



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# VÝROBNÍ PROCES SOUČÁSTI ZE ZÁKLADNY PŘÍSTROJE

PRODUCTION PROCESS OF A PART FROM THE BASE OF A DEVICE

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Kunst

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2021

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Ondřej Kunst</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>Ing. Milan Kalivoda</b>
Akademický rok:	2020/21

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:

## Výrobní proces součásti ze základny přístroje

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výroba součásti "základna přístroje" je navržena na moderní CNC stroje. Je upřednostněna frézovací technologie.

### Cíle bakalářské práce:

- SW konstrukce součásti
- Rozbor polotovaru
- Návrh stroje a příslušenství
- Sestavení dokumentace pro výrobní proces
- Vygenerování NC programu
- Zhodnocení

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

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

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje řešení výrobního procesu součásti ze základny přístroje. Úvodní kapitola se zabývá rozбором výrobku a podrobným popisem softwarové konstrukce 3D modelu. Další dvě části jsou věnovány volbě strojů, nástrojů a měřidel. Na ně navazuje kapitola s rozбором technologií ve výrobním postupu. V předposlední kapitole jsou popsány konkrétní NC programy pro výrobu na CNC stroji. Závěrečná kapitola je věnována orientačnímu výrobnímu výpočtu.

### Klíčová slova

frézování, výrobní postup, NC program, CNC stroje

## ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on the solution of the production process of a part from the apparatus base. Introduction of the thesis deals with the analysis of the product and a detailed description of the software construction of the 3D model. The next two parts are devoted to the choice of machines, instruments and gauges. This is followed by a chapter with the analysis of technologies used in the production procedures. The penultimate chapter describes the specific NC programs for the production on the CNC machinery. The final chapter is devoted to the indicative calculation of production process.

### Key words

milling, manufacturing process, NC program, CNC machinery

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUNST, Ondřej. *Výrobní proces součásti ze základny přístroje* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132615>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výrobní proces součásti ze základny přístroje** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

17. 5. 2021

-----  
Datum

-----  
Ondřej Kunst

## **PODĚKOVÁNÍ**

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

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI.....	10
1.1 Materiál součásti .....	10
1.3 Polotovar.....	10
1.3.1 Rozměry polotovaru .....	11
1.4 Náklady na materiál .....	13
2 SW KONSTRUKCE SOUČÁSTI.....	16
2.1 Program SolidWorks.....	16
2.2 Postup modelování.....	16
2.3 3D Model součásti .....	19
3 NÁVRH STROJŮ.....	20
3.1 Pásová pila .....	20
3.2 Frézka HAAS VF-2 .....	21
4 VOLBA NÁSTROJŮ A MĚŘIDEL.....	22
4.1 Řezání pásovou pilou.....	22
4.2 Frézování I.....	22
4.3 Frézování II.....	23
4.4 Frézování III .....	25
4.4 Frézování IV .....	26
5 ROZBOR TECHNOLOGIÍ VE VÝROBNÍM POSTUPU .....	27
5.2 Dělení materiálu.....	27
5.2 Frézování .....	27
5.3 Vrtání a řezání závitů.....	29
6 PROGRAMOVÁNÍ.....	31
6.1 Solid Edge.....	34
6.2 Sestavení programu pro frézování I.....	34
6.3 Sestavení programu pro frézování II .....	34
6.3 Sestavení programu pro frézování III .....	36
6.4 Sestavení programu pro frézování IV .....	36
7 VÝROBNÍ PROPOČTY .....	37

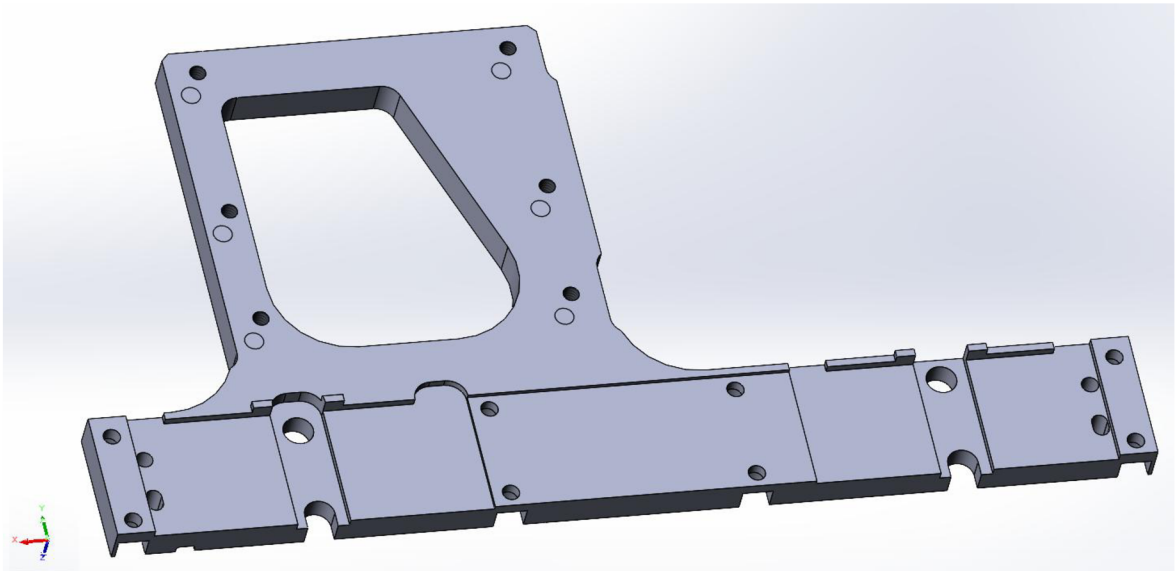
ZÁVĚR .....	39
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	42
SEZNAM PŘÍLOH.....	45



## ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na výrobní proces součásti inspirované skutečnou předlohou v úzké spolupráci s firmou, která se specializuje na CNC soustružení a CNC frézování veškerých materiálů kusové a malosériové výroby, popřípadě střední a větší série. Z důvodu krytí výkresové dokumentace reálné předlohy je tvar součásti upraven. Hlavním cílem práce je vytvořit optimální návrh výroby, za pomoci moderních strojů a nástrojů.

První kapitola je věnována technologičnosti výrobku, vhodnému návrhu materiálu a stanovení rozměrů polotovaru. V další části je v jednotlivých krocích naznačen postup modelování 3D modelu pomocí programu SolidWorks. Následující dvě kapitoly obsahují volbu strojů, nástrojů a měřidel. Na součásti (obr. 0.1) je vidět různé vybrání, drážky a mnoho průchozích děr, proto bude potřeba spousta nástrojů. Dále následuje kapitola, která se věnuje rozboru technologií, které byly použity k výrobě. Předposlední kapitola zahrnuje sestavení programu pro dané operace a v poslední kapitole jsou vypočítané orientační výrobní náklady.



Obr. 0.1 3D Model součásti.

## 1 ROZBOR SOUČÁSTI

Při výrobě součásti byly obráběny čelní rovinné plochy geometrickou tolerancí rovnoběžnosti 0,1 mm, dále jedna tvarová kapsa skrz tloušťku materiálu, zahloubení a další různé tvarové drážky. Také bylo v součásti vyvrtáno 8 děr se závitem 8 x M5, dvě díry pro šroub M8, osm děr se zahloubením pro šroub M4 a dvě oválné díry o šířce 4,2+0,2 mm a délce 6,2+0,3 mm.

Větší požadavky na jakost obrobenej plochy mají čelní rovinné plochy. Boční plochy kapsy, ostatní plochy mají drsnost povrchu odlišnou.

Tab. 1.1 Přehled obráběných ploch.

Plocha	Jakost obrobenej plochy/Tolerance/Přesnost
Čelní plochy	Ra 1,6
Boční plocha kapsy	Ra 1,6
Ostatní plochy	Ra 3,2
Závity (6x)	8xM5
Díra 1 (2x)	8+0,3
Díra 2 (8x)	4,2+0,2
Oválné díry	4,2+0,2 – 6,2+0,3

### 1.1 Materiál součásti

Součást byla vyrobena z materiálu EN AW – 6082 T6, označení dle ČSN 42 4400. Jedná se o vytvrditelnou slitinu střední pevnosti, velmi dobře svařitelnou a s velmi dobrou odolností proti korozi. Používá se na součásti se střední pevností dlouhodobě pracující při teplotách 50 °C až -70 °C, u nichž se požaduje dobrá technologičnost, korozní odolnost a dekorativní vzhled [1].

Mechanické vlastnosti a chemické složení EN AW – 6082 T6 jsou uvedeny v tab. 1.2 a tab. 1.3.

Tab. 1.2 Mechanické vlastnosti slitiny [2].

Označení dle EN AW	Označení dle ČSN	Jakost	Stav materiálu	Pevnost v tahu RM [MPa]	Mez kluzu min. Rp [MPa]	Tažnost A % min.
6082	42 4400	AlSi1MgMn	T6	min. 290	240	8

Tab. 1.3 Chemické složení slitiny [2].

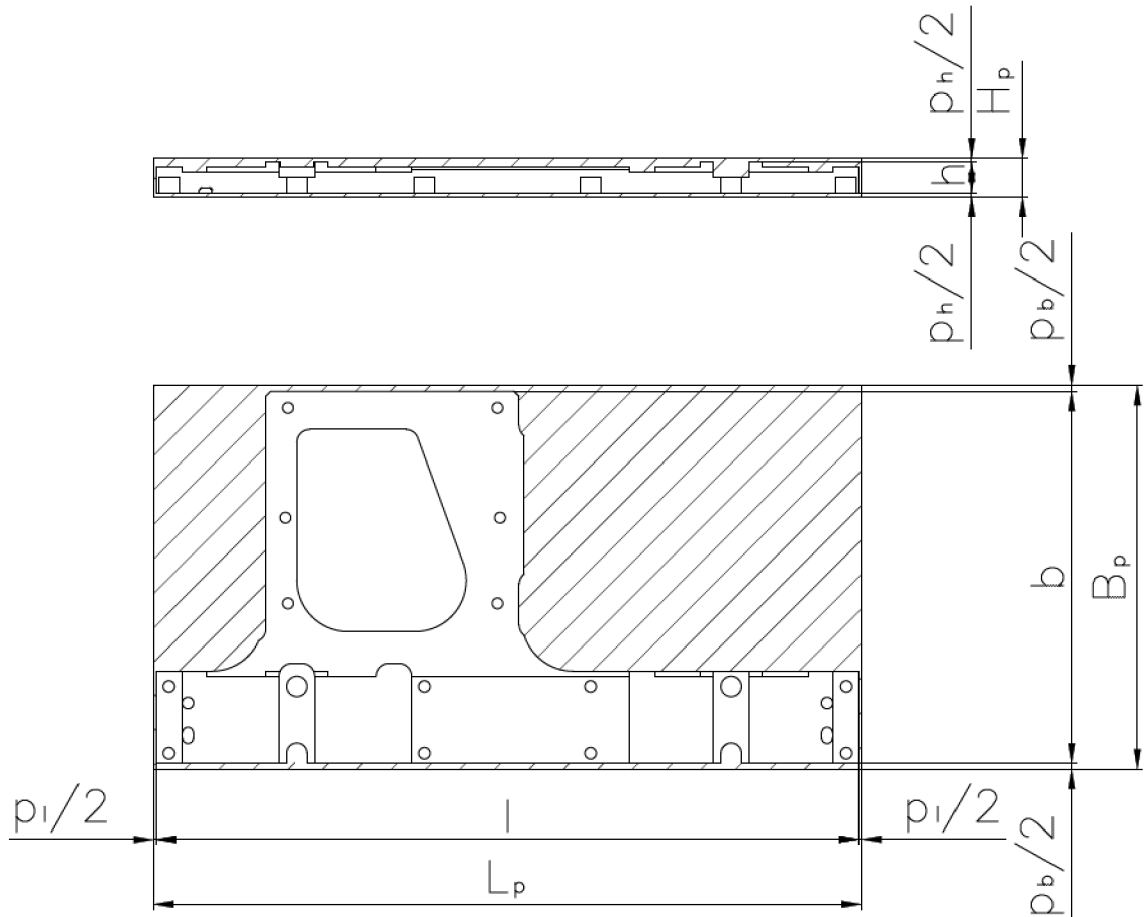
Prvek	Mg	Si	Mn	Al	Cu	Zn	Fe
Obsah [%]	0,7 až 1,2	0,7 až 1,2	0,4 až 1,0	zbytek	0,05	0,05	0,5

### 1.3 Polotovary

Polotvarem pro výrobu byla zvolena plochá tyč 160 x 15 ČSN 42 4400 EN – AW 6082 T6. Polotovary byl poptán u firmy Alumeco CZ s.r.o. Nákupní cena za 1 kg činila 180 Kč a délka tyče byla 3 000 mm.

### 1.3.1 Rozměry polotovaru

Pro výrobu součásti se použil přířez z ploché tyče, která se dále obráběla. Rozměry polotovaru (obr. 1.1) byly stanoveny ze vztahů (1.1) – (1.5).



Obr. 1.1 Rozměry polotovaru.

Přídavek na výšku u polotovaru byl spočítán dle vztahu (1.1) [3]:

$$p_h = \frac{5 \cdot h}{100} + 2 \text{ [mm]} \quad (1.1)$$

kde:  $p_h$  [mm] - přídavek na výšku,  
 $h$  [mm] - výška obrobku.

$$p_h = \frac{5 \cdot h}{100} + 2 = \frac{5 \cdot 12}{100} + 2 = 2,6 \text{ mm}$$

Výška polotovaru byla spočítána dle vztahu (1.2) :

$$H_p = p_h + h \text{ [mm]} \quad (1.2)$$

kde:  $H_p$  [mm] - výška polotovaru.

$$H_p = p_h + h = 2,6 + 12 = 14,6 \text{ mm}$$

Normalizovaný rozměr výšky ploché tyče byl zvolen 15 mm.

Přídavek na šířku u polotovaru byl spočítán dle vztahu (1.3) [3]:

$$p_b = \frac{5 \cdot b}{100} + 2 \text{ [mm]} \quad (1.3)$$

kde:  $p_b$  [mm] - přídavek na šířku,  
 $b$  [mm] - šířka obrobku.

$$p_b = \frac{5 \cdot b}{100} + 2 = \frac{5 \cdot 145,5}{100} + 2 = 9,275 \text{ mm}$$

Šířka polotovaru byla spočítána podle vztahu (1.4):

$$B_p = p_b + b \text{ [mm]} \quad (1.4)$$

kde:  $B_p$  [mm] - šířka polotovaru.

$$B_p = p_b + b = 9,275 + 145,5 = 154,775 \text{ mm}$$

Normalizovaný rozměr šířky ploché tyče byl zvolen 160 mm.

Pro přídavek na délku z rozsahu 1 – 5 mm byla zvolena délka 2 mm. Délka polotovaru byla spočítána dle vztahu (1.5) [3]:

$$L_p = p_l + l \text{ [mm]} \quad (1.5)$$

kde:  $L_p$  [mm] - délka polotovaru,  
 $p_l$  [mm] - přídavek na délku,  
 $l$  [mm] - délka obrobku.

$$L_p = p_l + l = 2 + 275 = 277 \text{ mm}$$

Výchozím polotovarem pro obrábění byla hliníková plochá tyč 160 x 15 – 277 EN AW – 6082 T6.

Tab. 1.4 Vypočítané hodnoty pro rozměry polotovaru.

Název	Jednotky	Hodnota
Přídavek na výšku $p_h$	[mm]	2,6
Výška polotovaru $H_p$	[mm]	14,6
Normalizovaná výška polotovaru $H_{pn}$	[mm]	15
Přídavek na šířku polotovaru $p_b$	[mm]	9,275
Šířka polotovaru $B_p$	[mm]	154,775
Normalizovaná šířka polotovaru $B_{pn}$	[mm]	160
Délka polotovaru $L_p$	[mm]	277

#### 1.4 Náklady na materiál

Pomocí 3D programu SolidWorks 2020 byly zjištěny fyzikální vlastnosti hotového výrobku, polotovaru a dále ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu. U firmy Barko s.r.o. byla poptána cena za hliníkový šrot. Vstupní hodnoty pro výpočet nákladů na materiál jsou uvedeny v tab. 1.5.

Tab. 1.5 Vstupní hodnoty k výpočtu nákladů na materiál.

Název	Jednotky	Hodnota
Čistá hmotnost součásti $Q_s$	[kg]	0,35
Hmotnost polotovaru $Q_p$	[kg]	1,79
Ztráta vzniklá dělením tyčového mat. $q_u$	[kg]	0,01
Cena za kilogram materiálu $C_{mat}$	[Kč]	180
Cena výkupu hliníkového šrotu za kilogram $C_{VHŠ}$	[Kč]	16

Ztráty vzniklé obráběním polotovaru [4]:

$$q_o = Q_p - Q_s [kg] \quad (1.6)$$

kde:  $q_o$  [kg] - ztráty vzniklé obráběním polotovaru,  
 $Q_p$  [kg] - hmotnost polotovaru,  
 $Q_s$  [kg] - čistá hmotnost součásti.

$$q_o = Q_p - Q_s = 1,79 - 0,35 = 1,44 \text{ kg}$$

Ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu:

$$q_u = 0,01 \text{ kg}$$

kde:  $q_u$  [kg] - ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu.

Počet přířezů z tyčového materiálu [4]:

$$n_{pl} = \frac{L}{l_s + U} [ks] \quad (1.7)$$

kde:  $n_{pl}$  [-] - počet přířezů z tyčového materiálu.  
 $L$  [mm] - celková délka děleného tyčového materiálu,  
 $l_s$  [mm] - délka polotovaru,  
 $U$  [mm] - šířka řezného nástroje.

$$n_{pl} = \frac{L}{l_s + U} = \frac{3000}{277 + 0,9} = 10,8 \Rightarrow 10 \text{ ks}$$

Ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče [4]:

$$q_k = \frac{Q_k}{n_{pl}} [kg] \quad (1.8)$$

kde:  $q_k$  [kg] - ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče,  
 $Q_k$  [kg] - hmotnost nevyužitého konce tyče.

$$q_k = \frac{Q_k}{n_{pl}} = \frac{1,43}{10} = 0,143 \text{ kg}$$

Celková ztráta při výrobě součásti je dána vztahem [4]:

$$z_m = q_u + q_0 + q_k [kg] \quad (1.9)$$

kde:  $z_m$  [kg] - celkové jednotkové ztráty při výrobě součásti.

$$z_m = q_u + q_0 + q_k = 0,01 + 1,44 + 0,143 = 1,593 \text{ kg}$$

Jednotková norma spotřeby materiálu přířezem [4]:

$$N_m = Q_s + z_m [kg] \quad (1.10)$$

kde:  $N_m$  [kg] - norma spotřeby materiálu.

$$N_m = Q_s + z_m = 0,35 + 1,593 = 1,943 \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu polotovaru [4]:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} [-] \quad (1.11)$$

kde:  $k_m$  [mm] - stupeň využití materiálu polotovaru.

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{0,35}{1,943} = 0,18$$

Náklady na materiál vztažené na jeden polotovar [4]:

$$N_{mat} = N_m \cdot C_{mat} - z_m \cdot C_{VHŠ} [Kč] \quad (1.12)$$

kde:  $N_{mat}$  [Kč] - náklady na materiál vztažené na jeden polotovar,

$C_{mat}$  [kg] - cena materiálu za kilogram,

$C_{VHŠ}$  [Kč] - cena výkupu hliníkového šrotu za kilogram.

$$N_{mat} = N_m \cdot C_{mat} - z_m \cdot C_{VHŠ} = 1,943 \cdot 180 - 1,539 \cdot 16 = 325,16 \text{ Kč}$$

Tab. 1.6 Vypočítané hodnoty nákladů na materiál.

Název	Jednotky	Hodnota
Ztráty vzniklé obráběním $q_o$	[kg]	1,44
Ztráty vzniklé dělením tyčového mat. $q_u$	[kg]	0,01
Počet přířezů tyčového materiálu $n_{pl}$	[ks]	10
Ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče $q_k$	[kg]	0,143
Celková ztráta při výrobě součásti $z_m$	[kg]	1,593
Norma spotřeby materiálu $N_m$	[kg]	1,943
Stupeň využití materiálu $k_m$	[-]	0,18
Náklady na materiál $N_{mat}$	[Kč]	325,16

Stupeň využití materiálu byl vypočítán na 18 %. Příčinou takto malého stupně využití materiálu mohly být za následek ztráty vzniklé obráběním. Vzhledem k tvaru součásti bylo zřejmé, že při obrábění vznikne velký obsah odpadu.

## 2 SW KONSTRUKCE SOUČÁSTI

Předlohou pro modelování součásti byl výkres z nejmenované firmy. Na přání firmy byla součást upravena pro ochranu vlastnictví. Modelování probíhalo v programu SolidWorks 2020. Jedná se o strojírenský 3D CAD software.

### 2.1 Program SolidWorks

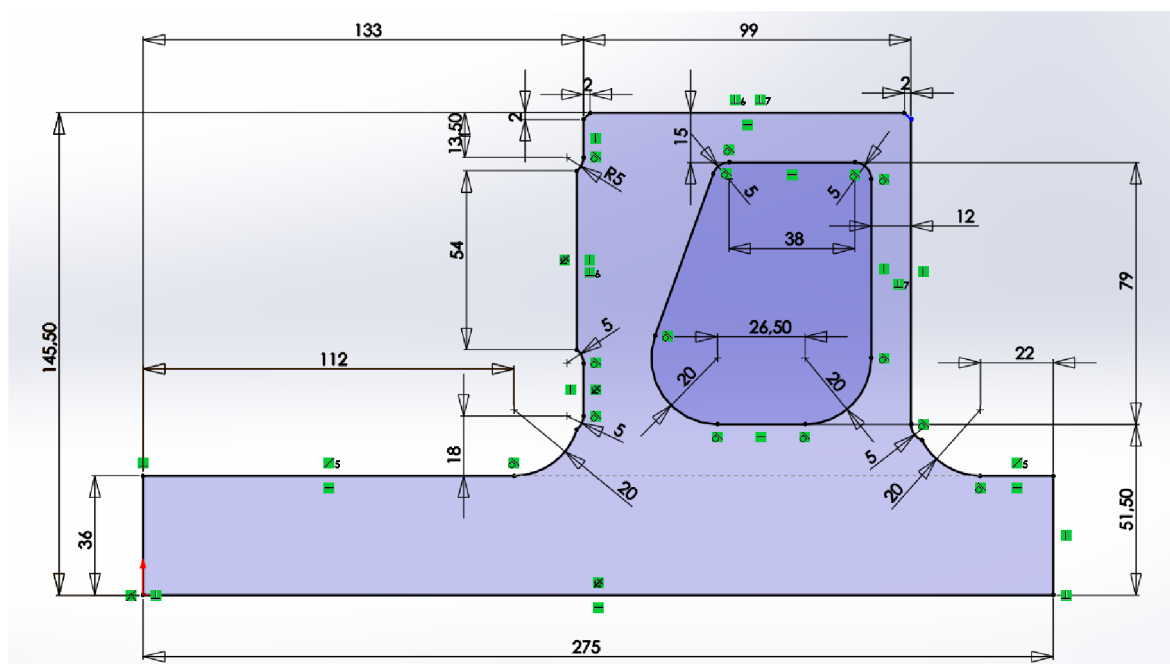
SolidWorks je nejpoužívanější CAD systémem, který se používá jak ve strojírenství, tak v jiných oblastech průmyslu. Díky tomuto postavení mnoho dalších vývojových týmů třetích stran vytváří aplikace, které jsou přímo integrovány do prostředí SolidWorks, čímž rozšiřují možnosti již tak plnohodnotného CAD systému. V každém případě SolidWorks uživatelům nabízí jednoduché a rychlé CAD zpracování při dodržení všech standardů v CAD oblasti [5].

### 2.2 Postup modelování

Tato část byla věnována postupu modelování 3D součásti. Po spuštění programu SolidWorks 2020 byl vytvořen nový díl. V prvním kroku modelování nových dílů se musí zvolit rovina, ve které se vytvoří skica pro entitu. Vybírá se, ze tří rovin: přední, horní a pravá. U nového dílu je optimální zvolit přední rovinu.

Po zvolené rovině se může načrtnout skica (obr. 2.1). Ve druhém kroku modelování, obsahovala obrysovou křivku entit součásti včetně kót. Před ukončením skici je dobré zkontrolovat vazby mezi jednotlivými křivky.

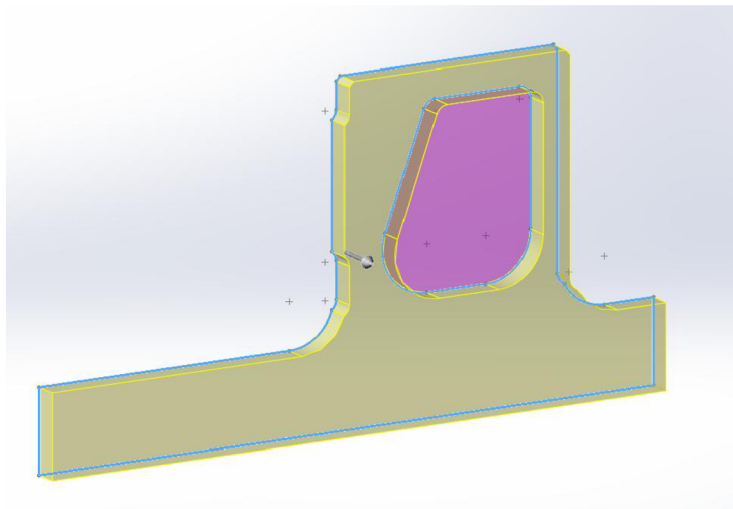
Pokud by chyběla kóta nebo vazba, poznalo by se to na křivce změnou barvy z černé na modrou. Pokud by byla chybná vazba, tak křivka i daná vazba by svítily červeně popřípadě žlutě. Správně určená a úplná skica má barvu křivek černou a barvu vazeb zelenou.



Obr. 2.1 Skica obrysu součásti.



V dalším kroku byl vytvořen 3D model pomocí prvku přidat vysunutí.



Obr. 2.2 Vysunutí skici.

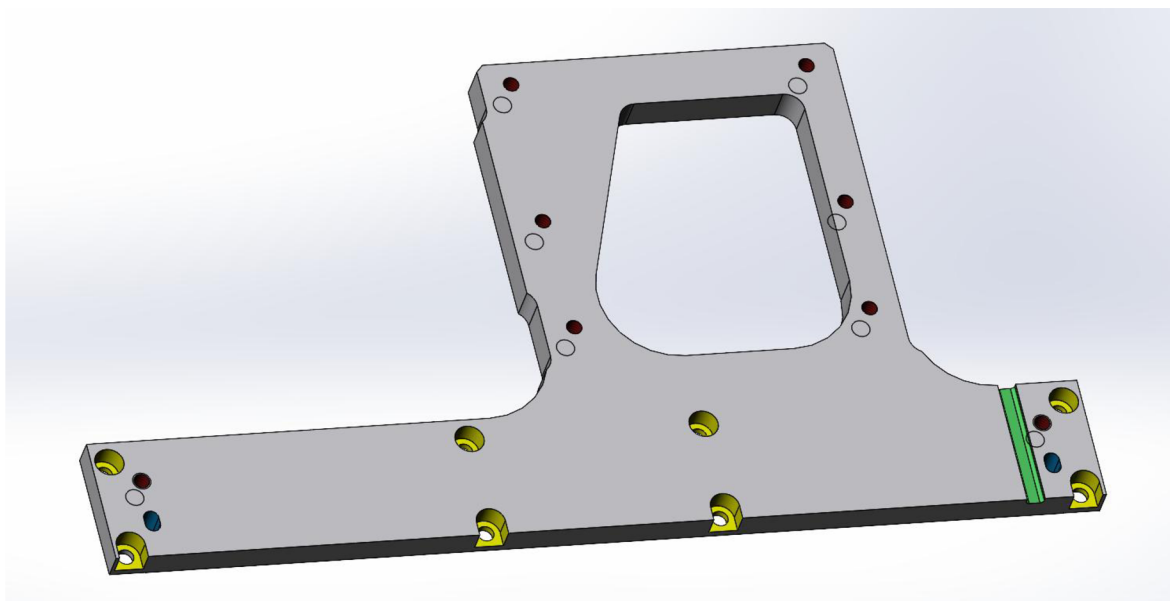
V několika následujících krocích byla upravena přední strana součásti, pomocí různých prvků programu.

Ve třetím kroku byly vytvořeny díry pro šrouby s vřítí pomocí prvku průvodce dírami. U tohoto prvku bylo nutné určit několik specifikací pro díru. Typ díry byl zvolen jako hlava s vnitřním šestihranem, pro normu ISO, velikost díry M4 a uložení normální. Poté byla určena poloha průchozích děr. U děr na delší straně součásti bylo zahloubení pro hlavu šroubu vytvořeno pomocí skici, z důvodu otevřeného zahloubení. Následně se provedené operace lineárně nakopírovaly. Tento krok je označen na obr 2.3 žlutou barvou.

Ve čtvrtém kroku byla načrtnuta skica pro vytvoření drážky. Hloubka drážky byla 2 mm a šířka 5 mm. Drážka je zobrazena na obr. 2.3 zelenou barvou.

V pátém kroku bylo vytvořeno osm průchozích děr se závitem M5. V průvodci dírami byl zvolen typ díry jako rovný závit, pro normu ISO, velikost M5 a ukončení skrze vše. Nakonec se zvolila poloha závitů. Pátý krok je zvýrazněn na obr. 2.3 červenou barvou.

V šestém kroku byly vytvořeny oválné díry. Tyto díry se ve skici odebraly prvkem „odebrat vysunutí“ skrze tloušťku materiálu a jsou označeny na obr. 2.3 barvou modrou.



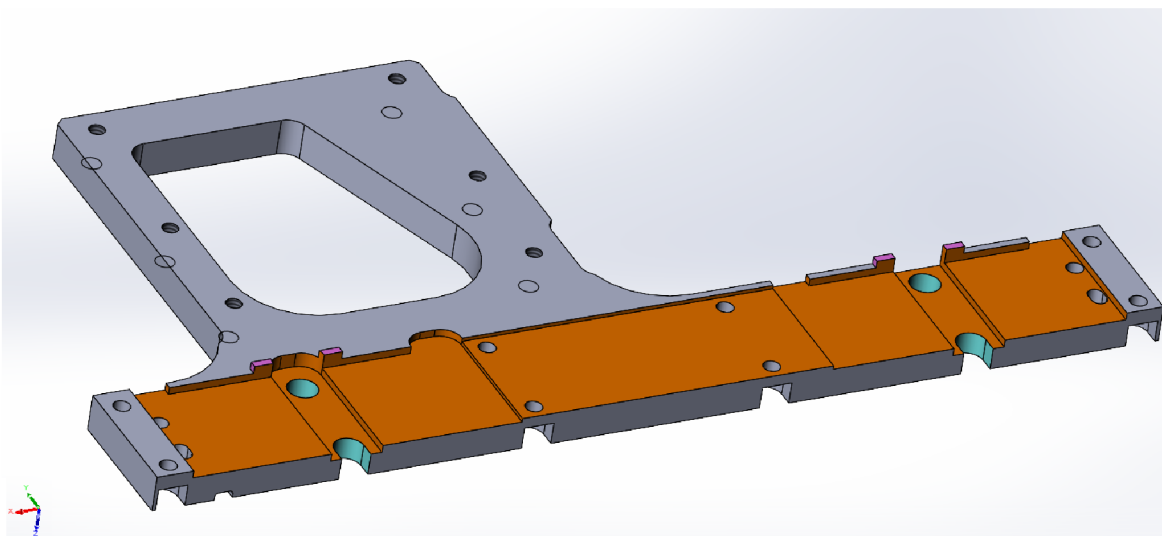
Obr. 2.3 Modelování přední strany součásti.

Pro další postup byla součástka otočena o 180° a modelována zadní strana součásti.

V sedmém kroku byly vytvořeny ostrůvky. Ve skici byly načrtnuty obrysy ostrůvků a prvkem „odebrat vysunutí“ byly vytvořeny. Tento krok je zvýrazněn na obr. 2.4 oranžovou barvou.

V osmém kroku byly vymodelovány dvě díry  $\varnothing 8$  mm a dvě otevřené drážky, jejichž šířka je 8 mm a hloubka je skrz tloušťku součásti. Tento krok má tyrkysovou barvu a je na obr. 2.4.

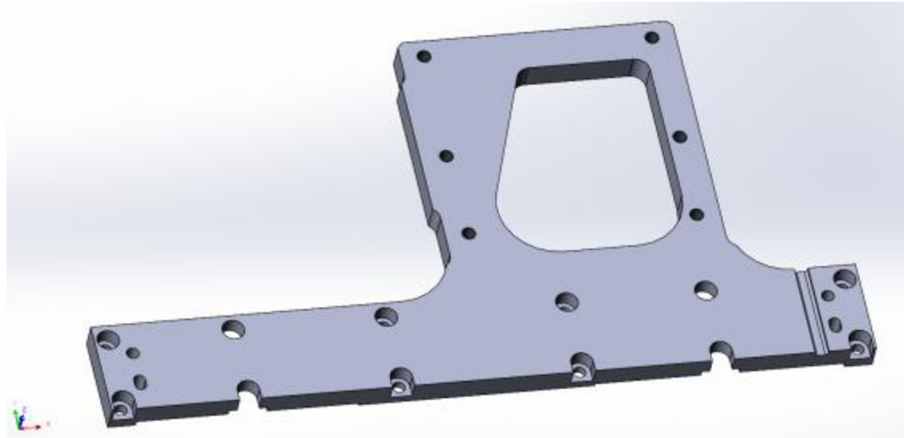
V devátém kroku byly ve skici načrtnuty tvary výstupků, které vznikly prvkem „přidat vysunutí“. Výstupky jsou vidět na obr. 2.4 zvýrazněny růžovou barvou.



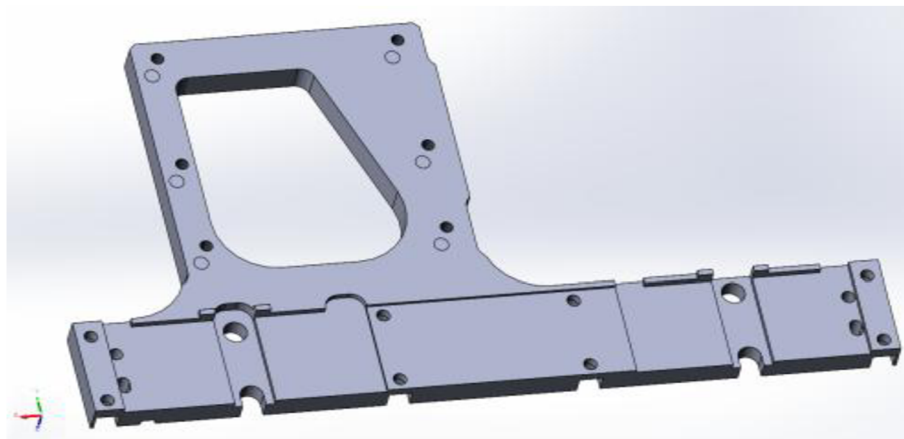
Obr. 2.4 Modelování zadní strany součásti.

### 2.3 3D Model součásti

Hotový 3D model je zobrazen na obr. 2.5. Výkres součásti je uveden v příloze 9.



a)



b)

Obr. 2.5 3D Model součásti: a) přední strana součásti, b) zadní strana součásti.

### 3 NÁVRH STROJŮ

Pro určení výrobního postupu bylo nutné stanovit vhodné stroje. Zvolené stroje pro výrobu, byly následující:

- univerzální pásová pila PILOUS ARG 200 PLUS,
- vertikální obráběcí centrum HAAS VF-2.

#### 3.1 Pásová pila

Pro dělení materiálu byla zvolena pásová pila PILOUS ARG 200 PLUS (obr. 3.1). Univerzální pásová pila nachází všeobecné uplatnění v zámečnických dílnách, strojního provozu. Pilový pás 20 x 0,9 mm umožňuje široké využití při řezání profilů a středně velkých plných materiálů. Rameno pilového pásu se zvedá ručně, posuv do řezu je prováděn vlastní vahou ramene s možností jemné plynulé regulace škrťícím ventilem olejového tlumiče [6]. Technické parametry pásové pily jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 3.1 Pásová pila PILOUS ARG 200 PLUS.

Tab. 3.1 Základní parametry stroje pásové pily [6].

<b>Pracovní výška svěráku</b>		900 mm
<b>Rozměry stroje</b>	<b>min.</b>	1 430 x 750 x 1 400 mm
	<b>max.</b>	1 450 x 128 x 1 980 mm
<b>Hlavní motor</b>		0,75 – 0,95 kW
<b>Hmotnost</b>		245 kg

### 3.2 Frézka HAAS VF-2

Tento typ frézky (obr. 3.2) vyhovuje jakémukoli požadavku na velikost a výrobu. Typ HAAS VF-2 je nejoblíbenějším modelem. Vertikální obráběcí centrum s kuželem ISO 40, vektorovým pohonem 22,4kW, měničem nástrojů karuselového typu s 20 kapsami, programovanou pamětí 1 MB a dalšími doplňky je nejoblíbenějším modelem výrobce HAAS. Tyto frézky jsou konstruovány v kalifornském Oxnardu (USA). Frézka má řídicí systém HAAS. Tento řídicí systém je založen na principu FANUC, ale mají svoje vlastní specifikace. Technické parametry frézky jsou uvedeny v příloze 2.



Obr. 3.2 Frézka HAAS VF-2.

Tab. 3.2 Základní parametry stroje frézky [7].

<b>Rozměry pracovního stolu</b>	914 – 356 mm
<b>Dráhy pojezdu</b>	
osa x	762 mm
osa y	406 mm
osa z	508 mm
<b>Kužel vřetene</b>	CT/BT 40
<b>Maximální výkon</b>	22,4 kW
<b>Hmotnost</b>	3 539 kg
<b>Řídicí systém</b>	HAAS



## 4 VOLBA NÁSTROJŮ A MĚŘIDEL

Výrobní postup byl vytvořen pro 5 operací. Pro všechny operace byly zvoleny nástroje a měřidla, které jsou uvedeny v podkapitolách.

### 4.1 Řezání pásovou pilou

Pro řezání na pásové pile byl zvolen pilový pás 2490 x 20 x 0,9 od výrobce PILOUS. Měřicí nástroj pro tuto operaci byl svinovací metr 10 m x 32 mm od značky STANLEY. Nástroj a měřidlo pro tuto operaci jsou uvedeny v tab. 4.1

Tab. 4.1 Použité nástroje a měřidla pro řezání na pásové pile [6].

Řezání pásovou pilou			
Stroj	Pásová pila PILOUS ARG 200 PLUS		
Číslo nástroje	Znázornění	Název/Označení	Výrobce
T00		Pilový pás 2490 x 20 x 0,9 BI-METAL M 420	PILOUS
M01		Svinovací metr typ MAGNY 5 m	ASSIST

### 4.2 Frézování I

Prvním nástrojem (T1) pro frézování I byla zvolena čelní fréza HM90 F90AP D40 – 5 – 22. Tato fréza byla použita k frézování čelní plochy na přední i zadní straně součásti. Pro tuto frézu byly použité vyměnitelné břitové destičky typu APCR 1003PDFR – P. Druhý nástroj (T2) byl zvolen navrtávák o  $\varnothing 10$  mm, který navrtal 4 středící dírky. Třetí nástroj (T3) byl vrták o  $\varnothing 14$  mm PN 2907 Uni – FL – DIN 338 UFL. Šroubovitý vrták je vyroben z rychlořezné oceli, s 5 % Co a použil se pro vyvrtání průchozích děr. Posledním nástrojem (T4) byla čelní fréza  $\varnothing 160$  mm, ale pouze s jednou vyměnitelnou břitovou destičkou PNMU0905 – MJ. Tato fréza má jednu destičku, vzhledem k dosažení lepšího povrchu obráběné plochy. K ověření rozměrů bylo použito posuvné měřidlo rozsahem 150 mm od výrobce MITUTOYO. Měřidlo sloužilo k měření výšky součást. Nástroje a měřidla pro tuto operaci jsou uvedeny v tab. 4.2.

Tab. 4.2 Použité nástroje a měřidla pro frézování I.

Frézování I			
Stroj	HAAS VF-2		
Číslo nástroje	Znázornění	Název/Označení	Výrobce
T01		Čelní fréza $\varnothing 40$ HM90 F90AP D40 – 5 – 22	ISCAR
T02		Navrtávák $\varnothing 10$ HSSCo5 ZVSE 221185	STIMZET
T03		Vrták $\varnothing 14$ HSS – Co PN 2907 Uni – FL	STIMZET
T04		Čelní fréza $\varnothing 160$ TEN09R160M40.0E12	TUNGALOY
M02		Digitální posuvné měřítko 150 mm	MITUTOYO

### 4.3 Frézování II

Pro druhou operaci bylo zvoleno 13 nástrojů a 1 měřicí pomůcka. Frézovací nástroje byly zvoleny čtyři válcové čelní frézy a jedna srážecí fréza. První fréza byla zvolena VBUX 10.22.4 (T05) o  $\varnothing 10$  mm délce 22 mm a čtyřmi břity. Druhá použitá fréza byla VBUX 8.19.3 (T06) o  $\varnothing 8$  mm délce 19 mm a třemi břity. Třetí fréza byla VBUX 6.16.3 o  $\varnothing 6$  mm délce 16 mm a třemi břity. Tento nástroj byl použit dvakrát. První (T07) sloužil pro hrubování a druhý (T17) pro dokončení s korekcí. Další zvolenou čelní frézou byla fréza VBUX 4.10.3 (T14) o  $\varnothing 4$  mm délce 10 mm a 3 břity. Fréza pro sražení hran měla  $\varnothing 8$  mm a úhlem špičky  $90^\circ$ . Všechny frézy byly zvoleny s ohledem na materiál vyráběné součásti.

K navrtání středících důlků byly použity dva navrtávky. První navrtávák (T08) měl  $\varnothing 8$  mm a druhý (T09)  $\varnothing 6$  mm. Dále byly zvoleny čtyři vrtáky. Nejmenší vrták měl  $\varnothing 4,1$  mm a největší  $\varnothing 8,1$  mm. Materiál použitých vrtáků byl zvolen ze slinutých karbidů. K vytvoření závitů byl použitý závitník M5 pro průchozí díry. Měřicí pomůcka byla použita stejná jako v předchozí operaci.

Tab. 4.3 Použité nástroje a měřidla pro frézování II.

Frézování II			
Stroj	HAAS VF-2		
Číslo nástroje	Znázornění	Název/Označení	Výrobce
T05		Stopková fréza ø10 VBUX 10.22.4	ISCAR
T06		Stopková fréza ø8 VBUX 8.19.3	ISCAR
T07		Stopková fréza ø6 Fréza VBUX 6.16.3	ISCAR
T08		NC navrtávák ø8 ZVSE 221185	STIMZET
T09		NC navrtávák ø6 ZVSE 221185	STIMZET
T10		Vrták ø4,1 DIN 338 RN	STIMZET
T11		Vrták ø4,5 DIN 338 RN	STIMZET
T12		Vrták ø4 DIN 338 RN	STIMZET
T13		Závitník strojní M5 s lamačem třísek DIN 371	ISCAR
T14		Stopková fréza ø4 VBUX 4.10.3	ISCAR



T15		Vrták ø8,1 DIN 338 RN	STIMZET
T16		Srážecí fréza ø8 x 90° DIN 6535 HA	ZPS - FN
T17		Stopková fréza ø6 VBUX 6.16.3	ISCAR
M02		Digitální posuvné měřítko 150 mm	MITUTOYO

#### 4.4 Frézování III

Třetí operace byla vytvořena pro sražení hran přední strany součásti. Jediným novým nástrojem v této operaci byla fréza (T18) pro vytvoření rádiusu v drážce. Všechny použité nástroje s měřidlem pro tuto operaci jsou uvedeny v tab. 4.4.

Tab. 4.4 Použité nástroje a měřidla pro frézování III.

Frézování III			
Stroj	HAAS VF-2		
Číslo nástroje	Znázornění	Název/Označení	Výrobce
T07		Stopková fréza ø6 VBUX 6.16.3	ISCAR
T08		NC navrtávák ø8 ZVSE 221185	STIMZET
T09		NC navrtávák ø6 ZVSE 221185	STIMZET
T16		Srážecí fréza ø8 x 90° DIN 6535 HA	ZPS - FN
T18		Fréza ø5 x 0,5R DIN 6535 HA	ISCAR

#### 4.4 Frézování IV

V poslední operaci došlo k vyřezání obrysu součásti a následnému sražení hran. Použité nástroje pro poslední operaci jsou uvedeny v tab. 4.5.

Tab. 4.5 Použité nástroje a měřidla pro frézování IV.

Frézování IV			
Stroj	HAAS VF-2		
Číslo nástroje	Znázornění	Název/Označení	Výrobce
T06		Stopková fréza $\varnothing 8$ VBUX 8.19.3	ISCAR
T16		Srážecí fréza $\varnothing 8 \times 90^\circ$ DIN 6535 HA	ISCAR
M03		Digitální posuvné měřítko 300 mm	MITUTOYO

## 5 ROZBOR TECHNOLOGIÍ VE VÝROBNÍM POSTUPU

K vyrobení součásti ze základny přístroje byly použité technologie: dělení materiálu, frézování, vrtání a řezání závitů. Pro tyto technologie byl sestaven výrobní postup společně s průvodkou.

Výrobní postup (výrobní proces) je nutno vhodně členit, přesně definovat jednotlivé části, které mají být na předmětu vykonány v časové posloupnosti. Vypracovává se písemně, občas se doplní graficky. Výrobní postup zároveň určuje výrobní prostředky (pracovní síly, stroje, nářadí) potřebné k provedení technologické změny a výrobní náklady na tuto změnu [8]. Výrobní postup byl zpracován pro pět operací. Postupy frézovacích operací jsou popsány v podkapitolách 7.2 – 7.4. Výrobní postup je uveden v příloze 3.

Průvodka je dokument vytvořený plánem výroby obsahující údaje o průběhu procesů. Průvodka se vystavuje na začátku výroby a prochází celým procesem od polotvaru až po samotný výrobek. Pro výrobu součásti byla průvodka v papírové formě. Příslušný pracovník vždy před provedením operace potvrdí přes čárový kód pomocí čtečky zahájení operace. Stejně tak provádí stejný postup pro ukončení dané operce. Takto průvodka cestuje spolu s materiálem až k hotovému výrobku. Průvodka je uvedena v příloze 4.

### 5.2 Dělení materiálu

Pilový pás je mnohobřitový řezný nástroj, jehož konce jsou svařeny, takže tvoří uzavřený celek. Zuby pilového pásu jsou kaleny, ale pás je měkký. Pásové pily jsou dražší než rámové, ale zato mají větší výkon a menší prořez [9]. Dělení materiálu se provádělo na skladě, pomocí pásové pily PILOUS ARG 200 PLUS.

### 5.2 Frézování

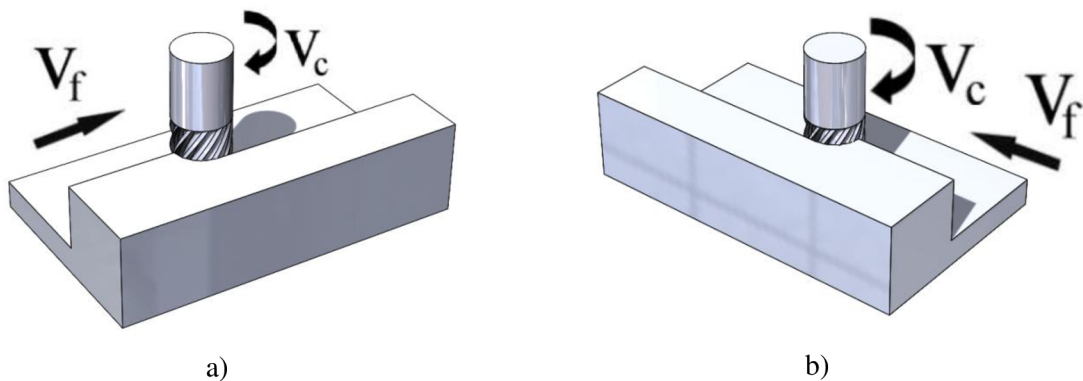
Frézování je obráběcí metoda, při které se materiál obrobku odebrává břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky [10]. Podle směru pohybu nástroje vůči obrobku je možné rozdělit frézování na sousledné a nesousledné. Směry posuvové rychlosti a smysl řezné rychlosti jsou naznačeny na obr. 5.1

#### Sousledné frézování

Při sousledném frézování se obráběcí nástroj posouvá shodně se směrem jeho otáčení. Pokud to dovoluje obráběcí stroj, upínací přípravek a samotný obrobek, je sousledné frézování třeba vždy preferovat. Velká tloušťka třísky je příznivá a řezné síly mají tendenci přitahovat obrobek směrem k fríze a udržovat břit v řezu [12].

#### Nesousledné frézování

Při nesousledném je směr posuvu obráběcího nástroje opačný, než je směr jeho rotace. Tloušťka třísky začíná na nulové hodnotě a směrem ke konci řezu se postupně zvyšuje. Při vstupu do řezu působí na břit značně velké síly, což má za následek jeho obrušování a odírání v důsledku tření, prudké zvýšení teplot a často také dochází ke kontaktu s mechanicky zpevněným povrchem, který je vytvářen předchozím břitem. To vše má za následek zkrácení životnosti nástroje [12].



Obr. 5.1 Kinematika válcového frézování: a) nesousledné, b) sousledné.

Obrábění dutin, ploch a otvorů se rozděluje do dvou základních kategorií. První z nich je hrubování. U hrubování dochází k odebrání většího množství třísky za použití vysokých otáček a posuvů. Druhá kategorie se nazývá dokončování. Dokončování se provádí po hrubovací operaci odebráním malého množství třísky. Použité metody výroby byly následující:

- čelní frézování,
- frézování tvarových ploch,
- sražení hran.

Řezná rychlost se určí dle následujícího vztahu [11]:

$$v_c = \frac{n \cdot D_z \cdot \pi}{1\,000} [m \cdot \text{min}^{-1}] \quad (5.1)$$

kde:  $v_c [m \cdot \text{min}^{-1}]$  - řezná rychlost,  
 $D_z [mm]$  - průměr frézy,  
 $n [\text{min}^{-1}]$  - otáčky nástroje.

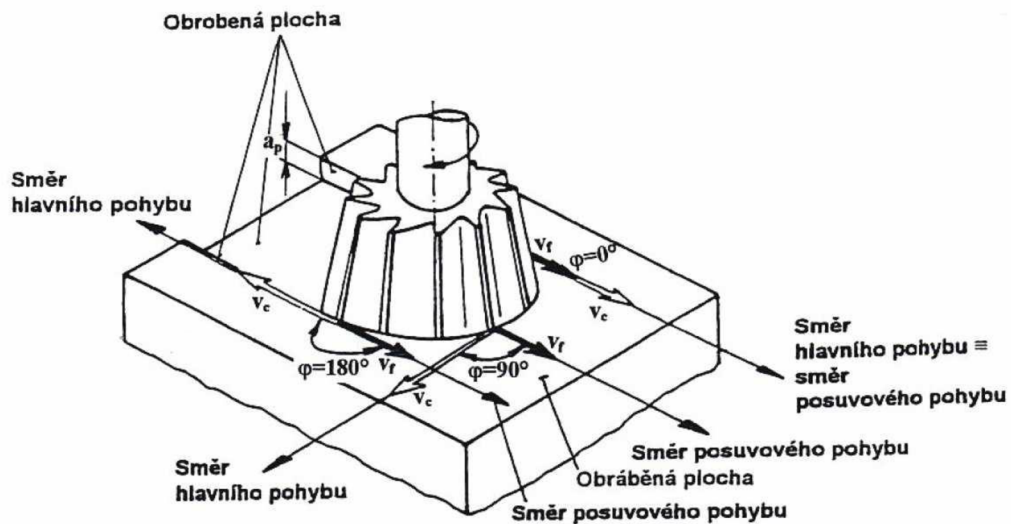
Výpočet posuvové rychlosti se určí dle následujícího vztahu [11]:

$$v_f = \frac{z_n \cdot n \cdot f_z}{1\,000} [mm \cdot \text{min}^{-1}] \quad (5.2)$$

kde:  $v_f [mm \cdot \text{min}^{-1}]$  - rychlost posuvu,  
 $z_n [-]$  - počet zubů nástroje,  
 $f_z [mm]$  - posuv na zub.

### Čelní frézování

Čelní frézování se uplatňuje při práci s čelními frézami, kdy břity jsou vytvořeny na obvodu i čele nástroje. Konkrétní relace základních pohybů je naznačena na obr. 5.1. Při čelním frézování je osa nástroje kolmo k obráběné ploše. Velikost odebrání třísky nabývá hodnot od minima po maximum podle průměru frézy a šířky obráběné plochy. K výrobě bylo zvoleno šest stopkových čelních fréz [10].



Obr. 5.2 Kinematika pohybů nástroje čelní frézy s válcovou stopkou [10].

### Frézování tvarových ploch

Pro výrobu dutiny je charakteristické začínat frézováním přímo do plného materiálu. Do plného materiálu nástroj může sestupovat několika metodami. Nejčastější metody: s předvrtáním, postupné zavrtávání a rozjíždění, sestup při najetí nebo spirální. Pro výběr vhodné metody je důležité brát zřetel na tvar a materiál obráběné součásti.

### Sražení hran

Obrábění hran se často vyskytuje u obrobků hranatého i válcového tvaru. Dle různých úhlů sražení a typů strojů mohou být voleny různé strategie frézování. U možnosti nastavení sklonu vřetene je možné použít čelní válcové frézy nebo frézovací hlavy. V případě pevných vřeten lze použít frézovací hlavy s nastaveným úhlem hlavního ostří nebo čelní frézy pro sražení s daným úhlem hlavního ostří.

## 5.3 Vrtání a řezání závitů

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují nebo zvětšují již předvrtané díry. Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj, méně často obrobek. Osa vrtáku je obvykle kolmá k ploše, ve které vystupuje vrták do materiálu. Posuv vrtáku přitom probíhá ve směru jeho osy [10].

Metody použité k výrobě:

- navrtávání,
- vrtání průchozích děr,
- řezání vnitřních závitů.

Řezná rychlost pro vrtání se určí dle následujícího vztahu [11]:

$$v_c = \frac{n \cdot D_v \cdot \pi}{1\,000} [m \cdot \min^{-1}] \quad (5.3)$$

kde:  $D_v$  [mm] - průměr vrtáku.

Posuvová rychlost pro vrtání se určí dle následujícího vztahu [11]:

$$v_f = \frac{n \cdot f}{1\,000} [mm \cdot \min^{-1}] \quad (5.4)$$

kde:  $f$  [mm] - posuv na otáčku.

### Navrtávání

Navrtávání lze rozdělit do dvou skupin. První skupina je navrtávání středících důlků pro upnutí mezi hroty a druhá skupina je navrtávání před vrtáním na CNC stroji. Navrtávky mají i jiné využití. Například je možné je použít ke srážení hran nebo odstraňování ostřin. Daný průměr lze použít pro různé rozsahy vrtaných děr. Průměr předvrtané díry může být 50 % až 70 % vrtané díry. K předvrtávání byly použité NC navrtávky od firmy STIMZET, které měly úhel špičky 90°.

### Vrtání průchozích děr

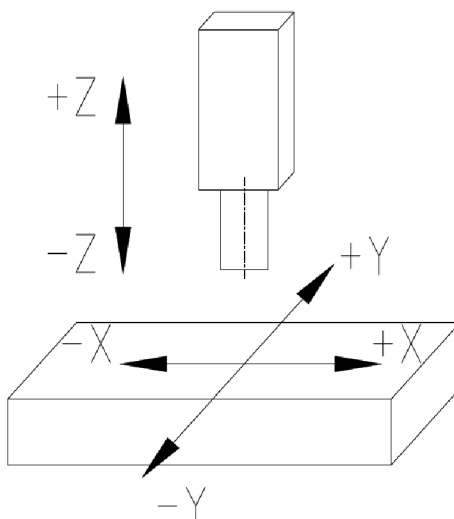
Vrtání vytváří vnitřní rotační plochu (díru) v plném materiálu. Tyto díry mohou mít typ díry průchozí nebo neprůchozí (slepé). U výroby součástí byly všechny typy děr průchozí a k tomu zvoleny příslušné nástroje.

### Řezání vnitřních závitů

Pro řezání vnitřních závitů se používají závitníky. Závitník je podobný šroubu, akorát místo závitu mají břity vytvořené jedním až osmi přímými nebo šroubovitými drážkami. Pro strojní řezání se obvykle používá jeden závitník s kratším řezným kuželem, s jednou nebo více drážkami přímými nebo ve šroubovici, které jsou průběžné nebo neprůběžné [10]. K vytvoření závitů byl vybrán závitník pro strojní řezání s přímými drážkami na závit M5 dle normy ČSN 22 3043.

## 6 PROGRAMOVÁNÍ

Obráběcí CNC stroje jsou řízené programem, který je uložen v paměti počítače. Program lze před obráběním vyzkoušet grafickou simulací na monitoru. Stroj HAAS VF-2 je vybaven řídicím systémem CNC, jejímž základem je trojosá pravouhlá souřadná soustava s osami X, Y, Z. Tyto osy jsou rovnoběžné s vodícími plochami pohyblivých částí stroje a označují se adresami A, B, C. Na obr. 7.1 je znázorněné schéma souřadnicové soustavy stroje.



Obr. 6.1 Schéma souřadnicové soustavy stroje.

Řídicí program je soubor vyčerpávajících, číselně vyjádřených informací o činnosti stroje, uložených na nositeli informací, ze kterého jsou tyto informace postupně předávány stroji v průběhu operace. Zápis programu se provádí v kódu ISO. V každém programovém bloku se mohou vyskytovat více přípravných funkcí za podmínky, že jsou z různých skupin. Oproti tomu se pomocné funkce zapisují na samostatný řádek. Řídicí program se skládá z čísla programu, znaku pro začátek programu, jednotlivých bloků programu a konce programu. Bloky programu se zapisují v posloupnosti [10], [13], [14]:

- číslo bloku,
- přípravná funkce,
- pomocná funkce,
- souřadnice bodu nebo inkrementy v jednotlivých osách,
- posuv,
- otáčky vřetena,
- číslo nástroje.

### G kódy

Příkazy typu kódů G (přípravné funkce) se dělí na modální a nemoďální. Modální kód G je kód, který platí od použití až po konec programu nebo použití jiného G kódu. Nemoďální kód G znamená, že při použití je ovlivněn pouze řádek, ve kterém je uveden a následující řádek už neovlivňuje [14]. Použité přípravné funkce jsou uvedeny v tab. 6.1.

Tab. 6.1 Použité přípravné funkce v programu [14].

Funkce	Popis
G00	Polohování rychloposuvem
G01	Lineární interpolační pohyb
G02	Kruhový pohyb s interpolací CW (ve směru hodin)
G03	Kruhový pohyb s interpolací CCW (proti směru hodin)
G17	Volba roviny XY
G43	Kompenzace délky nástroje + (přičíst)
G53	Volba nemoďálních souřadnic stroje
G54	Volba pracovního souřadnicového systému #1
G80	Zrušení opakovacího cyklu
G82	Opakovací cyklus navrtávání
G84	Opakovací cyklus řezání vnitřního závitu
G90	Příkaz absolutní polohy
G98	Opakovací cyklus Návrat do počátečního bodu

### M kódy

Kódy typu M jsou různé příkazy pro stroj, které nepřikazují pohyb osy. Formát kódu je složen z písmena M a za ním následují dvě až tři číslice. Pro jeden řádek je povolen pouze jeden kód M, který vstupuje v platnost až na konci bloku. Použité typy M kódu jsou uvedeny v tab. 6.2.

Tab. 6.2 Použité pomocné funkce v programu [14].

Funkce	Popis
M00	Zastavení programu
M03	Příkazy vřetena
M05	Příkazy vřetena
M06	Výměna nástroje
M08	Chladicí kapalinu zapnout
M09	Chladicí kapalinu vypnout
M30	Konec programu a reset
M88	Vnitřní chlazení vřetena zapnout
M89	Vnitřní chlazení vřetena vypnout
M97	Volání lokálního podprogramu
M99	Návrat podprogramu nebo smyčka

### Podprogramy

V NC programu pro výrobu součástí se také vyskytují podprogramy. Jsou to série příkazů, které se v programu několikrát opakují. Podprogram se volá z hlavního programu pomocí kódu M97 nebo M98 a kódu P. K výrobě součástí byl zvolen lokální podprogram M97, který se volá po ukončení hlavního programu kódem M30. Po ukončení se vloží lokální podprogram kódem M97. Každý podprogram musí mít na začátku číslo řádku (N) a na konci funkci návratu kódem M99. Kód M99 pošle program zpět (do hlavního programu) na další řádek.



Příklad použití lokálního podprogramu:

%

O99999 (PŘÍKLAD PROGRAMOVANI LOKALNIHO PODPRORGAMU)

(G54 X0 Y0 PRAVY SPODNI ROH KUSU Z0 CELO)

N10 T18 M06 (FREZA PR. 5 S RADIUSEM)

N20 S4600 F300 M03

N30 G54 G90 G00 X-19.5 Y-3

N40 G43 H18 D18 Z25. M08

N50 Z1.

N60 G01 Z-1.25. F1500

N70 M97 P200 (VOLANI LOKALNIHO PODPROGRAMU)

N80 Z-2.15. F1500

N90 M97 P200 (VOLANI LOKALNIHO PODPROGRAMU)

N100 G00 Z25.

N110 M09

N120 M05

N130 G00 G90 G53 Z0.

N140 G00 G90 G53 X-350. Y0.

N150 M30

N200 (LOKALNI PODPROGRAM)

G41 G01 X-16.85. F450

Y39.5.

X-22.15.

Y-3.

G40 X-19.5.

M99

%

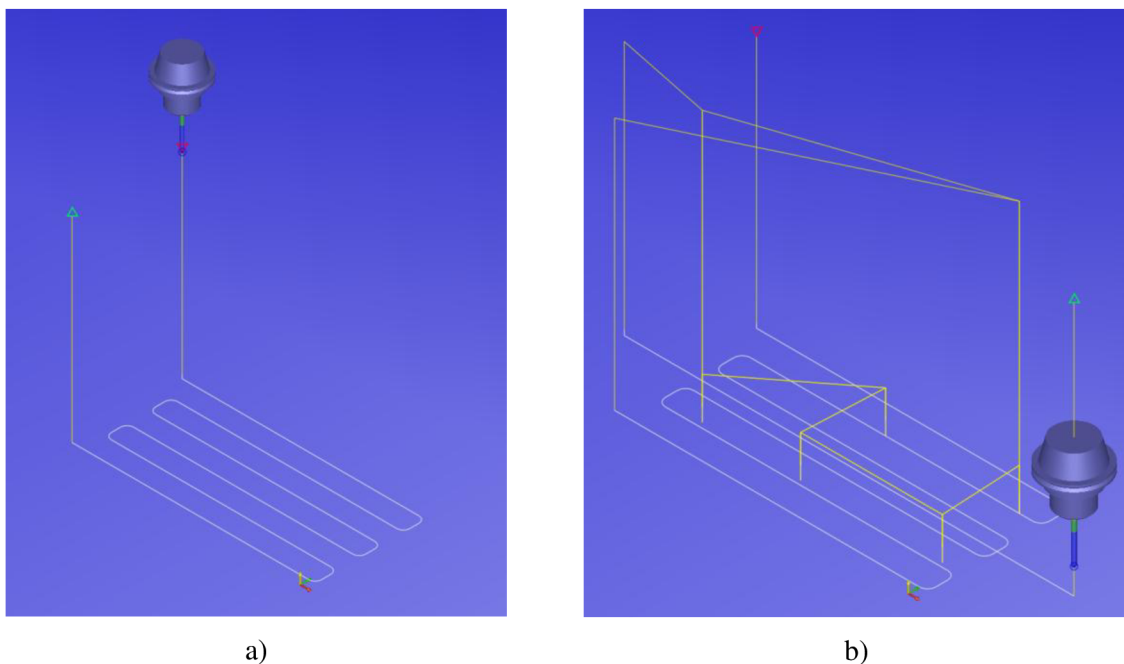
### 6.1 Solid Edge

Solid Edge je 3D CAD systém primárně určený pro návrh strojírenských konstrukcí. Solid Edge je dnes, stejně jako při svém uvedení v dubnu 1996, nositelem pokrokových technologií, které se postupem času stávají standardem v oblasti 3D modelování [15].

Po vytvoření modelu v Solidworksu byl k vytvoření simulace použitý 3D program Solid Edge. Z důvodu složitosti výrobku byly všechny časy vypočítány v simulačním programu na základě vstupních parametrů a vygenerovaných drah nástroje.

### 6.2 Sestavení programu pro frézování I

Tento program byl vytvořen k zarovnání čela součásti z obou stran a vyvrtání pomocných děr pro upnutí součásti do přípravku. Nulový bod byl na pravém spodním rohu desky. V prvním kroku, byla frézována čelní plocha přední strany součásti o velikosti 1 mm. Poté se pomocí kódu M05 program zastavil, aby se součást otočila a mohla se frézovat čelní plocha zadní strany. Po spuštění programu se frézovala plocha o velikosti záběru 1 mm. Dále se navrtalo 5 středících důlků pro vyvrtání průchozích děr o  $\varnothing 14$  mm. Nakonec se frézovala čelní plocha na hotovo s úběrem třísky 0,5 mm. Součást byla po celou dobu obrábění upnuta v univerzálním svěráku. Z výsledků simulace bylo zjištěno, že celkový strojní čas jednoho kusu byl 14,36 min a dráha, kterou urazil nástroj, byla 9 827,98 mm. Přípravný čas vztažený k jednomu kusu byl 2 min. Program pro první operaci je uveden v příloze 5.

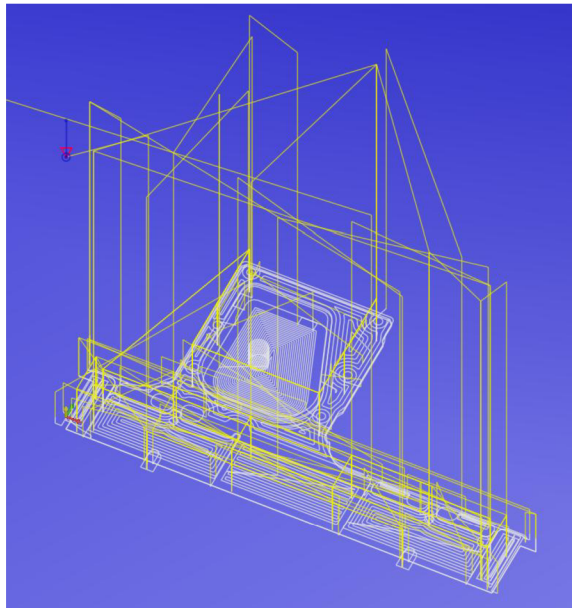


Obr. 6.2 Vykreslení programu pro frézování I: a) přední strana součásti, b) zadní strana součásti.

### 6.3 Sestavení programu pro frézování II

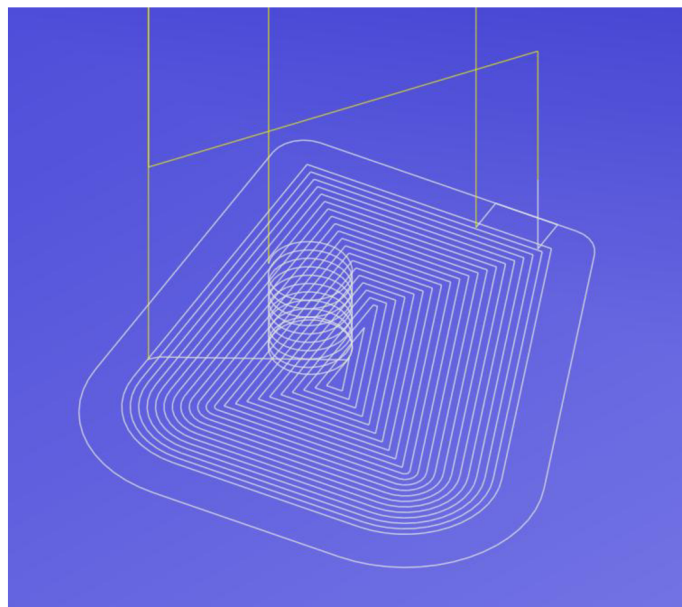
Druhý program (obr. 6.3) byl věnován frézování zadní strany součásti. Tento program byl ze všech nejnáročnější. Obsahuje frézování čelní plochy, kapsy, obrysů součásti, ostrůvků apod. Dále obsahuje vrtání děr a řezání závitů. Poslední kroky v operaci jsou zaměřeny na sražení hran a frézování obrysů s korekcí. Na tento program bylo potřeba 13 nástrojů. Vyráběná součást byla upnuta v přípravku 1 pomocí 6 šroubů, pro které byly

díry vytvořeny v předchozím programu. Celkový strojní čas programu byl 52,33 min. Vzhledem k velkému objemu dat je program zkrácen a přiložen v příloze 6.



Obr. 6.3 Vykreslení programu pro frézování II.

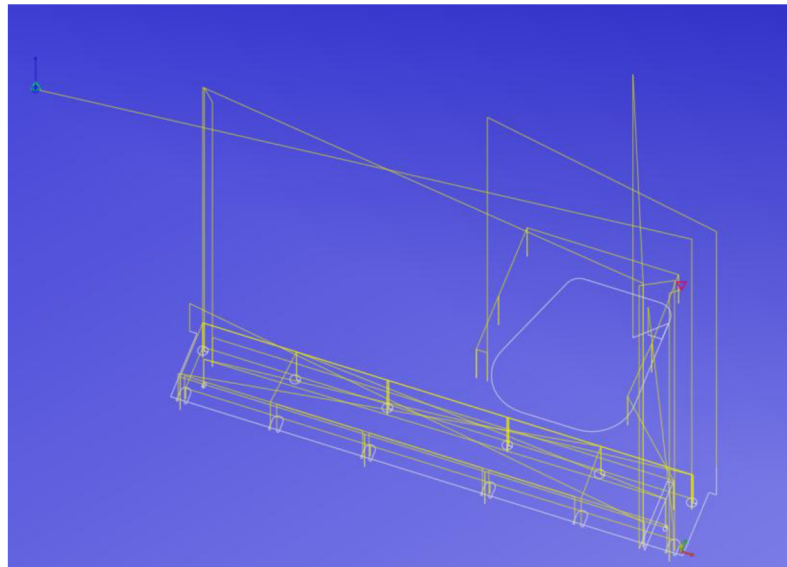
Nejsložitějším krokem v tomto programu bylo vytvoření dutiny kapsy. Pro najetí nástroje do materiálu byla zvolena metoda spirální. Nástroj najížděl do plného materiálu ve tvaru spirály. Jakmile dosáhl požadované hloubky, začal obrábět kapsu na požadovaný tvar. Dráha nástroje byla zvolena jako dutina ven. To znamená, že nástroj začal obrábět z těžiště kapsy směrem ven ze součásti. Tvar dráhy obráběné dutiny je zobrazen na obr. 6.4.



Obr. 6.4 Vykreslení tvaru dutiny.

### 6.3 Sestavení programu pro frézování III

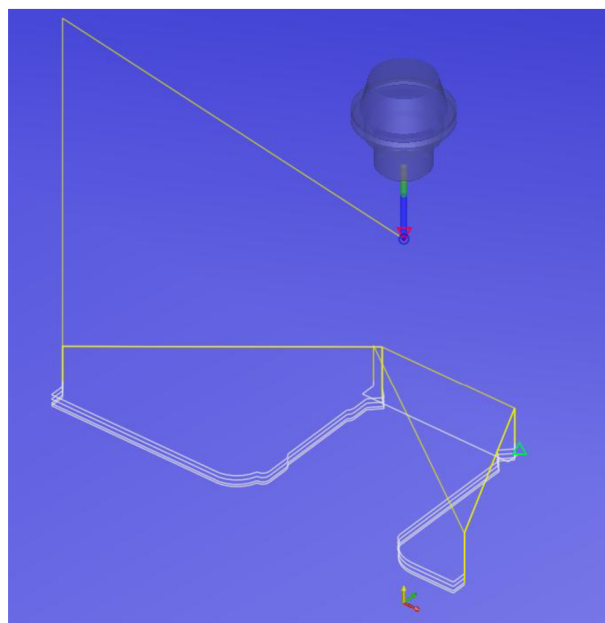
Třetí program (obr. 6.5) sloužil k dokončení přední strany součásti. Obrobek byl upnutý do přípravku 2 (přední stranou nahoru) pomocí šesti šroubů. Nulový bod byl určen na pravém spodním rohu obrobku. Hlavním úkolem bylo sražení hran a vytvoření drážky a následně rádiusu v drážce. Strojní čas pro tuto operaci byl 12,98 min. Dávkový čas byl stanoven na 4 min. Program je uveden v příloze 7.



Obr. 6.5 Vykreslení programu pro frézování III.

### 6.4 Sestavení programu pro frézování IV

Poslední program (obr. 6.6) byl vytvořen pro vyřezání tvaru součásti a sražení hran. Obrobek se upínal do přípravku 2 přes upínací plech. Nulový bod byl určen na pravém spodním rohu. Strojní čas pro tuto operaci byl 7,87 min a přípravný čas byl 4 min. Program pro čtvrtou operaci je uveden v příloze 8.



Obr. 6.6 Vykreslení programu pro frézování IV.

## 7 VÝROBNÍ PROPOČTY

Vzhledem k řešenému tématu byl vytvořen rozbor týkající se ekonomického hlediska. Pro výrobu byl zhotoven základní výrobní propočet týkající se výrobních nákladů na výrobní dávku.

Tab. 7.1 Časy jednotlivých operací pro výrobu jednoho kusu.

Č. op.	Pracoviště	Název stroje:	$t_{AC}$ [min]	$t_{BC}$ [min]	$t_1$ [min]
00/00	Sklad	PILOUS ARG 200	4,72	1	5,72
01/01	Obrobna	HAAS VF-2	14,36	2	16,36
02/02	Obrobna	HAAS VF-2	52,33	4	56,33
03/03	Obrobna	HAAS VF-2	12,98	4	16,98
04/04	Obrobna	HAAS VF-2	7,87	4	11,87
<b>Celkem</b>					107,26

Součást byla vyráběna metodou frézování z přířezu. Velikost výrobní dávky  $d_v$  byla stanovena na 10 ks. Vstupní parametry pro výpočet jsou uvedeny v tab. 7.2.

Tab. 7.2 Vstupní hodnoty k výpočtu nákladů na materiál.

Název	Jednotky	Hodnota
Náklady na materiál vztažené na jeden polotovar $N_{mat}$	[Kč]	325,16
Náklady na minuty strojní práce $N_{sa}$	[Kč]	18,3
Náklady na minuty seřízení stroje $N_{sb}$	[Kč]	17,5
Celkový strojní čas frézování vztažený k jednomu kusu $t_{AC}$	[min]	87,54
Celkový přípravný čas frézování vztažený k jednomu kusu $t_{BC}$	[min]	14

Náklady na strojní práci za jeden kus byly spočítány ze vztahu (7.1) [16]:

$$N_{sAC} = t_{AC} \cdot N_{sa} \text{ [Kč]} \quad (7.1)$$

kde:  $N_{sAC}$  [Kč] - náklady na strojní práci,  
 $N_{sa}$  [Kč] - náklady na minutu strojní práce.

$$N_{sAC} = t_{AC} \cdot N_{sa} = 87,54 \cdot 18,3 = 1\,601,98 \text{ Kč}$$

Závisle náklady byly spočítány ze vztahu (7.2) [16]:

$$N_z = N_{mat} + N_{sAC} \text{ [Kč]} \quad (7.2)$$

kde:  $N_z$  [Kč] - závislé náklady.

$$N_z = N_{mat} + N_{sAC} = 325,16 + 1\,601,98 = 1\,927,14 \text{ Kč}$$

Nezávislé náklady byly spočítány ze vztahu (7.3) [16]:

$$N_{nd} = t_{BC} \cdot N_{sb} \text{ [Kč]} \quad (7.3)$$

kde:  $N_{nd}$  [Kč] - nezávislé náklady,  
 $N_{sb}$  [Kč] - náklady na seřízení stroje.

$$N_{nd} = t_{BC} \cdot N_{sb} = 14 \cdot 17,5 = 245 \text{ Kč}$$

Výrobní náklady na výrobní dávku byly spočítány ze vztahu (7.4) [16]:

$$N_{vd} = N_{nd} + (N_z \cdot d_v) \text{ [Kč]} \quad (7.4)$$

kde:  $N_{vd}$  [Kč] - výrobní náklady na výrobní dávku,  
 $d_v$  [ks] - výrobní dávka.

$$N_{vd} = N_{nd} + (N_z \cdot d_v) = 245 + (1\,927,14 \cdot 10) = 19\,516,4 \text{ Kč}$$

Tab. 7.3 Vypočítané hodnoty nákladů na výrobní dávku.

Název	Jednotky	Hodnota
Náklady na strojní práci za jeden kus $N_{sAC}$	[Kč]	1 601,98
Závislé náklady $N_z$	[Kč]	1 927,14
Nezávislé náklady $N_{nd}$	[Kč]	245
Výrobní náklady na výrobní dávku $N_{vd}$	[Kč]	19 516,4

Celková doba výroby celé dávky byla 17,88 hodin. Avšak tento čas je pouze orientační. Nejsou zde započítané časy pro výměnu nástrojů, upínacích nástrojů (přípravků), změnu programů apod. Proto celková doba výroby by byla daleko vyšší. Cena výrobních nákladů dávky deseti kusů byla vyčíslena na 19 516,4 Kč. Tato cena je také pouze orientační a jedná se o celkovou cenu za výrobu součástí.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo sestavení dokumentace pro výrobní proces, aby se co možná nejvíce přiblížil praxi ve skutečném provozu. Byly zvolené příslušné stroje a nástroje, které se běžně vyskytují v pracovních podnicích. Ke zhotovení výrobního postupu bylo potřeba stanovit několik základních bodů:

- volba materiálu, ze kterého se bude součást vyrábět,
- výpočet a stanovení optimálního rozměru polotovaru,
- určení strojů, nástrojů a měřidel,
- sestavení programů pro následné zjištění strojních časů.

Dále práce obsahuje výpočet normy spotřeby a stupně využití materiálu. Stupeň využití materiálu vyšel 0,18, přičemž ve strojírenské výrobě se pohybuje mezi hodnotami 0,4 až 0,8. Pokud se výsledný koeficient využití nepohybuje mezi těmito hodnotami, znamená to, že množství odebraných třísek je velké a i pracnost na výrobu součásti je velká. Všeobecně tedy platí, že čím větší stupeň využití materiálu tím nižší pracnost a vyšší produktivita práce. Vzhledem ke složitosti tvaru součásti bylo zřejmé, že výsledný stupeň využití materiálu bude menší. Z normy materiálu se nakonec stanovily výrobní náklady na výrobní dávku.

Cílem práce bylo také sestavit NC program, který se vytvořil v programu Solid Edge. Byl sestaven pro univerzální vertikální CNC stroj a byl rozdělen na 4 části, které jsou uvedeny v přílohách 5 – 8. Celkový čas obrábění jednoho kusu byl stanoven pomocí simulací v programu na 87,54 min.

Celý tento výrobní proces nebylo možné z důvodu vytíženosti firmy jinými zakázkami ověřit. Avšak díky dnešním moderním technologiím může být funkčnost a správnost chodu výroby ověřena ve 3D programech.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. Primapol-Metal-Spot s.r.o. [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.primapol.cz/produkty/hlinik/>
2. EN AW-6082. *Řešení z hliníku* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.alumeco.cz/hlink/profily/tye/ploche-profily/ploche-profily/en-aw-6082/160-x-15-mm/p/560/14338>
3. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie* 2. 2., opr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN isbn80-7183-244-8.
4. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, s. 158. ISBN 80-214-2219-X.
5. SolidWorks. *1CPro s.r.o. – SolidWorks*. [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <http://www.1cpro.cz/solidworks.php>
6. Pilous. *Pásové pily na kov a dřevo, pilové pásy*. [online]. 2016 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.pilous.cz/>
7. Vertikální frézy – stroje s řízením CNC Haas. *VF-2*. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/cs/machines/vertical-mills/vf-series/models/small/vf-2.html>
8. HLUCHÝ, Miroslav. *Strojírenská technologie pro SPŠ nestrojnické: učební text*. 3., opr. vyd. Praha: SNTL, 1990. ISBN isbn80-03-00145-5.
9. ČERNOCH, Svatopluk. *Strojně technická příručka*. 13., upravené vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1977.
10. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
11. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN isbn80-214-2374-9.
12. Sandvik Coromant. *Sandvik Coromant* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/milling/pages/up-milling-vs-down-milling.aspx>
13. KOČMAN, Karel. *Speciální technologie: obrábění*. 3. přeprac. v dopl. vyd., V Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2562-8.
14. HAAS AUTOMATION INC. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: [https://www.haascnc.com/content/dam/haascnc/additional-languages/cs\\_cz/service/manual/operator/czech---mill---next-generation-control-operator's-manual---2016.pdf](https://www.haascnc.com/content/dam/haascnc/additional-languages/cs_cz/service/manual/operator/czech---mill---next-generation-control-operator's-manual---2016.pdf)
15. SOLID EDGE TPV group. *TPV GROUP* [online]. 2015 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.tpvgroup.cz/solid-edge/>
16. ZELENKA, A. *Projektování výrobních procesů a systémů*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.



17. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
<b>Al</b>	[-]	hliník
<b>AW</b>	[-]	tvářený hliníkový výrobek
<b>CAD</b>	[-]	Computer Aided Design
<b>CAM</b>	[-]	Computer Aided Manufacturing
<b>CNC</b>	[-]	Computer Numerical Control
<b>Co</b>	[-]	kobalt
<b>Cr</b>	[-]	chrom
<b>Cu</b>	[-]	měď
<b>ČSN</b>	[-]	Česká technická norma
<b>DIN</b>	[-]	Deutsche Industrie Norm
<b>EN</b>	[-]	Evropská norma
<b>Fe</b>	[-]	železo
<b>ISO</b>	[-]	International Organization for Standardization
<b>IT</b>	[-]	stupeň přesnosti
<b>Mg</b>	[-]	hořčík
<b>Mn</b>	[-]	mangan
<b>NC</b>	[-]	Numerical Control
<b>Si</b>	[-]	křemík
<b>SK</b>	[-]	slinutý karbid
<b>s. r. o.</b>	[-]	Společnost s ručením omezeným
<b>T</b>	[-]	nástroj (tool)
<b>VBD</b>	[-]	vyměnitelná břitová destička
<b>HRA</b>	[-]	tvrdost dle Rockwella
<b>PVD</b>	[-]	Physical Vapour Deposition

<b>Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
<b>A</b>	[%]	tažnost
<b>B<sub>p</sub></b>	[mm]	šířka polotovaru
<b>B<sub>pn</sub></b>	[mm]	normalizovaná šířka polotovaru
<b>C<sub>VHŠ</sub></b>	[Kč]	cena výkupu hliníkového šrotu za kilogram

$C_{mat}$	[Kč]	cena za kilogram materiálu
$D_v$	[mm]	průměr vrtáku
$D_z$	[mm]	průměr frézy
$H_p$	[mm]	výška polotovaru
$H_{pn}$	[mm]	normalizovaná výška polotovaru
$L$	[mm]	celková délka děleného tyčového materiálu
$L_p$	[mm]	délka polotovaru
$N_m$	[kg]	norma spotřeby materiálu
$N_{mat}$	[Kč]	náklady na materiál
$N_{nd}$	[Kč]	nezávislé náklady
$N_{sAC}$	[Kč]	náklady na strojní práci
$N_{sa}$	[Kč]	náklady na minutu strojní práce
$N_{sb}$	[Kč]	náklady na minutu seřízení stroje
$N_{vd}$	[Kč]	výrobní náklady na výrobní dávku
$N_z$	[Kč]	závislé náklady
$Q_k$	[kg]	hmotnost nevyužitého konce tyče
$Q_p$	[kg]	hmotnost polotovaru
$Q_s$	[kg]	čistá hmotnost součásti
$U$	[mm]	šířka řezného nástroje
$a_p$	[mm]	výška záběru ostří
$b$	[mm]	šířka polotovaru
$d_v$	[ks]	výrobní dávka
$f$	[mm]	posuv na otáčku
$f_z$	[mm]	posuv na zub
$h$	[mm]	výška obrobku
$k_m$	[-]	stupeň využití materiálu
$l$	[mm]	délka obrobku
$l_s$	[mm]	délka polotovaru
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky
$n_{pl}$	[-]	počet přířezů z tyčového materiálu
$p_b$	[mm]	přídavek na šířku polotovaru

$p_h$	[mm]	přídavek na výšku
$p_l$	[mm]	přídavek na délku
$q_k$	[kg]	ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče
$q_o$	[kg]	ztráty vzniklé obráběním polotovaru
$q_u$	[kg]	ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu
$t_l$	[min/ks]	celkový čas potřebný pro výrobu
$t_{AC}$	[min/ks]	celkový strojní čas
$t_{BC}$	[min/ks]	celkový přípravný čas
$v_c$	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
$v_f$	[mm.min <sup>-1</sup> ]	rychlost posuvu
$z_m$	[kg]	celkové jednotkové ztráty při výrobě součásti
$z_n$	[-]	počet tubů nástroje

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Technické parametry pásové pily PILOUS ARG 200 PLUS
Příloha 2	Technické parametry vertikálního obráběcího centra HAAS VF-2
Příloha 3	Výrobní postup
Příloha 4	Průvodka
Příloha 5	NC program pro frézování I
Příloha 6	NC program pro frézování II
Příloha 7	NC program pro frézování III
Příloha 8	NC program pro frézování IV
Příloha 9	Výkres součásti

## PŘÍLOHA 1

Technické parametry pásové pily PILOUS ARG 200 PLUS [6]

Parametry stroje		
Hlavní motor pásové pily	kW	0,75 – 0,95
Rychlost pilového pásu	m.min-1	40 – 80
Rozměry pásové pily (min.)	mm	1350 x 530 x 1300
Rozměry pásové pily (max.)	mm	1950 x 1200 x 1400
Hmotnost pásové pily	kg	230
Rozměry pilového pásu	mm	2490 x 20 x 0,9
Motor čerpadla pásové pily	kW	0,05
Pracovní výška svěráku pily	mm	900
Nádrž chladicí kapaliny	L	15
Možnosti řezání při 90°		
Kruhový průřez	mm	200
Čtvercový průřez	mm	200
Obdélníkový průřez	mm	250 x 140

## PŘÍLOHA 2

Technické parametry vertikálního obráběcího centra HAAS VF-2PLUS [7]

Dráhy pojezdu		
Osa X	mm	762
Osa Y	mm	406
Osa Z	mm	508
Vzdálenost od čela vřetena ke stolu (max.)	mm	610
Vzdálenost od čela vřetena ke stolu (min.)	mm	102
Vřeteno		
Max. výkon	kW	22,4
Max. rychlost	rpm	8100
Max. krouticí moment	Nm	122
Hnací systém	-	Inline Direct-Drive
Kužel	-	CT 40
Nástroj		
Typ	-	Carousel
Kapacita	-	20
Max. průměr nástroje (plný)	mm	89
Max. hmotnost nástroje	Kg	5,4
Rozměry stroje		
Délka	mm	3073
Šířka	mm	1981
Výška	mm	2769

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Název součásti : Součást ze základny přístroje				Číslo výkresu součásti: BP-01-2021	
Datum: 17.05.2021		Vyhotožil: Kunst O.	Kontroloval:	Polotovar: EN-AW 6082 T6 plochá tyč 160 x 15 mm		l <sub>oD</sub> = 277 mm		Počet listu : 3		
Číslo op. Poř.:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Číslo výrobního nástroje, přípravku, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	Výrobní podmínky:				
						v <sub>c</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	a <sub>c</sub>	l	t <sub>AS</sub> [min.ks <sup>-1</sup> ]
Orien.:	Třídící číslo:					f <sub>z</sub> [mm]	a <sub>p</sub>	i	t <sub>AC</sub> [min.ks <sup>-1</sup> ]	
00/00	Pásová pila PILOUS ARG 200	Sklad	Upnout polotovar do svěráku	T00						0,5
			Řezat na délku L=277± 0,2			55	3,5	1	4,72	
			Vyjmout polotvar						0,5	
01/01	CNC frézka HAAS VF-2	Obrobna	Upnout polotovar do svěráku	Univerzální						0,5
			Frézovat čelní plochu na výšku Z=1 (zarovnat)	T01	IC928	327	2600 0,08	1	2788,06 1	2,95
			Otočit a upnout obrobek do svěráku							1
			Frézovat čelní plochu na výšku Z=0 (zarovnat)	T01	IC928	327	2600 0,08	1	2788,06 1	2,95
			Navrtat středící důlky	T02	HSSCo	100	3200 0,02		20 1	1,73
			Vrtat díry ø14 skrz tl. (pro upnutí do přípravku)	T03	HSSCo	42	960 0,01		204 1	2,27
			Frézovat čelní plochu na výšku Z=-0,5 (dokončení)	T04	IC 12.200	251	500 0,02	1	449,5 1	4,46
			Vyjmout obrobek							0,5
02/02	CNC frézka HAAS VF-2	Obrobna	Upnout obrobek do přípravku 1 (Zadní stranou nahoru)	Přípravek 1						2
			Frézování čelní plochy výstupků na výšku Z=0,15	T05	SK	188	6000 0,03	1	802,16 1	1
			Frézovat čelní plochu kolem kapsy a výstupků na výšku Z=-1,5	T06	SK	163	6500 0,06	1	4577,12 1	
			Frézovat čelní plochu ostůvků na výšky Z=-3,5			163	6500 0,07	3,5	6296,96 1	18,50
			Frézovat čelní plochu ostůvků na výšky Z=-3,6			163	6500 0,07	3,6	1034,31 1	

Výrobní postup

PŘÍLOHA 3 (1/3)



Frézovat čelní plochu ostůvků na výšky Z=-4,6			163	6500 0,07	4,6	3248,83 1	
Obrysově frézování na výšku Z=-1,5 (úprava výstupků)			163	6500 0,04	1,5	1213,33 1	
Obrysově frézování na výšku Z=-4,6 (úprava ostůvků)			163	6500 0,04	4,6	1872,6 1	
Obrysově frézování na výšku Z=-12 (nejdelší strana součástí)			163	6500 0,04	1	1473,03 2	
Frézování drážek na výšku Z=-6,6			163	6500 0,02	3,6	210,8 2	
Frézování pravé a levé drážky pro šroub na výšku Z=-12	T07	SK	106	4200 0,03	1	1354,47 4	1,42
Frézování kapsy na výšku Z=-12	T17	SK	163	6500 0,05	1	4326,66 1	5,03
Frézování obrysu kapsy na výšku Z=-12			163	6500 0,02	1	418,18 1	
Navrtat středicí dŮlky ø8	T08	HSSCo	80	3200 0,02		1	1,38
Navrtat středicí dŮlky ø6	T09	HSSCo	37	2000 0,03		1	3,18
Vrtat průchozí díry ø4,1	T10	SK	21	1600 0,05		1	3,26
Vrtat průchozí díry ø4,5	T11	SK	23	1600 0,05		1	3,63
Vrtat průchozí díry ø4	T12	SK	20	1600 0,05		1	1,85
Řezat průchozí závit M5	T13	HSS-E	2	130		1	4,55
Korekce ostrůvků	T14	SK	75	4200 0,04	1	1098,75 1	1,28
Vrtat průchozí díry ø8,1	T15	SK	31	1200 0,06		1	1,98
Srazit hrany kapsy ostrůvků	T16	SK	151	6000 0,03		2334,82 1	2,60
Frézování obrysu s korekcí	T07	SK	90	4800 0,03	1	1837,55 2	0,95

Výrobní postup

PŘÍLOHA 3 (2/3)




			Sražení hran obrysu	T16	SK	121	4800 0,03		1422,66 1	1,72	
			Vyjmout obrobek								2
03/03	CNC frézka HAAS VF-2	Obrobna	Upnout do přípravku 2 (Přední stranou nahoru)	Přípravek 2							2
			Frézování drážek pro šroub na výšku Z=-6,15	T07	SK	104	5500 0,03	6,2	2336,683 7	2,38	
			Frézování děr pro záпустnou hlavu šroubů Z=-6,15			104	5500 0,3	6,2	1911,629 9		
			Frézování rádiusu drážky	T18	SK	72	4600 0,02	2,2	757,04 2	0,92	
			Sražení hran kapsy	T16	SK	151	6000 0,04		569,09 1		
			Sražení hran drážek a děr			151	6000 0,03		4525,09 1	4,23	
			Sražení hran u děr	T08	HSSCo	120	4800 150		1601,18 1	2	
			Sražení hran	T16	SK	120	4800 0,01		1845,48 1	1,62	
			Sražení hran u děr	T09	HSSCo	57	3000 0,02		1571,41 1	1,8	
			Vyjmout obrobek								2
04/04	CNC frézka HAAS VF-2	Obrobna	Upnout do přípravku 2 (Přední stranou nahoru) upínat přes okýnko	Přípravek 2							2
			Frézování obrysu	T06	SK	120	4800 0,03	11	2105,54 4		
			Frézování obrysu			120	4800 0,03	11	1440,75 4	5,32	
			Frézování obrysu			120	4800 0,03	11	1027,62 4		
			Sražení hran	T16	SK	120	4800 0,02		1624,92 1	2,55	
			Vyjmout obrobek								2

Výrobní postup

PŘÍLOHA 3 (3/3)





## PŘÍLOHA 4 (1/2)

Průvodka

<b><u>Průvodka</u></b>			
Zakázka:	<b>ZAK2021</b>	Rev.:	<b>0</b>
Množství objednané:	<b>10</b>	Objednávka:	<b>210517</b>
Množství vyrábět:	<b>10</b>	Termín dodání:	<b>210611</b>
Název:		<b>Součást ze základny přístroje</b>	
Zákazník:		<b>VUT</b>	
Materiál:	<b>Al-Tyč plochá 160 x 15 EN AW-6082 T6 AlMgSi1</b>		Množství v kg: <b>3,5</b>
Povrchová úprava: <b>BEZ POVRCHOVÉ ÚPRAVY</b>			
<b><u>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</u></b>			
Středisko - stroj		Druh práce	
Čas			
<b>Popis práce</b>			
Sklad - PILOUS		Řezání pásovou pilou	
Pilový pás 2490 x 20 x 0,9, rychlost 55, posuv 3,5 Polotovar 160x15 Řezat 277mm +/-0,2		Výrobní čas:	
			
Obrobna - HAAS VF-2		Frézování I	
Výrobní čas:			
PRG=00001 G54= X, Y pravý spodní roh desky, Z0 zřůknout neobrobenou plochu potom -2,00 mm Upínat do svěráku tlak na '0' Doraz na pravé straně  Osazení: T01 - Fréza ø 40 HM90 F90 AP D40-5-22 T02 - Navrtávák ø10 T03 - Vrták ø14 HSSCo T04 - Fréza ø160 (Pouze s jednou destičkou !)  Pozor v programu 2x M00 vložit/vydělat frézu ø160 Kolem pozice kde je fréza ø160 mít prázdný deštník M00 - Otočit materiál			
Obrobna - HAAS VF-2		Frézování II	
Výrobní čas:			
PRG=00002 Rozměr kusu 160 x 12 x 277 NB = X,Y levý spodní roh, Z0 čelo kusu a potom posunout X+1, Y+1 Z0,5 Upínat do vyfrézovaného lůžka (přípravek 1)			

## PŘÍLOHA 4 (2/2)

Průvodka

Osazení: <b>T05</b> - Fréza VBUX 10.22.4 <b>T06</b> - Fréza VBUX 8.19.3 <b>T07</b> - Fréza VBUX 6.16.3 <b>T08</b> - Navrtávák ø8 <b>T09</b> - Navrtávák ø6 <b>T10</b> - Vrták ø4,1 TK <b>T11</b> - Vrták ø4,5 TK <b>T12</b> - Vrták ø4 TK <b>T13</b> - Závítník M5 do průchozí <b>T14</b> - Fréza VBUX 4.10.3 (KOREKCE) <b>T15</b> - Vrták ø8,1 TK <b>T16</b> - Srážecí fréza ø8 x 90° <b>T17</b> - Fréza VBUX 8.19.3 (KOREKCE)		
Obrobna - HAAS VF-2	Frézování III	Výrobní čas:
PRG=00003 G54= <b>X, Y</b> pravý spodní roh, <b>Z0</b> čelo Upínat do vyfrézovaného lůžka (přípravek 2)		
Osazení: <b>T07</b> - Fréza VBUX 6.16.3 <b>T08</b> - Navrtávák ø8 <b>T09</b> - Navrtávák ø6 <b>T16</b> - Srážecí fréza ø8 x 90° <b>T18</b> - Fréza ø5 x 0,5R (4F-ø5 x R0,5xD5x10x50)		
Obrobna - HAAS VF-2	Frézování IV	Výrobní čas:
PRG=00004 Upínat pře okýnko s podložkou		
Osazení: <b>T06</b> - Fréza VBUX 8.19.3 <b>T16</b> - Srážecí fréza ø8 x 90°		
Sklad - Naskladnění	Naskladnění	Výrobní čas:
		
Sklad - Kontrola	Kontrola	Výrobní čas:
		

## PŘÍLOHA 5 (1/2)

NC program pro frézování I

%

O00001(1\_CELO FREZA 160+ DIRY)  
(OTOCENO)  
(G54 X0+Y0 PRAVY SPODNI ROH  
DESKY 160X277)  
(G54 Z0 ODMERIT NEOBROBENOU  
PLOCHU - POTOM ODECIST Z-2)  
(MATERIAL 1600X15X277\_UPNUTY VE  
SVERACICH)

N0 G00 G90 G53 Z0  
N1 T01 M06 (FREZA PR.40)  
N2 S2600 F800. M03  
N3 G54 G90 G00 X-300. Y150.  
N4 G43 H01 D01 Z25. M08  
N5 Z5.5  
N6 G01 Z1. F1500.  
N7 X-278. F1000.  
N8 X1.  
N9 G17 G02 X9. Y142. R8.  
N10 G01 Y130.  
N11 G02 X1. Y122. R8.  
N12 G01 X-278.  
N13 G03 X-286. Y114. R8.  
N14 G01 Y102.  
N15 G03 X-278. Y94. R8.  
N16 G01 X1.  
N17 G02 X9. Y86. R8.  
N18 G01 Y74.  
N19 G02 X1. Y66. R8.  
N20 G01 X-278.  
N21 G03 X-286. Y58. R8.  
N22 G01 Y46.  
N23 G03 X-278. Y38. R8.  
N24 G01 X1.  
N25 G02 X9. Y30. R8.  
N26 G01 Y18.  
N27 G02 X1. Y10. R8.  
N28 G01 X-278.  
N29 X-300.  
N30 G00 Z25.  
N31 M09  
N32 M05  
N33 G00 G90 G53 Z0.

N34 G00 G90 G53 X-350. Y0.  
N35 M00 (OTOCIT MATERIAL)

N36 T01 M06 (FREZA PR.40)  
N37 S2600 F800. M03  
N38 G54 G90 G00 X-300. Y150.  
N39 G43 H01 D01 Z25. M08  
N40 Z5.5.  
N41 G01 Z1. F1500.  
N42 X-278. F1000.  
N43 X1.  
N44 G17 G02 X9. Y142. R8.  
N45 G01 Y130.  
N46 G02 X1. Y122. R8.  
N47 G01 X-278.  
N48 G03 X-286. Y114. R8.  
N49 G01 Y102.  
N50 G03 X-278. Y94. R8.  
N51 G01 X1.  
N52 G02 X9. Y86. R8.  
N53 G01 Y74.  
N54 G02 X1. Y66. R8.  
N55 G01 X-278.  
N56 G03 X-286. Y58. R8.  
N57 G01 Y46.  
N58 G03 X-278. Y38. R8.  
N59 G01 X1.  
N60 G02 X9. Y30. R8.  
N61 G01 Y18.  
N62 G02 X1. Y10. R8.  
N63 G01 X-278.  
N64 X-300.  
N65 G00 Z25.  
N66 M09  
N67 M05  
N68 G00 G90 G53 Z0.  
  
N69 T02 M06 (NAVRTAVAK PR.10)  
N70 S3200 F150. M03  
N71 G54 G90 G00 X-29.4. Y139.  
N72 G43 H02 D02 Z25. M08  
N73 G82 G98 Z-3. P0.2 R1. F150.  
N74 X-25.4. Y59.  
N75 X-165.4.  
N76 X-161.4 Y139.

NC program pro frézování I

N77 X-263.4. Y60.

N78 G80

N79 M09

N80 M05

N81 G00 G90 G53 Z0

N82 T03 M06 (VRTAK PR.14)

N83 S960 F130. M03

N84 G54 G90 G00 X-29.4. Y139.

N85 G43 H03 D03 Z25. M08

N86 G73 G98 Z-16. Q2. K1. R1. F130.

N87 X-25.4 Y59.

N88 X-165.4.

N89 X-161.4. Y139.

N90 X-263.4. Y60.

N91 G80

N92 M09

N93 M05

N94 G00 G90 G53 Z0

N95 T04 M06 ( FREZA PR.160)

N96 S500 F100. M03

N97 G54 G90 G00 X-360.5 Y80.

N98 G43 H04 D04 Z25. M08

N99 Z5.

N100 G01 Z-0.5. F500.

N101 X-277.5 F120.

N102 X0.5.

N103 X83.5.

N104 G00 Z25.

N105 M09

N106 M05

N107 G00 G90 G53 Z0

N108 T01 M06 (FREZA PR.40 )

N109 G00 G90 G53 X-350. Y0.

N110 M30

%

## PŘÍLOHA 6 (1/7)

NC program pro frézování II

%

O00002 (2\_OBRABENI DESKA)  
(POLOTOVAR 160 x 12 x 277)  
(LEVY SPODNI ROH Z0 CELO POTOM  
POSUNOUT G54 X+1. a Y+1.)  
(POLOTOVAR VYSKA 12 ZABRAT  
0,5mm )  
(POUZE CELO VYSTUPKU VYSKA  
BUDE 11,65 JEDEME Z 0,15)

N1 G00 G90 G53 Z0  
N2 T05 M06 (MONOLIT FREZA AL  
pr.10mm )  
N3 S6000 F750. M03  
N4 G54 G90 G00 X36.35 Y35.  
N5 G43 H05 D05 Z25. M08  
N6 Z5.15.  
N7 G01 Z1. F1500.  
N8 G01 Z0.15 F150.  
N9 X42.35. F750.  
N10 X67.65.  
N11 X73.65.  
N12 G00 Z25.  
N13 X201.65  
N14 Z5.15  
N15 G01 Z1. F1500.  
N16 G01 Z0.15 F150.  
N17 X207.65 F750.  
N18 X232.65  
N19 X238.65  
N20 G00 Z25.  
N21 M09  
N22 M05  
N23 G00 G90 G53 Z0

N24 T06 M06 (8.0 mm VALCOVA)  
N25 S6500 F1200.0 M03  
N26 G40 G54 G90 X133.635 Y151.652  
N27 G94 G43 Z5.000 H06 M09  
N28 G00 Z0.010  
.  
.  
.  
N623 X255.756 Z-1.5  
N624 G00 Z20.

N625 M05  
N626 M09  
N627 M89  
N628 G90 G00 G53 Z0  
  
N629 T06 M06 (8.0 mm VALCOVA)  
N630 S6500 F1100. M03  
N631 G40 G54 G90 X130.037 Y13.7  
N632 G94 G43 Z20. H06 D06 M08  
N633 G00 Z2.  
N634 G01 X101.743 Y4.507 Z0.441 F220.  
.  
.  
.  
N1232 X95.545 Z-4.6  
N1233 G00 Z25.  
  
N1234 (uprava ostruvku -1.5)  
N1235 T06 M06 (8.0 mm VALCOVA)  
N1236 S6500 F800. M03  
N1237 G40 G54 G90 X274.879 Y-4.01  
N1238 G94 G43 G01 Z2. H06 D06  
N1239 G01 Z-1.5  
N1240 X275.121 Y-3.995  
N1241 X275.24 Y-3.974  
N1242 X275.356 Y-3.938  
N1243 X275.466 Y-3.888  
N1244 X275.57 Y-3.825  
  
N1245 (71)  
N1246 X275.665 Y-3.751  
N1247 X275.751 Y-3.665  
N1248 X275.825 Y-3.57  
N1249 X275.888 Y-3.466  
N1250 X275.938 Y-3.356  
N1251 X275.974 Y-3.24  
N1252 X275.995 Y-3.121  
N1253 X276.01 Y-2.879  
N1254 Y35.879  
N1255 X275.995 Y36.121  
N1256 X275.974 Y36.24  
N1257 X275.938 Y36.356  
N1258 X275.888 Y36.466  
N1259 X275.825 Y36.57  
N1260 X275.751 Y36.665

## PŘÍLOHA 6 (2/7)

### NC program pro frézování II

N1261 X275.665 Y36.751  
N1262 X275.57 Y36.825  
N1263 X275.466 Y36.888  
N1264 X275.356 Y36.938  
N1265 X275.24 Y36.974  
N1266 X275.121 Y36.995  
N1267 X274.879 Y37.01  
N1268 X236.016  
N1269 X236.073 Y36.78  
N1270 G02 X236.15 Y36. R4.  
N1271 G01 Y34.  
N1272 G02 X232.15 Y30. R4.  
N1273 G01 X227.15  
  
N1274 (72)  
.  
.  
.  
N1303 (73)  
.  
.  
N1332 (74)  
.  
.  
.  
N1361 (75)  
.  
.  
.  
N1390 (76)  
.  
.  
.  
N1433 (uprava ostruvky leve -1.5)  
N1434 X75.433 Y46.681  
N1435 Z-0.5  
N1436 G01 Z-1.5 F1500.  
N1437 X70.919 Y40.718 F800.  
N1438 G03 X70.317 Y39.024 R2.685  
N1439 X70.328 Y38.786 R2.685  
N1440 X70.678 Y37.886 R2.022  
N1441 G02 X71.15 Y36. R4.  
N1442 G01 Y34.  
N1443 G02 X67.15 Y30. R4.

N1444 G01 X62.144  
N1445 G02 X58.144 Y34. R4.  
N1446 X58.149 Y34.2 R4.  
N1447 G01 X58.15 Y34.25  
N1448 G03 X58.088 Y34.598 R1.  
N1449 G02 X57.918 Y35.173 R4.77  
N1450 X57.832 Y35.995 R4.009  
N1451 X61.552 Y39.994 R4.009  
N1452 G01 X67.15 Y40.  
N1453 G02 X70.476 Y38.222 R4.  
N1454 G01 X70.577 Y38.054  
N1455 X70.642 Y38.129  
N1456 G00 Z25.  
N1457 X50.219 Y49.354  
N1458 Z-0.5  
N1459 G01 Z-1.5 F1500.  
N1460 X49.064 Y41.966 F800.  
N1461 G03 X49.019 Y41.484 R2.594  
N1462 X49.466 Y40.028 R2.594  
  
N1463 (86)  
.  
.  
.  
N1490 (uprava ostruvku z-4.6)  
N1491 G00 Z25.  
N1492 X96.15 Y-5.998  
N1493 Z-3.6  
N1494 G01 Z-4.6 F1500.  
.  
.  
.  
N1515 (150)  
.  
.  
.  
N1544 (151)  
.  
.  
.  
N1573 (152)  
.  
.  
.  
N1602 (153)



## PŘÍLOHA 6 (3/7)

NC program pro frézování II

.  
. .  
. .  
N1631 (154)  
. .  
. .  
N1660 (155)  
. .  
. .  
N1689 (156)  
. .  
. .  
N1718 (157)  
. .  
. .  
N1747 (158)  
. .  
. .  
N1776 (159)  
. .  
. .  
N1805 (160)  
. .  
. .  
N1834 (161)  
. .  
. .  
N1852 G01 X96.5  
N1853 G00 Z20.  
N1854 M09  
N1855 M05  
N1856 G00 G90 G53 Z0  
  
N1857 T07 M06 (TK\_FREZA  
PR.6+KOREKCE)  
N1858 S4200 F400. M03  
  
N1859 G54 G90 G00 X220.05 Y-6.  
N1860 G43 H07 D07 Z25. M08  
N1861 Z-5.6  
N1862 G01 Z-7.6 F1500.  
N1863 M97 P2520  
N1864 X220.05  
. .  
. .  
N1887 G01 Y-6. F400.  
N1888 G40 X219.9  
N1889 G00 Z25.  
N1890 X55.05  
N1891 Z-5.6  
N1892 G01 Z-7.6 F1500.  
N1893 M97 P2530  
N1894 X55.05  
. .  
. .  
N1907 Z-12. F1500.  
N1908 M97 P2530  
N1909 G00 Z25.  
N1910 X55.1  
N1911 Z-5.6  
N1912 G01 Z-12. F1500.  
N1913 G41 X59. F400.  
N1914 Y4.  
N1915 G03 X55. Y8. R4. F300.  
N1916 X51. Y4. R4.  
N1917 G01 Y-6. F400.  
N1918 G40 X54.9  
N1919 G00 Z25.  
N1920 M09  
N1921 M05  
N1922 G00 G90 G53 Z0  
  
N1923 T17 (8.0 mm freza + korekce kapsa)  
N1924 S6500 F1000.0 M03  
N1925 G40 G54 G90 X74.704 Y89.321  
N1926 G94 G43 Z10.000 H17 M09  
N1927 G00 Z4.000  
N1928 G02 Z2.431 I5.611 J2.111  
N1929 G02 Z0.861 I5.611 J2.111  
N1930 G02 Z-0.708 I5.611 J2.111

## PŘÍLOHA 6 (4/7)

### NC program pro frézování II

N1931 G02 Z-2.278 I5.611 J2.111  
N1932 G02 Z-3.847 I5.611 J2.111  
N1933 G02 Z-5.417 I5.611 J2.111  
N1934 G02 Z-6.986 I5.611 J2.111  
N1935 G02 Z-8.556 I5.611 J2.111  
N1936 G02 Z-10.125 I5.611 J2.111  
N1937 G02 X86.310 Y91.432 Z-11.000  
I5.611 J2.111  
N1938 G02 I-5.995 J0.0  
N1939 G01 Y85.060  
.  
.  
.  
N2092 X61.200  
N2093 G00 Z10.000  
N2094 M05  
N2095 M09  
N2096 M89  
N2097 G90 G00 G53 Z02.25  
  
N2098 (SLICHT KAPSA)  
N2099 G00 Z25.  
N2100 X98.308 Y126.750  
N2101 Z1.  
N2102 G01 Z-12. F150013.000 F2000.0  
N2103 G41 Y132.750 D02 F800.0  
N2104 X93.308  
N2105 X60.000  
N2106 G03 X55.000 Y127.750 I0.0 J-5.0  
F600.0  
N2107 G01 Y73.750 F800.0  
N2108 G03 X75.000 Y53.750 I20.0 J0.0  
F640.0  
N2109 G01 X105.000 F800.0  
N2110 G03 X123.794 Y80.590 I0.0 J20.0  
F640.0  
N2111 G01 X106.007 Y129.460 F800.0  
N2112 G03 X101.308 Y132.750 I-4.699 J-  
1.71 F600.0  
N2113 G01 X93.308 F800.0  
N2114 X88.308  
N2115 G40 Y126.750.9 F400.  
N2116 G00 Z25.  
N2117 M09  
N2118 M05

N2119 G00 G90 G53 Z0  
  
N2120 T08 M06 (NAVRTAVAK PR.8  
MM)  
N2121 S3200 F125. M03  
N2122 G54 G90 G00 X51.5 Y139  
N2123 G43 H08 D08 Z25. M08  
N2124 G82 G98 Z-4. P0.2 R-0.5 F125.  
N2125 Y96.  
N2126 Y62.5  
N2127 X133.5  
N2128 Y96.  
N2129 Y139  
N2130 G80  
N2131 M09  
N2132 M05  
N2133 G00 G90 G53 Z0  
  
N2134 T09 M06 (NAVRTAVAK PR.6  
MM)  
N2135 S2000 F125. M03  
N2136 G54 G90 G00 X105. Y30.  
N2137 G43 H09 D09 Z25. M08  
N2138 G82 G98 Z-5.91 P0.2 R-2.5 F125.  
N2139 Y4.  
N2140 X170.  
N2141 Y30.  
N2142 G80  
N2143 X270.  
N2144 G82 G98 Z-5.96 P0.2 R-2.6 F125.  
N2145 Y4.  
N2146 X5.  
N2147 Y30.  
N2148 G80  
N2149 X12.5 Y23.5  
N2150 G82 G98 Z-6.26 P0.2 R-3.6 F125.  
N2151 X262.5  
N2152 G80  
N2153 Y10.9  
N2154 G82 G98 Z-6.1 P0.2 R-3.6 F125.  
N2155 X12.5  
N2156 G80  
N2157 X55. Y30.  
N2158 G82 G98 Z-8.6 P0.2 R-5.6 F125.  
N2159 X220.

## PŘÍLOHA 6 (5/7)

### NC program pro frézování II

N2160 G80  
N2161 M09  
N2162 M05  
N2163 G00 G90 G53 Z0

N2164 T10 M06 (VRTAK PR.4,1MM M5)  
N2165 S1600 F175. M03  
N2166 G54 G90 G00 X133.5 Y139.  
N2167 G43 H10 D10 Z25. M08  
N2168 G73 G98 Z-16.5 Q1.5 K4.5 R-0.5  
F175.  
N2169 X133.5 Y96.  
N2170 X133.5 Y62.5  
N2171 X51.5  
N2172 Y96.  
N2173 Y139.  
N2174 X12.5 Y23.5  
N2175 X262.5  
N2176 G80  
N2177 M09  
N2178 M05  
N2179 G00 G90 G53 Z0

N2180 T11 M06 (VRTAK PR.4,5)  
N2181 S1600 F175. M03  
N2182 G54 G90 G00 X170. Y30.  
N2183 G43 H11 D11 Z25. M08  
N2184 G73 G98 Z-16.5 Q1.5 K4.5 R-2.5  
F175.  
N2185 Y4.  
N2186 X105.  
N2187 Y30.  
N2188 G80  
N2189 X5.  
N2190 G73 G98 Z-16.5 Q1.5 K4.5 R-2.5  
F175.  
N2191 Y4.  
N2192 X270.  
N2193 Y30.  
N2194 G80  
N2195 M09  
N2196 M05  
N2197 G00 G90 G53 Z0

N2198 T12 M06 (VRTAK PR.4)

N2199 S1600 F175. M03  
N2200 G54 G90 G00 X262.5 Y10.9  
N2201 G43 H12 D12 Z25. M08  
N2202 G73 G98 Z-19.6 Q1.5 K4.5 R-3.6  
F175.  
N2203 X12.5  
N2204 G80  
N2205 M09  
N2206 M05  
N2207 G00 G90 G53 Z0

N2208 T13 M06 (ZAVITNIK M5)  
N2209 S130 F104. M03  
N2210 G54 G90 G00 X133.5 Y139.  
N2211 G43 H13 D13 Z25. M08  
N2212 G84 G98 Z-16.5 R1.5 F104.  
N2213 X133.5 Y96.  
N2214 Y62.5.  
N2215 X51.5  
N2216 Y96.  
N2217 Y139.  
N2218 X12.5 Y23.5  
N2219 X262.5  
N2220 G80  
N2221 M09  
N2222 M05  
N2223 G00 G90 G53 Z0

N2224 T14 M06 (TK\_FREZA  
PR.4+KOREKCE)  
N2225 S4200 F250. M03  
N2226 G54 G90 G00 X12.5 Y10.9  
N2227 G43 H14 D14 Z25. M08  
N2228 Z-3.6  
N2229 G40 G01 Z-5.1 F500.  
N2230 M97 P2540  
.  
.  
.  
N2256 M97 P2540  
N2257 Z-12.1 F500.  
N2258 M97 P2540  
N2259 G00 Z25.  
N2260 X262.5  
N2261 Z-3.6

## PŘÍLOHA 6 (6/7)

NC program pro frézování II

N2262 G01 Z-5.1 F500.

N2263 M97 P2550

.

.

.

N2290 Z-12.1 F500.

N2291 M97 P2550

N2292 G00 Z25.

N2293 M09

N2294 M05

N2295 G00 G90 G53 Z0

N2296 T15 M06 (VRTAK PR.8,1 MM )

N2297 S1200 F135. M03

N2298 G54 G90 G00 X220. Y30.

N2299 G43 H15 D15 Z5. M08

N2300 G73 G98 Z-15.1 Q1.5 K10. R-5.6

F135.

N2301 X55.

N2302 G80

N2303 M09

N2304 M05

N2305 G00 G90 G53 Z0

N2306 T16 M06 (MONOLIT pr.8 90-  
STUPNU HRANY)

N2307 S6000 F900. M03

N2308 G54 G90 G00 X59.500 Y125.750

N2309 G43 H16 D16 Z25. M08

N2310 Z1.

N2311 G01 Z-1.500 F2000.0

.

.

.

N2374 G01 Y-3.501 F750.

N2375 G00 Z25.

N2376 M09

N2377 M05

N2378 G00 G90 G53 Z0

N2379 T07 M06 (TK\_FREZA  
PR.6+KOREKCE)

N2380 S4800 F550. M03

N2381 G54 G90 G00 X-5. Y42.15

N2382 G43 H07 D07 Z25. M08

N2383 Z1.

N2384 G40 G01 Z-2. F1500.

N2385 M97 P2560

N2386 G00 Z25.

N2387 X-5.

N2388 Z1.

N2389 G01 Z-3.5 F1500.

N2390 M97 P2560

N2391 G00 Z25.

N2392 M09

N2393 M05

N2394 G00 G90 G53 Z0

N2395 T16 M06 (MONOLIT pr.8 90-  
STUPNU HRANY)

N2396 S4800 F750. M03

N2397 G54 G90 G00 X16.649 Y39.1

N2398 G43 H16 D16 Z25. M08

N2399 Z1.

N2400 G01 Z-2.97 F1500.

.

.

N2422 G01 X178.351 F750.

N2423 Y39.1

N2424 G00 Z25.

N2425 M09

N2426 M05

N2427 G00 G90 G53 Z0

N2428 G00 G90 G53 X-350. Y0.

N2429 M30

N2500(PODPROGRAM P1)

G41 G01 X62.15 F400.

Y34.25

G17 G03 X57.15 Y39.25 R5. F300.

G01 X52.85 F400.

G03 X47.85 Y34.25 R5. F300.

G01 Y-6. F400.

G40 X54.85

M99

P2510(PODPROGRAM P2)

G41 G01 X227.15 F400.

Y41.

X212.85

## PŘÍLOHA 6 (7/7)

NC program pro frézování II

Y-6.  
G40 X219.85  
M99  
P2520(PODPROGRAM P3)  
G41 G01 X223.95 F400.  
Y4.  
G17 G03 X220. Y7.95 R3.95 F300.  
X216.05 Y4. R3.95  
G01 Y-6. F400.  
G40 X219.95  
M99  
P2530(PODPROGRAM P4)  
G41 G01 X58.95 F400.  
Y4.  
G17 G03 X55. Y7.95 R3.95 F300.  
X51.05 Y4. R3.95  
G01 Y-6. F400.  
G40 X54.95  
M99  
P2540(PODPROGRAM P5)  
G41 G01 X14.6 F250.  
Y11.9  
G17 G03 X12.5 Y14. R2.1 F187.5  
X10.4 Y11.9 R2.1  
G01 Y9.9 F250.  
G03 X12.5 Y7.8 R2.1 F187.5  
X14.6 Y9.9 R2.1  
G01 Y10.9 F250.  
G40 X12.5  
M99  
P2550(PODPROGRAM P6)  
G41 G01 X264.6 F250.  
Y11.9  
G17 G03 X262.5 Y14. R2.1 F187.5  
X260.4 Y11.9 R2.1  
G01 Y9.9 F250.  
G03 X262.5 Y7.8 R2.1 F187.5  
X264.6 Y9.9 R2.1  
G01 Y10.9 F250.  
G40 X262.5  
M99  
P2560(PODPROGRAM P7)  
G41 G01 Y36.15 F500.  
X23.  
G17 G03 X41.1 Y47.851 R19.85 F439.

G02 X41.204 Y47.936 R0.15 F600.  
G03 X45. Y52.67 R4.85 F400.  
G01 Y143.35 F500.  
G02 X45.044 Y143.456 R0.15 F600.  
G01 X47.044 Y145.456 F500.  
G02 X47.15 Y145.5 R0.15 F600.  
G01 X137.85 F500.  
G02 X137.956 Y145.456 R0.15 F600.  
G01 X139.956 Y143.456 F500.  
G02 X140. Y143.35 R0.15 F600.  
G01 Y131.85 F500.  
G03 X141.94 Y127.97 R4.85 F400.  
G02 X142. Y127.85 R0.15 F600.  
G01 Y74.15 F500.  
G02 X141.94 Y74.03 R0.15 F600.  
G03 X140. Y70.15 R4.85 F400.  
G01 Y54.85 F500.  
G03 X144.85 Y50. R4.85 F400.  
G01 X145.039 Y50.004 F500.  
X145.045  
G02 X145.188 Y49.899 R0.15 F600.  
G03 X161.59 Y36.15 R19.85 F439.  
G01 X280. F500.  
G40 Y42.15  
M99  
%

NC program pro frézování III

%

O00003 (2\_STRANA 3-OBRABENI)  
 (G54 X0+Y0 PRAVY SPODNI ROH  
 KUSU Z0 CELO)

N1 G00 G90 G53 Z0  
 N2 T07 M06 (MONOLIT PR.6  
 +KOREKCE)  
 N3 S5500 F400. M03  
 N4 G54 G90 G00 X-5. Y-4.  
 N5 G43 H07 D07 Z25. M08  
 N6 Z1.  
 N7 G40 G01 Z-1. F1500.  
 N8 M97 P450  
 N9 Z-2. F1500.  
 N10 M97 P450  
 .  
 .  
 .  
 N19 Z-6.15 F1500.  
 N20 M97 P450  
 N21 G00 Z25.  
 N22 X-105.  
 N23 Z1.  
 N24 G01 Z-1. F1500.  
 N25 M97 P460  
 .  
 .  
 .  
 N36 Z-6.15 F1500.  
 N37 M97 P460  
 N38 G00 Z25.  
 N39 X-170.  
 N40 Z1.  
 N41 G01 Z-1. F1500.  
 N42 M97 P470  
 .  
 .  
 .  
 N53 Z-6.15 F1500.  
 N54 M97 P470  
 N55 G00 Z25.  
 N56 X-270.  
 N57 Z1.

N58 G01 Z-1. F1500.  
 N59 M97 P480  
 .  
 .  
 .  
 N70 Z-6.15 F1500.  
 N71 M97 P480  
 N72 G00 Z25.  
 N73 Y30.  
 N74 G81 G98 Z-6.1 R1. F150.  
 N75 X-170.  
 N76 X-105.  
 N77 X-5.  
 N78 G80  
 N79 X-5.075  
 N80 Z1.  
 N81 G01 Z-0.75 F500.  
 N82 M97 P490  
 .  
 .  
 .  
 N97 Z-6.15 F500.  
 N98 M97 P490  
 N99 G00 Z25.  
 N100 X-105.075  
 N101 Z1.  
 N102 G01 Z-0.75 F500.  
 N103 M97 P500  
 .  
 .  
 .  
 N118 Z-6.15 F500.  
 N119 M97 P500  
 N120 G00 Z25.  
 N121 X-170.075  
 N122 Z1.  
 N123 G01 Z-0.75 F500.  
 N124 M97 P510  
 .  
 .  
 .  
 N139 Z-6.15 F500.  
 N140 M97 P510  
 N141 G00 Z25.

## PŘÍLOHA 7 (2/3)

NC program pro frézování III

N142 X-270.075

N143 Z1.

N144 G01 Z-0.75 F500.

N145 M97 P520

.

.

.

N160 Z-6.15 F500.

N161 M97 P520

N162 G00 Z25.

N163 M09

N164 M05

N165 G00 G90 G53 Z0

N166 T18 M06 (MONOLIT PR.5 S  
RADIUSEM +KOREKCE)

N167 S4600 F300. M03

N168 G54 G90 G00 X-19.5 Y-3.

N169 G43 H18 D18 Z25. M08

N170 Z1.

N171 G01 Z-1.25 F1500.

N172 M97 P530

N173 Z-2.15 F1500.

N174 M97 P530

N175 G00 Z25.

N176 M09

N177 M05

N178 G00 G90 G53 Z0

N179 T16 M06 (MONOLIT pr.8 90-  
STUPNU SRAZENI)

N180 S6000 F600. M03

N181 G54 G90 G00 X-66.25 Y111.5

N182 G43 H16 D16 Z25. M08

N183 Z1.

N184 G01 Z-1.500 F2000.0

N185 G42 X-52.000 Y125.750 D03  
F1000.0

.

.

.

N341 G01 X-269.25 F600.

N342 G00 Z25.

N343 M09

N344 M05

N345 G00 G90 G53 Z0

N346 T08 M06 (NAVRTAVAK PR.8)

N347 S4800 F600. M03

N348 G54 G90 G00 X-262.5 Y23.5

N349 G4 H08 D08 Z25. M08

N350 G81 G98 Z-3. R1. F150.

N351 X-12.5 Y23.5

N352 G80

N353 G81 G98 Z-2.5 R1. F150.

N354 X-51.5 Y62.5

N355 X-50.5 Y96.

N356 X-51.5 Y139.

N357 X-133.5

N358 Y96.

N359 Y62.5

N360 G80

N361 G81 G98 Z-2. R1. F150.

N362 X-127.5

N363 G80

N364 G00 Z25.

N365 M09

N366 M05

N367 G00 G90 G53 Z0

N368 T16 M06 (MONOLIT pr.8 90-  
STUPNU SRAZENI)

N369 S6000 F900. M03

N370 G54 G90 G00 X5.25 Y38.501

N371 G43 H16 D16 Z25. M08

N372 G01 Z-1.5 F1500.

N373 X1.25 F900.

N374 Y-1.25

N375 X-276.25

N376 Y38.501

N377 X-280.25

N378 G00 Z25.

N379 G00 X-18. Y-5.

N382 G01 X-20.95

N383 G01 Y-5.

N384 G00 Z25.

N385 M09

N386 M05

N387 G00 G90 G53 Z0

NC program pro frézování III

N388 T09 M06 (NAVRTAVAK PR.6)  
 N389 S3000 F600. M03  
 N390 G54 G90 G00 X-5. Y4.  
 N391 G43 H09 D09 Z25. M08  
 N392 G00 Z2.  
 N393 G01 Z-8.3  
 .  
 .  
 .  
 N414 G01 Z-8.3  
 N415 G00 Z25.  
 N416 M09  
 N417 M05  
 N418 G00 G90 G53 Z0  
 N419 G00 G90 G53 X-350. Y0.  
 N420 M30  
  
 N450 (PODPROGRAM P1)  
 G41 G01 X-1. F550.  
 Y4.  
 G17 G03 X-5. Y8. R4. F450.  
 X-9. Y4. R4.  
 G01 Y-4. F550.  
 G40 X-5.  
 M99  
 N460 (PODPROGRAM P2)  
 G41 G01 X-101. F500.  
 Y4.  
 G17 G03 X-105. Y8. R4. F400.  
 X-109. Y4. R4.  
 G01 Y-4. F500.  
 G40 X-105.  
 M99  
 N470 (PODPROGRAM P3)  
 G41 G01 X-166. F400.  
 Y4.  
 G17 G03 X-170. Y8. R4. F300.  
 X-174. Y4. R4.  
 G01 Y-4. F400.  
 G40 X-170.  
 M99  
 N480 (PODPROGRAM P4)  
 G41 G01 X-266. F400.  
 Y4.  
 G17 G03 X-270. Y8. R4. F300.

X-274. Y4. R4.  
 G01 Y-4. F400.  
 G40 X-270.  
 M99  
 N490 (PODPROGRAM P5)  
 G41 G01 X-1. Y29.999 F200.  
 Y30.  
 G17 G03 X-5. Y34. R4. F150.  
 X-9. Y30. R4.  
 X-5. Y26. R4.  
 X-1. Y29.999 R4.  
 G40 G01 X-5.075 Y30. F150.  
 M99  
 N500 (PODPROGRAM P6)  
 G41 G01 X-101. Y29.999 F200.  
 Y30.  
 G17 G03 X-105. Y34. R4. F150.  
 X-109. Y30. R4.  
 X-105. Y26. R4.  
 X-101. Y29.999 R4.  
 G40 G01 X-105.075 Y30. F150.  
 M99  
 N510 (PODPROGRAM P7)  
 G41 G01 X-166. Y29.999 F200.  
 Y30.  
 G17 G03 X-170. Y34. R4. F150.  
 X-174. Y30. R4.  
 X-170. Y26. R4.  
 X-166. Y29.999 R4.  
 G40 G01 X-170.075 Y30. F150.  
 M99  
 N520 (PODPROGRAM P8)  
 G41 G01 X-266. Y29.999 F200.  
 Y30.  
 G17 G03 X-270. Y34. R4. F150.  
 X-274. Y30. R4.  
 X-270. Y26. R4.  
 X-266. Y29.999 R4.  
 G40 G01 X-270.075 Y30. F150.  
 M99  
 N530 (PODPROGRAM P9)  
 G41 G01 X-16.85 F450.  
 ...  
 M99  
 %



## PŘÍLOHA 8 (1/3)

NC program pro frézování IV

%

O00004 (DOKONCENI PREDNI  
STRANY)  
(G54 X0+Y0 PRAVY SPODNI ROH  
KUSU)  
(G54 Z0 CELO)

N1 G00 G90 G53 Z0  
N2 T06 M06 (MONOLIT PR.8 +  
KOREKCE HRUBOVACI)  
N3 S4800 F400. M03  
N4 G54 G90 G00 X-282. Y46.25  
N5 G43 H06 D06 Z25. M08  
N6 Z1.  
N7 G40 G01 Z-3. F1500.  
N8 M97 P180  
N9 G00 Z25.  
N10 X-282. Y46.25  
N11 Z1.  
N12 G01 Z-6. F1500.  
N13 M97 P180  
N14 G00 Z25.  
N15 X-282. Y46.25  
N16 Z1.  
N17 G01 Z-9. F1500.  
N18 M97 P108  
N19 G00 Z25.  
N20 X-282. Y46.25  
N21 Z1.  
N22 G01 Z-10.5 F1500.  
N23 M97 P180  
N24 G00 Z25.  
N25 X-44.852  
N26 Z1.  
N27 G01 Z-3. F1500.  
N28 M97 P190  
N29 G00 Z25.  
N30 X-44.852 Y157.548  
N31 Z1.  
N32 G01 Z-6. F1500.  
N33 M97 P190  
N34 G00 Z25.  
N35 X-44.852 Y157.548  
N36 Z1.  
N37 G01 Z-9. F1500.

N38 M97 P190  
N39 G00 Z25.  
N40 X-44.852 Y157.548  
N41 Z1.  
N42 G01 Z-10.5 F1500.  
N43 M97 P190  
N44 G00 Z25.  
N45 X-144.85 Y155.6  
N46 Z1.  
N47 G01 Z-3. F1500.  
N48 M97 P200  
N49 G00 Z25.  
N50 X-144.85  
N51 Z1.  
N52 G01 Z-6. F1500.  
N53 M97 P200  
N54 G00 Z25.  
N55 X-144.85  
N56 Z1.  
N57 G01 Z-9. F1500.  
N58 M97 P200  
N59 G00 Z25.  
N60 X-144.85  
N61 Z1.  
N62 G01 Z-10.5 F1500.  
N63 M97 P200  
N64 G00 Z25.  
N65 M09  
N66 M05  
N67 G00 G90 G53 Z0  
  
N68 T06 M06 (MONOLIT PR.8MM  
+KOREKCE)  
N69 S4800 F600. M03  
N70 G54 G90 G00 X-281. Y45.05  
N71 G43 H06 D06 Z25. M08  
N72 Z1.  
N73 G01 Z-10.5 F1500.  
N74 G41 Y36.05 F600.  
N75 X-161.583  
N76 G03 X-145.093 Y49.869 R19.95  
F479.7  
N77 G02 X-145.045 Y49.904 R0.05 F750.  
N78 G01 X-145.043 F600.  
N79 X-144.85 Y49.9

## PŘÍLOHA 8 (2/3)

NC program pro frézování IV

N80 G03 X-139.9 Y54.85 R4.95 F450.  
N81 G01 Y70.15 F600.  
N82 G03 X-141.88 Y74.11 R4.95 F450.  
N83 G02 X-141.9 Y74.15 R0.05 F750.  
N84 G01 Y127.85 F600.  
N85 G02 X-141.88 Y127.89 R0.05 F750.  
N86 G03 X-139.9 Y131.85 R4.95 F450.  
N87 G01 Y143.35 F600.  
N88 G02 X-139.885 Y143.385 R0.05 F750.  
N89 G01 X-137.885 Y145.385 F600.  
N90 G02 X-137.85 Y145.4 R0.05 F750.  
N91 G01 X-47.15 F600.  
N92 G02 X-47.115 Y145.385 R0.05 F750.  
N93 G01 X-45.115 Y143.385 F600.  
N94 G02 X-45.1 Y143.35 R0.05 F750.  
N95 G01 Y52.67 F600.  
N96 G03 X-41.226 Y47.838 R4.95 F450.  
N97 G02 X-41.191 Y47.81 R0.05 F750.  
N98 G03 X-23. Y36.05 R19.95 F479.7  
N99 G01 X6. F600.  
N100 G40 Y45.05  
N101 G00 Z25.  
N102 X-281. Y45.  
N103 Z1.  
N104 G01 Z-10.5 F1500.  
N105 G41 Y36. F400.  
N106 X-161.58  
N107 G03 X-145.045 Y49.854 R20. F320.  
N108 G01 X-144.85 Y49.85 F400.  
N109 G03 X-139.85 Y54.85 R5. F300.  
N110 G01 Y70.15 F400.  
N111 G03 X-141.85 Y74.15 R5. F300.  
N112 G01 Y127.85 F400.  
N113 G03 X-139.85 Y131.85 R5. F300.  
N114 G01 Y143.35 F400.  
N115 X-137.85 Y145.35  
N116 X-47.15  
N117 X-45.15 Y143.35  
N118 Y52.67  
N119 G03 X-41.237 Y47.789 R5. F300.  
N120 X-23. Y36. R20. F320.  
N121 G01 X6. F400.  
N122 G40 Y45.  
N123 G00 Z25.  
N124 M09  
N125 M05  
N126 G00 G90 G53 Z0  
N127 T16 M06 (MONOLIT PR8 90  
STUPNU HRANY)  
N128 S4800 F400. M03  
N129 G54 G90 G00 X-276.501 Y41.25  
N130 G43 H16 D16 Z25. M08  
N131 Z1.  
N132 G01 Z-1.5 F1500.  
N133 Y37.25 F400.  
N134 X-161.661  
N135 G03 X-146.291 Y50.062 R18.75  
F329.7  
N136 G01 X-145.954 Y51.103 F400.  
N137 X-144.86 Y51.101  
N138 X-144.85 Y51.1  
N139 G03 X-141.1 Y54.85 R3.75 F300.  
N140 G01 Y70.15 F400.  
N141 G03 X-142.529 Y73.095 R3.75 F300.  
N142 G01 X-143.1 Y73.545 F400.  
N143 Y128.455  
N144 X-142.529 Y128.905  
N145 G03 X-141.1 Y131.85 R3.75 F300.  
N146 G01 Y143.868 F400.  
N147 X-138.368 Y146.6  
N148 X-46.632  
N149 X-43.9 Y143.868  
N150 Y52.67  
N151 G03 X-41.053 Y49.031 R3.75 F300.  
N152 G01 X-40.35 Y48.856 F400.  
N153 X-40.049 Y48.198  
N154 G03 X-23. Y37.25 R18.75 F329.7  
N155 G01 X1.501 F400.  
N156 Y41.25  
N157 G00 Z25.  
N158 M09  
N159 M05  
N160 G00 G90 G53 Z0  
N161 G00 G90 G53 X-350. Y0.  
N162 M30  
N180 (PODPROGRAM 1)  
G41 G01 Y36.25 F400.  
X-161.596

NC program pro frézování IV

G17 G03 X-145.284 Y49.929 R19.75 F319.  
G02 X-145.045 Y50.104 R0.25 F500.  
G01 X-145.035 F400.

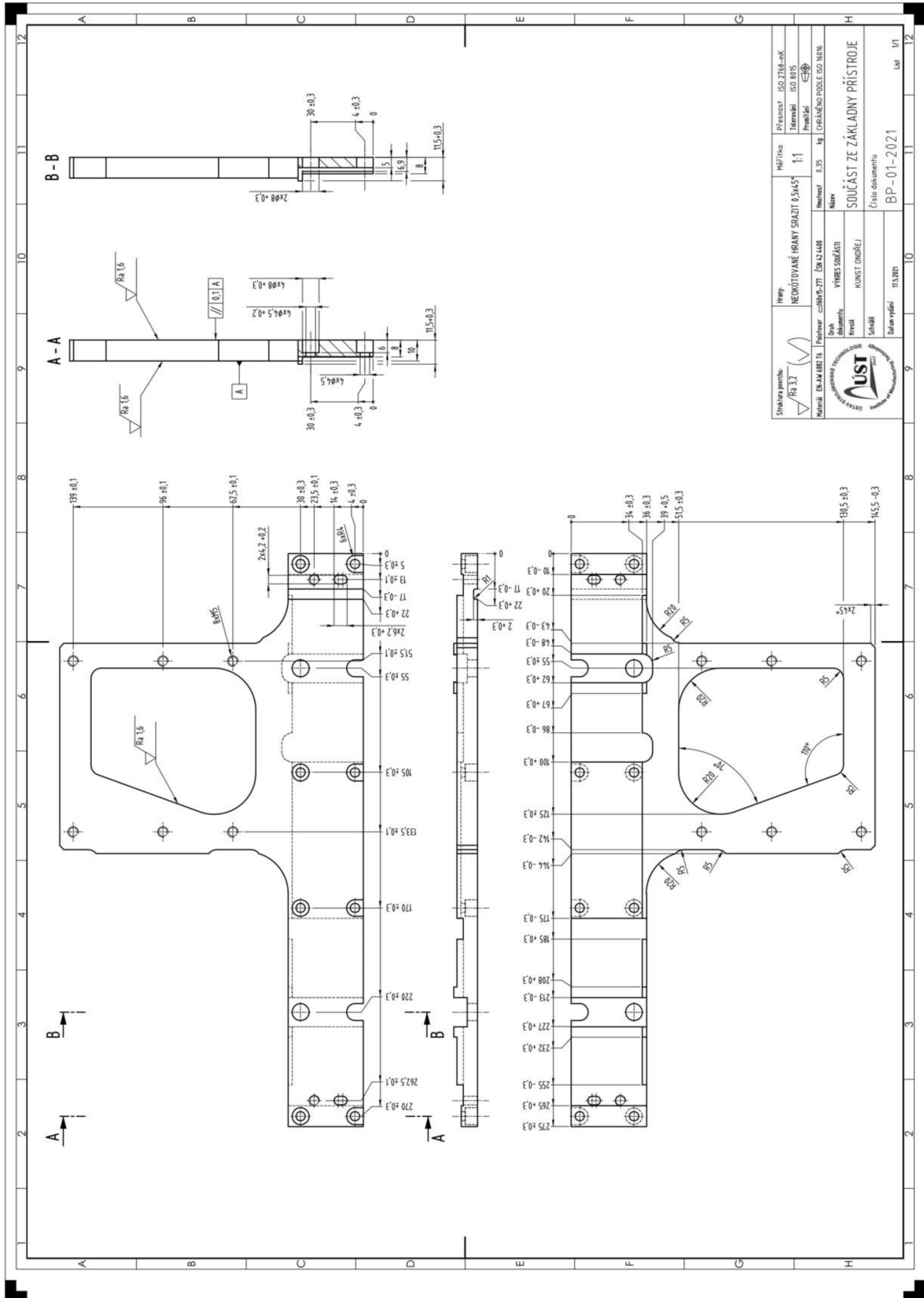
X-144.85 Y50.1  
G03 X-140.1 Y54.85 R4.75 F300.  
G01 Y70.15 F400.

G03 X-142. Y73.95 R4.75 F300.  
G02 X-142.1 Y74.15 R0.25 F500.  
G01 Y127.85 F400.  
G02 X-142. Y128.05 R0.25 F500.  
G03 X-140.1 Y131.85 R4.75 F300.  
G01 Y143.35 F400.  
G02 X-140.027 Y143.527 R0.25 F500.  
G01 X-133.077 Y150.477 F400.  
G40 X-140.148 Y157.548  
M99

N190 (PODPROGRAM 2)  
G41 G01 X-51.923 Y150.477 F400.  
X-44.973 Y143.527  
G17 G02 X-44.9 Y143.35 R0.25 F500.  
G01 Y52.67 F400.  
G03 X-41.183 Y48.033 R4.75 F300.  
G02 X-41.009 Y47.892 R0.25 F500.  
G03 X-23. Y36.25 R19.75 F319.  
G01 X7. F400.  
G40 Y46.25  
M99

N200 (PODPROGRAM 3)  
G41 G01 Y145.6 F400.  
X-40.15  
G40 Y155.6  
M99  
%

Výkres součásti



Struktur prvků RB 3.2	Heavy NEKOTOVANÉ HRANY SRAZIT 0,5x45°	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-mK
			Toleranci ISO 8015
			Povrch ISO 10052
Material EN-AM 4013	Proces 30045-771 EN 12448	Měřítko 0.35	ISO 10052
Drnh dokument KONST	YRMS KONST	Název SOUČÁST ZE ZÁKLADNY PŘÍSTROJE	Číslo dokumentu BP-01-2021
Severní	Datum vydání 13.3.2021	Verze 1/1	