



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA SOUČÁSTI "PŘÍRUBA" NA CNC STROJÍCH

PRODUCTION OF "FLANGE" COMPONENTS ON CNC MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Černý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Marek Černý**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2018/19

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:

Výroba součásti "příruba" na CNC strojích

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Montážní sestava "nádrž" je vybavena přírubou, přes kterou je napojen vodní okruh. Samotná příruba je součást vhodná pro obrábění na CNC strojích, v tomto případě i v několika variantách.

Cíle bakalářské práce:

- Funkce příruby v sestavě nádrže.
- 3D model příruby v SW SolidWorks.
- Návrh strojového zařízení pro výrobu.
- Návrh technologického postupu.
- NC program pro různé řídicí systémy.
- Odladění technologického postupu na stroji a výroba prototypu.
- Zhodnocení prototypu.

Seznam doporučené literatury:

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

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

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. Brno: CERM, s. r. o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

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

MICHNA, Štefan et al. Encyklopedie hliníku. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.

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

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

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

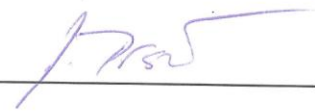
ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

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

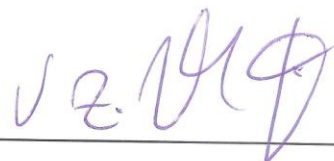
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 26. 10. 2018





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou součásti typu příruba na CNC strojích. Je zde popsána funkce příruby v sestavě nádrže. Zadané téma obsahuje volbu materiálu, volbu polotovaru a návrh strojového zařízení pro výrobu. Dále je zde vytvořen technologický postup výroby a NC programy pro různé řídicí systémy. Na závěr je vyroben prototyp, který je poté zhodnocen.

Klíčová slova

příruba, návrh strojového zařízení, technologický postup, NC program, CNC stroje

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the production of flange type components on CNC machines. The flange function in the tank assembly is described here. The work includes choice of material, choice of semifinished product and proposal of machinery for production. Also, there is a technological process and NC programs for various control systems. Finally, a prototype is produced, which is then evaluated.

Key words

flange, proposal of machinery, technological process, NC program, CNC machines

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČERNÝ, Marek. *Výroba součásti "příruba" na CNC strojích* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/112981>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing.Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba součásti "příruba" na CNC strojích** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Marek Černý

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat moji rodině, která mě podporovala během celého mého studia.

OBSAH

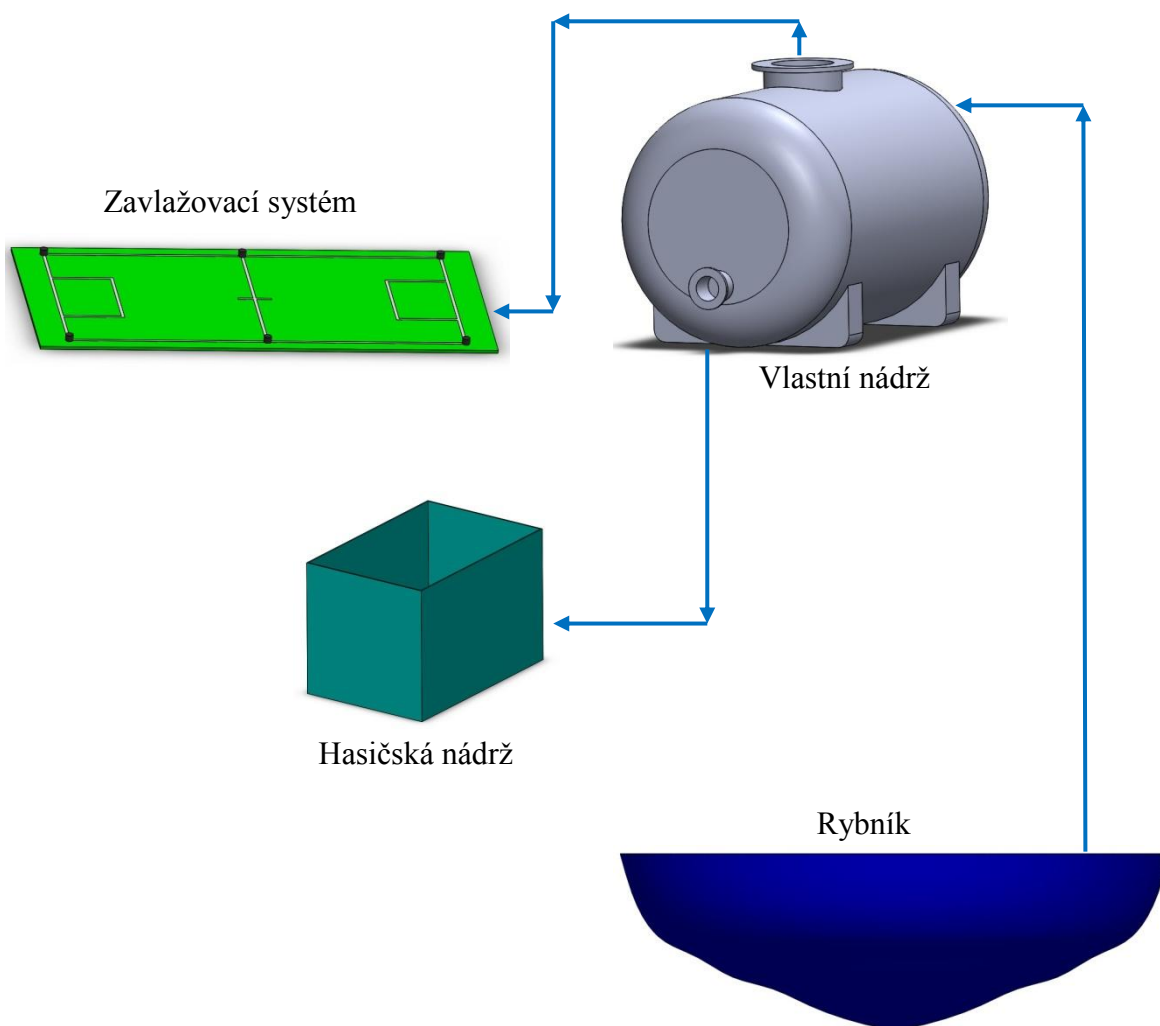
ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	8
1 FUNKCE PŘÍRUBY V SESTAVĚ NÁDRŽE	9
1.1 Popis součástí.....	10
1.2 Volba materiálu.....	10
1.3 Volba polotovaru	12
1.3.1 Rozměry polotovaru	12
1.3.2 Výpočet normy spotřeby materiálu.....	12
2 3D MODEL PŘÍRUBY V SW SOLIDWORKS	14
2.1 Popis softwaru SolidWorks	14
2.2 Postup vytváření 3D modelu.....	14
2.3 Výsledný 3D model	17
2.4 Vlastnosti 3D modelu	17
3 NÁVRH STROJOVÉHO ZAŘÍZENÍ.....	18
3.1 CNC soustruh SP 280 SY	18
3.2 CNC centrum MCV 1210	19
4 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU	20
4.1 Výrobní postup	20
4.2 Nástroje a měřidla	22
4.3 Návodky.....	28
5 NC PROGRAM PRO RŮZNÉ ŘÍDICÍ SYSTÉMY	32
5.1 Nulové a ostatní vztažné body na CNC strojích.....	32
5.2 Druhy programování.....	33
5.2.1 Ruční programování	33
5.2.2 Dílenské programování.....	33
5.2.3 Konturové programování.....	34
5.3 Struktura programu	34
5.4 Řídicí systém Mikronex.....	34
5.4.1 Soustružení.....	34
5.4.2 Vrtání	35
5.5 Řídicí systém Siemens	35

5.5.1 Soustružení – Sinumerik 810/820 T, 840 D	35
5.5.2 Vrtání – Sinumerik 810 M	36
5.6 Řídicí systém Heidenhain	37
6 ODLADĚNÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU A VÝROBA PROTOTYPU	38
7 ZHODNOCENÍ PROTOTYPU	41
7.1 Výrobní výpočty	41
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	46
SEZNAM PŘÍLOH.....	49

ÚVOD

Cílem bakalářské práce je výroba součásti typu příruba na CNC strojích. Příruba je součástí montážní sestavy nádrží, přes kterou je napojen vodní okruh.

Nádrž se nachází ve sportovním areálu “V Luhu” v obci Jabloňany (obr. 1). Nádrž je zásobována vodou z přilehlého rybníku pomocí ponorného čerpadla, které je umístěno na stavidle. Z této nádrže je následně napouštěna hasičská nádrž pro potřeby požárního sportu. Napouštění je řízeno pomocí vysokotlakého kulového ventilu. Dále je v nádrži umístěno ponorné čerpadlo Sigmona Q90052R 230V, které čerpá vodu do zavlažovacího systému hřiště na malou kopanou. Zavlažovací systém je řízen počítačově. Nádrž je vybavena plovákem, který v případě poklesu hladiny automaticky spíná čerpadlo umístěné na stavidle. Rozvod vody je zajištěn pomocí potrubí z PVC.



Obr. 1 Schematické znázornění vodního okruhu.

1 FUNKCE PŘÍRUBY V SESTAVĚ NÁDRŽE

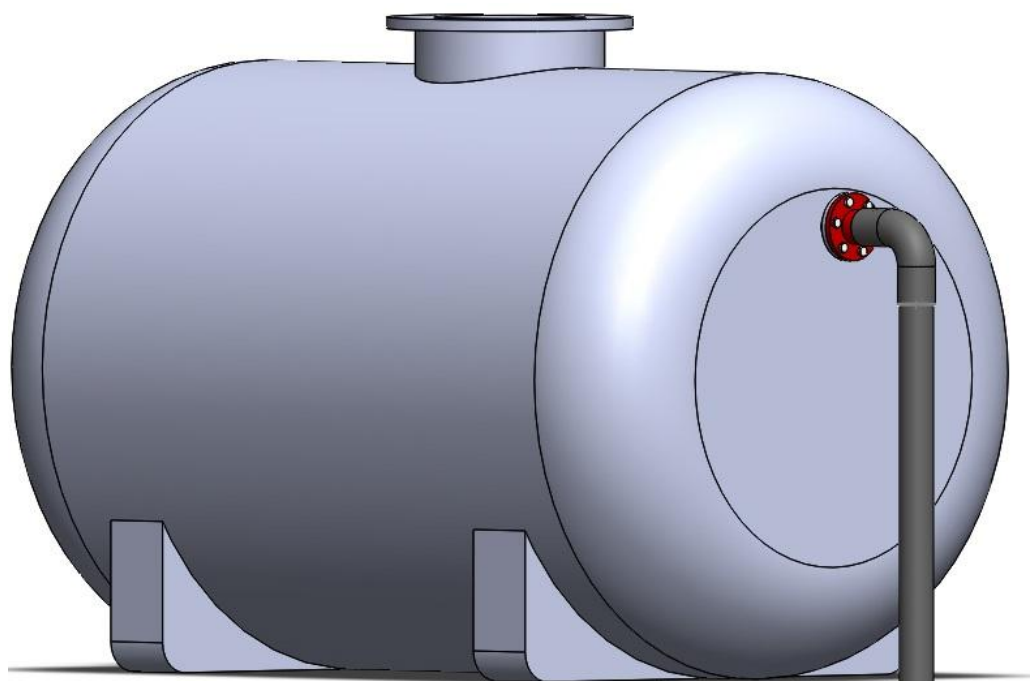
Příruba je součástí sestavy nádrže, přes kterou vede vodní okruh. Objem nádrže je 3,85 m³. Příruba je připevněna k přírubě nádrže pomocí šesti šroubů M16 x 40 ČSN EN ISO 4014 (obr. 2). Nádrž je zásobována vodou pomocí ponorného čerpadla KRAFT&DELE KD 1700 (tab. 1.1, tab 1.2).

Tab. 1.1 Specifikace čerpadla KD 1700 [1].

napětí [V]	frekvence [Hz]	výkon [W]	hmotnost [kg]	max. ponor [m]
230	50	500	12	50

Tab. 1.2 Specifikace čerpadla KD 1700 [1].

průměr [mm]	šířka [mm]	kapacita [m ³ /h]	výška vodního sloupce [m]
102	573	1,8	50



Obr. 2 Pozice příruby na nádrži (červeně označena).

1.1 Popis součásti

Vyráběnou součástí je příruba, která je rotačního typu. Příruba bude vyráběna z válcované tyče kruhového průřezu postupným odebráním třísky do požadovaného tvaru podle výrobního výkresu (Příloha 1). Základní rozměry součásti jsou uvedeny v tab. 1.3.

Tab. 1.3 Rozměry součásti.

D_{max}	D_{min}	d	l_{max}	l_1	l_2	díry	sražení	rádus
170	90	60	105	15	90	4 x $\emptyset 17,5$	1 x 45°	R 3

1.2 Volba materiálu

Z důvodu, že nebyla nalezena žádná výkresová dokumentace k dané součásti, byl materiál zvolen stejný, jako je materiál nádrže, na které se nacházel štítek s informacemi z výroby včetně materiálu. Příruba bude vyrobena z materiálu ČSN 41 1523 nebo podle EN ISO S 355J0.

Ocel ČSN 41 1523 je nelegovaná konstrukční jemnozrnná jakostní ocel vhodná ke svařování. Mostní a jiné svařované konstrukce, ohýbané profily, svařované konstrukce z dutých profilů a součásti strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol. Součásti tepelných energetických zařízení a součásti tlakových nádob vyrobených z tyčí [2].

Důležité vlastnosti oceli ČSN 41 1523 jako je chemické složení, mechanické vlastnosti, způsoby tepelného zpracování a fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tab. 1.4, tab. 1.5, tab. 1.6 a tab. 1.7.

Tab. 1.4 Chemické složení oceli ČSN 41 1523 [3].

	uhlík (C)	mangan (Mn)	křemík (Si)	fosfor (P)	síra (S)	dusík (N)
chemické složení	hm. %	0,24	1,70	0,60	0,05	0,01

Tab. 1.5 Mechanické vlastnosti oceli ČSN 41 1523 [3].

mez kluzu R_e [MPa]	mez pevnosti R_m [MPa]	tažnost A_s [%]	nárazová práce KV [J]
min. 295	450 - 600	18	min. 27

Tab. 1.6 Tepelné zpracování oceli ČSN 41 1523 [4].

způsob	teplota [$^\circ\text{C}$]	postup ochlazování
normalizační žihání	870 – 900	ochlazovat na vzduchu
žihání na měkko	680 – 710	zvolna ochlazovat
žihání ke snížení pnutí	600 – 650	zvolna ochlazovat
popouštění	670 - 700	ochlazovat na vzduchu
teplota tváření	670 – 700	

Tab. 1.7 Fyzikální vlastnosti oceli ČSN 41 1523 [5].

hustota ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	teplotní součinitel roztažnosti α [K^{-1}]	tepelná vodivost λ_t [$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$]
7 850	$11,7 \cdot 10^{-6}$	53,4

Další technologická vlastnost materiálu je obrobiteľnosť. Z hľadiska technológie obrábění je obrobiteľnosť jednou z nejdůležitějších vlastností materiálu a v obecném smyslu ji lze definovat jako míru schopnosti daného konkrétního materiálu být zpracován některou z metod obrábění. Je hlavním činitelem, který ovlivňuje volbu řezných podmínek pro funkci nástroje při všech metodách obrábění [6].

Obrobiteľnosť závisí na mnoha faktorech, z nichž nejdůležitější jsou [6]:

- způsob výroby a tepelného zpracování obráběného materiálu,
- mikrostruktura obráběného materiálu,
- chemické složení obráběného materiálu,
- fyzikální a mechanické vlastnosti obráběného materiálu,
- metoda obrábění,
- řezné podmínky,
- řezné prostředí,
- geometrie nástroje,
- druh a vlastnosti nástrojového materiálu.

Zařazení oceli ČSN 41 1523 do skupin obrobiteľnosti je uvedeno v tab. 1.8.

Tab. 1.8 Skupina obrobiteľnosti pro ocel ČSN 41 1523 [5].

ČSN	Druh obrábění		
	1	2	broušení
11 523	14 b	14 b	10 b

Druhy obrábění [7]:

1. soustružení, obrážení, hoblování a obrážení ozubení, soustružení závitů
2. frézování, frézování ozubení, frézování závitů, vystružování, vrtání, řezání závitů závitníky a závitovými čelistmi, protahování

1.3 Volba polotovaru

Polotovar je výchozí surovina, která je vhodně připravena pro výrobu dané součásti. Při výběru polotovaru hledíme především na ekonomické hledisko. Polotovar se má tvarem a rozměry co nejvíce přiblížit hotové součásti. Při hodnocení polotovaru musí jeho provedení splňovat následující podmínky [8]:

- vynaložená práce na výrobu má být přiměřená,
- spotřeba materiálu má být minimální,
- přídatky na obrábění mají být přiměřené vzhledem k funkčnosti obráběných ploch.

1.3.1 Rozměry polotovaru

Přidávky na obrábění, je vrstva materiálu, která se odebírá z povrchu součásti, aby se dosáhlo požadovaného tvaru, rozměru a drsnosti obrobených ploch. Přidávky na obrábění mají mít optimální velikost, plochy, které to funkčně nevyžadují, mají být na polotovaru provedeny tak, aby se nemusely obrábět [8].

Přídavek na průměr se v tomto případě nebude dávat, protože válcová plocha o $\varnothing 170$ mm funkčně nevyžaduje, aby byla obráběna, tudíž se nemusí dávat přídavek. Přídavek na délku se stanoví $2 \div 4$ mm [9].

Pro součást příruba byl zvolen přídavek na každé čelo 2 mm. Celkový přídavek na délku je 4 mm. Jako polotovar pro výrobu prototypu příruby byla zvolena tyč kruhová ocelová válcovaná za tepla $\varnothing 170$ ČSN 42 5510.12 - 11 523. Polotovar bude dodán v délce 109 mm od firmy MZ Hutní materiály.

1.3.2 Výpočet normy spotřeby materiálu

Normy spotřeby materiálu jsou ve výrobě podkladem nejen k sestavení MTZ – (*Materiálně Technické Zabezpečení*), ale také podkladem pro výpočet výrobních nákladů. Polotovary z tyčí – přířezy se získávají dělením. Při zpracování tyčí vznikají ztráty [9]:

- při dělení,
- obráběním přídavek,
- z konce tyče, který není rozměrově využitelný.

Pomocí programu SolidWorks 2014 SP0.0 byly v nabídce analýz vypočítány fyzikální vlastnosti 3D modelu součásti a polotovaru (tab. 1.10).

Tab. 1.10 Fyzikální vlastnosti 3D modelu součásti a polotovaru.

	jednotka	hodnota
hmotnost součásti m_s	[kg]	4,64
objem součásti V_s	[mm ³]	594 379
hmotnost polotovaru m_p	[kg]	19,30
objem polotovaru V_p	[mm ³]	2 474 082

Celkové ztráty materiálu na jednici [8]:

$$Z_m = q_k + q_d + q_o \text{ [kg]} \quad (1.1)$$

kde:

q_k – ztráta nevyužitého konce tyče připadající na jednici [kg]

q_d – ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici [kg]

q_o – ztráta vzniklá obráběním přídávku [kg]

$$Z_m = 0 + 0 + 14,66 = 14,66 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu vzniklá obráběním [8]:

$$q_o = m_p - m_s \text{ [kg]} \quad (1.2)$$

kde:

m_p – hmotnost polotovaru [kg]

m_s – hmotnost součásti [kg]

$$q_o = 19,30 - 4,64 = 14,66 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu [8]:

$$N_m = m_s + Z_m \text{ [kg]} \quad (1.3)$$

kde:

m_s – hmotnost součásti [kg]

Z_m – celková ztráta materiálu na jednici [kg]

$$N_m = 4,64 + 14,66 = 19,30 \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu [8]:

$$k_m = \frac{m_s}{N_m} \text{ [kg]} \quad (1.4)$$

kde:

m_s – hmotnost součásti [kg]

N_m – norma spotřeby materiálu [kg]

$$k_m = \frac{4,64}{19,30} = 0,24$$

2 3D MODEL PŘÍRUBY V SW SOLIDWORKS

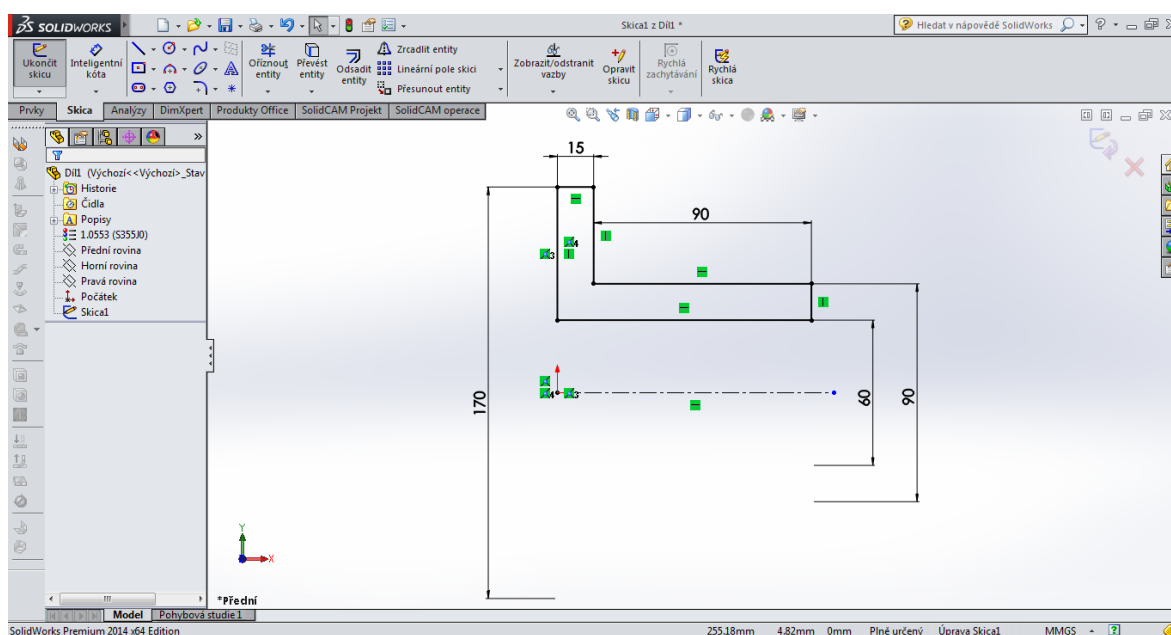
2.1 Popis softwaru SolidWorks

SolidWorks je plně parametrický CAD systém umožňující tvorbu objemových či plošných dílů. Díly lze zpracovávat v režimech díl, sestava, a výkres. Výhodou systému SolidWorks je, nejen že umožňuje načítat celou škálu přenosových formátů, ale umožňuje také načítat přímo vnitřní formáty jiných CAD systémů [13].

CAD (*Computer Aided Design*, počítačová podpora konstruování) – kreslení, navrhování, konstruování na počítači. Práce konstruktéra na výkrese nebo na modelu součásti, která je určena pro obrábění. Znamená také vytvoření návrhu obrobku (výkresu, modelu) projektantem, návrhářem, designérem. Po převzetí výkresu a kusovníku od konstruktéra se zpracovává technologický postup, sled po sobě jdoucích technologických operací, z nichž některé mohou být určeny pro výrobu na CNC strojích [14].

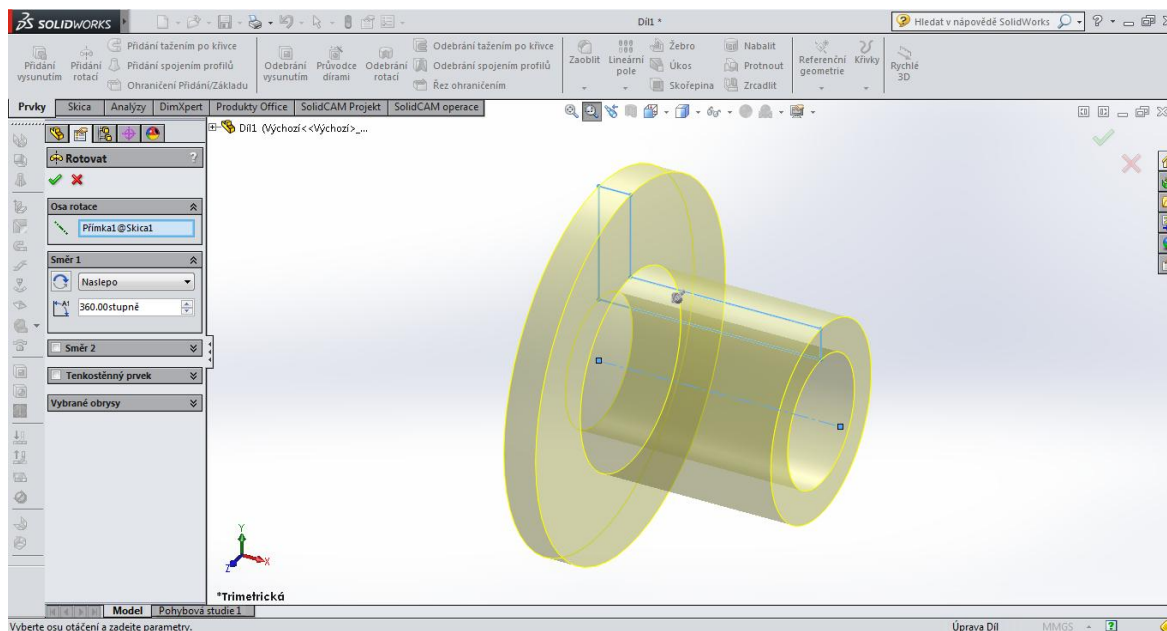
2.2 Postup vytváření 3D modelu

Příruba byla vymodelována v programu SolidWorks 2014 SP0.0. První krok bylo spuštění programu SolidWorks 2014 SP0.0, ve kterém byl vytvořen nový díl. V modelovacím prostředí byla načrtnuta nová skica, v tomto případě na přední rovině. Skica obsahovala obrysovou křivku průřezu součásti s potřebnými kótami a byla plně určená, proto ji bylo možné ukončit (obr. 3).



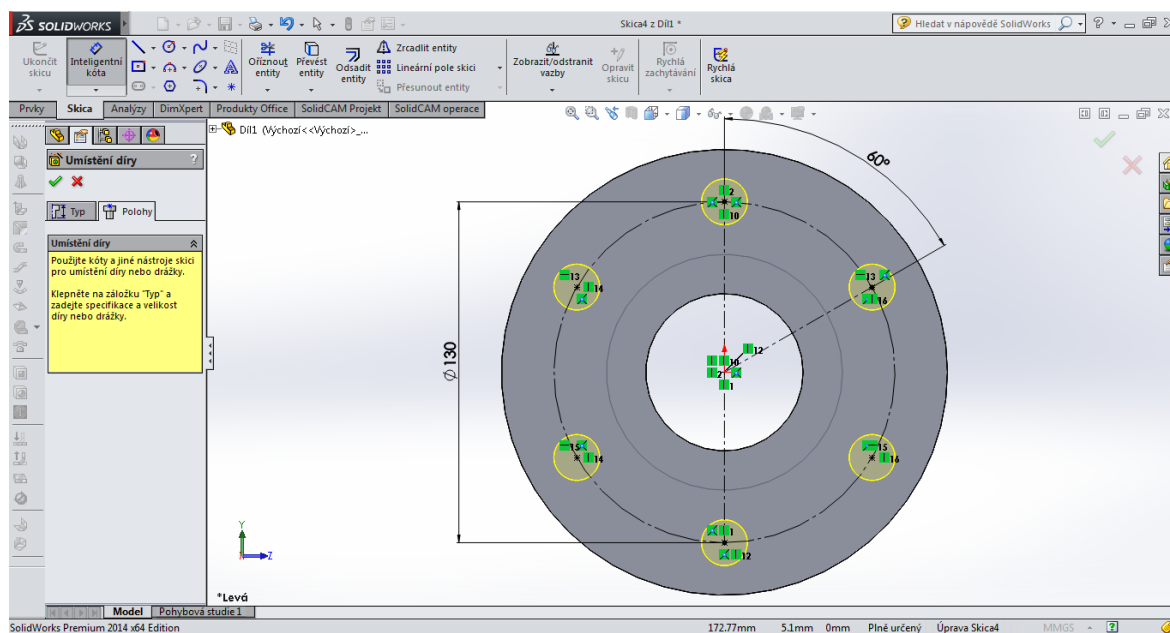
Obr. 3 Skica obrysové křivky průřezu součásti.

V druhém kroku byl vytvořen 3D model pomocí prvku přidání rotací. Pro průřez prvku byla použita skica a osa rotace byla totožná s osou součásti (obr. 4).



Obr. 4 Prvek přidání rotací.

V třetím kroku byly vytvořeny díry pro šrouby pomocí prvku průvodce dírami. V průvodci byl vybrán typ díry (vůle šroubů), norma (ISO), velikost šroubů (M 16) řady (normální). Následně byla určena poloha průchozích děr. Byla načrtnuta konstrukční kružnice o $\varnothing 130$ mm, na které se díry nacházejí. Pomocí vazeb a konstrukčních os byla zajištěna správná poloha všech děr na součásti (obr. 5).

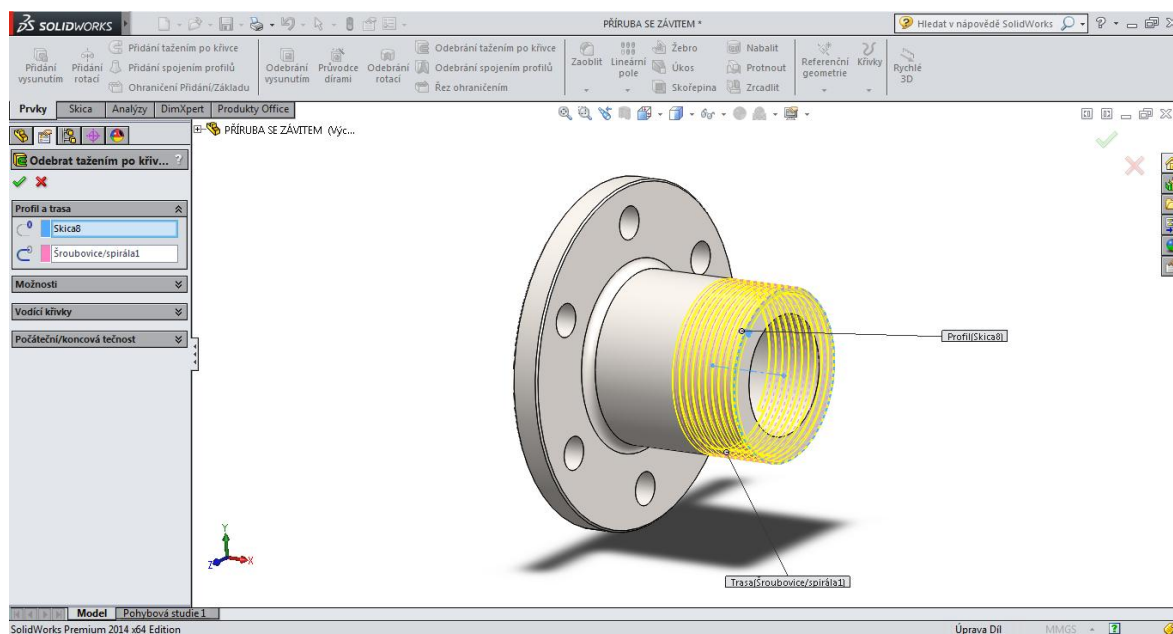


Obr. 5 Poloha děr na součásti.

Ve čtvrtém kroku byly pomocí prvku zkosit, sraženy hrany $1 \times 45^\circ$ označením hran pro sražení a následným potvrzením prvku. Dále byla zaoblena hrana rádiusem R3 pomocí prvku zaoblit.

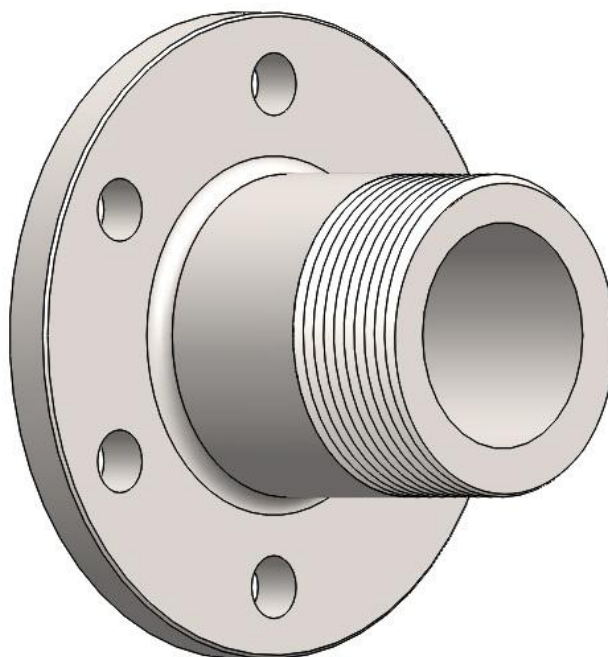
V pátém kroku byl pro potřeby kompletní vizualizace součásti vymodelován závit. Nejprve byla vytvořena dráha závitu pomocí prvku šroubovice/spirála, ve kterém se zadalo stoupání závitu a počet otočení. Po vytvoření dráhy závitu byla načrtnuta skica v přední rovině, na kterou byl nakreslen a okótován průřez závitu matice. Prvkem odebíráním tažením po křivce byl vytvořen závit M 90x2, pomocí načrtnutého průřezu a dráhy (obr. 6).

Na závěr byla vytvořena nová konfigurace celé součásti. Do této vytvořené konfigurace byl vložen kosmetický závit M 90x2 (kosmetický závit je prvkem programu SolidWorks 2014 SP0.0 a slouží pouze k vizuálnímu znázornění závitu šroubu). Tato konfigurace sloužila k vytvoření výrobního výkresu součásti, ve kterém je nutné závit zakótovat podle zásad technického kreslení. Výsledný 3D model je zobrazen na obr. 7.



Obr. 6 Odebírání tažením po křivce.

2.3 Výsledný 3D model



Obr. 7 3D model součásti.

2.4 Vlastnosti 3D modelu

Po zadání materiálu příruby do programu SolidWorks 2014 SP0.0 byly v nabídce analýzy spočítány tyto fyzikální vlastnosti příruby (tab. 2.1).

Tab. 2.1 Fyzikální vlastnosti příruby.

hmotnost [kg]	objem [mm ³]	plošný obsah [mm ²]	x _T [mm]	y _T [mm]	z _T [mm]
4,64	594 379	93 897	35,58	-0,00	0,00

3 NÁVRH STROJOVÉHO ZAŘÍZENÍ

Výroba prototypu součásti příruba byla provedena ve školní obráběcí dílně. Dílna disponuje CNC soustruhem KOVOSIT MAS SP 280 SY a CNC portálovým centrem TAJMAC – ZPS MCV 1210.

3.1 CNC soustruh SP 280 SY

SP 280 SY je číslicově řízené soustružnické centrum od firmy KOVOSIT MAS (obr. 8). Lze je programovat pomocí moderních řídicích systémů jako je SIEMENS, HEIDENHAIN, FANUC. Robustní základ stroje a lože dávají strojům vysokou tuhost. Vřetenové jednotky umožňují velký obráběcí výkon. Suporty lineárních os, pravý vřeteník nebo tělesa koníka pojíždí po valivém vedení a dávají strojům vysokou přesnost polohování a interpolovaného pohybu os suportů [15]. Na tomto stroji budou realizovány všechny hrubovací a dokončovací operace včetně vrtání průchozí díry a řezání závitu. Technické parametry soustružnického centra jsou uvedeny v příloze 2.



Obr. 8 CNC soustružnické centrum SP 280 SY [16].

3.2 CNC centrum MCV 1210

MCV 1210 je číslicově řízené portálové centrum od firmy TAJMAC – ZPS (obr. 9). Lze je programovat pomocí řídicích systémů HEIDENHAIN, SIEMENS, FANUC. CNC frézka umožňuje obrábění ve 3 – 5 osách. Vzhledem k vysoké dynamice, velmi vysoké tuhosti a tlumícím vlastnostem konstrukce stroj umožňuje využití výhod HSC technologie. Veškeré pohyby stroje jsou umožněny prostřednictvím lineárního vedení s valivými elementy [17]. Na tomto stroji bude realizováno vrtání děr pro šrouby. Technické parametry portálového centra jsou uvedeny v příloze 3.



Obr. 9 CNC portálové centrum MCV 1210 [17].

4 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Technologický (výrobní) postup je základní dokument, který určuje všechny potřebné podmínky pro zhotovení příslušné součásti. Normy ČSN EN ISO řady 9000 požadují, aby tento postup byl úplný a jednoznačný. Požaduje se, aby byl na všech pracovištích striktně dodržován [9].

4.1 Výrobní postup

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Název součásti: PŘÍRUBA	
Vyhotovil: Černý Marek		Kontroloval:		Dne: 27.4.2019	List: 1	
Číslo výkresu: BP – 1			Polotovary: Ø170 ČSN 42 5510.12 - 11 523			
Číslo operace, pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:			Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	
Orien.:	Třídící číslo:	Dílna:	Popis práce v operaci:			
00/00	OTK 09863	Sklad	kontrola délky polotovaru 109 mm - 100%	M1		
01/01	CNC SOUSTRUH SP 280 SY 44426	Obrobna	upnout polotovary do sklíčidla za Ø170 zarovnat čelo na délku $107,2^{+0,3}_{-0,3}$ soustružit Ø170 na $\delta 169,5^{+0,3}_{-0,3}$ v délce $15,4^{+0,3}_{-0,3}$, na hrubo zarovnat čelo na délku $106,7^{+0,1}_{-0,1}$, na čisto soustružit sražení 1x45° z Ø169,5 na Ø167,5, na čisto vrtat díru $\delta 32^{+0,2}_{-0,2}$ v délce $55^{+0,3}_{-0,3}$ soustružit vnitřní $\delta 32^{+0,2}_{-0,2}$ na $\delta 60^{+0,1}_{-0,1}$ v délce $55^{+0,1}_{-0,1}$	T1 T1 T2 T2 T5 T3	SK SK SK SK SK	
02/02	OTK 09863	Kontrola	kontrola vzhledem – 100% kontrola $\delta 169,4^{+0,2}_{-0,2}$ - 30% kontrola $\delta 60^{+0,1}_{-0,1}$ - 30%	M2 M1		

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: PŘÍRUBA	
Vyhotovil: Černý Marek		Kontroloval:		Dne: 10.5.2019	List: 3
Číslo výkresu: BP – 1			Polotovar: Ø170 ČSN 42 5510.12 - 11 523		
Číslo operace, pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:			Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:
Orien.:	Třídící číslo:	Dílna:	Popis práce v operaci:		
04/04	OTK 09863	Kontrola	kontrola vzhledem – 100% kontrola díry Ø60 – 30%	M1	
05/05	CNC FRÉZKA MCV 1210 45234	Obrobna	upnout polotovar vrtat středící dŮlky ø3,15 do hloubky $2^{+0,1}_{-0,1}$ vrtat průchozí díry ø17,5 do hloubky $15,2^{+0,1}_{-0,1}$	T6 T7	HSS HSS
06/06	OTK 09863	Kontrola	kontrola vzhledem – 100% kontrola děr ø17,5 – 30%	M1	

4.2 Nástroje a měřidla

Pro výrobu součásti byly použity nástroje a měřidla dostupné ve školní dílně. Všechny použité nástroje a měřidla jsou uvedeny v tab. 4.1, tab. 4.2 a tab. 4.3.

Tab. 4.1 Nástroje pro soustružení.

TABULKA NÁSTROJŮ				
Stroj:	CNC soustruh SP 280 SY			
Číslo nástroje:	Název:	Označení:	VBD:	Výrobce:
T1	soustružnický nůž vnější	PCLNR 3225 P16	CNMG 160612E-RM	Dormer - Pramet
T2	soustružnický nůž vnější	PDJNR 3225 P15	DNMG 150604E-FF	Dormer – Pramet
T3	soustružnický nůž vnitřní	A20Q-PCLNR 09	CNMG 090308E-RM	Dormer – Pramet
T4	závitový nůž	SER 3225 P 16	TN 16ER200M	Dormer – Pramet
T5	vrták s VBD	802D-30-60-S32	SCET 09T308-UD	Dormer – Pramet

Tab. 4.2 Nástroje pro frézování.

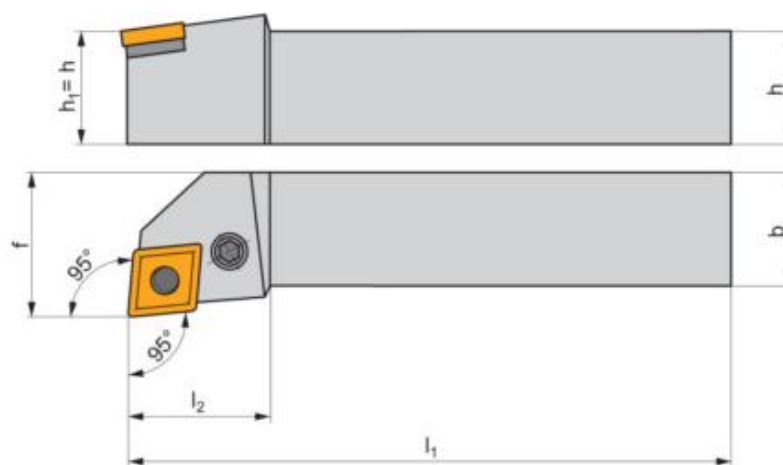
TABULKA NÁSTROJŮ				
Stroj:	CNC portálové centrum MCV 1210			
Číslo nástroje:	Název:	Označení:	Materiál:	Výrobce:
T6	středicí vrták	A3,15 ČSN 22 1110	HSS	STIMZET
T7	šroubovítý vrták	17,5 ČSN 22 1182	HSS	HABILIS STEEL

Tab. 4.3 Použitá měřidla.

TABULKA MĚŘIDEL			
Číslo měřidla:	Název:	Označení:	Výrobce:
M1	digitální posuvné měřidlo	500 – 184 - 30	MITUTOYO
M2	analogové posuvné měřidlo	MSA 5 000	MEUSBURGER

Soustružnický nůž vnější pro hrubovací operace:

Pro hrubovací operace na CNC soustruhu byl zvolen soustružnický nůž vnější PCLNR 3225 P16 (obr. 10). Tento soustružnický nůž umožňuje soustružit jak čelně, tak i podélně. Rozměry a vlastnosti soustružnického nože jsou uvedeny v tab. 4.4.

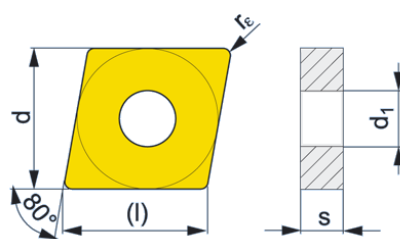


Obr. 10 Soustružnický nůž vnější PCLNR 3225 P16 [10].

Tab. 4.4 Rozměry a vlastnosti soustružnického nože PCLNR 3225 P16 [10].

$h = h_1$ [mm]	b [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_{2max} [mm]	λ_s [°]	γ_0 [°]	m [kg]
32	25	32	170	40	-6	-6	1,1

Pro tento typ vnějšího soustružnického nože byla zvolena VBD CNMG 160612 E-RM (obr. 11). Tento typ VBD je vhodný pro obrábění materiálů skupiny P a M. VBD je povlakována materiálem T9325. Parametry VBD jsou uvedeny v tab. 4.5 [10].



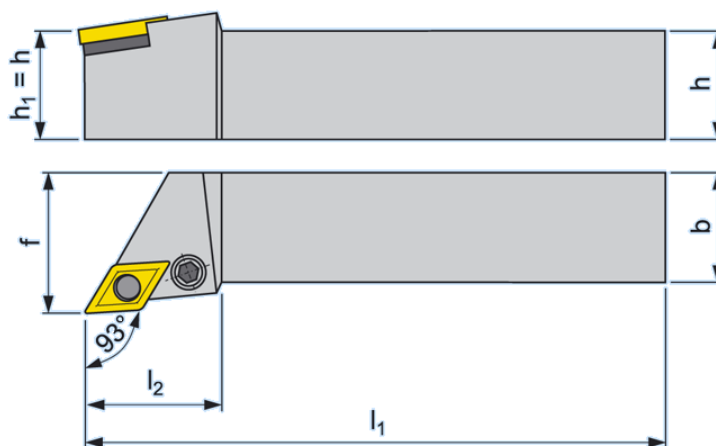
Obr. 11 VBD CNMG 160612E-RM [10].

Tab. 4.5 Parametry VBD CNMG 160612E-RM [10].

l [mm]	d [mm]	d₁ [mm]	s [mm]	r_e [mm]	f_{min} [mm]	f_{max} [mm]	a_{pmin} [mm]	a_{pmax} [mm]
16,1	15,875	6,35	6,35	1,2	0,25	0,70	1,5	8,0

Soustružnický nůž vnější pro dokončovací operace:

Pro dokončovací operace na CNC soustruhu byl zvolen soustružnický nůž vnější PDJNR 3225 P15 (obr. 12). Rozměry a vlastnosti jsou uvedeny v tab. 4.6.

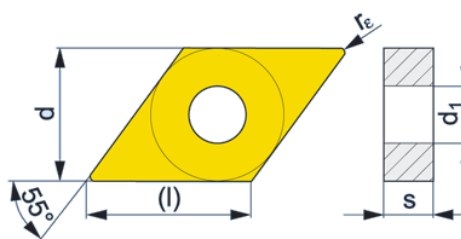


Obr. 12 Soustružnický nůž vnější PDJNR 3225 P15 [10].

Tab. 4.6 Rozměry a vlastnosti soustružnického nože PDJNR 3225 P15 [10].

h = h₁ [mm]	b [mm]	f [mm]	l₁ [mm]	l_{2max} [mm]	λ_s [°]	γ₀ [°]	m [kg]
32	25	32	170	40	-6	-6	0,82

Pro tento vnější soustružnický nůž byla zvolena VBD DNMG 150604E-FF (obr. 13). Tato VBD je vhodná k obrábění materiálů skupiny P. VBD je povlakována materiálem T8315. Parametry VBD jsou uvedeny v tab. 4.7 [10].



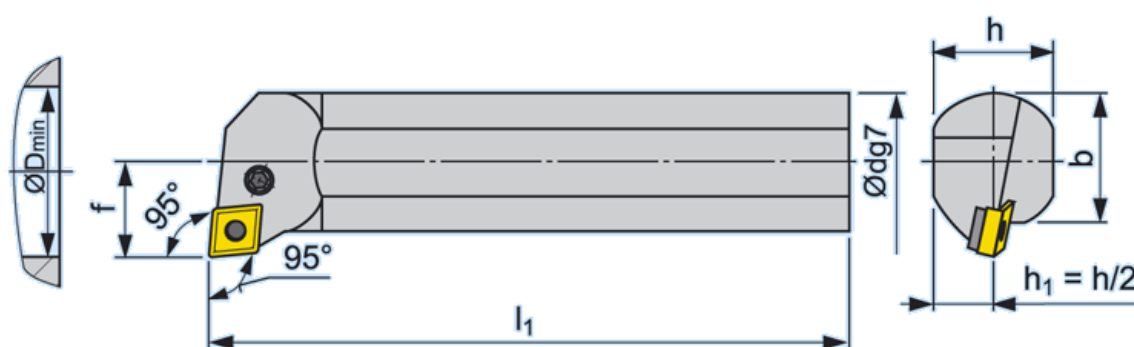
Obr. 13 VBD DNMG 150604E-FF. [10]

Tab. 4.7 Parametry VBD DNMG 150604E-FF. [10]

l [mm]	d [mm]	d_1 [mm]	s [mm]	r_e [mm]	f_{min} [mm]	f_{max} [mm]	a_{pmin} [mm]	a_{pmax} [mm]
15,5	12,700	5,16	6,35	0,4	0,06	0,20	0,4	1,5

Soustružnický nůž vnitřní pro hrubovací operace:

Pro vnitřní hrubovací operace na CNC soustruhu byl zvolen soustružnický nůž vnitřní A20Q-PCLNR 09 (obr. 14). Tento soustružnický nůž byl zvolen s ohledem na minimální průměr předvrtané díry. Minimální průměr díry pro zvolený soustružnický vnitřní nůž je 25 mm a použitý vrták na vrtání díry má $\varnothing 32$ mm, takže nástroj se do předvrtané díry vejde. Rozměry a vlastnosti soustružnického nože jsou uvedeny v tab. 4.8.

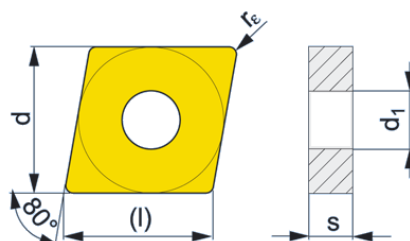


Obr. 14 Soustružnický nůž vnitřní A20Q-PCLNR 09 [10].

Tab. 4.8 Rozměry a vlastnosti soustružnického nože A20Q-PCLNR 09 [10].

$dg7$ [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	h [mm]	b [mm]	D_{min} [mm]	λ_s [°]	γ_0 [°]	m [kg]
20	13	180	18	18	25	-13,5	-5	0,40

Pro tento typ vnitřního soustružnického nože byla zvolena VBD CNMG 090308 E-RM (obr. 15). Tento typ VBD je vhodný pro obrábění materiálů skupiny P a M. VBD je povlakována materiálem T9325. Parametry VBD jsou uvedeny v tab. 4.9 [10].



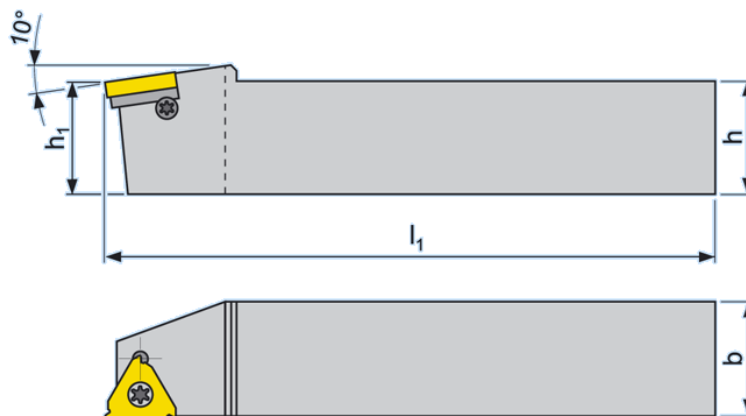
Obr. 15 VBD CNMG 090308E-RM [10].

Tab. 4.9 Parametry VBD CNMG 090308E-RM [10].

l [mm]	d [mm]	d_1 [mm]	s [mm]	r_e [mm]	f_{min} [mm]	f_{max} [mm]	a_{pmin} [mm]	a_{pmax} [mm]
9,7	9,525	3,81	3,18	0,8	0,10	0,45	0,8	3,0

Soustružnický nůž pro řezání závitu:

Pro řezání metrického závitu M90 x 2 na součásti byl zvolen závitový nůž SER 3225 P 16 (obr. 16). Rozměry a vlastnosti soustružnického nože SER 3225 P16 jsou uvedeny v tab. 4.10.

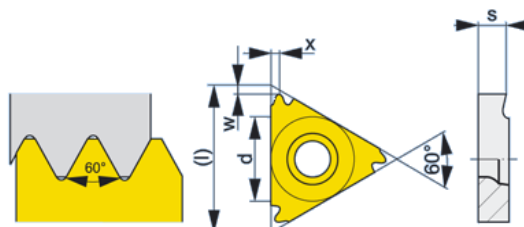


Obr. 16 Závitový nůž SER 3225 P16 [10].

Tab. 4.10 Rozměry a vlastnosti závitového nože SER 3225 P16 [10].

$h = h_1$	b [mm]	l_1 [mm]	m [kg]
32	25	170	0,8

Pro tento typ závitového nože byla zvolena VBD TN 16ER200M (obr. 17). Tento typ VBD je vhodný pro obrábění materiálů skupiny P, M a K. VBD je povlakována materiálem T8030. Parametry VBD jsou uvedeny v tab. 4.11 [10].



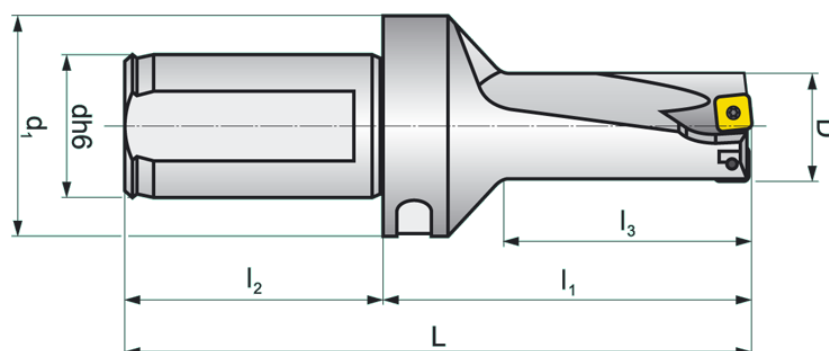
Obr. 17 VBD TN 16ER200M [10].

Tab. 4.11 Parametry VBD TN 16ER200M [10].

stoupání	(l) [mm]	d [mm]	s [mm]	x [mm]	w [mm]
2	16,5	9,525	3,47	1,40	1,30

Nástroje pro vrtací operace:

Na součásti se nachází průchozí díra $\varnothing 60$ mm. Tato průchozí díra bude obráběna dvěma způsoby. Nejprve se vyvrtá díra $\varnothing 32$ pomocí vrtáku s VBD 802D-30-60-S32 (obr. 18) a následně se postupným odebráním třísky zvětší na $\varnothing 60$ mm pomocí vnitřního soustružnického nože A20Q-PCLNR 09. Rozměry a vlastnosti vrtáku s VBD jsou uvedeny v tab. 4.12.

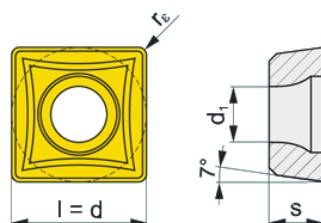


Obr. 18 Vrták s VBD 802D-30-60-S32 [10].

Tab. 4.12 Rozměry a vlastnosti vrtáku s VBD 802D-60-S32 [10].

L [mm]	l ₁ [mm]	l ₂ [mm]	l ₃ [mm]	dh6 [mm]	d ₁ [mm]	radiální nastavení /-	radiální nastavení / +
155	95	60	69,5	32	50	0,35	0,50

Pro zvolený vrták byla zvolena VBD SCET 09T308-UD (obr. 19). Zvolená VBD je vhodná pro obrábění materiálů skupiny P, M a K. VBD je povlakována materiálem D8330. Parametry VBD SCET 09T308-UD jsou uvedeny v tab. 4.13 [10].

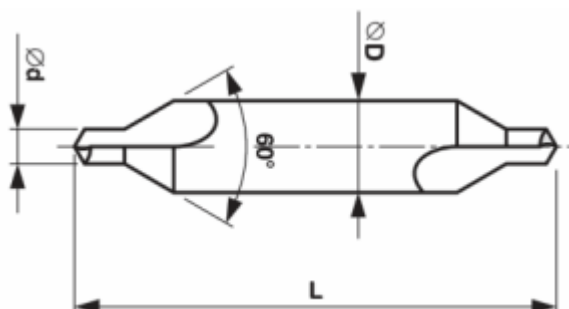


Obr. 19 VBD SCET 09T308-UD [10].

Tab. 4.13 Parametry VBD SCET 09T308-UD [10].

l [mm]	d [mm]	d ₁ [mm]	s [mm]	r _e [mm]	f _{min} [mm]	f _{max} [mm]
9,525	9,525	4,5	3,97	0,8	0,08	0,20

Další nástroj použitý pro vrtání děr je středící vrták A3,15 ČSN 22 1110 (obr. 20). Středící vrták byl použit k vrtání středících důlků u děr Ø17,5 mm. Materiál středícího vrtáku je rychlořezná ocel. Rozměry středícího vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.14.

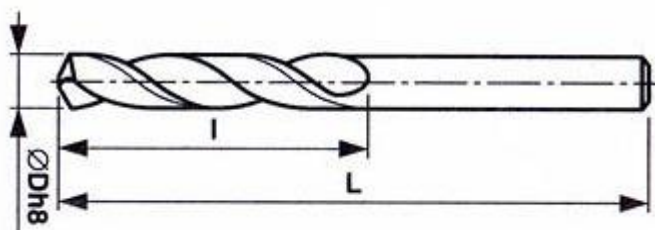


Obr. 20 Středící vrták A3,15 ČSN 22 1110 [11].

Tab. 4.14 Rozměry středícího vrtáku A3,15 ČSN 22 1110 [11].

d [mm]	L [mm]	D [mm]	m [kg]
3,15	50,0	8,0	0,012

Po navrtání středících důlků byl použit šroubovitý vrták $\varnothing 17,5$ mm ČSN 22 1182 (obr. 21). Šroubovitý vrták je vyroben z rychlořezné oceli. Rozměry šroubovitého vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.15.

Obr. 21 Šroubovitý vrták $\varnothing 17,5$ ČSN 22 1182 [12].Tab. 4.15 Rozměry šroubovitého vrtáku $\varnothing 17,5$ ČSN 22 1182 [12].

Dh8 [mm]	L [mm]	l [mm]
17,5	228	130

4.3 Návodky

Návodky jsou vytvořeny pro operace na CNC soustruhu a CNC centru. Vytvořené návodky se nacházejí v příloze 4, příloze 5, příloze 6, příloze 7 a příloze 8. Vypočítané veličiny v jednotlivých návodkách jsou:

- Soustružení:

Otáčky [6]:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4.1)$$

kde:

v_c – řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

D – obráběný průměr [mm]

Dráha nástroje při podélném soustružení [6]:

$$L = l_n + l + l_p \quad [\text{mm}] \quad (4.2)$$

kde:

l_n – délka náběhu [mm]

l – délka obráběné plochy [mm]

l_p – délka přeběhu [mm]

Dráha nástroje při čelním soustružení [6]:

$$L = \frac{D}{2} + l_n \text{ [mm]} \quad (4.3)$$

kde:

D – obráběný průměr [mm]

l_n – délka náběhu [mm]

Jednotkový strojní čas pro podélné soustružení [6]:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (4.4)$$

kde:

L – celková dráha nástroje [mm]

i – počet záběrů [-]

f – posuv [mm]

n – otáčky [min^{-1}]

Jednotkový strojní čas pro čelní soustružení [6]:

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4 \cdot 1000 \cdot v_c \cdot f} \text{ [min]} \quad (4.5)$$

kde:

D – vnější průměr obráběné plochy [mm]

d – vnitřní průměr obráběné plochy [mm]

f – posuv [mm]

v_c – řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

Vedlejší čas:

$$t_{AV} = \frac{L \cdot i}{v_r} \text{ [min]} \quad (4.6)$$

kde:

v_r – rychloposuv [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

i – počet průjezdů [-]

- Vrtání:

Jednotkový strojní čas vrtání [6]:

$$t_{AS} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (4.7)$$

kde:

l_n – délka náběhu vrtáku [mm]

l – délka vrtané díry [mm]

l_p – délka přeběhu vrtáku [mm]

f – posuv na otáčku [mm]

n – otáčky vrtáku [min^{-1}]

Vedlejší čas:

$$t_{AV} = \frac{L \cdot i}{v_r} \text{ [min]} \quad (4.8)$$

kde:

v_r – rychloposuv [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

i – počet průjezdů [-]

Příklad výpočtu otáček, jednotkového strojního času a vedlejšího času pro čelní soustružení v operaci 01/01. Jedná se o zarovnání čela z $\varnothing 170$. Otáčky se vypočítají pomocí vztahu 4.1, jednotkový strojní čas pomocí vztahu 4.5 a vedlejší čas pomocí vztahu 4.6.

Otáčky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1\,000}{\pi \cdot D} = \frac{200 \cdot 1\,000}{\pi \cdot 170} = 375 \text{ min}^{-1}$$

Jednotkový strojní čas:

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4 \cdot 1\,000 \cdot v_c \cdot f} = \frac{\pi \cdot (170^2 - 0^2)}{4 \cdot 1\,000 \cdot 200 \cdot 0,4} = 0,284 \text{ min}$$

Vedlejší čas:

$$t_{AV} = \frac{L \cdot i}{v_r} = \frac{86 \cdot 1}{3\,000} = 0,029 \text{ min}$$

Příklad výpočtu otáček, jednotkového strojního času a vedlejšího času pro podélné soustružení v operaci 04/04 z $\varnothing 170$ na $\varnothing 93,6 \pm 0,3$ v délce $88,4 \pm 0,3$ na hrubo. Otáčky se vypočítají pomocí vztahu 4.1, jednotkový strojní čas pomocí vztahu 4.4 a vedlejší čas pomocí vztahu 4.6.

Otáčky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1\,000}{\pi \cdot D} = \frac{200 \cdot 1\,000}{\pi \cdot 170} = 375 \text{ min}^{-1}$$

Jednotkový strojní čas:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{90 \cdot 9}{375 \cdot 0,32} = 6,750 \text{ min}$$

Vedlejší čas:

$$t_{AV} = \frac{L \cdot i}{v_r} = \frac{93 \cdot 9}{3\,000} = 0,279 \text{ min}$$

Příklad výpočtu jednotkového strojního času a vedlejšího času u vrtání středících děr v operaci 05/05 pomocí středícího vrtáku. Jednotkový strojní čas se vypočítá pomocí vztahu 4.7 a vedlejší čas pomocí vztahu 4.8.

Jednotkový strojní čas vrtání:

$$t_{AS} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} = \frac{1 + 2,5 + 0}{2\,122 \cdot 0,06} = 0,028 \text{ min}$$

Vedlejší čas:

$$t_{AV} = \frac{L \cdot i}{v_r} = \frac{77 \cdot 5}{3\,000} = 0,128 \text{ min}$$

5 NC PROGRAM PRO RŮZNÉ ŘÍDICÍ SYSTÉMY

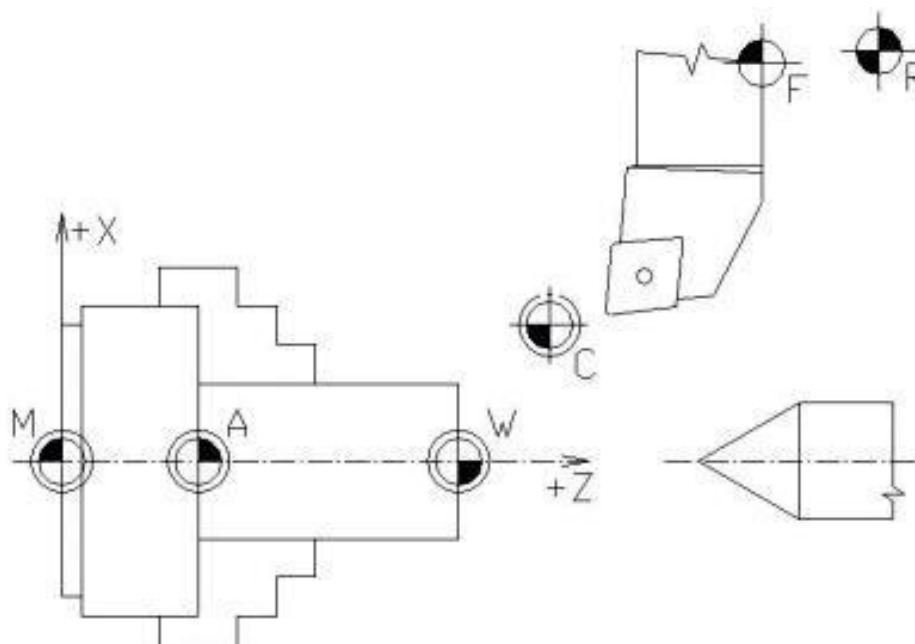
Číslicově řízené výrobní stroje (CNC) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem (ŘS) stroje pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, kterým říkáme bloky nebo věty. Program je určen pro řízení silových prvků stroje a zaručuje, aby požadovaná výroba součásti proběhla v pořadí zadaném po jednotlivých blocích, které jsou napsány v NC kódu [14].

Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na následující druhy [14]:

- **Geometrické** - popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry obráběné součásti a tím, jak budeme součást obrábět. Také popisují příjezd a odjezd nástroje k obrobku a od něho. Jde tedy o popis drah nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu potřebujeme rozměry z výrobního výkresu,
- **Technologické** - stanovují, jakým postupem vyrábět, jakými nástroji, jakou technologií obrábění z hlediska řezných podmínek (jsou to zejména otáčky nebo řezná rychlost, posuv, případně hloubka třísky),
- **Pomocné** - jsou to informace, povely pro stroj, určené pro určité pomocné funkce (například zapnutí čerpadla chladicí kapaliny, otáčky vřetene, výměna nástroje atd.)

5.1 Nulové a ostatní vztažné body na CNC strojích

Všechny CNC stroje mají určený pracovní prostor, ve kterém se pohybují. Je důležitý například k zajištění bezpečnosti na pracovišti. Polohu tělesa v dané vztažné soustavě umožňuje určovat souřadnicový systém, který je součástí řídicího systému stroje a je aktivován ihned po jeho zapnutí. Nulové, referenční a ostatní vztažné body jsou zobrazeny na (obr. 22) [19].



Obr. 22 Nulové a vztažné body na CNC soustruhu [18].

Nulové body CNC strojů [19]:

- **M** – nulový bod stroje, je pevně stanoven samotným výrobcem CNC stroje. Jedná se o výchozí bod všech souřadnic, nemůže jej měnit ani programátor. Bod je však možné posouvat do námi zvolené polohy.
- **W** – nulový bod obrobku, určuje samotný programátor. Od něj se pak počítá tvar samotné součásti. Tento počátek souřadného systému obrobku je možné podle potřeby měnit. Pokud jsou součásti tvarově souměrné, bod W je obvykle umístěn v samotné ose souměrnosti, případně na horní ploše polotovaru.

Referenční bod CNC stroje [19]:

- **R** - je stanoven výrobcem, najdeme jej v pracovním prostoru stroje, vzdálenosti s nulovým bodem jsou vloženy do paměti řídicího systému. Zajišťuje přesné nastavení odměřovacího systému obráběcího stroje a odstraňuje možné chyby.

Ostatní vztažné body CNC strojů [19]:

Kromě nulových a referenčních bodů rozlišujeme ještě další typy vztažných bodů.

- **C** – výchozí bod programu, je využíván při výměně součásti nebo nástroje.
- **F** – vztažný bod suportu nebo vřetene, bod výměny nástroje je umístěn na upínací nebo dosedací ploše nosiče nástroje. Nástroj má v bodě F nulové rozměry, proto je jeho skutečná dráha korigována pomocí takzvaných délkových korekcí.
- **E** – bod nastavení nástroje, tento bod na držáku nástroje je po upnutí totožný s bodem F. Slouží především k externímu poměřování korekcí nástroje.

5.2 Druhy programování

5.2.1 Ruční programování

Při ručním programování se v současnosti, ve strojírenské praxi, používají vyspělé cykly a v omezené šíři kód ISO. Jsou však rozdíly mezi těmito programy, v závislosti na autorech a určení řídicího systému pro požadovaný typ výroby zde existuje specializace. Těchto řídicích systémů, jejich různého autorského, firemního provedení je velké množství, jsou to především v oblasti CNC obrábění známé značky jako je například Fancu, Sinumerik, Heidenhain. Programuje se absolutně s podporou matematického aparátu, aby se zrychlila a zpřesnila činnost programujícího [14].

5.2.2 Dílenské programování

Obecně lze konstatovat: dílenské programování je to, co programuje obsluha na stroji v dílně. Ale na strojích do jejich řídicích systémů se již nahrávají i CAD/CAM systémy – tedy vyspělé automatizované programování, které může obsluha na stroji přímo využít. Obecně však platí, že stroj má vyrábět a nikoliv sloužit jak programovací pracoviště [14].

5.2.3 Konturové programování

Toto programování nepředstavuje samostatný druh, ale je součástí např. nakreslení libovolné kontury v cyklu hrubování, hlazení – tedy je podprogramem. Svým způsobem tvoří přechod mezi typicky ručním programováním a CAD/CAM systémem [14].

5.3 Struktura programu

NC program je zapsán pomocí jednotlivých bloků, které mají své číselné označení. K vymazání nežádoucího bloku slouží prázdný blok. Bloky, které tvoří NC program, jsou zase tvořeny jednotlivými funkcemi. Funkce mohou být dále děleny podle toho, k čemu slouží [20].

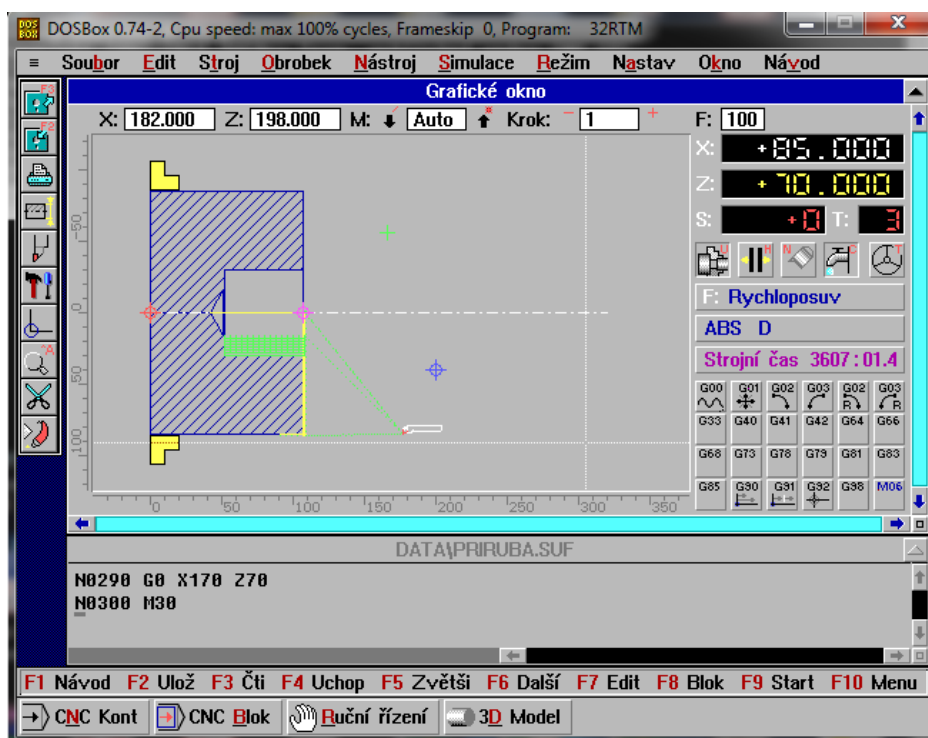
Přípravné funkce G: Slouží k vydávání povelů stroji ke stanoveným úkolům. Zpravidla jde o jednoduché příkazy, například k vrtání či jednoduchým pohybům stroje [20].

Pomocné funkce M: Tyto funkce se starají o ovládání dílčích mechanismů CNC stroje, například o cyklus výměny nástroje či ovládání čerpadla procesní kapaliny [20].

5.4 Řídicí systém Mikronex

5.4.1 Soustružení

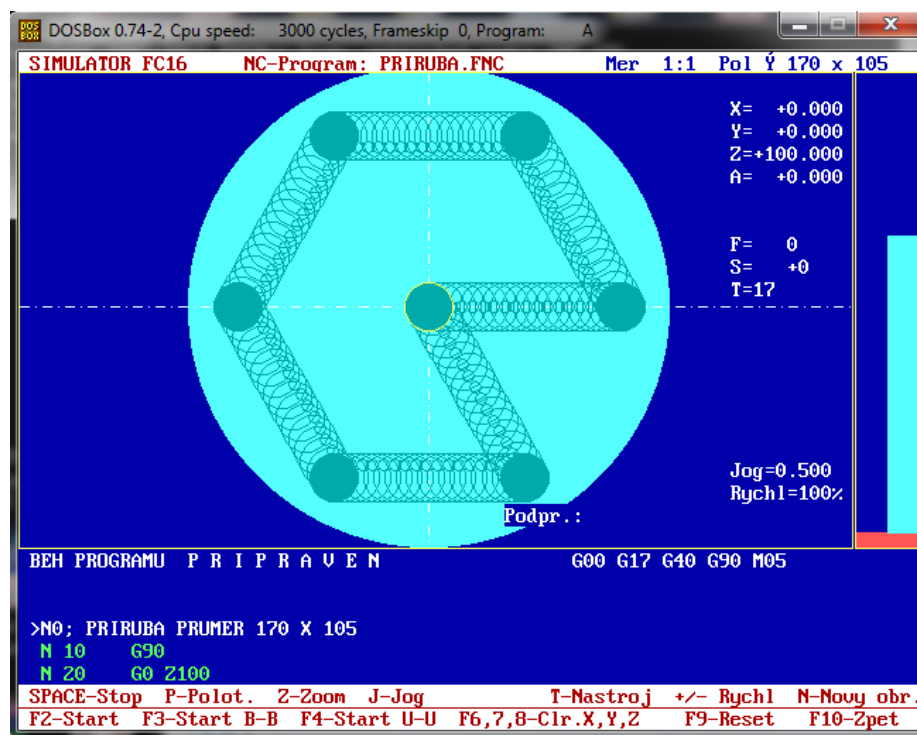
NC program byl vytvořen v programu SUF 16 CNC. V prvním kroku byl nastaven rozměr polotovaru, nulový bod obrobku a byla vyplněna tabulka nástrojů podle zvolených nástrojů z tab. 4.1. Následně byl otevřen editor NC programu, do kterého byly zapisovány bloky, které obsahovaly přípravné funkce G, a pomocné funkce M. Zadanou součást nelze obrobit na jedno upnutí, proto bylo potřeba vytvořit dva NC programy. Při psaní NC programů se dodržovala posloupnost operací podle technologického postupu. Po napsání každého programu byla spuštěna simulace, která slouží ke kontrole proti kolizím (obr. 23).



Obr. 23 Simulace NC programu pro operaci 01/01.

5.4.2 Vrtání

NC program pro vrtání průchozích děr byl napsán v programu FC 16 CNC. Nejprve byl nastaven rozměr polotovaru, nulový bod obrobku a byla vyplněna tabulka nástrojů podle tab. 4.2. Dále byl otevřen editor NC programu, do kterého se psaly přípravné funkce G a pomocné funkce M. Tento systém obsahuje obráběcí cyklus G76, který slouží přímo k vrtání děr na přírubě. Příkaz G76 byl zapsán pomocí roztečné kružnice, počtu otvorů na roztečné kružnici a hloubce vrtání. Díky tomuto cyklu se zkrátil čas programování. Po sepsání NC programu byla spuštěna simulace, která zkontrolovala, zda nedochází při obráběcím procesu ke kolizím (obr. 24). NC program obsahuje 14 řádků.



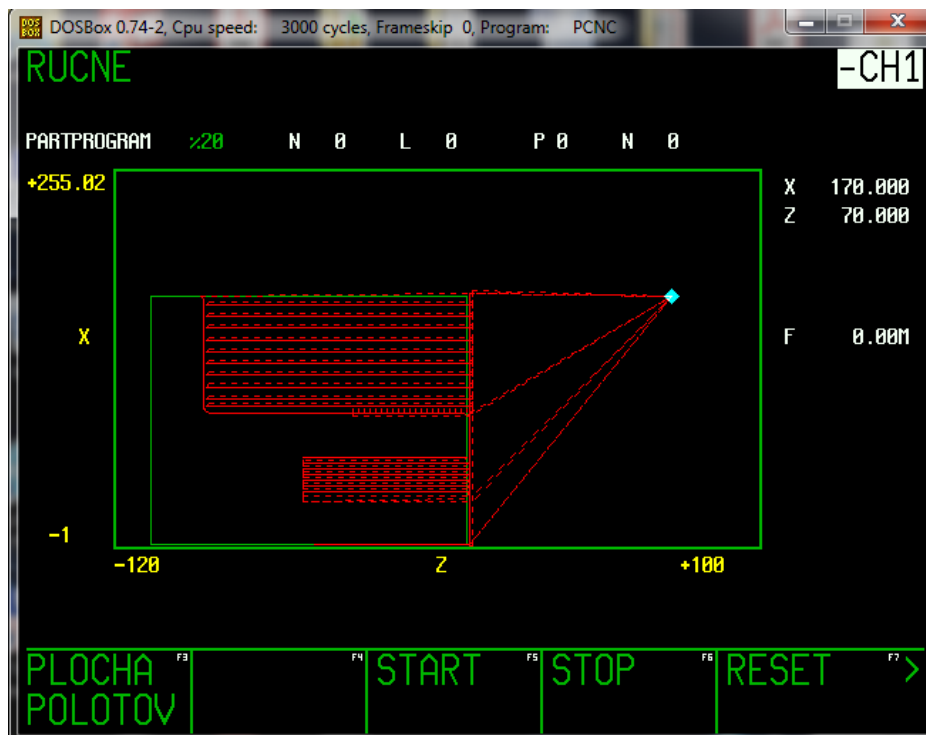
Obr. 24 Simulace operace 05/05.

5.5 Řídicí systém Siemens

5.5.1 Soustružení – Sinumerik 810/820 T, 840 D

NC program byl vytvořen v programu Sinumerik 810/820 T. Nejprve byl vytvořen podprogram kontury L1 a L2, který popisoval tvar součásti. NC programy byly tvořeny pomocí přípravných funkcí G a pomocných funkcí M. Po napsání každého programu byla spuštěna simulace, která slouží ke kontrole proti kolizím (obr. 25).

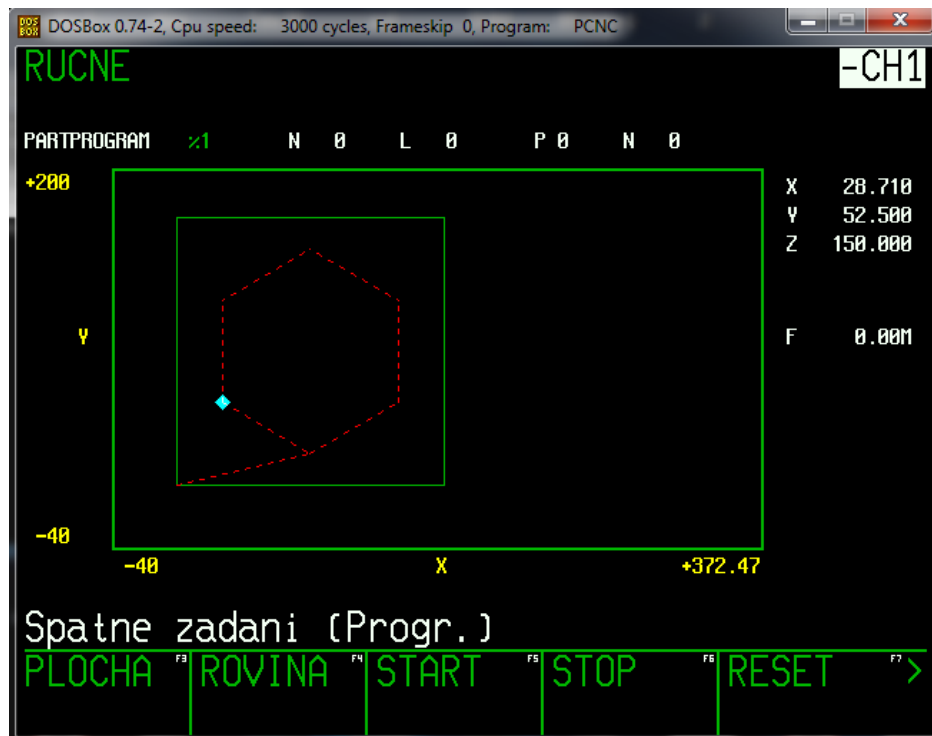
NC programy pro řídicí systém Siemens 840 D byly vytvořeny přímo na obráběcím stroji a nachází se v příloze 10.



Obr. 25 Simulace NC programu pro operaci 03/03.

5.5.2 Vrtání – Sinumerik 810 M

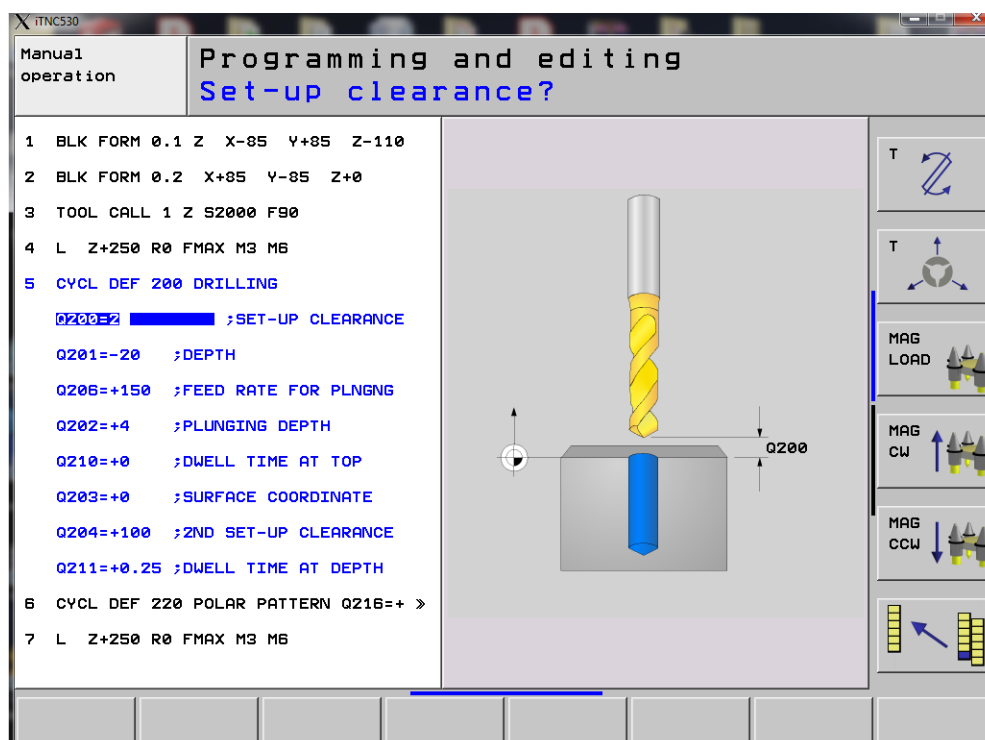
NC program byl vytvořen v programu Sinumerik 810 M. NC program byl vytvořen pomocí přípravných funkcí G a pomocných funkcí M. Po napsání NC programu byla spuštěna simulace, která slouží ke kontrole proti kolizím (obr. 26).



Obr. 26 Simulace NC programu pro operaci 05/05.

5.6 Řídicí systém Heidenhain

NC program byl vytvořen v programu Heidenhain iTNC 530. Program obsahuje 12 řádků. Při vytváření NC programu byly použity cykly 200 a 220. Cyklus 200 slouží k naprogramování vrtání (obr. 31) a cyklus 220 popisuje rastr bodů na kružnici.

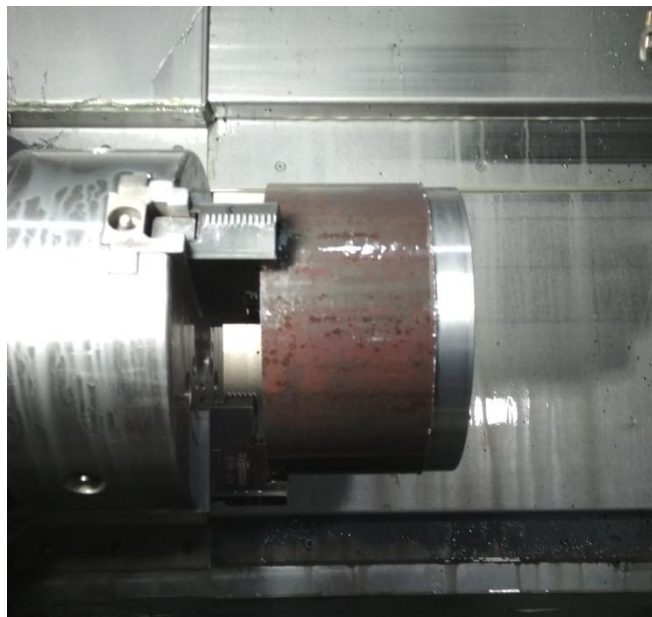


Obr. 27 Vrtací cyklus 200.

6 ODLADĚNÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU A VÝROBA PROTOTYPU

Po nahrání prvního NC programu pro operaci 01/01 na CNC soustruh SP 280 SY byla vyplněna tabulka nástrojů a spuštěna simulace obrábění. Simulace obráběcího procesu nám umožňuje porovnat výkres součásti s tvarem po simulaci, umožňuje kontrolu pracovních drah nástrojů a rozměrů obrobku, upozorní na případné podřezání kontury a chybně zapsaný blok v NC programu. Dále kontroluje obráběcí proces z hlediska kolizí nástroje, obrobku a stroje. Simulace nehlásila žádné kolize, chybné bloky a vizuálně odpovídala výkresu součásti.

Poté byly zvolené nástroje zkontrolovány vizuálně, hlavně VBD kvůli opotřebení a upnuty do nástrojové hlavy CNC soustruhu. Před upnutím polotovaru došlo k jeho zkontrolování, byla změřena jeho délka pomocí digitálního posuvného měřidla (M1) a průměr pomocí analogového posuvného měřidla (M2). Polotovar byl upnut do sklíčidla ROHM KFD-HE 210/3 a byl nastaven nulový bod obrobku. Po zavření bezpečnostních dveří byl zapnut přívod procesní kapaliny a spuštěn program. Při obrábění byl obráběcí proces kontrolován a v případě, že by se odchýlil od NC programu, obsluha byla připravena stroj zastavit. Po obráběcím procesu byl zastaven přívod procesní kapaliny, byly uvolněny bezpečnostní dveře a obrobek byl očištěn pomocí stlačeného vzduchu (obr. 28).



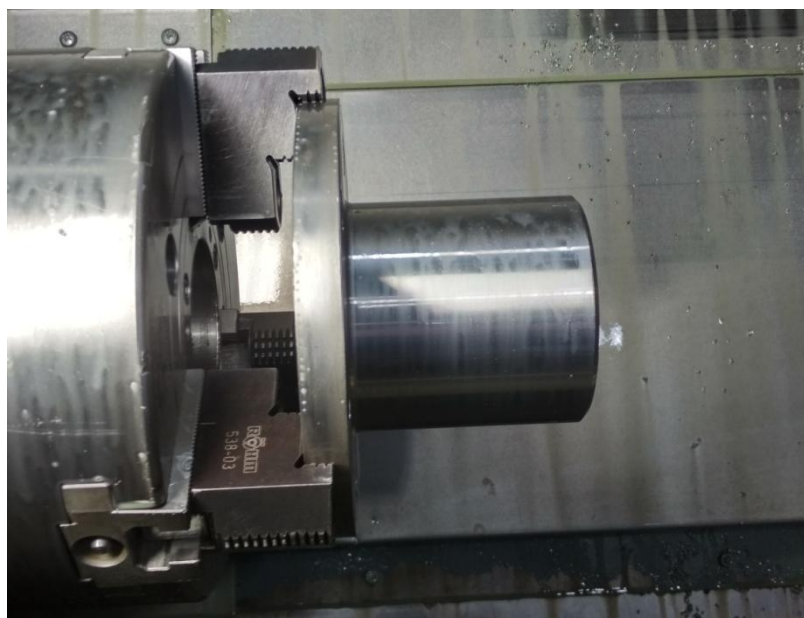
Obr. 28 Obrobek po operaci 01/01.

Obrobek byl vytažen ze stroje a zkontrolován. Kontrola proběhla vizuálně, poté se zkontroloval obráběný průměr obrobku pomocí analogového posuvného měřidla (M2) a vnitřní průměr díry pomocí digitálního posuvného měřidla (M1). Obrobek byl otočen a upnut za obrobenou plochu (obr. 29).



Obr. 29 Obrobek upnutý za obrobenou plochu.

Do CNC soustruhu byl nahrán druhý NC program pro operaci 03/03, který byl zkontrolován pomocí simulace. Simulace nehlásila žádné kolize, chybné bloky a vizuálně odpovídala výkresu součásti. Nejprve byl zapnut přívod procesní kapaliny a poté byl spuštěn NC program. Při obrábění byl obráběcí proces vizuálně kontrolován. Po skončení programu byl zastaven přívod procesní kapaliny, byly uvolněny bezpečnostní dveře a obrobek byl očištěn pomocí stlačeného vzduchu (obr. 30).



Obr. 30 Obrobek po operaci 03/03.

Po vytažení ze stroje byl obrobek zkontrolován. Proběhla vizuální kontrola obrobku a kontrola průchozí díry $\varnothing 60$ mm pomocí digitálního posuvného měřidla (M1).

Následně byl obrobek přenesen k pracovišti s CNC portálovým centrem MCV 1210. Obrobek byl upnut do stroje. Do stroje byl nahrán NC program a do zásobníku nástrojů byly upnuty zvolené nástroje pro operaci 05/05. NC program byl zkontrolován pomocí simulace. Simulace nehlásila žádné kolize, chybné bloky a vizuálně odpovídala výkresu součásti. Nejprve byl zapnut přívod procesní kapaliny a spuštěn NC program. Při obrábění byl obráběcí proces vizuálně kontrolován. Po skončení programu byl zastaven přívod procesní kapaliny, byly uvolněny bezpečnostní dveře a obrobek byl očištěn pomocí stlačeného vzduchu. Výsledný obrobek je na obr. 31.



Obr. 31 Výsledný obrobek.

7 ZHODNOCENÍ PROTOTYPU

Součást byla po obráběcích procesech zkontrolována. Nejprve vizuálně a poté se kontrolovaly průměry průchozích děr pro šrouby M16 pomocí digitálního posuvného měřidla (M1). Naměřené průměry všech průchozích děr byly v toleranci, která byla předepsána v technologickém postupu. V průchozí díře $\varnothing 60$ mm byla nalezena přechodová nerovnost mezi operacemi 01/01 a 03/03. Tato nerovnost byla způsobená tím, že součást nebylo možné vyrobit na jedno upnutí, protože nebyl k dispozici vrták s délkou, která by prošla celým obrobkem. Proto byla součást vyrobena na dvě upnutí. Avšak tato nerovnost nezpůsobí ztrátu funkčnosti součásti, protože průchozí dírou $\varnothing 60$ mm protéká voda, která není ovlivněna touto nerovností.

7.1 Výrobní výpočty

Celkový čas soustružení příruby:

$$t_{\text{Scelk}} = t_{\text{ASC}} + t_{\text{AVC}} \text{ [min]} \quad (7.1)$$

kde:

t_{ASC} – celkový jednotkový strojní čas [min]

t_{AVC} – celkový vedlejší čas [min]

$$t_{\text{Scelk}} = 17,816 + 0,785 = 17,971 \text{ min}$$

Celkový čas vrtání příruby:

$$t_{\text{Vcelk}} = t_{\text{ASC}} + t_{\text{AVC}} \text{ [min]} \quad (7.2)$$

kde:

t_{ASC} – celkový jednotkový strojní čas [min]

t_{AVC} – celkový vedlejší čas [min]

$$t_{\text{Vcelk}} = 1,482 + 0,043 = 1,525 \text{ min}$$

Celkový čas výroby příruby:

$$t_{\text{celk}} = t_{\text{Scelk}} + t_{\text{Vcelk}} \text{ [min]} \quad (7.3)$$

kde:

t_{Scelk} – celkový čas vrtání příruby [min]

t_{Vcelk} – celkový čas vrtání příruby [min]

$$t_{\text{celk}} = 17,971 + 1,525 = 19,496 \text{ min}$$

Náklady na polotvar jsou uvedeny v tab. 7.1.

Tab. 7.1 Náklady na polotovar.

		Cena s DPH
ocel kruhová 170 S355 J0	[Kč]	649,03
dělení materiálu	[Kč]	169,40
doprava materiálu	[Kč]	277,01
celkem	[Kč]	1095,44

ZÁVĚR

Zadáním bakalářské práce byla výroba příruby na CNC strojích. Byla zde popsána funkce příruby v sestavě nádrže. Byl zde vytvořen výkres součásti, který se nachází v příloze 1. Materiál byl zvolen ČSN 41 1523, který je stejný jako materiál nádrže, protože k dané součásti nebyla nalezena žádná výkresová dokumentace. Pomocí výpočtů byl zvolen polotovar $\varnothing 170$ ČSN 42 5510.12 – 11 523. Polotovar byl objednan u firmy MZ hutní materiály, která měla v nabídce i řezání polotovaru na požadovaný rozměr, takže nebylo potřeba řešit případné problémy s dělením.

Dále bakalářská práce obsahuje výpočet normy spotřeby materiálu a stupeň využití materiálu. Stupeň využití materiálu vyšel 0,24. Tato hodnota se nepohybuje v obvyklém rozmezí pro obrábění (0,4 až 0,8). Ale protože se jednalo o výrobu jednoho kusu, lze tento ukazatel zanedbat. V případě, že by se součást vyráběla ve velké sérii, muselo by dojít ke změně ve výrobním postupu např. volba vhodného polotovaru, jako je odlitek nebo výkovek.

Byl zde sestaven technologický postup výroby součásti. Poté byly vytvořeny NC programy pro různé řídicí systémy jako je Mikronex, Siemens, Heidenhain, které se nacházejí v příloze 10. Součást byla vyrobena ve školní dílně na CNC strojích. Po vyrobení byla vizuálně a rozměrově zkontrolována. Nakonec byl spočítán celkový čas obrábění součásti, který byl 19,496 min a náklady na polotvar, které byly 1095,44 Kč.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Ponorné čerpadlo do 50m, KRAFT&DELE, KD 1700. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://www.lednadoma.cz/katalog/cerpadla/1830/ponorne-cerpadlo-do-50m-230v-500w-kraft-dele-kd1700.html?gclid=EAIAIQobChMIjKTKjNb54AIVz7XtCh0scgsIEAQYBSABEgIYSfD_BwE
2. Jakosti ocelí, konstrukční ocel ČSN 41 1523. *FEROMAT: hutní a spojovací materiál*. [online]. 2010 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: http://www.feromat.cz/jakosti_oceli
3. Vlastnosti oceli S355J0. *Bolzano*. [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10025/MOP-prehled_vlastnosti_S355J0.pdf
4. ČSN 41 1523 / 1.0570. *JKZ Bučovice*. [online]. 2010 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://www.jkz.cz/cs/produkty/konstrukcni-oceli/csn-11-523-10570-st523/>
5. ČSN 41 1523. [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: https://www.techportal.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrODF32bS3UUhLt43w9y1W_Xp75N8MGgz73w
6. KUDELA, Miroslav. SANDVIK COROMANT (FIRMA). *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Praha: Scientia, 1997, 1 sv. (různé stránkování) : il. ISBN 91-972299-4-6.
7. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *STROJNICKÉ TABULKY: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2011, xiv, 927 s. ISBN 978-80-7361-081-4.
8. ZEMČÍK, Oskar. *TECHNOLOGICKÉ PROCESY: část obrábění: UČEBNÍ TEXTY KOMBINOVANÉHO BAKALÁŘSKÉHO STUDIA* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf>
9. KOCMAN, Karel a Jiří PERNIKÁŘ. *ROČNÍKOVÝ PROJEKT II – obrábění*. [online]. [cit. 2019-05-13]. Zpracováno v rámci projektu studijních opor v kombinované formě bakalářského studia “Strojírenská technologie“. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 26 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf
10. Katalog Pramet. *ECatalog Pramet Tools s.r.o.* [online]. 2016 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/Default.aspx?aspxerrorpath=/tool.aspx>
11. ČSN 22 1110 – DIN 33A, Vrták středicí 60°- tvar A. *STIMZET nástroje na otvory*. [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: https://www.stimzet.cz/data/csn221110_cz.html
12. Vrták s válcovou stopkou, ČSN 22 1182, 17,5 mm. *Habilis*. [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: https://habilis-shop.eu/Vrtak-s-valcovou-stopkou-kratky-HSS-221182-17-5-mm-p5662?gclid=EAIAIQobChMIhp6Mtv2Q4gIVBc13Ch0dZweEEAQYASABEgIsyfD_BwE
13. SolidWorks. *ICPro s.r.o. – SolidWorks*. [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.1cpro.cz/solidworks.php>

14. ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015, 240 s. : il. ISBN 978-80-247-5269.
15. CNC soustruh SP 280 SY. *KOVOSIT MAS*. [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: https://www.kovosvit.cz/download/lightproducts_produkty_cs/1540314237_cs_1_80_sp-280-cz-pl-web.pdf
16. Obráběcí stroje, CNC soustruhy. *KOVOSIT MAS*. [online]. 2015 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-280-p6.html#main>
17. Portálové obráběcí centrum MCV 1210. *TAJMAC ZPS – Vývoj, výroba a prodej obráběcích strojů*. [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.tajmac-zps.cz/mcv-1210>
18. Technický týdeník: Akademie CNC obrábění. [online]. 2009 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/akademie-cnc/akademie-cnc-obrabeni-7_8542.html
19. Nulové a vztažné body na CNC strojích. *FactoryAutomation – Časopis o automatizaci a robotice*. [online]. 2016 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/nulove-a-dalsi-vztazne-body-na-cnc-strojich-vyznate-se-v-nich/>
20. Základy CNC programování. *FactoryAutomation – Časopis o automatizaci a robotice*. [online]. 2016 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/zaklady-cnc-programovani-tuhle-terminologii-musite-znat/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
CAD	computer aided design
CAM	computer aided manufacturing
CNC	computer numeric control
ČSN	česká státní norma
EN	evropská norma
HSC	high speed cutting
HSS	high speed steel
ISO	international organization for standardization
KD	kraft&dele
MTZ	materiálně technické zabezpečení
NC	numeric control
OTK	odborná technická kontrola
PVC	polyvynilchlorid
ŘS	řídící systém
VBD	vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
A_s	[%]	tažnost
D	[mm]	průměr obráběné plochy
KV	[J]	nárazová práce
L	[mm]	celková dráha nástroje
N_m	[kg]	norma spotřeby materiálu
R_e	[MPa]	mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti
S_s	[mm ²]	plošný obsah součásti
V_p	[mm ³]	objem polotovaru
V_s	[mm ³]	objem součásti
Z_m	[kg]	celková ztráta materiálu na jednici
ap	[mm]	šířka záběru hlavního ostří nástroje

a_{pmax}	[mm]	maximální šířka záběru hlavního ostří nástroje
a_{pmin}	[mm]	minimální šířka záběru hlavního ostří nástroje
b	[mm]	šířka držáku
f	[mm]	posuv
f_{max}	[mm]	maximální posuv
f_{min}	[mm]	minimální posuv
f_r	[mm]	rychloposuv
h	[mm]	výška držáku
i	[-]	počet záběrů
k_m	[-]	stupeň využití materiálu
l	[mm]	délka obráběné plochy
l	[mm]	délka řezní hrany
l_n	[mm]	délka náběhu
l_p	[mm]	délka přeběhu
m	[kg]	hmotnost nože
m_p	[kg]	hmotnost polotovaru
m_s	[kg]	hmotnost součásti
n	[min ⁻¹]	otáčky
q_D	[kg]	ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici
q_K	[kg]	ztráta nevyužitého konce tyče připadající na jednici
q_O	[kg]	ztráta vzniklá obráběním
r_ϵ	[mm]	rádius špičky
s	[mm]	tloušťka vyměnitelné břitové destičky
t_{as}	[min]	jednotkový strojní čas
t_{ASC}	[min]	celkový jednotkový strojní čas
t_{av}	[min]	vedlejší čas
t_{AVC}	[min]	celkový vedlejší čas
t_{celk}	[min]	celkový čas pro výrobu příruby
t_{Scelk}	[min]	celkový čas soustružení
t_{Vcelk}	[min]	celkový čas vrtání

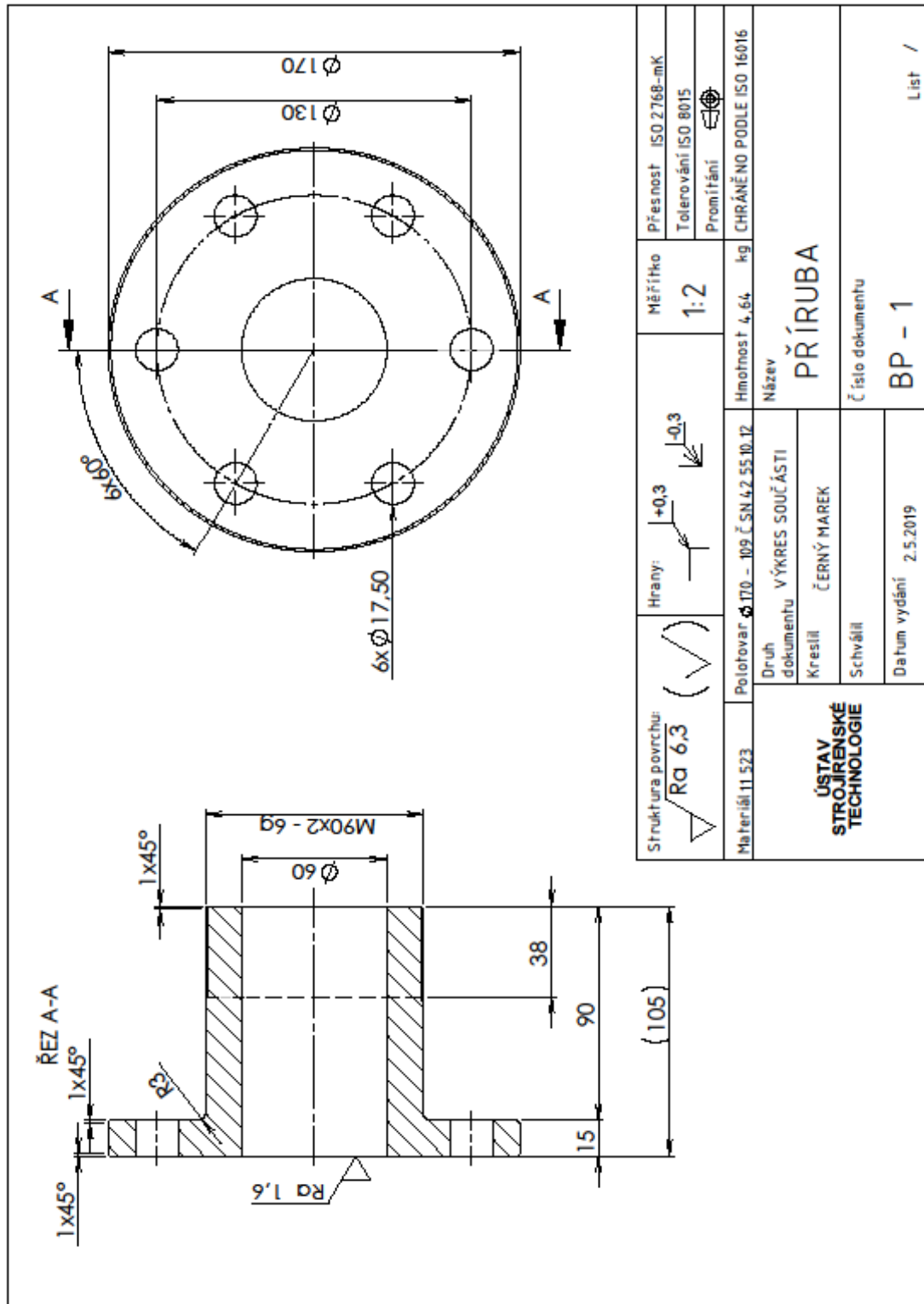
v_c	$[\text{m}\cdot\text{min}^{-1}]$	řezná rychlost
x_T	$[\text{mm}]$	těžiště v ose x
y_T	$[\text{mm}]$	těžiště v ose y
z_T	$[\text{mm}]$	těžiště v ose z
α	$[\text{K}^{-1}]$	teplotní součinitel roztažnosti
γ_0	$[\text{°}]$	úhel nastavení ortogonálního úhlu čela
λ_s	$[\text{°}]$	úhel sklonu ostří
λ_t	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}]$	tepelná vodivost
π	$[-]$	Ludolfovo číslo
ρ	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	hustota

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti
Příloha 2	Technické parametry stroje SP 280 SY
Příloha 3	Technické parametry stroje MCV 1210
Příloha 4	Návodka 1 pro CNC soustruh SP 280 SY
Příloha 5	Návodka 2 pro CNC soustruh SP 280 SY
Příloha 6	Návodka 3 pro CNC soustruh SP 280 SY
Příloha 7	Návodka 4 pro CNC soustruh SP 280 SY
Příloha 8	Návodka 5 pro CNC frézku MCV 1210
Příloha 9	Ukázka NC programu operace 05/05 pro řídicí systém Mikronex
Příloha 10	Ukázka částí NC programů pro různé řídicí systémy

PŘÍLOHA 1

Výkres součásti



PŘÍLOHA 2

Technické parametry CNC soustruhu SP 280 SY [15]

Pracovní prostor		
Oběžný průměr nad ložem	mm	570
Maximální délka soustružení	mm	450
Maximální průměr soustružení	mm	280
Maximální průchod tyče elektrovřetenem	mm	A6: Ø61
Pojezdy os		
Osa X ₁ / Z ₁	mm	241 / 640
Osa Y ₁	mm	± 50
Pravý vřeteník Zs	mm	600
Rychloposuv		
Osy X ₁ / Z ₁	m · min ⁻¹	30 / 30
Maximální otáčky		
Elektrovřetenem	min ⁻¹	A6: 4 700
Protivřetenem	min ⁻¹	A5: 6 000
Nástrojová hlava		
Počet poloh	-	12
Průměr otvoru VDI	mm	40
Maximální otáčky nástrojového vřetená	min ⁻¹	4 000
Motor vřetená		
Elektrovřetenem		
Výkon S1 / S6 – 40%	kW	20,9 / 27
Maximální krouticí moment S1 / S6 – 40%	Nm	200 / 257
Protivřetenem		
Výkon S1 / S6 – 40%	kW	7,5 / 9
Maximální krouticí moment S1 / S6 – 40%	Nm	48 / 57
Nástrojové vřetenem		
Výkon S3 – 40%	kW	8
Maximální krouticí moment S3 – 40%	Nm	40
Rozměry a hmotnost stroje		
Délka x šířka x výška	mm	3 875 x 2 122 x 2 345
Hmotnost	kg	7 900

PŘÍLOHA 3

Technické parametry CNC frézky MCV 1210 [17]

Pracovní pojezd		
Osa X – křížový support	mm	1 000
Osa Y - příčník	mm	800
Osa z – smykadlo	mm	600
Pracovní stůl		
Pracovní plocha	mm	1 200 x 1 000
Počet T - drážek	-	11
Rozteč drážek	mm	100
Maximální zatížení	kg	3 000
Posuvy v osách X, Y, Z		
Maximální pracovní posuv	m · min ⁻¹	40
Rychloposuv	m · min ⁻¹	40
Maximální zrychlení os	m · s ⁻²	5
Hmotnosti		
Stroj (včetně zásobníků nástrojů)	kg	11 500
Dvouosá CNC hlava - vřeteno		
Maximální výkon	kW	23
Maximální krouticí moment	Nm	72
Maximální otáčky	min ⁻¹	18 000
Vřetenová jednotka – elektrovřeteno		
Maximální otáčky vřetena	min ⁻¹	18 000
Maximální výkon vřetena	kW	31
Maximální krouticí moment vřetena	Nm	197
Automatický zásobník nástrojů		
Počet nástrojů v zásobníku	-	12
Čas výměny nástroje (nástroj – nástroj)	s	3,5
Maximální průměr nástroje	mm	80
Maximální délka nástroje	mm	250
Maximální hmotnost nástroje včetně držáku	kg	6,5

PŘÍLOHA 4

Návodka pro operaci 01/01

VUT v Brně, FSI, ÚST	VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: PŘÍRUBA				
Materiál: S355 J0 (ČSN 41 1523)			Polotovar: ø170 - 109 ČSN 42 5510.12						
Číslo operace: 01/01		Třídící číslo: 34156			Pracoviště: Obrobna				
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY									
Úsek	Nástroj	i [-]	vc [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	ap [mm]	L [mm]	tas [min]	tav [min]
1 – čelní hrubování	T1	1	200	375	0,40	2	86	0,284	0,017
2 – podélné hrubování	T1	1	200	375	0,40	0,5	16,4	0,109	0,005
3 – čelní dokončování	T2	1	300	564	0,12	0,5	85,8	1,268	0,029
4 - vrtání	T5	1	18,9	190	0,29	16	56	1,016	0,019
5 – podélné hrubování	T3	7	150	796	0,2	2	56	2,462	0,131
Σ								5,139	0,201
Navrhl: ČERNÝ MAREK			Datum: 16.5.2019			Schválil:			

PŘÍLOHA 5

Návodka pro operaci 03/03

VUT v Brně, FSI, ÚST	VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: PŘÍRUBA				
Materiál: S355 J0 (ČSN 41 1523)				Polotovár: $\varnothing 170 - 109$ ČSN 42 5510.12					
Číslo operace: 04/04			Třídící číslo: 34156			Pracoviště: Obrobna			
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY									
Úsek	Nástroj	i [-]	vc [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	ap [mm]	L [mm]	tas [min]	tav [min]
1 – čelní hrubování	T1	1	200	375	0,32	2	86	0,717	0,029
2 – podélné hrubování	T1	9	200	375	0,32	4	93	6,750	0,279
3 – podélné hrubování	T1	1	200	685	0,32	2	88	0,401	0,029
Σ								7,868	0,337
Navrhl: ČERNÝ MAREK			Datum: 16.5.2019			Schválil:			

PŘÍLOHA 6

Návodka pro operaci 03/03

VUT v Brně, FSI, ÚST	VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: PŘÍRUBA				
Materiál: S355 J0 (ČSN 41 1523)				Polotovár: $\varnothing 170 - 109$ ČSN 42 5510.12					
Číslo operace: 04/04			Třídící číslo: 34156			Pracoviště: Obrobná			
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY									
Úsek	Nástroj	i [-]	vc [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	ap [mm]	L [mm]	tas [min]	tav [min]
1 – dokončení obrysu	T2	1	250	884	0,12	1	134	1,263	0,045
2 - vrtání	T5	1	18,9	190	0,29	16	53	0,962	0,018
3 – podélné hrubování	T3	7	150	796	0,2	2	53	2,330	0,124
Σ								4,555	0,187
Navrhl: ČERNÝ MAREK			Datum: 16.5.2019			Schválil:			

PŘÍLOHA 7

Návodka pro operaci 03/03

VUT v Brně, FSI, ÚST		VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: PŘÍRUBA			
Materiál: S355 J0 (ČSN 41 1523)					Polotovár: $\varnothing 170 - 109$ ČSN 42 5510.12				
Číslo operace: 04/04			Třídící číslo: 34156		Pracoviště: Obrobna				
Stroj: CNC soustruh SP 280 SY									
		i	vc	n	f	ap	L	tas	tav
Úsek	Nástroj	[-]	[m·min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]	[min]
1 – řezání závitu	T4	5	10	354	2	0,1	36	0,254	0,060
Σ								0,254	0,060
Navrhl: ČERNÝ MAREK			Datum: 16.5.2019			Schválil:			

PŘÍLOHA 8

Návodka pro operaci 05/05

VUT v Brně, FSI, ÚST	VÝROBNÍ NÁVODKA				Součást: PŘÍRUBA				
Materiál: S355 J0 (ČSN 41 1523)				Polotovar: ø170 - 109 ČSN 42 5510.12					
Číslo operace: 05/05			Třídící číslo:			Pracoviště: Obrobna			
Stroj: CNC frézka MCV 1210									
		i	vc	n	f	ap	L	tas	tav
Úsek	Nástroj	[-]	[m·min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]	[min]
1 – vrtání střed. důlků	T6	6	27,9	2 122	0,06	1,6	3,5	0,165	0,007
2 - vrtání	T7	6	22,9	430	0,19	8,8	18	1,322	0,036
Σ								1,482	0,043
Navrhl: ČERNÝ MAREK				Datum: 16.5.2019			Schválil:		

PŘÍLOHA 9

Ukázka NC programu operace 05/05 pro řídicí systém Mikronex

N0; PRIRUBA 170 x 105

N 10	G90	- absolutní programování
N 20	G0 Z100	- najetí rychloposuvem do bodu výměny nástroje
N 30	G0 X0 Y0	- najetí rychloposuvem na nulový bod
N 40	M6 T4	- výměna nástroje
N 41	M3 S2122 F0.06	- zapnutí vřeten se zadanými otáčkami a posuvem
N 50	G0 Z2	- najetí rychloposuvem nad obrobek
N 60	G76 D130 Z-2.5 H6	- vrtací cyklus k vrtání děr na přírubě, zadává se průměr roztečné kružnice, hloubka vrtání a počet děr
N 70	G0 Z100	- najetí rychloposuvem do bodu výměny nástroje
N 80	M6 T17	- výměna nástroje
N 90	M3 S430 F0.19	- zapnutí vřetene se zadanými otáčkami a posuvem
N 100	G0 Z2	- najetí rychloposuvem nad obrobek
N 110	G76 D130 Z-15 H6	- vrtací cyklus k vrtání děr na přírubě, zadává se průměr roztečné kružnice, hloubka vrtání a počet děr
N 120	G0 Z100	- najetí rychloposuvem do bodu výměny nástroje
N 130	M30	- konec programu

PŘÍLOHA 9

Ukázka částí NC programů pro různé řídicí systémy

Řídicí systém Mikronex:

Operace 01/01:

N0010 G90

N0020 G0 X170 Z70

N0030 M6 T1

N0040 M3 S375 F0.4

N0050 G0 X172 Z1

N0060 G1 X-1 Z1

N0070 G1 X-1 Z2

...

...

N0240 G0 X170 Z70

N0250 M6 T3

N0260 M3 S796 F0.2

N0270 G0 X32 Z1

N0280 G64 X60 Z-55 H2

N0290 G0 X170 Z70

N0300 M30

Operace 03/03:

N0010 G90

N0020 G0 X170 Z70

N0030 M6 T1

N0040 M3 S375 F0.32

N0050 G0 X172 Z0

N0060 G1 X-1 Z0

N0070 G1 X-1 Z1

N0080 G0 X170 Z1

N0090 G64 X100 Z-89 H4 F0.32

N0100 G0 X100 Z1

N0110 G64 X92 Z-85 H2 F0.32

N0120 G0 X180 Z70

...

...

N0370 G83 X88.524 Z-38 R2 D0.2 K1.25 H0.1

N0380 G0 X170 Z70

N0390 M30

Řídicí systém Siemens:

Operace 01/01:

N0010 G90

N0015 G54 G96

N0020 G0 X170 Z70

N0030 M6 T1

N0040 M3 S375 F0.4

N0050 G0 X172 Z1

N0060 G1 X-1 Z1

N0070 G1 X-1 Z2

N0080 G0 X169.5 Z2

N0090 G1 x169.5 Z-16

N0100 G1 X171 Z-16

...

...

N0190 M6 T5

N0200 M3 S190 F0.29

N0210 G0 X0 Z1

N0220 G1 X0 Z-65

N0230 G1 X0 Z1

N0240 G0 X170 Z70

N0250 M6 T3

N0260 M3 S796 F0.2

N0270 G0 X32 Z1

N0280 R20=2 R21=32 R22=1 R24=0 R25=0 R26=2 R27=0 R29=13

R28=0.2 R30=0.8

L96 P2

N0290 G0 X170 Z70

N0300 M30

Podprogram L2:

N0010 G90

N0020 G1 X60 Z0

N0030 G1 X60 Z-55

N0080 M17

Operace 03/03:

N0015 G54 G96

N0020 G0 X170 Z70

N0030 M6 T1 D1

N0040 M3 S375 F0.4

N0050 G0 X172 Z1

N0060 G1 X-1 Z1

N0070 G1 X-1 Z2

N0080 R20=1 R21=88 R22=0 R24=1 R25=1 R26=4 R27=0 R29=11

R28=0.4 R30=0.8

L96 P1

N0090 G0 X170 Z70

...

...

N0250 M6 T4 D4

N0260 M3 S354 F2

R20=2 R21=90 R22=0 R23=1 R24=1.25 R25=0.5 R26=1 R27=1

R28=4 R29=0 R31=90 R32=-38 L97 P1

S354 F0.2

N0270 G0 X90 Z1

N0280

N0290 G0 X170 Z70

N0300 M30

Podprogram L1:

N0010 G90

N0020 G1 X88 Z0

N0030 G1 X90 Z-1

N0040 G1 X90 Z-87

N0050 G2 X93 Z-90 B3

N0060 G1 X168 Z-90

N0070 G1 X170 Z-91

N0080 M17

Operace 05/05:

N0005 G90

N0010 G54 G17

N0015 G0 Z150

N0020 G0 X0 Y0

N0025 M6 T1 D1

N0030 M3 S2122 F0.06

N0035 G0 Z2

N0075 G0 X0 Y-65

N0080 G1 Z-2,5

N0085 G0 Z2

...

...

N0155 G1 Z-2,5

N0160 G0 Z2

N0165 G0 Z150

N0170 M6 T2 D2

N0175 M3 S430 F0.19

N0180 G0 X0 Y-65

N0185 G0 Z2

N0190 G1 Z-20

N0195 G0 Z2

...

...

N0250 G1 Z-20

N0255 G0 Z2

N0260 G0 X-56,29 Y -32,5

N0265 G1 Z-20

N0270 G0 Z2

N0275 G0 Z150

N0280 M30

Řídicí systém Heidenhain:

Operace 05/05:

```
0   BEGIN PGM příruba MM
1   BLK FORM 0.1 Z X-85 Y+85 Z-110
2   BLK FORM 0.2 Z X+85 Y-85 Z0
3   TOOL CALL 1 Z S2000 F90
4   L Z+250 R0 FMAX M3 M6
5   CYCL DEF 200 DRILLING Q200 = +2 ...
6   CYCL DEF 220 POLAR PATTERN Q216 = + .....
7   L Z+250 R0 FMAX M3 M6
8   TOOL CALL 2 Z S41 F20
9   CYCL DEF 200 DRILLING Q200 = +2 ...
10  CYCL DEF 220 POLAR PATTERN Q216 = + .....
11  L Z+250 R0 FMAX M2
12  END PGM příruba MM
```