



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NAVRŽENÍ TECHNOLOGIE PRO SOUCÁST "PRÍRUBA" VE DVOU VARIANTÁCH

DESIGNING TECHNOLOGY FOR FLANGE PART IN TWO VARIANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Jan VALACH

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Valach

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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:

### **Navržení technologie pro součást "příruba" ve dvou variantách**

v anglickém jazyce:

### **Designing Technology for Flange Part in Two Variants**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Konstrukčně-technologický rozbor součásti "příruba".
3. Návrh základní varianty technologického postupu.
4. Progresivní varianta technologie.
5. Výroba vzorku součásti dle základní varianty.
6. Technicko-ekonomické vyhodnocení.
7. Diskuze.
8. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování projektu obsahujícího varianty technologie na různé úrovni. Zvládnutí výroby vzorku součásti. Posouzení rozdílů mezi variantami včetně ekologického hlediska.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
3. 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.
4. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
5. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

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

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit dva technologické postupy pro součást tvaru příruba. Pro každou z variant byl zvolen jiný druh polotovaru a jiný stroj. U obou variant je součást obráběna metodou soustružení. Progresivní varianta dokáže vyrobit součást za přibližně třetinový čas. Progresivní varianta technologického postupu se vyplatí již od počtu 11 kusů.

### **Klíčová slova**

CNC soustruh, technologický postup, obrábění, polotovar, obrobek.

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis was to create two technological processes for component flange. For each of variants was chosen different kind of blank and different machine. In both variations, part is machined by turning. Progressive variation can produce the part for approximately one third of the time. Progressive variation of technological process is preferable since 11 pieces.

### **Key words**

CNC lathe, technological process, machining, blank, workpiece.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VALACH, Jan. Navržení technologie pro součást „příruba“ ve dvou variantách. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 51 s. 2 přílohy. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Navržení technologie pro součást „příruba“ ve dvou variantách** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....  
Datum

.....  
Jan Valach

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi, Milanu Rusiňákovi a Jiřině Báčové za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Také bych tímto chtěl poděkovat svým rodičům za podporu a umožnění studia na vysoké škole.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÝ ROZBOR SOUČÁSTI.....	9
1.1 Konstrukční rozbor .....	9
1.2 Technologický rozbor .....	9
1.2.1 Přesnost výroby .....	9
1.2.2 Volba polotovaru .....	10
1.2.3 Volba stroje .....	13
2 NÁVRH ZÁKLADNÍ VARIANTY TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU .....	15
2.1 Nástrojový list pro základní variantu.....	15
2.2 Technologický postup pro základní variantu .....	17
2.3 Volba řezných podmínek pro základní variantu.....	20
2.4 Pomůcky pro základní variantu .....	20
3 PROGRESIVNÍ VARIANTA TECHNOLOGIE .....	22
3.1 Nástrojový list .....	22
3.2 Pomůcky.....	24
3.3 Technologický postup.....	26
3.4 Volba řezných podmínek .....	28
4 VÝROBA VZORKU SOUČÁSTI DLE ZÁKLADNÍ VARIANTY.....	30
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ .....	31
5.1 Výrobní časy .....	31
5.2 Spotřeba materiálu základní varianty .....	33
5.3 Spotřeba materiálu v progresivní variantě .....	36
5.4 Ekonomika základní varianty.....	38
5.5 Ekonomika progresivní varianty .....	41
5.6 Ekonomické vyhodnocení.....	42
6 DISKUZE.....	44
ZÁVĚR.....	45
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	46
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	48
SEZNAM PŘÍLOH.....	51

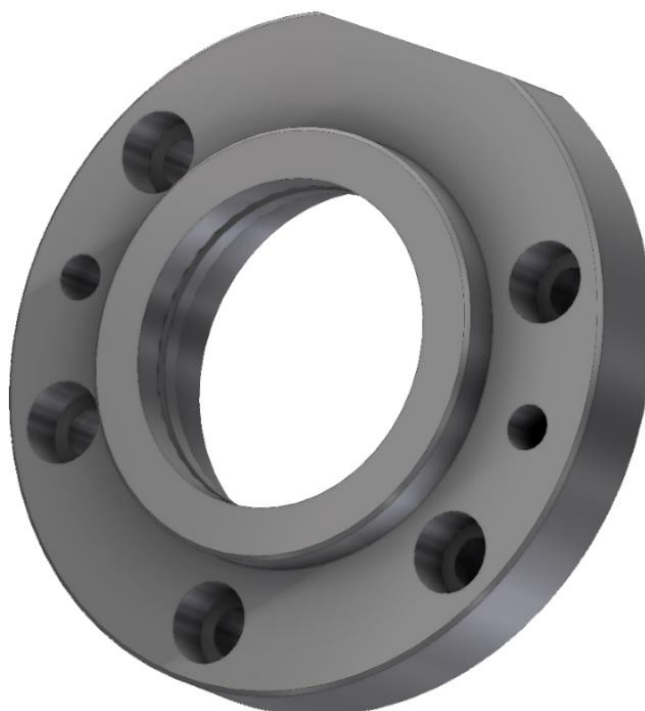
## ÚVOD

Tato bakalářská práce je psána z důvodu návrhu technologického postupu, který vznikne ve více variantách. Základní varianta technologického postupu bude následně ve školní dílně vyrobena za pomoci CNC (Computer numerical control) soustruhu.

Číslicově řízené obráběcí stroje, neboli CNC obráběcí stroje, jsou v dnešní době hojně používány. Z velkosériové výroby již pronikly i do malosériové a kusové výroby součástí, které by se na klasických obráběcích strojích obráběly obtížně, nebo by se z důvodu složitého tvaru vyráběly obtížně. CNC stroje jsou řízené počítačem, obvykle mají pro každý pohyb vlastní pohon, což umožňuje pohyb ve více osách odlišnou rychlostí najednou.

Obor strojírenská technologie je jedním ze základních odvětví strojírenského průmyslu. Technologie do značné míry ovlivňuje cenu konečného produktu, jeho kvalitu, a to jak po stránce rozměrové, tak po stránce kvality povrchů a geometrické přesnosti. Strojírenská technologie se zabývá návrhem vhodné výroby součásti, určuje z čeho se bude vyrábět, jak se bude vyrábět, na čem se bude vyrábět, čím se bude vyrábět a za jakých podmínek se bude vyrábět.

Tato bakalářská práce se zabývá dvěma variantami výrobní technologie pro součást „Příruba pro ložisko“, která je zobrazena v obrázku 0.1. První varianta se zabývá výrobní technologií vhodnou pro prostředí školní dílny a druhá varianta výrobní technologie je určena pro výrobu v podniku vybaveném progresivnějšími stroji a nástroji. Práce obsahuje konstrukční a technologický rozbor součásti, volbu vhodného polotovaru, volbu strojů, volbu nástrojů, technologické postupy, operační návodky, popis výroby vzorové součásti, vzájemné technicko-ekonomické zhodnocení obou variant a diskuzi o použitých výrobních postupech.



Obr. 0.1: Příruba pro ložisko.



## 1 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÝ ROZBOR SOUČÁSTI

Rozbor materiálu součásti, tvaru součásti a jemu náležející přesnosti. Tento rozbor dále vede k určení potřebného polotovaru, výrobní technologie, vhodných nástrojů a z toho sestaveného technologického postupu.

### 1.1 Konstruktivní rozbor

Vyráběná součást je typu příruba, o největším průměru 150 mm a celkové délce 31,4 mm. Z důvodu nedostatku místa je největší průměr (150 mm) v jednom místě o 5 mm ofrézován na rovnou plochu.

Součást bude ustavena na dvou válcových kalených kolících dle normy ČSN EN ISO 8734, které budou mít průměr 10 mm a budou pro ně zhotoveny dvě díry o průměru 10 mm v toleranci H7. Dále bude součást připevněná pěti šrouby se zápusťnou hlavou a závitem M10 dle normy ČSN EN ISO 4762, pro které bude zhotoveno na roztečné kružnici o průměru 122,5 mm po 60° pět průchozích děr o průměru 11 mm se zahloubením o průměru 18 mm a hloubce 11 mm. Obvykle se po 60° dělá šest děr, ale z důvodu již zmíněnému ofrézování by se do šesté pozice nevešlo zahloubení, tak zde šestý šroub není [1, 2].

Do příruby bude nalisováno ložisko 6010 ČSN 02 4630, které má vnější průměr 80 mm. Pro ložisko se bude zhotovovat vnitřní osazená část o stejném průměru vyráběném v toleranci H7a délce 16 mm s průměrnou aritmetickou úchytkou profilu Ra 1,6 [1, 2].

Zbylý vnitřní průměr bude soustružen na 72 mm s přesností H8 a průměrnou aritmetickou úchytkou profilu Ra 3,2. Tento průměr bude sloužit pro nalisování těsnicího kroužku GP 50-72-8 NBR ČSN 02 9401.0, který se bude dorážet na pojistný kroužek [1, 2].

Pojistný kroužek se bude montovat do zápichu, soustruženého 10 mm od čela menšího průměru, na průměr 75 mm s tolerancí H12. Šířka zápichu bude 2,65 mm s tolerancí H13 [1, 2].

Pro lepší představu součásti je jako příloha 1 přiložen výkres součásti.

### 1.2 Technologický rozbor

Z výkresové dokumentace nebo předešlé kapitoly lze vyčíst, že na součásti se nenachází plochy s předepsanou malou průměrnou aritmetickou úchytkou profilu Ra, nebo zvláště přesné rozměry, kvůli kterým by se musela provádět některá z dokončovacích metod, jako například broušení. Součást bude vyráběna soustružením na soustružnickém obráběcím centru, které má možnost pohánět nástroje, čehož bude využito při výrobě rovné plošky na největším průměru, a děr pro kolíky a šrouby. U děr pro kolíky bude zapotřebí kvůli dosažení potřebné přesnosti mimo vrtání ještě také díry vyhrubovat a vystružovat.

#### 1.2.1 Přesnost výroby

Přesnost výroby je dána výrobním výkresem. Na výkrese se nacházejí tolerované i netolerované rozměry a předepsané i nepředepsané geometrické tolerance. U tolerovaných rozměrů jsou tolerance dané buď přímo mezními úchytkami, nebo pomocí soustavy tolerancí a uložení ISO (tab. 1.1). U netolerovaných rozměrů se přesnost řídí normou ISO 2768-mK, která je předepsána v rohovém razítku. Z této normy budou brány střední hodnoty (jak pro rozměrové tak pro geometrické tolerance), což je dáno koncovkou „-mK“.

Tab. 1.1: Tolerance [2].

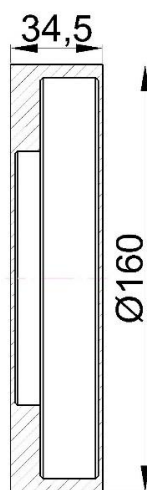
Rozměr [mm]	Dolní mezní rozměr [mm]	Horní mezní rozměr [mm]
2,65 H13	2,650	2,790
72 H8	72,000	72,046
75 H12	75,000	75,300
80 H7	80,000	80,030

### 1.2.2 Volba polotovaru

Volba polotovaru je značně závislá na sériovosti výroby. Při nízké sériovosti výroby se obvykle vybírají hutní polotovary, u kterých je nižší využití materiálu (v závislosti na tvaru součásti), ale jsou vyráběny velkosériově, čímž zde odpadají počáteční náklady na přípravu výroby polotovaru. Naopak při vysoké sériovosti se volí polotovary, na kterých bude co nejmenší počet ploch, které se budou obrábět. U těchto polotovarů jsou vyšší vstupní náklady, které se ale rozdělí mezi velký počet kusů a náklady na jeden kus jsou poté nižší než při výrobě z hutních polotovarů. Mezi takovými polotovary můžeme zařadit například odlitky a výkovky. Zejména výkovky vyhotovené zápustkovým kovááním mají velmi vysoké náklady na zhotovení zápustek. Při tvorbě výkovků se ale nemění pouze tvar, výrazně se zlepšují mechanické vlastnosti.

#### Polotovar pro základní variantu

Polotovarem bude přířez z tyčového materiálu. Jako hutní polotovar budou nakupovány tyče o průměru 160 mm a délce 6 m z materiálu ČSN 12 050. Tento průměr tyče byl zvolen s ohledem na vyráběné průměry tyčí a jejich výrobní toleranci. Tyče budou řezány pásovou pilou na kotouče tloušťky 34,5 mm (obr. 1.1). Přídavek na tloušťku 3 mm byl volen s ohledem na způsob dělení. Při řezání vzniká špatný povrch a řez nemusí být vždy zcela kolmý, což by při menším přídavku mohlo vést k občasnému částečnému neobrobení čelní plochy [3].



Obr. 1.1: Polotovar základní varianty.

### Polotovár pro progresivní variantu

Polotovarem pro progresivní variantu bude odlitek (obr. 1.2). Odlitek bude z litiny s kuličkovým grafitem ČSN 42 2305 (EN-GJS500-7), neboli takzvané tvárné litiny, která je lépe obrobitelná než ostatní druhy litin. Tímto druhem polotovaru se snižuje spotřeba materiálu, kterého je v odlitku méně než v přířezu z tyče a strojní čas z důvodu odpadnutí operace řezání a obrábění pouze funkčních ploch. Odlitek má předlitý vnější tvar s konstrukčními úkosy  $3^\circ$  a vnitřní díru s technologickým úkosem  $1^\circ$ . Na odlitku se nacházejí přídavky na obrábění na obou čelních plochách a vnitřním otvoru, které mají velikost vzhledem k orientaci vůči dělicí rovině 1,5 mm a 2,5 mm. Všechny hrany jsou zaobleny rádiusem s poloměrem 1,5 mm a na přechodu mezi vnějšími průměry se nachází rádius R10. Tento poloměr byl zvolen podle následujícího postupu [4]:

1. Tloušťky stěn nesmějí být ve vyšším poměru než 1:2, tato podmínka byla splněna, mezi stěnami je poměr 1:1,78.
2. Podle vztahu (1.1) se zjistí střední hodnota tloušťky stěn,
3. Podle tabulky (1.1) se zjistí koeficient, kterým se vynásobí střední hodnota tloušťky stěn.
4. Výsledek z bodu 3 se zaokrouhlí k nejbližšímu vyššímu poloměru z řady 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 mm.

Rovnice (1.1) pro výpočet střední tloušťky stěn [4]:

$$s = 0,5 \cdot (a + b) \quad (1.1)$$

kde:  $s$  [mm] střední tloušťka stěn,  
 $a$  [mm] tloušťka první stěny,  
 $b$  [mm] střední tloušťka stěn.

Tab. 1.2: Poloměr zaoblení [4].

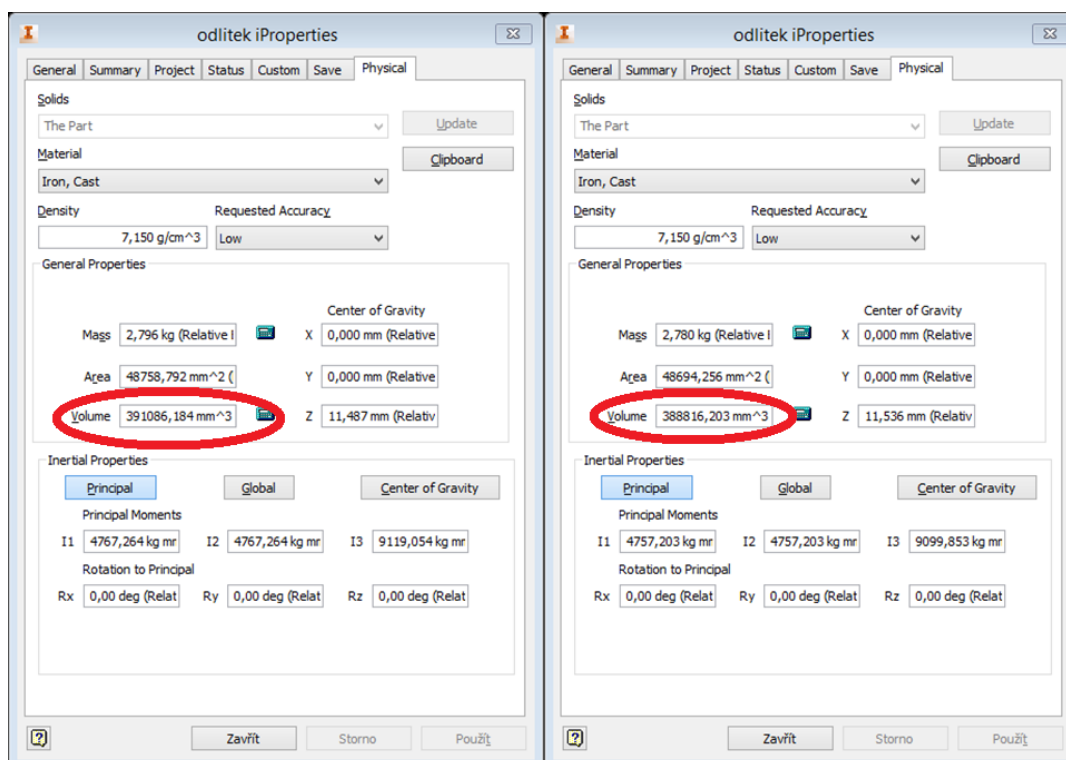
Úhel sevření		Poloměr zaoblení
přes	do	
45 °	90 °	0,5 · s
90 °	120 °	1 · s
120 °	135 °	1,6 · s

Vnější i vnitřní tvar odlitku bude utvořen pomocí dutiny ve spodní části formy. Horní část formy bude sloužit k uzavření formy a pro vtokovou a výfukovou soustavu. Byla zvažována varianta, kdy by se vnitřní část vytvářela pomocí horní části formy. Taková varianta by přinesla lepší orientaci technologických úkosů, čímž by se šetřil materiál. Po namodelování obou variant v programu Autodesk Inventor 2015 byl zjištěn rozdíl objemů odlitků zhruba  $2 \text{ cm}^3$  (zobrazeno na obrázku 1.3). Tento rozdíl není natolik výrazný, aby se vyplatilo použít složitější formu.

Vzhledem k tomu, že výroba bude probíhat z odlitku, byl pozměněn výrobní výkres součásti (příloha 2) tak, aby nebylo potřeba obrábět všechny plochy, ale jenom funkční plochy a ostatní plochy mohly zůstat v litém stavu.



Obr. 1.2: Polotovar progresivní varianty.



Obr. 1.3 Levá část: použitá varianta. - Pravá část: navrhovaná varianta.

### 1.2.3 Volba stroje

Volba stroje je důležitým aspektem při návrhu technologického postupu. Od daného stroje se odvíjí rozsah použitelných metod výroby. Nejdříve je potřeba vybrat metodu obrábění. Vzhledem k tomu, že vyráběná součást je převážně rotační, tak vhodnou metodou je soustružení. Dalším hlediskem je tvarová složitost nebo sériovost. Dle toho se zvolí buď univerzální stroj, zobrazený na obrázku 1.4, který je ovládán ručně, nebo číslicově řízený stroj, zobrazený na obrázku 1.5, jenž je ovládán nepřímo přes řídicí program. Dříve se používaly stroje s takzvanou pevnou automatizací, které byly řízeny například vačkami. U těchto strojů je ale příprava výroby nepřiměřeně dlouhá. Klasické obráběcí stroje, které jsou řízeny přímo, mají výhodu v rychlém přenastavení na výrobu jiné součásti, ale samotná výroba je již pomalejší než na strojích číselně řízených. Číslicově řízené stroje jsou dnes převážně řízeny počítačem (tzv. CNC a DNC stroje), dříve byly využívány i stroje řízené děrnou páskou nebo štítkem a magnetickou páskou (NC stroje).



Obr. 1.4: Univerzální soustruh [5].



Obr. 1.5: CNC soustruh [6].

### Stroj pro základní variantu

Pro základní variantu technologického postupu byl zvolen ze strojového parku školní dílny CNC soustruh Kovošvit MAS SP 280 SY (obr. 1.6), který jako jediný disponuje dvěma vřeteny a revolverovou hlavou s možností pohánění nástrojů. Druhé vřeteno umožňuje výrobu celé součásti v jedné soustružnické operaci, při které dojde k přepnutí obrobku z prvního vřetene do druhého a následnému obrobení druhé strany. Poháněné nástroje budou využity pro mimoosé vrtací a frézovací operace, při kterých vřeteno, které obvykle koná hlavní řezný pohyb, je buď zcela zastaveno, nebo je řízeno jako osa „C“.



Obr. 1.6: Kovošvit MAS SP 280 SY [7].

### **Stroj pro progresivní variantu**

Obráběcí stroj pro progresivní variantu technologického postupu byl vybírán z katalogu firmy Okuma. Při výběru se hlavně zohledňoval maximální soustružený průměr, počet vřeten a počet revolverových hlav. Na základě těchto kritérií byl vybrán CNC soustruh Okuma Twin Star LT2000 EX 2T2MY (obr. 1.7), se dvěma rovnocennými vřeteny a dvěma revolverovými hlavami, které mají možnost pohánět nástroje. Tento stroj dokáže vyvinout jak na obou vřetenech, tak na poháněných nástrojích, otáčky dosahující hodnoty až  $6\,000\text{ min}^{-1}$  a má řízeno osm os. Mezi další výhody tohoto stroje patří vysoká rozměrová stabilita při změně okolní teploty nebo po delším zastavení z důvodu například pauzy, obě revolverové hlavy dokáží obrábět na obou vřetenech a oproti standartnímu provedení jsou vybaveny i posuvem v ose Y. U vřeten není problém s přepnutím obrobku do druhého vřetene za rotace díky synchronizované ose C. Tohoto řešení se využívá při výrobě z tyče, kdy je potřeba při předávce kus upíchnout. Ke stroji by v případě obrábění tyčového materiálu bylo možné připojit podavač tyčí. Při obsluze méně kvalifikovaným personálem je také výhodou, že stroj se po přerušení chodu programu dokáže následně vrátit na začátek programového bloku a pokračovat v obrábění [8].



Obr. 1.7: Okuma Twin Star LT2000 EX 2T2MY [9].

## 2 NÁVRH ZÁKLADNÍ VARIANTY TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Základní varianta technologického postupu je sestavena tak, aby byla použitelná v prostředí školní dílny. Jako polotovár byl zvolen přířez z tyče a obrábět se bude na stroji Kovosvit MAS SP 280 SY.

### 2.1 Nástrojový list pro základní variantu

Do nástrojového listu byly rotační nástroje vybírány z Garant ToolScout a k ní náležejícího katalogu Hoffmann Group, soustružnické nože z katalogu Soustružení 2014 a vnitřní zapichovací nůž z katalogu Nástroje pro zapichování.

Při vkládání nástrojů do nástrojového listu byl řešen problém s počtem nástrojů a nástrojových pozic. Pro daný dílec je na výrobu potřeba 14 nástrojů, ale vybraný stroj má pouze 12 nástrojových pozic. Tento problém byl vyřešen použitím dvou kusů dvojitých nástrojových držáků upnutých na pozicích dva a tři. Příklad dvojitého nástrojového držáku je zobrazen na obrázku 2.1. Do těchto nástrojových držáků budou upnuty vnější hrubovací a dokončovací nože. Například držák na pozici 2 bude držet hrubovací nůž pro první stranu a hrubovací nůž pro druhou stranu. Tyto nástroje pak budou mít ve svém kódu stejnou nástrojovou pozici ale rozdílnou korekci (T202 a T214).

Při výběru rotačních nástrojů se nejdříve vložily požadované parametry do internetové aplikace, která následně nabídla množství nástrojů. V katalogu Hoffmann Group se k nástrojům vynašly specifikace o jejich materiálech a povlacích. Internetová aplikace k jednotlivým nástrojům předepisuje startovací řezné podmínky, které již jsou přizpůsobeny obráběnému materiálu. Při volbě velikosti vrtáku (na předvrtání středového otvoru), který se vybíral co největší, byl hlavním limitujícím prvkem výkon stroje. Při výběru frézy se vybíralo pouze mezi nástroji, které měly průměr 18 mm. Důvodem k tomu byl požadavek, aby fréza mohla obrábět zahlobení pro šrouby a to pouhým zavrtáním. K fréze jsou přiřazeny dvě korekce, první korekce bude sloužit na seřizování rozměrů frézované plochy na průměru 150 mm a druhá bude sloužit pro seřizování zahlobení. Kdyby nebyly korekce rozděleny, tak by se při seřizování polohy děr měnila hloubka odfrézované plochy, což je nežádoucí [10, 11].

Soustružnické nože byly vybírány z katalogu Soustružení 2014 podle utvařeče, tvaru VBD a materiálu VBD. Utvařeče byly vybírány podle rozsahu odebíraných třísek, posuvů a řezných rychlostí. Tvar VBD byl volen takový, aby ve špičce bylo co nejvíce materiálu a měla potřebný rádius. Materiál byl volen takový, aby odpovídal použití pro oceli a měl požadované vlastnosti (houževnatost x odolnost proti otěru) [12].

Vnitřní zapichovací nůž byl jako jediný vybírán z katalogu Nástroje pro zapichování. Toto bylo zapříčiněno nedostatečným nabízeným sortimentem v předchozích katalozích v kategorii vnitřních zapichovacích nožů. Vybraná VBD má šířku 2,7 mm což je v toleranci dané výkresem a bude se tedy konat pouze zapichovací pohyb [13].

Nástrojový list je zobrazen v tabulce 2.1.

Tab. 2.1: Nástrojový list pro první variantu [10, 11, 12, 13].

VUT FSI ÚST BRNO		NÁSTROJOVÝ LIST			Datum vydání: 23.3.2015	
Vyhotožil: Jan Valach		Stroj: Kovosvit MAS SP 280 SY			Číslo výkresu souč.: 15-3187-12-08	Číslo listu: 1
Pozice nástroje (+ korekce)	znázornění	název nástroje	část	ISO kód / norma / značení výrobce	materiál	
T101		vrták s VBD Ø 44	destička obj. č. (Hoffmann)	WOEX 06T304 232298 40	P40	
T202		hrubovací nůž s VBD	destička nůž	CNMG 090308E-M DCLNR 2525 M 09	P45	
T214		hrubovací nůž s VBD	destička nůž	CNMG 090308E-M DCLNR 2525 M 09	P45	
T303		dokončovací nůž s VBD	destička nůž	CCMT 080302E-FF2 SCLCR 1212F08	P15	
T315		dokončovací nůž s VBD	destička nůž	CCMT 080302E-FF2 SCLCR 1212F08	P15	
T404		NC středící vrták 90°	obj. č. (Hoffmann) velikost	112000 Ø 12	HSS-E	
T505		šroubovitý vrták Ø 11	norma velikost	DIN 338 Ø 11	HSS	
T606		šroubovitý vrták Ø 9	norma velikost	DIN 1897 Ø 9	HSS-E	
T707		výhrubník	norma velikost	DIN 344 Ø 9,8	HSS	
T808		výstružník	norma velikost	DIN 212 Ø 10 H7	HSS-E	
T909		vnitřní hrubovací nůž s VBD	destička nůž	CNMG 090308E-M A20Q-PCLNR 09	P30	
T1010		vnitřní dokončovací nůž sVBD	destička nůž	CCMT 080302E-FF2 A16R-SCLCR 08	P10	
T1111		vnitřní zapichovací nůž sVBD	destička nůž	GEPI 2.7-0.20 GEHIR 16SC-13-3	P20	
T1212 T1224		stopková čelní válcová fréza	norma velikost	DIN 844-B Ø 18	SPN	





Obr. 2.1: Dvojitý nástrojový držák [14].

## 2.2 Technologický postup pro základní variantu

Technologický postup byl sestaven tak, aby co nejvíce využíval výhod daného stroje, jakýmiž jsou [6]:

- 2 vřetena,
- výkon hlavního vřetene 20,9 kW,
- výkon protivřetene 7,5 kW,
- možnost pohánění nástrojů.

Nejdříve dojde k nařezání tyčí na disky o délce 34,5 mm. U řezání je počítáno s podřezáváním pily a tak je na každé čelo dán přídavek 1,5 mm. Po nařezání budou součásti obráběny na CNC soustruhu.

Na první straně součásti dojde k:

- obrobení průměru 150 mm,
- obrobení větší z čelních ploch,
- vyvrtání otvorů pro šrouby,
- obrobení otvorů pro kolíky,
- obrobení vnitřního tvaru součásti.

Poté bude součást přeprnuta do protivřetené, kde dojde k:

- obrobení druhé čelní plochy,
- obrobení průměru 95 mm,
- frézování plochy na průměru 150 mm,
- vyvrtání zahloubení u děr pro šrouby.

První upnutí bude prováděno pomocí měkkých čelistí, které budou mít vysoustružený průměr 160 mm do hloubky 10 mm. Měkké čelisti byly použity z důvodu potřeby dostatečně přesného upnutí vzhledem k poloze v ose Z. Z důvodu vyššího výkonu na hlavním vřetení se součást začne obrábět na tomto vřetení. První operací bude vyvrtání středového otvoru. Tímto krokem zamezím dosahování nulových řezných rychlostí při obrábění čelních ploch v místě osy rotace. Velikost vrtáku byla zvolena tak, aby byl výkon hlavního vřetene co nejvíce využit. Vyvrtáním velkého středového otvoru se umožní použití větších vnitřních hrubovacích nožů a zmenší se objem materiálu, který se bude muset později odhrubovat.

Další operací bude hrubování vnějšího tvaru. Tímto hrubováním se provede zarovnání čelní plochy a obrobení polotovaru na průměr 150 (s přídavkem) do vzdálenosti 22,5 mm. Hrubovací operace byla podrobena kontrole na potřebný výkon stroje dle vztahu 2.1 a kontrole kvadrátu těla nože dle nomogramu přiloženého v katalogu [12].

Vztah (2.1) pro výpočet přibližného potřebného výkonu stroje [12].

$$P_c = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c}{x} \quad (2.1)$$

Kde:  $P_c$ ... [kW]            přibližný potřebný výkon stroje,  
 $a_p$ ... [mm]            hloubka řezu,  
 $f$ ... [mm]            posuv,  
 $v_c$ ... [m.min<sup>-1</sup>]        řezná rychlost,  
 $x$ ... [-]            součinitel vlivu obráběného materiálu.

Následně budou tyto plochy dokončeny nástrojem s uzpůsobenou geometrií (rádius špičky a utvařec) a materiálem (křehčí s vyšší odolností proti otěru) pro dokončovací operace. Velikost posuvu bude odpovídat průměrné aritmetické úchylce profilu Ra 3,2.

V následné operaci dojde k navrtání středicích důlků jak pro otvory pro kolíky, tak pro otvory pro šrouby NC středicím vrtákem. Poté budou vyvrtány díry pro šrouby klasickým šroubovitým vrtákem.

V další operaci budou vyvrtány díry pro díry pro kolíky s přídavkem na operace vyhrubování a vystružení, kterými bude následně obrábění pokračovat. Operace vyhrubování a vystružování jsou zařazeny kvůli dodržení tolerance H7 předepsané výkresem.

Poté dojde k hrubování vnitřního tvaru součásti. U hrubovacího nože byla provedena kontrola kvadrátu těla nože, podle které se poté určila hloubka řezu. Použitá VBD je stejná jako u vnějšího hrubovacího nože. Následně se dané plochy dokončí. Použitá VBD v dokončovacím noži je stejná jako ve vnějším dokončovacím noži, ale je vyrobena z materiálu odolnějšího na otěr [12].

Poslední operací první strany je výroba vnitřního zápichu s upnutou VBD, která má šířku 2,7 mm, což je uvnitř tolerance šířky zápichu předepsané výkresem součásti [2, 12].

Přepnutí součásti do protivřetene bude realizováno strojně z důvodu snadného zachování orientace dílce. Upínat se bude do stupňovitých kalených čelistí, které pro toto upnutí plně dostačují.

První operací druhé strany je hrubování vnějšího tvaru součásti, které probíhá shodným nástrojem jako na první straně, ale díky nižšímu výkonu vřetene jsou na tento nástroj předepsány méně progresivní řezné podmínky.

Tab. 2.2: Technologický postup ro základní variantu [10, 11, 12, 13].

VUT FSI ÚST BRNO		TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Datum vydání: 27. 2. 2015	
Číslo projektu: 3187		Číslo skup.: 12	Název součástky: <b>PŘÍRUBA PRO LOŽISLO</b>	Číslo výkresu souč.: <b>15-3187-12-08</b>	List 1.	
Vyhot.: Jan Valach		polotovár: $\varnothing 48-6000$ mm ČSN 42 5510.12		Materiál (ČSN): 12 050		
Číslo op.: pořadové orientač.	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště: Třídící číslo	Dílna:	popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje:	
00/00	pásová pila Bomar STG 220 G (05967)	obrobna	Řzat na délku $l = 34,5$	P1		
01/01	Kontrola (09863)	OSP	Zkontrolovat obrobek dle výkresové dokumentace ... četnost 5%	P1, P4, P8		
02/02	CNC soustruh MAS SP 280 SY (44443)	obrobna	Upnout do tříčelistového sklíčidla s doražením na čelní plochu	měkčí čelisti (průměr vysoustruž. 160 x 10)		
			Vřtat středový otvor $\varnothing 44$ přes celou tloušťku mat.	T101	P40	
			Hrubovat čelo na délku 34,5 s přídavkem 0,4	T202	P45	
			Hrubovat $\varnothing 150$ s přídavkem 0,8 a zrazit hranu $1 \times 45^\circ$	T202	P45	
			Zarovnat čelo na čisto na délku 34,5	T303	P15	
			Soustružit na čisto $\varnothing 150$ a sražení $1 \times 45^\circ$	T303	P15	
			Vřtat středící délky dle výkresové dokumentace pro všechny díry na roztečné kružnici $\varnothing 122,5$	T404	HSS-E	
			Vřtat díru $\varnothing 11$ (5x dle výkresu)	T505	HSS	
			Předvřtat díru $\varnothing 10$ H7 (2x dle výkresu) na $\varnothing 9$ do hloubky 24	T606	HSS-E	
			Výhrubovat díru $\varnothing 10$ H7 (2x dle výkresu) na $\varnothing 9,8$ do hloubky 23,5	T707	HSS	
			Výstružit díru $\varnothing 10$ H7 (2x dle výkresu) do hloubky 22,5	T707	HSS-E	
			Hrubovat vnitřní $\varnothing 72$ H8 s přídavkem 0,8	T909	P30	
			Hrubovat vnitřní $\varnothing 80$ H7 s přídavkem 0,8	T909	P30	
			Soustružit na čisto vnitřní $\varnothing 80$ H7 (+ přilehlé čelo)	T1010	P10	
			Soustružit na čisto vnitřní $\varnothing 72$ H8	T1010	P10	
			Soustružit vnitřní zápich dle výkresu	T1111	P20	
			Přepnout kus do protivřetena (upnout za $\varnothing 150$ )	stupňovité kalené čelicti		
			Hrubovat čelo na celkovou délku s přídavkem 0,4	T214	P45	
			Hrubovat $\varnothing 94$ a srazit hranu $1 \times 45^\circ$ (2x... i na $\varnothing 150$ ) s přídavkem 0,8	T214	P45	
			Soustružit na čisto čelo na celkovou délku	T315	P15	
			Soustružit na čisto $\varnothing 95$ a sražení $1 \times 45^\circ$ (2x... i $\varnothing 150$ )	T315	P15	
			Frézovat na obvodu plošku dle výkresové dokumentace	T1212	SPN	
			Zahloubit díru $\varnothing 11$ (5x dle výkresové dokumentace)	T1224	SPN	
				P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7		
03/03	Ruční opracování (09421)	Obrobna	Odjehlit ostré hrany			
04/04	Kontrola (09863)	OSP	Zkontrolovat obrobek dle výkresové dokumentace ... četnost 10%	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7		
05/05	Balení (09913)	Sklad	Potírat olejem	P9		
			Skládat na paletu (pod spodní vrstvu a mezi jednotlivé vrstvy dávat karton a voskovaný papír)	P8, P10, P11		

Určení řezných podmínek probíhalo za pomoci vztahu 2.1 pro výpočet výkonu. Po operaci hrubování bude následovat operace dokončování, při které bude použit shodný soustružnický nůž jako na první straně.

Nakonec bude vyvolán nástroj na 12. pozici, kterým je fréza. Tento nástroj je vyroben ze speciálního metalurgického práškového substrátu s vysokým podílem kobaltu (SPM). Tímto nástrojem bude obrobena plocha na průměru 150 mm a zahloubení děr pro šrouby [10, 11].

### 2.3 Volba řezných podmínek pro základní variantu

U nástrojů volených z Garant ToolScout byly řezné parametry vygenerovány přímo internetovou aplikací bez potřeby zadávání jakýchkoliv korekcí na materiál nebo třeba vnitřní obrábění. U nástrojů volených z katalogu Soustružení 2014 byl nejdříve určen posuv podle požadované průměrné aritmetické úchytky profilu Ra, nebo kvadrátu nože a výkonu stroje. Podle posuvu a materiálu VBD byla zjištěna řezná rychlost, která byla dále koeficienty upravována. Řezné podmínky jednotlivých nástrojů jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Tab. 2.3: Řezné parametry [10, 11, 12, 13].












Nástroj	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f$ [mm]	$a_p$ [mm]
T101	275	0,14	-
T202	160/235*	0,6/0,2*	4/1*
T214	225/235*	0,2	2,5/1*
T303	330	0,1	0,4
T315	330	0,1	0,5
T404	25	0,06	-
T505	25	0,1	-
T606	25	0,1	-
T707	15	0,1	-
T808	7	0,15	-
T909	210	0,2	2,5
T1010	524	0,07	0,4
T1111	160	0,06	2,7
T1212	74	0,19	0-5
T1224	74	0,15	-

\*... podélné soustružení/čelní soustružení + poslední záběr podélného soustružení

### 2.4 Pomůcky pro základní variantu

List pomůcek (tab. 2.4) byl sestaven podle kontrolních a balících potřeb pro danou součástku. Do listu pomůcek nebyly zahrnuty čelisti sklíčidla, nožové držáky, nářadí a další podobné věci, které byly brány jako standartní výbava.

Tab. 2.4: List pomůcek (základní varianta) [15, 16, 17].

VUT FSI ÚST BRNO		List pomůcek		Název součásti: <b>PŘÍRUBA PRO LOŽISKO</b>	
Dne: <b>10.4.2015</b>		Vyhotovil: <b>Jan Valach</b>		Číslo výkresu: <b>15-3187-12-08</b>	
OZNAČENÍ	ZNÁZORNĚNÍ	NÁZEV POMŮCKY	VÝROBCE	POPIS	
P1		Digitální posuvné měřidlo	KINEX	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIG. ABSOLUTE ZERO, ABS, ORIGIN, 55HRC 0-150 (DIN 862)	
P2		Digitální hloubkoměr s nosem	KINEX	HLOUBKOMĚR DIGITÁLNÍ S NOSEM, ABZ DESIGN 0-150 (DIN 862)	
P3		Digitální posuvné měřidlo na zápichy	KINEX	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DG NA ZÁPICHY - ABZ DESIGN (obj. č. 6040-55-150)	
P4		Drsnoměr	Mitutoyo	Drsnoměr Surftest SJ-210 (178-560-01D)	
P5		mikrometr digitální třídotekový	KINEX	Mikrometr digitální třídotekový 62-75 (DIN 863)	
P6		mikrometr digitální třídotekový	KINEX	Mikrometr digitální třídotekový 75-88 (DIN 863)	
P7		Mezní válečkový kalibr	KINEX	10 H7 (DIN 7162)	
P8		Paleta s nástavbou	EXCOLO s.r.o.	euro paleta + Stavebnicový paletový ohradový systém EX GE	
P9		Ochranný olej	EXCOLO s.r.o.	25l	
P10		Voskovaný papír	EXCOLO s.r.o.	Balící papír s nánosem parafinované gače... 100 cm role 50 m	
P11		Vlnitá lepenka	EXCOLO s.r.o.	Vlnitá lepenka... 100 cm role 50 m	




### 3 PROGRESIVNÍ VARIANTA TECHNOLOGIE

Progresivní varianta technologického postupu využívá výhod daného typu polotovaru, produktivnějšího stroje a jiného nástrojového listu. Vzhledem k výrobě z odlitku odpadá operace řezání materiálu a obrábět se budou pouze čelní plochy, vnitřní plochy, a díry pro šrouby a kolíky.


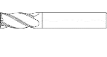
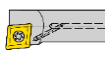
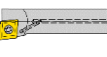
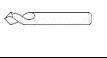

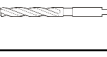
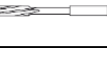
#### 3.1 Nástrojový list

Nástrojový list je zobrazen v tabulce 3.1 pro první revolverovou hlavu a v tabulce 3.2 pro druhou revolverovou hlavu.

Tab. 3.1: Nástrojový list 1 [12, 13, 18].

VUT FSI ÚST BRNO		NÁSTROJOVÝ LIST		Datum vydání: 23.3.2015	
Vyhotoval: Jan Valach		Stroj: <b>Okuma Twin Star LT2000 EX 2T2MY</b> (1. rev. hlava)		Číslo výkresu souč.: <b>15-3187-12-09</b>	Číslo listu: 1
Pozice nástroje (+ korekce)	znázornění	název nástroje	část	ISO kód / norma / značení výrobce	materiál
T101		NC středící vrták 90°	obj. č. (Gühring) velikost	577 Ø 13	HSS
T202		Stupňovitý vrták	norma velikost	DIN 8376 Ø 11 - Ø 18	HSS
T303		záslepka proti vniku nečistot			
T404		hrubovací nůž s VBD	destička nůž	SNMG 120408E-KR PSKNR 2020K 12	K25
T505		dokončovací nůž s VBD	destička nůž	CNMA 120404 PCLNR 2020K 12	K10
T606		záslepka proti vniku nečistot			
T707		vnitřní hrubovací nůž s VBD	destička nůž	SNMG 120408E-KR A32S-PSKNR 12	K25
T808		záslepka proti vniku nečistot			
T909		vnitřní dokončovací nůž s VBD	destička nůž	CNMA 120404 A32U-DCLNR 12	K10
T1010		záslepka proti vniku nečistot			
T1111		Vnitřní zapichovací nůž sVBD	destička nůž	GIPI 2.70-0.15 GHIR 32-4	K30
T1212		záslepka proti vniku nečistot			

Tab. 3.2: Nástrojový list 2 [12, 13, 18].

VUT FSI ÚST BRNO		NÁSTROJOVÝ LIST			Datum vydání: 23.3.2015	
Vyhotovil: Jan Valach		Stroj: <b>Okuma Twin Star LT2000 EX 2T2MY</b> (2. rev. hlava)			Číslo výkresu souč.: <b>15-3187-12-09</b>	Číslo listu: 2
Pozice nástroje (+ korekce)	znázornění	název nástroje	část	ISO kód / norma / značení výrobce	materiál	
T101		hrubovací nůž s VBD	destička nůž	SNMG120408E-KR PSKNR 2020K 12	K25	
T202		dokončovací nůž s VBD	destička nůž	CNMA 120404 PCLNR 2020K 12	K10	
T303		SK monolitní fréza povlak FIRE/nano FIRE (Grühring)	norma velikost, druh	DIN 6527 K Ø 14, RF 100 U	K	
T404		záslepka proti vniku nečistot				
T505		vnitřní hrubovací nůž s VBD	destička nůž	CCMT 09T304E-RM A25R-SCLCR 09	K25	
T606		záslepka proti vniku nečistot				
T707		vnitřní dokončovací nůž s VBD	destička nůž	CCMW 060202 S10H-SCLCR 09	K01	
T808		NC středící vrták 90°	obj. č. (Gühring) velikost	577 Ø 13	HSS	
T909		šroubovítý vrták povlak FIRE/nano FIRE (Grühring)	norma velikost	DIN 338 Ø 9	HSS	
T1010		výhrubník	norma velikost	DIN 344 Ø 9,8	HSS	
T1111		výstružník povlak TiN	norma velikost	DIN 212-2 Ø 10 H7	HSS-E	
T1212		záslepka proti vniku nečistot				

Nástroje do nástrojového listu byly vybírány z katalogů Soustružení 2014 od společnosti Pramet Tools, s.r.o., Nástroje pro zapichování od společnosti ISCAR ČR s.r.o. a 42. vydání Grühring od společnosti Grühring.

Z katalogu Soustružení 2014 byly vybrány všechny soustružnické nože mimo zapichovacího. Vnitřní zapichovací nože společnost Pramet Tools s.r.o. vyrábí pouze pro použití s plátkou tloušťky 3 a 4 mm. Při výběru vhodných nožů se v první řadě vybíral vhodný utvařec a materiál, dle toho se vynašly VBD, které obsahovaly vybraný utvařec i materiál. Na těchto destičkách se posuzoval jejich tvar a rádius špičky. K vybrané destičce se našlo tělo nože. Vzhledem k tomu, že je obrobek vcelku velký, tak velikost nožů byla limitována pouze upínacími možnostmi stroje. Těla nožů se vždy volila co největší, a to z důvodů, že poskytují větší tuhost a není k jejich upnutí potřeba žádných redukčních pouzder (v případě

stejně velikosti se strojem). V případě, že bylo možno využít jeden typ VBD na více aplikací, tak toho bylo využito. Snižuje se tím pozdější náročnost na zajištění výroby, kdy je potřeba hlídat zbývající množství destiček u menšího počtu druhů VBD a zároveň objednávat menší počet druhů VBD ve větším množství. Například hrubovací destička je využita na vnější hrubování na prvním i druhém vřetení a pro vnitřní hrubování na prvním vřetení [12].

Vnitřní zapichovací nůž byl vybrán z katalogu Nástroje pro zapichování od společnosti ISCAR ČR s.r.o. VBD byla vybrána podle šířky, materiálu a v neposlední řadě podle příslušících těl nožů [13].

Rotační nástroje byly vybírány z katalogu Gühring. Nástroje byly vybírány podle rozměrů, upínacích ploch, druhu materiálu a povlaku. Stopky nástrojů byly vybírány válcové, z důvodu upínání do kleštin. Středicí vrták je vyráběn podle vnitřních podnikových norem, a tak je namísto normy předepsáno alespoň objednávací číslo [18].

Značení nástrojů obsahuje 2 informace. První informací je pozice nástroje na revolverové hlavě a druhou informací je korekce nástroje. Například označení nástroje T505 znamená, že nástroj je v páté pozici a je mu přiřazena korekce pět. Korekce nástrojů se zpravidla dávají stejné jako je pozice nástroje, děje se tak kvůli lehčímu seřizování. Může se ale stát, že nástroj obrábí více ploch, které mají různé přesnosti, a v takové chvíli je dobré mít k jednomu nástroji přiřazeno více korekcí, aby bylo možné regulovat rozměry jednotlivých ploch odděleně. V takovém případě se mimo nástroje T505 může vyskytnout třeba nástroj T517 (5. pozice a 17. korekce), korekce číslo 17 byla stanovena podle metody, ve které se k první korekci přičte počet nástrojových míst ( $5 + 12 = 17$ ).

Pozice nástrojů byly stanoveny na základě pořadí nástrojů v technologickém postupu, čímž nedochází ke zbytečnému prodlužování strojních časů. Volná místa, která nebyla zaplněna nástroji, nejsou na pozicích označených nejvyššími čísly, ale jsou rozmístěna postupně mezi jednotlivé nástroje. Toto rozmístění není náhodné, ale je zvoleno tak, aby byla co nevíce eliminována možnost kolize nástroje v sousední pozici (vzhledem k používanému nástroji) s čelistmi sklíčidla, k čemuž může dojít například u vnitřních nožů. Toto řešení ulehčí práci při výrobě prvního kusu, kdy se obsluha nemusí na toto soustředit.













### 3.2 Pomůcky

Do listu pomůcek (tab. 3.3) není začleněno standartní vybavení pracovišť, mezi které je zařazeno například:

- čelisti sklíčidel,
- nářadí,
- ruční nástroje pro odjehlování,
- procesní kapaliny,
- prostředek na shromažďování a zpracování ocelového odpadu,
- ochranné pomůcky,
- nožové držáky.



Tab. 3.3 List pomůcek pro progresivní variantu [15, 16, 17].

VUT FSI ÚST BRNO		List pomůcek		Název součásti: <b>PŘÍRUBA PRO LOŽISKO</b>
Dne: <b>10.4.2015</b>		Vyhotovil: <b>Jan Valach</b>		Číslo výkresu: <b>15-3187-12-09</b>
OZNAČENÍ	ZNÁZORNĚNÍ	NÁZEV POMŮCKY	VÝROBCE	POPIS
P1		Digitální posuvné+J47:L70 měřidlo	KINEX	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIG. ABSOLUTE ZERO, ABS, ORIGIN, 55HRC 0-150 (DIN 862)
P2		Digitální hloubkoměr s nosem	KINEX	HLOUBKOMĚR DIGITÁLNÍ S NOSEM, ABZ DESIGN 0-150 (DIN 862)
P3		Digitální posuvné měřidlo na zápichy	KINEX	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DG NA ZÁPICHY ABZ DESIGN 0-150 (obj. č. 6040-55-150)
P4		Drsnoměr	Mitutoyo	Drsnoměr Surftest SJ-210 (178-560-01D)
P5		mikrometr digitální třídotekový	KINEX	Mikrometr digitální třídotekový 62-75 (DIN 863)
P6		mikrometr digitální třídotekový	KINEX	Mikrometr digitální třídotekový 75-88 (DIN 863)
P7		Mezní válečkový kalibr	KINEX	10 H7 (DIN 7162)
P8		3D měřicí přístroj	Mitutoyo	CRYSTA-Plus M443 (obj. č.: 196-684D)
P9		Paleta s nástavbou	EXCOLO s.r.o.	euro paleta + Stavebnicový paletový ohradový systém EX GE
P10		Ochranný olej	EXCOLO s.r.o.	25l
P11		Voskovaný papír	EXCOLO s.r.o.	Balící papír s nánosem parafinovanované gače... 100 cm role 50 m
P12		Vlnitá lepenka	EXCOLO s.r.o.	Vlnitá lepenka... 100 cm role 50 m

### 3.3 Technologický postup

Nejdříve byla v technologickém postupu (tab. 3.4) řešena otázka upnutí. Vzhledem k tomu, že stěny součásti nejsou válcovité, ale kuželovité, tak bylo rozhodnuto, že první upnutí bude realizováno tak, aby se upínalo za vnější tvar a největší průměr upínací plochy (kuželovitost) byl u sklíčidla, což znamená, že se bude upínat za průměr 150 mm s doražením většího z čel na sklíčidlo. Upnutí bude realizováno tříčelistovým sklíčidlem s nasazenými stupňovitými kalenými čelistmi. Po obrobení první strany dojde ke strojnímu přepnutí do druhého vřetene, které bude součást upínat za vnitřní průměr 72 mm, který již v tu chvíli bude obroben. Důvodem vyžadování strojního přepnutí je zachování orientace obrobku vůči ose C bez potřeby využití aretačního prvku. V případě výroby na jednovřetenovém stroji, kde strojní přepnutí není možné, by se jako aretační prvek mohly využít již vyvrtané díry nebo frézovaná plocha na průměru 150 mm. Upnutí na druhém vřetení bude zajištěno pomocí tříčelistového sklíčidla s měkkými čelistmi, které budou osoustruženy na upínací průměr 72 mm a budou upínat za již obrobený vnitřní průměr. Měkké čelisti budou využity z důvodů ochrany povrchu obrobené plochy a zvětšení upínací plochy oproti univerzálním čelistem čímž se zvýší tuhost upnutí.

Druhou otázkou řešenou při tvorbě technologického postupu bylo pořadí operací. Při prvním upnutí dojde k vyvrtání a zahloubení děr pro šrouby, obrobení menší z čelních ploch, vnitřního otvoru a vnitřního zápichu. Výroba otvorů pro šrouby bude zajištěna pomocí NC středicího vrtáku 90 °, který musí vyrobí středicí důlek o větším průměru než 11 mm (průměr vrtáku pro následné vrtání). Tento požadavek je zapříčiněn potřebou odstranit rádiusovou plochu v místě vrtání, která by mohla způsobit vychýlení vrtáku. Poté budou díry i zahloubení vyráběny zároveň stupňovitým vrtákem. Stupňovitý vrták sníží výrobní čas a zároveň slabší průměr bude působit jako vodičko na začátku zahlubování, při kterém by obyčejnému záhlubníku dělal problém již dříve zmíněný rádius. Obrobení čelní plochy bude realizováno za pomoci dvou nástrojů, hrubovacího a dokončovacího soustružnického nože s VBD. Centrální otvor bude obráběn stejnou kombinací nástrojů, ale v provedení na vnitřní soustružení. Poslední operací, při obrábění první strany, bude vnitřní zapichování. Zapichování bude prováděno vnitřním zapichovacím nožem s upevněnou VBD o šířce 2,7 mm, díky této šířce destičky nebude zapotřebí zapichovat na vícekrát nebo rozjíždět zápich do stran, protože širší zapichovacího nože je uvnitř předepsané tolerance zápichu [2, 13].

Při obrábění druhé strany dojde k obrobení čelní plochy, rovné plochy na průměru 150 mm, vnitřní osazené plochy průměru 80 H7 pro ložisko a otvorů 10 H7 pro kolíky. Zarovnání čelní plochy bude provedeno stejnými nástroji jako při obrábění první strany (umístěnými v druhé revolverové hlavě). Frézování plochy na průměru 150 mm bude provedeno na dva záběry, první záběr bude veden nesousledně, aby došlo k odstranění litého povrchu bez zanešení nečistot do povrchové vrstvy a druhý záběr bude veden sousledně pro dosažení lepšího povrchu a vyšší životnosti nástroje. Toto řešení sebou nese také nepatrné snížení strojního času díky nepotřebě přejezdu do výchozí polohy mezi prvním a druhým záběrem. Obrobení vnitřní plochy bude prováděno kombinací hrubovacího a dokončovacího nástroje, které ale budou jiného typu než v předešlých operacích. Tato změna je způsobena potřebou výroby kolmé stěny a přechodový rádiusu o maximální velikosti 0,3 mm, na což předešlé nože neměly uzpůsobenou geometrii. Poslední krokem výroby budou díry průměr 10 H7.

Tab. 3.4: Technologický postup pro progresivní variantu [10, 11, 12, 13].

VUT FSI ÚST BRNO		TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Datum vydání: 1. 3. 2015		
Číslo projektu: 3187		Číslo skup.: 12	Název součástky: <b>PŘÍRUBA PRO LOŽISLO</b>		Číslo výkresu souč.: <b>15-3187-12-09</b>	List 1.	
Vyhot.: Jan Valach		polotovary:	Odlitek 15-3187-12-09-0		Materiál: ČSN 42 2305		
Číslo op.: pořadové orientač.	Název, označení, stroje, zařízení, pracoviště: Třídící číslo	Dílňa:	popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:		
00/00	Kontrola (09863)	OSP	Zkontrolovat polotovary dle výkresové dokumentace... četnost 10%	P1, P8			
01/01	Soustružnické centrum Okuma Genos L300-MYW (14581)	Obrobna	Upnout do tříčelistového sklíčidla (dorazit na čelo) Vývrtat středící důlky (Ø 11,5) pro otvory se zahlobením (5x) Vrtat otvory se zahlobením dle výkresové dokumentace (5x) Hrubovat čelo na délku 33,9 s přídávkem 0,4 Soustružit čelo na čisto na délku 33,9 Hrubovat vnitřní otvor Ø 72 H8 do hloubky 16 mm s přídávkem 0,8 Soustružit na čisto vnitřní otvor Ø 72 H8 do hloubky 16 Soustružit vnitřní zápich dle výkresové dokumentace Strojně přepnout do druhého vřetene (za Ø 72) Hrubovat čelo dle výkresové dokumentace s přídávkem 0,4 Soustružit čelo na čisto dle výkresové dokumentace Frézovat plochu na Ø 150 dle výkresové dokumentace Hrubovat Ø 80 H7 dle výkresové dokumentace s přídávkem 0,6 Soustružit na čisto Ø 80 H7 dle výkresové dokumentace Vývrtat středící důlky pro otvory Ø 10 H7 (2x) Předvrtat otvory Ø 10 H7 na Ø 9 (2x) Vyhrubovat otvory Ø 10 H7 na Ø 9,8 (2x) Vystružit otvory Ø 10 H7 (2x)	kalené stupňovité čelisti T101 (R1) T202 (R1) T404 (R1) T505 (R1) T707 (R1) T909 (R1) T1111 (R1) měkké čelisti T101 (R2) T202 (R2) T303 (R2) T505 (R2) T707 (R2) T808 (R2) T909 (R2) T1010 (R2) T1111 (R2)	HSS HSS K25 K10 K25 K10 K30 K25 K10 K K25 K10 HSS HSS HSS HSS-E		
				P 10 P2, P3, P4, P5, P6, P7			
02/02	Ruční opracování (09421)	Obrobna	Odjehlit ostré hrany				
03/03	Kontrola (09863)	OSP	Zkontrolovat obrobek dle výkresové dokumentace ... četnost 10%	P1, P4, P8			
04/04	Balení (09913)	Sklad	Potírat olejem Skládat na paletu (pod spodní vrstvu a mezi jednotlivé vrstvy dávat karton a voskovaný papír)	P10 P9, P11, P12			

Nejprve budou díry navrtány, aby byla poloha děr co nejpřesnější, poté budou otvory vyvrtány na o milimetr menší průměr, což je způsobeno potřebou vystružování díky předepsané přesnosti děr. Mezi vrtáním a vystružováním bude provedeno vyhrubování na Ø 9,8 mm, které zlepší povrch, válcovitost a přesnost otvorů, což je pro vystružování potřebné. Posledním krokem bude vystružení děr strojním výstružníkem 10 H7.

Po obrobení a kontrole budou obrobky potírány olejem a vkládány do palet. Potírání olejem bude zařazeno z důvodu možné koroze obrobků.

### 3.4 Volba řezných podmínek

U nástrojů volených z katalogu firmy Pramet Tools, s.r.o. byly řezné podmínky voleny s ohledem na požadovanou úchylku Ra, velikost odebírané třísky, stav stroje, jakost obráběného povrchu, charakter obrábění (přerušovaný/nepřerušovaný řez), tvar VBD, požadovanou trvanlivost VBD, obráběný materiál a materiál VBD [12].

Např. určení řezných podmínek pro nástroj T707 (R2) [12]:

- vzhledem k předepsané průměrné aritmetické úchylce profilu Ra 1,6 a rádiusu špičky 0,2 byl dle tabulky a katalogu zjištěn posuv  $f = 0,05$  mm,
- k danému posuvu, obráběnému materiálu a materiálu VBD byla zjištěna řezná rychlost  $v_{15} = 600$  m.min<sup>-1</sup>,
- zjištěná rychlost byla dále upravena součiniteli pomocí vztahu 3.1 výpočet řezné rychlosti,

$$v_c = v_{15} \cdot k_{vs} \cdot k_{vp} \cdot k_{vx} \cdot k_{vT} \cdot k_{vHB} \cdot k_{VBD} \quad (3.1)$$

kde:	$v_c$	[m.min <sup>-1</sup> ]	-	řezná rychlost,
	$v_{15}$	[m.min <sup>-1</sup> ]	-	zjištěná řezná rychlost,
	$k_{vs}$	[-]	-	součinitel stavu stroje,
	$k_{vp}$	[-]	-	koeficient jakosti povrchu,
	$k_{vx}$	[-]	-	koeficient pro vnitřní obrábění,
	$k_{vT}$	[-]	-	koeficient trvanlivosti,
	$k_{vHB}$	[-]	-	materiálový koeficient,
	$k_{VBD}$	[-]	-	koeficient na tvar VDB,

$$v_c = 600 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 505 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.1)$$

- v případě volby řezných podmínek pro hrubovací nože se posuv neurčoval podle požadované průměrné aritmetické úchylky profilu Ra, ale podle velikosti odebírané třísky tak, aby byl utvařeč ideálně zaplněn.

Zjištěné řezné podmínky jsou pouze takzvané startovací (přibližné) a při zavádění výroby může dojít k jejich korekci. Obrobitelnost materiálu není totiž vždy stejná, a proto se zaváděcí řezné podmínky mohou od skutečných lišit [12].

U zapichovacího nože byly řezné podmínky určeny dle zadaných parametrů. Tento katalog neumožňoval bližší určení, než byl zadaný rozsah uvedený přímo u VBD. Bude tedy potřebné při zavádění výroby řezné parametry u tohoto nože odlatit.

U nástrojů volených z katalogu od firmy Gühring s.r.o. byly řezné parametry pro obráběný materiál přímo uvedené v katalogu. Vzhledem k dostatečné délce menšího průměru na stupňovitém vrtáku bude vrtání tímto nástrojem rozděleno do tří fází. První fáze bude vrtání podle řezných parametrů pro menší průměr. V druhé fázi se sníží otáčky a dojde k zavrtání většího z průměrů. Ve třetí fázi se zvýší posuv a dovrťá zahloubení. Řezné parametry pro tento nástroj nejsou v katalogu uvedeny, je předepsáno určení posuvu podle šroubovitého vrtáku stejných parametrů a průměru shodném s malým průměrem. Řezná rychlost se má určovat stejně, ale podle velkého průměru. Díky rozfázování nebylo toto doporučení určení parametrů využito. Tímto postupem došlo ke zkrácení strojního času přibližně o 5 s na každé vrtané díře. Fréza bude odebírat materiál nadvakrát, v prvním řezu bude maximálně odebírat 4,5 mm a frézovat nesousledně, ve druhém řezu bude odebírat 0,5 mm a frézovat sousledně. Z tohoto důvodu jsou v tabulce 3.1 uvedeny u frézy dvě velikosti řezné rychlosti a třísky [18].

Řezné parametry všech nástrojů jsou uvedeny v tabulce 3.5.

Tab. 3.5: Řezné parametry [10, 11, 12].

Rev. hlava	Nástroj	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f$ [mm]	$a_p$ [mm]
R1	T101	22	0,2	-
	T202	22/25*	0,25/0,36*	-
	T404	237	0,20	1,1
	T505	341	0,10	0,4
	T707	202	0,20	1,4
	T909	290	0,10	0,4
	T1111	160	0,06	2,7
R2	T101	237	0,20	2,1
	T202	341	0,10	0,4
	T303	140/210**	0,24	4,5/0,5**
	T505	218	0,30	2,5
	T707	505	0,05	0,3
	T808	22	0,2	-
	T909	31	0,27	-
	T1010	20	0,25	-
	T1111	16	0,2	-

\* ... vrtání malým/velkým průměrem

\*\* ... hrubování/dokončování

#### 4 VÝROBA VZORKU SOUČÁSTI DLE ZÁKLADNÍ VARIANTY

Při zavádění výroby součásti na CNC stroji dle prvního technologického postupu se nejdříve nařeže první série polotovarů. Zároveň se mohou připravit ke stroji nástrojové držáky, těla nožů a VBD, zkompletovat těla nožů s příslušnými destičkami a upnout držáky nožů do příslušných pozic. Po upnutí držáků se mohou postupně upínat nože do stroje a zaměřovat jejich polohu. Nože se musí upínat tak aby měly co nejmenší možné vyložení. Další přípravnou položkou je příprava sklíčidel, na které se musejí připevnit vhodné čelisti. U měkkých čelistí se následuje usoustružení na předepsaný průměr. Následně se vloží (případně napíše) zdrojový program. Poté se může spustit program bez upnutého polotovaru a vizuálně kontrolovat běh programu, zda někde nedochází například ke kolizi nástroje se sklíčidlem. Následně se upne první kus, provede se zaměření nulového bodu obrobku (vytvoření lokálního souřadnicového systému) a začne se obrábět. První součást se obrábí se spuštěnou funkcí pro automatické zastavení po ukončení každé operace a při najíždění se snižují rychlosti rychloposuvů, aby se mohlo zabránit případné kolizi nástroje jedoucího rychloposuvem s obrobkem. Po ukončení každé operace se provede přeměření vyráběných rozměrů (ve stroji, bez odepínání) a zapíše se případné korekce nástroje. Po vyrobení prvního kusu, jeho odepnutí a odjehlení ostrých hran se provede jeho celková kontrola. Zhodnotí se přesnost vyrobených rozměrů (s ohledem na již upravené korekce) a jakost obráběných ploch. Dle výsledků kontroly se případně upraví řezné parametry a korekce nástrojů. Poté se mohou začít obrábět další kusy. Jejich odjehlení a kontrola již bude prováděna až při obrábění následující součásti.

Vzhledem k vytíženosti vybraného stroje nebylo možno na tomto stroji vyrobit součást. Z tohoto důvodu byly na součásti (obr. 4.1) provedeny pouze soustružnické operace a součást vyrobena v měřítku 1:2. Náhradní výroba byla provedena pomocí soustruhu TOS Trenčín SV 18 RD. Díky nedostupnosti vnitřního zapichovacího nože není na součásti proveden vnitřní zápch.



Obr. 4.1: Vzorová součást.

## 5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

### 5.1 Výrobní časy

Obráběcí časy pro výrobu součásti byly počítány ze vztahů 5.1 (podélné soustružení, vrtání, frézování) a 5.2 (čelní soustružení). Vztah 5.2 je použit z důvodu, že použité stroje při obrábění čelních ploch udržují konstantní řeznou rychlost při níž se otáčky směrem ke středu obrábění zvyšují [19].

$$t_{as} = \frac{(l_n + l + l_p)}{n \cdot f} \quad (5.1)$$

$$t_{as} = \frac{\pi \cdot [(D_{max} + 2l_n)^2 - (D_{min} - 2l_n)^2]}{4000 \cdot v_c \cdot f} \quad (5.2)$$

Kde:	$t_{as}$	[min]	-	strojní čas,
	$l_n$	[mm]	-	nájezd,
	$l$	[mm]	-	délka,
	$l_p$	[mm]	-	přejezd,
	$n$	[ $\text{min}^{-1}$ ]	-	otáčky,
	$f$	[mm]	-	posuv,
	$D_{max}$	[mm]	-	velký průměr,
	$D_{min}$	[mm]	-	malý průměr.

Pro zjištění velikosti otáček byl využit vztah 5.3 [19].

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (5.3)$$

Kde:	$n$	[ $\text{min}^{-1}$ ]	-	otáčky,
	$v_c$	[ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	-	řezná rychlost,
	$D$	[mm]	-	průměr.

Ostatní proměnné ze vztahů 5.1 a 5.2 jsou přímo dány parametry nástroje, technologií a výkresem součásti. Vzorový výpočet času pro vrtání díry nástrojem T909 (R2) z progresivní varianty technologie:

$$n = \frac{1000 \cdot 31}{\pi \cdot 9} = 1096 \text{ min}^{-1} \quad (5.3)$$

$$t_{as} = \frac{24}{1096 \cdot 0,27} = 0,08 \text{ min} \quad (5.1)$$

Nástroj T909 bude každou díru vrtat 5 s. Vzorový výpočet času pro čelní soustružení byl počítán pro nástroj T101 (R2) z progresivní varianty technologického postupu:

$$t_{as} = \frac{\pi \cdot (154^2 - 67^2)}{4 \cdot 000 \cdot 237 \cdot 0,2} = \mathbf{0,32 \text{ min}} \quad (5.2)$$

Hrubování větší z čelních ploch bude trvat 0,32 min. V tabulce 5.1 jsou shrnuty všechny výrobní časy, k těmto časům je potřeba ještě přičíst časy přejezdů a výměny nástroje. Vzhledem k rychlostem rychloposuvů v jednotlivých osách a rychlosti indexací nástrojů, bylo paušálně přičítáno 0,07 min na každou výměnu nástroje (odjetí, výměna, přijetí). V základní variantě se bude nástroj měnit čtrnáctkrát, což znamená přičíst ke strojnímu času 0,98 min. V progresivní variantě bude provedeno celkem 17 výměn nástrojů, ale pouze 10 jich bude navyšovat strojní čas (10 výměn náleží obrábění 2. strany), což znamená, že strojní čas u progresivní varianty se bude tímto navyšovat o 0,7 min. U základní varianty technologického postupu je navíc ještě řezání, které nemá pokaždé stejný posuv (reguluje se ručně, otevřením škrťacího ventilu), proto byl tento čas experimentálně určen na hodnotu 3 minut.

Tab. 5.1: Tabulka výrobních časů [19].

Základní varianta technologického postupu		Progresivní varianta technologického postupu					
nástroj	$t_{as}$ [min]	nástroj	$t_{as}$ [min]	nástroj	$t_{as}$ [min]		
T101	0,15	1. revolverová hlava	T101	0,08 (5x)	2. revolverová hlava	T101	0,32
T202	0,35 + 0,42*		T202	0,23 (5x)		T202	0,45
T214	0,37 + 0,35*		T404	0,08		T303	0,12
T303	0,32 + 0,43*		T505	0,1		T505	0,18
T315	0,1 + 0,1*		T707	0,1		T707	0,17 + 0,03*
T404	0,05 (7x)		T909	0,13		T808	0,08 (2x)
T505	0,32 (5x)		T1111	0,05		T909	0,08 (2x)
T606	0,25 (2x)					T1010	0,15 (2x)
T707	0,47 (2x)					T1111	0,25 (2x)
T808	0,68 (2x)						
T909	1,03						
T1010	0,25						
T1111	0,05						
T1212	0,23		přepnutí	0,17			
T1224	0,07	celk.	2,01	celk.	2,39		
celkový $t_{as}$ [min]: (+ 0,98)	<b>9,95</b>	celkový $t_{as}$ [min]: (+ 0,7)		<b>3,26</b>			

\*... podélné soustružení + čelní soustružení

Jak je patrné z tabulky 5.1, výrobní čas podle druhé varianty technologického postupu je výrazně kratší. Toto zkrácení je způsobeno zejména díky jinému typu polotovaru, u kterého



se neodebírání takové množství materiálu a obráběním současně na obou vřetenech obráběcího stroje.

K zjištěným strojním časům je potřeba přičíst čas na výměnu obrobku. Kontrola rozměru a odjehlování ostrých hran vzhledem k delším strojním časům bude probíhat během obrábění následujícího kusu. Čas na výměnu obrobku byl experimentálně určen u základní varianty na 0,2 min. a u progresivní varianty 0,3 min. Tento rozdíl je způsoben tím, že u základní varianty se stroj zastaví, vyndá se ze stroje obrobek a upne se nový polotovar, ale u progresivní varianty se zastaví stroj, vyndá se součást, stroj se znovu spustí a provede přepnutí, poté se teprve vloží nová součást a spustí se nový pracovní cyklus. Celkový čas výroby jednoho kusu trvá 10,15 min u základní varianty a 3,56 min u progresivní varianty.

## 5.2 Spotřeba materiálu základní varianty

Objem polotovaru byl získán vztahem 5.4.

$$V_{ks} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (l + l_{př} \cdot 2 + l_p) \quad (5.4)$$

Kde:  $V_{ks}...$  [mm<sup>3</sup>]      objem polotovaru,  
 $D...$  [mm]              průměr,  
 $l...$  [mm]                délka,  
 $l_{př}...$  [mm]            velikost přídatku,  
 $l_p...$  [mm]              síla pilového pásu.

$$V_{ks} = \frac{\pi \cdot 160^2}{4} \cdot (31,4 + 1,5 \cdot 2 + 0,9) = 709\,748 \text{ mm}^3 \quad (5.4)$$

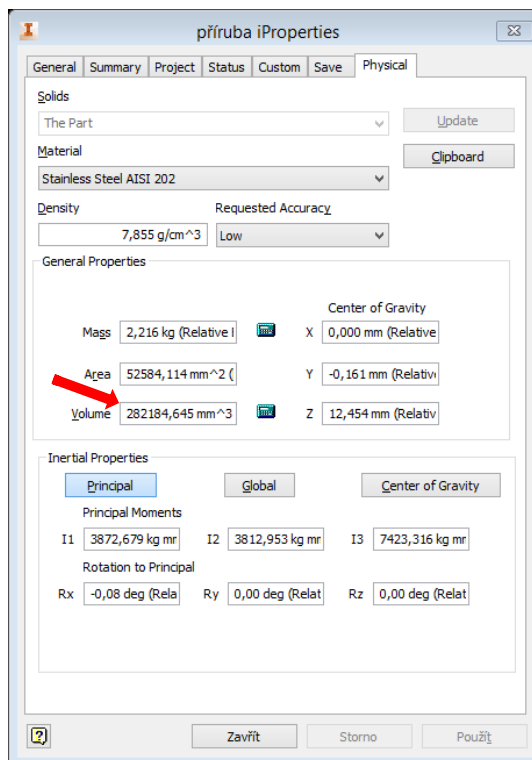
Jeden kus má objem 709,7 cm<sup>3</sup>. Z tohoto objemu byla dále zjištěna (vztah 5.5) hmotnost polotovaru.

$$m_{ks} = V_{ks} \cdot \rho \quad (5.5)$$

Kde:  $m_{ks}...$  [kg]            hmotnost polotovaru,  
 $V_{ks}...$  [mm<sup>3</sup>]            objem polotovaru,  
 $\rho...$  [kg.mm<sup>-3</sup>]        hustota materiálu.

$$m_{ks} = 709\,748 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 5,6 \text{ kg} \quad (5.5)$$

Polotovar bude vážit 5,6 kg. Objem hotové součásti byl zjištěn pomocí softwaru Autodesk Inventor Professional 2015 (obr. 5.1).



Obr. 5.1: Objem hotové součásti.

Ze zjištěného objemu součásti byla vypočtena hmotnost součásti dle vztahu 5.6.

$$m = V_s \cdot \rho \quad (5.6)$$

Kde:  $m...$  [kg] hmotnost součásti,  
 $V_s...$  [mm<sup>3</sup>] objem součásti,  
 $\rho...$  [kg.mm<sup>-3</sup>] hustota materiálu.

$$m = 282\,185 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 2,22 \text{ kg} \quad (5.6)$$

Hotová součást bude vážit 2,22 kg. Dodavatel tyčového materiálu dodává tyče v délkách 1 až 6 m odstupňovaných po jednom metru. Za pomoci vztahu 5.7 byla experimentálně zjištěna nejvhodnější délka tyče.

$$N = \frac{L}{l + l_{př} \cdot 2 + l_p} \quad (5.7)$$

Kde:  $N...$  [ks] počet kusů z jedné tyče,  
 $L...$  [mm] délka tyče,  
 $l...$  [mm] délka,

$l_{př}...$  [mm] velikost přídatku,  
 $l_p...$  [mm] síla pilového pásu.

$$N = \frac{1000}{31,4 + 1,5 \cdot 2 + 0,9} = \mathbf{28,33 ks} \quad (5.7)$$

Z tyče dlouhé 1 m by bylo nařezáno 28 výrobních polotovarů. Výsledky pro všechny prodávané délky tyčí jsou zaneseny v tabulce 5.2.

Tab. 5.2: Počty kusů z tyče.

Délka:	[mm]	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000
kusů z tyče (N):	[ks]	<b>28</b> (28,33)	<b>56</b> (56,66)	<b>84</b> (84,99)	<b>113</b> (113,31)	<b>141</b> (141,64)	<b>169</b> (169,97)

Z údajů v tabulce vyplývá, že nejlepší využitelnost materiálu mají tyče dlouhé 1 a 4 m. Vzhledem k hmotnosti 157.8 kg na jeden metr délky tyče udávané dodavatelem, bude vhodnější nakupovat tyče v metrové délce. Z hmotnosti tyče a hmotnosti součástí z ní vyrobené bylo vypočítáno využití materiálu (vztah 5.8) [3].

$$C = \frac{N \cdot m}{m_t} \cdot 100 \quad (5.8)$$

Kde:  $C...$  [%] využití materiálu,  
 $m...$  [kg] hmotnost součástí,  
 $m_t...$  [kg] hmotnost tyče.

$$C = \frac{28 \cdot 2,22}{157,8} \cdot 100 = \mathbf{39,4\%} \quad (5.8)$$

Využitelnost materiálu není příliš vysoká a ukazuje, že tento druh polotovaru je vhodný spíše pro kusovou a malosériovou výrobu. Nevyužitá délka tyče byla vypočtena podle vztahu 5.9.

$$L_{zb} = L - N \cdot (l + l_{př} \cdot 2 + l_p) \quad (5.9)$$

Kde:  $L_{zb}...$  [mm] nevyužitá délka tyče,  
 $L...$  [mm] délka tyče,  
 $N...$  [ks] počet kusů z jedné tyče,  
 $l...$  [mm] délka,  
 $l_{př}...$  [mm] velikost přídatku,  
 $l_p...$  [mm] síla pilového pásu.

$$L_{zb} = 1\,000 - 28 \cdot (31,4 + 1,5 \cdot 2 + 0,9) = \mathbf{11,6 mm} \quad (5.9)$$

Délka zbytku tyče bude 11,6 mm. Vzhledem k takto malému zbytku z tyče bude nejspíše potřeba poslední řez provádět v opačné orientaci (upnout obrobek a odřezávat zbytek tyče). Hmotnost zbytku tyče byla poté zjištěna pomocí vztahu 5.10.

$$m_{zb} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L_{zb} \cdot \rho \quad (5.10)$$

Kde:  $m_{zb} \dots$  [kg] hmotnost zbytku tyče,  
 $D \dots$  [mm] průměr,  
 $L_{zb} \dots$  [mm] nevyužitá délka tyče,  
 $\rho \dots$  [kg.mm<sup>-3</sup>] hustota materiálu.

$$m_{zb} = \frac{\pi \cdot 160^2}{4} \cdot 11,6 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = \mathbf{1,83 \text{ kg}} \quad (5.10)$$

Nevyužitý zbytek tyče váží 1,83 kg. Hmotnost odpadu vzniklého obráběním byla zjištěna ze vztahu 5.11.

$$m_o = m_t - N \cdot m - m_{zb} \quad (5.11)$$

Kde:  $m_o \dots$  [kg] hmotnost odpadu vzniklá při obrábění jedné tyče,  
 $m_t \dots$  [mm] hmotnost tyče,  
 $N \dots$  [ks] počet kusů z jedné tyče,  
 $m \dots$  [mm] hmotnost součásti.

$$m_o = 157,8 - 28 \cdot 2,22 - 1,82 = \mathbf{93,8 \text{ kg}} \quad (5.11)$$

Odpad z jedné tyče vzniklý při obrábění váží 93,8 kg. Z důvodu vyšší výkupní ceny kusového ocelového odpadu se odřezky budou skladovat odděleně od třísek.

### 5.3 Spotřeba materiálu v progresivní variantě

Objem odlitku byl zjištěn z vlastností 3D modelu vytvořeného v programu Autodesk Inventor Professional 2015 (obr. 5.2).

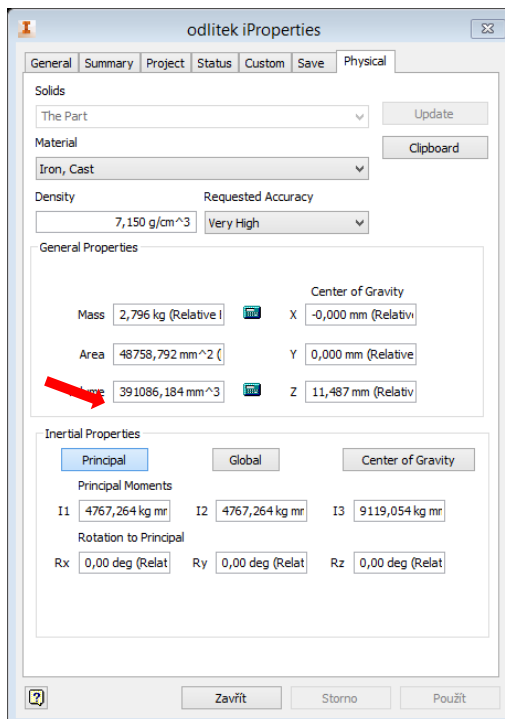
Odlitek má objem 391 086 mm<sup>3</sup>. Hmotnost odlitku byla zjištěna ze vztahu 5.13.

$$m_L = V_L \cdot \rho \quad (5.13)$$

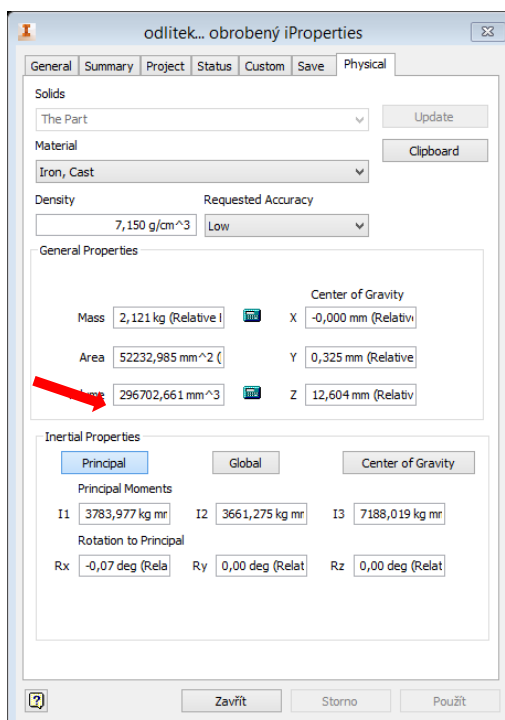
Kde:  $m_L \dots$  [kg] hmotnost odlitku,  
 $V_L \dots$  [mm<sup>3</sup>] objem odlitku,  
 $\rho \dots$  [kg.mm<sup>-3</sup>] hustota materiálu.

$$m_L = 391\,086 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = \mathbf{2,78 \text{ kg}} \quad (5.13)$$

Odlitek váží 2,78 kg. Objem výsledné součásti byl zjištěn z vlastností modelu (obr. 5.3) vytvořeného v programu Autodesk Inventor Professional 2015.



Obr. 5.2: Objem odlitku.



Obr. 5.3: Objem součásti.

Ze zjištěného objemu součásti ( $296\,702\text{ mm}^3$ ) byla vypočtena hmotnost součásti pomocí vztahu 5.14.

$$m_p = V_p \cdot \rho \quad (5.14)$$

Kde:  $m_p$ ... [kg] hmotnost součásti,  
 $V_p$ ... [mm<sup>3</sup>] objem součásti,  
 $\rho$ ... [kg.mm<sup>-3</sup>] hustota materiálu.

$$m_p = 296\,702 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = \mathbf{2,11\text{ kg}} \quad (5.15)$$

Hotová součástka bude mít hmotnost 2,11 kg. Z hmotnosti odlitku a hmotnosti součásti bylo vypočítáno využití materiálu (vztah 5.16).

$$C = \frac{m_p}{m_L} \cdot 100 \quad (5.16)$$

Kde:  $C$ ... [%] využití materiálu,  
 $m_p$ ... [kg] hmotnost součásti,  
 $m_L$ ... [kg] hmotnost odlitku.

$$C = \frac{2,11}{2,78} \cdot 100 = \mathbf{76\%} \quad (5.16)$$

Materiál je využit ze 76 %. Toto využití je mnohem vyšší než u první varianty. Hmotnost vzniklého odpadového materiálu byla zjištěna ze vztahu 5.17.

$$m_{Lo} = m_L - m_p \quad (5.17)$$

Kde:  $m_{Lo}$ ... [kg] hmotnost litinového odpadu,  
 $m_p$ ... [kg] hmotnost součásti,  
 $m_L$ ... [kg] hmotnost odlitku.

$$m_{Lo} = 2,78 - 2,11 = \mathbf{0,67\text{ kg}} \quad (5.17)$$

Litinový odpad vzniklý při výrobě součásti bude vážit 0,67 kg.

#### 5.4 Ekonomika základní varianty

Hodinová sazba stroje vychází na 1 030 Kč. Cena materiálu potřebného na výrobu jednoho kusu byla zjištěna ze vztahu 5.18.

$$P = \frac{P_T}{N} \quad (5.18)$$

Kde:  $P \dots$  [Kč] cena materiálu připadajícího na jeden kus,  
 $P_t \dots$  [Kč] cena jedné tyče,  
 $N \dots$  [ks] počet kusů z jedné tyče.

$$P = \frac{3\,629}{28} = 130 \text{ Kč} \quad (5.18)$$

Materiál pro výrobu jedné součásti stojí 130 Kč. Z této ceny se ale odečte výkupní cena ocelového odpadu (vztah 5.19).

$$P_v = \frac{m_{zb} \cdot P_{zb} + m_o \cdot P_o}{N} \quad (5.19)$$

Kde:  $P_v \dots$  [Kč] výkupní cena ocelového odpadu z jedné součásti,  
 $m_{zb} \dots$  [kg] hmotnost zbytku tyče,  
 $P_{zb} \dots$  [Kč.kg<sup>-1</sup>] výkupní cena kusového ocelového odpadu,  
 $m_o \dots$  [kg] hmotnost odpadu vzniklá při obrábění,  
 $P_o \dots$  [Kč.kg<sup>-1</sup>] výkupní cena ocelových třísek,  
 $N \dots$  [ks] počet kusů z jedné tyče.

$$P_v = \frac{1,83 \cdot 4,5 + 93,8 \cdot 3}{28} = 10 \text{ Kč} \quad (5.19)$$

Výkupní cena ocelového odpadu z výroby jedné součásti je 10 Kč. Materiálové náklady na jednu součástku tedy budou 120 Kč.

Trvanlivost nástrojů udávaná katalogy byla přepočtena (vztah 5.20) na počty obrobených kusů (tab. 5.3). U nástroje na 12. pozici (frézy), který obrábí ve dvou operacích (pokaždé jinou částí), byla pro výpočet vybrána operace s delším strojním časem. Z počtu součástí připadajících na životnost nástroje (tab. 5.3) a cen nástrojů (tab. 5.4) se podle vztahu 5.21 určily náklady na nástroje připadající na jeden obrobek (tab. 5.4).

$$T = \frac{t \cdot z}{t_{as}} \quad (5.20)$$

Kde:  $T \dots$  [ks] počet součástí vyrobených jedním nástrojem / VBD,  
 $t \dots$  [min] trvanlivost udaná výrobcem,  
 $z \dots$  [-] počet břitů (VBD),  
 $t_{as} \dots$  [min] strojní čas (daného nástroje).

Tab. 5.3: Počet součástí připadajících na životnost nástroje.

Základní varianta technologického postupu		Progresivní varianta technologického postupu					
nástroj	výdrž [ks]	1. revolverová hlava	nástroj	výdrž [ks]	2. revolverová hlava	nástroj	výdrž [ks]
T101	600		T101	75 (60x)*		T101	376
T202	80		T202	26 (200x)*		T202	132
T214	84		T404	1 504		T303	500
T303	40		T505	600		T505	166
T315	150		T707	1 200		T707	150
T404	86 (60x)*		T909	460		T808	188 (60x)*
T505	19 (140x)*		T1111	600		T909	188
T606	60 (30x)*					T1010	100
T707	48					T1111	60
T808	66						
T909	60						
T1010	120						
T1111	600						
T1212	260						

\* ... přebrušované nástroje

$$P_{No} = \frac{P_N}{n_o} \quad (5.21)$$

Kde:  $P_{No}...$  [kč]      cena nástroje připadající na jeden obrobený kus,  
 $P_N...$  [kč]      cena nástroje,  
 $n_o...$  [ks]      počet kusů připadajících na životnost nástroje.

Tab. 5.4: Ceny nástrojů.

nástroj	cena nástroje [Kč]	cena nástroje na jeden kus [Kč]
<b>T101</b>	688	1,15
<b>T202</b>	113	1,41
<b>T214</b>	113	1,35



Tab. 5.4: Ceny nástrojů.

nástroj	cena nástroje	cena nástroje na jeden kus
	[Kč]	[Kč]
<b>T303</b>	128	3,2
<b>T315</b>	128	0,85
<b>T404</b>	324	0,06
<b>T505</b>	58	0,02
<b>T606</b>	523	0,29
<b>T707</b>	571	11,9
<b>T808</b>	1400	21,21
<b>T909</b>	113	1,88
<b>T1010</b>	128	1,07
<b>T1111</b>	336	0,56
<b>T1212</b>	1623	6,24
Celková cena [Kč]:		51,19

Cena za nástroje připadající na jeden obrobek byla vyčíslena na 51,2 Kč.

### 5.5 Ekonomika progresivní varianty

Hodinová sazba použitého stroje je ve výši 1 520 Kč. Vstupní náklady na výrobu odlitku se pohybují zhruba od 1 000 Kč za výrobu s dřevěným modelem. Při hromadné výrobě se ale kvůli delší výdrži vyrábí s kovovým modelem. Vstupní náklady na takovou výrobu se pohybují v řádu desetitisíců Kč. Vzhledem k tomu, že se později bude zjišťovat minimální počet kusů, od kterých se vyplatí použít progresivní variantu, tak jako vstupní náklady budou brány náklady na výrobu s dřevěným modelem (1 000 Kč). Cena odlitku byla zjištěna ze vztahu 5.22.

$$P_L = P_{Lk} \cdot m_L \quad (5.22)$$

Kde:  $P_L$ ... [Kč]                      cena odlitku,  
 $P_{Lk}$  ... [Kč.kg<sup>-1</sup>]                    cena kilogramu litiny,  
 $m_L$ ... [kg]                              hmotnost odlitku.

$$P_L = 45 \cdot 2,78 = 125 \text{ Kč} \quad (5.22)$$

Cena odlitku byla vyčíslena na 125 Kč. Z nákupní ceny se ale odečte cena za prodej litinového odpadu (vztah 5.23).

$$P_{vl} = P_{Lo} \cdot m_{Lo} \quad (5.23)$$

Kde:  $P_{vl} \dots$  [Kč] výkupní cena litinového odpadu z odlitku,  
 $P_{Lo} \dots$  [Kč.kg<sup>-1</sup>] výkupní cena kilogramu litinového odpadu,  
 $m_{Lo} \dots$  [kg] hmotnost litinového odpadu.

$$P_{vl} = 4,5 \cdot 0,67 = 3 \text{ Kč} \quad (5.23)$$

Litinový odpad z výroby jednoho kusu bude vykoupěn za 3 Kč. Materiálové náklady na jednu součástku tedy budou 122 Kč. Tyto náklady jsou vyšší než u základní varianty díky kvalitnějšímu vstupnímu materiálu, který je jednou tak drahý.

Trvanlivost nástrojů udávaná nástrojovými katalogy byla přepočtena (vztah 5.20) na počty obrobených kusů (tab. 5.3). Z počtu obrobků připadajících na životnost nástrojů a cen nástrojů (tab. 5.5) se podle vztahu 5.21 určily náklady na nástroje připadající na jeden obrobek (tab. 5.5).

Tab. 5.5: Ceny nástrojů progresivní varianty.

nástroj	cena nástroje [Kč]	cena nástroje na jeden kus [Kč]	nástroj	cena nástroje [Kč]	cena nástroje na jeden kus [Kč]
<b>T101</b>	320	0,07	<b>T101</b>	160	0,42
<b>T202</b>	1 995	0,38	<b>T202</b>	140	1,06
<b>T404</b>	160	0,11	<b>T303</b>	1 700	3,4
<b>T505</b>	140	0,23	<b>T505</b>	123	0,74
<b>T707</b>	160	0,13	<b>T707</b>	113	0,75
<b>T909</b>	140	0,3	<b>T808</b>	320	0,03
<b>T1111</b>	336	0,56	<b>T909</b>	162	0,86
			<b>T1010</b>	571	5,71
			<b>T1111</b>	1 400	23,33
			<b>Cena celkem [Kč]:</b>		38,1

## 5.6 Ekonomické vyhodnocení

V této kapitole je proveden ekonomický propočet (rovnice 5.24), který stanoví, při jakém počtu kusů se vyplatí použít variantu s vyššími vstupními náklady.

$$N \cdot \left( P + P_{N1} + \frac{P_{S1}}{N_{H1}} \right) = P_P + N \cdot \left( P_L + P_{N2} + \frac{P_{S2}}{N_{H2}} \right) \quad (5.24)$$

Kde:	$N \dots$	[ks]	počet vyrobených kusů,
	$P \dots$	[Kč]	cena materiálu připadajícího na jeden kus,
	$P_{N1} \dots$	[Kč]	náklady na nástroje (1. varianta),
	$P_{N2} \dots$	[Kč]	náklady na nástroje (2. varianta),
	$P_{S1} \dots$	[Kč]	hodinová sazba stroje (1. varianta),
	$P_{S2} \dots$	[Kč]	hodinová sazba stroje (2. varianta),
	$N_{H1} \dots$	[ks.h <sup>-1</sup> ]	produktivita (1. varianta),
	$N_{H2} \dots$	[ks.h <sup>-1</sup> ]	produktivita (2. varianta),
	$P_P \dots$	[Kč]	počáteční náklady,
	$P_L \dots$	[Kč]	cena odlitku.

$$N \cdot \left( P + P_{N1} + \frac{P_{S1}}{N_{H1}} \right) = P_P + N \cdot \left( P_L + P_{N2} + \frac{P_{S2}}{N_{H2}} \right) \quad (5.24)$$

$$N \cdot \left( \left( P + P_{N1} + \frac{P_{S1}}{N_{H1}} \right) - \left( P_L + P_{N2} + \frac{P_{S2}}{N_{H2}} \right) \right) = P_P$$

$$N = \frac{P_P}{\left( \left( P + P_{N1} + \frac{P_{S1}}{N_{H1}} \right) - \left( P_L + P_{N2} + \frac{P_{S2}}{N_{H2}} \right) \right)}$$

$$N = \frac{1\ 000}{\left( \left( 120 + 51,2 + \frac{1\ 030}{6} \right) - \left( 122 + 38,1 + \frac{1\ 520}{18} \right) \right)}$$

$$N = 11 \text{ ks}$$

V případě, že by firma měla k dispozici oba stroje, tak by se progresivní výroba vyplatila již při sérii vyšší než 10 kusů. Pokud by se však firma rozhodovala, zda daný stroj koupit nebo ne, tak by rozdíl v cenách výroby na předpokládaném množství vyráběných kusů, musel být vyšší než pořizovací cena stroje a výroba množství součástí, které by se vyrovnalo (rozdílem ceny oproti základní variantě) ceně stroje, by nesměla trvat déle jak 4 roky.

## 6 DISKUZE

V první kapitole byl proveden rozbor součástí z hlediska její funkčnosti a náročnosti na výrobu. Vzhledem k výrobním tolerancím bylo určeno, že vhodná výroba součástí je výroba na CNC strojích. Dále byly vybrány polotovary pro obě varianty. Polotovar pro základní variantu byl vybrán jakožto nejsnáze dostupný (z časového hlediska) a často používaný polotovar u kusových a malosériových výrob. Pro progresivní postup byl za polotovar zvolen odlitek. Poslední řešenou otázkou v první kapitole byla volba strojů. Pro obě varianty byl zvolen CNC soustruh s dvěma vřeteny a možností pohánění nástrojů. Soustruhy se liší výkony na vřetenech, dosahovanými rychlostmi a počtem revolverových hlav. Stroj pro základní variantu je silnější, ale díky tomu nedokáže vyvinout tak vysoké otáčky jako stroj pro progresivní variantu. U dané součásti se ukázalo jako výhodnější mít vyšší výkon, díky kterému si můžeme dovolit odebrat více materiálu naráz. Vyšší otáčky díky rozměrům obráběných ploch nebyly potřeba. Stroj pro progresivní variantu je vybaven jednou revolverovou hlavou navíc oproti stroji v základní variantě, což dovoluje obrábět na obou vřetenech současně. Toto řešení, při přibližně stejných strojních časech obou vřeten, zkracuje výrobní čas téměř na polovinu, zároveň ale klade vyšší nároky na obsluhu.

Ve druhé kapitole je popsán návrh základního technologického postupu. Při řezání polotovarů z tyče je předepsán přídavek na délce 2 mm. Tento přídavek se může v případě dobrého technického stavu pilky (když nebude podřezávat) snížit, čímž se sníží spotřeba materiálu a zvýší využitelnost. Při vrtání otvorů pro šrouby bylo předepsáno vrtání otvoru z první strany, ale zahlubování až po přepnutí z druhé strany. K tomuto bylo přistoupeno v rámci nedostatku nástrojových pozic a zkrácení strojního času, kdy stačí mít ve stroji upnutý jeden středící vrták a tento nástroj je vyvolán pouze jednou.

Třetí kapitola se zabývá návrhem progresivní varianty technologického postupu. V této variantě došlo k výraznému snížení strojního času díky menšímu objemu odebíraného materiálu a obrábění současně na obou vřetenech. V tomto postupu byl řešen problém s technologickým zaoblením přechodového rohu mezi malým a velkým průměrem, které zasahovalo do prostoru budoucích děr. Tento problém byl vyřešen hlubším navrtáním, tak aby následný vrták začal vrtat až v předvrtaném kuželu, čímž se zamezí namáhání vrtáku v jiném než axiálním směru. Vzhledem k tomu, že se otvory vrtají stupňovitým vrtákem a při obrábění zahloubení je nástroj již zavrtán, tak se tento problém zahlubování netýká. Při vyšší sériovosti by bylo vhodné koupit nebo případně vyrobit přípravek, který by se upnul do jedné z volných nástrojových pozic a fungoval by pro snímání hotových obrobků z protivřetene. Obrobek by na konci pracovního cyklu zůstal na přípravku a mohlo by se provést přepnutí součásti z prvního vřetene ještě před zastavením stroje.

V kapitole 4 výroby vzorku součásti byl sepsán sled operací, jak následují po sobě při zavádění výroby. Z důvodu vytížení požadovaného stroje nebylo možné na tomto stroji součást vyrobit. Z tohoto důvodu byly na součásti provedené pouze soustružnické operace a v měřítku 1:2. Zmenšení vzorové součásti bylo zapříčiněno náhradním strojem TOS Trenčín SV 18 DR, který by původní velikost součásti nebyl schopen upnout.

Technicko-ekonomické zhodnocení (kap. 5) ukázalo velké rozdíly ve výrobních časech způsobené rozdílnými polotovary a typy strojů. Z ekonomického hlediska bylo propočteno, že v případě, kdy není potřeba kupovat stroj, se použití progresivnější varianty vyplatí při sériích větších než 10 kusů. Při změně přídavku pro řezání, který byl probíráán výše, by byla potřeba nově propočítat vhodné délky tyčí (tab. 5.2).

## ZÁVĚR

Konstrukčně-technologický rozbor součásti ukázal, že součást je vhodná pro výrobu na CNC soustruzích, které mají možnost pohánět nástroje. Pro součást Příruba pro ložisko byly vytvořeny dva technologické postupy výroby, přičemž každý je sestrojen pro jiný druh polotovaru.

Pro první variantu technologického postupu byl za polotovar zvolen přířez z tyče, které jsou z materiálu ČSN 12 050. Jako nejvhodnější délka tyčí byly zvoleny tyče o délce 1 m. Tato délka byla zvolena s ohledem na využitelnost a váhu tyče. Využití materiálu je pouze 39,4 %. Stroje použité pro tuto variantu byly vybírány ze strojů dostupných ve školní dílně a jsou to pásová pila Bomar STG 220 G a CNC soustruh Kovosvit MAS SP 280 SY. Na obrobení součásti bude potřeba 14 nástrojů. Součást bude vyráběna během jednoho pracovního cyklu stroje, při kterém bude využito strojního přepnutí do protivřetene a obrobení druhé strany součásti. Součást bude obráběna necelých 10 minut a náklady na provoz stroje vycházejí na 1 030 Kč.h<sup>-1</sup>. Materiál potřebný na výrobu jedné součásti stojí 120 Kč. Cena nástrojů přepočítaná na náklady na jeden kus vychází na 51 Kč.

Pro progresivní variantu technologického postupu byl jako polotovar zvolen odlitek z materiálu ČSN 42 2305 (EN-GJS500-7). Využití materiálu je 76 %. Za výrobní stroj byl zvolen CNC soustruh Okuma Twin Star LT2000 EX 2T2MY. Součást bude obrobena během dvou pracovních cyklů stroje, při kterých ale stroj obrábí dvě součásti. Na obrobení součásti bude potřeba 16 nástrojů. Výroba jedné součásti trvá tři a čtvrt minuty a náklady na provoz stroje vycházejí na 1 520 Kč.h<sup>-1</sup>. Vstupní náklady na výrobu odlitků jsou 1000 Kč a jeden odlitek cenově vycházejí na 122 Kč. Cena nástrojů přepočítaná na náklady na jednu součást vychází na 38 Kč.

Bylo propočteno, že při daných nákladech na materiál, nástroje a stroje se vstupní náklady na zavedení výroby odlitků vrátí po vyrobení jedenácti kusů dané součásti v případě, že není potřeba daný stroj pořizovat. Na pořízení nového stroje by cena stroje musela být nižší než rozdíl ceny za daný počet vyrobených kusů mezi první a druhou variantou technologického postupu.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. SVOBODA, P., J. BRANDEJS a F. PROKEŠ. *Výběr z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 2. Brno: CERM, 2009. ISBN 978-80-7204-636-2.
2. LEINVEBER, J. a P. VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
3. Sortimentní katalog. *Ferona, a. s.* [online]. © 2004–2015 [vid. 12.2.2015]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=30681#330398G>
4. SVOBODA, P., J. BRANDEJS, J. DVOŘÁČEK a F. PROKEŠ. *Základy konstruování*. Vyd. 3., upr. a dopl. Brno: CERM, 2009, 234 s. ISBN 978-80-7204-633-1
5. KECHNIE, Glenn. *Wikimedia Commons* [online]. [vid. 25.3.2015]. Dostupné z: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HwacheonCentreLathe\\_460x1000.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HwacheonCentreLathe_460x1000.jpg)
6. KOVOSVIT, Mas. *Kovosvit MAS* [online]. [vid. 25.3.2015]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/upload/products/gallery/big/4f3604ad1577389689575f13d7c2b313.jpg>
7. KOVOSVIT MAS. *MTE Kovosvit MAS* [online]. [vid. 27.3.2015]. Dostupné z: [http://www.mtekovosvitmas.ru/\\_data\\_app\\_sections/279\\_sp\\_280\\_sy.jpg](http://www.mtekovosvitmas.ru/_data_app_sections/279_sp_280_sy.jpg)
8. Misan s.r.o.: *Obráběcí stroje a nástroje* [online]. 2002 [vid. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.misan.cz>
9. OKUMA. *Okuma Europe* [online]. [vid. 27.3.2015]. Dostupné z: [http://www.okuma.eu/uploads/tx\\_maschinenpark/LT2000EX\\_1\\_01.jpg](http://www.okuma.eu/uploads/tx_maschinenpark/LT2000EX_1_01.jpg)
10. HOFFMANN QUALITÄTSSWERKZEUGE CZ, s. r. o. *Hoffmann Group: Hlavní katalog 2013 / 2014*.
11. HOFFMANN GROUP. *GARANT ToolScout: Inteligentní volba nástroje a zjišťování technologických dat* [online]. 2010 [vid. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.toolscout.de/ToolScout/ToolScout.xhtml>
12. PRAMET TOOLS, s. r. o. *Soustružení 2014* [online]. [vid. 2. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=629>
13. ISCAR ČR S.R.O. *Nástroje pro zapichování* [online]. [vid. 8. 4. 2015]. Dostupné z: [http://www.iscar.cz/Catalogs/zip/CMS%20Catalogs/ZAPICHOVANI\\_ISCAR.pdf](http://www.iscar.cz/Catalogs/zip/CMS%20Catalogs/ZAPICHOVANI_ISCAR.pdf)
14. EWS TOOL TECHNOLOGIES. *EWS Tool Technologies* [online]. [vid. 27.4.2015]. Dostupné z: <http://www.ews-tools.de/en/products/product-proline.aspx>
15. EXCOLO. [online]. 2012 [vid. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://stare.excolo.cz/prodej/obalovy-material/papiry-pro-baleni/>
16. MITUTOYO ČESKO S.R.O. *Mitutoyo* [online]. [vid. 28. 4. 2015]. Dostupné z: [http://mitutoyo.cz/cs\\_cz/](http://mitutoyo.cz/cs_cz/)
17. KIN MT GROUP S.R.O. *KINEX measuring* [online]. 2015. Dostupné z: [http://www.kinmtg.com/KATALOG\\_KINEX.pdf](http://www.kinmtg.com/KATALOG_KINEX.pdf)
18. GÜHRING S.R.O. *Grühring: vydání český 2012*. 42. 2012.

19. MÁDL, Jan a Jaroslav BARCAL. *Základy technologie II*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 55 s. ISBN 80-010-2610-8.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
<b>CNC</b>	[-]	Computer Numerical Control- počítačem číslicově řízené
<b>DNC</b>	[-]	Direct Numerical Control- přímo číslicově řízené
<b>HSS</b>	[-]	High Speed Steel- rychlořezná ocel
<b>NC</b>	[-]	Numerical Control- číslicově řízené
<b>VBD</b>	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
<b>a</b>	[mm]	Tloušťka první stěny
<b>a<sub>p</sub></b>	[mm]	Hloubka řezu
<b>b</b>	[mm]	Tloušťka druhé stěny
<b>C</b>	[%]	Využití materiálu
<b>D</b>	[mm]	Průměr
<b>D<sub>max</sub></b>	[mm]	Maximální průměr
<b>D<sub>min</sub></b>	[mm]	Minimální průměr
<b>f</b>	[mm]	Posuv
<b>k<sub>VBD</sub></b>	[-]	Koeficient na tvar VDB
<b>k<sub>vHB</sub></b>	[-]	Materiálový koeficient
<b>k<sub>vp</sub></b>	[-]	Koeficient jakosti povrchu
<b>k<sub>vs</sub></b>	[-]	Součinitel stavu stroje
<b>k<sub>vT</sub></b>	[-]	Koeficient trvanlivosti
<b>k<sub>vx</sub></b>	[-]	Koeficient pro vnitřní obrábění
<b>L</b>	[mm]	Délka tyče
<b>L<sub>zb</sub></b>	[mm]	Nevyužitá délka tyče
<b>l</b>	[mm]	Délka
<b>l<sub>n</sub></b>	[mm]	Nájezd
<b>l<sub>p</sub></b>	[mm]	Přejezd
<b>l<sub>p</sub></b>	[mm]	Šířka pilového pásu
<b>l<sub>př</sub></b>	[mm]	Velikost přídavku
<b>m</b>	[kg]	Hmotnost součásti
<b>m<sub>ks</sub></b>	[kg]	Hmotnost polotovaru
<b>m<sub>L</sub></b>	[kg]	Hmotnost odlitku
<b>m<sub>L<sub>o</sub></sub></b>	[kg]	Hmotnost litinového odpadu
<b>m<sub>o</sub></b>	[kg]	Hmotnost odpadu vzniklého z obrábění jedné tyče



Symbol	Jednotka	Popis
$m_p$	[kg]	Hmotnost součásti
$m_t$	[kg]	Hmotnost tyče
$m_t$	[kg]	Hmotnost tyče
$m_{zb}$	[kg]	Hmotnost zbytku tyče
$N$	[ $\text{min}^{-1}$ ]	Otáčky
$N$	[ks]	Počet kusů z jedné tyče
$N$	[ks]	Počet vyrobených kusů
$N_{H1}$	[ $\text{ks.h}^{-1}$ ]	Produktivita (1. varianta)
$N_{H2}$	[ $\text{ks.h}^{-1}$ ]	Produktivita (2. varianta)
$n_o$	[ks]	Počet kusů připadajících na životnost nástroje
$P$	[Kč]	Cena materiálu připadajícího na jeden kus
$P_c$	[kW]	Přibližný potřebný výkon
$P_L$	[Kč]	Cena odlitku
$P_{Lk}$	[Kč]	Cena za kilogram litiny
$P_N$	[Kč]	Cena nástroje
$P_{N1}$	[Kč]	Počáteční náklady (1. varianta)
$P_{N2}$	[Kč]	Počáteční náklady (2. varianta)
$P_{NO}$	[Kč]	Cena nástroje připadající na jeden obrobený kus
$P_o$	[Kč]	Výkupní cena ocelových třísek
$P_P$	[Kč]	Počáteční náklady
$P_{S1}$	[Kč]	Hodinová sazba stroje (1. varianta)
$P_{S2}$	[Kč]	Hodinová sazba stroje (2. varianta)
$P_t$	[Kč]	Cena jedné tyče
$P_v$	[Kč]	Výkupní cena ocelového odpadu z jedné součásti
$P_{zb}$	[Kč]	Výkupní cena kusového ocelového odpadu
$R_a$	[ $\mu\text{m}$ ]	Střední aritmetická hodnota drsnosti
$s$	[mm]	Střední tloušťka stěn
$T$	[ks]	Počet součástí vyrobených jedním nástrojem (VBD)
$t$	[min]	Trvanlivost udaná výrobcem
$t_{as}$	[min]	Strojní čas
$V_{ks}$	[ $\text{mm}^3$ ]	Objem polotovaru
$V_L$	[ $\text{mm}^3$ ]	Objem odlitku
$V_p$	[ $\text{mm}^3$ ]	Objem součásti
$V_s$	[ $\text{mm}^3$ ]	Objem součásti
$v_{15}$	[ $\mu\text{m}$ ]	Zjištěná řezná rychlost
$v_c$	[ $\text{m.min}^{-1}$ ]	Řezná rychlost

<b>Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
<b>x</b>	[-]	Součinitel vlivu obráběného materiálu
<b>z</b>	[-]	Počet břitů
<b><math>\rho</math></b>	[kg.mm <sup>-3</sup> ]	Hustota materiálu

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1      Výkres součásti „Příruba pro ložisko“  
Příloha 2      Výkres součásti „Příruba pro ložisko“