

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace technologie obrábění příruby s využitím

CNC obráběcích strojů

(Rationalization of Flange Machining with Using of

CNC Machines)

Student:

Martin Hanzlík

Vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Hanzlík**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace technologie obrábění příruby s využitím CNC obráběcích strojů**  
**Rationalization of Flange Machining with Using of CNC Machines**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor stávající technologie výroby příruby.
2. Návrh inovativního řešení pro opracování příruby.
3. Výběr optimální varianty řešení včetně návrhu použitých nástrojů.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] LEOPOLD, J. *Werkzeuge für Hochgeschwindigkeitsbearbeitung*. Carl Hanser Verlag München Wien, 1999, 300 s. ISBN 3-446-2172-5.
- [2] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vydání, Praha : MM publishing, s.r.o., 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [3] AB SANDVIK COROMANT-SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela, 1. vyd., Praha : Scientia, s.r.o., 1997, 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
- [4] SANDVIK COROMANT. *Drehen von rostfreiem Stahl*. Anwendungshandbuch, Skövde : Sandvik Coromant, 5/1997, 88 s.
- [5] NORMY, PROSPEKTY, KATALOGY.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr.Ing. Ivan Mrkvica**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 10.5. 2013 .....

..... Martin Havelík .....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 ods. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 10.5. 2013 .....

..... Martin Hanzlík .....

podpis studenta

Martin Hanzlík

Osmilány 16

747 27 Kobernice

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

HANZLÍK, Martin. *Racionalizace technologie obrábění příruby s využitím CNC obráběcích strojů*. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013, 46 s. Bakalářská práce, vedoucí MRKVICA, Ivan.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací technologie obrábění příruby s využitím CNC obráběcího stroje a porovnáním současné a navržené technologie výroby. V úvodu bakalářské práce je popsána stávající technologie výroby příruby včetně strojů a nástrojů, které byly při výrobě použity.

Druhá část, vycházející z rozboru stávající technologie výroby, se zabývá návrhem inovativního řešení. Ke zvýšení efektivity byl pro novou technologii výroby navržen CNC obráběcí stroj a vhodné produktivní nástroje. Pro navržený CNC obráběcí stroj byl také vytvořen kompletní řídicí program.

V závěrečné části se poté porovnává a vyhodnocuje navržená technologie výroby se stávající technologií výroby.

## **ANOTATION OF THESIS**

HANZLÍK, Martin. *Rationalization of Flange Machining with Using of CNC Machines*, Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2013, 46 p. Thesis, head: MRKVICA, Ivan.

This thesis deals with the rationalization of machining flange using CNC machine and comparing current and proposed technology. The first part of the thesis describe the existing flange technology, including machinery and tools that were used.

In the second part based on analysis of the existing technology of production is described innovative solution. To increase the effectiveness of the new technology of the production CNC machine and suitable productive tools were described. For designed CNC machine was also created a complete control program.

The final section compares and evaluates the proposed technology with the existing production technology.

## Obsah

<b>Seznam použitých značek a symbolů .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíl bakalářské práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Rozbor stávající technologie výroby příruby .....</b>	<b>11</b>
3.1 Materiál součásti .....	12
3.2 Použité stroje při výrobě příruby .....	12
3.3 Použité nástroje při stávající výrobě .....	16
3.4 Technologický postup stávající výroby .....	16
<b>4 Návrh inovativního řešení pro opracování příruby .....</b>	<b>20</b>
4.1 Volba stroje .....	20
4.2 Programování CNC strojů .....	22
4.2.1 Souřadnicový systém .....	22
4.2.2 Vztažné a nulové body na CNC soustruhu .....	23
4.2.3 Rozdělení a metody programování .....	24
4.2.4 Struktura programu .....	25
4.2.5 Určení počátku souřadného systému (nulového bodu) u soustružení .....	26
4.3 Realizace programu v CAM systému Mastercam .....	27
4.4 Technologický postup navržené výroby .....	29
<b>5 Výběr optimální varianty řešení včetně návrhu použitých nástrojů .....</b>	<b>31</b>
5.1 Návrh použitých nástrojů .....	31
<b>6 Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení .....</b>	<b>39</b>
6.1 Stanovení úspory času při výrobě jednoho kusu .....	39
6.2 Stanovení úspory času při výrobě jedné série .....	40
6.3 Porovnání stávající a navržené technologie .....	41
6.1 Porovnání nákladů na výrobu při jedné sérii .....	42
<b>7 Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>45</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>46</b>

## Seznam použitých značek a symbolů

A	-	Tažnost	[%]
AlCrN	-	Aluminum Chromium Nitride – Nitrid hliníku a chromu	[-]
$a_p$	-	Hloubka řezu	[mm]
CAD	-	Computer Aided Design – počítačem podporovaný návrh	[-]
CAM	-	Computer Aided Manufacturing – přímé řízení výroby počítačem	[-]
CNC	-	Computer Numeric Control – počítačem číslicově řízený stroj	[-]
CVD	-	Chemical Vapor Deposition – chemická metoda povlakování	[-]
$f_n$	-	Posuv na otáčku	[mm]
$f_z$	-	Posuv na zub	[mm]
HB	-	Tvrдость materiálu dle Brinella	[-]
$H_N$	-	Hodinová sazba pro CNC soustruh SP 180 Y	[Kč]
$H_{SB}$	-	Hodinová sazba brusky BPH 20NA	[Kč]
$H_{SF}$	-	Hodinová sazba pro CNC obráběcí centrum MCV 750	[Kč]
$H_{SR}$	-	Hodinová sazba pro ruční práce	[Kč]
HSS	-	High Speed Steel – Rychlořezná ocel	[-]
$H_{SS}$	-	Hodinová sazba pro soustruh SV 18 RA	[Kč]
NC	-	Numeric Control – číslicově řízený stroj	[-]
$N_N$	-	Náklady na výrobu jedné série navrženou technologií	[Kč]
$N_S$	-	Náklady na výrobu jedné série současnou technologií	[Kč]
PT	-	Porovnání technologií	[%]
PVD	-	Physical Vapor Deposition – fyzikální metoda povlakování	[-]
$R_e$	-	Mez kluzu	[MPa]
$R_m$	-	Mez pevnosti	[MPa]
SK	-	Slinutý karbid	[-]
$t_{CNC}$	-	Celkový čas obrábění jednoho kusu na CNC soustruhu	[min]
$t_{DN}$	-	Výroba jedné série u navržené technologie	[Nh]
$t_{DS}$	-	Výroba jedné série u stávající technologie	[Nh]
TiAlN	-	Titanium aluminium nitride – nitrid titanu a hliníku	[-]
$t_o$	-	Čas potřebný k otočení obrobku	[min]
$t_{O1}$	-	Čas soustružení základního tvaru příruby	[min]
$t_{O2}$	-	Čas broušení čela příruby	[min]
$t_{O3}$	-	Čas frézování	[min]
$t_{O4}$	-	Čas soustružení zápichu a sražení hran	[min]

$t_{05}$	-	Čas řezání závitů	[min]
$t_{0C}$	-	Celkový čas obrábění jednoho kusu současnou technologií	[min]
$t_{PB}$	-	Čas přípravy brusky	[min]
$t_{PF}$	-	Čas přípravy frézky	[min]
$t_{PP}$	-	Čas přípravy řídicího programu pro CNC soustruh	[min]
$t_{PS}$	-	Čas přípravy soustruhu	[min]
$t_S$	-	Čas simulace v programu Mastercam	[min]
$t_{UV}$	-	Čas upnutí a vytažení obrobku	[min]
$t_V$	-	Čas automatické výměny nástrojů	[min]
$UC_{JK}$	-	Úspora času výroby jednoho kusu	[min]
$UC_{JS}$	-	Úspora času výroby jedné série	[Nh]
$UN_{JS}$	-	Úspora nákladů výroby jedné série	[Kč]
VBD	-	Vyměnitelná břitová destička	[-]
$v_c$	-	Řezná rychlost	$[m \cdot min^{-1}]$
$v_f$	-	Rychlost posuvu	$[mm \cdot min^{-1}]$
$\gamma$	-	Nástrojový úhel čela	$[^\circ]$
$\kappa_r$	-	Nástrojový úhel nastavení	$[^\circ]$
$\lambda_s$	-	Nástrojový úhel sklonu ostří	$[^\circ]$



# 1 Úvod

V dnešní moderní době, kdy se neustále kladou stále větší nároky na kvalitu výroby a vyšší produktivitu práce, dochází k nahrazování stávajících – konvenčních – strojů za stále modernější a výkonnější CNC stroje. Tyto aspekty vedou ke změně přístupu k technické přípravě a organizaci výroby. Používáním moderních číslicově řízených strojů ve výrobě dochází ke zvýšení produktivity práce, zvýšení přesnosti a jakosti obráběných součástí. Další výhodou je možnost obrábění součástí na jedno upnutí a nahradit tím více technologických operací nebo obrábění tvarově složitých součástí, které se v mnoha případech nedaří vyrobit standardními technologiemi. Nasazením automatizace ve výrobě lze dosáhnout kratších výrobních časů a to díky minimálnímu podílu lidského faktoru ve výrobě a snížením prostojů, které vznikají například výměnou nástrojů během obrábění, otáčením či ustavováním obrobků.

Vývoj strojů jde rychlým tempem dopředu, pro uživatele stroje poskytují stále větší komfort v ovládání a obsahují stále více funkcí. Při použití software pro programování tzv. CAM systém, který je schopen navrhout vhodné dráhy nástroje při obrábění a vytvořit kompletní program, se zvyšuje efektivita práce na maximum.

Tyto stroje se stále více dostávají do podvědomí všech prosperujících firem a stávají se jejich standardním vybavením.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem nové technologie výroby součásti – příruby, s využitím CNC obráběcích strojů, zadaná firmou S-KUNSTSTOFFTECHNIK s.r.o. v Kravařích.

## **2 Cíl bakalářské práce**

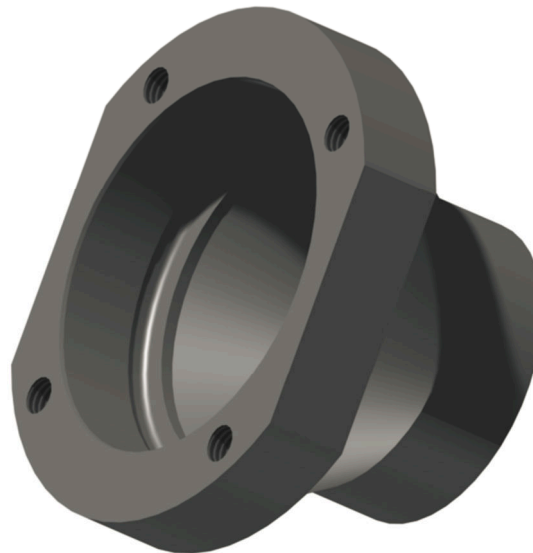
Cílem této bakalářské práce je najít nové řešení pro opracování příruby, které povede k zefektivnění celé výroby, snížení výrobních časů a nákladů na výrobu dané součásti.

V bakalářské práci bude nejdříve proveden rozbor stávající technologie výroby součásti. Provede se rozbor použitých strojů a nástrojů. Následně bude vytvořen návrh nového řešení pro opracování součásti a návrh nového stroje a nových produktivnějších nástrojů. V poslední řadě se provede srovnání obou technologií a technicko-ekonomické zhodnocení.

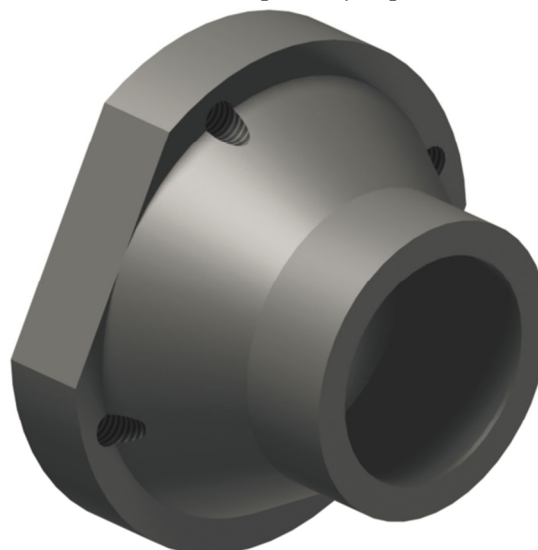
### 3 Rozbor stávající technologie výroby příruby

Firma S - KUNSTSTOFFTECHNIK s.r.o. se sídlem v Kravařích, u které jsem si zařizoval tuto bakalářskou práci, se převážně zabývá výrobou forem pro vstřikování termoplastů a následně lisováním hotových plastových dílců. Mimo jiné firma zajišťuje kovoobrábění různých dílců z oceli, nerezové oceli i barevných kovů podle požadavků zákazníka.

Jako typového představitele pro racionalizaci technologie obrábění mi byla firmou přidělena součást příruby. Jedná se o klasickou přírubu vyráběnou převážně soustružením na klasickém soustruhu. Z důvodu, že stroj není schopen obrábět s velkou přesností, se musí tolerované průměry dokončovat frézováním na CNC obráběcím centru. Zde se také předvrtávají díry na závity a frézuje vnější kontura příruby. Tím se celý proces stává méně efektivní a prodlužují se výrobní časy.



Obr. 3.1 Model příruby – pohled 1



Obr. 3.2 Model příruby – pohled 2

### 3.1 Materiál součásti

Tato příruba se vyrábí z materiálu 12 040. Jedná se o konstrukční ocel nelegovanou, jakostní, vhodnou k zušlechťování. Ocel je zejména vhodná na hřídele spalovacích motorů, čerpadel nebo hřídele těžebních strojů. Dále se využívá při výrobě kolíků, čepů, šoupátek, ve stavbě strojů, dopravních prostředků, motorů, přístrojů či jiných strojních součástí. Jedná se o velmi často používanou nelegovanou ocel. Svařitelnost je značně obtížná [1].

#### Mechanické vlastnosti materiálu

R <sub>m</sub>	520 MPa	
R <sub>e min</sub>	270 MPa	
A	19%	
Tvrдост	154 – 207 HB	[2]

Tabulka 3.1 Chemické složení materiálu 12 040 v % [2]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cr+Mo+Ni
0,32 0,39	<0,40	0,50 0,80	<0,045	<0,045	<0,40	<0,10	0,40	<0,63

Tabulka 3.2 Označení materiálu v různých zemích [2]

Česká rep. ČSN EN 10027-2	Česká rep. ČSN	Německo DIN	Itálie UNI	Polsko PN	Švédsko SS	Mezinárodní ISO
1.0501	12 040	C35	C35C	35	1550	C35

### 3.2 Použité stroje při výrobě příruby

Při výrobě byl zejména uplatněn soustruh typu SV 18 RA, na kterém se obráběly veškeré hrubovací operace a dokončovací operace netolerovaných rozměrů.

Z důvodu dodržení předepsané drsnosti povrchu na jednom čele příruby, kterou soustruh nedokázal zajistit, musela být použita rovinná bruska typu BPH 20. Vnitřní tolerované rozměry byly dokončovány na CNC obráběcím centru – MAS MCV 750 SPRINT. Na stejném stroji byla vyfrézována vnější kontura příruby a předvrtány díry pro závity.

### Soustruh SV 18 RA

Jedná se o vysoce výkonný stroj vyroben firmou TOS Trenčín, který nachází uplatnění v kusové a malosériové výrobě. Na tomto stroji se obrábějí veškeré rotační plochy příruby. Hlavní řezný pohyb je rotační a koná ho obrobek. Nástroj se posouvá a vykonává vedlejší, obvykle přímočarý pohyb. [3, 4]

Stroj je schopen opracovávat obrobky do maximálního průměru 380 mm a délky 750 mm. Soustruh disponuje rozsahem 21 stupňů otáček vřetene od 14 do 2800  $\text{min}^{-1}$ , což dostačuje pro běžně prováděné práce. Otáčky vřetene se nastavují ručně pomocí řadícího kola. Rychlostní skříň je uložena v levé noze soustruhu na čepech, což umožňuje jednoduché napínání plochého řemene, pohánějícího vřeteno. Otáčky vřetene se spouští pomocí páky umístěné v pravé části suportu. Páka slouží taktéž k brždění a zastavení vřetene. Smysl strojního posuvu se dá měnit také pomocí jediné páky [3].

Všeobecně tyto soustruhy mají vysoké nároky na údržbu, zejména na mazání. Při zanedbání předepsaného mazání může dojít k zadření stroje, neboť kluzné plochy jsou vystaveny mnohem většímu opotřebení. Proto je důležitá pravidelná kontrola množství oleje ve skříních a dostatečné promazání kluzných loží pro vedení suportu.



Obr. 3.3 Soustruh SV 18 RA [3]

### CNC obráběcí centrum – MAS MCV 750 SPRINT

Tento počítačem číslicově řízený stroj byl ve firmě pořízen v roce 2004 a patří mezi novější stroje, které firma vlastní. Na tomto stroji se obrábějí tolerované plochy příruby, které by klasický soustruh nebyl schopen vytvořit. Při obrábění příruby je obrobek vystředěn ve sklíčidle, které je upnuto pomocí upínek na upínací desce ve stroji. Při stejném upnutí se také předvrtají díry na roztečné kružnici pro závity a přefrézují boky příruby. Hlavní řezný pohyb při frézování koná nástroj – fréza. Obrobek se posouvá a tím koná pohyb vedlejší [4].

Samotný stroj se skládá z upínacího stolu s rozměry 1000x640 mm. Pracovní rozsah os X, Y, Z je 750x500x500 mm. Stroj je osazen vřetenem značky Franz Kessler, jehož maximální otáčky jsou  $18\,000\text{ min}^{-1}$ . Upínání nástrojů se realizuje pomocí kuželových držáků (HSK – A63). Do zásobníku na nástroje můžeme umístit až 24 nástrojů, což dává možnost rychlé výměny nástroje při obrábění. Obsluha stroje se provádí přes ovládací panel s nainstalovaným řídicím systémem HEIDENHAIN 530i. Zvláštní výbavou stroje je dotyková nástrojová sonda, sloužící k měření nástrojů a obrobková sonda, s níž se seřizují a vyrovnávají součásti v pracovním prostoru [5, 7].



Obr. 3.4 CNC obráběcí centrum – MAS MCV 750 SPRINT[5]

### Bruska BPH 20NA

Tato, ač poměrně stará bruska na plocho, vyrobena firmou TOS, stále nachází uplatnění v některých menších nástrojárnách. Slouží zejména k broušení rovinných ploch.

Bruska umožní upínat obrobky o maximálním rozměru 200x630 mm. Jako nástroj se využívá brusný kotouč. Tento model dokáže upnout brusný kotouč o průměru v rozmezí od 132 – 250 mm. Pokud je součástí brusky magnetická upínací deska, umožňuje snadné a spolehlivé upínání obrobků z magnetických materiálů. Větší obrobky se mohou upínat pomocí tzv. T-drážek přímo na pracovní stůl. Ručním kolem svislého posuvu nebo hydraulickým přísuvem můžeme ubírat tlisk v rozsahu od 0,01 – 0,05 mm. Maximální rychlost otáčení vřetene se pohybuje kolem  $2500 \text{ min}^{-1}$  [6].

Bruska se skládá z příčných saní, které jsou uloženy v prismatickém vedení na loži a slouží pro podélný pohyb stolu a také k příčnému posuvu. Skříňovitě lože je umístěno ve spodní části, ve kterém je olej pro pohon hydrauliky. Hydraulické rozvody ovládají základní pohyby stolu a příčných saní. Vřeteno stroje je uloženo v jednom kluzném a dvou kuličkových ložiskách a je poháněno motorem pomocí dvou klínových řemenů. Na kuželovitěm vřeteni je nasazen a vyvážen brusný kotouč.



Obr. 3.5 Bruska BPH 20NA

### 3.3 Použité nástroje při stávající výrobě

Při stávajícím způsobu výroby byly používány nejčastěji klasické řezné nástroje. Převážně se jedná o nástroje vyrobené z rychlořezné oceli a nástroje s pájenými břitovými destičkami ze slinutých karbidů. Nástroje používané ve stávající výrobě jsou uvedeny v tabulce č. 3.3.

Tabulka 3.3 Použité nástroje při stávající výrobě

Nástroj/Označení	Řezný materiál
Ubírací nůž ohnutý 20x20x125 P20 ČSN 22 3712	SK
Ubírací nůž stranový 20x20x125 P20 ČSN 22 3716	SK
Vnitřní ubírací nůž 20x20x250 P30 ČSN 22 3726	SK
Vnitřní zapichovací nůž 16x16x225 P20 ČSN 22 3552	HSS
Středicí vrták A4 60° ČSN 22 1110	HSS
Vrták s kuželovou stopkou Ø24 ČSN 22 1140	HSS
Vrták s válcovou stopkou Ø4,2 ČSN 22 1121	HSS
Závitník ruční sadový M5x0,8 ČSN 22 3010	HSS
Záhlubník kuželový 90° ČSN 22 1628	HSS
Stopková fréza Ø12 – 12E3S75-25A12 SUMA (Pramet Tools, s.r.o.)	SK+AlCrN

### 3.4 Technologický postup stávající výroby

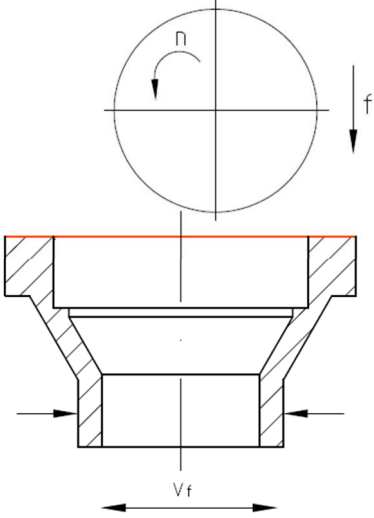
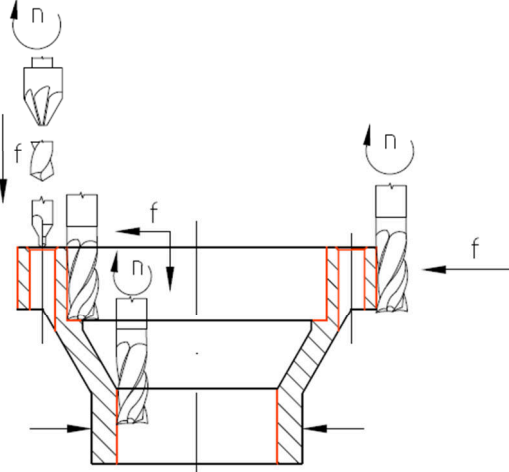
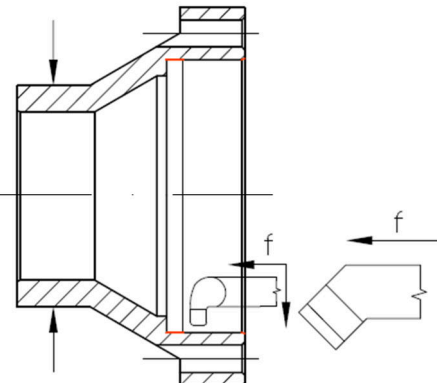
Z podkladů firmy S-KUNSTSTOFFTECHNIK s.r.o. jsem vytvořil technologický postup stávající výroby součásti. Vzhledem k tomu, že se součást v současné době nevyrábí a firma nemá kompletně zpracované technologické postupy této součásti, uvedené řezné podmínky jsou pouze orientační. Příruba se vyráběla z dodávaných polotovarů Ø65x40 mm. Technologický postup stávající výroby je uveden v tabulce č. 3.4.

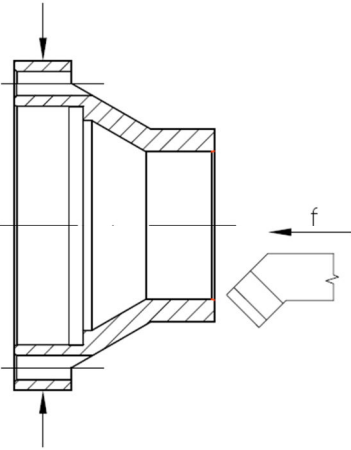
Tabulka 3.4 Technologický postup stávající výroby

Operace Pracoviště	Popis práce	$f_n/f_z$ [mm]	$a_p$ [mm]	$v_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	Čas [min]
1.1 SV 18 RA	Upnout polotovar za Ø65/10	-	-	-	22
	Zarovnat čelo	0,2	2	115	
	Soustružit na čisto Ø34/11,1	0,18	2	115	
	Soustružit kužel 30°	0,18	1,5	115	



1.2 SV 18 RA	<p>Upnout obrobek za <math>\text{Ø}34/11</math>  Zarovnat čelo na celkovou délku 35,4  Soustružit na čisto <math>\text{Ø}58/10</math></p>	- 0,2 0,18	- 2 2	- 115 115	
1.3 SV 18 RA	<p>Navrtat středící důlek  Vrtat otvor <math>\text{Ø}24</math>  Soustružit vnitřní <math>\text{Ø}25,5/35,4</math>  Soustružit vnitřní kužel <math>30^\circ</math>  Soustružit načisto vnitřní <math>\text{Ø}37/1,5</math>  Soustružit vnitřní <math>\text{Ø}41,5/12</math></p>	0,07 0,24 0,18 0,18 0,18 0,18	- - 1,5 1,5 2 2	22 22 115 115 115 115	

2.1 BPH 20NA	<p>Brousit čelo ze strany závitů na délku <math>35^{+0,2}</math></p> 	-	-	-	6
3.1 MCV 750	<p>Upnout za <math>\text{Ø}34/11</math> do sklíčidla</p> <p>Frézovat <math>\text{Ø}42\text{N}7 / 12^{+0,1}</math></p> <p>Frézovat <math>\text{Ø}26\text{N}7</math></p> <p>Navrtat středící důlek 4x</p> <p>Vrtat 4x <math>\text{Ø}4,2</math>, zahloubit díry</p> <p>Frézovat vnější dvojhnan</p> 	-	-	-	19
4.1 SV 18 RA	<p>Upnout obrobek za <math>\text{Ø}34/11</math></p> <p>Soustružit zápich <math>\text{G}2,5 \times 0,3</math></p> <p>Srazit vnitřní hranu <math>0,5 \times 15^\circ</math></p> 	-	-	-	3,5

4.2 SV 18 RA	Upnout obrobek za $\text{Ø}58/10$ Srazit vnitřní hranu $0,5 \times 15^\circ$ 	-	-	-	115
5.1 Ruční	Řezat závity 4xM5	-	-	-	4,5
6.1 Kontrola	Kontrola rozměrů	-	-	-	-
7.1	Ojehlení, konzervace, balení	-	-	-	-

## 4 Návrh inovativního řešení pro opracování příruby

Jako inovativní řešení pro opracování příruby navrhuji použití CNC soustruhu s poháněnými nástroji. Dále navrhuji použití produktivnějších nástrojů, zejména nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami, které mají mnohem větší životnost než klasické nástroje.

### 4.1 Volba stroje

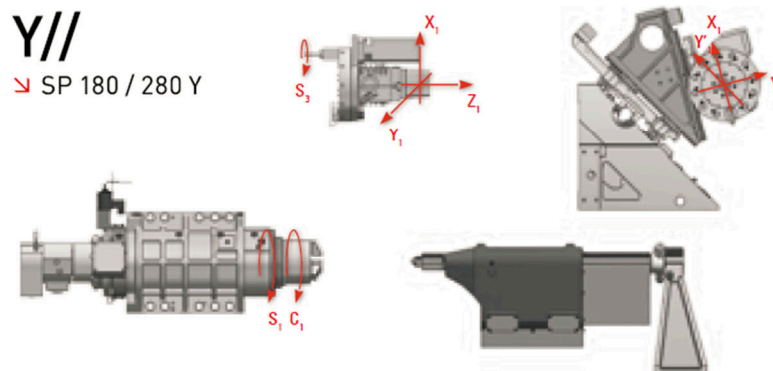
Vzhledem k charakteru a rozměru součásti jsem zvolil CNC soustruh firmy KOVOSVIT MAS, který je tradiční a největší český výrobce moderních CNC soustruhů a obráběcích center.

Z nabídky firmy se mi jevil jako ideální CNC soustruh s označením SP 180 Y (Obr. 4.1), který je nabízen jako jeden z pěti technologických variant základní verze SP 180. Tyto stroje především vynikají vysokou tuhostí a výkonem vřetene. Jsou vhodné pro malosériovou, či velkosériovou výrobu. Vřetenová jednotka zajišťuje vysoký obráběcí výkon. Svou konstrukcí umožňuje soustružit součásti o maximálním  $\varnothing 180$  mm a maximální délce 385 mm. Tato účelná řada soustružnických strojů se šikmým ložem je speciálně určena pro obrábění přírbových a hřídelovitých dílců na hotovo. Tento stroj může být volitelně osazen řídicím systémem Sinumerik 840D, GE Fanuc 0i, nebo GE Fanuc 30i, čímž se dosahuje vysokého komfortu při programování [7].



Obr. 4.1 CNC soustruh SP 180 Y [7]

Z různých technologických variant jsem zvolil provedení Y (Obr. 4.2), které disponuje elektrovřetenem A5 a rotační osou vřetene  $C_1$  pro poháněné nástroje. Veškeré nástroje se upínají do nástrojové (revolverové) hlavy, která umožňuje upnutí poháněných nástrojů. Pohyb nástrojové hlavy se realizuje ve třech osách  $X_1, Y_1$  a  $Z_1$ , z nichž osa  $Y_1$  je virtuální osa. Pohyb je složen interpolací reálných os  $X_1$  a  $Y'$  svírající úhel  $30^\circ$  [7].



Obr. 4.2 Technologická varianta stroje SP 180 Y [7]

Samotný stroj se skládá z robustního základu a lože, což dává stroji vysokou tuhost. Dále se stroj skládá z vřetene umožňující maximální obráběcí výkon. Vestavěné synchronní vřetenové motory mají schopnost poskytnout vysokou dynamiku funkcí vřetene a výkon rotační osy C. Nástrojová hlava obsahuje dvanáct poloh pro nástroje, což je dostačující při výrobě i složitějších dílců. Valivé vedení dává stroji vysokou přesnost polohování a interpolovaného pohybu os. Lineární osy stroje jsou odměřovány absolutně, což usnadňuje obsluhu stroje [7].

Tabulka 4.1 Parametry stroje SP 180 Y [7]

<b>Pracovní rozsah</b>	
Oběžný průměr nad ložem (mm)	530
Max. průměr soustružení (mm)	180
Max. délka soustružení (mm)	385
<b>Vřeteno</b>	
Elektrovřeteno – A5 ( $\text{min}^{-1}$ )	6000
<b>Nástrojová hlava</b>	
Počet poloh	12
<b>Koník</b>	
Kužel dutiny – MORSE	Mo 5
<b>Rozměry stroje</b>	
Délka x šířka x výška (mm)	3875 x 2122 x 2345
Hmotnost (kg)	7500

## 4.2 Programování CNC strojů

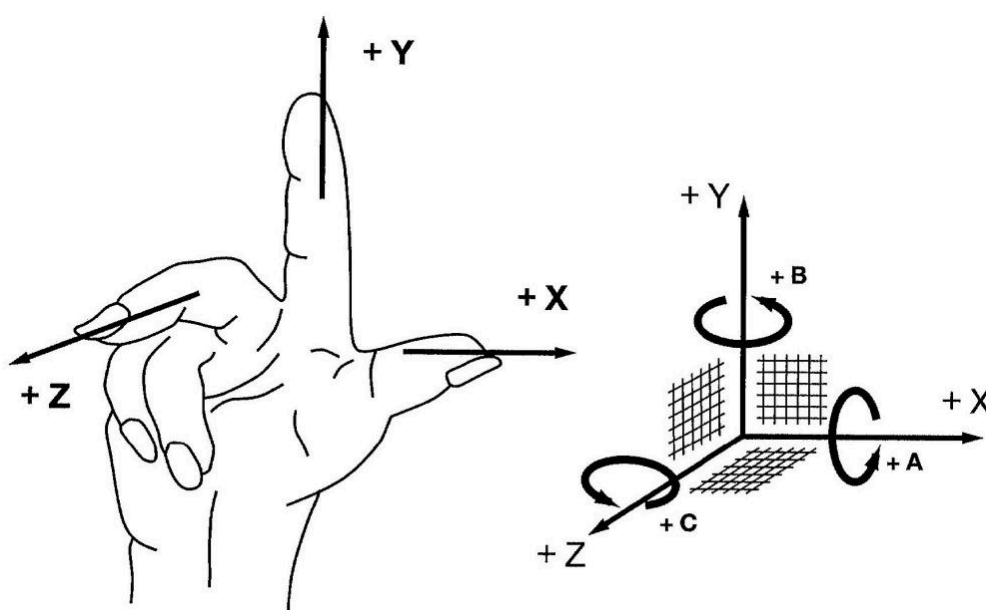
Charakteristickou vlastností počítačem číslicově řízených strojů je způsob ovládání pracovních funkcí. Ovládání je prováděno řídicím systémem pomocí programu, který vytvoří technolog nebo programátor. Informace o činnostech jsou v programu zaznamenány pomocí alfanumerických znaků. Program je schopen řídit silové prvky stroje a zaručuje požadovanou výrobu součásti [8].

Zavedením NC řízení se zvyšuje celkové využití obráběcích strojů. Je možné časté střídání rozměrově i tvarově různých obrobků. Vytvořený program je možné snadno uložit a přenášet. Můžeme ho využít například při opakované výrobě [9].

### 4.2.1 Souřadnicový systém

Výrobní stroje využívají kartézský systém souřadnic. Souřadnicový systém určuje počátek a orientaci souřadných os v prostoru. Vhodným způsobem nám umožňuje zvolit nulový bod obrobku a současně počátek souřadnic v řídicím NC programu. Kartézský souřadnicový systém je nutný pro řízení stroje. Nástroje se v něm pohybují podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo podle příkazů ve spuštěném CNC programu. Souřadnicový systém lze podle potřeby posouvat a otáčet [8].

Orientace jednotlivých os souřadného systému se určuje podle pravidla pravé ruky (Obr. 4.3). Platí dohoda, že osa Z je shodná s osou pracovního vřetene. Konečky prstů vždy ukazují kladný směr os [8].



Obr. 4.3 Určování kartézských souřadnic [8]

#### 4.2.2 Vztažné a nulové body na CNC soustruhu

Po zapnutí CNC stroje se aktivuje souřadnicový systém ve stroji. Každý stroj má svůj vlastní počátek, jenž je striktně stanoven. Nulové body mají specifické značení a názvy [8].

**M - Nulový bod stroje** je počátečním bodem souřadného systému a je stanoven výrobcem obráběcího stroje. U soustruhů je nulový bod stroje umístěn v ose rotace obrobku na čele vřetene.

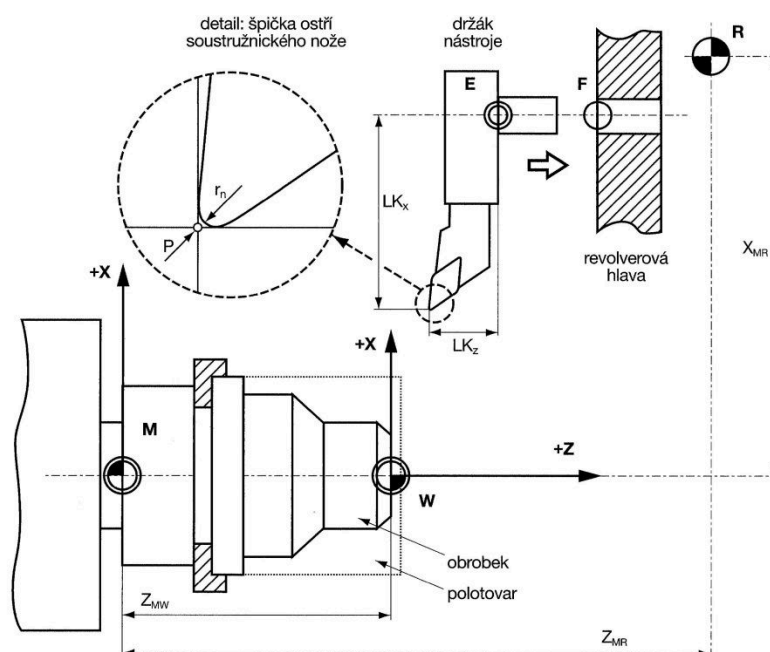
**W - Nulový bod obrobku** nastavuje technolog nebo programátor v závislosti na použitém řídicím systému. Může být umístěn na libovolném místě obrobku a dá se kdykoliv během NC programu měnit.

**R - Referenční bod stroje** synchronizuje odměřovací systém stroje. Je stanoven výrobcem a určen koncovým spínačem. Vzdálenost referenčního bodu a nulového bodu jsou výrobcem přesně odměřeny a uloženy v řídicím systému stroje, proto je nutno při každém zapnutí stroje najet do referenčního bodu.

**P - Nulový bod špičky nástroje** se nachází na teoretické špičce nástroje. Používá se pro stanovení délkové a rádiusové korekce nástroje. Pohyb tohoto bodu se teoreticky programuje.

**F - Vztažný bod supportu nebo vřetene** je stanoven výrobcem stroje a slouží jako bod výměny nástroje na revolverové hlavě u soustruhu. K tomuto bodu se vztahuje délková korekce nástroje.

**E - Bod nastavení nástroje** určuje bod držáku nástroje, který se při upnutí nástroje shoduje s bodem F [8].



Obr. 4.4 Souřadnicový systém soustruhu a nulové body [8]

### 4.2.3 Rozdělení a metody programování

Podle stupně automatizace zpracování vstupních informací můžeme programování CNC strojů rozdělit do několika skupin [9]:

- ruční programování,
- přímé programování CNC systémů,
- automatické programování (strojní),
- CAD/CAM systémy [9].

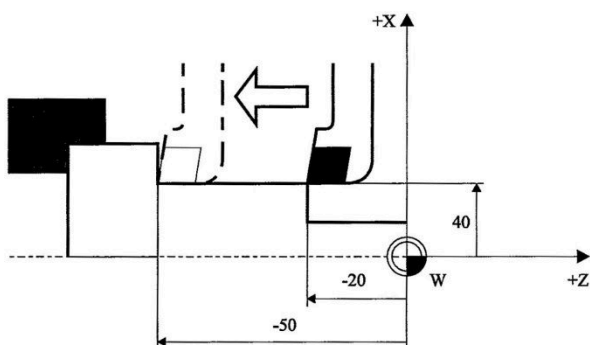
Jako základ pro zpracování NC programu slouží technologům a programátorům v první řadě výkresová a technologická dokumentace. Mimo kótování od základny se na výkresech objevují také řetězcové kóty. Abychom nemuseli transformovat jednotlivé kótovací systémy mezi sebou, můžeme při programování využívat absolutní či přírůstkové programování nebo použít jejich kombinaci [10].

#### Absolutní programování

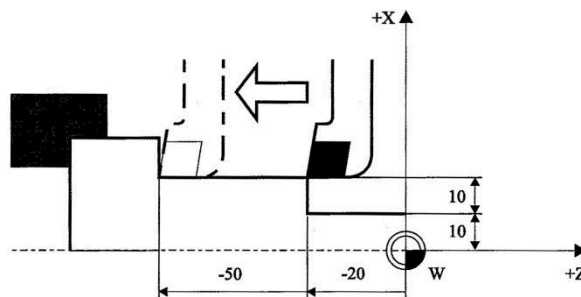
Při absolutním programování se údaje pro osy X a Y stále vztahují k nulovému bodu obrobku, který zvolil programátor. Zapisují se souřadnice cílového bodu, kam nástroj dojde. Schéma absolutního programování je zobrazeno na obr. 4.5 [9, 11].

#### Přírůstkové programování (inkrementální)

Přírůstková hodnota je dána vzdáleností od předchozí pozice nástroje. Zapisuje se o kolik se nástroj posune od startovacího do cílového bodu. Schématické zobrazení přírůstkového programování je na obr. 4.6 [9, 11].



Obr. 4.5 Absolutní programování [11]



Obr. 4.6 Přírůstkové programování [11]



#### 4.2.4 Struktura programu

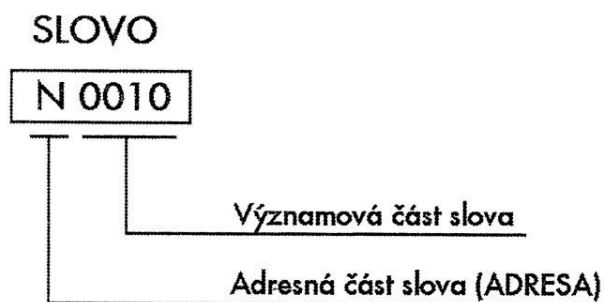
Řídicí program je uspořádaný zápis jednotlivých geometrických, technologických příkazů a různých dalších dat. Je vypsán v takové formě a posloupnosti, jak je vyžaduje řídicí systém CNC stroje. Struktura programu je popsána normou ISO 1058 [9, 11].

U většiny řídicích systémů platí, že na začátku programu před prvním řádkem je uveden znak %, což je vlastně znak začátku programu. Za znakem je uvedeno číslo programu. Před znakem se uvádí všechny informace, které stroj nemá zpracovávat. Jedná se zejména o poznámky, jako je název součásti a údaje o polotovaru. Za tímto znakem považuje řídicí systém všechny další údaje za součást programu, kromě poznámek uvedených v závorce [11].

Každý program pro CNC stroje se skládá z bloků neboli vět. Každý blok se dále skládá z jednotlivých příkazů – slov (obr. 4.7). Každé slovo se skládá z adresné části, která se označuje písmenem a vyjadřuje druh akce, kterou stroj provádí (otáčky, posuv, nástroj apod.) a významové části, která udává číselnou velikost povelu (počet otáček, velikost posuvu, apod.) (obr. 4.8). Některá slova můžou být rozměrová, ty určují délku souřadnic a bezrozměrová, vyjadřující programové funkce [9, 11].

SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO
N0010	T0101	G96	S150	M04

Obr. 4.7 Ukázka bloku (věty) programu [9]



Obr. 4.8 Popis slova v bloku programu [9]

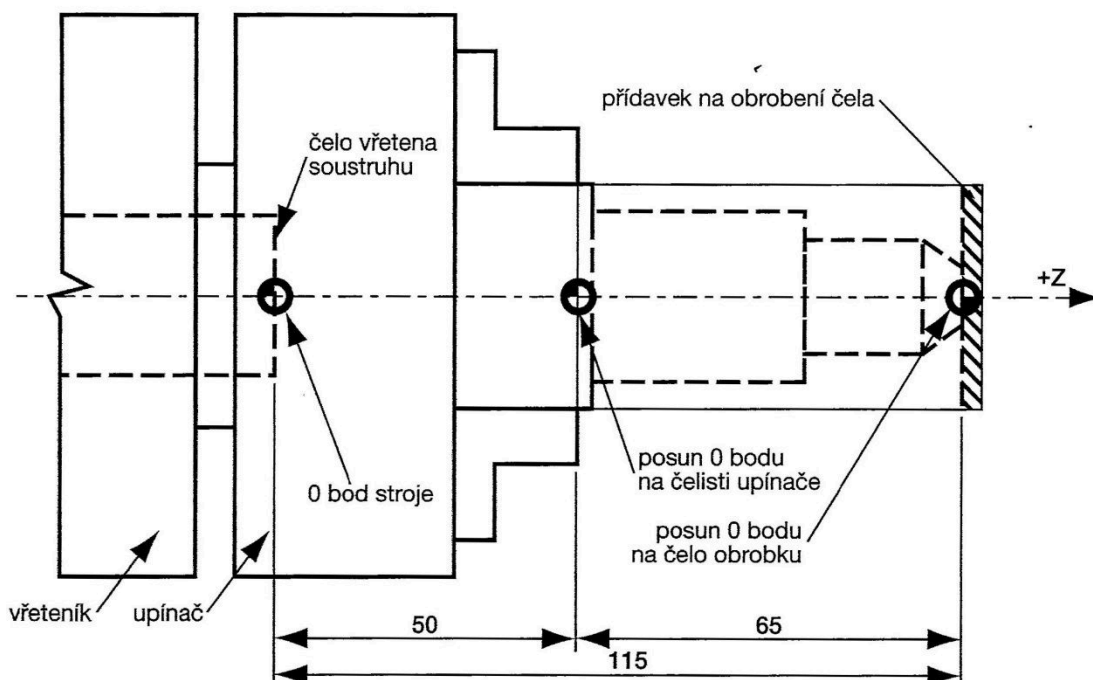
Doporučené pořadí adres jednotlivých slov ve větě je N G X Y Z F S T M, nemusí být dodržováno. Moderní řídicí systémy CNC strojů nemají přesné stanovení pořadí slov v bloku. Řídicí systém zpracovává příkazy podle logických souvislostí. Pro lepší přehlednost se pořadí slov doporučuje dodržovat [11].

#### 4.2.5 Určení počátku souřadného systému (nulového bodu) u soustružení

Před začátkem výroby daného obrobku je nutno stanovit nulový bod součásti. Nulový bod součásti  $W$  je důležitý pro tvorbu programu a pro bezproblémové najetí nástroje při začátku obrábění. Počátek souřadného systému volí programátor tak, aby při seřizování stroje byl tento bod přístupný a musí umožnit seřizovači jednoduché seřízení stroje – nulování. Při soustružení je vhodné nulový bod umístit do osy obrobku na čelo součásti. Před začátkem obrábění je nutné posunout souřadnicový systém z nulového bodu stroje do nulového bodu obrobku  $W$  [8, 10].

Stanovení nulového bodu obrobku na stroji se může provádět několika způsoby. Při soustružení se nejčastěji realizuje dotykem nástroje na obrobek. Princip spočívá v náškrábnutí čela obrobku nástrojem. Následuje potvrzení souřadnic na stroji a tím je určena poloha nulového bodu obrobku v ose  $Z$ . Osa  $X$  se neseřizuje, poloha špičky nástroje je dána korekcemi nástroje [8].

Při soustružení se také často využívá posun nulového bodu (obr. 4.9) stroje do nulového bodu obrobku pomocí funkcí. Funkce pro posunutí nulového bodu se liší v závislosti na výrobcí řídicího systému. Výhodou je, že lze posunutí nulového bodu zapsat v kterémkoliv místě programu, tzn. že se změna může provést za běhu CNC stroje [8].



Obr. 4.9 Možné způsoby posunu nulového bodu [8]

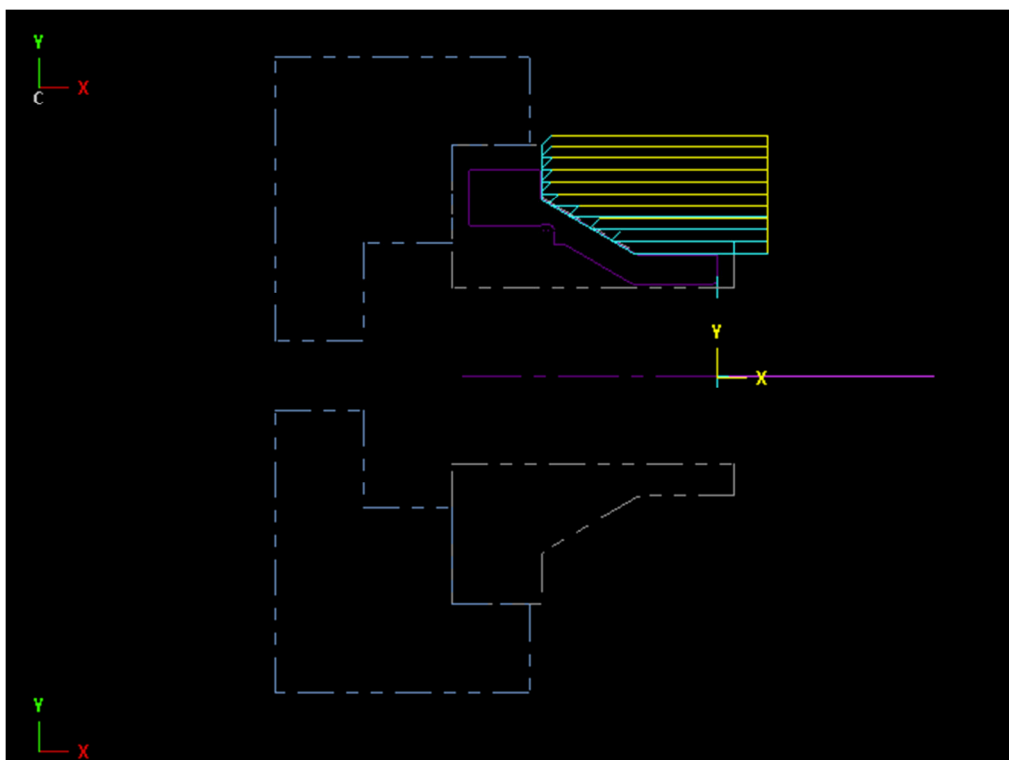
### 4.3 Realizace programu v CAM systému Mastercam

Mastercam je CAD/CAM softwarový nástroj pro programování různých typů NC strojů. Programovat lze jak jednoduché, tak i velmi složité součásti. Tento modulový systém umožňuje nakonfigurovat různé moduly od soustružení, frézování až po drátové řezání nebo kreativní tvorbu uměleckých předmětů. Modul Mastercam Soustružení, který jsem využil při tvorbě programu pro danou součást nabízí možnosti programování jak pro dvouosé soustruhy, tak pro soustruhy s poháněnými nástroji, s více vřeteny a více nástrojovými hlavami [12].

Samozřejmostí tohoto systému je možnost plnohodnotného kreslení a modelování od jednoduchých až po složité součásti a následné jejich úpravy. Další výhodou je možnost načtení modelů vytvořených v jiných systémech.

Při tvorbě technologie příruby budu využívat program Mastercam X6. Než se začnou vytvářet jednotlivé operace, samotný dílec je nutno nejprve překreslit, nebo přenést do tohoto prostředí. V mém případě jsem model vytvořený v programu Autodesk Inventor Professional importoval do pracovního prostředí Mastercam.

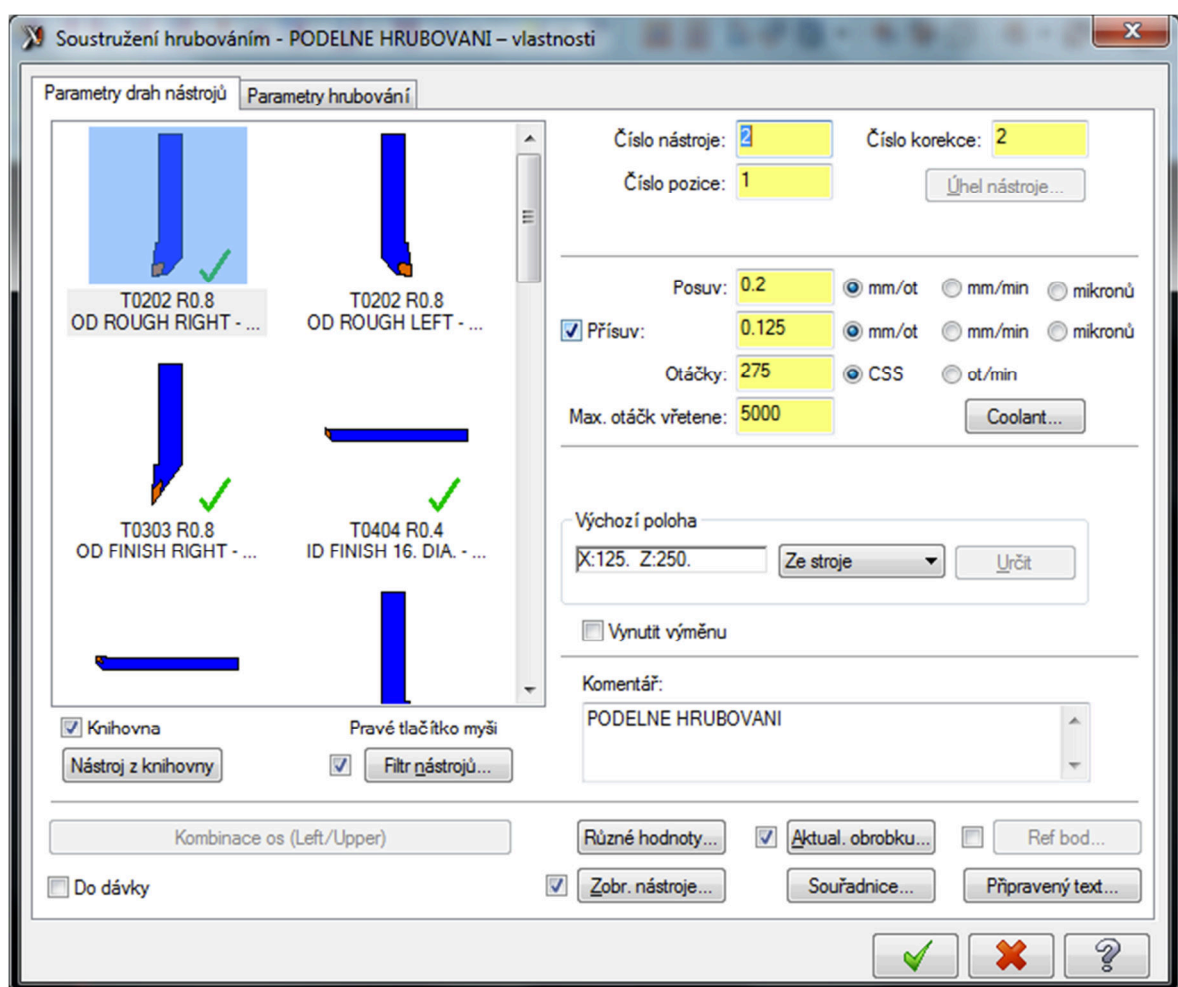
Po zvolení typu obráběcího stroje a nastavení parametrů polotovaru následuje definování jednotlivých drah nástroje (obr. 4.10). Dráhy hrubovacích operací definuji s přídavkem 0,2 mm na dokončování. Takto vytvořenou dráhu lze kdykoliv během tvorby technologie editovat nebo zrušit a vytvořit jinou.



Obr. 4.10 Dráhy nástroje při podélném hrubování

Po vytvoření dráhy nástroje se otevře dialogové okno s volbou nástroje a řezných podmínek (obr. 4.11). V následující kartě se nachází parametry dané operace. Nástroje lze vybírat z knihovny nástrojů, která představuje celou řadu již předdefinovaných nástrojů. Při použití filtru nástrojů je možno rychleji vyhledat požadovaný nástroj podle druhu operací nebo podle materiálu řezného nástroje. Pokud se v knihovně nástrojů požadovaný nástroj nenachází, dá se jednoduše nadefinovat podle potřebných požadavků.

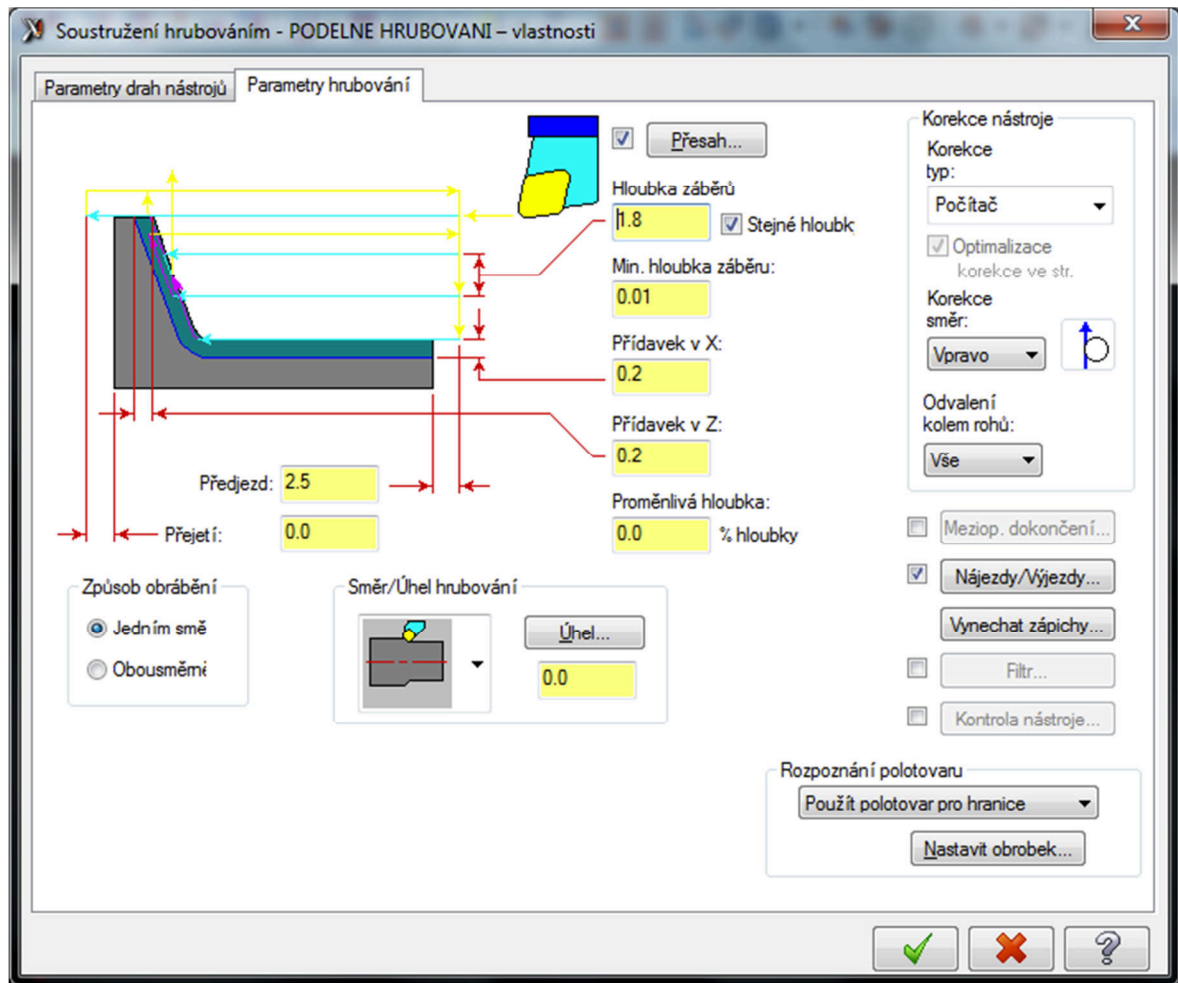
Řezné podmínky zjištěné z katalogu výrobce řezných nástrojů se doplňují do příslušných buněk v dialogovém okně. Výhodou programu je, že lze zadávat přímo řeznou rychlost. Otáčky vřetene program spočítá automaticky podle obráběného průměru.



Obr. 4.11 Volba nástroje a řezných podmínek

Parametry obrábění dané operace (obr. 4.12) se vyplňují do buněk v dialogovém okně podobně jako řezné podmínky. Zakótovaný náčrtek umožňuje lepší představu o tom, co který parametr znamená. Mezi základní parametry patří hloubka záběru a u hrubovacích operací přídávky na dokončování. Důležitým prvkem nastavení je i pohyb nástroje mimo obrobek. Jedná se především o nájezdy a výjezdy nástroje. Nájezdy a výjezdy umožňují

prodloužit nebo zkrátit dráhu nástroje nebo určit nájezdový vektor, jakým bude nástroj vnikat do obrobku.



Obr. 4.12 Parametry hrubování

#### 4.4 Technologický postup navržené výroby

Součást se ve srovnání se stávajícími technologiemi bude obrábět pouze na navrženém CNC soustruhu SP 180 Y s poháněnou osou C. Dále budou použity nově navržené nástroje, které jsou schopny oproti stávající technologii obrábět mnohem většími řeznými rychlostmi. Nový technologický postup se bude skládat z následujících operací včetně navržených nástrojů, které jsou dále podrobně popsány v kapitole č. 5.1.

**Operace č. 1.1** – Vrtání díry  $\varnothing 25$  v ose obrobku. V této operaci byl použit vrták s VBD CoroDrill 880.

**Operace č. 1.2** – Hrubování základního tvaru. Pro tuto operaci byl použit soustružnický nůž T-Max P s břitovou destičkou CNMG-PM.

**Operace č. 1.3** – Dokončování vnější kontury. Pro tuto operaci byl použit soustružnický nůž T-Max P s břitovou destičkou DNMG-PF.

**Operace č. 1.4** – Dokončování díry Ø26N7. Pro tuto operaci byla zvolena vyvrtávací tyč CoroTurn 107 s břitovou destičkou VBMT-PF.

**Operace č. 1.5** – Otočení obrobku.

**Operace č. 1.6** – Hrubování vnitřních ploch. Pro tuto operaci byla zvolena vyvrtávací tyč Coro Turn 107 s břitovou destičkou CCMT-PR.

**Operace č. 1.7** – Hrubování vnějších ploch. Jako nástroj byl použit soustružnický nůž T-Max P s břitovou destičkou CNMG-PM.

**Operace č. 1.8** – Vnitřní dokončování zápichu a Ø42N7. Pro tuto operaci byla zvolena vyvrtávací tyč CoroTurn 107 s břitovou destičkou VBMT-PF.

**Operace č. 1.9** – Dokončování Ø58. Pro tuto operaci byl použit soustružnický nůž T-Max P s břitovou destičkou DNMG-PF.

**Operace č. 1.10** – Vrtání děr 4xØ4,25. Pro tuto operaci byl použit vrták CoroDrill 860.

**Operace č. 1.11** – Závitování. Pro výrobu závitů M5 byl použit závitník E049M5.

**Operace č. 1.12** – Frézování kontury. Pro frézování kontury na obvodu příruby jsem zvolil monolitní karbidovou stopkovou frézu CoroMill Plura.

## 5 Výběr optimální varianty řešení včetně návrhu použitých nástrojů

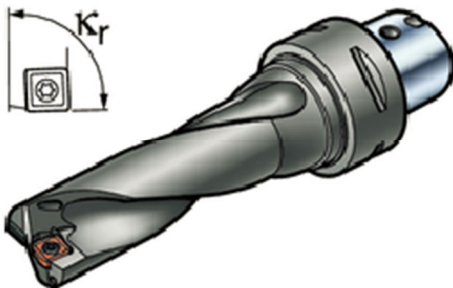
Vzhledem k tomu, že stávající technologie výroby využívala zejména konvenčních strojů, kde byly používány klasické nástroje, je nutno nahradit nástroje stávající výroby za zcela nové. Nové nástroje budou také dokonale spolupracovat s navrženým CNC soustruhem SP 180 Y.

Z široké škály katalogů a nabídek různých firem jsem pro novou technologii výroby volil nástroje z katalogů firmy Sandvik Coromant.

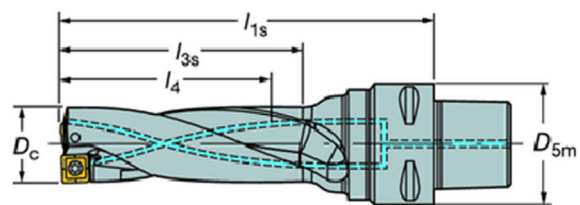
### 5.1 Návrh použitých nástrojů

#### Vrták s VBD

Pro vrtání díry v ose obrobku jsem z katalogu firmy Sandvik Coromant zvolil vrták z produktové řady CoroDrill 880. Jedná se o vysoce produktivní vrták opatřený středovými a obvodovými břitovými destičkami, kterými se dosahuje rovnováhy řezných sil. Speciálně navrhnutý tvar drážek urychluje odvod třísek z díry. Dlouhou životnost břitových destiček zaručují optimalizované nástrojové třídy. Vysoké spektrum použití pro různé materiály.




Obr. 5.1 Vrták CoroDrill 880 [13]

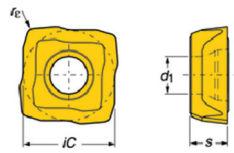


Obr. 5.2 Rozměry vrtáku CoroDrill 880 [13]

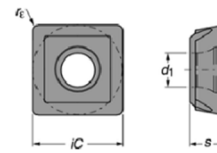
Tabulka 5.1 Parametry vrtáku CoroDrill 880 [13]

Označení		$D_c$ [mm]	$D_{5m}$ [mm]	$l_{1s}$ [mm]	$l_{3s}$ [mm]	$l_4$ [mm]	$\kappa_r$
880-D2500C4-03	05	25	40	119	79	75	$88^\circ$

Jako základní volbu karbidové třídy pro středovou destičku volím třídu GC1044 – P40, která vykazuje skvělou odolnost vůči otěru. Pro obvodovou destičku byla doporučena třída GC4024 – P20, poskytuje vynikající houževnatost a vysokou odolnost proti opotřebení.



Obr. 5.3 Středová VBD [13]



Obr. 5.4 Obvodová VBD [13]

Tabulka 5.2 Parametry břitových destiček [13]

Označení	Poloha VBD		$r_e$ [mm]	iC [mm]	s [mm]
880-05 03 05H-C-LM		05	0,5	8,4	3
880-05 03 W08H-P-LM		05	0,8	8,9	3

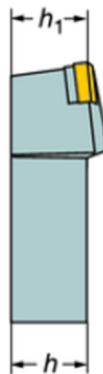
Doporučená řezná rychlost dle katalogu výrobce  $v_c = 190 - 290 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Volím řeznou rychlost  $v_c = 195 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

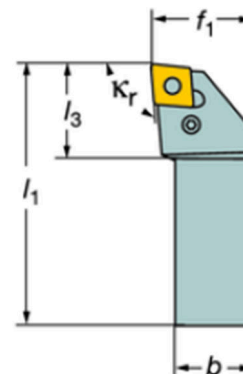
Hodnota posuvu na otáčku pro daný průměr vrtáku a obráběný materiál podle katalogu výrobce  $f_n = 0,06 - 0,18 \text{ mm}$ . Volím  $f_n = 0,06 \text{ mm}$ .

### Vnější soustružení – hrubování

Pro hrubování vnějších ploch součásti jsem zvolil soustružnický nůž z produktové řady T-Max P od firmy Sandvik Coromant. Vyměnitelná břitová destička s negativní geometrií se upíná pomocí páky.



Obr. 5.5 Soustružnický nůž T-Max P [13]

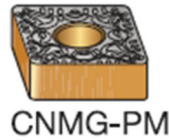


Obr. 5.6 Rozměry soustružnického nože [13]

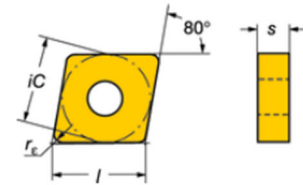
Tabulka 5.3 Parametry soustružnického nože T-Max P [13]

Označení		b, h [mm]	f1 [mm]	h1 [mm]	l1 [mm]	l3 [mm]	$\gamma$	$\lambda_s$
PCLNR 2020K 09	09	20	25	20	125	24,2	$-6^\circ$	$-6^\circ$





CNMG-PM



Obr. 5.7 Břítová destička CNMG-PM [13] Obr. 5.8 Rozměry břítové destičky [13]

Tabulka 5.4 Parametry břítové destičky CNMG-PM [13]

Označení		$r_c$ [mm]	$l$ [mm]	$s$ [mm]	$iC$	$a_p$ [mm]	$f_n$ [mm]
CNMG 09 03 04-PM	09	0,4	9	3,18	9,525	0,4 – 4	0,1 – 0,3

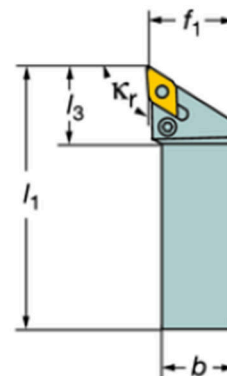
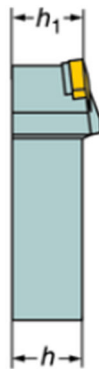
Za nástrojovou třídu pro použitou břítovou destičku jsem zvolil třídu GC 4225 – P25, která má velmi širokou oblast použití. Tato karbidová třída s CVD povlakem je určena pro dokončovací a hrubovací aplikace. Destička poskytuje optimální tvrdost a houževnatost, povlak nanesený na destičce skvěle odolává proti otěru.

Doporučená řezná rychlost podle tabulky výrobce  $v_c = 215 - 455 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Řeznou rychlost volím  $v_c = 275 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Hodnotu posuvu na otáčku volím dle doporučení  $f_n = 0,2 \text{ mm}$ .

### Vnější soustružení – dokončování

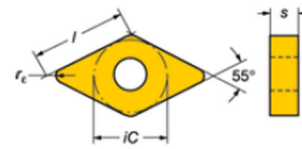
Jako dokončovací nástroj pro obrábění vnějších ploch jsem zvolil soustružnický nůž produktové řady T-Max P s upínáním břítové destičky pomocí páky.



Obr. 5.9 Soustružnický nůž T-Max P [13] Obr. 5.10 Rozměry soustružnického nože [13]

Tabulka 5.5 Parametry soustružnického nože T-Max P [13]

Označení		$b, h$ [mm]	$f_1$ [mm]	$h_1$ [mm]	$l_1$ [mm]	$l_3$ [mm]	$\gamma$	$\lambda_s$
PDJNR 2020K 11	11	20	25	20	125	29,7	$-6^\circ$	$-7^\circ$



Obr. 5.11 Břítová destička DNMG-PF [13] Obr. 5.12 Rozměry břítové destičky [13]

Tabulka 5.6 Parametry břítové destičky DNMG-PF [13]

Označení		$r_c$ [mm]	$l$ [mm]	$s$ [mm]	$iC$	$a_p$ [mm]	$f_n$ [mm]
DNMG 11 04 04-PF	11	0,4	11	4,76	9,525	0,25 – 1,5	0,07 – 0,3

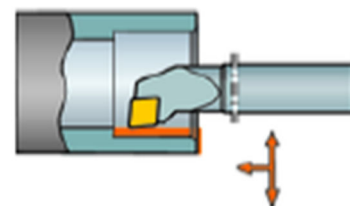
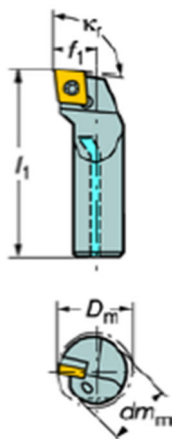
Jako první volbu nástrojové třídy volím třídu GC 4215 – P15. Jedná se o karbidovou třídu s CVD povlakem. Substrát destičky poskytuje optimální tvrdost a houževnatost, povlak chrání destičku proti otěru.

Doporučené řezné rychlosti  $v_c = 265 - 510 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Volím řeznou rychlost  $v_c = 390 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Hodnotu posuvu na otáčku volím dle doporučení  $f_n = 0,1 \text{ mm}$ .

### Vyvrťovací tyč – hrubování

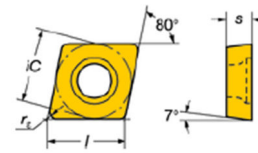
Pro hrubování vnitřních ploch jsem zvolil z katalogu vyvrťovací tyč s válcovou stopkou s produktovým označením CoroTurn 107.



Obr. 5.13 Vyvrťovací tyč CoroTurn 107 [13] Obr. 5.14 Hlavní oblast použití [13]

Tabulka 5.7 Parametry vyvrťovací tyče CoroTurn 107 [13]

Označení		$dm_m$ [mm]	$D_m$ [mm]	$f_1$ [mm]	$l_1$ [mm]	$\gamma$	$\lambda$	$\kappa_r$
A12M-SCLCR 06-R	06	12	16	9	150	$0^\circ$	$-7^\circ$	$95^\circ$



Obr. 5.15 Břítová destička CCMT-PR [13] Obr. 5.16 Rozměry břítové destičky [13]

Tabulka 5.8 Parametry břítové destičky CCMT-PR [13]

Označení		$r_c$ [mm]	$l$ [mm]	$s$ [mm]	$iC$	$a_p$ [mm]	$f_n$ [ $mm^{-1}$ ]
CCMT 06 02 08-PR	06	0,8	6	2,38	6,35	0,8 – 3,2	0,09 – 0,26

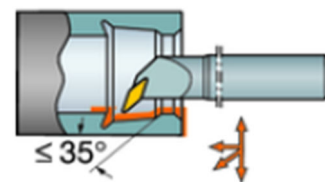
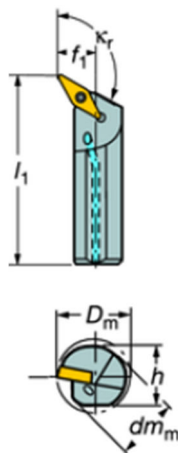
Jako optimální výběr nástrojové třídy jsem zvolil třídu GC 4225 – P25. Jedná se o stejnou nástrojovou třídu, kterou jsem zvolil pro hrubovací operace vnějších ploch.

Z tabulky řezných rychlostí pro obráběný materiál a nástrojovou třídu břítové destičky byly doporučeny tyto hodnoty řezné rychlosti  $v_c = 215 - 455 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . V závislosti na posuv volím řeznou rychlost  $v_c = 260 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Hodnotu posuvu na otáčku volím dle doporučení  $f_n = 0,12 \text{ mm}$ .

### Vyvrťovací tyč – dokončování

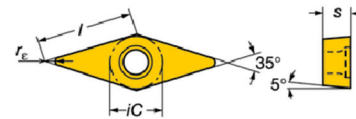
Obdobně jako při výběru vyvrťovací tyče pro hrubování jsem pro dokončovací operace zvolil z katalogu nástroj CoroTurn 107 s upínáním břítové destičky pomocí šroubu. Upínání pomocí šroubu zajišťuje stabilitu a bezproblémový odvod třísek.



Obr. 5.17 Vyvrťovací tyč CoroTurn 107 [13] Obr. 5.18 Hlavní oblast použití [13]

Tabulka 5.9 Parametry vyvrťovací tyče CoroTurn 107 [13]

Označení		$dm_m$ [mm]	$D_m$ [mm]	$f_1$ [mm]	$l_1$ [mm]	$\gamma$	$\lambda$	$\kappa_r$
A16R-SVQBR 11-E	11	16	22	13	200	$0^\circ$	$-7^\circ$	$117,5^\circ$



Obr. 5.19 Břitová destička VBMT-PF [13] Obr. 5.20 Rozměry břitové destičky [13]

Tabulka 5.10 Parametry břitové destičky VBMT-PF [13]

Označení		$r_c$ [mm]	$l$ [mm]	$s$ [mm]	$iC$	$a_p$ [mm]	$f_n$ [ $mm^{-1}$ ]
VBMT 11 03 04-PF	11	0,4	11	3,18	6,35	0,1-0,7	0,05-0,19

Zvolil jsem nástrojovou třídu GC 1525 – P15. Jedná se o břitovou destičku Cermetu s PVD povlakem. Má vysokou odolnost proti opotřeбенí a dobrou houževnatost břitu. Destička se nejčastěji používá pro dokončování a polodokončování. Výsledný povrch má dobrou kvalitu při středních až vysokých řezných rychlostech.

Z tabulky řezných rychlostí pro obráběný materiál a nástrojovou třídu břitové destičky byly doporučeny tyto hodnoty řezné rychlosti  $v_c = 335 - 495 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . V závislosti na posuvu volím řeznou rychlost  $v_c = 370 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Hodnotu posuvu na otáčku volím dle doporučení  $f_n = 0,08 \text{ mm}$ .

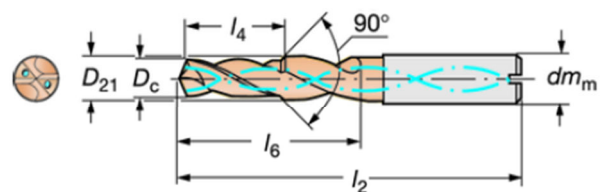
## Vrták

Pro předvrtání děr pro závity jsem zvolil monolitní karbidový vrták (Obr. 5.21), který při jedné operaci vytvoří zkosení, což napomáhá následnému vniknutí závitníku do díry. Vrták jsem volil z produktové řady CoroDrill 860 od firmy Sandvik Coromant. Nástroj snese mnohem větší rozsah řezných rychlostí, oproti klasickým vrtákům a dosahuje se také mnohem větší životnosti nástroje.

Těchto vrtáků se využívá nejčastěji při obrábění nelegovaných ocelí, nízkolegovaných ocelí a vysokolegovaných ocelí. Další oblast použití například u neželezných materiálů jako slitiny hliníku, hořčíku nebo mědi.



Obr. 5.21 Vrták CoroDrill 860 [13]



Obr. 5.22 Rozměry vrtáku CoroDrill 860 [13]

Tabulka 5.11 Parametry vrtáku CoroDrill 860 [13]

Označení	Závit	$D_c$ [mm]	$d_{m_m}$ [mm]	$l_2$ [mm]	$l_4$ [mm]	$l_6$ [mm]
860.2-0425-013A1-PM	M5	4,25	6,00	74	13	21

Vrták spadá do karbidové třídy s označením GC4234 – P20. Jemnozrný karbidový substrát se vyznačuje skvělou kombinací tvrdosti a houževnatosti. Nanesený povlak tloušťky 3 – 5 mikrometrů metodou PVD a nanovrstami TiAlN zaručuje vynikající spolehlivost břítu.

Z tabulky doporučených řezných podmínek pro tento nástroj pro danou obráběnou ocel se má řezná rychlost volit v závislosti na průměru vrtáku  $v_c = 140 - 250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Volím řeznou rychlost  $v_c = 140 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

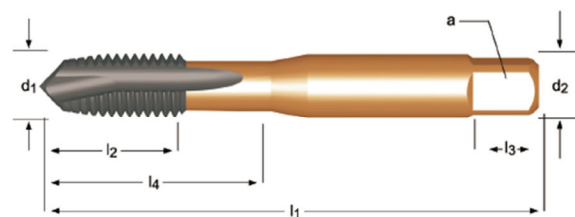
Doporučená hodnota posuvu na otáčku pro daný průměr vrtáku a obráběný materiál podle katalogu výrobce  $f_n = 0,10 - 0,24 \text{ mm}$ . Volím  $f_n = 0,10 \text{ mm}$ .

## Závitník

Pro výrobu závitů M5 jsem zvolil strojní závitník s označením E049M5 (Obr. 5.23) z produktové řady CoroTap od firmy Sandvik Coromant. Závitník pro výrobu metrického profilu je vyroben z práškové rychlořezné oceli, povlak zaručuje optimální kombinaci vysoké tvrdosti a odolnosti proti otěru. Primárně je závitník určen ke zhotovování průchozích děr. Geometrie drážky závitníku je přímá s lamačem třísky.



Obr. 5.23 Závitník E049M5 [13]



Obr. 5.24 Rozměry závitníku E049M5 [13]

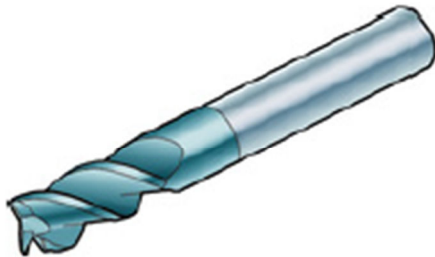
Tabulka 5.12 Parametry závitníku E049M5 [13]

Označení	P [mm]	$l_1$ [mm]	$l_2$ [mm]	$\varnothing d_2$ [mm]	$\square a$ [mm]	$l_3$ [mm]	z	$l_4$ [mm]
E049M5	0,80	58	11	5,00	4,00	7	3	22

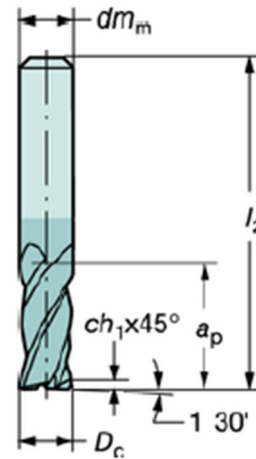
Z doporučení katalogu firmy Sandvik Coromant pro danou obráběnou ocel, hloubku a velikost závitníku volím řeznou rychlost  $v_c = 27 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Posuvovou rychlost volím také dle tabulky doporučení  $v_f = 1394,4 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

### Monolitní stopková fréza

Pro frézování kontury na obvodu příruby jsem zvolil monolitní karbidovou stopkovou frézu z produktové řady CoroMill Plura od firmy Sandvik Coromant. Fréza se středovými břitzy je vhodná pro hrubování a polodokončování.



Obr. 5.25 Fréza CoroMill Plura [13]



Obr. 5.26 Rozměry CoroMill Plura [13]

Tabulka 5.13 Parametry frézy CoroMill Plura [13]

Označení	$D_c$ [mm]	$z_n$	$dm_m$ [mm]	$l_2$ [mm]	$ch$ [mm]	$a_p$ [mm]
R216.34-14030-AS18N	14	4	14	75	0,15	18

### Řezné podmínky

Řezné rychlosti pro nástroj CoroMill Plura volím dle doporučení z katalogu. Dle obráběného materiálu mi byla doporučena řezná rychlost  $v_c = 135 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Posuv na zub byl doporučen  $f_z = 0,036 \text{ mm}$ .

## 6 Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení

Při zjišťování technicko-ekonomického zhodnocení výroby vycházím v případě stávající výroby ze skutečných výrobních časů poskytnutých firmou S-KUNSTSTOFFTECHNIK s.r.o. Výrobní časy navržené technologie, s použitím CNC obráběcího stroje, vychází ze simulace v programu Mastercam.

Současná a navrhovaná technologie výroby je porovnávána pomocí časové a finanční úspory, která vznikne uplatněním navržené nové technologie výroby místo nynější technologie.

### 6.1 Stanovení úspory času při výrobě jednoho kusu

#### Současná technologie výroby

Časy jednotlivých operací jsou uvedeny dle technologického postupu stávající výroby.

Čas soustružení základního tvaru příruby (operace 1.1 – 1.3)	$t_{01} = 22 \text{ min}$
Čas broušení čela příruby (operace 2.1)	$t_{02} = 6 \text{ min}$
Čas frézování (operace 3.1)	$t_{03} = 19 \text{ min}$
Čas soustružení zápichu a sražení hran (operace 4.1 – 4.2)	$t_{04} = 3,5 \text{ min}$
Čas řezání závitů (operace 5.1)	$t_{05} = 4,5 \text{ min}$

$$t_{0C} = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} \quad (6.1)$$

$$t_{0C} = 22 + 6 + 19 + 3,5 + 4,5 = 55 \text{ min}$$

Celkový čas cyklu při obrobení jednoho kusu současnou technologií je přibližně 55 min.

#### Navržená technologie výroby

U nově navržené technologie výroby na CNC soustruhu je čas obrobení jednoho kusu určen dle simulace v programu Mastercam. Dále se započítává čas potřebný na otočení obrobku a čas automatické výměny nástrojů, které nejsou zahrnuty v simulaci programu.

Čas simulace v programu Mastercam	$t_S = 4,33 \text{ min}$
Čas potřebný k otočení obrobku	$t_O = 1 \text{ min}$
Čas automatické výměny nástrojů	$t_V = 2 \text{ min}$

$$t_{CNC} = t_S + t_O + t_V \quad (6.2)$$

$$t_{CNC} = 4,33 + 1 + 2$$

$$t_{CNC} = 7,33 \text{ min}$$

Čas obrobění jednoho kusu příruby nově navrženou technologií na CNC soustruhu činí 7,33 min.

### Celková úspora času při výrobě jednoho kusu

Úsporu času obrábění vypočítáme jako rozdíl mezi hodnotou času současné technologie výroby a celkového času navržené nové technologie výroby.

$$UC_{JK} = t_{OC} - t_{CNC} \quad (6.3)$$

$$UC_{JK} = 55 - 7,33$$

$$UC_{JK} = 48,07 \text{ min}$$

Celková časová úspora při obrábění jednoho kusu využitím nové technologie výroby bude 48,07 min.

## 6.2 Stanovení úspory času při výrobě jedné série

Při stanovování úspory času pro jednu sérii byla stanovena jedna série na 100 ks.

### Současná technologie výroby

Čas přípravy soustruhu  $t_{PS} = 20 \text{ min}$

Čas soustružení základního tvaru příruby  $t_{O1} = 22 \text{ min}$

Čas přípravy brusky  $t_{PB} = 10 \text{ min}$

Čas broušení čela příruby  $t_{O2} = 6 \text{ min}$

Čas přípravy frézky  $t_{PF} = 25 \text{ min}$

Čas frézování  $t_{O3} = 19 \text{ min}$

Čas soustružení zápichu a sražení hran  $t_{O4} = 3,5 \text{ min}$

Čas řezání závitů  $t_{O5} = 4,5 \text{ min}$



$$t_{DS} = \frac{t_{PS} + (t_{O1} \cdot 100) + t_{PB} + (t_{O2} \cdot 100) + t_{PF} + (t_{O3} \cdot 100) + (t_{O4} \cdot 100) + (t_{O5} \cdot 100)}{100} \quad (6.4)$$

$$t_{DS} = \frac{20 + (22 \cdot 100) + 10 + (6 \cdot 100) + 25 + (19 \cdot 100) + (3,5 \cdot 100) + (4,5 \cdot 100)}{100}$$

$$t_{DS} = 55,55 \text{ Nh}$$

### Navržená technologie výroby

Čas přípravy řídicího programu pro CNC soustruh  $t_{PP} = 180 \text{ min}$

Čas přípravy soustruhu  $t_{PS} = 100 \text{ min}$

Čas upnutí a vytažení obrobku  $t_{UV} = 3 \text{ min}$

Celkový čas obrábění na CNC soustruhu  $t_{CNC} = 7,33 \text{ min}$

$$t_{DN} = \frac{t_{PP} + t_{PS} + (t_{UV} \cdot 100) + (t_{CNC} \cdot 100)}{100} \quad (6.5)$$

$$t_{DN} = \frac{180 + 100 + (3 \cdot 100) + (7,33 \cdot 100)}{100}$$

$$t_{DN} = 13,13 \text{ Nh}$$

### Celková úspora času při výrobě jedné série

$$UC_{JS} = t_{DS} - t_{DN} \quad (6.6)$$

$$UC_{JS} = 55,55 - 13,13$$

$$UC_{JS} = 42,42 \text{ Nh}$$

## 6.3 Porovnání stávající a navržené technologie

Porovnání obou technologií spočívá z úspory času jedné série ku času výroby jedné série současnou technologií.

$$PT = \frac{UC_{JS}}{t_{DS}} \cdot 100 \quad (6.7)$$

$$PT = \frac{42,42}{55,55} \cdot 100$$

$$PT = 76,36\%$$

Nově navržená technologie výroby je úspornější o 76,36%. Čas potřebný k programování CNC soustruhu se v případě výroby dalších sérií už nezapočítává. Z toho vyplývá, že úspora času bude ještě patrně nižší.

## 6.1 Porovnání nákladů na výrobu při jedné sérii

### Současná technologie výroby

Hodinové sazby pro jednotlivé pracoviště zahrnují náklady na výrobu, mzdy pracovníkům a pravidelné odpisy strojů a nástrojů. Hodinové sazby pro jednotlivé stroje byly poskytnuty firmou.

Hodinová sazba pro soustruh SV 18 RA	$H_{SS} = 300 \text{ Kč}$
Hodinová sazba pro CNC obráběcí centrum MCV 750	$H_{SF} = 600 \text{ Kč}$
Hodinová sazba brusky BPH 20NA	$H_{SB} = 300 \text{ Kč}$
Hodinová sazba pro ruční práce	$H_{SR} = 200 \text{ Kč}$

$$N_S = \frac{[t_{PS} + (t_{O1} \cdot 100)] \cdot H_{SS} + [t_{PB} + (t_{O2} \cdot 100)] \cdot H_{SB} + [t_{PF} + (t_{O3} \cdot 100)] \cdot H_{SF} + (t_{O4} \cdot 100) \cdot H_{SS} + (t_{O5} \cdot 100) \cdot H_{SR}}{100} \quad (6.8)$$

$$N_S = \frac{[20 + (22 \cdot 100)] \cdot 300 + [10 + (6 \cdot 100)] \cdot 300 + [25 + (19 \cdot 100)] \cdot 600 + (3,5 \cdot 100) \cdot 300 + (4,5 \cdot 100) \cdot 200}{100}$$

$$N_S = 21\,990 \text{ Kč}$$

### Navržená technologie výroby

Hodinová sazba pro nově navržený CNC soustruh byla orientačně stanovena firmou KOVOSVIT MAS na 750 Kč. Samotné ceny navržených nástrojů se nezapočítávají, jedná se o univerzální nástroje, které se dají použít i při výrobě jiných součástí.

$$N_N = t_{DN} \cdot H_N \quad (6.9)$$

$$N_N = 13,13 \cdot 750$$

$$N_N = 9\,847,5 \text{ Kč}$$

### Celková úspora nákladů při výrobě jedné série

$$UN_{JS} = N_S - H_N \quad (6.10)$$

$$UN_{JS} = 21\,990 - 9\,847,5$$

$$UN_{JS} = 12\,142,5 \text{ Kč}$$

S nově navrženou technologií výroby bude výroba jedné série v přepočtu na peníze úspornější o 12 142,5 Kč.

## **7 Závěr**

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo najít nové řešení pro opracování příruby. Nové řešení mělo vést k zefektivnění výroby součásti, snížení výrobních časů a nákladů na výrobu. Bylo nutné provést rozbor stávající technologie výroby příruby, poté byl proveden návrh inovativního řešení. Byl navrhnout nový CNC soustruh SP 180 Y a vhodné nástroje. Kompletní řídicí program pro danou výrobu součásti byl vytvořen v programu Mastercam. Veškeré stroje stávající výroby byly nahrazeny jedním, již zmiňovaným CNC soustruhem. Nahrazením za jediný stroj došlo ke sjednocení více obráběcích cyklů.

Navrhovaná technologie výroby umožňuje použití produktivnějších nástrojů, které zaručují větší přesnost a spolehlivost oproti stávající technologii. Nové nástroje umožňují také obrábět většími řeznými rychlostmi, které značně snižují výrobní čas obrábění. Jestliže dojde k nahrazení stávající technologie výroby za navrženou technologii výroby, dojde ke zřetelnému zkrácení výrobních časů.

Pokud porovnáme technicko-ekonomické aspekty stávající a navržené technologie výroby, dojdeme k závěru, že nově navržená technologie výroby nám poskytne značnou úsporu. Tímto se potvrdily předpoklady pro rozšíření současného strojového parku firmy o CNC soustruh. Nehledě k tomu, že by se stroj mohl později využít i pro výrobu jiných rotačních součástí. Tím by se rozšířilo spektrum výroby firmy o další technologie.

Nově navržená technologie výroby je vhodná pro zařazení do výrobního procesu firmy S-KUNSTSTOFFTECHNIK s.r.o.

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi, z katedry obrábění a montáže VŠB – TU Ostrava, za podnětné rady a připomínky při zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě S-KUNSTSTOFFTECHNIK s.r.o. Kravaře, především panu Bc. Michalu Sněhotovi za poskytnuté materiály, informace a podporu při zpracování bakalářské práce.

## Seznam použité literatury

- [1] Materiálové normy. *Ferona a.s.* [online]. © 2004-2013 [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: [http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat\\_normy.php](http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php)
- [2] European Steel and Alloy Grades [online]. © 2011-2013 [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: [http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=150](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=150)
- [3] Soustruh SV18 RA. *TumliKOVO* [online]. © 2010- [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/stroje-2/soustruh/sv18/>
- [4] *Průručka obrábění: Kniha pro praktiky*. 1. české vydání. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, 1997, 857 s. ISBN 91-972-2994-6.
- [5] *S-KUNSTSTOFFTECHNIK s.r.o.* [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.sktech.cz/>
- [6] BRYCHTA, Josef. *Technologie II 2. díl*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 2 sv. ISBN 978-80-248-1822-12.
- [7] *KOVOSVIT MAS* [online]. © 2009- [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/>
- [8] ŠTULPA, Miloslav. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
- [9] ADAMEC, Jaromír a Šárka TICHÁ. *Programování CNC systému EMCOTRONIC TM02 - Soustružení*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 100 s. ISBN 978-80-248-1915-0.
- [10] JANDEČKA, Karel, Jiří ČESÁNEK a Pavel KOŽMÍN. *Programování NC strojů*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2000, 159 s. ISBN 80-708-2692-4.
- [11] KRÁL, Mojmir. *Základy CNC obráběcích strojů*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 59 s. Učebnice pro odborné školy (Fragment). ISBN 80-720-0295-3.
- [12] *Mastercam CAD/CAM software* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.mastercam.com/>
- [13] *Sandvik Coromant* [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com>

## **Seznam příloh**

- Příloha č. 1**      Řídicí program k CNC soustruhu
- Příloha č. 2**      Výrobní výkres příruby SB3STE02-HAN0074-1
- Příloha č. 3**      CD-ROM