



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ROZBOR FIREMNÍCH TECHNOLOGIÍ S NÁVAZNOSTÍ NA VÝROBU KONKRÉTNÍ SOUČÁSTI

ANALYSIS OF COMPANY TECHNOLOGIES WITH A CONNECTION TO THE PRODUCTION OF A
PARTICULAR COMPONENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Olejníček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Petr Olejníček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2017/18

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

Rozbor firemních technologií s návazností na výrobu konkrétní součásti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výrobní možnosti a celé zázemí firmy je promítnuto do rozsahu a stavu technicko-výrobní dokumentace zadané součásti.

Cíle bakalářské práce:

- Rozbor výrobních technologií
- Charakteristika zadané součásti
- Stávající výrobní postup
- Návrh úprav ve výrobním postupu
- Technicko-ekonomické posouzení z pohledu firmy

Seznam doporučené literatury:

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

FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

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

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

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

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

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

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 651. ISBN 0-19-514206-3.

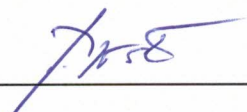
ZDRAVECKÁ, Eva a Ján KRÁL'. Základy strojárenskej výroby. 2. vyd. Košice: Elfa, 2004. 143 s. ISBN 80-89066-72-9.

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

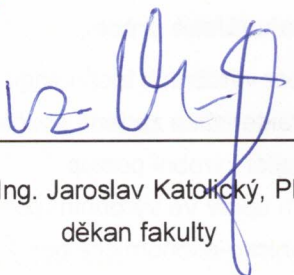
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 27. 10. 2017





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o výrobě ručních pout a výrobních technologiích firmy ALFA – PROJ spol. s r.o. První část práce je zaměřena na technologický postup výroby ocelového těla revolveru a využití technologie EDM. V druhé části práce je navržena inovace technologického postupu výroby pout. Inovace spočívá ve sloučení stávajících operací a použití CNC stroje s novým přípravkem. V závěru práce jsou porovnány výhody a nevýhody inovace.

Klíčová slova

tělo revolveru, pouta, přípravek, CNC stroj, technologický postup

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with production of handcuffs and production technologies of company ALFA – PROJ spol. s r.o. The first part of the thesis is focused on the revolver steel frame technological process and the use of EDM technology. The second part of the thesis proposes innovation of the technological process of handcuffs production. Innovation consists of merging current operations and use of CNC machine equipped with new fixture. At the end of the thesis, the advantages and disadvantages of innovation are compared.

Key words

revolver frame, handcuffs, fixture, CNC machine, technological process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OLEJNÍČEK, P. *Rozbor firemních technologií s návazností na výrobu konkrétní součásti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Rozbor firemních technologií s návazností na výrobu konkrétní součásti** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Petr Olejníček

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu práce Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji firmě ALFA – PROJ spol. s r.o. za možnost spolupráce, cenné rady z praxe a téma poskytnuté k řešení.

Závěrečné poděkování patří mé rodině za podporu nejen při tvorbě této práce, ale i během celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ	4
PODĚKOVÁNÍ	5
OBSAH	6
ÚVOD	7
1 VÝROBNÍ ZÁZEMÍ FIRMY	8
1.1 Ocelové tělo revolveru – přehled technologií	9
1.2 Elektroerozivní obrábění (EDM)	26
2 VÝROBA POUT	28
2.1 Ruční řetízková pouta RALKEM 9924	28
2.2 Charakteristika součástí – objímka ruční	29
2.3 Stávající technologický postup	29
2.4 Návrh úpravy technologického postupu	30
2.4.1 Stávající výrobní postup operací C, D a E	31
2.4.2 Návrh sloučení výrobních operací C, D a E	32
3 NÁVRH PŘÍPRAVKU	34
3.1 Použité strojní vybavení	34
3.2 Sestava přípravku	35
3.2.1 Základová deska	35
3.2.2 Upnutí a ustavení přípravku	36
3.2.3 Ustavení a upnutí součástí	37
3.2.4 Hmotnost přípravku	38
3.3 Použitý software	38
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	39
5 DISKUZE	40
5.1 Návrh nové operace – objímka ručních pout	40
5.2 Přípravek	40
5.3 Technicko-ekonomické zhodnocení	40
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	44
SEZNAM PŘÍLOH	45

ÚVOD

Firma ALFA – PROJ spol. s r.o. je český výrobce zbraní s více než dvacetiletou tradicí. Hlavním výrobním artiklem firmy jsou krátké ruční palné zbraně a pouta.



Obr. 1 Logo ALFA – PROJ spol. s r.o. [1].

Výrobní sortiment zahrnuje [1]:

- signální revolvery,
- revolvery s nízkou ústovou energií střely,
- revolvery ráží 22 Long Rifle až 357 Magnum,
- vzduchové pistole,
- samonabíjecí pistole ráží 9 mm až 45 Auto,
- pouta ruční i nožní.

Cílem této práce je rozbor výrobních technologií firmy ALFA – PROJ spol. s r.o. s návazností na konkrétní součást (ocelové tělo revolveru) a návrh přípravku pro výrobu horní a dolní objímky ručních pout.

Návrh zahrnuje charakteristiku součásti – objímka horní, stávající technologický postup za použití konvenčních strojů a upravený technologický postup s použitím přípravku a následným využitím číslicově řízených obráběcích center. Dále jsou úpravy zhodnoceny z hlediska efektivity výroby.

1 VÝROBNÍ ZÁZEMÍ FIRMY

Firma ALFA – PROJ spol. s r.o. sídlí v Brně. Zde se nachází zázemí výrobní, technologické a obchodní. Z hlediska objemu výroby se firma zabývá převážně malosériovou výrobou. Roční kapacita výroby je 20 000 zbraní vlastní produkce [1].

Výrobní zázemí firmy je rozděleno na tyto úseky:

- obrobna – konvenční stroje
 - frézky,
 - soustruhy,
 - brusky,
 - řadové vrtačky.
- obrobna – NC stroje
 - NC frézky,
 - NC soustruhy,
 - EDM – drátová řezačka.
- zámečnické pracoviště
 - ruční nářadí,
 - ruční lisy,
 - hydraulické lisy,
 - závitořez,
 - pískovací box.
- pracoviště popisování
 - gravírovací stroje,
 - laserové zařízení pro popis.
- pracoviště omílání
 - omílací vibrační stroje,
 - sušící vibrační stroj.
- pracoviště povrchových úprav
 - kompaktní černicí zařízení.
- montáž

Firma disponuje vlastním oddělením technické kontroly (zkráceně OTK). Ve vybavení OTK je také 3D měřicí souřadnicový stroj DeMeet – 400 osazen kontaktní sondou Renishaw.

Následující podkapitoly pojednávají o výrobních technologiích firmy. Konkrétně se jedná o chronologický přehled technologií potřebných pro výrobu součástí – ocelové tělo revolveru a dále je představena technologie EDM, kterou firma využívá převážně pro výrobu komponentů vnitřního mechanismu revolveru.

Použitá fotodokumentace vznikla na základě svolení firmy ALFA – PROJ spol. s r.o. (příloha č.1).

1.1 Ocelové tělo revolveru – přehled technologií

Ocelové tělo (rám) revolveru [2] je součást, jejíž výroba zahrnuje téměř všechny výrobní technologie firmy. V tabulce č.1 je uveden chronologický výčet všech technologií potřebných pro výrobu dané součásti, tzn. ražením výrobního označení na vstupní polotovary počínaje a hotovou součástí určenou pro konečnou montáž revolveru konče. Tyto technologie jsou krátce rozebrány níže dle sledu operací. Použitá terminologie je převzata z výrobní dokumentace firmy (např. zkratka NC odpovídá CNC). Na obr. 2 je zobrazen vstupního polotovaru (odlitek), který je dodáván externím výrobcem.



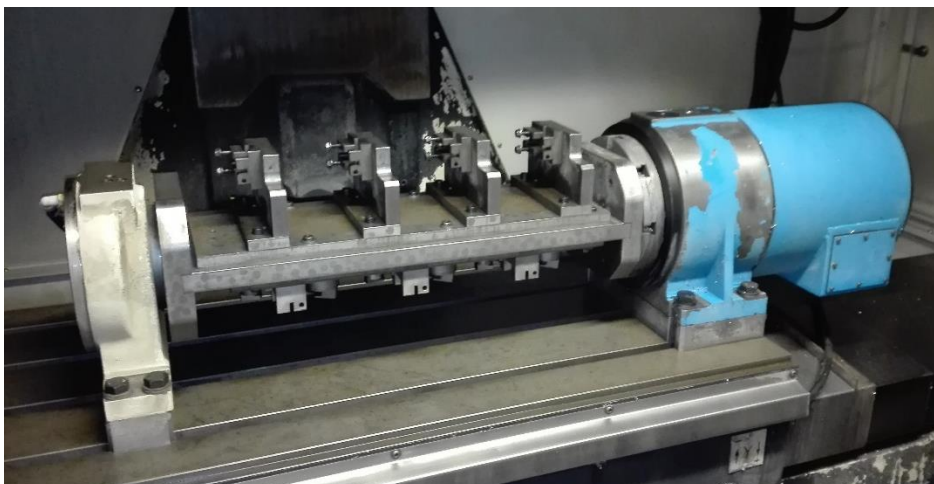
Obr. 2 Vstupní polotovaru (odlitek).

Tabulka 1 – postup výroby součásti – ocelové tělo [3].

Operace	Pracoviště	Název	Popis
A	zámečnické	Zámečnické práce	Narazit výrobní označení.
B	zámečnické	Protahování	Protáhnout okno.
C	obrobna NC	NC obrábění	Obrábět dle programu I.
D	obrobna NC	NC obrábění	Obrábět dle programu II.
E	obrobna NC	NC obrábění	Sešroubovat tělo s víkem a obrábět obvod dle programu III.
F	obrobna NC	NC frézování	Vrtat a frézovat drážky dle programu IV.
G	OTK	Kontrola	Kontrolovat rozměry dle programu I. - IV.
H	zámečnické	Ruční úprava	Odšroubovat víko, odstranit ostřiny, očíslovat víko dle těla.
I	zámečnické	Ruční úprava	Ručně dořezat závity XA a pročistit díry, zapilovat nerovnosti v okně.
J	obrobna	Vrtání	Na těle i víku zahloubit, prostružit díry XB.
K	kooperace	Kalení	Vysokofrekvenčně kalit plochu XC.
L	omílání	Omílání	Omílat, chránit díry, dávka XD ks.
M	zámečnické	Pískování	Sešroubovat tělo s víkem, pískovat okno.
N	zámečnické	Ruční úprava	Brousit, leštit tělo s víkem.
O	montáž	Montáž	Bílá montáž.
P	popisování	Laser	Gravírovat výrobní číslo, logo firmy.
Q	montáž	Montáž	Demontovat pro černění.
R	povrchové úpravy	Černění	Černění TTP č.XE.

Postup výroby součásti (tab. 1) vychází z technologického postupu. Úmyslná záměna hodnot v postupu vychází z ochrany duševního majetku a obchodního tajemství firmy.

CNC obrábění je realizováno na tříosých frézovacích centrech doplněných o děličí přístroje (dělička viz obr. 3). Toto vybavení umožňuje obrábět okolo čtvrté osy, která je automatizována CNC systémem [4].



Obr. 3 DOOSAN DNM 500 vybavený děličím přístrojem.

Operace A

Popis operace: narazit výrobní označení (tab. 2).

Na každý příchozí polotovár (tělo revolveru) je na začátku výroby vyraženo interní výrobní označení. Toto označení slouží k identifikaci součásti, spojení s kontrolním protokolem a na závěr jako podklad pro gravírování výrobního čísla zbraně. Totožné označení později nese i víko těla.

Tabulka 2 - operace A

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
A	Zámečnické	Raznice
		
Detail výrobního označení.		

Operace B

Popis operace: protáhnout okno (tab. 3).

Protahování patří standardně k dokončovacím obráběcím procesům, při kterých se obrábí tvarové díry [5]. U operace B se naopak jedná o prvotní obráběcí operaci, při které dochází ke kalibraci okna těla revolveru. Takto obrobené okno slouží v další operaci k přesnému upnutí součásti. Okno revolveru je průchozí díra pro umístění válce.

Požitý nástroj: protahovací trn.

Tabulka 3 - operace B

Operace	Pracoviště	Stroj
B	Zámečnické	Hydraulický lis



Detail obrobeného okna.

Operace C

Popis operace: obrábět dle programu I.

První NC obráběcí operace slouží k frézování rovinných a tvarových ploch, vnitřních nálitků, drážek, vrtání děr a řezání závitů. Nejdůležitější z hlediska přesnosti výroby je drážka pro držák válce. Osa (zvýrazněna v tab. 4) této drážky slouží při všech následujících operacích jako technologická základna. K této základně jsou posléze přiřazovány geometrické tolerance rovnoběžnosti. Tělo je v přípravku ustaveno pomocí protaženého okna a upnuto za vnější nálitky.

Použité nástroje: stopkové frézy (monolitní i s VBD), tvarové frézy, středicí vrtáky, šroubové vrtáky, výstružníky, závitníky.

Tabulka 4 - operace C

Operace	Pracoviště	Stroj
C	NC obrábění	CNC frézka



NC obrábění I.

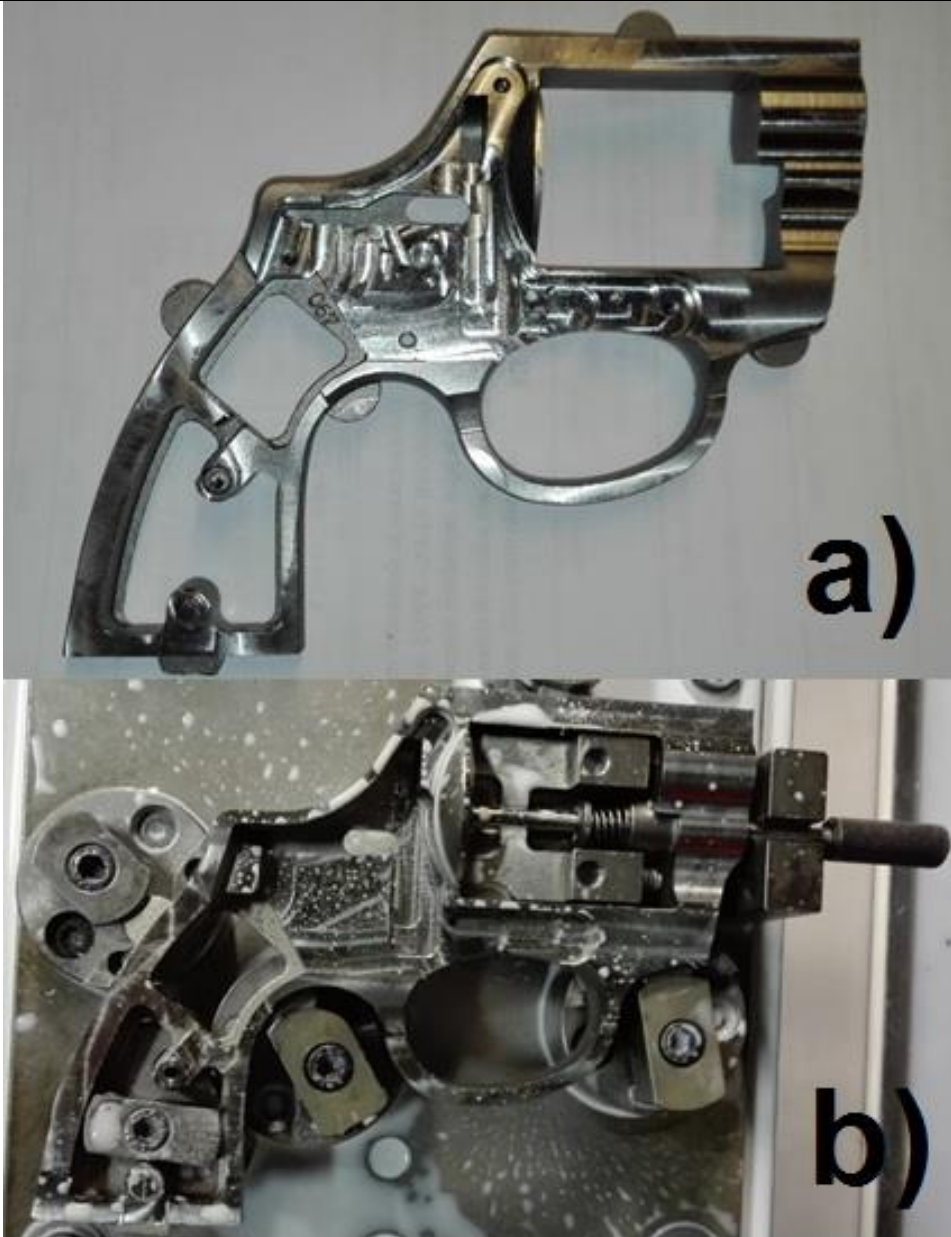
Operace D

Popis operace: obrábět dle programu II.

Druhé upnutí obrobku spočívá ve frézování tvarových ploch, dutiny pro uložení vnitřního mechanismu, vrtání děr pro čepy mechanismu a řezání závitů pro víko a střenky (tab. 5 pozice a)). Tab. 5 pozice b) zobrazuje upnutí obrobku za nálitky a ustavení v ose držáku válce.

Použité nástroje: stopkové frézy (monolitní i s VBD), tvarové frézy, středicí vrtáky, šroubové vrtáky, výstružníky, závitníky.

Tabulka 5 - operace D

Operace	Pracoviště	Stroj
D	NC obrábění	CNC frézka
 NC obrábění II.		

Operace E

Popis operace: sešroubovat tělo s víkem a obrábět obvod dle programu III.

Frézování obvodu zde čítá odstranění nálitků, které v dřívějších operacích sloužily k upnutí součásti a frézování obvodu těla s již namontovaným víkem. Dále je tvarovými frézami konturován vnější obvod těla a vnitřní obvod lučíku. V tab. 6 lze pozorovat obrobek před operací (pozice a)) a detail obrobeného lučíku spolu s víkem (pozice b)). Víko samotné již náleží pouze tělu, na kterém bylo obrobno.

Použité nástroje: stopkové frézy (monolitní i s VBD), tvarová fréza.

Tabulka 6 - operace E

Operace	Pracoviště	Stroj
E	NC obrábění	CNC frézka
 NC obrábění III. a) před operací, b) detail po operaci.		

Operace F

Popis operace: vrtat a frézovat drážky dle programu IV.

Obrábění IV. se zabývá frézováním drážek pro kohout, stavitelná mířidla a vrtáním děr pro uchycení mířidel (tab. 7 pozice b)). Posléze je pomocí děličky otočen obrobek o úhel 90° a následně jsou vrtány díry pro hlavěň, úderník, čepy pláště a nosič držáku válce. Všechny tyto díry jsou geometrickými tolerancemi rovnoběžnosti svázány s osou držáku válce (operace C). Na závěr operace je řezán závit a zarovnáno čelo (tab. 7 pozice a)).

Použité nástroje: stopkové frézy (monolitní i s VBD), tvarové frézy, středicí vrtáky, šroubové vrtáky, výstružníky, závitníky.

Tabulka 7 - operace F

Operace	Pracoviště	Stroj
F	Zámečnické	CNC frézka




NC obrábění IV. a) detail díry pro hlavěň, b) detail drážek.

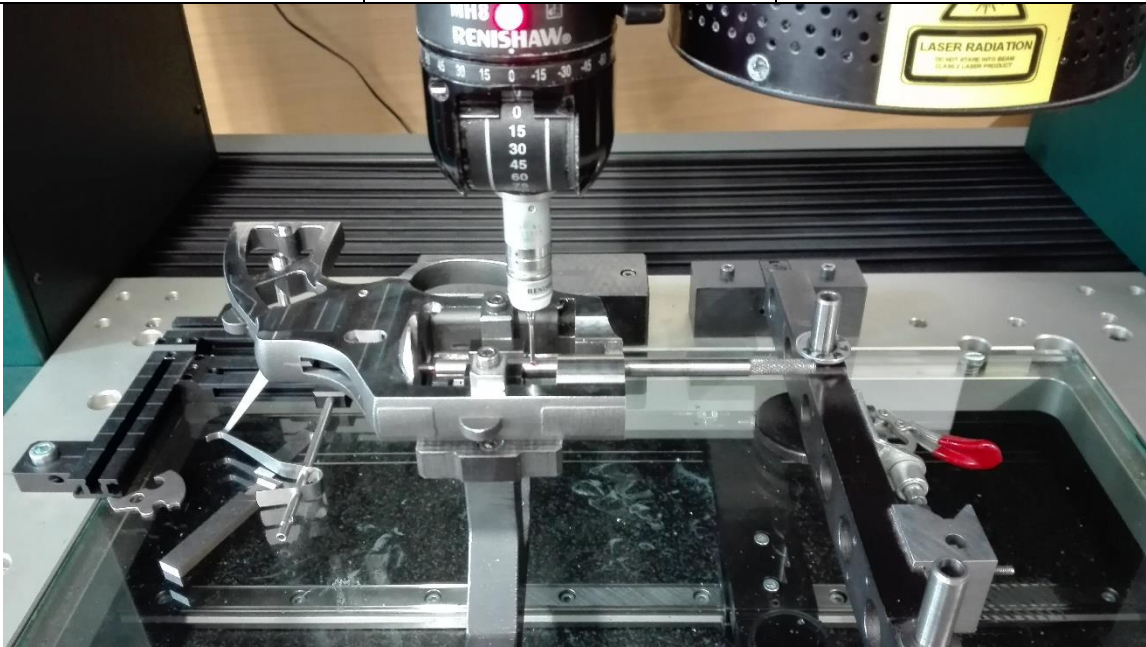
Operace G

Popis operace: kontrolovat na měřícím stroji DeMeet dle programu I. – IV.

Pracoviště OTK měří zadané rozměry periodicky dle potřeb výroby. Standardně probíhá kontrola vybraného počtu kusů po příslušné NC operaci (I. – IV.). Při měření na stroji DeMeet se využívá dotekové sondy Renishaw TP20 a optického zařízení, které se skládá z video systému CCD SONY a objektivu Nikon (40 až 400násobné zvětšení) [6].

Tab. 8 zobrazuje kontrolní měření operace C se zaměřením na geometrické tolerance a délkové rozměry. Konkrétně je zde zachycen moment kdy doteková sonda měří rovnoběžnost a kolmost osy držáku válce.

Tabulka 8 - operace G

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
G	OTK	DeMeet / sonda Renishaw
		
Měření sondou Renishaw.		

Operace H

Popis operace: odšroubovat víko, odstranit ostřiny, očíslovat víko dle těla (tab. 9).

Úkolem operace H je odšroubovat víko z těla revolveru, následně odstranit ostřiny a pročistit díry a drážky stlačeným vzduchem. Dále je na víko raženo raznicí totožné výrobní označení jako na těle revolveru. Důvodem je nezaměnitelnost víka, které již patří pouze k tělu revolveru, na kterém bylo obrobena v operaci E.

Použité nástroje: dílenské pilníky, šroubovák, raznice.

Tabulka 9 - operace H

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
H	zámečnické	Ruční nářadí
		
Víko těla revolveru.		

Operace I

Popis operace: ručně dořezat závity XA a pročistit díry, zapilovat nerovnosti v okně (tab. 10).

Tato operace se skládá z dořezání závitů pro šrouby víka, vzhledem k houževnatosti závitníku M3 je zvolena ruční operace. Následuje sražení hran a pročistění děr pro čepy mechanismu taktéž ručně.

Tabulka 10 - operace I

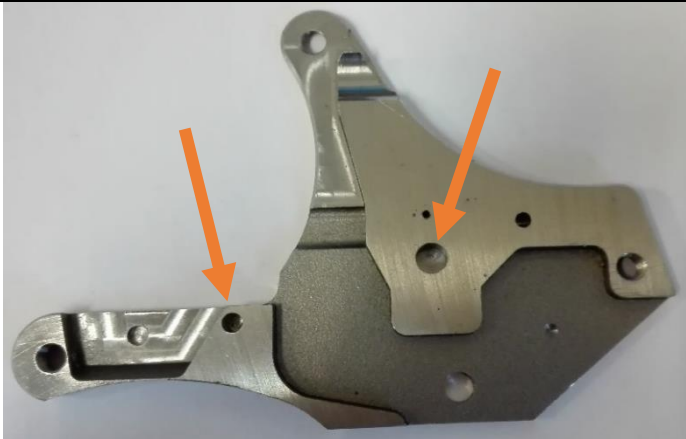
Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
I	Zámečnické	Ruční náradí
		
Ruční úprava závitů.		

Operace J

Popis operace: na víko zahloubit, prostružit díry XB.

Operace J je ve své podstatě inverzní k operaci D. Zde se jedná o zahloubení a vystružování děr víka, které slouží jako opačné opěrné body pro čepy vnitřního mechanismu revolveru (tab. 11 označené díry).

Tabulka 11 - operace J

Operace	Pracoviště	Stroj
J	obrobna	Řadová vrtačka
		
Víko – vnitřní strana.		

Operace K

Popis operace: vysokofrekvenčně kalit plochu XC.

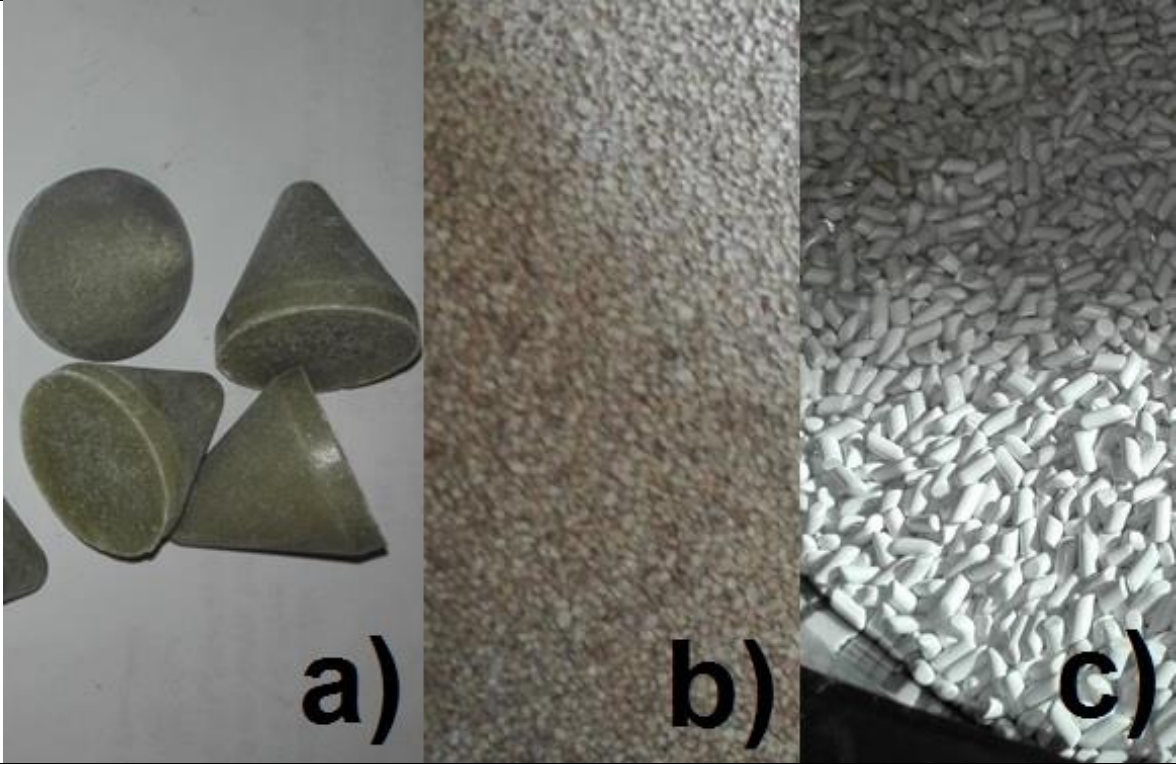
Kalení probíhá kooperačně, konkrétně se kalí plocha v okolí díry pro úderník. Důvodem je namáhání materiálu během uzamykáním válce pomocí jeho držáku a také samotným výstřelem.

Operace L

Popis operace: omílat, chránit díry, dávka XD ks

Operace omílání se skládá ze tří fází. První fáze je omílání na hrubo pomocí plastových jehlanů (tab.12 pozice a)). Následuje sušení v médiu z kukuřičné drti (tab. 12 pozice b)). A závěrečná fáze je omílání keramickými elipsami (tab. 12 pozice c)). Před samotným omíláním je potřeba ucpávkami chránit závity.

Tabulka 12 - operace L

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
L	omílání	Omílací/sušicí vibrační stroj
		
Omílací média a) hrubování, b) sušení, c) dokončování.		

Operace M

Popis operace: sešroubovat tělo s víkem, pískovat okno.

Pískování zde slouží k vytvoření finální povrchové úpravy okna, které již dále není broušeno. Poté je potřeba díry (tab. 13) řádně pročistit stlačeným vzduchem.

Tabulka 13 - operace M

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
M	zámečnické	Pískovací box
		
Detail opískovaného okna.		

Operace N

Popis operace: brousit, leštit tělo s víkem (tab. 14).

Broušení a leštění těla s víkem probíhá ručně na stojanových bruskách typu BNT – 2. Operace je zaměřena na odstranění stop po frézování. Estetického vzhledu je dosaženo kotouči z různých materiálů, např. finální leštění je provedeno kotouči z technické tkaniny.

Tabulka 14 - operace N

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
N	Zámečnické	Bruska BNT
		
Leštěné tělo a víko.		

Operace O

Popis operace: bílá montáž (tab.15).

Bílá montáž spočívá v částečné kompletaci revolveru (vše mimo střenky) a tormentační zkoušce. Tormentační zkouška probíhá na detašovaném pracovišti Českého úřadu pro zkoušení zbraní a střeliva, které je v areálu firmy. Při tormentační zkoušce je revolver nabit náboji o vyšším výkonu, než jsou náboje standardní a ověřuje se schopnost revolveru odolat vyšším tlakům při střelbě. Pokud revolver obstojí při tormentační zkoušce je následně rozložen pro potřeby další operace.

Tabulka 15 - operace O

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
O	montáž	Ruční nářadí
		
Tělo v průběhu kompletace.		

Operace P

Popis operace: gravírovat výrobní číslo, logo firmy (tab. 16).

Poslední obráběcí operací je laserové gravírování popisů na revolveru. Gravírování probíhá na částečně složeném revolveru. Důvodem je výrobní označení modelu revolveru, které souvisí s délkou hlavně. Číslice 6 v označení modelu (model 9261) značí hlaveň o délce 6“.

Konkrétně je gravírováno:

- logo firmy (víko),
- označení modelu (tělo),
- výrobní číslo (tělo),
- označení CIP (tělo i plášť hlavně),
- tormentační značka (tělo).

Tabulka 16 - operace P

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
P	popisování	Laser
		
Gravírování popisů.		

Operace Q

Popis operace: demontovat pro černění.

Demontáž před černěním zahrnuje rozložení revolveru a výběr součástí které budou černěny spolu s tělem revolveru.

Operace R

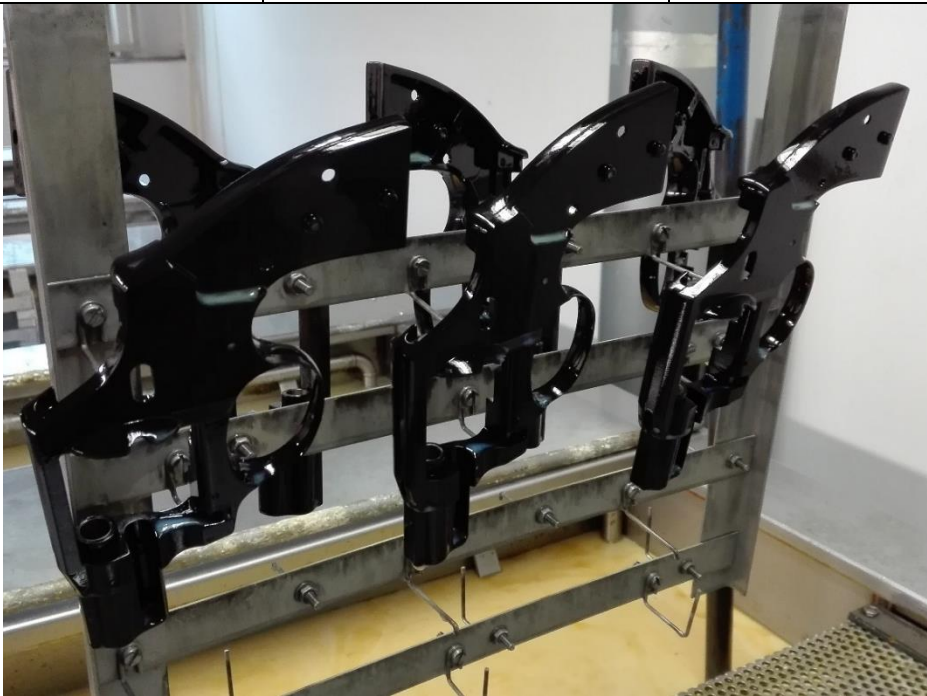
Popis operace: černění TTP č.XE (tab.17).

Černění je chemická úprava zde ocelového povrchu těla revolveru pro zvýšení korozní odolnosti. Jedná se o ochranou vrstvu oxidů, která je tenká přibližně do 1 μm , tzn. rozměr těla je téměř nezměněn [7]. Výhodou takto ošetřeného povrchu je dobrá smáčivost pro olej, který slouží rovněž ke zvýšení korozní odolnosti.

Postup černění:

- odmaštění - 20 min,
- 2x oplach (čistá voda),
- černicí lázeň – 30 min,
- 3x oplach (čistá voda),
- konzervační olej – 15 min.

Tabulka 17 - operace R

Operace	Pracoviště	Stroj / nástroj
R	Povrchové úpravy	Černicí linka
		
Černění těla revolveru.		

1.2 Elektroerozivní obrábění (EDM)

Princip technologie EDM (zkratka z angl. Electric Discharge Machining) je založen na úběru materiálu, který je způsoben periodicky se opakujícími elektrickými výboji mezi nástrojem a obrobkem, které jsou ponořeny v dielektrickém médiu. Elektrické (obloukové) výboje zde natavují a vypařují obráběný materiál, který je následně odplaven dielektrickým médiem. Nástrojem je zde tenký drát (nástrojová elektroda), který se odvíjí z cívky a přes vodící zařízení prochází místem řezu. Materiálem elektrody jsou slitiny mědi (nejčastěji mosaz). Obrobkem zde může být jakýkoli vodivý materiál bez ohledu na jeho mechanické vlastnosti. S tím je spojeno hlavní uplatnění technologie EDM, a to dělení velmi tvrdých a pevných materiálů [8].

Použitým strojem je drátová řezačka firmy Chmer G32S vybavená systémem řízení CNC Fanuc (obr. 4, tab. 18) [9]. Dielektrickým médiem je zde deionizovaná voda, která je deionizována deionizační pryskyřicí.

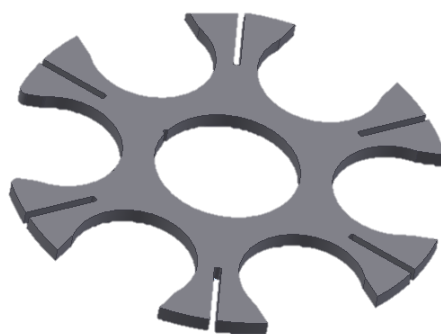


Obr. 4 Stroj Chmer G32S [9].

Tabulka 18 Technické specifikace stroje Chmer G32S

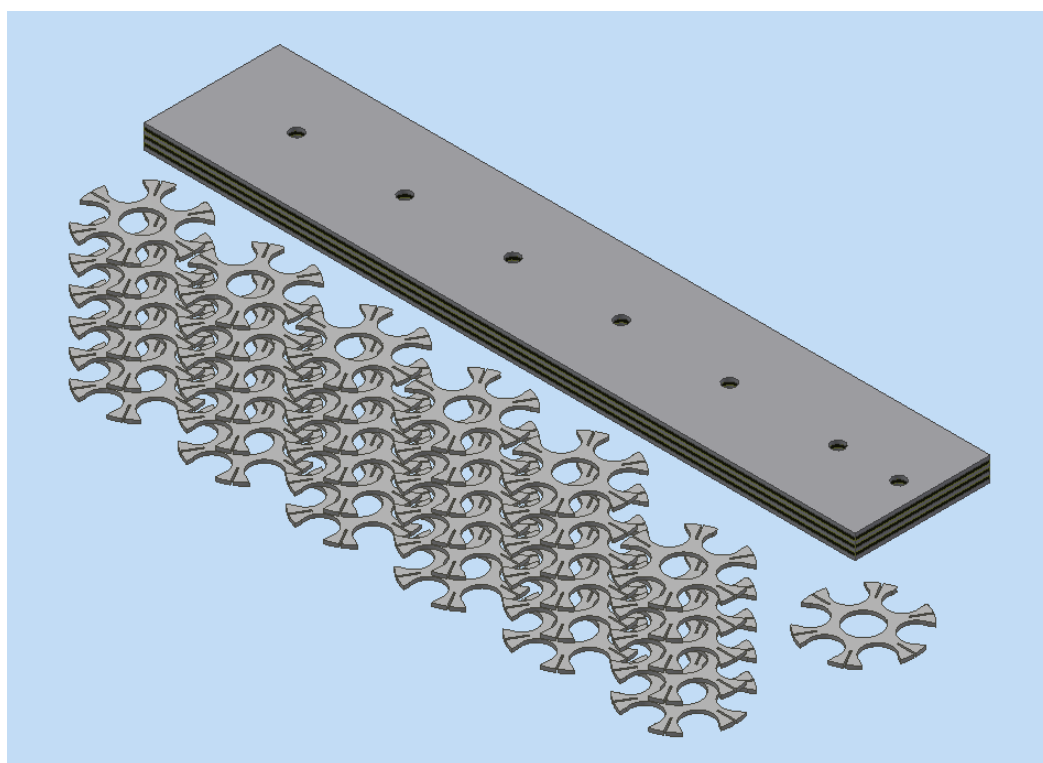
Pojezdy os X, Y	360x250	[mm]
Pojezdy os U, V, Z	60x60x220	[mm]
Max. rozměry obrobku	725x560x215	[mm]
Max. hmotnost obrobku	300	[kg]
Rychlost posuvu (osy X, Y)	max. 800	[mm.min ⁻¹]
Průměr drátu (standard)	Ø 0,15 ÷ 0,3 (0,25)	[mm]
Max. rychlost odvíjení drátu	300	[mm.s ⁻¹]
Úhel řezu	±14.5	[°]

Firma využívá metodu elektrojiskrového řezání pro výrobu rozměrově menších komponentů revolveru jako jsou posouvač válce, západka válce, uzavírací páka, západka kohoutu, nábojový klip (obr. 5) a muška, dále pak součásti přípravků a případné kooperační zakázky. Zmíněné součásti jsou obráběny elektroerozivně z již zakalených polotovarů [10].



Obr. 5 Nábojový klip.

Technologie EDM umožňuje obrábět nábojové klipy [11] z několika vrstev polotovaru najednou. Jako příklad je na obr. 6 je zobrazeno šest vrstev plechu, které jsou k sobě svařeny. Následně jsou vyvrtány díry pro zavedení drátku drátové řezačky Chmer. Prvním elektroerozivním úkonem je obrábění středových děr klipů. Následně po zavedení drátku do díry blíže okraji polotovaru jsou obrobena obrysy klipů. Takto zvolená strategie umožňuje výrobu 36 nábojových klipů.



Obr. 6 Výroba nábojových klipů technologií EDM.

2 VÝROBA POUT

Firma vyrábí pouta v několika provedeních. Hlavní dělení je na pouta ruční, nožní a kombinovaná. Dle potřeb zákazníka mohou být pouta spojena k sobě buď řetízkem, nebo kloubovým mechanismem. Roční výrobní kapacita pout se pohybuje kolem 20 000 kusů [1].

Na podnět firmy se autor zaměřuje na technologický postup výroby hlavní součásti ručních pout. Konkrétně se jedná o objímku ručních řetízkových pout. U této součásti má dojít k návrhu úpravy technologického postupu za účelem zefektivnění výroby. Hlavní navrhovanou změnou v technologickém postupu je využití CNC strojů na úkor strojů konvenčních, které již nesplňují požadavky sériové výroby [12].

Celková koncepce návrhu zahrnuje:

- stručné seznámení se sestavou pout,
- charakteristiku zadané součásti,
- stávající technologický postup,
- návrh úpravy technologického postupu.

2.1 Ruční řetízková pouta RALKEM 9924

Ruční řetízková pouta Ralkem 9924 (obr. 7) slouží ke spoutání rukou při dočasném zadržení nebo dopravě podezřelé osoby [13].

Základní údaje pout [13]:

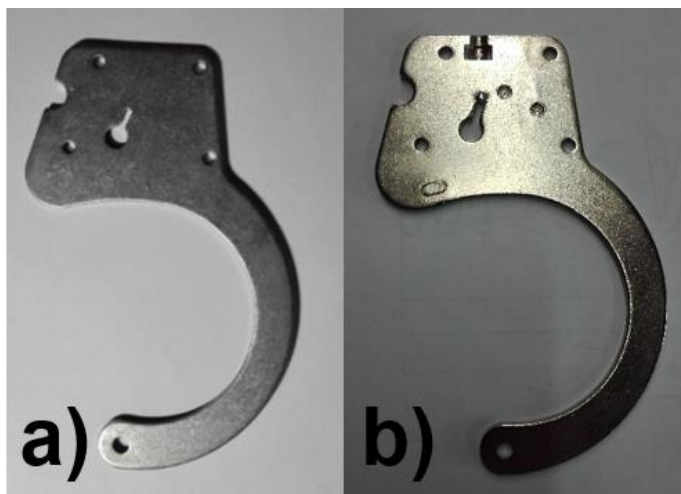
- Použitelné pro různé velikosti zápěstí.
- Dvou západkový zajišťovací mechanismus.
- Zajištění proti samovolnému / záměrnému utažení ozubených segmentů.
- Odemykání pout z obou stran.
- Protikorozi ochrana všech součástí.



Obr. 7 Ruční řetízková pouta RALKEM s pojistkou.

2.2 Charakteristika součásti – objímka ruční

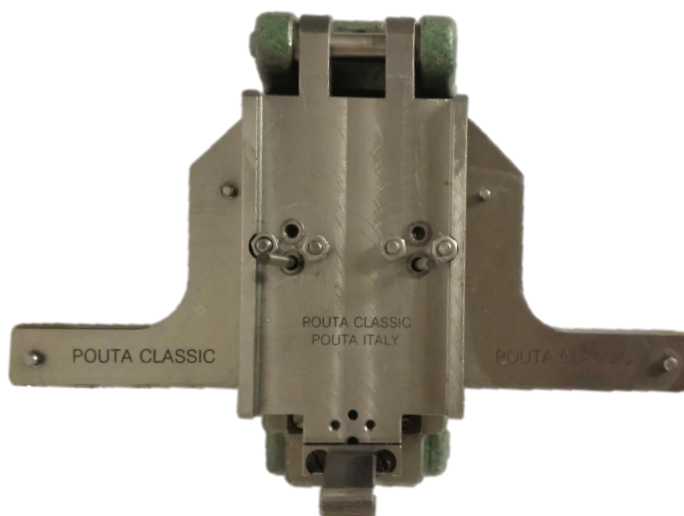
Sestava ručních pout se skládá z patnácti typových součástí. V sestavě se zadaná součást (objímka ruční) vyskytuje čtyřikrát (hotová součást viz obr. 8 pozice b)), z toho u dvou kusů se jedná o zrcadlově totožnou součást. Přesné rozdělení je objímka horní a objímka dolní. Vstupní polotovary objímky (tab. 8 pozice a)) je výstřižek z plechu tvářeného za studena, materiál ocel třídy 11 o šíři 2,5 mm. Samotné stříhání probíhá v kooperaci, jedná se o technologii přesného stříhání [14, 15].



Obr. 8 Porovnání a) vstupní polotovary, b) hotová součást.

2.3 Stávající technologický postup

V současné době je objímka ruční vyráběna za pomoci konvenčních strojů a ručních pracovišť. Zpravidla se jedná o frézky, řadové vrtačky, brusky dvojkotoučové (typ BNT 2) a omílací zařízení značky Rösler. Pro dosažení předepsaných přesností je součást v určitých operacích upínána do přípravků. Tyto speciální přípravky (obr. 9 a obr. 12) slouží primárně pro přesnou korekci hloubky vrtaných neprůchozích děr a frézování drážek [16].



Obr. 9 Vrtací přípravek.

Tabulka 19 - postup výroby součásti – objímka horní [16].

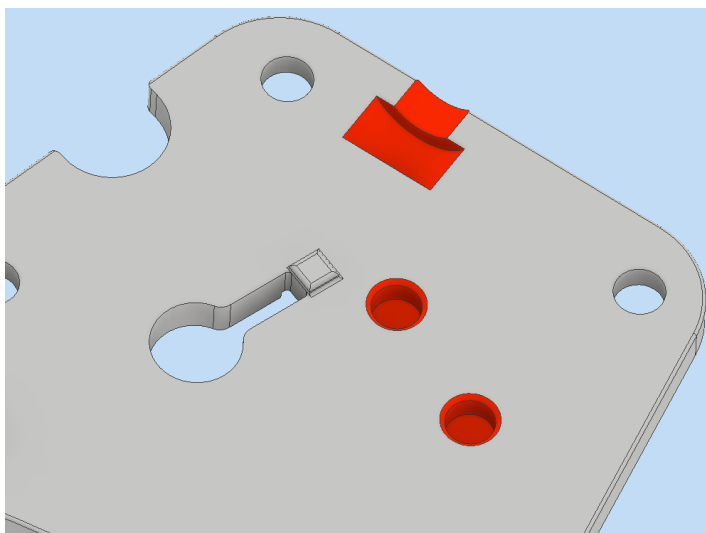
Operace	Pracoviště	Název	Popis
A	omílání	Omílání	Omílat na hrubo, vysušit.
B	zámečnické	Zámečnické práce	Razit prolisy, razit znak ALFA-PROJ.
C	obrobna	Vrtání	Navrtat díry XF, převrtat díry na XG, srazit ostřiny.
D	obrobna	Frézování	Frézovat drážku XH do hloubky XI.
E	obrobna	Frézování	Frézovat drážku XJ do hloubky XK.
F	OTK	Kontrola	Kontrolovat hloubku XI a XK.
G	obrobna	Vrtání	Zahloubit díry XL do hloubky XM, díry XN do hloubky XO.
H	zámečnické	Ruční úprava	Brousit otřepy, vady povrchu.
I	omílání	Omílání	Omílat po broušení.
J	kooperace	Kalení	Cementovat do hloubky XP, kalit, popustit na XQ.
K	omílání	Omílání	Omílat na čisto.
L	kooperace	Niklování	Niklovat - NiP XR.
M	zámečnické	Zámečnické práce	Kontrolovat rovinnost XS, křivé kusy rovnat.
N	obrobna	Vrtání	Po povrchové úpravě pročistit díry XN a XG.

Postup výroby součásti (tab. 19) vychází z technologického postupu. Úmyslná záměna hodnot v postupu vychází z ochrany duševního majetku a obchodního tajemství firmy.

2.4 Návrh úpravy technologického postupu

Inovace technologického postupu spočívá v částečném nahrazení konvenčních strojů stroji CNC a sloučení určitých operací. Jedná se o operace, kdy čas potřebný pro ustavení a upnutí součásti do přípravků výrazně převyšuje strojní časy.

Na základě možnosti využít CNC frézku s dělicím zařízením je přistoupeno ke sloučení operací C, D a E. Na obr. 10 jsou zvýrazněny dvě neprůchozí díry zhotovené v operaci C a předmětem operací D a E je drážka pro uchycení řetízku pout.



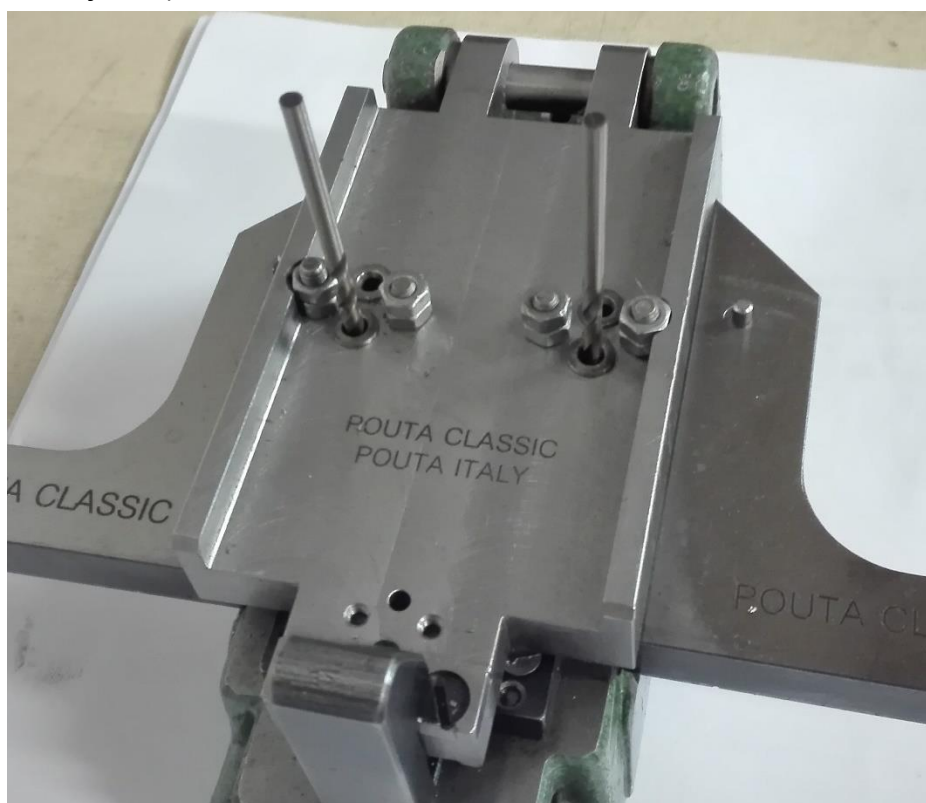
Obr. 10 Detail vybraných prvků obrábění.

2.4.1 Stávající výrobní postup operací C, D a E

Tabulka 20 – stávající výrobní postup vybraných operací.

Stávající postup výroby			
Operace	Pracoviště	Název	Popis
C	obrobna	Vrtání	Navrtat díry XF, převrtat díry na XG, srazit ostříny.
D	obrobna	Frézování	Frézovat drážku XH do hloubky XI.
E	obrobna	Frézování	Frézovat drážku XJ do hloubky XK.

Operace C vyžaduje přesnou korekci upnutí vrtáku do sklíčidla stojanové vrtačky. Správně upnutý vrták spolu s přípravkem umožní vrtání do požadované hloubky (neprůchozí díry). Následuje výměna nástroje, dalším nástrojem je vrták s upraveným úhlem špičky, který slouží téměř k zarovnání dna díry. Vrtací přípravek je vybaven vrtacími pouzdry, čepy pro ustavení a upnutím pomocí desky na čepu viz obr. 11. Tento přípravek umožňuje vrtat obě součásti najednou (horní i dolní objímku).



Obr. 11 Detail vrtacího přípravku.

Operace D a E jsou realizovány za pomoci přípravku pro frézování viz obr. 12. Součást je zde ustavena pomocí čepů, které je třeba přemístit dle frézované součásti (horní / dolní). Upnutí spočívá v dotažení upínací matice na upínku, která se opírá o součást. Frézování probíhá na horizontální frézce. Použité nástroje jsou stopková fréza a fréza korunková.



Obr. 12 Frézovací přípravek.

2.4.2 Návrh sloučení výrobních operací C, D a E

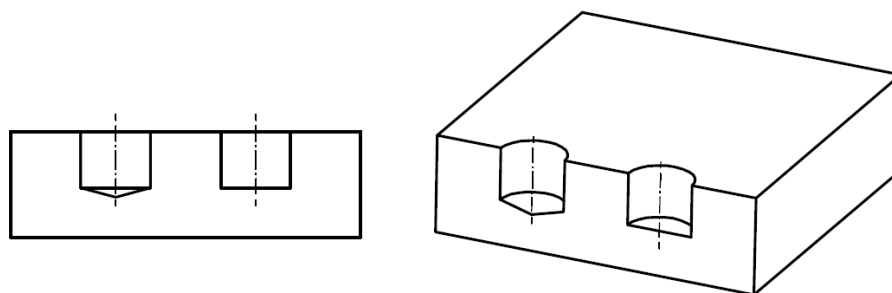
Při návrhu nové výrobní operace je brán důraz na maximální využití původních nástrojů. Ze strojového parku firmy byla pro případnou realizaci vybrána CNC frézka značky DOOSAN, konkrétně typ DNM 500 II vybavená děličkou (obr. 3) [17].

Tabulka 21 – návrh nové výrobní operace.

Návrh nové operace			
Operace	Pracoviště	Název	Popis
Nová (CDE)	obrobna NC	NC obrábění	Navrtat díry XF, frézovat díry XF na XG. Frézovat drážku XH do hloubky XI, drážku XJ do hloubky XK.

Z původního výrobního postupu je zachována většina použitých nástrojů až na vrták s upraveným úhlem špičky. Ten je nahrazen stopkovou frézou menšího průměru, tzn. konečné rozměry díry jsou po navrtání frézovány namísto vrtání.

Přesněji: do dna předvrtané díry XF zajede fréza a kruhovou interpolací vyfrézuje díru na požadovaný průměr a zarovná dno díry [5]. Tím vznikne ploché dno díry bez kuželového zakončení (porovnání na obr. 13).



Obr. 13 Porovnání výsledku technologií výroby děr.

Tab. 22 popisuje návrh nového výrobního postupu již s novou operací. Podrobný popis jednotlivých úkonů nové operace je předmětem tab. 23.

Tabulka 22 – návrh nového postupu výroby součásti – objímka horní.

Operace	Pracoviště	Název	Popis
A	omílání	Omílání	Omílat na hrubo, vysušit.
B	zámečnické	Zámečnické práce	Razit prolisy, razit znak ALFA-PROJ.
Nová (CDE)	obrobna NC	NC obrábění	Navrtat díry XF, frézovat díry XF na XG. Frézovat drážku XH do hloubky XI, drážku XJ do hloubky XK.
F	OTK	Kontrola	Kontrolovat hloubku XI a XK.
G	obrobna	Vrtání	Zahloubit díry XL do hloubky XM, díry XN do hloubky XO.
H	zámečnické	Ruční úprava	Brousit otřepy, vady povrchu.
I	omílání	Omílání	Omílat po broušení.
J	kooperace	Kalení	Cementovat do hloubky XP, kalit, popustit na XQ.
K	omílání	Omílání	Omílat na čisto.
L	kooperace	Niklování	Niklovat - NiP XR.
M	zámečnické	Zámečnické práce	Kontrolovat rovinnost XS, křivé kusy rovnat.
N	obrobna	Vrtání	Po povrchové úpravě pročistit díry XN a XG.

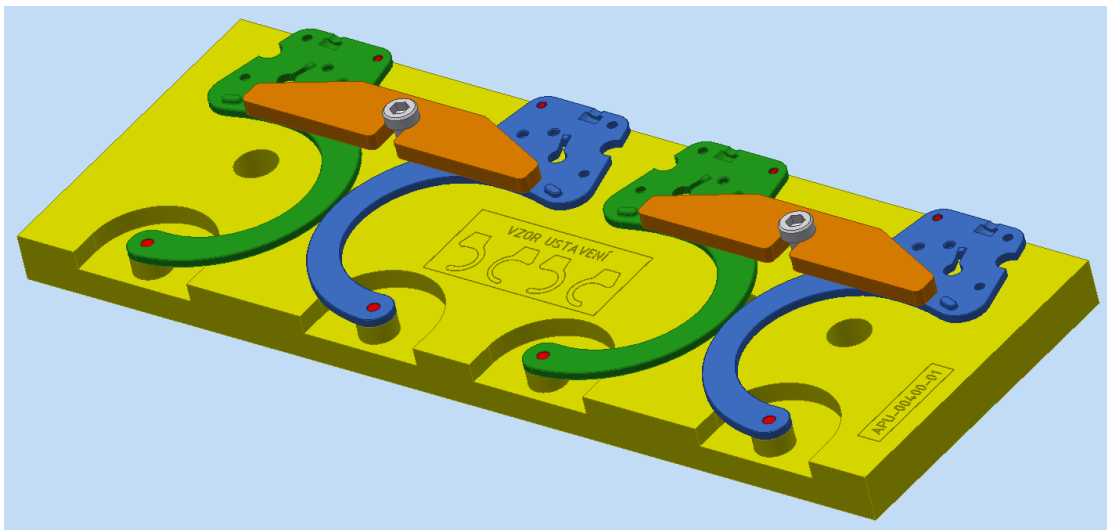
Tabulka 23 – rozbor úkonů nové operace.

Úkony nové operace				
Operace	Úkon		Nástroj	Popis
Nová (CDE)	1.	Navrtání	šroubovitý vrták	Navrtat díry XF.
	2.	Frézování	stopková fréza	Frézovat díry XF na XG.
	3.	Rotace děličky	-	Rotovat stůl děličky v ose A o 90°.
	4.	Frézování	stopková fréza	Frézovat drážku XH do hloubky XI.
	5.	Frézování	korunková fréza	Frézovat drážku XJ do hloubky XK.

Přípravek umožňující provést všechny úkony nové operace (tab. 23) je předmětem následující kapitoly (kap.3).

3 NÁVRH PŘÍPRAVKU

Přípravek je koncipován jako vícenásobný upínač [18], kde se jedná o upnutí 4 součástí, přesněji 2x objímka horní (obr. 14 – zeleně zvýrazněná součást) a její zrcadlovou kopii 2x objímku dolní (obr. 14 – modře zvýrazněná součást). Počet součástí obráběných na jedno upnutí souvisí s potřebným počtem kusů pro montáž kompletní sestavy pout.



Obr. 14 Návrh přípravku.

3.1 Použité strojní vybavení

Stroj určený pro výrobu zadané součásti je tříosá CNC frézka značky DOOSAN doplněna o dělicí přístroj (viz obr. 15 a tab. 24) [19].



Obr. 15 DOOSAN DNM 500 II [19].

Tabulka 24 – detaily CNC frézky DOOSAN [19].

DOOSAN DNM 500 II 12K		
Technická data		
Rozměry upínací plochy stolu	1200 x 540	[mm]
Délka drah stolu a vřetena (X; Y; Z)	1020; 540; 510	[mm]
Rychloposuv (X; Y; Z)	36; 36; 30	[m.min ⁻¹]
Pracovní posuv	15	[m.min ⁻¹]
Výkon vřetena	15	[kW]
Maximální otáčky	12 000	[min ⁻¹]
Kapacita zásobníku	30	[ks]
Čas výměny nástroje	1,3	[s]
Upínací systém	ISO 40	[-]

Pomocí děličky (obr. 3) je možno dosáhnout jakékoli polohy v rozsahu 360° (osa A). Pro novou operaci je třeba poloh – 0° (výchozí vodorovná poloha) a rotaci o 90°. První poloha – vodorovná – slouží k upnutí a odepnutí součástí a následnému obrábění neprůchozích děr. Poloha druhá – otočení stolu děličky o 90° – umožňující frézovat drážky ve svislé poloze přípravku.

3.2 Sestava přípravku

Přípravek se skládá z:

- upínka 2x,
- základová deska,
- polohovací čep válcový,
- polohovací čep zploštělý,
- ustavovací čep válcový 4x,
- ustavovací čep zploštělý 4x,
- šroub M6 2x.

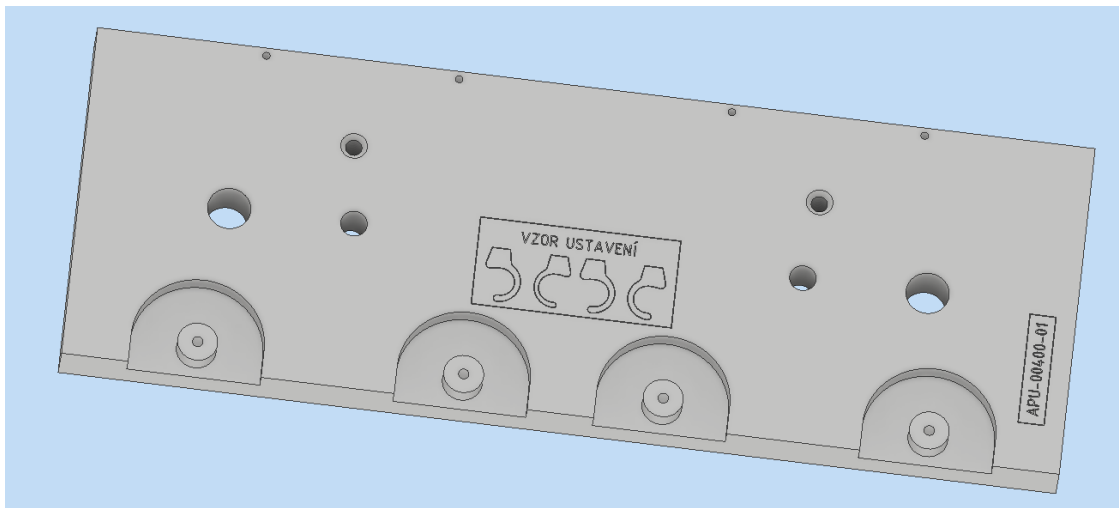
Kompletní dokumentace přípravku je předmětem příloh č. 4 až 11.

3.2.1 Základová deska

Základová deska přípravku je vyrobena z oceli ČSN 41 1523. Zvolený materiál je firmou používán pro výrobu jiných přípravků, důvody jsou možnost tepelného zpracování, svařitelnost a dostačující minimální mez kluzu $R_{eH} = 355$ MPa [17, 20].

Polotovarem desky je obdélníkový profil válcovaný za tepla o rozměrech P20–120x305 dle normy ČSN 42 5310. Dostupnost polotovaru ověřena u dodavatele [21].

V základové desce je rozmístěno 5 druhů průchozích děr. Tyto díry lze rozdělit na díry umožňující spojení přípravku se stolem děličky a díry potřebné k upnutí a ustavení součástí. Dále jsou v základové desce čtyři technologické zahloubení umožňující snazší manipulaci se součástmi. Na základě poznatků týkajících se jiných přípravků je na volné ploše základové desky gravírován vzor ustavení a označení přípravku (viz obr. 16).

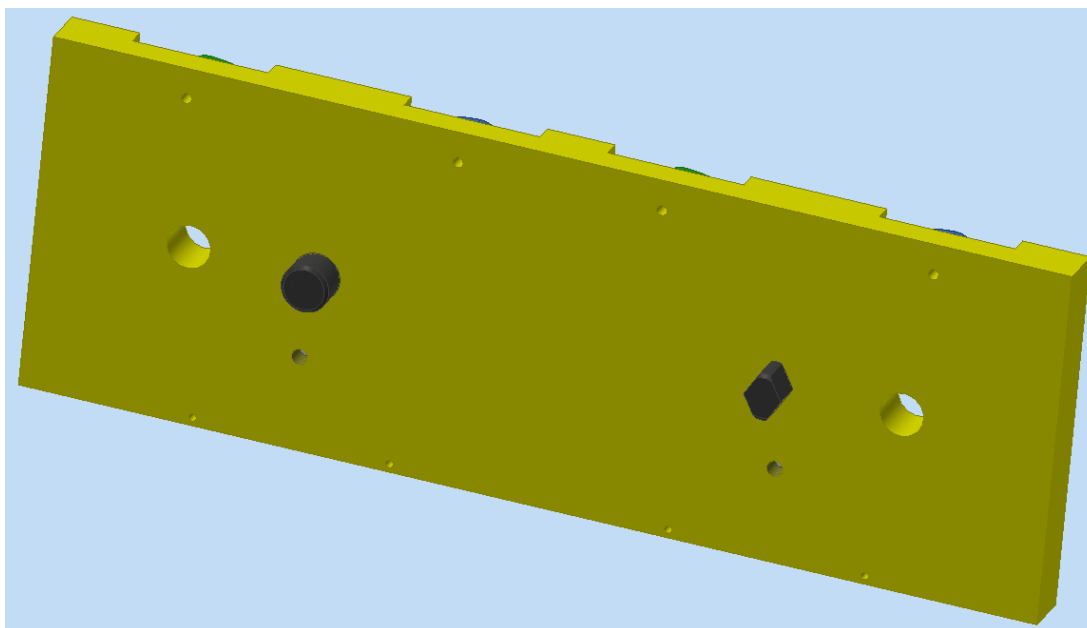


Obr. 16 Základová deska přípravku.

3.2.2 Upnutí a ustavení přípravku

Ustavení přípravku je provedeno dvojicí polohovacích čepů (válcový a zploštělý) [24]. Tyto čepy ustavují základní desku vůči stolu děličky do přesných děr (obr. 17). Samotné ustavení čep – díra je realizováno uložení přechodným H7/n6, které patří mezi doporučené uložení v soustavě jednotné díry [22]. Dvojice válcový – zploštělý čep je vybrána na základě vyrovnání radiální vůle vzniklé vzdáleností děr na součásti [18].

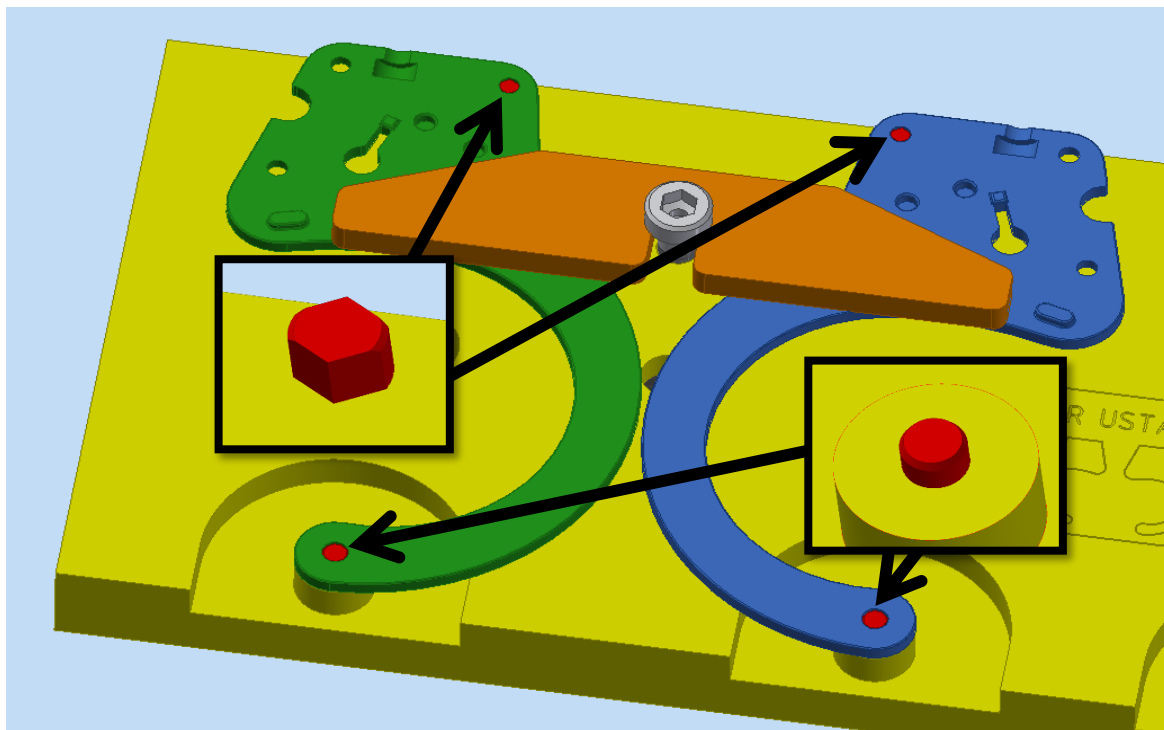
Upnutí je záležitostí dvou šroubů M12, které skrz díry $\varnothing 13$ upínají základovou desku do závitů stolu děličky. Šrouby samotné nejsou součástí sestavy přípravku.



Obr. 17 Polohovací čepy.

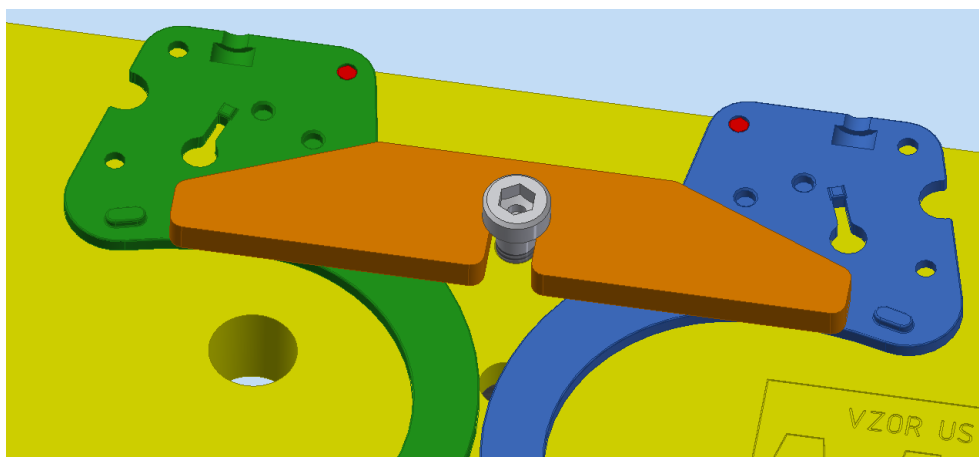
3.2.3 Ustavení a upnutí součástí

Ustavení každé ze čtyř objímek je provedeno pomocí rovinné plochy základové desky a dvojicí ustavovacích čepů (válcový a zploštělý). Detail ustavovacích čepů znázorňuje obr. 18.



Obr. 18 Detail ustavovacích čepů.

Upnutí součástí (obr. 19), přesněji dvojice součástí, zajišťuje upínka se šroubem M6 [23, 24]. Tvar a velikost upínky jsou konstruovány s ohledem na jednoduchou montáž a demontáž upínky při obrábění. Drážka v upínce umožňuje zanechat upínací šroub v základové desce během výměny součástí. Vzhledem k řádově malým silám při vrtání a frézování během nové operace není potřeba využít rozdělovače tlaků.



Obr. 19 Upnutí součástí.

3.2.4 Hmotnost přípravku

Tabulka 25 – Hmotnost přípravku [25].

Název položky	Hmotnost [kg]	Počet [-]
Základová deska	3,530	1
Upínka	0,062	2
Polohovací čep válcový	0,020	1
Polohovací čep zploštělý	0,010	1
Ustavovací čep válcový	0,001	4
Ustavovací čep zploštělý	0,001	4
ŠROUB M6 x 16	0,005	2
Celková hmotnost	3,702	

Hmotnost přípravku (viz tab. 25) nepřekračuje hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene během směny, a to jak u muže, tak u ženy. Tudiž není potřeba využít mechanizaci, která je používána u přípravků o vyšší hmotnosti [26].

3.3 Použitý software

Obrazové podklady, veškerá výkresová dokumentace a výpočet hmotností je vytvořen pomocí programu Inventor Professional 2018 společnosti Autodesk.

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení je provedeno pouze rámcově, není povoleno zveřejnit firemní údaje. Dále se jedná pouze o návrh, který nebyl realizován. Tudíž nelze stanovit přesné strojní a vedlejší časy z NC kódu.

Návrh nové operace (kap. 2) společně s přípravkem (kap. 3) umožňuje sloučit tři operace stávajícího technologického postupu v jednu. Tato úprava technologického postupu umožňuje realizovat obrábění na jedno upnutí pomocí jednoho přípravku oproti dvěma upnutím na dva přípravky. Další výhody již plynou z využití CNC frézky.

Výhody:

- snížení počtu operací,
- minimalizace lidského faktoru,
- kratší strojní a vedlejší časy,
- nižší nároky na kvalifikaci obsluhy,
- možnost využít progresivnější metody obrábění,
- snížení počtu manipulací s materiálem.

Nevýhody:

- výroba nového přípravku, dokumentace, technologického postupu,
- nákup nových normalizovaných dílů,
- tvorba nového NC kódu,
- zaučení obsluhy,
- nákup nového nástroje (zde monolitní fréza).

5 DISKUZE

5.1 Návrh nové operace – objímka ručních pout

Mezi možné vylepšení dané operace by mohlo být zařazeno rozšíření operace o další obráběcí operaci, při které jsou zahloubeny díry aktuálně využívané k ustavení objímky. Touto změnou by došlo ke kompletnímu přesunutí obráběcích operací na CNC stroje.

5.2 Přípravek

Návrh přípravku pro novou operaci je navržen s ohledem na co nejjednodušší a nejlevnější výrobu. Přípravek by mohl být dále upraven z hlediska ergonomie např. zaoblení hran základové desky. Dále by bylo vhodné provést revizi již používaných přípravků podobného typu vzhledem k jejich možným problémům. Revize by se mohla skládat z použitých materiálů a jejich tepelného zpracování, typy upínačů aj.

5.3 Technicko-ekonomické zhodnocení

Do zhodnocení lze výhledově zahrnout posouzení efektivity výroby za pomoci upravovaných nástrojů (převážně z rychlořezné oceli), jako je vrták s upraveným úhlem špičky, oproti např. povlakovaným nástrojům nebo nástrojům s VBD.

Na základě velikosti vyráběných sérií by mohlo být přistoupeno k výrobě dalších přípravků s možností upnutí na jiné CNC stroje. Popř. na stůl děličky stroje DOOSAN by vzhledem ke své velikosti mohly být umístěny přípravky dva.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce je vytvořit rozbor výrobních technologií firmy ALFA – PROJ spol. s r.o. a dále na základě podnětu od vedení firmy navrhnout úpravu výrobního postupu pout.

Rozbor výrobních technologií je orientován na součást – ocelové tělo revolveru. Tato součást je vybrána na základě poznatku, že k její výrobě je potřeba téměř všech dostupných výrobních technologií firmy. Dále je představena technologie EDM, kterou firma využívá k výrobě rozměrově menších součástí.

Druhá část bakalářské práce je zaměřena na řetízková pouta RALKEM 9924. Vedením firmy je iniciován rozbor stávající výroby pout za účelem zefektivnění výroby. Na základě rozboru je určena součást – objímka pout, která je předmětem návrhu úpravy technologického postupu. Hlavním kritériem vedení je nahradit ve stávajícím postupu konvenční stroje (zde frézky a stojanové vrtačky) stroji CNC.

Výstupem je návrh nové výrobní operace, výběr stroje a kompletní výkresová dokumentace přípravku pro novou operaci.

Tři operace stávajícího technologického postupu jsou nahrazeny novou operací, která se skládá z pěti úkonů. Frézky a stojanové vrtačky jsou nahrazeny tříosou CNC frézku značky DOOSAN. Přípravek je konstruován jako vícenásobný upínač pro celkem 4 objímky pout, konkrétně dvě objímky horní a dvě objímky dolní (montážní jednotka).

Hlavní výsledky:

- a) Rozbor výrobních technologií:
 - seznámení s kompletní výrobou hlavní části zbraně – ocelové tělo,
 - použití technologie EDM – výroby nábojových klipů.
- b) Řetízková pouta RALKEM 9924:
 - charakteristika sestavy pout,
 - výběr součásti – objímka ruční, objímka dolní,
 - rozbor stávajícího výrobního postupu součásti,
 - seznámení s přípravky stávající výroby,
 - návrh nového postupu výroby na základě předešlých poznatků,
 - nová operace s rozpisem úkonů.
- c) Návrh přípravku
 - výběr CNC frézky DOOSAN,
 - dělička – polohy natočení osy A,
 - návrh přípravku – výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Představení společnosti ALFA – PROJ spol. s r. o.*: Neveřejný interní dokument. Brno, 2017.
- [2] *Výkres součásti - Ocelové tělo*: Neveřejný interní dokument. Brno.
- [3] *Technologický postup výroby součásti - Ocelové tělo*: Neveřejný interní dokument. Brno.
- [4] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění - 1. část* [online]. Brno, 2003. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně.
- [5] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění - 2. část* [online]. Brno, 2004. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně
- [6] DeMeet - 400. *WHP Technik* [online]. Brno: WHP Technik [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.whp.cz/files/mt20060301demeet.pdf>
- [7] Kompaktní černicí zařízení. *CHEMO-PHOS CZ, s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.chemo-phos.cz/zarizeni/dewe-brunofix-gmbh-1/>
- [8] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění - 3. část* [online]. Brno, 2005. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. VUT v Brně.
- [9] Chmer G32S: CNC drátová řezačka. *Chmer* [online]. Taiwan, 2014 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.chmer.com/products-view.php?id=3>
- [10] *Téma: Využití EDM firmou ALFA – Proj spol. s r.o.*: Interview s Danielem HLAVAČKOU, konstruktér ALFA – Proj spol. s r.o. Brno, 2018.
- [11] Revolvery Alfa Para. *Střelecká revue* [online]. Praha: Pražská vydavatelská společnost, 2010(4), 8-12 [cit. 2018-05-10]. ISSN 0322-7650. Dostupné z: <http://www.alfa-proj.cz/picture/Strelecka-revue/alfa-para.pdf>
- [12] *Téma: Výběr součásti*: Interview s Tomášem VEPŘEKEM, projektový manažer ALFA – Proj spol. s r.o. 2018.
- [13] *Návod k obsluze pout 9924, 9927*. Brno: ALFA – Proj spol. s r.o.
- [14] *Výkres sestavy - Pouta RALKEM 9924*: Neveřejný interní dokument. Brno: ALFA – Proj spol. s r.o.
- [15] *Výkres součásti - Objímka ruční*: Neveřejný interní dokument. Brno: ALFA – Proj spol. s r.o.
- [16] *Technologický postup výroby součásti - Objímka horní*: Neveřejný interní dokument. Brno: ALFA – Proj spol. s r.o.
- [17] *Téma: Použité technologie výroby objímky horní*: Interview s Gabrielem FOLKMEREM, technolog ALFA – Proj spol. s r.o. Brno, 2018.

- [18] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. 2003. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2336-6.
- [19] *DOOSAN DNM 500: CNC frézka* [online]. c2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://www.doosanmachinetools.com/usa/en/product/detail.do?CATEGORY_ID=mtus020200&PRODUCT_ID=mtusp0025&MODEL_ID=mtusd0078
- [20] ČSN 41 1523. *Ocel 11 523: Materiálový list*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [21] Konstrukční ocel plochá: Ocel 11 523. *Bogner Edelstahl Czech Republic s.r.o.* [online]. Žebrák [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.bogner.cz/16-konstrukcni-ocel-valcovana-kovana.html?podskupina=Ploch%C3%A1#produkty>
- [22] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 4. doplněné vydání. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [23] ČSN EN ISO 4762. *Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [24] ČSN 24 3671. *Upínací nářadí. Středicí čepy zploštělé. Polotovary*. Praha: Český normalizační institut, 1942.
- [25] *Výpočet hmotnosti pomocí softwaru: Autodesk Inventor Professional 2018*. 2018.
- [26] Ruční manipulace s břemeny. In: § 28 NV č. 361/2007 Sb.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
NC	-	Numerical Control – číslicové řízení
CNC	-	Computer Numerical Control – číslicové řízení pomocí počítače
EDM	-	Electric Discharge Machining – elektroerozivní obrábění
VBD	-	Vyměnitelná břitová destička

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Souhlas s pořízením a použitím fotografií
Příloha 2	Zapůjčení součásti a zboží
Příloha 3	Návod k obsluze pout 9924, 9927
Příloha 4	Výkres sestavy APU-00400-00_L1 Přípravek
Příloha 5	Výkres sestavy APU-00400-00_L2 Seznam položek
Příloha 6	Výkres součásti APU-00400-01 Základová deska
Příloha 7	Výkres součásti APU-00400-02 Upínka
Příloha 8	Výkres součásti APU-00400-03 Polohovací čep válcový
Příloha 9	Výkres součásti APU-00400-04 Polohovací čep zploštělý
Příloha 10	Výkres součásti APU-00400-05 Ustavovací čep válcový
Příloha 11	Výkres součásti APU-00400-06 Ustavovací čep zploštělý