VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH VÝROBNÍHO PROCESU SOUČÁSTI "PŘEPOUŠTĚCÍ VENTIL" V NĚKOLIKA VARIANTÁCH

DESIGN OF THE MANUFACTURING PROCESS FOR THE "OVERFLOW VALVE" COMPONENT IN SEVERAL VARIANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Lenka Laštovičková
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. Milan Kalivoda
SUPERVISOR

BRNO 2018

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Studentka:	**Lenka Laštovičková**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	**Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok:	2017/18

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

Návrh výrobního procesu součásti "přepouštěcí ventil" v několika variantách

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma zabývající se teoretickými návrhy výroby specifické součásti. Je požadována znalost moderních technologií včetně celkového přehledu výrobců současných obráběcích strojů, nářadí, příslušenství a měřicích zařízení.

Cíle bakalářské práce:

– Konstrukční rozbor montážní sestavy zadané součásti
– Posouzení funkčnosti součásti a vhodnosti použitého materiálu
– Návrh výrobního procesu
– Přiřazení strojového zařízení
– Vybavení příslušenstvím, nářadím a měřidly
– Technicko–ekonomické zhodnocení

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.

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.

ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-21--2336-6.

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

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc. ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem výrobního procesu pro strojní součást přepouštěcí ventil. Obsahuje konstrukční rozbor, výběr materiálu, porovnává vybrané způsoby výroby, jako jsou odlévání, frézování a řezání laserem, a jejich finanční náročnost. V práci je též popsána funkce výrobku v sestavě základní ventil.

Klíčová slova

přepouštěcí ventil, tlumící patrona, vidlice, obrábění, řezání laserem

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the design of the manufacturing process for the mechanical component of the owerflow valve. It includes structural analysis, material selection, compares selected manufacturing methods such as casting, milling and laser cutting, and their cost-effectiveness. The thesis also describes the function of the product in the base valve assembly.

Key words

Owerflow valve, damping cartridge, fork, machining, laser cutting

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LAŠTOVIČKOVÁ, Lenka. *Návrh výrobního procesu součásti "přepouštěcí ventil" v několika variantách*. Brno 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojní technologie. 41 s. 7 přílohy. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh výrobního procesu součásti "přepouštěcí ventil" v několika variantách** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum	Lenka Laštovičková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce a svým rodičům, kteří mě ve studiu podporují.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 6
PODĚKOVÁNÍ 7
OBSAH 8
ÚVOD 10
1 KONSTRUKČNÍ ROZBOR SESTAVY ZADANÉ SOUČÁSTI 11
1.1 Výkresy 11
1.2 Rozbor kót a uložení 12
2 VOLBA MATERIÁLU 13
3 FUNKCE VÝROBKU 14
4 NÁVRH VÝROBNÍHO PROCESU 15
4.1 Řezání laserem 15
4.2 Odlévání 17
4.3 Obrábění universálními stroji 18
5 VÝBĚR STROJOVÉHO ZAŘÍZENÍ 19
5.1 TruLaser 3050 19
5.2 SPDX-1000P - Soustruh na kov s digitálním odměřováním 20
5.3 Frézovací stroje: "kompaktní" CNC router 21
5.4 Stolní vrtačko-frézka F 10 gL 22
6 NÁŘADÍ A MĚŘIDLA 23
6.1 Soustružnický nástroj 23
6.2 Fréza 24
6.3 Digitální posuvné měřidlo 24
6.4 CRYSTA-Apex EX 9166T 25
7 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ 26
7.1 Odpad 26
7.2 Čas pro jeden kus 29
7.3 Spotřeba energie 31
7.4 Porovnání výsledků 32
8 DISKUSE 33
8.1 Stroje, nástroje 33
8.2 Namáhání 34
8.3 Digitální posuvné měřidlo 34

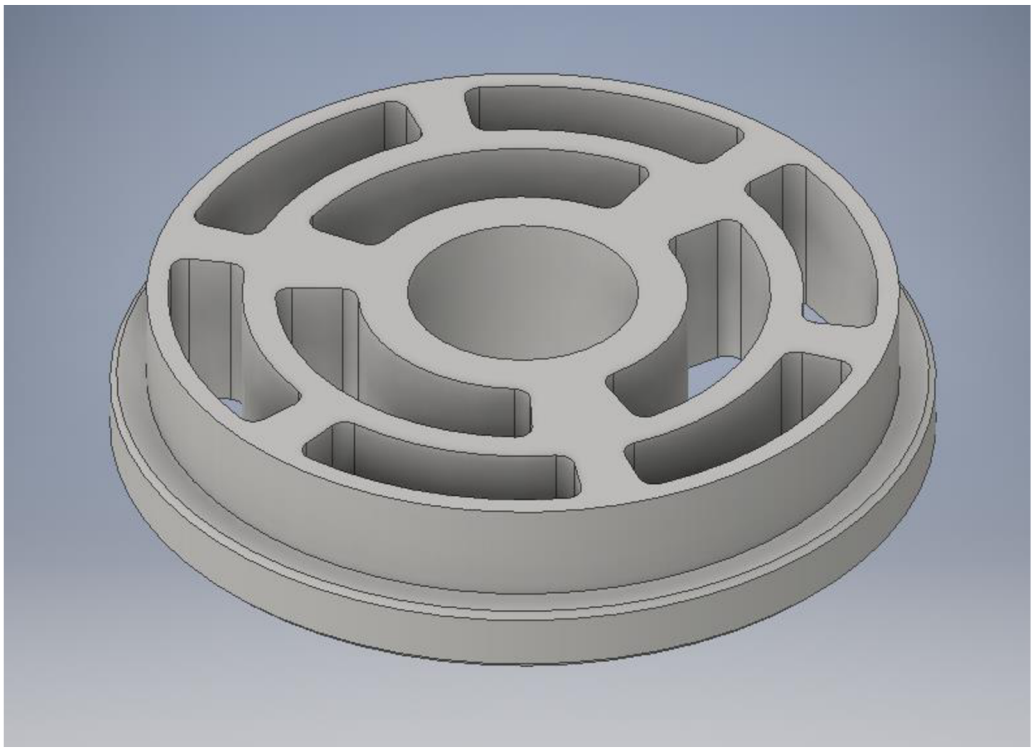
ZÁVĚR 35
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 36
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 39
SEZNAM PŘÍLOH 41

ÚVOD

Bakalářská práce vznikla na základě zjištěného poškození přepouštěcího ventilu, viz obr. 1, který je součástí tlumicí patrony. Poškození bylo zjištěno při pravidelné výměně tlumicího oleje, což zahrnuje rozebrání tlumicí patrony. Při této příležitosti je doporučeno výrobcem vizuálně zkontrolovat všechny díly. Tlumicí patrona byla součástí vidlice FOX 40, která je používána na závodní sjezdová kola. Z důvodů rychlého vývoje a výrazné konstrukční změny tlumicí patrony již není možné zakoupení tlumicí patrony ani jednotlivých náhradních dílů. Existuje možnost koupit celý obsah vidlice tj. nový typ tlumicí patrony, ale z ekonomických důvodů jsem se rozhodla pro návrh a výrobu náhradního dílu.

Pro výrobu přepouštěcího ventilu bylo osloveno několik firem s odlišnou technologií výroby. Původní díl byl sériově vyráběn odléváním a jeho následným strojním opracováním. Jelikož není finančně výhodné odlévání kusové výroby, byl tento způsob výroby zavržen. Jedna z oslovených firem se zabývá výrobou součástí technologií obrábění, druhá se specializuje na výrobu součástí technologií řezání laserem a následným obráběním.

V bakalářské práci bude uvedena základní charakteristika obou způsobů výroby, jejich technická dokumentace, použité stroje, nástroje, měřidla a finanční náročnost pro kusovou výrobu s ohledem na použitý materiál. Předmětem bude i doložení původního způsobu výroby.

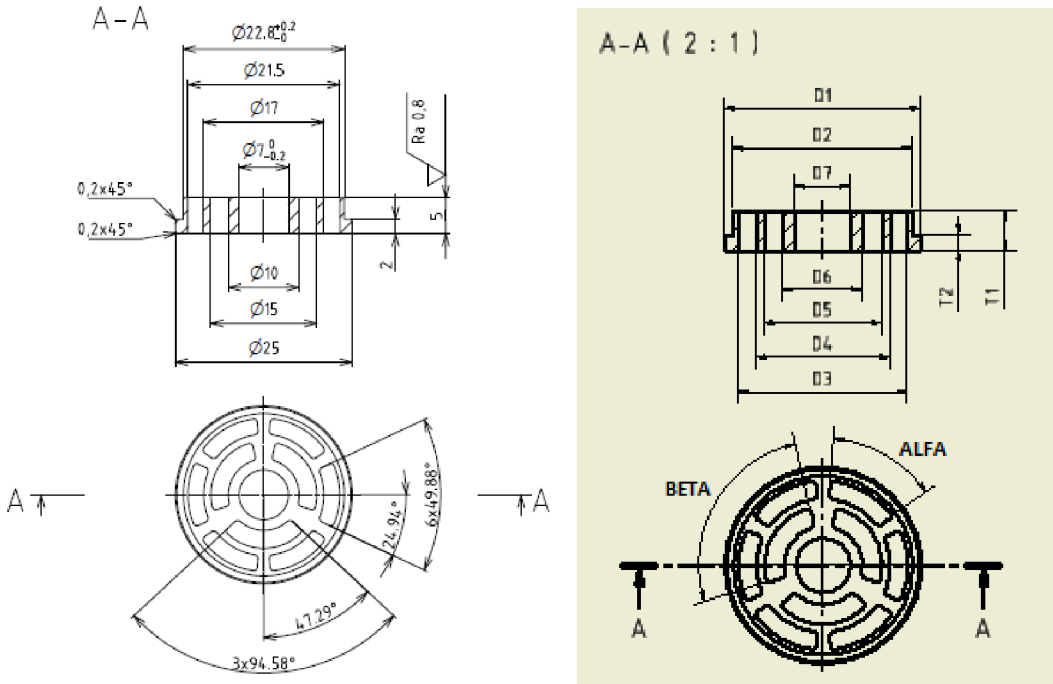


Obr. 1 Přepouštěcí ventil.

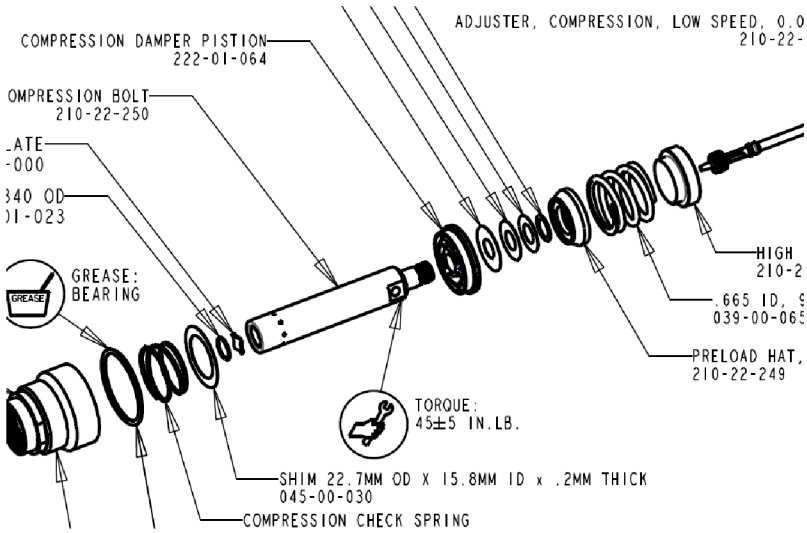
1 KONSTRUKČNÍ ROZBOR SESTAVY ZADANÉ SOUČÁSTI

1.1 Výkresy

Rozměry přepouštěcího ventilu jsou zobrazeny na obr. 1.11. Přepouštěcí ventil je součástí tlumicí patrony, viz obr. 1.12, kde je ventil označován jako *compression damper pistion*. [11]

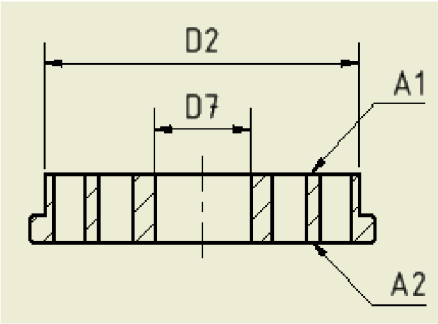


Obr. 1.11 Přepouštěcí ventil.



Obr. 1.12 Sestava části tlumicí patrony. [11]

1.2 Rozbor kót a uložení



Obr. 1.2 Přepouštěcí ventil.

Na vnější čelní plochy A1, A2, viz obr. 1.2, doléhají těsnící planžety, a proto je zde kladen důraz na kvalitu povrchu.

Rozměry D2, D7, viz obr. 1.2, jsou opatřeny tolerancemi vyhovující uložení.

Díry přepouštěcího ventilu zajišťují určitý průtok oleje a závisí tedy na jejich celkové ploše. Průtok je ale regulován planžetami a jehlou a proto rozměry děr nemusejí splňovat přísnější tolerance.

2 VOLBA MATERIÁLU

Volba materiálu je velmi důležitá a je ovlivněna několika aspekty. Přepouštěcí ventil je zatěžován provozní teplotou od 60 do $80\,°C$, síly působící na výrobek nejsou zanedbatelné, váha závodních kol by měla být co nejnižší. Snižování váhy i těch nejmenších komponent výrazně ovlivní celkovou váhu kola. Volba materiálu je závislá i na chemické stálosti a odolnosti vůči tlumicímu oleji. Na korozivzdornosti materiálu nezáleží, jelikož ta je zajištěna tlumicím olejem. [7]

Kritéria pro volbu materiálu:

- hustota/ hmotnost,
- chemická stálost,
- mez pevnosti v tahu,
- cena.

Tato kritéria jsou porovnávána v tab. 2.

Tab. 2 Vlastnosti materiálů. [2, 3, 4, 13, 21, 27, 31]

Materiál	Ocel	Dural	Korozivzdorná ocel
Mez pevnosti v tahu $[MPa]$	$470 - 630$	420	$1\,000 - 1\,200$
Hustota $[kg \cdot m^{-3}]$	7 850	2 800	8 000
Váha ventilu $[g]$	10,3	3,7	10,5
Cena za kilogram $[Kč \cdot kg^{-1}]$	20	405	95
Chemické označení	–	AlCu4Mg	42CrMo4
Označení dle normy	ČSN 11 523	ČSN 424203	ČSN 15 14

Ocel

Hlavní nevýhodou je hmotnost.

Dural - AlCu4Mg

Mechanické vlastnosti materiálu jsou vyhovující a hmotnost je z vybraných materiálů nejpříznivější, z těchto důvodů byl zvolen dural.

Korozivzdorná ocel - 42CrMo4

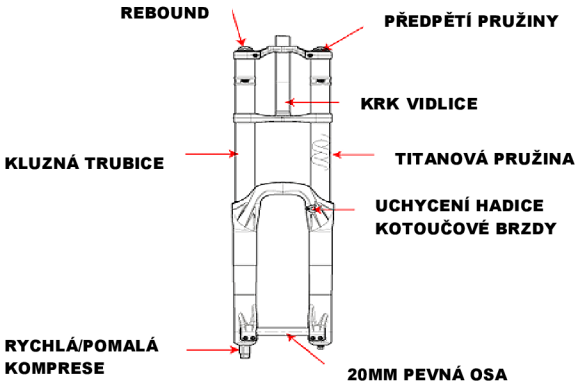
Hlavní nevýhodou korozivzdorné oceli je její hmotnost. Další neméně podstatnou nevýhodou je cena za materiál a jeho opracování.

3 FUNKCE VÝROBKU

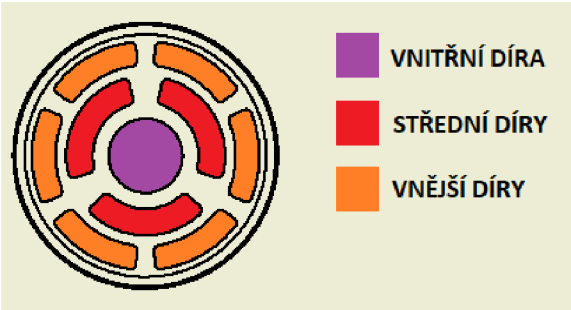
Tlumicí olej je přepouštěn přes přepouštěcí ventil z jedné části komory tlumicí patrony do druhé. Chod vidlice je ovlivňován průtokem oleje, který je řízen přepouštěcím ventilem. Nastavení vidlice je individuální. Pracovní rozsah vidlice s ohledem na váhu a preference jezdce lze nastavit čtyřmi otočnými mechanismy, tj. předpětí titanové pružiny, odskok, rychlá a pomalá komprese, viz obr. 3.1.

V levé noze vidlice je titanová pružina, jejíž předpětí je nastavováno. Volbou pružiny a jejím předpětím je nastavován SAG, tj. hodnota stlačení při statickém zatížení jezdcem.

V pravé noze vidlice je tlumicí patrona, která obsahuje dva přepouštěcí ventily. Prvním je ovlivňován průtok tlumicího oleje při roztahování vidlice, tj. odskok. Druhým je ovlivňován průtok tlumicího oleje při stlačování vidlice, tj. komprese, tento ventil byl poškozen a je předmětem bakalářské práce. Komprese je nastavována ve dvou rychlostních stupních. Při pomalém zatížení je olej přepouštěn pouze vnitřní dírou, viz obr. 3.2, jejíž průtok je škrcen jehlou. Střední díry jsou přikryty planžetami, které jsou přitlačovány předpjatou pružinou. Při rychlém zatížení je tato pružina stlačena, planžety ohnuty a olej je přepouštěn vnitřní dírou i středními dírami přepouštěcího ventilu. Předpětí pružiny a průtok škrcený jehlou lze nastavit. Vnější díry jsou překryty planžetou tak, že olej jimi teče pouze při roztahování tlumiče.



Obr. 3.1 Pohled zepředu na vidlici FOX 40. [10] - upraveno



Obr. 3.2 Přepouštěcí ventil (popis děr).

4 NÁVRH VÝROBNÍHO PROCESU

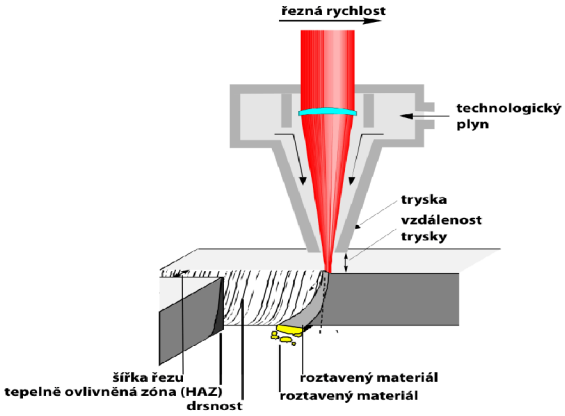
Výrobek se stejnými vlastnostmi a funkcí je možné vyrobit různými technologiemi, které lze libovolně zaměnit s ohledem na určitá kritéria, z nichž jedno je zaměřeno na finanční náročnost výrobku. Ta je závislá na sériovosti výroby, viz tab. 4. Mezi způsoby výroby součásti je řazeno např. obrábění na universálních strojích, CNC obrábění, řezání laserem, odlévání nebo 3D tisk.

Tab. 4 Volba výrobního procesu odvíjející se z ceny výrobku.

Sériovost	$\frac{Kč}{ks} bez\ DPH$		
	Frézování strojní (neautomatické)	Laser	Odlévání
1	$\frac{0 + 1 \cdot 250}{1 \cdot 1} = 250$	$\frac{600 + 1 \cdot 100}{1 \cdot 1} = 700$	-
4	$\frac{0 + 4 \cdot 250}{4 \cdot 1} = 250$	$\frac{600 + 4 \cdot 100}{4 \cdot 1} = 250$	-
5	-	$\frac{600 + 5 \cdot 100}{5 \cdot 1} = 220$	$\frac{20\,000 + 5 \cdot 200}{5 \cdot 10} = 420$
1000	-	$\frac{600 + 1000 \cdot 100}{1000 \cdot 1} = 100{,}6$	$\frac{20\,000 + 1000 \cdot 200}{1000 \cdot 10} = 22$
$\frac{e + f \cdot g}{f \cdot i} = j \ldots vstupní\ parametry$ e- cena za program či model f- počet kusů g- cena za 1 ks bez nákladů na program či model i - počet ks zhotovitelných najednou j- výsledná cena výrobku		Pozn.: cenové relace byly převzaty z prostředí firmy.	

4.1 Řezání laserem

Řezání laserem, viz obr. 4.11 a obr. 4.12, je vhodné pro rovinné výrobky, plechy nebo kotouče složitých tvarů bez osazení. Optickým kabelem nebo systémem zrcadel je paprsek doveden od zdroje do řezací hlavy, kde je zaostřen do přesně definovaného ohniska, které je nastavováno dle typu a tloušťky řezného materiálu. Moderní systémy jsou schopny plynule měnit rychlost posuvu, výkon laseru, a další parametry, což umožňuje přesnější a detailnější řezání s menším teplotním dopadem na výrobek i okolní materiál. [8]



Obr. 4.11 Princip laserového řezání. [12]

Pro řezání laserem je potřeba vytvořit program obsahující dráhy řezné hlavy pro vyříznutí součásti. Program je vytvořen na základě elektronické formy výkresu. Výkres je vytvořen například programem AutoCAD 2017, takovýto výkres má příponu .dwg.

Obr. 4.12 Řezání laserem. [8]

Výhody:

- v dusíkové atmosféře vzniká dokonale hladký lesklý řez,
- tloušťka řezné spáry se pohybuje od 0,1 do 0,5 mm,
- optimální poměr cena – kvalita,
- malá část nevyužitého materiálu,
- do 5 mm tloušťky je možné řezání i velice detailních dílů.

V případě výroby součásti s osazením je nutné ji dodatečně upravit. U rotační součásti je možné osazení a drsnost funkčních ploch obrobit např. soustružením.

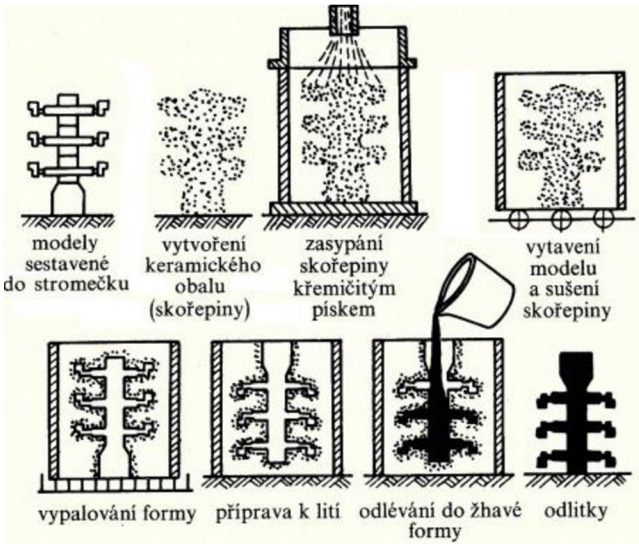
Kusová a malosériová výroba pomocí laseru je výhodná u rovinných součástí složitějších tvarů.

4.2 Odlévání

Sléváním jsou vyráběny předměty velmi složitého tvaru, které lze jen těžko vyrobit obráběním nebo tvářením. Odlitek získaný ztuhnutím kovu ve formě je již buď hotový výrobek, který nemá příliš náročné tolerance, nebo je dále mechanicky opracováván.

U drobných a přesných součástí je místo dřevěných nebo kovových modelů používán vytavitelný model, nejčastěji vosková směs.

Jedním ze způsobů slévání je přesné lití, viz obr. 4.2, kde je voskový model namočen do obalovací hmoty a zasypán křemičitým pískem. To je několikrát opakováno, dokud není materiál dostatečně zhutněn. Forma i s modelem je následně zasypána a strojně pěchována. Po ztuhnutí je vosk vytaven a do vzniklé dutiny je roztavený kov dopraven metodou tlakového lití. [14]



Obr. 4.2 Přesné lití. [14]

Dodatečné opracování po odlévání je komplexnější, než u jiných způsobů výroby. Nejdříve jsou odlitky vytloukány z forem, zbavovány vtoků, nálitků, nečistot a opravovány. Funkční a dosedací plochy jsou nakonec opracovány obráběním.

Výroba formy pro odlévání je poměrně náročná, a proto tato metoda není vhodná pro kusovou výrobu. Forma je vícenásobná, viz obr. 4.2. Při sériové výrobě se náklady na výrobu formy rozmělní mezi počet vyrobených kusů a tím cena výrobků výrazně klesne.

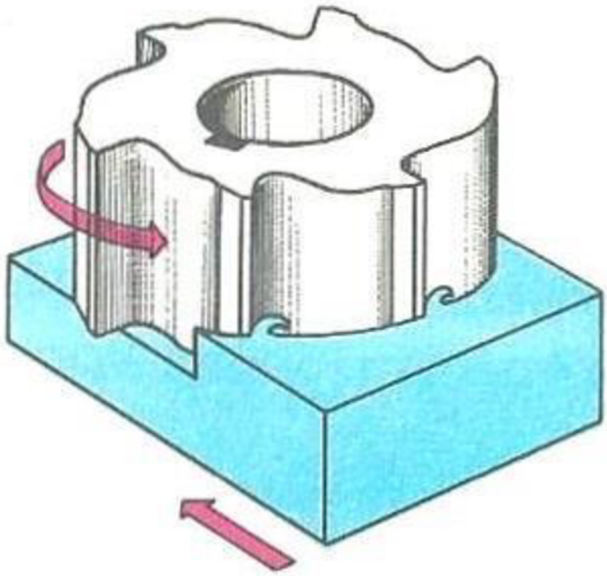
4.3 Obrábění universálními stroji

Frézováním jsou obráběny především rovinné nebo tvarové plochy.

Při frézování čelními frézami, viz obr. 4.3, je materiál odřezáván současně břity na obvodu i na čele frézy. Oproti frézování válcovou frézou jde o produktivnější metodu, protože je současně více zubů v záběru. [1, 15]

Součást je zhotovena v požadované kvalitě jedním technologickým postupem, a proto není potřeba po frézování provádět další operace, což snižuje celkovou finanční náročnost.

Pro malosériovou výrobu je vhodné frézování provádět pomocí CNC obráběcích strojů. Počítačovou optimalizací jsou sníženy výrobní časy na minimum a díky tomu je zvýšena produktivita. Pracovník může obsluhovat více než jeden stroj, protože jsou CNC stroje řízeny NC programem. Tím se snižují náklady na výrobu součásti.



Obr. 4.3 Frézování čelní frézou. [16]

5 VÝBĚR STROJOVÉHO ZAŘÍZENÍ

Výběr strojového zařízení je vhodné volit dle použité technologie výroby. V případě technologie obrábění jsou vhodné frézovací stroje. Stroje uvedené v tab. 5 jsou podrobněji specifikovány v podkapitolách 5.1, 5.2, 5.3, 5.4.

Tab. 5 Zvolené stoje. [5, 18, 19, 20]

	Značka	Výrobce
1.	TruLaser 3050	TRUMPF
2.	SPDX-1000P	SA TRADE s.r.o.
3.	"kompaktní" CNC router	Volter
4.	Stolní vrtačko-frézka F 10 gL	GreenLine

5.1 TruLaser 3050

Řezáním laserem, viz obr. 5.1, lze jednoduše zhotovit výrobky nejrůznějších tvarů plošného charakteru, avšak některé výrobky se neobejdou bez dodatečného opracování. Technické údaje stroje jsou uvedeny v tab. 5.1.

Tab. 5.1 TruLaser 3050 – technické údaje. [9, 17, 18]

Polotovar	Plech, trubka, příp. jiný profil	
Materiály	Oceli konstrukční uhlíkové a nízkolegované (pracovní plyn O_2)	do tloušťky 25 mm
	Oceli konstrukční uhlíkové a nízkolegované (N_2)	do tloušťky 10 mm
	Oceli korozivzdorné (nerez) - martenzitické a austenitické (N_2)	do tloušťky 20 mm
	Slitiny hliníku (N_2)	do tloušťky 12 mm
Formát plechu – velikost $X \cdot Y \cdot Z$ stolu		max. $3000 \cdot 1\,500 \cdot 115\ mm$
Přesnost – poziční odchylka		$\pm\ 0{,}1\ mm$
Šířka spáry řezu		$0{,}3 -\ 1{,}0\ mm$
Rychlost řezání		$0 - 3600\ mm \cdot min^{-1}$
Výkon		$5000\ W$
Celkové rozměry		$11\,250 \cdot 4\,600 \cdot 2\,400\ mm$
Hmotnost		$12\,000\ kg$
Spotřeba		$76\ kW \cdot h^{-1}$

Obr. 5.1 TruLaser 3050. [18]

5.2 SPDX-1000P - Soustruh na kov s digitálním odměřováním

Po operaci řezání laserem je nutné některé rozměry obrobit např. na soustruhu, viz obr. 5.2. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 5.2.

Tab. 5.2 SPDX-1000P- technické údaje. [19]

Příkon	$2000\ W$
Točná délka	$1000\ mm$
Napětí	$400\ V$
Točný Ø nad ložem	$400\ mm$
Točný Ø nad sedlovou mezerou	$520\ mm$
Točný Ø nad suportem	$250\ mm$
Průchod vřetene	$52\ mm$
Kužel vřetene	Mk VI
Kužel pinoly	Mk IV
Posuv pinoly	$110\ mm$
Rozsah otáček	$65 - 1\,810\ min^{-1}$
Převodovka pro otáčky	ano
Závity metrické - rozsah	$0{,}4 - 7\ mm$
Závity palcové - rozsah	$4 - 60\ mm$
Automatický posuv podélný	$0{,}0527 - 1{,}2912\ mm$
Automatický posuv příčný	$0{,}011 - 0{,}276\ mm$
Rozměry ($X \cdot Z \cdot Y$)	$1\,830 \cdot 770 \cdot 700\ mm$
Celková váha včetně obalu	$840\ kg$
Čistá váha	$760\ kg$

Obr. 5.2 SPDX-1000P. [19]

5.3 Frézovací stroje: "kompaktní" CNC router

CNC frézkou, viz obr. 5.3, je možné přepouštěcí ventil zhotovit bez použití dalšího stroje. Technické údaje a rozměrové parametry CNC routeru jsou specifikovány v tab. 5.31 a tab. 5.32.

Tab. 5.31 Modelová řada. [20]

Model	Rozměry pracovního pole	Celkové rozměry	Hmotnost
VOLTER S 100	$950 \cdot 1\,030\ mm$	$1\,500 \cdot 1\,300\ mm$	$450\ kg$

Tab. 5.32 Technické údaje. [20]

Rychlost posunu na osách X a Y	$150\ mm \cdot s^{-1}$
Rychlost posunu na ose Z	$100\ mm \cdot s^{-1}$
Maximální tloušťka materiálu	$90\ mm$
Výkon vřetene	$4\ kW$
Otáčky vřetene	$24\,000\ min^{-1}$
Typ výměny nástroje	ruční

Základní vybavení:

- vřeteno $4\ kW$, $24\,000\ min^{-1}$,
- servomotory,
- pohony kuličkovými šrouby na všech osách,
- laserový ukazatel počáteční polohy,
- kalibrační čidlo délky nástroje,
- 10" dotykový display.

Obr. 5.3 Frézovací stroje: "kompaktní" CNC router. [20]

5.4 Stolní vrtačko-frézka F 10 gL

Mnou oslovená firma byla vybavena tímto strojem, viz obr. 5.4. V tab. 5.4 jsou uvedeny rozměrové a technické údaje.

Tab. 5.4 Stolní vrtačko-frézka F 10 gL. [5]

Příkon	$150\ W$
Otáčky	$100 - 2\ 000\ min^{-1}$
Plynulá změna otáček	ano
Počet rychlostních stupňů	2
Elektrické připojení	$230\ V$
Rozsah posuvu - osa X	$320\ mm$
Rozsah posuvu - osa Y	$140\ mm$
Rozsah posuvu - osa Z	$230\ mm$
Rozměry X · Z · Y	$530 \cdot 600 \cdot 320\ mm$
Rozměry pracovního stolu	$400 \cdot 145\ mm$
Hmotnost	$40\ kg$
Max. průměr stopkové frézy	$16\ mm$
Kužel vřetene	MK2

Obr. 5.4 Stolní vrtačko-frézka F 10 gL. [5]

6 NÁŘADÍ A MĚŘIDLA

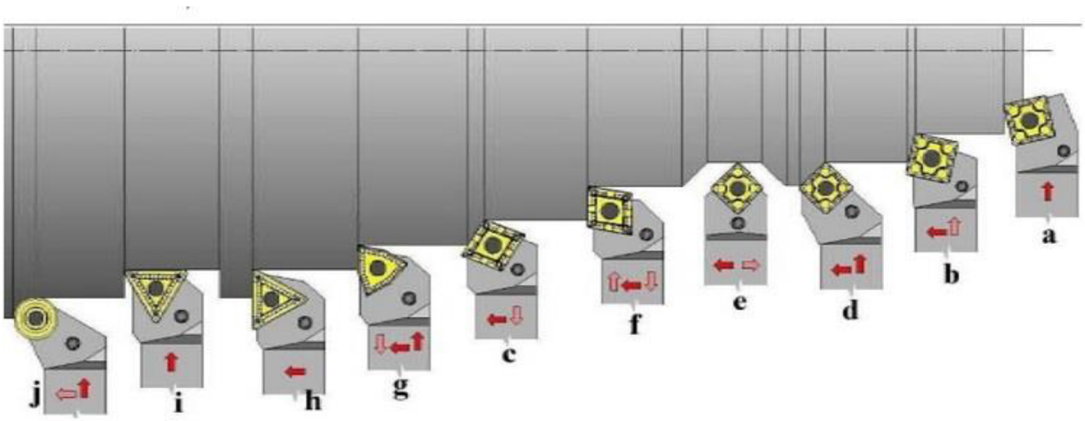
Volba nástroje je závislá na zvolené technologii výroby a odvíjí se od použitého stroje. Souhrn použitých stojů a jejich původ je uveden v tab. 6.

Tab. 6 Nářadí a měřidla. [6, 28, 29]

	Nástroj	Výrobce
1.	Soustružnický nástroj	Denas Děčín spol. s r.o.
2.	Fréza	ZPS – frézovací nástroje a.s.
3.	Digitální posuvné měřidlo	Mitutoyo
4.	CRYSTA-Apex EX 9166T	Mitutoyo

6.1 Soustružnický nástroj

Soustružnický nástroj je volen dle způsobu obrábění, viz obr. 6.1. V případě přepouštěcího ventilu je nutno po řezání laserem upravit dva rozměry, čelní stranu nástrojem ubíracím čelním a osazení, viz rozměr D2 obr. 1.2, nástrojem ubíracím stranovým pravým.



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

Obr. 6.1 Volba soustružnického nástroje dle způsobu soustružení. [22] - upraveno

6.2 Fréza

V tab. 6.21 a v tab. 6.22 jsou uvedeny charakteristiky stopkové frézy, viz obr. 6.2.

Obr. 6.2 Fréza. [23]

Tab. 6.21 Charakteristika. [23]

Pracovní průměr d	$2\ mm$
Pracovní délka	$6\ mm$
Celková délka	$38\ mm$
Upínací stopka průměr	$3\ mm$
Počet zubů	4

Tab. 6.22 Charakteristika.

Pracovní průměr d	$30\ mm$
Počet zubů	6

6.3 Digitální posuvné měřidlo

V tab. 6.3 je specifikováno digitální posuvné měřidlo, viz obr. 6.3.

Tab. 6.3 Specifikace. [24]

Rozsah	$150\ mm$
Rozlišení	$0{,}1\ mm$
Měření v milimetrech/palcích	ano/ano
Měření vnitřních/vnějších rozměrů	ano/ano

Obr. 6.3 Digitální posuvné měřidlo. [24]

6.4 CRYSTA-Apex EX 9166T

CRYSTA-Apex EX 9166T je portálový souřadnicový měřicí přístroj, viz obr. 6.4, který umožňuje velmi přesné měření elementů výrobků a srovnání naměřených hodnot s matematickým modelem. Rozměrové údaje jsou uvedeny v tab. 6.4.

Tab. 6.4 Specifikace. [6]

Měřitelný rozsah	$900 \cdot 1\,600 \cdot 600\ mm$
Přesnost	$0{,}000\,1\ mm$
Max. výška měřeného objektu	$800\ mm$
Max. váha měřeného objektu	$1\,500\ kg$
Váha přístroje	$2\,889\ kg$
Rozměry přístroje	$1\,670 \cdot 2\,690 \cdot 2\,730\ mm$

Obr. 6.4 CRYSTA-Apex EX 9166T. [25]

7 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Vybrané technické údaje jsou uvedeny v tab. 7. Symbolické kóty v převzatých částech výkresů (obr 7.31, obr. 7.32, obr. 7.33) jsou pro potřebu výpočtů doplněny indexy.

Tab. 7. Technické údaje. [5, 17, 18, 19, 20]

	laser	soustruh	CNC frézování	frézování
příkon $[W]$	5 000	2 000	4 000	150
podlahová plocha $[m^2]$	$11{,}25 \cdot 4{,}6$	$1{,}83 \cdot 0{,}77$	$1{,}50 \cdot 1{,}30$	$0{,}53 \cdot 0{,}60$
počet pracovníků $[-]$	0 (1)	1	0 (1)	1

7.1 Odpad

Laser

plech: $H_1 \cdot B_1 \cdot \mathrm{t} = 3000 \cdot 1500 \cdot 6\ mm^3$

šířka spáry: $c_1 = 1\ mm$ může být společná [18]

průměr součásti: $\emptyset D1 = 25\ mm$

Rozložení 1, viz obr. 7.11.

$$b_1 = D1 + c_1 = 25 + 1 = 26\ mm$$

$$\frac{H_1 - c_1}{b_1} = \frac{3\,000 - 1}{26} = 115{,}35\ ks$$

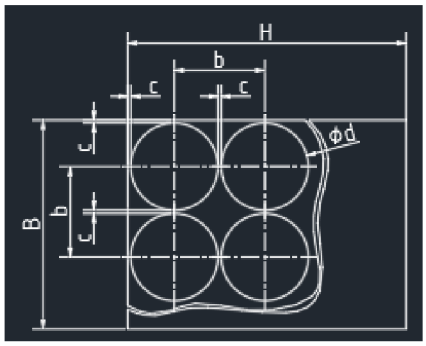
$$tj.\ 115ks\ v\ \text{řadě}\ tj.\ 115\ sloupc\text{ů}$$

$$\frac{B_1 - c_1}{b_1} = \frac{1500 - 1}{26} = 57{,}65\ ks$$

$$tj.\ 57ks\ ve\ sloupci\ tj.\ 115\ \text{řad}$$

$$115 \cdot 57 = 6\,555\ ks$$

$$Celkový\ počet\ kus\text{ů}\ je\ 6\,555.$$



Obr. 7.11 Rozložení 1.

Rozložení 2, viz obr. 7.12.

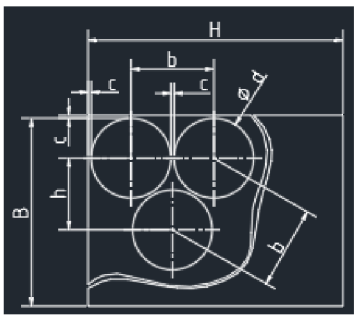
$$h_1 = \sqrt{{b_1}^2 + \left(\frac{b_1}{2}\right)^2} = \sqrt{26^2 + \left(\frac{26}{2}\right)^2} = 22{,}516\ mm$$

$$\frac{B_1 - b_1 - c_1}{h_1} = \frac{1500 - 26 - 1}{22.52} = 65{,}41\ \text{řad}$$

$$tj.\ 65\ \text{řad}$$

$$115 + \frac{115 + (115 - 1)}{2} \cdot (65 - 1) = 7\,443\ ks$$

$$Celkový\ počet\ kus\text{ů}\ je\ 7\,443.$$



Obr. 7.12 Rozložení 2.

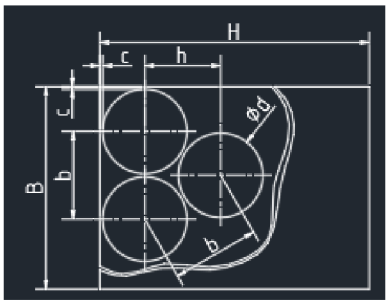
Rozložení 3, viz obr. 7.13.

$$\frac{H_1 - b_1 - c_1}{h_1} = \frac{3000 - 26 - 1}{22.52} = 132{,}02 \text{ sloupců}$$

$$tj. 132\ sloupc\text{ů}$$

$$\frac{57 + 56}{2} \cdot 132 = 7458\ ks$$

$$Celkov\acute{y}\ pole\check{c}\ kus\text{ů}\ je\ 7\ 458.$$



Obr. 7.13 Rozložení 3.

Nejvýhodnější je varianta c). Bylo zvoleno toto uspořádání.

Objem plechu:

$$Vp_1 = H_1 \cdot B_1 \cdot t_1 = 3000 \cdot 1500 \cdot 6 = 27\ 000\ 000\ mm^3$$

Objem výrobku (viz příloha 5):

$$Vv = 1\ 068{,}2\ mm^3$$

Objem 7 458 výrobků:

$$V_1 = 7458 \cdot Vv = 7458 \cdot 1068{,}2 = 7\ 966\ 635{,}6\ mm^3$$

Odpad:

$$O_1 = \frac{Vp_1 - V_1}{Vp_1} \cdot 100\ \% = \frac{27\ 000\ 000 - 7\ 966\ 635{,}6}{27\ 000\ 000} \cdot 100\ \% = 70{,}494\ \%$$

CNC frézka

Plech: $H_2 \cdot B_2 \cdot \mathrm{t} = 1\ 030 \cdot 950 \cdot 6$

Tloušťka spáry (průměr nástroje d): $c_2 = 2\ mm$ může být společná.

Průměr součásti: $\emptyset D1 = 25\ mm$

Rozložení 1, viz obr. 7.11.

$$b_2 = D1 + c_2 = 25 + 2 = 27\ mm$$

$$\frac{H_2 - c_2}{b_2} = \frac{1\ 030 - 2}{25 + 2} = 38{,}07\ \mathrm{ks}$$

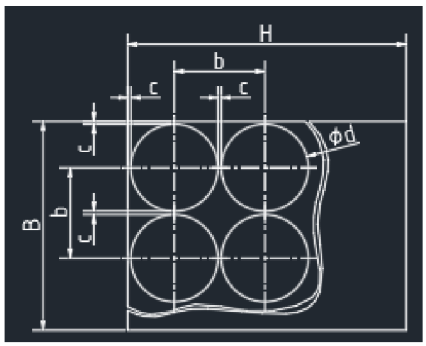
$$tj. 38\ ks\ v\ \check{r}ad\check{e}\ tj. 28\ sloupc\text{ů}$$

$$\frac{B_2 - c_2}{b_2} = \frac{950 - 2}{25 + 2} = 35{,}11\ ks$$

$$tj. 35\ ks\ ve\ sloupci\ tj. 35\ \check{r}ad$$

$$35 \cdot 38 = 1\ 330\ ks$$

$$Celkov\acute{y}\ pole\check{c}\ kus\text{ů}\ je\ 1\ 330.$$



Obr. 7.11 Rozložení 1.

Rozložení 2, viz obr. 7.12.

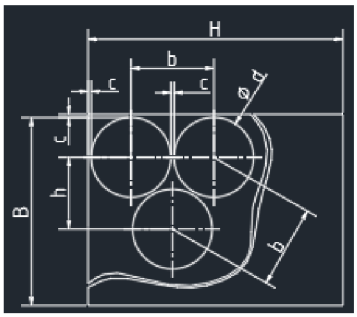
$$h_2 = \sqrt{{b_2}^2 + \left(\frac{b_2}{2}\right)^2} = 23{,}383\ mm$$

$$\frac{B_2 - b_2 - c_2}{h_2} = \frac{950 - 27 - 2}{23{,}39} = 39{,}37\ \text{řad}$$

$$tj.\ 39\ \text{řad}$$

$$38 + \frac{38 + 37}{2} \cdot (39 - 1) = 1\ 463\ ks$$

$$Celkový\ počet\ kusů\ je\ 1\ 463.$$



Obr. 7.12 Rozložení 2.

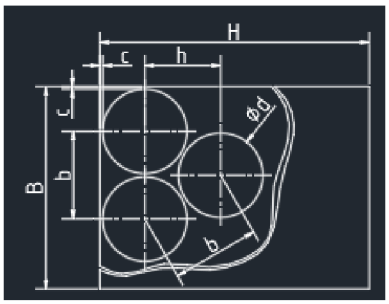
Rozložení 3, viz obr. 7.13.

$$\frac{H_2 - b_2 - c_2}{h_2} = \frac{1\ 030 - 27 - 2}{23{,}39} = 42{,}8\ sloupců$$

$$tj.\ 42\ sloupců$$

$$\frac{35 + 34}{2} \cdot 42 = 1\ 449\ ks$$

$$Celkový\ počet\ kusů\ je\ 1\ 449.$$



Obr. 7.13 Rozložení 3.

Nejvýhodnější je rozložení 2. Bylo zvoleno toto uspořádání.

Plech:

$$Vp_2 = H_2 \cdot B_2 \cdot t = 1\ 030 \cdot 950 \cdot 6 = 5\ 871\ 000\ mm^3$$

Objem výrobku, viz příloha 5:

$$Vv = 1\ 068{,}2\ mm^3$$

Objem 1 463 výrobků:

$$V_2 = 1\ 463 \cdot Vv = 1\ 463 \cdot 1\ 068{,}2 = 1\ 562\ 776{,}6\ mm^3$$

Odpad:

$$O_2 = \frac{Vp_2 - V_2}{Vp_2} \cdot 100\ \% = \frac{5\ 871\ 000 - 1\ 562\ 776{,}6}{5\ 871\ 000} \cdot 100\ \% = 73{,}381\ \%$$

7.2 Čas pro jeden kus

Časy nezahrnují výměny nástroje, upínání nástroje, upínání materiálu ani práce na programech.

Laser:

Max. řezná rychlost:

$$vc_{L.max} = 3\,600\ mm \cdot min^{-1}\ [9]$$

Na základě zkušeností ve firmě byla zvolena tato hodnota řezné rychlosti:

$$vc_L = 1\,600\ mm \cdot min^{-1}$$

Délka řezané dráhy (viz příloha 6):

$$s_L = 297{,}298\ mm$$

Čas:

$$\tau_L = \frac{s_L}{vc_L}$$

$$\tau_L = \frac{297{,}298}{1\,600}$$

$$\tau_L = 0{,}186\ min\ .$$

Soustruh:

Řezné podmínky soustružení slitin hliníku jsou uvedeny v tab. 7.21.

Tab. 7.21 Řezné podmínky soustružení slitin hliníku rychlořeznou ocelí. [1, 30]

	Soustružení na čisto	Jemné soustružení
Řezná rychlost $vc_S\ [m \cdot min^{-1}]$	$100 - 120$	$120 - 150$
Posuvová rychlost $vf_S\ [m \cdot min^{-1}]$	$0{,}1 - 0{,}3$	$0{,}05 - 0{,}1$
Hloubka záběru $a_S\ [mm]$	$0{,}5 - 3$	$0{,}03 - 0{,}5$

Dráha nástroje:

$$s_S = a_s \cdot 2 + \frac{D1 + D2}{2} = 1{,}1 \cdot 2 + \frac{22{,}8 + 25}{2} = 26{,}1\ mm$$

Čas:

$$\tau_S = \frac{s_S}{vf_S}$$

$$\tau_S = \frac{0{,}0261}{0{,}1}$$

$$\tau_S = 0{,}261\ min$$

Celkový čas potřebný pro výrobu přepouštěcího ventilu technologií řezání laserem a jeho následným soustružením:

$$\tau_L + \tau_S = 0{,}186 + 0{,}261 = 0{,}447\ min\ .$$

CNC frézka:

Řezné podmínky frézování slitin hliníku jsou uvedeny v tab. 7.22.

Tab. 7.22 Řezné podmínky běžného frézování slitin hliníku rychlořeznou ocelí. [1, 30]

	Frézování na čisto
Řezná rychlost $vc_F\ [m \cdot min^{-1}]$	$120 - 250$
Posuv na zub $fz_F[mm]$	$0{,}1 - 0{,}4$
Hloubka záběru $a_F[mm]$	$0{,}5 - 2$

Dráha osy nástroje:

$o_i \ldots dráha\ osy\ nástroje\ v\ jedné\ rovině$

$k_i = \frac{t_i}{a_f} \ldots počet\ řezných\ rovin$

$x_1 = 5mm \ldots náběh$

$x_2 = 5mm \ldots přeběh$

Dráha osy nástroje při frézování vnějšího obvodu:

$$s_1 = o_1 \cdot k_1 = \pi \cdot D_1 \cdot k_1 = \pi \cdot (25 + 2) \cdot 4 = 339{,}3\ mm$$

Dráha osy nástroje při vytváření osazení:

$$s_2 = o_2 \cdot k_2 = \pi \cdot D_2 \cdot k_2 = \pi \cdot (22{,}8 + 2) \cdot 2 = 155{,}83\ mm$$

Dráha osy nástroje vnějšími dírami:

$$s_3 = o_3 \cdot k_1 = \pi \cdot (D_3 + D_4) \cdot \frac{\alpha \cdot 6}{360} \cdot k_1 = \pi \cdot (17 + 2 + 21{,}5 - 2) \cdot \frac{50 \cdot 6}{360} \cdot 4 = 403{,}18\ mm$$

Dráha osy nástroje středními dírami:

$$s_4 = o_4 \cdot k_1 = \pi \cdot (D_5 + D_6) \cdot \frac{\beta \cdot 3}{360} \cdot k_1 = \pi \cdot (10 + 2 + 15 - 2) \cdot \frac{94{,}54 \cdot 3}{360} \cdot 4 = 247{,}49\ mm$$

Dráha osy nástroje vnitřní dírou:

$$s_5 = o_5 \cdot k_1 = \pi \cdot D_5 \cdot k_1 = \pi \cdot (7 - 2) \cdot 4 = 62{,}83\ mm$$

Celková dráha osy nástroje $d = 2\ mm$:

$$s_{F.2} = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 = 339{,}3 + 155{,}83 + 403{,}18 + 247{,}49 + 62{,}83 = 1208{,}63\ mm$$

$$s_{F.2} = 1208{,}63\ mm$$

Celková dráha osy nástroje $d = 30\ mm$:

$$s_{F.30} = \mathrm{D1} + \mathrm{D2} + 2 \cdot \mathrm{x}_1 + 2 \cdot \mathrm{x}_2 = 22{,}8 + 25 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 = 67{,}8\ mm$$

Řezná rychlost:

$$vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Otáčky nástroje:

$$d = 2\,mm$$
$$n_{teor.2} = \frac{1000 \cdot vc_F}{\pi \cdot d}$$
$$n_{teor.2} = \frac{1\,000 \cdot 120}{\pi \cdot 2}$$
$$n_{teor.2} = 19\,098{,}6\,min^{-1}$$

$$d = 30\,mm$$
$$n_{teor.30} = \frac{1000 \cdot vc_F}{\pi \cdot d}$$
$$n_{teor.30} = \frac{1\,000 \cdot 250}{\pi \cdot 30}$$
$$n_{teor.30} = 2\,652{,}6\,min^{-1}$$

Maximální otáčky stroje:

$$n_{max} = n = 2\,000\,min^{-1}\ [20]$$

Řezná rychlost:

$$vc_{Fskut.2} = \frac{\pi \cdot 2 \cdot 2\,000}{1\,000}$$
$$vc_{Fskut.2} = 12{,}6\,m \cdot min^{-1}$$

$$vc_{Fskut.30} = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 2\,000}{1\,000}$$
$$vc_{Fskut.30} = 188{,}5\,m \cdot min^{-1}$$

Posuvová rychlost:

$$vf_{Fteor.2} = n \cdot fz_F \cdot z$$
$$vf_{Fteor.2} = \frac{2\,000 \cdot 0{,}1 \cdot 4}{1\,000}$$
$$vf_{Fteor.2} = 0{,}8\,m \cdot min^{-1} = vf_{F0,8}$$

$$vf_{F.30} = n \cdot fz_F \cdot z$$
$$vf_{F.30} = \frac{2\,000 \cdot 0{,}1 \cdot 6}{1\,000}$$
$$vf_{F.30} = 1{,}2\,m \cdot min^{-1} = vf_{F1,2}$$

Vzhledem k rozměrům frézy je volena nižší posuvová rychlost:

$$vf_F = 0{,}1\,m \cdot min^{-1} = vf_{F0,1}$$

Čas:

$$vf_{F0,1}$$
$$\tau_{F0,1} = \frac{s_{F.2}}{vf}$$
$$\tau_{F0,1} = \frac{1{,}209}{0{,}1}$$
$$\tau_{F0,1} = 12{,}09\,min$$

$$vf_{F0,8}$$
$$\tau_{F0,8} = \frac{s_{F.2}}{vf}$$
$$\tau_{F0,8} = \frac{1{,}209}{0{,}8}$$
$$\tau_{F0,8} = 1{,}51\,min$$

$$vf_{F1,2}$$
$$\tau_{F1,2} = \frac{s_{F.30}}{vf}$$
$$\tau_{F1,2} = \frac{0{,}0678}{1{,}2}$$
$$\tau_{F1,2} = 0{,}06\,min$$

Celkový čas:

$$\tau_{F0,1c} = \tau_{F0,1} + \tau_{F1,2}$$
$$\tau_{F0,1c} = 12{,}09 + 0{,}6 = 12{,}69\,min$$

$$\tau_{F0,8c} = \tau_{F0,8} + \tau_{F1,2}$$
$$\tau_{F0,8c} = 1{,}51 + 0{,}6 = 2{,}11\,min$$

7.3 Spotřeba energie

$$E = \tau \cdot P$$
$$E_L = \frac{0{,}186}{60} \cdot 5\,000 = 15{,}5\,W \cdot h$$
$$E_S = \frac{0{,}261}{60} \cdot 2\,000 = 8{,}7\,W \cdot h$$
$$E_{F0,1} = \frac{12{,}09}{60} \cdot 4\,000 = 806\,W \cdot h$$

$$E_{F0,8} = \frac{1,51}{60} \cdot 4\,000 = 100,67\ W \cdot h$$
$$E_{F1,2} = \frac{0,06}{60} \cdot 4\,000 = 4\ W \cdot h$$

7.4 Porovnání výsledků

V tab. 7.4 jsou uvedeny získané hodnoty odpadu, času, spotřeby energie pro různé způsoby výroby.

Tab. 7.4 Porovnání výsledků.

	Odpad [%]	Čas $[min]$	Spotřeba $[W \cdot h]$
Laser + soustruh	70,494	$0,186 + 0,261$	$15,5 + 8,7$
Frézování 0,1+1,2	73,381	$12,09 + 0,6$	$806 + 4$
Frézování 0.8+1,2	73,381	$1,51 + 0,6$	$100,67 + 4$

Celkové ceny strojní součásti vyrobené různými technologickými způsoby jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 Volba výrobního procesu odvíjející se z ceny výrobku.

Sériovost	$\frac{Kč}{ks} bez\ DPH$		
	Frézování strojní (neautomatické)	Laser	Odlévání
1	$\frac{0 + 1 \cdot 250}{1 \cdot 1} = 250$	$\frac{600 + 1 \cdot 100}{1 \cdot 1} = 700$	-
4	$\frac{0 + 4 \cdot 250}{4 \cdot 1} = 250$	$\frac{600 + 4 \cdot 100}{4 \cdot 1} = 250$	-
5	-	$\frac{600 + 5 \cdot 100}{5 \cdot 1} = 220$	$\frac{20\,000 + 5 \cdot 200}{5 \cdot 10} = 420$
1000	-	$\frac{600 + 1000 \cdot 100}{1000 \cdot 1} = 100,6$	$\frac{20\,000 + 1000 \cdot 200}{1000 \cdot 10} = 22$

$$\frac{e + f \cdot g}{f \cdot i} = j \ldots vstupní\ parametry$$

e- cena za program či model
f- počet kusů
g- cena za 1 ks bez nákladů na program či model
i- počet ks zhotovitelných najednou
j- výsledná cena výrobku

Pozn.: cenové relace byly převzaty z prostředí firmy.

8 DISKUSE

8.1 Stroje, nástroje

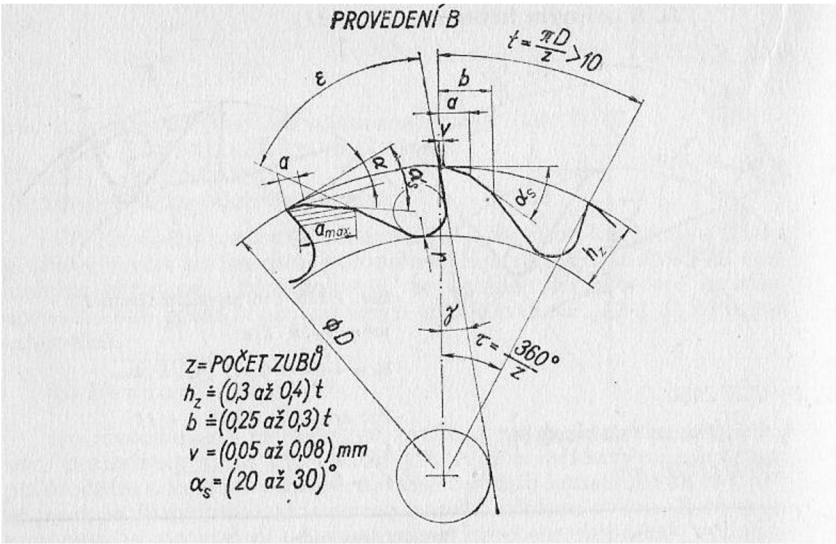
Frézy

Klady:

- přepouštěcí ventil lze zhotovit na jednom stroji s jedním nebo dvěma nástroji.

Zápory:

- problémem frézy jsou její rozměry. Fréza o průměru $d = D = 2mm$ má malé rozměry, průměr u paty zubu je $d_f = 1{,}058\,mm$, viz obr. 8.1, a je tedy velice náchylná na mechanické poškození. Na frézu působí velký ohybový moment, který je zapříčiněn velkou rychlostí posuvu. Tento problém lze tedy vyřešit snížením rychlosti posuvu.



$$d = 2\,mm, \qquad z = 4$$

$$t = \frac{\pi \cdot d}{z} = \frac{\pi \cdot 2}{4} = 1{,}571\,mm$$

$$hz = (0{,}3 \div 0{,}4) \cdot t = 0{,}3 \cdot 1{,}571 = 0{,}471\,mm$$

$$d_f = \mathrm{D} - 2 \cdot \mathrm{hz} = 2 - 2 \cdot 0{,}471 = 1{,}058\,mm$$

Obr. 8.1 Geometrie ostří zubu stopkové frézy. [26] – upraveno

Laser

Klady:

- lze jím řezat poměrně složité tvary,
- řezná rychlost dosahuje vyšších hodnot. Tato hodnota je porovnávána s posuvy ostatních metod.

Zápory:

- přepouštěcí ventil je nutné po řezání laserem ještě obrobit.

8.2 Namáhání

Během zkoumání poškozeného ventilu byla hlavní otázkou příčina závady.

Jednou z možností poškození ventilu mohl být vliv komplikovaného namáhání, ke kterému mohlo dojít při dosažení maximálního stlačení vidlice a zastavení pohybu o „doraz“, tj. nedostatečné utlumení průtoku a mechanické zastavení pohybu. V této situaci přenáší velkou část energie právě tlumicí ventil, který je prohnut do miskovitého tvaru, nevydrží a praskne.

Další možností mohlo být namáhání od vidlice způsobené její deformací. Vnitřní části by se pak vzpříčily mezi ventilem a obalem a tím namáhaly přepouštěcí ventil, který je deformován opět do miskovitého tvaru, nevydrží a praskne.

Třetí možností mohlo být špatné nastavení vidlice (skoro zavřený průtok). Vliv tlaku způsobeného olejem by byl tak velký, že by ventil po čase podlehl namáhání a praskl.

Je zde možnost i kombinace příčin nebo zcela jiné příčiny.

Poruchovost ventilu byla zmírněna výrobcem tak, že tlumicí patrona, která měla všechny důležité části včetně ventilu v místech vidlice s velkou deformací, byla otočena a mírně změněna konstrukce. Tím byly důležité části umístěny do bezpečnější části nohy vidlice s menším namáháním.

8.3 Digitální posuvné měřidlo

Klady:

- přenosné,
- snadno a rychle použitelné,
- měření rozměrů součásti s dostatečnou přesností.

Zápory:

- neumožňuje měření geometrických tolerancí.

Měření geometrických tolerancí je prováděno pomocí portálového souřadnicového měřicího přístroje, které je řádově přesnější než digitální posuvné měřidlo.

Uložení přepouštěcího ventilu není náročné na geometrické tolerance, a proto je možné použití posuvného měřidla pro zajištění funkčnosti součásti.

ZÁVĚR

Na základě porovnání mechanických a fyzikálních vlastností materiálů byl zvolen dural jako nejvhodnější materiál pro výrobu strojní součásti přepouštěcí ventil. Z ekonomických důvodů, jako jsou odpad, spotřeba energie, úspora času, a z hlediska možného rizika je vhodné přepouštěcí ventil vyrábět technologií řezání laserem a následným soustružením pro kusovou výrobu. Pro sériovou výrobu se vyplatí zainvestovat do výroby formy a využít technologie přesného lití.

Za předpokladu maximálních rozměrů zpracovávaného plechu je odpad u technologie řezání laserem 70,5 % a u frézování 73,4 %.

Ventil je možné vyrobit technologií řezáním laserem za 0,447 minuty. Oproti tomu frézování při posuvové rychlosti 0,8 m/min trvá 2,11 minuty a při posuvové rychlosti 0,1 m/min 12,69 min.

Spotřeba energie je úměrná času, a proto je její hodnota nejnižší u řezání laserem.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. FISCHER, Ulrich. *Základy strojnictví*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. ISBN základystrojnictví80-86706-095.
2. ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky 1: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-7183-312-6.
3. ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky 2: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-20-3.
4. JANDA, M. *Duralový plech 4x50x1000mm: Modely na dálkové ovládání RC-RC.cz*[online]. 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.rc-rc.cz/produkty/duralovy-plech-4x50x1000mm-P29991.html
5. GALDOVÁ, Lucie. *DAVID STUDIO net s.r.o.: Volter* [online]. http://david-studio.net, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.svarecky-obchod.cz/kovoobrabeci-stroje/frezy-frezky/11672-stolni-vrtacko-frezka-f-10-gl.htm#tabs-10
6. HORNÍČKOVÁ. *Měření - M&B Calibr, Spol. S.R.O.* [online]. - M&B Calibr, Spol., 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.mbcalibr.cz/1d-2d-3d-mereni.html
7. *Tlumičový olej: Servis tlumičů a podvozků pro motocykly* [online]. BRNO: Tlumice-podvozek.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://tlumice-podvozek.cz/tlumicovy-olej/
8. B-STUDIO.CZ. *Laserové navařování, CNC obrábění, leštění, servis a oprava forem, broušení, frézování, laserové kalení.* [online]. Mepac.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.mepac.cz/cz/lasery---sluzby/laserove-rezani-planzet/2/princip-fungovani-laseroveho-rezani
9. B-STUDIO.CZ. *Laserové navařování, CNC obrábění, leštění, servis a oprava forem, broušení, frézování, laserové kalení.* [online]. Mepac.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.mepac.cz/cz/lasery---prodej/popisovaci-rezaci-lasery/5/cma-6040kii
10. *40 RC2* [online]. Bike-manual.com, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.bike-manual.com/brands/fisher/om/FOXHelp/eng/Content/Forks/40/40.htm
11. LINDSLEY, E. *09 40 RC2 Base valve assy* [online]. USA: FOX Racing, 2007 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: http://www.ridefox.com/fox09/img/help/page57-T3tA6W/820-03-118_RevA.pdf
12. *Seriál na téma lasery - Laserové řezání (laser cutting): LAO - lasery a optika* [online]. Lao.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---laserove-rezani-laser-cutting-129
13. *Nerez plechy - Nerez Material : eshop - Brno - rozvoz ČR, SR* [online]. BRNO: Nerezmaterial.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.nerezmaterial.cz/index.php?str=produkty&k=plechy&r2=x1000&r1=x5

14. *Slévárenství* [online]. Coptkm.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=27540&revision=-1&instance=2
15. *Frézování* [online]. 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/STT2-10_Frezovani_RAJ.pdf
16. *ELUC* [online]. Olomouc: Eluc.kr-olomoucky.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1226
17. *MTEG - TRUMPF TruLaser 5030 - 5 kW classic - L15 (#503254)*[online]. MTEG, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.mteg-maschinen.de/en/references-trumpf/sold-machines/trumpf-trulaser-5030-5-kw-classic-l15-503254
18. *Winternet s.r.o., s.: Řezání laserem - LASER-TECH, spol. s r.o. - komplexní zpracování plechu pomocí CNC technologií* [online]. Laser-tech.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.laser-tech.cz/rezani-laserem/
19. *SPDX-1000P - Soustruh na kov s digitálním odměřováním: Soustruhy na kov - PROMA CZ.* [online]. Promacz.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.promacz.cz/spdx-1000p---soustruh-na-kov-s-digitalnim-odmerovanim.html
20. *Kompaktní: Volter* [online]. Volter.Com, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.volter.com/cze/catalog/compact
21. *Hliník AlCu4Mg - ČSN 424201* [online]. Proal.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.proal.cz/info/424201.htm
22. *ELUC* [online]. Olomouc: Eluc.kr-olomoucky.cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1219
23. *Cybersoft s.r.o.: Master 81130 - Fréza Na Kov Tvrdokovová Tialn Pr. 2Mm, Čtyřbřitá, Nesouměrná* [online]. Landsmann.Cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.landsmann.cz/master-81130-freza-na-kov-tvrdokovova-tialn-pr-2mm-ctyrbrita-nesoumerna_d83330.html
24. *Skrz.cz: Digitální Posuvné Měřidlo 150 Mm Za 279 Kč, Doprava Zdarma* [online]. Vykupto.Cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.vykupto.cz/zbozi/39957-digitalni-posuvne-meritko-s-lcd-displejem
25. *Mitutoyo CRYSTA-Apex EX 9166T PH20 Equipped 5-Axis CNC CMM: Sales, Rent, Calibration, & Repair At JM* [online]. JM Test Systems, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://jmtest.com/i/mitutoyo-crysta-apex-ex-9166t-ph20-equipped-5-axis-cnc-cmm-2/
26. *Geometrie Břitů Fréz: Tumlikovo:Technologie Strojního Obrábění Kovů* [online]. Tumlikovo.Cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.tumlikovo.cz/geometrie-britu-frez/
27. *Slitiny hliníku* [online]. Ehlinik.Cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.ehlinik.cz/prilohy/zakladni-technicke-informace.pdf
28. *Denas* [online]. Denasdc.Cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://denasdc.cz/
29. *Výrobce a dodavatel nástrojů: ZPS-FN A.S.* [online]. Zps-Fn.Cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.zps-fn.cz/
30. *Řezné podmínky při obrábění: ZPS-FN A.S.* [online]. Liberec: Kom.Tul.Cz, 2001 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_rp.pdf

31. *Přehled vlastností ocelí 42CrMo4* [online]. Bolzano.Cz, 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_42CrMo4.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka:	**Jednotka:**	**Popis:**
CNC	[-]	Computer Numeric Control (číslicové řízení počítačem)
NC	[-]	Numeric Control (číslicové řízení)
Symbol:	**Jednotka:**	**Popis:**
B_1	$[mm]$	Šířka plechu při řezáním laserem
B_2	$[mm]$	Šířka plechu při frézování
$D1$	$[mm]$	Vnější průměr součásti
$D2$	$[mm]$	Průměr osazení součásti
$D3$	$[mm]$	Vnější průměr vnější díry součásti
$D4$	$[mm]$	Vnitřní průměr vnější díry součásti
$D5$	$[mm]$	Vnější průměr střední díry součásti
$D6$	$[mm]$	Vnitřní průměr střední díry součásti
$D7$	$[mm]$	Průměr vnitřní díry součásti
E	$[W \cdot h]$	Spotřeba elektřiny
E_L	$[W \cdot h]$	Spotřeba elektřiny během výroby 1ks řezáním laserem
E_S	$[W \cdot h]$	Spotřeba elektřiny během výroby 1ks soustružením
$E_{F0,1}$	$[W \cdot h]$	Spotřeba elektřiny během výroby 1ks frézováním, $vf_{F0,1}$
$E_{F0,8}$	$[W \cdot h]$	Spotřeba elektřiny během výroby 1ks frézováním, $vf_{F0,8}$
$E_{F1,2}$	$[W \cdot h]$	Spotřeba elektřiny během výroby 1ks frézováním, $vf_{F1,2}$
H_1	$[mm]$	Délka plechu pro řezání laserem
H_2	$[mm]$	Délka plechu pro frézování
O_1	[%]	Odpad při řezání laserem a soustružení
O_2	[%]	Odpad při frézování
P	$[W]$	Příkon
$T1$	$[mm]$	Výška součásti
$T2$	$[mm]$	Výška osazení součásti
V_1	$[mm^3]$	Max. objem výrobků vyrobitelných z 1 plechu řezáním laserem
V_2	$[mm^3]$	Max. objem výrobků vyrobitelných z 1 plechu frézováním
Vp_1	$[mm^3]$	Objem plechu pro laser
Vp_2	$[mm^3]$	Objem plechu pro frézování
Vv	$[mm^3]$	Objem jednoho výrobku
a_F	$[mm]$	Hloubka záběru při frézování
a_S	$[mm]$	Hloubka záběru při soustružení
b_1	$[mm]$	Vzdálenost os při řezání laserem
b_2	$[mm]$	Vzdálenost os při frézování
c_1	$[mm]$	Šířka spáry při řezání laserem
c_2	$[mm]$	Šířka spáry při frézování
d	$[mm]$	Průměr nástroje
e	$[Kč]$	Cena za program či model
f	$[ks]$	Počet kusů
fz_F	$[mm]$	Posuv na zub
g	$[Kč]$	Cena za jeden kus bez nákladů na program či model
h_1	$[mm]$	Kratší vzdálenost os při řezání laserem
h_2	$[mm]$	Kratší vzdálenost os při frézování

hz	$[mm]$	Výška zubu frézy
i	$[ks]$	Počet zhotovených kusů najednou
j	$[Kč]$	Výsledná cena výrobku
k_{i}	$[-]$	Počet řezných rovin
n	$[min^{-1}]$	otáčky
n_{max}	$[min^{-1}]$	Max. otáčky frézy
$n_{teor.2}$	$[min^{-1}]$	Teoretické otáčky frézy $d = 2\ mm$
$n_{teor.30}$	$[min^{-1}]$	Teoretické otáčky frézy $d = 30\ mm$
o_1	$[mm]$	Dráha osy nástroje v jedné rovině pro vnější průměr
o_2	$[mm]$	Dráha osy nástroje v jedné rovině pro osazení
o_3	$[mm]$	Dráha osy nástroje v jedné rovině pro vnější díry
o_4	$[mm]$	Dráha osy nástroje v jedné rovině pro střední díry
o_5	$[mm]$	Dráha osy nástroje v jedné rovině pro vnitřní díru
$s_{F.2}$	$[mm]$	Celková dráha osy nástroje $d = 2\ mm$
$s_{F.30}$	$[mm]$	Celková dráha osy nástroje $d = 30\ mm$
s_{L}	$[mm]$	Dráha osy nástroje při řezání laserem
s_{S}	$[mm]$	Dráha osy nástroje při soustružení
s_1	$[mm]$	Dráha osy nástroje při frézování vnějšího obvodu
s_2	$[mm]$	Dráha osy nástroje při frézování osazení
s_3	$[mm]$	Dráha osy nástroje při frézování vnějších děr
s_4	$[mm]$	Dráha osy nástroje při frézování středních děr
s_5	$[mm]$	Dráha osy nástroje při frézování vnitřní díry
t	$[mm]$	Výška plechu
vc	$[m \cdot min^{-1}]$	Řezná rychlost
vc_F	$[m \cdot min^{-1}]$	Řezná rychlost pře frézování
$vc_{Fskut.2}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Skutečná řezná rychlost při frézování $d = 2\ mm$
$vc_{Fskut.30}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Skutečná řezná rychlost při frézování $d = 30\ mm$
vc_L	$[m \cdot min^{-1}]$	Řezná rychlost při řezání laserem
$vc_{L.max}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Max. řezná rychlost při řezání laserem
vc_S	$[m \cdot min^{-1}]$	Řezná rychlost při soustružení
$vf_{Fteor.2}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Teoretická posuvová rychlost při frézování $d = 2\ mm$
$vf_{F0,1}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Posuvová rychlost při frézování $vf = 0{,}1\ m \cdot min^{-1}$
$vf_{F0,8}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Posuvová rychlost při frézování $vf = 0{,}8\ m \cdot min^{-1}$
$vf_{F1,2}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Posuvová rychlost při frézování $vf = 1{,}2\ m \cdot min^{-1}$
$vf_{F.30}$	$[m \cdot min^{-1}]$	Teoretická posuvová rychlost při frézování $d = 30\ mm$
vf_S	$[m \cdot min^{-1}]$	Posuvová rychlost při soustružení
x_1	$[mm]$	Náběh
x_2	$[mm]$	Přeběh
α	$[°]$	Úhel vnější díry
β	$[°]$	Úhel střední díry
$\tau_{F0,1}$	$[min]$	Čas frézování 1ks $vf_{F0,1}$
$\tau_{F0,8}$	$[min]$	Čas frézování 1ks $vf_{F0,8}$
$\tau_{F1,2}$	$[min]$	Čas frézování 1ks $vf_{F1,2}$
τ_L	$[min]$	Čas řezání laserem 1 ks
τ_S	$[min]$	Čas soustružení 1 ks

SEZNAM PŘÍLOH

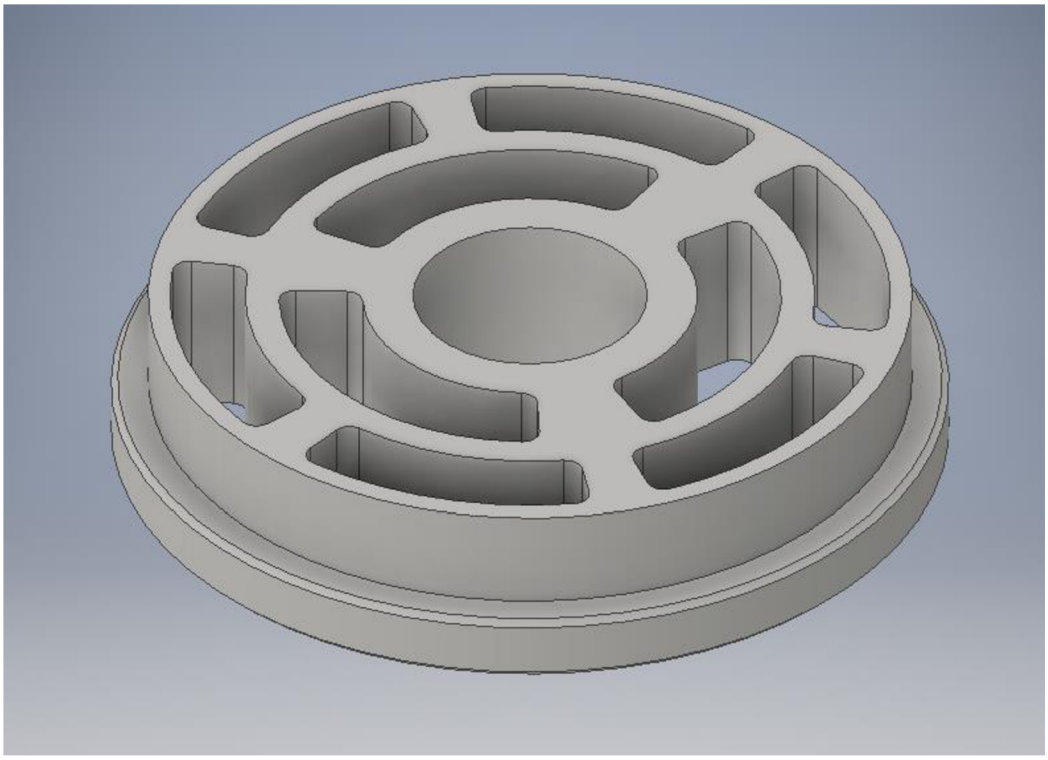
Příloha 1	Fotografie poškozeného přepouštěcího ventilu.
Příloha 2	Fotografie a model přepouštěcího ventilu.
Příloha 3	TruLaser 3050. [18]
Příloha 4	Část sestavy tlumicí patrony.
Příloha 5	Vygenerovaný objem modelu ze softwaru Inventor Professional 2018.
Příloha 6	Vygenerované dráhy řezu laseru ze softwaru Inventor Professional 2018.
Příloha 7	Výkresová dokumentace. [11]

PŘÍLOHA 1

Fotografie poškozeného přepouštěcího ventilu.

PŘÍLOHA 2

Fotografie a model přepouštěcího ventilu.

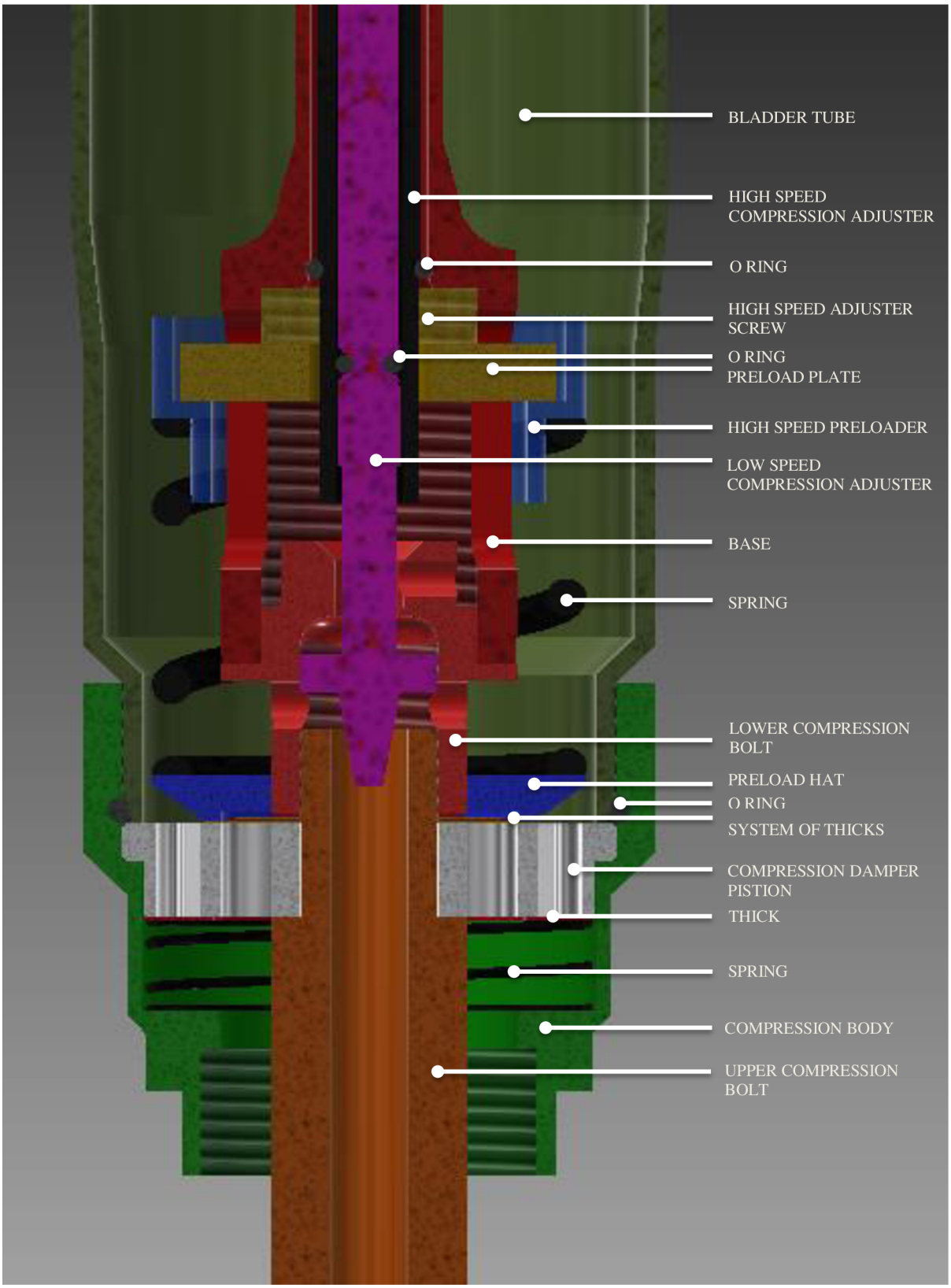


PŘÍLOHA 3

TruLaser 3050.

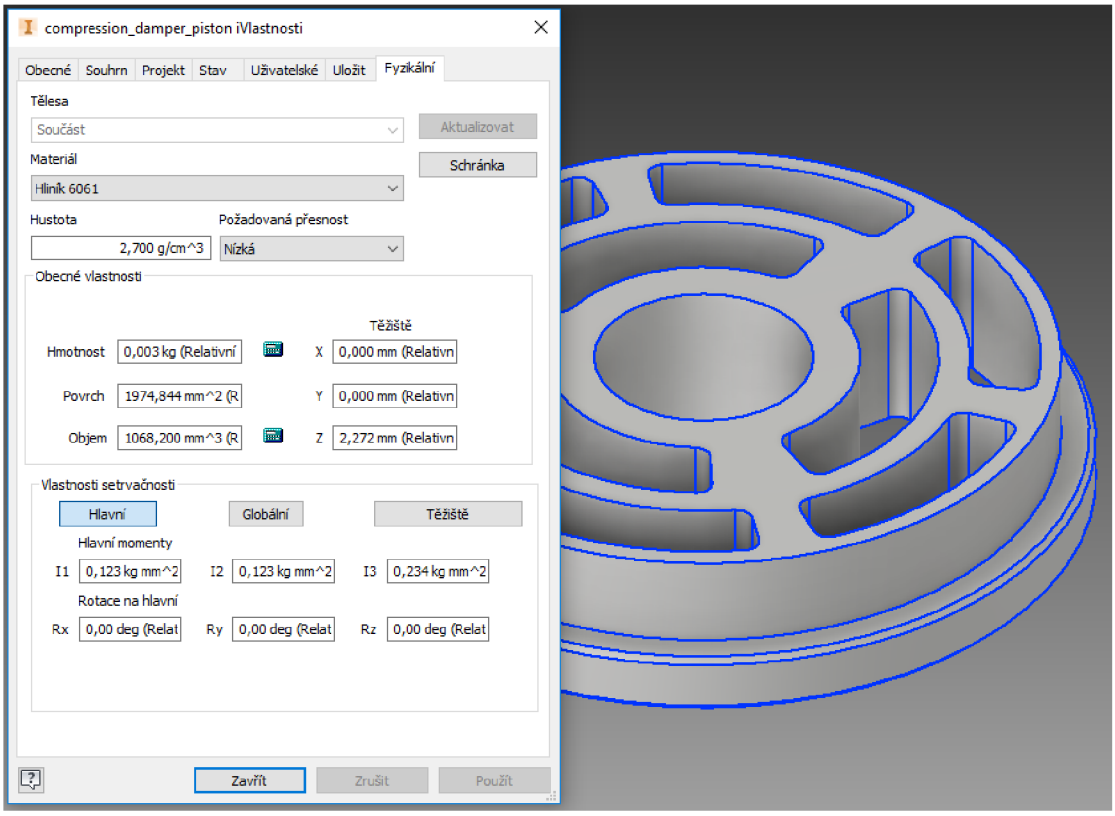
PŘÍLOHA 4

Část sestavy tlumicí patrony.



PŘÍLOHA 5

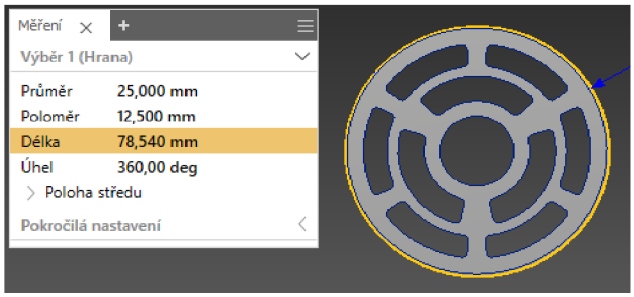
Vygenerovaný objem modelu ze softwaru Inventor Professional 2018.

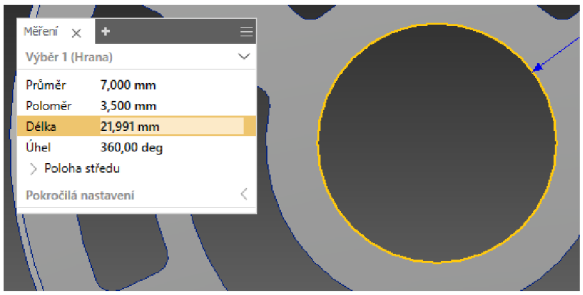


PŘÍLOHA 6 1/2

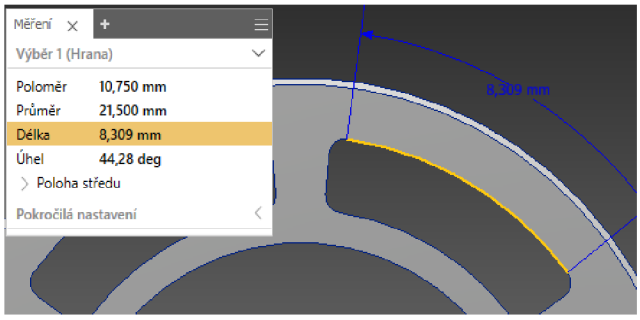
Vygenerované dráhy řezu laseru ze softwaru Inventor Professional 2018.

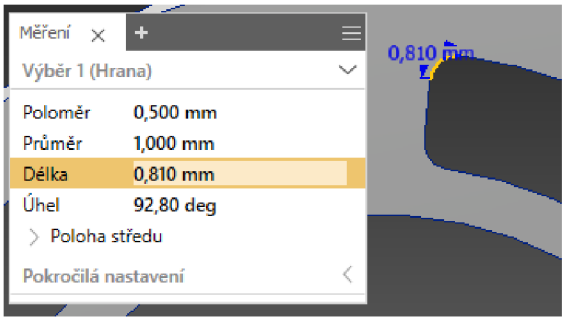
Vnější a vnitřní průměr:

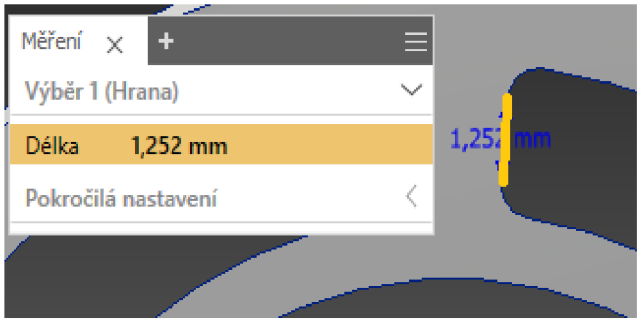


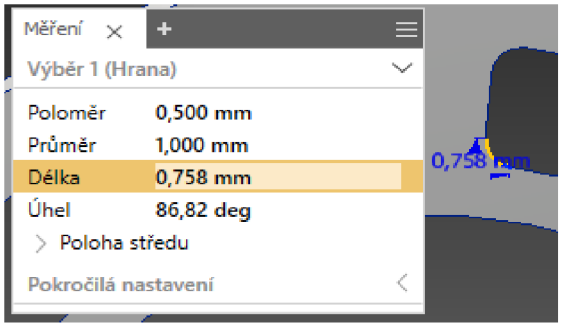


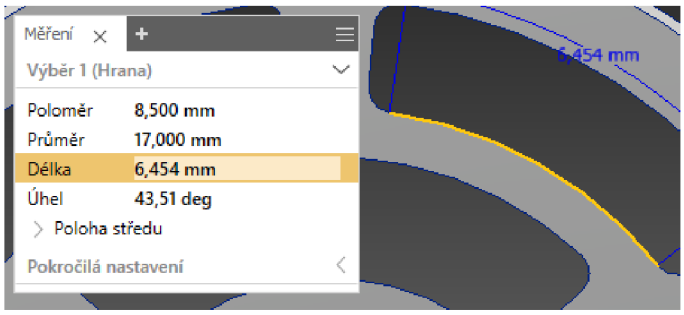
Vnější díra:







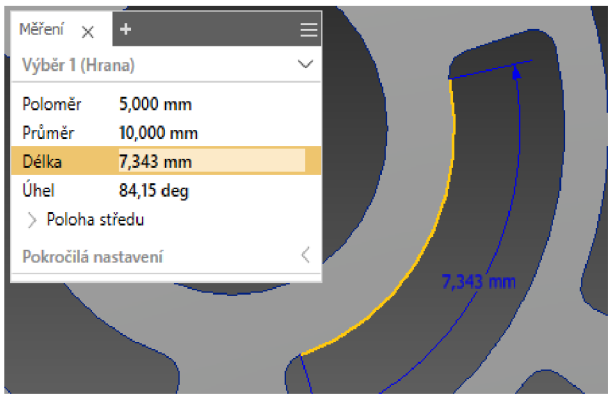


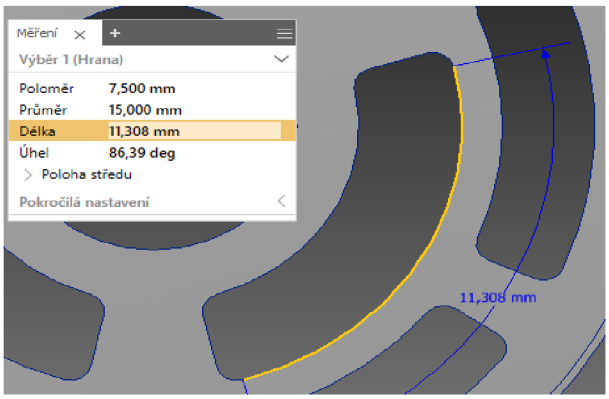


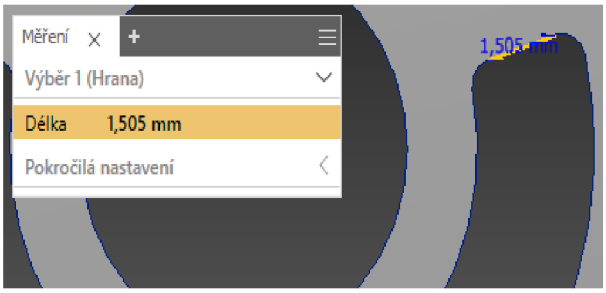
PŘÍLOHA 6 2/2

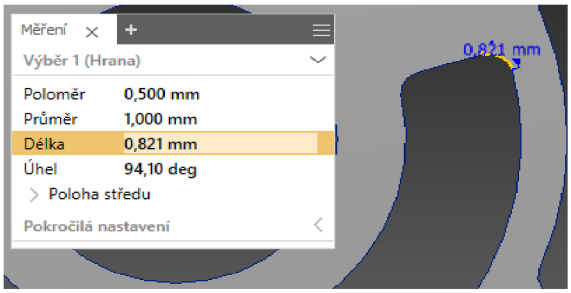
Vygenerované dráhy řezu laseru ze softwaru Inventor Professional 2018.

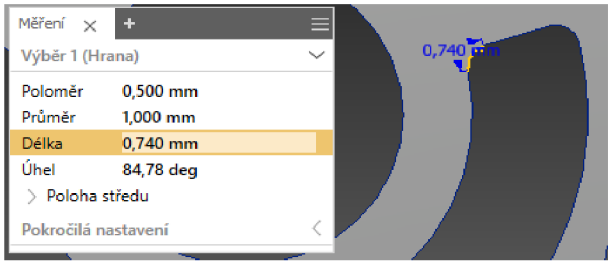
Střední díra:



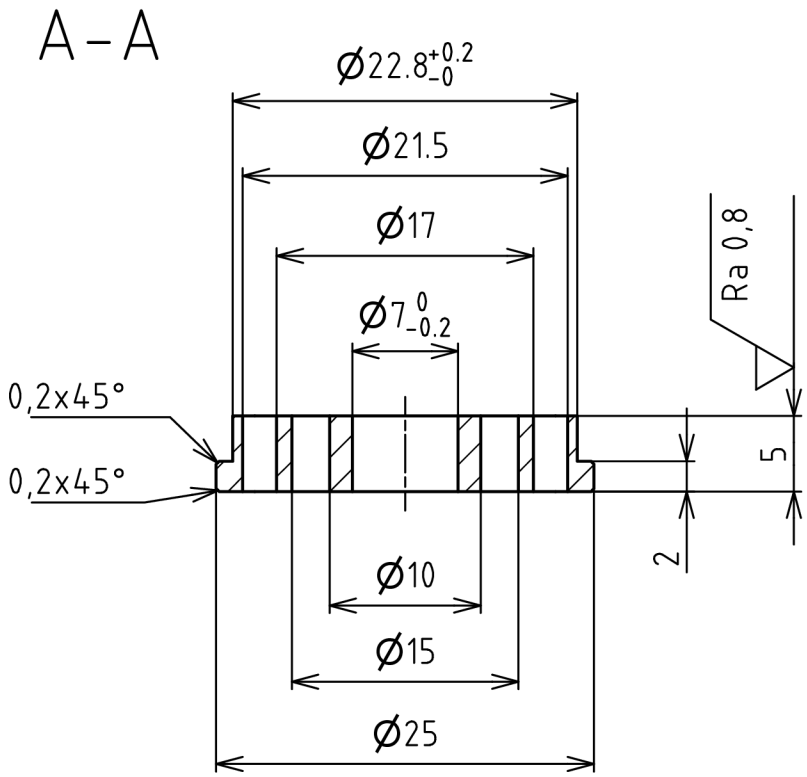


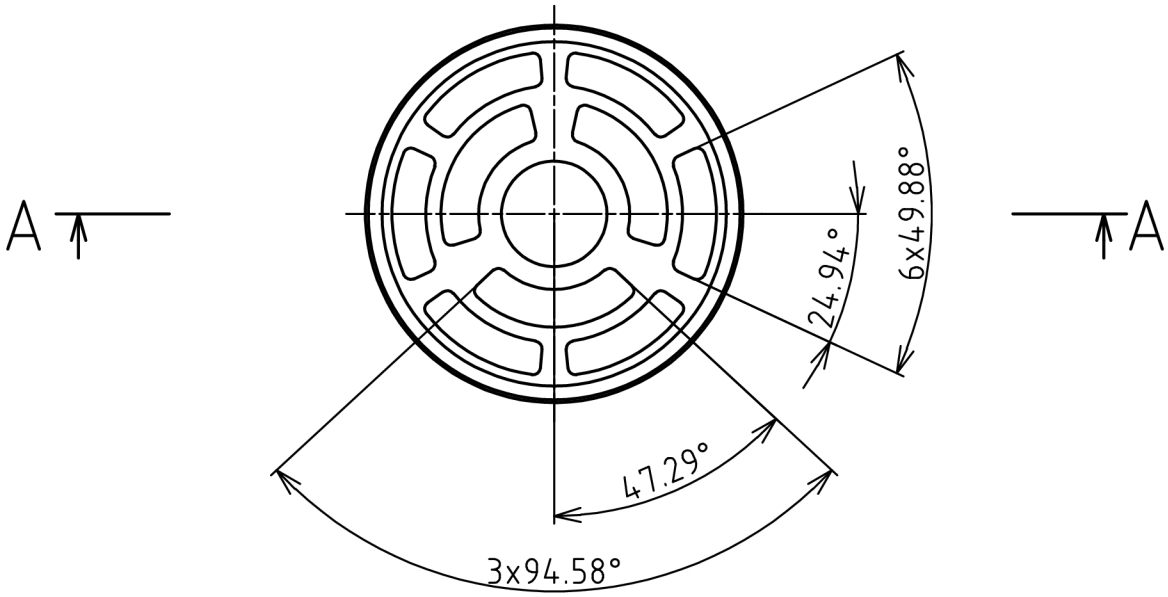






$$s_L = 78{,}540 + 21{,}991 + 6 \cdot (2 \cdot [0{,}810 + 1{,}252 + 0{,}758] + 8{,}309 + 6{,}454) + 3 \cdot (2 \cdot [0{,}740 + 1{,}505 + 0{,}821] + 7{,}343 + 11{,}308) = 297{,}298\, mm$$





NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R=0,5mm

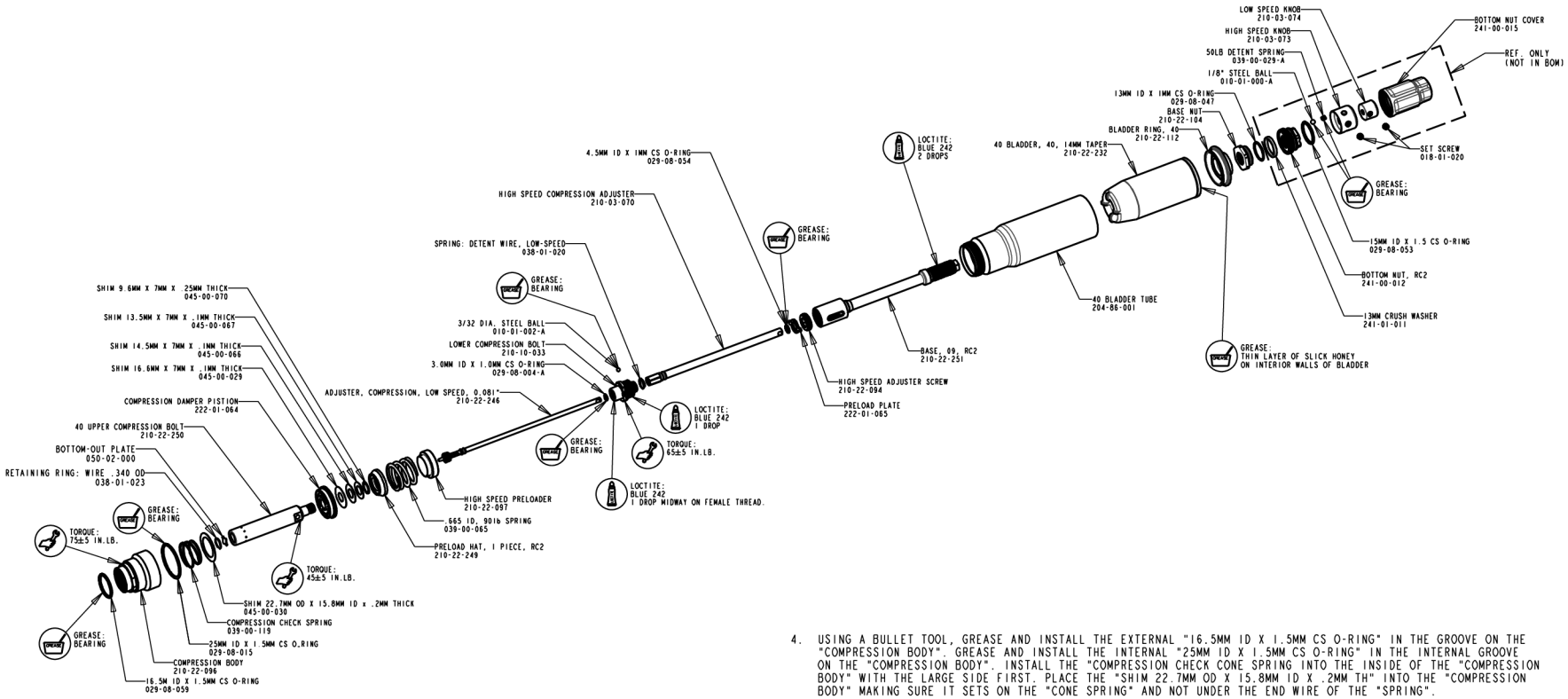
Struktura povrchu: Ra 3.2	Hrany: −0.1 +0.1	Měřítko 2 : 1	Přesnost: ISO 2768-mH Tolerování: ISO 8015 Promítání
Materiál: AlCu4Mg	Polotovar: Ø30 x 6	Hmotnost 3,7 g	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ	Druh dokumentu: VÝKRES SOUČÁSTI	Název: PŘEPOUŠTĚCÍ VENTIL
	Kreslil: Lenka Laštovičková	
	Schválil:	Číslo dokumentu: A4_161112
	Datum vydání: 21.05.2018	List: 1/1

— PROPRIETARY —
THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL, PROPRIETARY INFORMATION THAT IS FOX PROPERTY. DO NOT DISCLOSE TO OR DUPLICATE FOR OTHERS EXCEPT AS AUTHORIZED BY FOX.

REVISIONS

ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
	A	RELEASE FOR PROTODUCTION	21 FEB 08	



ASSEMBLY INSTRUCTIONS:

1. INSTALL THE "LOW-SPEED ADJUSTER SCREW" INTO THE "LOWER COMPRESSION BOLT" UNTIL IT STOPS AT THE BOTTOM. GREASE THE "3/32 DIA. STEEL BALL" AND PLACE IT INTO THE LARGER OF THE TWO HOLES IN THE GROOVE OF THE "LOWER COMPRESSION BOLT". SET THE "WIRE DETENT SPRING" IN THE SECOND HOLE OF THE "LOWER COMPRESSION BOLT" AND WORK IT INTO THE GROOVE AWAY FROM THE "BALL" SO THE END IS COVERING THE "BALL". USING A BULLET TOOL, GREASE AND INSTALL THE EXTERNAL "3MM ID X 1MM CS O-RING" IN THE GROOVE OF THE "LOW-SPEED ADJUSTER SCREW". USING A BULLET TOOL, GREASE AND INSTALL THE EXTERNAL "4.5MM ID X 1MM CS O-RING" IN THE GROOVE ON THE "HIGH-SPEED COMPRESSION ADJUSTER" . INSTALL THE "HIGH-SPEED COMPRESSION ADJUSTER" ONTO THE "LOWER COMPRESSION BOLT ASSEMBLY".

2. THREAD THE "HIGH-SPEED ADJUSTER SCREW" IN THE "RC2 BASE" A HALF OF A TURN FROM THE STOP AT THE BOTTOM. INSERT THE "PRELOAD PLATE" THROUGH THE SLOTS ON THE "RC2 BASE" AND PLACE IT DOWN FLAT AGAINST THE "HIGH-SPEED ADJUSTER SCREW". PUT ONE DROP OF BLUE LOCTITE ONTO THREAD OF THE "LOWER COMPRESSION BOLT" AND THREAD IT INTO THE "RC2 BASE ASSEMBLY". MAKE SURE THE "HIGH-SPEED COMPRESSION ADJUSTER" KEYS INTO THE "HIGH-SPEED ADJUSTER SCREW" IN THE "RC2 BASE". TORQUE THE "LOWER COMPRESSION BOLT ASSEMBLY" TO 65 IN-LB WITH A 10MM CROWS FOOT WRENCH WHILE HOLDING THE LOWER END OF THE "RC2 BASE" WITH AN 8MM 6 POINT WRENCH. CHECK THAT THE ADJUSTERS TURN FREE AND THE DETENT IS WORKING ON THE "LOW-SPEED ADJUSTER SCREW".

3. PLACE THE "HIGH-SPEED PRELOADER" OVER THE "RC2 BASE ASSEMBLY" SO THAT IT RESTS ON THE PRELOAD PLATE. INSTALL THE ".665 ID X 90 LB/IN SPRING" ON THE "HIGH-SPEED PRELOADER" FOLLOWED BY THE "PRELOAD HAT" WITH THE LARGER DIAMETER TOWARDS THE "SPRING". PLACE THE "BOTTOM-OUT PLATE" INTO THE "40 UPPER COMPRESSION BOLT" AND CHECK TO MAKE SURE IT SEALS. INSTALL THE "WIRE RETAINING RING" INTO THE LOWER GROOVE OF THE "UPPER BOLT" AND CHECK TO MAKE SURE IT IS FULLY ENGAGED IN THE GROOVE. SLIDE THE "COMPRESSION PISTON", SMALL SIDE FIRST ONTO THE THREADED END OF THE "40 UPPER COMPRESSION BOLT". WITH THE THREADED END OF THE "UPPER COMPRESSION BOLT" FACING UPWARD, INSTALL THE "SHIM 16.6MM OD X 7MM ID X .1MM TH", "SHIM 14.5MM OD X 7MM ID X .1MM TH", "SHIM 13.5MM OD X 7MM ID X .1MM TH", AND "SHIM 9.6MM OD X 7MM ID X .25MM TH". PUT ONE DROP OF BLUE LOCTITE 242 MIDWAY ON FEMALE THREAD OF THE "LOWER COMPRESSION BOLT". KEEP THE "UPPER BOLT ASSEMBLY" INVERTED AND THREAD ON THE "RC2 BASE ASSEMBLY". CAREFULLY INSPECT THAT "SHIMS" ARE CENTERED ON THE "BOLT" AND CLAMPED PROPERLY ON THE "BASE ASSEMBLY". TORQUE THE "UPPER COMPRESSION BOLT ASSEMBLY" TO 45 IN-LB WITH A 10MM CROWS FOOT WRENCH WHILE HOLDING THE LOWER END OF THE "RC2 BASE" WITH AN 8MM 6 POINT WRENCH.

4. USING A BULLET TOOL, GREASE AND INSTALL THE EXTERNAL "16.5MM ID X 1.5MM CS O-RING" IN THE GROOVE ON THE "COMPRESSION BODY". GREASE AND INSTALL THE INTERNAL "25MM ID X 1.5MM CS O-RING" IN THE INTERNAL GROOVE ON THE "COMPRESSION BODY". INSTALL THE "COMPRESSION CHECK CONE SPRING INTO THE INSIDE OF THE "COMPRESSION BODY" WITH THE LARGE SIDE FIRST. PLACE THE "SHIM 22.7MM OD X 15.8MM ID X .2MM TH" INTO THE "COMPRESSION BODY" MAKING SURE IT SETS ON THE "CONE SPRING" AND NOT UNDER THE END WIRE OF THE "SPRING".

5. LIGHTLY GREASE THE OUTER EDGE OF THE "COMPRESSION DAMPER PISTON" OF THE "RC2 BASE ASSEMBLY" AND INSTALL IT INTO THE "COMPRESSION BODY ASSEMBLY". MAKE SURE THE "SHIM" IN THE "COMPRESSION BODY ASSEMBLY" IS NOT PINCHED AND THE "PISTON" HAS PASSED BEYOND THE INTERNAL "O-RING" OF THE "COMPRESSION BODY ASSEMBLY" AND IS HELD IN PLACE BY THAT O-RING. THREAD THE "40 BLADDER TUBE" INTO THE "COMPRESSION BODY". SET THE "40 BLADDER TUBE" IN A COLLET AND TORQUE THE "COMPRESSION BODY" TO 75 IN-LB WITH A 21MM CROWS FOOT WRENCH ON THE WRENCH FLATS OF THE "COMPRESSION BODY".

6. THESE NEXT STEPS WILL BE ASSEMBLED ONTO THE "RC2 BASE VALVE ASSEMBLY" AFTER THE ENTIRE CARTRIDGE IS ASSEMBLED AND FILLED WITH OIL. LIGHTLY GREASE THE INSIDE SURFACES AS WELL AS THE OUTER AND INNER SEALING LIPS OF THE "40 BLADDER". INSTALL THE INNER SEALING LIP OF THE "BLADDER" ONTO THE INNER SEAL GROOVE OF THE "40 BLADDER RING" AND CAREFULLY SPIN TO MAKE SURE IT IS FULLY ENGAGED. PUSH FROM THE TOP OF THE "BLADDER" SO YOU DO NOT COMPRESS IT INWARD AND SLOWLY ROLL THE OUTER SEALING LIP OF THE "BLADDER" ONTO THE "BLADDER RING". INSTALL THE EXTERNAL "13MM ID X 1MM CS O-RING" ONTO THE EXTERIOR GROOVE OF THE "BASE NUT". INSTALL THE EXTERNAL "15MM ID X 1.5MM CS O-RING" ONTO THE GROOVE OF THE "RC2 BOTTOM NUT". THREAD A "SET SCREW" INTO THE THREADED HOLE ON BOTH THE "LOW-SPEED KNOB" AND "HIGH-SPEED KNOB" UNTIL THEY ARE FLUSH WITH THE EDGES. GREASE AND INSTALL THE "50LB DETENT SPRING" FOLLOWED BY THE "1/8 STEEL BALL INTO THE DETENT HOLE ON THE UPPER SIDE OF THE "HIGH-SPEED KNOB".

ITEM NO.	QTY.	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL SPEC

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN INCHES [MM]

TOLERANCES ARE:
DECIMALS .XX [.X] ± .01 [0.25]
.XXX [.XX] ± .005 [0.13]
ANGLES ± 1°

THIRD ANGLE PROJECTION

PER ASME Y14.5M 1994

APPROVALS		DATE
DWN. BY	E LINDSLEY	7 NOV 07
CHK. BY	B BECKER	6 FEB 08
ENG.	S PELOT	7 NOV 07
MFG.		
ADD.		

FOX Factory, Inc.
130 Hangar Way, Watsonville, CA 95076 USA. Ph 831-768-1100, Fax 831-768-9312

09 40 RC2 BASE VALVE ASSY

SIZE C | PART NO. 820-03-118

PLOT SCALE 0.4:1 | SHEET 1 OF 2