cyklu omílání.

Q_{DPŮ}	[ks]	Počet kusů v jednom cyklu povrchové úpravy.
Q_{DTZ}	[ks]	Počet kusů v jednom cyklu tepelného zpracování.
Q_{DTZ}	[ks]	Výrobní dávka při tepelném zpracování
Q_M	[-]	Počet druhů součástí vyrobitelných metodou MIM
Q_{MK41}	[ks]	Počet součástí vyrobených ve 41 cyklech
Q_{MK42}	[ks]	Počet součástek v 42 cyklu
Q_{Msoučást}	[ks]	Plánovaný roční objem výroby
Q_N	[ks]	Potřebný počet nástrojů na výrobní dávku
Q_{PŮ}	[ks]	Výrobní dávka při povrchové úpravě
Q_T	[ks]	Počet kusů z 1 tyče
Q_{TD}	[ks]	Počet dalších tvarově a rozměrově podobných součástí
Q_{technologie1,technologie2}	[Kč]	Objem produkce, při kterém se celkové náklady na technologii 1 rovnají celkovým nákladům na technologii 2
Q_V	[ks]	Počet výlisků z 1 kg suroviny
q	[ks]	Počet jednicových kusů
R	[hod]	Časová rezerva
R_m	[MPa]	Mez pevnosti
R_{p0,2}	[MPa]	Smluvní mez kluzu
ř	[dny]	Počet dní řádné dovolené
SA		Single action
S_D	[Kč]	Hodinová sazba dělníka
SK		Slinutý karbid
S_{LAB}	[Kč]	Hodinová sazba laboratorního pracovníka.
SR	[Kč]	Správní režie
S_{SEŘ}	[Kč]	Hodinová sazba seřizovače
STS		Single tube systém
SZ	[Kč]	Sociální zabezpečení k jednicovým mzdám
s	[-]	Směnnost
s.r.o.		Společnost s ručeným omezením

T	[min]	Trvanlivost
TgPV		Technologická příprava výroby
t_{A721}	[min]	Čas přepravy
t_{AS}	[min]	Čas jednotkový strojní
t_{ASD}	[min]	Čas odstranění pojiva 1 dávky
t_{ASS}	[min]	Doba slinování 1 dávky
t_{ASV}	[min]	Doba vstřikování 1 kusu
t_{B11D1}	[min]	Čas přípravný odstranění pojiva
t_{B11D2}	[min]	Čas manipulační odstranění pojiva
t_{B11S1}	[min]	Čas přípravný slinování
t_{B11S2}	[min]	Čas manipulační slinování
t_{B11V1}	[min]	Čas přípravný vstřikování
t_{B11V2}	[min]	Čas manipulační vstřikování
t_D	[min]	Celková doba odstranění pojiva
t_{DO}	[hod]	Čas omílání 1 dávky.
t_{DPŮ}	[hod]	Čas povrchových úprav 1 dávky.
t_{DTZ}	[hod]	Čas tepelného zpracování 1 dávky.
t_{g7S}	[min]	Čas řízeného chladnutí
t_{KD}	[hod]	Čas dodatečných operací u jednotlivých součástí při kooperaci.
t_M	[min]	Celková doba vyrobení kusů metodou MIM
t_{M1}	[min]	Průměrná doba výroby 77 000 kusů MIM
t_{M3}	[hod]	Doba výroby 3 součástí MIM
t_{M3D}	[dny]	Doba výroby 3 součástí MIM ve dnech.
t_{MD}	[hod]	Čas dodatečných operací u jednotlivých součástí při technologii MIM
t_{MK41}	[min]	Doba trvání 41 cyklů
t_{MK42}	[min]	Doba trvání 42. cyklu
t_{Msoučást}	[hod]	Doba výroby jednotlivých součástí technologií MIM
t_{Msoučást1}	[hod]	Potřebná doba na vyrobení jedné součásti.
t_O	[hod]	Průměrný čas potřebný na omílání jedné součásti.

t_{pÚ}	[hod]	Průměrný čas potřebný na povrchovou úpravu jedné součásti.
t_s	[min]	Doba slinování výrobní dávky
t_{TD}	[hod]	Čas dodatečných operací u jednotlivých součástí při technologii výroby z profilů.
t_{TZ}	[hod]	Průměrný čas potřebný na tepelné zpracování jedné součásti.
t_v	[min]	Doba vstřikování výrobní dávky
t_z	[dny]	Časové ztráty na opravy, seřízení a údržby strojů
USA		United States of America
USM		Ultrasonic machining
ÚVN	[Kč]	Úplné vlastní náklady
V	[m ³]	Objem
VBD		Vyměnitelná břitová destička
VN	[Kč]	Variabilní náklady
VNV	[Kč]	Vlastní náklady výroby
VRF	[Kč]	Výrobní režie fixní
VRV	[Kč]	Výrobní režie variabilní
V_v	[m ³]	Objem výlisku
v[*]	[Kč/ks]	Variabilní náklady připadající na jednu korunu produkce (tržeb)
v_c	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_f	[m·min ⁻¹]	Posuvová rychlost
v_n	[Kč/ks]	Variabilní náklady na jednotku produkce
v_{nM9}	[Kč/ks]	Variabilní náklady na jednotku produkce zbývajících 9 vyráběných druhů součástí metody MIM
v_{nT2}	[Kč/ks]	Variabilní náklady na jednotku produkce zbývajících 2 vyráběných profilových druhů součástí.
WJM, AWJM		(Abrasive) Water jet machining
Z	[%]	kontrakce
π	[-]	Konstanta (Ludolfovo číslo)
ρ	[kg·m ⁻³]	Měrná hmotnost
∅		průměr

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Seznam součástí pistole CZ 75 a jím odpovídajících materiálů.
Příloha 2	Obráběcí centrum vertikální WYSSBROD MC 510.
Příloha 3	Původní technologický postup kohoutku.
Příloha 4	Původní technologický postup spouště.
Příloha 5	Původní technologický postup spouště (polotovary odlitek).
Příloha 6	Původní technologický postup zádržky zásobníku.
Příloha 7	Materiály MIM.
Příloha 8	Technologický postup výroby kohoutku z profilové tyče.
Příloha 9	Technologický postup výroby spouště z profilové tyče.
Příloha 10	Technologický postup výroby zádržky zásobníku z profilové tyče.
Příloha 11	CNC program výroby kohoutku z profilové tyče s vypočtenými hodnotami.
Příloha 12	CNC program výroby spouště z profilové tyče s vypočtenými hodnotami.
Příloha 13	CNC program výroby zádržky z profilové tyče s vypočtenými hodnotami.
Příloha 14	Technologický postup výroby kohoutku metodou MIM.
Příloha 15	Technologický postup výroby spouště metodou MIM.
Příloha 16	Technologický postup výroby zádržky zásobníku metodou MIM.
Příloha 17	Proces MIM – hledání nejužšího místa