

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh technologického postupu pro obrábění pro vybranou  
součást

Design of manufacturing process for selected work piece

AUTOR: Jan Janda

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: prof. Ing. Jan Mádl, CSc.

PRAHA 2021

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Janda** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **476041**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh technologického postupu pro obrábění pro vybranou součást**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of manufacturing process for selected workpiece**

Pokyny pro vypracování:

1. Rozbor možností výroby vybrané součásti na konkrétním obráběcím stroji.
2. Návrh technologického postupu obráběcích operací.
3. Zhodnocení navržené technologie.

Seznam doporučené literatury:

\_\_\_\_\_

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**prof. Ing. Jan Mádl, CSc., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

\_\_\_\_\_

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Jan Mádl, CSc.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústav/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma **Návrh technologického postupu pro obrábění pro vybranou součást** vypracoval samostatně a veškeré literární prameny a zdroje informací, které jsem použil, cituji a uvádím v seznamu použit literatury a zdrojů informací.

V Praze dne .....

.....

Jan Janda

## **Poděkování**

Děkuji prof. Ing. Janu Mádlovi, CSc., za cenné rady a konzultace při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Mubea, spol. s.r.o a to především Ing. Petru Švingerovi a Miroslavu Veverkovi za konzultace a rady při navrhování technologického postupu. Poděkování patří také rodině a blízkým za podporu při psaní práce.

## Anotační list

Jméno autora:	Jan Janda
Název:	Návrh technologického postupu pro obrábění pro vybranou součást
Title:	Design of manufacturing process for selected work piece
Akademický rok:	2020/2021
Studijní program:	Výroba a ekonomika ve strojírenství
Studijní obor:	Bez oboru
Ústav:	Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie
Vedoucí práce:	prof. Ing. Jan Mádl, CSc.
Bibliografické údaje:	Počet stran: 40 Počet obrázků: 28
Klíčová slova:	Technologický postup, frézování, CNC stroj, NC kód
Keywords:	Technological procedure, milling, CNC machine, NC code
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá sestavením technologického postupu a vygenerováním NC kódu pro výrobu základního tvaru nosiče nástrojů. Technologický postup je sestaven podle výkresové dokumentace dodané firmou Mubea spol. s.r.o. NC kód je vytvořen pro pětiosou CNC frézu DMU 75. V práci je také popsána technologie frézování, která je použita pro výrobu dané součásti. Výsledkem práce je zhotovený technologický postup a NC kód.
Annotation:	The bachelor's thesis deals with the compilation of the manufacturing process and the generation of NC code for the production of the basic shape of the tool carrier. The manufacturing process is assembled according to the drawing documentation supplied by Mubea Ltd. The NC code is created for the five-axis CNC milling machine DMU 75. The work also describes the milling technology, which is used for the production of the component. The result of the work is the production process and NC code.

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE FRÉZOVÁNÍ</b>	<b>9</b>
2.1.1	Frézování válcové (obvodem)	9
2.1.2	Frézování čelní (čelem)	9
2.2	KINEMATIKA FRÉZOVÁNÍ	10
2.2.1	Sousledné frézování	10
2.2.2	Nesousledné frézování	10
2.3	ZÁKLADNÍ POJMY A VZTAHY FRÉZOVÁNÍ	11
2.3.1	Otáčky vřetene $n$	11
2.3.2	Řezná rychlost $v_c$	11
2.3.3	Posuv za minutu $f_{min}$ (rychlost posuvu $v_f$ )	11
2.3.4	Posuv na otáčku $f_n$	11
2.3.5	Posuv na zub $f_z$	11
2.3.6	Axiální hloubka řezu $a_p$ a radiální hloubka řezu $a_e$	11
2.3.7	Objem odebraného materiálu $V$ za jednotku času	11
2.3.8	Řezné podmínky	12
2.4	FRÉZOVACÍ NÁSTROJE	13
2.4.1	Podle umístění zubů	13
2.4.2	Podle tvaru zubů	14
2.4.3	Podle průběhu ostří	14
2.4.4	Podle upnutí	14
2.4.5	Podle smyslu rotace	14
2.4.6	Podle způsobu výroby	14
2.5	FRÉZOVACÍ STROJE	15
2.5.1	Podle polohy vřetene	15
2.5.2	Podle konstrukce	15
<b>3</b>	<b>NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU</b>	<b>16</b>
3.1	CHARAKTERISTIKA SOUČÁSTI	17
3.2	STUDIUM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	18
3.3	ROZBOR MATERIÁLU SOUČÁSTI A JEHO VLASTNOSTI	18
3.4	VOLBA STROJE	19
3.5	VOLBA NÁSTROJŮ	21
3.6	VOLBA POLOTOVARU	25
3.7	NÁVRH STRATEGIE FRÉZOVÁNÍ	26
3.7.1	Stanovení základny	26
3.7.2	Operace č. 10	26
3.7.3	Operace č. 20	31
<b>4</b>	<b>HODNOCENÍ NAVRŽENÉ TECHNOLOGIE</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA</b>	<b>38</b>

<b>8</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ TABULEK A PŘÍLOH .....</b>	<b>39</b>
8.1	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	39
8.2	SEZNAM TABULEK.....	40
8.3	SEZNAM PŘÍLOH .....	40

# 1 Úvod

Tématem této práce je vytvoření technologického postupu (výrobní postup) a vytvoření NC kódu pro výrobu nosiče nástrojů na CNC frézce. Součást využívá firma Mubea, spol. s.r.o. (dále jen Mubea) při výrobě otvorů do rámu autosedaček. Pro tuto součást je důležitá tvarová přesnost, která zajistí přesné umístění děr na rámu.

Technologický postup je plán po sobě jdoucích změn, které vedou k přeměně základní surovin na polotovary a polotovarů na další polotovary nebo přímo hotové výrobky. Změny můžeme rozdělit na kvalitativní i kvantitativní. Sestavením technologického postupu se zabývají technologové v technologickém oddělení výroby. Technologický postup je ve výrobě stejně důležitý jako samotný technologický výkres. Při zvolení špatného technologického postupu by mohlo dojít k výrobě nevyhovujících výrobků (zmetků), což má za následek zpomalení a zdražení výroby. [1]

Cílem bakalářské práce je na základě výkresové dokumentace vytvoření technologického postupu a NC kódu pro výrobu základního tvaru nosiče nástrojů, který splňuje přesné rozměrové požadavky zadané na výkrese. V rámci teoretické části je cílem popsat metodu obrábění, která je využita při výrobě samotné součásti, její základní dělení a jaké stroje využívá. Výsledkem se předpokládá samotný technologický postup a fungující NC kód.



## 2 Charakteristika technologie frézování

Frézování je jedna z hlavních obráběcích technologií, při které dochází k odebrání třísky z obrobku vícebřitým nástrojem (frézou). Řez je přerušovaný a každý zub nástroje odebírá třísku s proměnnou tloušťkou. Původně se touto metodou obráběly hlavně rovinné plochy, ale s příchodem CNC (Computer Numerical Control) strojů se začala používat i na složitější tvarové prvky (lopatky turbín, vstřikovací formy). [2]

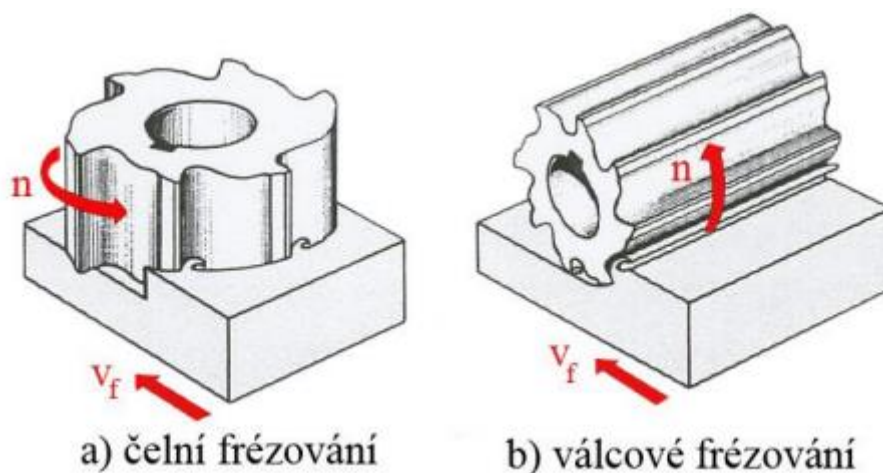
U frézování se v závislosti na použitém nástroji rozeznávají dvě základní skupiny obrábění: frézování válcové a frézování čelní.

### 2.1.1 Frézování válcové (obvodem)

V tomto případě se zuby frézy nachází na jejím obvodu. Osa nástroje je rovnoběžná s obrobenou plochou obrobku. Při válcovém frézování není stroj rovnoměrně zatížen při odebrání materiálu, což vede ke vzniku házení a vlnité stopě na obrobené ploše. [3]

### 2.1.2 Frézování čelní (čelem)

Při čelním frézování jsou zuby umístěny na čele a obvodu nástroje. Stroj je v průběhu frézování rovnoměrně zatížen, díky čemuž můžeme využít vyššího řezného výkonu a celková kvalita povrchu se také zlepšuje. Tento způsob frézování se upřednostňuje. [3]



Obrázek 1: Ukázka válcového a čelního frézování [4]

## 2.2 Kinematika Frézování

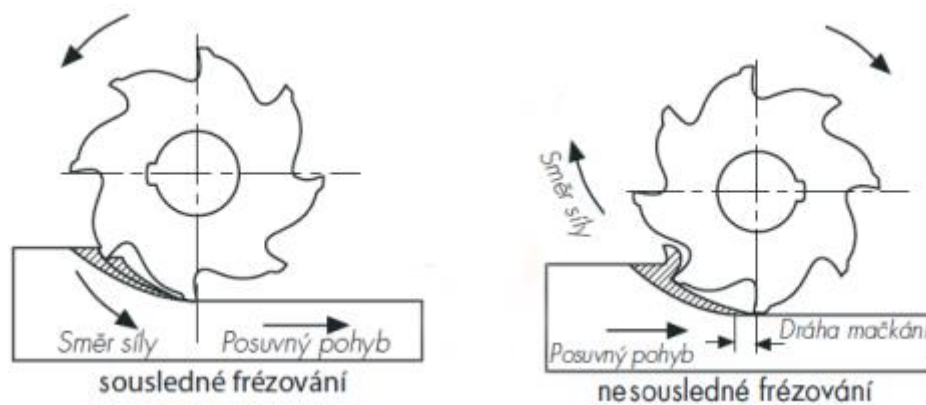
Hlavní pohyb je rotační a je vykonáván nástrojem, ostatní vedlejší pohyby vykonává obrobek nebo vřeteník v závislosti na typu stroje. Posuvný pohyb byl dřív pouze přímočarý, ve většině případech kolmý k ose frézy. S příchodem moderních technologií se začalo obrábět ve všech směrech s plynulou výměnou směru pohybu. Podle směru pohybu obrobku vůči směru rotace nástroje rozeznáváme sousledné a nesousledné frézování: [4]

### 2.2.1 Sousledné frézování

Při sousledném frézování je směr rotace nástroje shodný se směrem posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky je při samotném vniku zubu do materiálu a postupně se zmenšuje. K odebrání materiálu dochází až při odchodu zubu ze záběru. [3]

### 2.2.2 Nesousledné frézování

Při nesousledném frézování je směr rotace nástroje opačný než směr posuvu obrobku. Při vniku zubu do materiálu je tloušťka třísky nulová a postupně se zvětšuje až do maximální hodnoty, kdy zub opouští materiál. [3]



Obrázek 2 Ukázka sousledného a nesousledného frézování [5]

## 2.3 Základní pojmy a vztahy frézování

Při frézování se používají pojmy, které definují pohyb nástroje vůči obrobku. Tyto pojmy se nazývají řezné podmínky.

### 2.3.1 Otáčky vřetene $n$

Tato hodnota udává počet otáček nástroje za minutu. Jedná se o jednu ze základních hodnot stroje, ale samotný proces obrábění tolik nespecifikuje. [6]

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ [ot/min]} \quad (2.1)$$

### 2.3.2 Řezná rychlost $v_c$

Tato hodnota udává obvodovou rychlost nástroje, tedy rychlost, kterou nástroj odebírá třísku z obrobku. Je to důležitá hodnota vztažená k nástroji, která zajišťuje účinnost obrábění. [6]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (2.2)$$

### 2.3.3 Posuv za minutu $f_{min}$ (rychlost posuvu $v_f$ )

Tato hodnota udává rychlost posuvu osy nástroje vůči obrobku za minutu. [6]

$$f_{min} = f \cdot n \text{ [mm/min]} \quad (2.3)$$

### 2.3.4 Posuv na otáčku $f_n$

Tato hodnota udává délku dráhy nástroje za jednu otáčku. Je důležitá při obrábění načisto. [6]

$$f_n = f_z \cdot n \text{ [mm/ot]} \quad (2.4)$$

### 2.3.5 Posuv na zub $f_z$

Tato hodnota udává délku dráhy jednoho zubu během záběru. Posuv na zub se také rovná dráze stolu, kterou urazí mezi záběry dvou za sebou jdoucích břitů. [6]

### 2.3.6 Axiální hloubka řezu $a_p$ a radiální hloubka řezu $a_e$

Tyto hodnoty určují objem odebraného materiálu. [6]

### 2.3.7 Objem odebraného materiálu $V$ za jednotku času

Tato hodnota určuje kolik se při obrábění odebere materiálu. [6]

$$V = a_p \cdot a_e \cdot v_f \text{ [mm}^3\text{/min]} \quad (2.5)$$

### 2.3.8 Řezné podmínky

Řezné podmínky se liší na základě obráběného materiálu a použitého nástroje. Mezi základní patří řezná rychlost  $v_c$  a posuv na zub  $f_z$ .

Při výběru řezných podmínek se bere ohled i na druh prováděné práce, druh frézovacího nástroje a na požadovanou kvalitu povrchu. Při hrubování se například používají větší posuvy než při frézování na čisto. [7]

V tabulce níže jsou uvedené řezné podmínky, které jsou běžně používány při frézování.

Materiál obrobku $R_m$ , HB	Mat. ná- stroje	Frézovací hlavy		Kotoučové a válcové frézy			Čelní válcové stopkové frézy	
		$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm.z <sup>-1</sup> ]	hrubo- vání [m.min <sup>-1</sup> ]	$v_c$ na čisto [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm.z <sup>-1</sup> ]	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm.z <sup>-1</sup> ]
Ocel $R_m$ 500 až 800 MPa	RO	45	0,1+0,2	27	35	0,1+0,3	30	0,1+0,2
Ocel $R_m$ 800 až 1000 MPa	RO	30	0,1+0,15	20	25	0,1+0,2	25	0,1+0,2
Ocel $R_m$ 500 až 800 MPa	SK (P25)	100	0,1+0,2	175	195	0,15+0,25	135	0,1+0,25
Ocel $R_m$ 800 až 1000 MPa	SK (P25)	80	0,1+0,15	145	160	0,15+0,25	100	0,1+0,15
Šedá litina HB 160	RO	35	0,1+0,3	25	30	0,1+0,2	35	0,1+0,2
Šedá litina HB 200	RO	25	0,1+0,3				25	0,1+0,15
Šedá litina HB 160	SK (K10)	60	0,1+0,35	75	100	0,1+0,3	70	0,1+0,3
Šedá litina HB 200	SK (K10)	50	0,1+0,25				55	0,1+0,2
Hliník střední	RO	250	0,1+0,3	280	390	0,1+0,2	110	0,1+0,2
Hliník střední	SK (K10)	700	0,1+0,25	550	650	0,1+0,2	650	0,1+0,2
Hliník tvrdý	SK (K10)	250	0,1+0,25				250	0,1+0,2

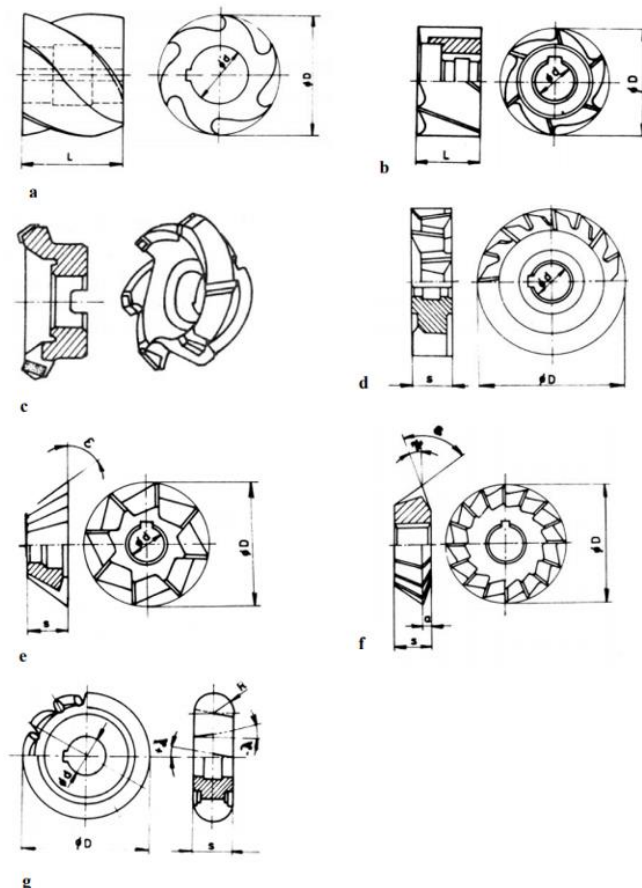
Obrázek 3: Příklady řezných podmínek pro frézování různých materiálů [2]

## 2.4 Frézovací nástroje

Již bylo zmíněno, že k frézování se používá vícebřitý rotační nástroj zvaný fréza. V této kapitole jsou představeny základní skupiny, do kterých jsou tyto nástroje děleny na základě definovaných kategorií.

### 2.4.1 Podle umístění zubů

- **válcové** – zuby jsou umístěny po obvodu frézy
  - obrábění rovinných ploch rovnoběžných s osou frézy
- **čelní** – zuby jsou umístěny na čele frézy
  - obrábění rovinných ploch kolmých na osu frézy
- **válcové frézy čelní** – kombinace válcové a čelní frézy
  - obrábění dvou ploch najednou
- **kotoučové** – zuby jsou umístěny po obvodu a obou čelech frézy
  - obrábění drážek a čelní frézování bočních rovin
- **úhlové jednostranné** – zuby jsou umístěny po obvodu kuželové plochy
  - obrábění sražených hran, nakloněných rovin, atd.
- **úhlové oboustranné** – zuby jsou umístěny po obvodu dvou kuželových ploch
  - obrábění zubových drážek, drážek, atd.
- **tvarové** – zuby jsou umístěny podle tvaru součásti, kterou má fréza obrobit
  - obrábění ozubení, rádius, atd. [8]



Obrázek 4: a) válcová fréza b) válcová fréza čelní c) čelní fréza d) kotoučová fréza e) úhlová jednostranná fréza

f) úhlová oboustranná fréza g) tvarová fréza [9]

#### **2.4.2 Podle tvaru zubů**

- frézovaný
  - s lomenou hřbetní plochou
  - s jednoduchou hřbetní plochou
- podtáčenými
- Litými [11]

#### **2.4.3 Podle průběhu ostří**

- s přímými zuby
- s šikmými zuby
- se zuby ve šroubovici [11]

#### **2.4.4 Podle upnutí**

- s upínací stopkou
  - válcovou
  - kuželovou
- nástrčné s upínacím otvorem [11]

#### **2.4.5 Podle smyslu rotace**

- pravořezné
- levořezné [11]

#### **2.4.6 Podle způsobu výroby**

- Celistvé
- Se vkládanými břity
  - Pájené
  - S vyměnitelnými břitovými destičkami
- Složené
- Dělené [11]

## 2.5 Frézovací stroje

Frézovací stroje se nazývají frézky. V dnešní době se využívá mnoho druhů frézek s různými uplatněními ve výrobě. Stejně jako frézy, tak i frézky můžeme rozdělit do kategorií podle určitých specifikací. Kromě těchto obecných specifikací se frézky liší i jejich specifickými vlastnostmi, jako je rozsah pohybu stolu a vřetene, možnost posuvu nástroje, řezné rychlosti a výkon motoru. [10]

### 2.5.1 Podle polohy vřetene

- vodorovné – horizontální
- svislé – vertikální
- univerzální – pracovní stůl je otočný o 45° [10]

### 2.5.2 Podle konstrukce

#### Konzolové

Konzole zajišťuje vertikální posuv stolu (osa z), na kterém je umístěn obrobek. Stůl s obrobkem vykonává podélný (osa x) a příčný (osa y) pohyb. Konzolové frézky se využívají pro výrobu rovinných a tvarových ploch malých a středně velkých součástí v kusové a malosériové výrobě. Pro výrobu různých součástí se uplatní vodorovné, svislé a univerzální provedení. Konzolové frézky mají mnoho možností provedení. [11]

#### Stolové

Svislý posuv (osa z) zde vykonává vřeteno. Pracovní stůl je pevně umístěn v dané výšce a vykonává posuvný pohyb podélný (osa x) a příčný (osa y). Tento typ stroje nachází své uplatnění hlavně u obrábění větších a těžších součástí. [11]

#### Rovinné

Jedná se o největší frézovací stroje s mohutnou konstrukcí a vysokým výkonem. I při své konstrukci jsou schopny dodržet předepsané geometrické přesnosti. Svislý pohyb (osa z) vykonává vřeteno a stůl vykonává pouze podélný pohyb (osa x). Příčný pohyb (osa y) zde vykonávají pinoly. Tento typ strojů se používá pro největší a nejtěžší součásti. Jednou z jejich výhod je možnost více vřeten, vodorovných i svislých. [11]

#### Speciální

Jedná se o frézky určené pro výrobu speciálních součástí, například ozubení, závitů, drážek. [11]

#### Programovatelné (CNC obráběcí centra)

Tyto stroje jsou řízeny na základě předem naprogramovaného NC programu. Jejich provedení je jak vertikální, tak horizontální. Pohyb nástroje a obrobku může být kombinovaný až v pěti osách. Svě uplatnění nachází u výroby tvarově složitých součástí. Jejich výhodou jsou možnosti vyšších řezných podmínek, snížení strojních časů a celkové zlepšení produktivity. [11]

### 3 Návrh technologického postupu

Tato kapitola je zaměřená na tvorbu návrhu technologického postupu pro výrobu vybrané součásti pro společnost Mubea s.r.o. Zhotovený technologický postup je umístěn v příloze bakalářské práce.

Pro tvorbu technologického postupu není přesně stanovený návod, proto se výrobní postupy liší na základě technologa, který postup zpracoval. Pro sjednocení výrobních postupů se v praxi využívá organizačních pomůcek a prostředků, které vznikly na základě zkušeností z provozu v daném závodě.

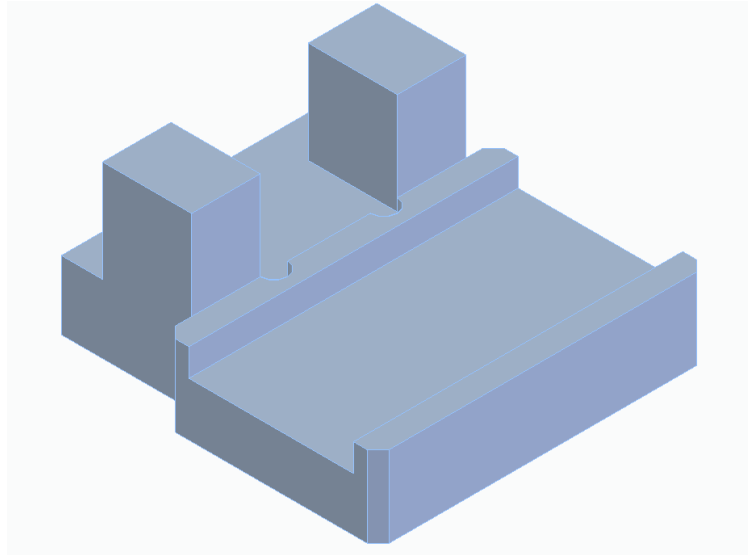
**V této práci je technologický postup vytvořen na základě následujícího postupu:**

1. charakteristika součásti (použití a požadavky),
2. studium výkresové dokumentace (tvar součásti, rozměry, tolerance),
3. studium materiálu a jeho vlastností,
4. volba stroje,
5. volba nástrojů,
6. volba polotovaru,
7. návrh strategie frézování (stanovení základny, popis operací, úseků),



### 3.1 Charakteristika součásti

Vyráběnou součástí je základní tvar nosiče vystřihovacích nástrojů "Werkzeugträger" pro tvorbu děr do rámu opěradel v sedačkách u aut. Jelikož je rám sedačky považován za bezpečnostní díl, tak musí být vyrobený z materiálu, který zaručí vysokou pevnost. Z tohoto důvodu je potřebná i vysoká tuhost nosiče nástroje, aby při děrování nedocházelo k deformaci. Dalším požadavkem na nosič je vysoká tvarová přesnost, kvůli potřebné variabilitě používaných nástrojů podle typu vyráběných dílů.



Obrázek 5: Model součásti

### 3.2 Studium výkresové dokumentace

Pro tento díl jsou důležité rozměry, které jsou zvýrazněny na výkrese v příloze bakalářské práce. Není kladen důraz na kvalitu povrchu.

### 3.3 Rozbor materiálu součásti a jeho vlastnosti

Předepsaným materiálem je vysokopevnostní hliník AlZn5,5MgCu podle normy ČSN 42 4222.

AlZn5,5MgCu je vysokopevnostní hliník, který je tvářený zastudena. Setkáváme se s ním hlavně u součástí, u kterých jsou vysoké požadavky na pevnost a zároveň nízkou hmotnost, například: ozubená kola, letecké součásti, hřídele nebo šnekové převody. Jeho výhodou je dobrá obrobiteľnosť při použití vhodného vybavení. [12]

Tabulka 1: Chemické složení materiálu [13]

	Mg	Mn	Si	Fe	Cu
%	2,10-2,9	≤0,30	≤0,40	≤0,50	1,20-2,00
	Cr	Zn	Ti	Ti + Zr	Zbytek
%	0,18-0,28	5,10-6,10	≤0,20	≤0,25	≤0,15

Tabulka 2: Technické specifikace [13]

Re <sub>min</sub> [MPa]	Rm [MPa]	Tvrđost [HBS]	P [kg/dm <sup>3</sup> ]	A <sub>min</sub> [%]	E [GPa]
≥280	≥400	≥120	2,81	≥2	71

### 3.4 Volba stroje

Pro tuto součást je vybrána pětiosá CNC frézka DMU 75 monoBLOCK od společnosti DMG Mori. Stroj využívá řídicí systém Heidenhain TNC 640.

Tabulka 3: Technické specifikace DMU 75 monoBLOCK [14]

Rozměry stroje		
Délka/ Šířka/ Výška	mm	3567/ 2615/ 2900
Pracovní rozsah		
X/ Y/ Z	mm	750/650/560
Pracovní stůl		
Rozměry	mm	∅ 650
Maximální nosnost	Kg	600
Vřeteno		
Otáčky vřetene	mm <sup>-1</sup>	20 000
Točivý moment	Nm	130
Výkon	kW	35
Rychloposuv X/ Y/ Z	m/min	40/ 40/ 40
Nosič nástrojů		
Kapacita	Pozice	60 / Řetěz
Maximální délka nástroje	mm	315
Doba výměny nástroje	s	4,9*



Obrázek 6: DMU 75 monoBLOCK [14]



Obrázek 7: Zásobník nástrojů DMU 75 [14]

### 3.5 Volba nástrojů

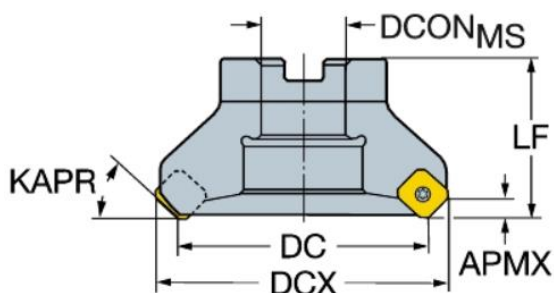
Pro výrobu dané součásti jsou použity monolitní frézy i frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD). Jednotlivé nástroje se liší na základě jejich uplatnění při frézování. Nástroje a jejich specifikace jsou vybrané na základě Sandvik coromant ToolGuide.

Písmena v závorkách za nástroji slouží k lepší orientaci v kapitole návrh strategie frézování.

#### Čelní fréza - R245-050Q22-12H (A)

Tabulka 4: Parametry R245-050Q22-12H [15]

DC [mm]	DCX [mm]	LF [mm]	APMX [mm]	DCON [mm]	Mu [Nm]	Z
50	62,5	40	6	22	3	5

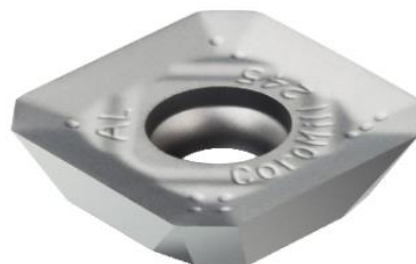
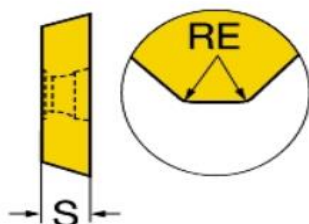
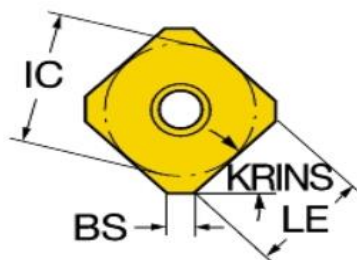


Obrázek 8: Rozměry čelní frézy / Fréza R245-050Q22-12H [15]

#### Vyměnitelná břitová destička - R245-12 T3 E-AL H10

Tabulka 5: Parametry R245-12 T3 E-AL H10 [15]

IC [mm]	BS [mm]	LE [mm]	S [mm]	KRINS [°]	RE [mm]
13,4	2,3	10	3,969	45	1,5

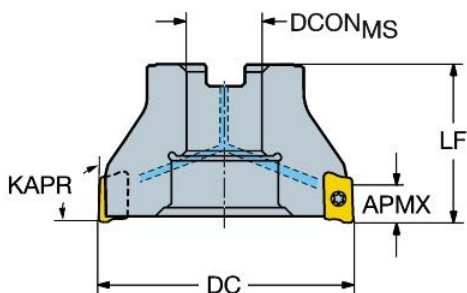


Obrázek 9: Rozměry VBD / VBD R245-12 T3 E-AL H10 [15]

## Čelní fréza - R390-040Q16-11H (B)

Tabulka 6: Parametry R390-040Q16-11H [15]

DC [mm]	APMX [mm]	DN [mm]	LF [mm]	DCON [mm]	Mu [Nm]	Z
50	15,7	19,5	140	22	3	5

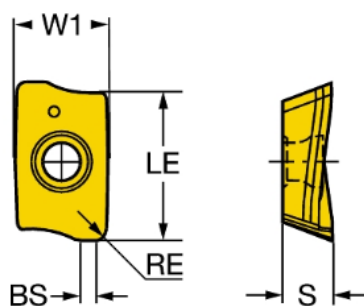


Obrázek 10: Rozměry čelní frézy / Fréza R390-040Q16-11H [15]

## Vyměnitelná břitová destička - R390-17 04 08E-NL H13A

Tabulka 7: Parametry R390-17 04 08E-NL H13A [15]

W1 [mm]	BS [mm]	LE [mm]	S [mm]	RE [mm]
9,6	1,5	15,7	4,763	0,8

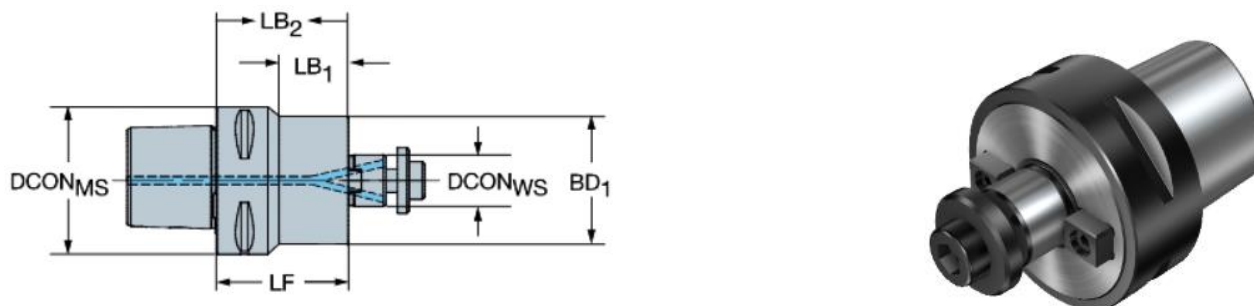


Obrázek 11: Rozměry VBD / VBD R390-17 04 08E-NL H13A [15]

## Adaptér s upínacím trnem - C8-391.05C-22 090

Tabulka 8: Parametry C8-391.05C-22 090 [15]

$DCON_{WS}$ [mm]	$DCON_{MS}$ [mm]	LF [mm]	LB1 [mm]	BD1 [mm]	Mu [Nm]	RPM [1/min]
22	80	90	45	40	45	14 000



Obrázek 12: Rozměry adaptéru s upínacím trnem / Adaptér C8-390.05C-22 090 [15]

## Monolitní hlavice- hrubovací / dokončovací - 316-20SM345-20000A H10F (C)

Tabulka 9: Parametry 316-20SM345-20000A H10F [15]

DC [mm]	APMX [mm]	LF [mm]	CHW [mm]	KCH [°]	$DCON_{MS}$ [mm]	Z
20	11	21,3	0,15	45	13,9	3

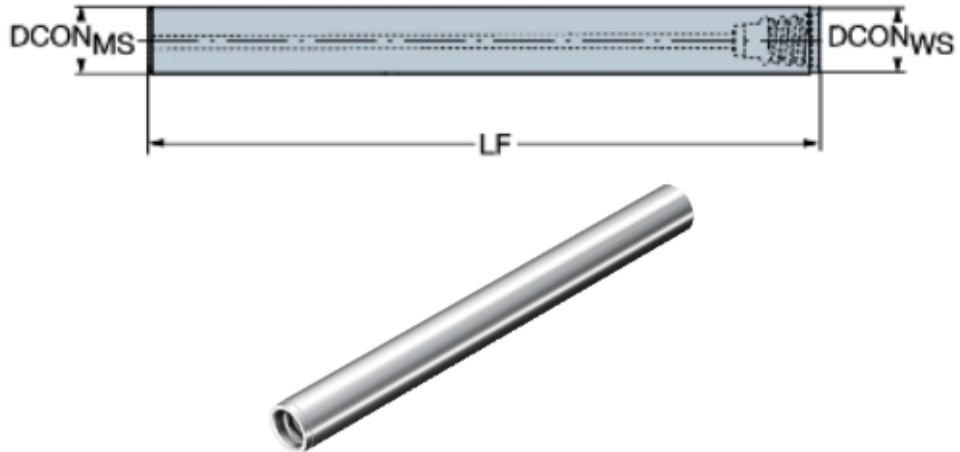


Obrázek 13: Rozměry monolitní hlavice / Fréza 316-20SM345-20000A H10F [15]

## Adaptér s válcovou stopkou - AEH20-A18.7-SH-150

Tabulka 10: Parametry AEH20-A18.7-SH-150 [15]

$DCON_{MS}$ [mm]	$DCON_{WS}$ [mm]	LF [mm]	$Mu$ [Nm]	RPM [1/mm]
18,4	18,7	150	50	19 000



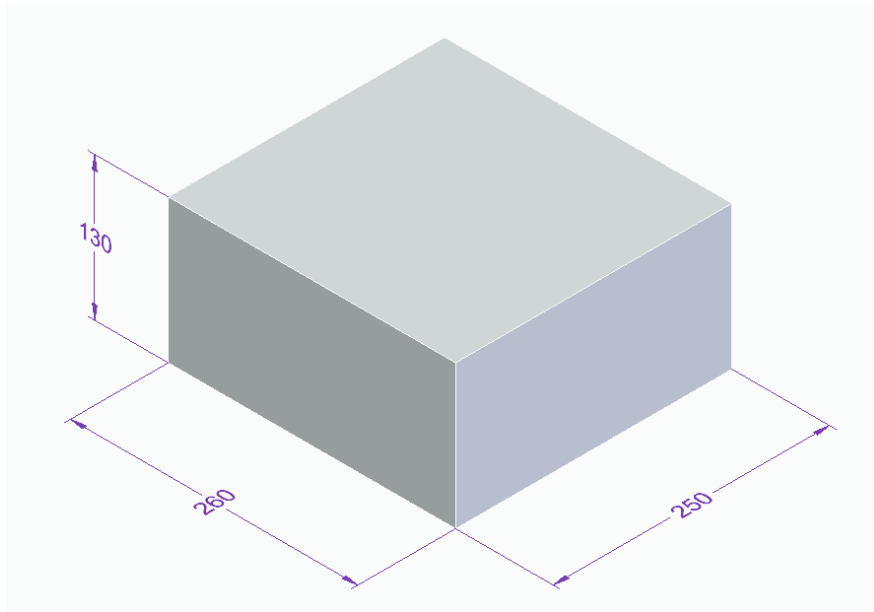
Obrázek 14: Rozměry adaptéru s válcovou stopkou / Adaptér AEH20-A18.7-SH-150 [15]



### 3.6 Volba polotovaru

Při výběru polotovaru je důležité zohlednit počet vyráběných dílů. Při výrobě velkosériových součástí se používají polotovary s menšími přídávky nebo s přibližným tvarem výsledného produktu, pro zrychlení a zefektivnění výroby. U výroby malosériových nebo kusových výrobků se používají polotovary s většími přídávky na obrábění a neutrálním tvarem, aby se snížila cena na přípravu výroby. Výhodou větších přídávků na obrábění je menší potřebná přesnost při dělení materiálu. [16]

Pro výrobu této součásti je použitý polotovar s většími přídávky na obrábění, jelikož se jedná o kusovou výrobu. Rozměry polotovaru jsou 250 x 260 x 130 mm. Přídávky na obrábění jsou zaokrouhleny na desítky milimetrů.



Obrázek 15: Polotovar 250x260x130

### 3.7 Návrh strategie frézování

Pro obrobení součásti jsou potřeba dvě operace. Během první operace se obrobí základna součásti a její kontura. V druhé operaci se obrobí polotovar do konečné podoby součásti. Pro každou operaci se vygeneruje samostatný NC kód. Simulace a návrh strategie jsou vypracovány v programu Edgecam homework mode (studentská verze).

V následující části jsou popsány jednotlivé úseky operací, přesné řezné podmínky jsou uvedeny v příloze ve výrobním postupu. Všechny frézovací úseky využívají sousledného frézování kvůli lepšímu povrchu výsledného výrobku.

#### 3.7.1 Stanovení základny

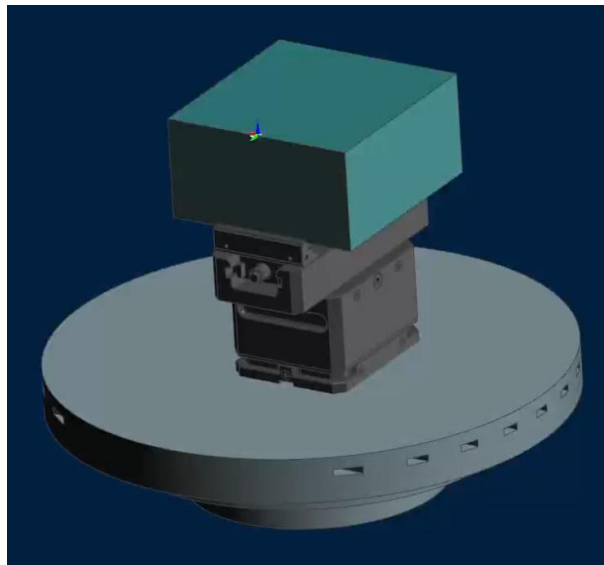
Za základnu je zvolena plochá část součásti, která dosedá přímo na stroj.

#### 3.7.2 Operace č. 10

Tato operace zahrnuje celkem patnáct úseků, dva upínací, sedm frézovacích a šest natočení pracovního stolu.

#### Úsek A

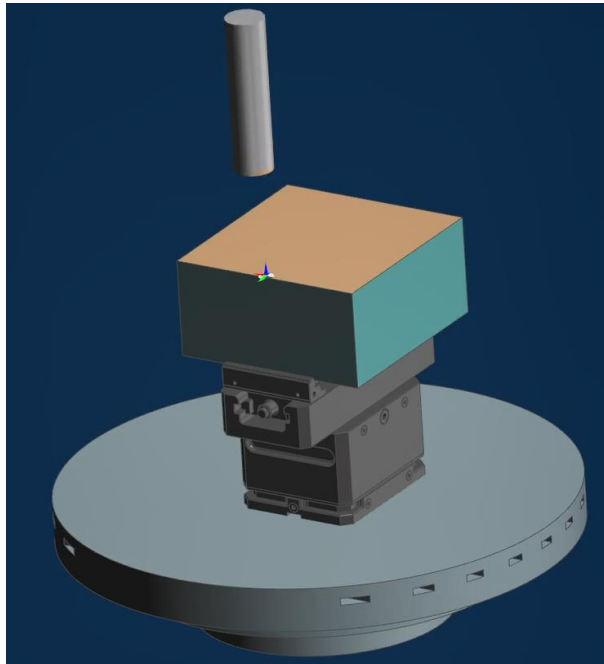
Obrobek je upnutý do svěráku za rozměry 250 mm polotovaru ve výšce 5 mm.



Obrázek 16: Upnutí polotovaru

### Úsek B

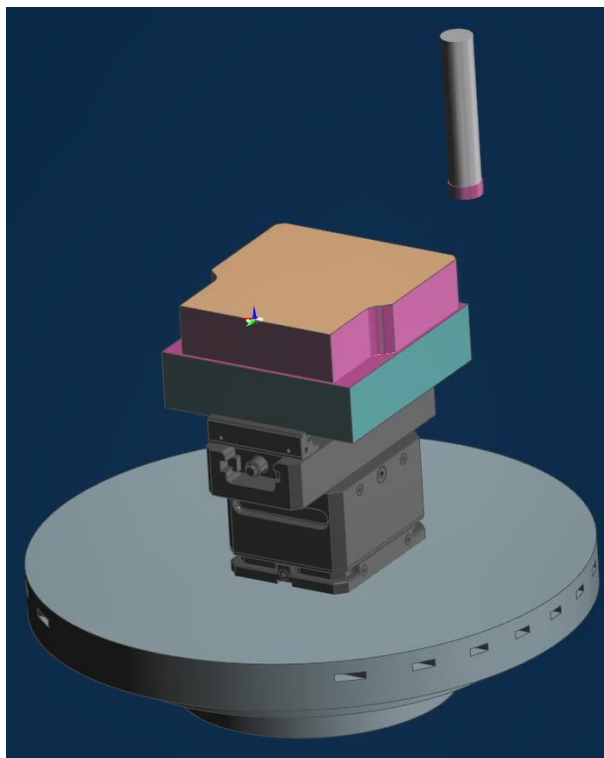
Zarovnění základny obrobku. Je použita čelní fréza (A) o průměru 50 mm a je odebrán 1 mm z výšky polotovaru.



Obrázek 17: Zarovnění základny

### Úsek C

První hrubování kontury. Tento úsek je do hloubky 65 mm od základny s přídavkem na hrubování 0,2 mm. Je zde použita čelní fréza (B) o průměru 40 mm, tato fréza je použita pro všechny větší hrubovací úseky.



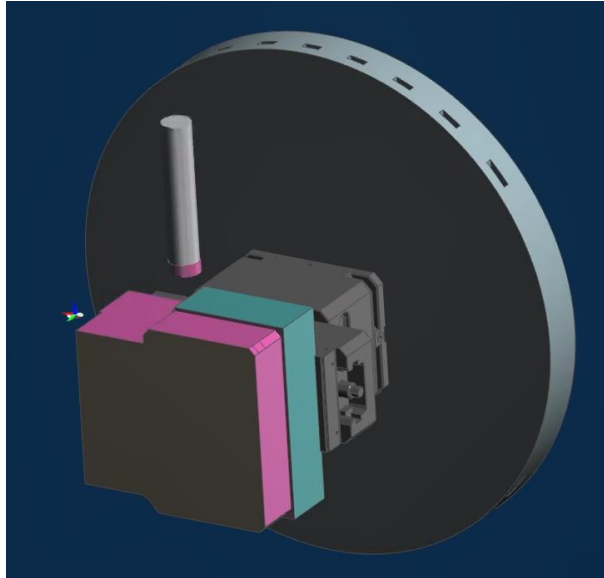
Obrázek 18: Hrubování kontury

#### Úsek D

Otočení stolu v osách A a C o  $+90^\circ$  do pozice 1.

#### Úsek E

Dokončení hrubování kontury na pravé straně součásti po natočení stolu do pozice 1. Je použita čelní fréza (B) a je zachován přírůstek na obrábění 0,2 mm.



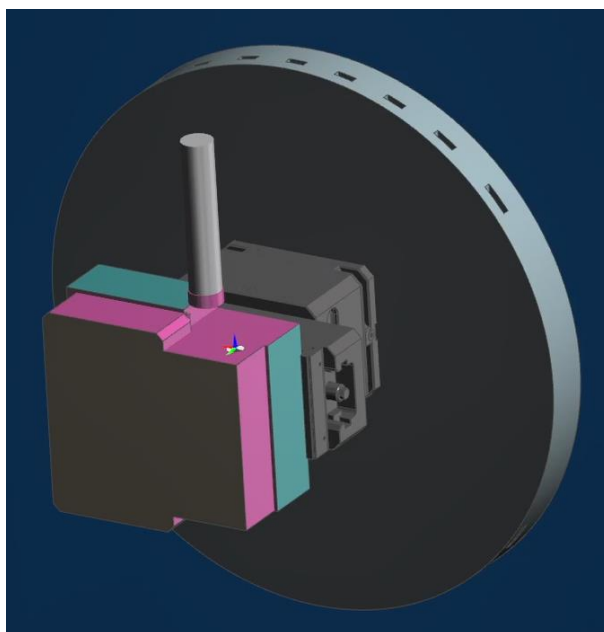
Obrázek 19: Hrubování kontury pravé strany

#### Úsek F

Otočení stolu v ose C o  $-90^\circ$  do pozice 2.

#### Úsek G

Dokončení hrubování kontury na levé straně součásti po natočení stolu do pozice 2. Podmínky frézování jsou stejné jako ve dvou předchozích hrubovacích úsecích.



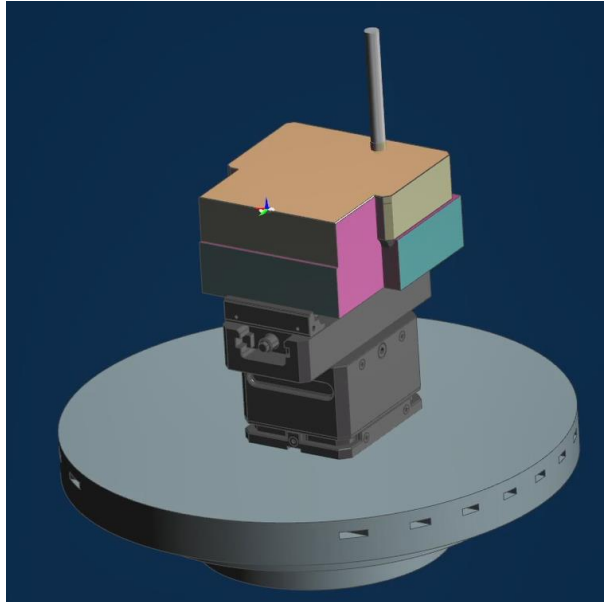
Obrázek 20: Hrubování kontury levé strany

### Úsek H

Otočení stolu do výchozí pozice.

### Úsek I

První dokončení kontury. Kontura je dokončená do hloubky 65 mm od základny. Kontura je obrobena na střední rozměry předepsaných tolerancí, tedy na 239,93 x 250,98 mm. Je zde použita monolitní fréza (C) o průměru 20 mm. Tato fréza je použita pro všechny dokončovací úseky.



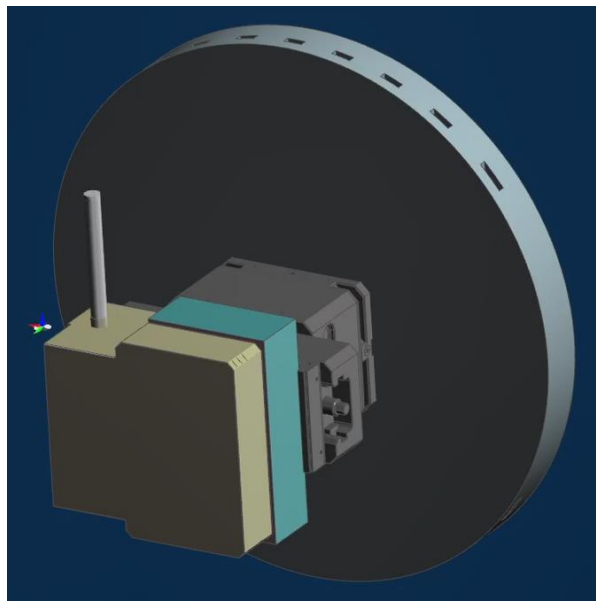
Obrázek 21: Dokončování kontury

### Úsek J

Otočení stolu do pozice 1.

### Úsek K

Dokončení kontury na čisto na pravé straně obrobku po celé výšce sloupku a zarovnání rohu součásti. Použita fréza (C), jako v předchozím úseku.



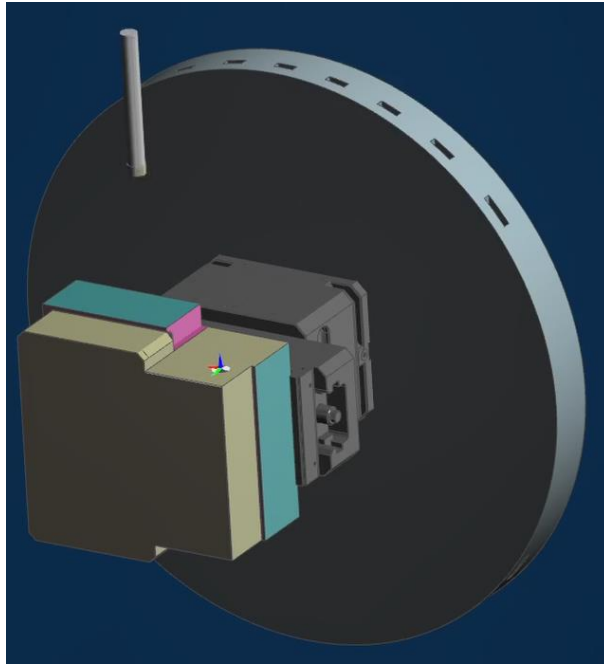
Obrázek 22: Dokončení pravé strany

### Úsek L

Otočení stolu do pozice 2.

### Úsek M

Dokončení kontury na čisto na levé straně obrobku po celé výšce sloupku a zarovnání rohu součásti. Použita fréza (C), jako v předchozím úseku. Kontura kompletně obrobena na požadované rozměry dle předepsaných tolerancí. Šířka po dokončení úseků K a M je 199,98 mm.



Obrázek 23: Dokončení rohu levá strana

### Úsek N

Otočení stolu do výchozí pozice.

### Úsek O

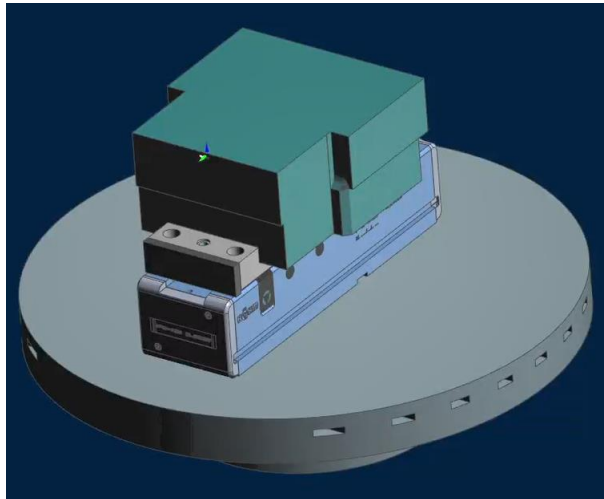
Odepnutí obrobku.

### 3.7.3 Operace č. 20

Tato operace zahrnuje šest úseků, dva upínací a čtyři frézovací.

#### Úsek A

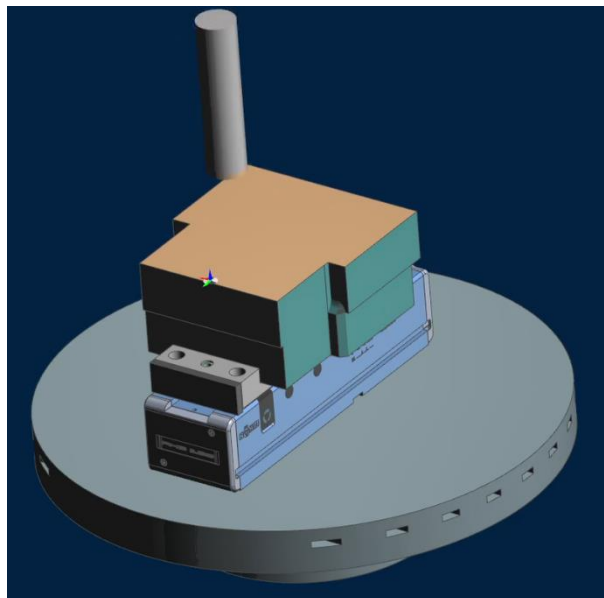
Součást je upnutá za obrobenou konturu z první operace v plné hloubce svěráku za rozměr (251) mm.



Obrázek 24: Upnutí obrobku

#### Úsek B

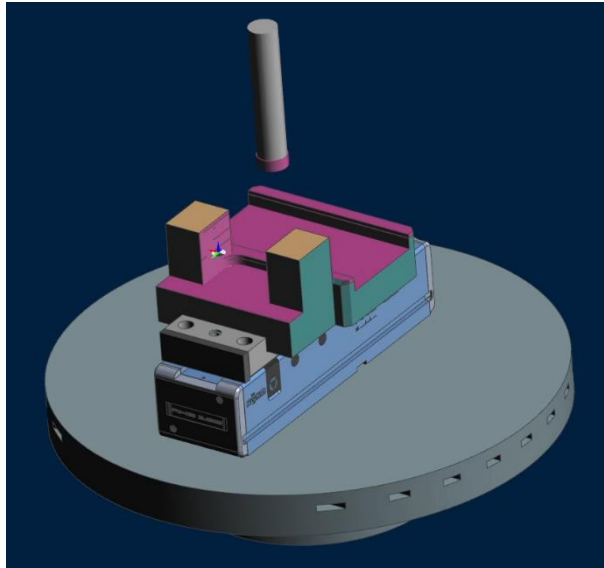
Zarovnání rovinné plochy součásti na konečnou výšku 124mm. Je použita čelní fréza (A) o průměru 50 mm. Hloubka třísky je 2 mm.



Obrázek 25: Zarovnání rovinné plochy

### Úsek C

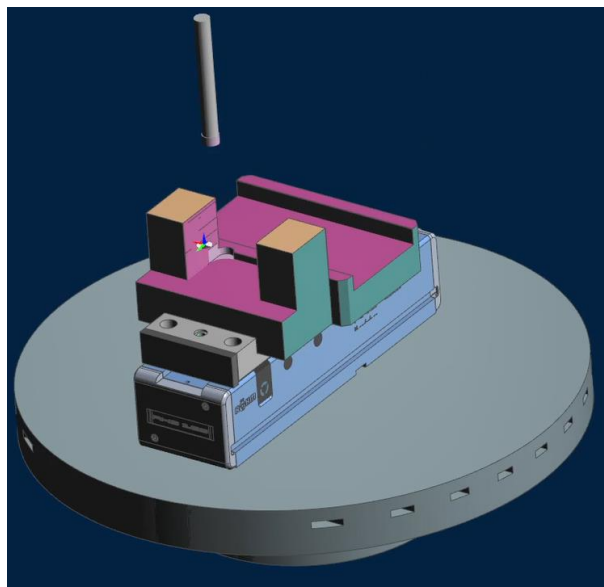
Hrubování součásti do plné hloubky s přídávkem na obrábění 0,2 mm. Je zde použita čelní fréza (B) o průměru 40 mm.



Obrázek 26: Hrubování součásti

### Úsek D

Zbytkové hrubování součásti monolitní frézou (C) o průměru 20 mm. Přídavek na hrubování je 0,2mm.

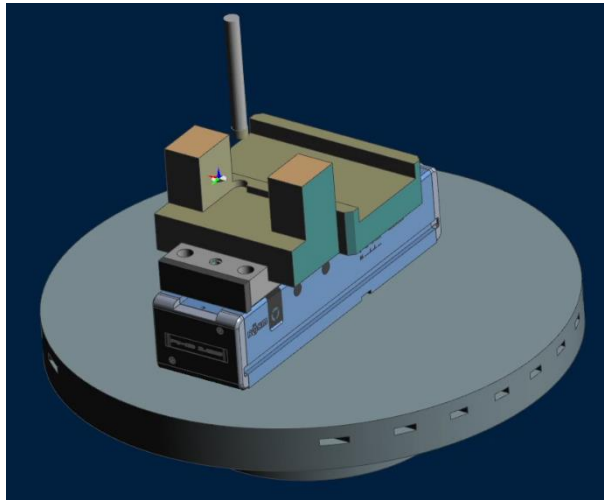


Obrázek 27: Zbytkové hrubování



### Úsek E

Obrobení součásti načisto monolitní frézou (C) na požadované rozměry. Součást je kompletně obrobena na požadované rozměry.



Obrázek 28: Obrobení načisto

### Úsek F

Odepnutí součásti ze svěráku.

## 4 Hodnocení navržené technologie

Pro vybranou součást Werkzeugträger jsou hlavními předpoklady tvarová přesnost a rozměrová přesnost. Na základě toho bylo také přistupováno k návrhu technologického postupu základního tvaru součásti.

Kvůli tvarové a rozměrové přesnosti je vybrán stroj, který sníží počet upnutí (operací) na minimum, v tomto případě na dvě upnutí. Každé další upnutí by mohlo vnést nepřesnost do výroby a zpomalit výrobu. Z tohoto důvodu byla vybrána pětiosá frézka DMU 75 monoblock od společnosti DMG mori. Stroj se vyznačuje vysokou tuhostí díky jednodílnému loži a dobrou stabilitou, to zajišťuje přesnost obrobené součásti. Další výhodou stroje je jeho výkon 35 kW, což umožnilo stanovení vysokých rezných podmínek, které jsou navrženy podle ToolGuide od společnosti Sandvik Coromant. Na základě této webové aplikace jsou také zvoleny frézovací nástroje. [14]

Při tvorbě obráběcí strategie bylo potřeba stanovit roviny, do kterých se bude stůl při obrábění natáčet. Dalším krokem bylo stanovení přesných rozměrů podle výkresu, jelikož CAD model měl rozměry v nominálních hodnotách, které neodpovídaly výkresové dokumentaci. Při generování strategie se bral ohled na strojní čas výroby součásti a optimální cestu nástrojů při frézování. Celkový čas obrábění je na základě výpočtu programu stanoven na necelých čtyřicet minut.

## 5 Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na tvorbu technologického postupu nosiče nástrojů Werkzeugträger, který se využívá při tvorbě děr do rámců autosedaček. Hlavním cílem byl návrh výrobního postupu a strategie obrábění s vygenerováním NC kódu, podle kterého se díl vyrobí.

V teoretické části je charakterizováno a popsáno frézování, které se používá pro výrobu součástí. Tato kapitola je rozdělena do čtyř podkapitol, které popisují základní znalosti o frézování. První podkapitola se zabývá kinematikou frézování. Tato podkapitola popisuje pohyb vřeteníku vůči stolu, na kterém je upnutý polotovár (obrobek). V další části rozděluje frézování podle směru pohybu obrobku vůči rotaci nástroje, na frézování sousledné a nesousledné. Druhá podkapitola je zaměřená na základní pojmy a vztahy, které se při frézování používají, aby definovaly pohyb nástroje vůči obrobku. V této části jsou také popsány řezné podmínky a jejich tabulkový příklad. Třetí podkapitola definuje rozdělení frézovacích nástrojů (fréz) do několika skupin na základě jejich charakteristických vlastností (umístění a tvar zubů, průběh ostří, upnutí, rotace, druh výroby). Poslední podkapitola se zaměřuje na rozdělení frézovacích strojů (frézek) na základě polohy vřetene, kdy rozeznáváme tři základní typy vodorovné, svislé a univerzální. Dále můžeme frézovací stroje dělit na podle jejich konstrukce na konzolové, stolové, rovinné, speciální a programovatelné.

Praktická část je o samotném návrhu technologického postupu, který je v příloze. Pro tvorbu výrobního postupu je využito všeobecné schéma, které se běžně používá. Schéma je rozděleno do sedmi základních kroků. Prvním krokem je charakteristika součásti. Druhým krokem je studium výkresové dokumentace, ve kterém jsou určeny důležité rozměry, tvary, tolerance nebo jakost povrchu. Třetí a druhý krok na sebe navazují, protože třetím krokem je rozbor materiálu součásti a jeho vlastností. Předepsaným materiálem je vysokopevnostní hliník AlZn5,5MgCu a na základě jeho vlastností jsou voleny další nástroje. Čtvrtým krokem je volba samotného stroje, který zaručí přesnou výrobu součásti. Pátým krokem je volba nástrojů, které se používají při výrobě součásti. K tomuto účelu bylo využito internetového nástroje od společnosti Sandvik Coromant ToolGuide, který na základě předepsaných tvarových a rozměrových specifikací jednotlivé nástroje doporučil. Předposledním krokem je zvolení vhodného polotovaru. Jelikož se jedná o kusovou výrobu, bylo možné zvolit polotovár s většími přídávky na obrábění. V případě zvětšení série by se přídávky na obrábění zmenšily a uvažovalo by se o změně tvaru součásti. Posledním šestým krokem je návrh strategie frézování a vygenerování NC kódu. Strategie jsou navrženy v softwaru Edgecam od společnosti Hexagon. Vygenerovaný NC kód, list nástrojů a videa ze simulace obrábění jsou uloženy na disku v příloze.

## 6 Seznam použitých značek a symbolů

Zkratka / symbol	Jednotky	Popis
$a_e$	[mm]	radiální hloubka řezu
$A_{min}$	[%]	tažnost
$a_p$	[mm]	axiální hloubka řezu
APMX	[mm]	maximální hloubka řezu
BD1	[mm]	průměr tělesa
BS	[mm]	délka hladícího břitu
CNC	[-]	Computer Numerical Control
Cr	[%]	chrom
Cu	[%]	měď
DC	[mm]	řezný průměr
DCON	[mm]	spojovací průměr
$DCON_{MS}$	[mm]	spojovací průměr směrem ke stroji
$DCON_{WS}$	[mm]	spojovací průměr směrem k nástroji
DCX	[mm]	maximální řezný průměr
E	[GPa]	modul pružnosti v tahu
Fe	[%]	železo
$f_{min}$	[mm/min]	posuv za minutu
$f_n$	[mm/ot]	posuv na otáčku
$f_z$	[mm]	posuv na zub
HB	[HBS]	tvrdost podle brinella
CHW	[mm]	šířka sražení rohu
IC	[mm]	průměr vepsané kružnice
KCH	[°]	úhel sražení rohu
KRIN	[°]	úhel hlavního břitu ostří
LB1	[mm]	délka tělesa
LE	[mm]	účinná délka břitu
LF	[mm]	funkční délka
Mg	[%]	hořčík
Mn	[%]	mangan
Mu	[Nm]	moment
n	[ot/min]	otáčky vřetene
NC	[-]	Numerical Control
RE	[mm]	poloměr rohu
$Re_{min}$	[MPa]	minimální pevnost v kluzu
Rm	[MPa]	mez pevnosti v tahu
RO	[-]	rychlořezná ocel
RPM	[1/min]	maximální rychlost otáček
S	[mm]	tloušťka destičky
Si	[%]	křemík
SK	[-]	slinutý karbid
Ti	[%]	titan
V	[mm <sup>3</sup> /min]	objem odebraného materiálu za čas

$v_c$	[m/min]	řezná rychlost
$v_f$	[mm/min]	rychlost posuvu
$W1$	[mm]	šířka břitové destičky
$z$	[-]	počet řezných prvků
$Zn$	[%]	zinek
$Zr$	[%]	zirkonium
$\rho$	[kg/dm <sup>3</sup> ]	hustota

## 7 Citovaná literatura

- [1] „ELUC,“ [Online]. Available: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1224>. [Přístup získán 04 12 2020].
- [2] J. Mádl, Technologie obrábění, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007.
- [3] K. Kocman, Technologické procesy obrábění, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011.
- [4] O. Beneš, „Vývoj a konstrukce moulové frézy z HSS oceli,“ VUT Brno, Brno, 2016.
- [5] A. Lučaník, „Návrh a výroba příruby náboje zadního kola formule pomocí technologie CAD/CAM a dílenského CNC programování,“ Vysoké učení technické v Brně, 2013, 2013.
- [6] P. Havran, „FRÉZOVACÍ NÁSTROJE ZE SLINUTÝCH KARBIDŮ,“ Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2014.
- [7] Příručka obrábění: kniha pro praktiky, Praha: Sandvik Coromant, 1997.
- [8] J. Hejhalová, „Popis technologie frézování a možnosti programování CNC strojů,“ 2018. [Online]. Available: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/79968>. [Přístup získán 09 12 2020].
- [9] J. Mádl a J. Barcal, Základy technologie II, Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008.
- [10] O. Zemčík, „Nástroje a přípravky na obrábění,“ 2005. [Online]. Available: [http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/FPN/FPN\\_skripta\\_Zemcik.pdf](http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/FPN/FPN_skripta_Zemcik.pdf). [Přístup získán 15 12 2020].
- [11] K. Novotný, „Přípravky a nástroje,“ Vysoké učení technické v Brně, Brno.
- [12] M. Mikulová, „Frézovací stroje současné produkce,“ Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2009.
- [13] J. Dvořák, „produktivní frézování hliníkových slitin,“ Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2016.
- [14] P. Spáčil, „AL slitiny,“ kovo-spacil.cz, [Online]. Available: <http://www.kovo-spacil.cz/alloys/cz.htm>. [Přístup získán 20 02 2021].
- [15] haba-sro, „Alu-7075\_CZ,“ [Online]. Available: [https://www.haba-sro.cz/fileadmin/user\\_upload/Produktblaetter\\_cza/Alu\\_7075\\_CZ.pdf](https://www.haba-sro.cz/fileadmin/user_upload/Produktblaetter_cza/Alu_7075_CZ.pdf). [Přístup získán 15 02 2020].
- [16] „DMU 75/95 monoBLOCK,“ DMG mori, [Online]. Available: <https://pdf.directindustry.com/pdf/dmg-mori/dmu-75-95-monoblock/5973-691668.html>. [Přístup získán 20 03 2021].
- [17] „Nástroje pro frézování,“ Sandvik Coromant, [Online]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/pages/milling-tools.aspx>. [Přístup získán 26 02 2021].
- [18] O. Zemčín, Projektování výrobních procesů, Brno: Ediční středisko VUT Brno, 1990.

## 8 Seznam obrázků, tabulek a příloh

### 8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka válcového a čelního frézování .....	9
Obrázek 2 Ukázka sousledného a nesousledného frézování .....	10
Obrázek 3: Příklady řezných podmínek pro frézování různých materiálů .....	12
Obrázek 4: a) válcová fréza b) válcová fréza čelní c) čelní fréza d) kotoučová fréza e) úhlová jednostranná fréza.....	13
Obrázek 5: Model součásti.....	17
Obrázek 6: DMU 75 monoBLOCK .....	20
Obrázek 7: Zásobník nástrojů DMU 75 .....	20
Obrázek 8: Rozměry čelní frézy / Fréza R245-050Q22-12H .....	21
Obrázek 9: Rozměry VBD / VBD R245-12 T3 E-AL H10 .....	21
Obrázek 10: Rozměry čelní frézy / Fréza R390-040Q16-11H .....	22
Obrázek 11: Rozměry VBD / VBD R390-17 04 08E-NL H13A .....	22
Obrázek 12: Rozměry adaptéru s upínacím trnem / Adaptér C8-390.05C-22 090 .....	23
Obrázek 13: Rozměry monolitní hlavice / Fréza 316-20SM345-20000A H10F .....	23
Obrázek 14: Rozměry adaptéru s válcovou stopkou / Adaptér AEH20-A18.7-SH-150 .....	24
Obrázek 15: Polotovary 250x260x130 .....	25
Obrázek 16: Upnutí polotovaru .....	26
Obrázek 17: Zarovnání základny .....	27
Obrázek 18: Hrubování kontury.....	27
Obrázek 19: Hrubování kontury pravé strany .....	28
Obrázek 20: Hrubování kontury levé strany .....	28
Obrázek 21: Dokončování kontury.....	29
Obrázek 22: Dokončení pravé strany .....	29
Obrázek 23: Dokončení rohu levá strana.....	30
Obrázek 24: Upnutí obrobku.....	31
Obrázek 25: Zarovnání rovinné plochy .....	31
Obrázek 26: Hrubování součásti .....	32
Obrázek 27: Zbytkové hrubování .....	32
Obrázek 28: Obrobení načisto .....	33

## 8.2 Seznam tabulek


Tabulka 1: Chemické složení materiálu .....	18
Tabulka 2: Technické specifikace .....	18
Tabulka 3: Technické specifikace DMU 75 monoBLOCK .....	19
Tabulka 4: Parametry R245-050Q22-12H .....	21
Tabulka 5: Parametry R245-12 T3 E-AL H10 .....	21
Tabulka 6: Parametry R390-040Q16-11H .....	22
Tabulka 7: Parametry R390-17 04 08E-NL H13A .....	22
Tabulka 8: Parametry C8-391.05C-22 090 .....	23
Tabulka 9: Parametry 316-20SM345-20000A H10F .....	23
Tabulka 10: Parametry AEH20-A18.7-SH-150 .....	24

## 8.3 Seznam příloh


- Příloha 1: Technologický postup
- Příloha 2: Výkresová dokumentace
- Příloha 3: Frézovací strategie

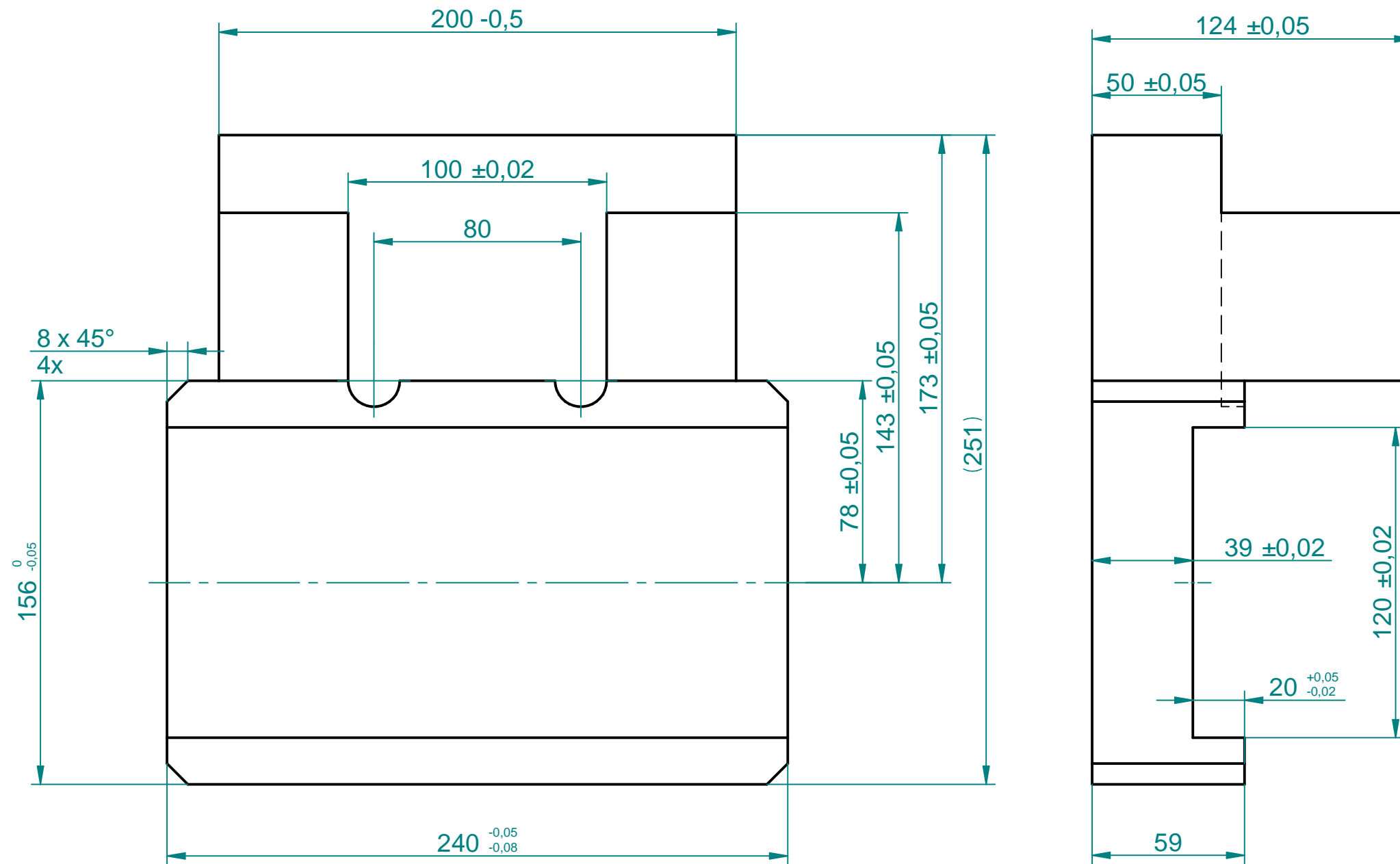


Popisy operací a přesné rozměry v kapitole 3.7 bakalářské práce

		ČVUT v Praze FAKULTA STROJNÍ Ú12134		<h1>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</h1>			Počet listů: 2  List číslo: 1		
Součást: Nosič nástrojů Werkzeugträger				Materiál druh: ČSN 42 4222 / AlZn5,5MgCu Rozměr: 250 x 260 x 130			Jméno: Jan Janda		
Č.op.	Pracoviště (stroj)	Úsek	Popis práce	Nářadí	Řezné podmínky				
					v <sub>c</sub>	f	a <sub>p</sub>		
10	DMU 75 monoBlock	A	Upnout polotovaru za rozměry 250 mm a výšce 5mm	Svěrák					
		B	Zarovnat základnu na výšku 129 mm	C8-391.05C-22 090 R245-050Q22-12H R245-12 T3 E-AL H10	863	0,243	1		
		C	Hrubovat konturu do hloubky -65 mm, přídavek 0,2mm	C8-391.05C-22 090 R390-040Q22-17H R390-17 04 08E-NL H13A	790	0,152	14,8		
		D	Otočit stůl do pozice 1						
		E	Hrubovat konturu na pravé straně	C8-391.05C-22 090 R390-040Q22-17H R390-17 04 08E-NL H13A	790	0,152	14,8		
		F	Otočit stůl do pozice 2						
		G	Hrubovat konturu na levé straně	C8-391.05C-22 090 R390-040Q22-17H R390-17 04 08E-NL H13A	790	0,152	14,8		
		H	Otočit stůl do výchozí pozice						
		I	Dokončení kontury na čisto 239,93 x 250,98 mm	AEH20-A18.7-SH-150 316-20FM850-20000L 1730	945	0,318	10,6		
		J	Otočit stůl do pozice 1						
		K	Dokončit konturu na čisto	AEH20-A18.7-SH-150 316-20FM850-20000L 1730	405	0,318	0,2		
		L	Otočit stůl do pozice 2						
		M	Dokončit konturu na čisto 199,98 mm	AEH20-A18.7-SH-150 316-20FM850-20000L 1730	405	0,318	0,2		
		N	Otočit stůl do výchozí pozice						
		O	Odepnout obrobek		Svěrák				

Popisy operací a přesné rozměry v kapitole 3.7 bakalářské práce

		ČVUT v Praze FAKULTA STROJNÍ Ú12134		<h1>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</h1>			Počet listů: 2  List číslo: 2		
Součást: Nosič nástrojů Werkzeugträger				Materiál druh: ČSN 42 4222 / AlZn5,5MgCu Rozměr: 250 x 260 x 130			Jméno: Jan Janda		
Č.op.	Pracoviště (stroj)	Úsek	Popis práce	Nářadí	Řezné podmínky				
					v <sub>c</sub>	f	a <sub>p</sub>		
20	DMU 75 monoBlock	A	Upnout polotovar v délce 251 mm	Svěrák					
		B	Zarovnat roviny 124 mm	C8-391.05C-22 090 R245-050Q22-12H R245-12 T3 E-AL H10	863	0,243	2		
		C	Hrubovat	C8-391.05C-22 090 R390-450Q22-17H R390-17 04 08E-NL H13A	790	0,152	14,8		
		D	Hrubovat zbytek z předchozí operace	AEH20-A18.7-SH-150 316-20FM850-20000L 1730	365	0,385	5,5		
		E	Dokončit tvar na čisto	AEH20-A18.7-SH-150 316-20FM850-20000L 1730	945	0,318	10,6		
		F	Odepnout hotovou součást	Svěrák					



Rz 25

Oberflächenbeschaffenheit Rautiefe Rz nach/ SURFACE FINISH ROUGHNESS DEPTH Rz TO DIN ISO 1302	Halbzeug/SEMI-FINISHED PRODUCTS		Massstab/SCALE 1 : 2	Werkstoff/MATERIAL EN AW-7075
	alle Werkstückkanten/ ALL WORK PIECE EDGES		Urspr./ORIGIN	Gewicht/WEIGHT 8,24 kg
Allgemeintoleranz nach DIMENSIONAL VARIATION ACCORDING TO DIN ISO 2768-mK	Konst. DESIGN	Datum/Date 24.09.2020	Name/NAME Jan Janda	PROJECT Benennung/TITEL <b>WERKZEUGTRÄGER</b> základní model.dft základní model.par
	Gez. DRAWN			
Format/SIZE <b>A3</b>	Gepüeft CHECKED			Zeichnungs Nr./PART-NO. <b>1</b> Ers. f./REP.TH. Ers. d./REP.F.
	Norm-gepr. STANDARDS			
Das Urheberrecht an dieser Zeichnung verbleibt Muhr und Bender KG Werkzeugbau. Ohne schriftliche Genehmigung darf sie nicht kopiert oder vervielfältigt werden, auch nicht an dritte Personen mitgeteilt oder zugänglich gemacht werden. Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten. Alle Rechte vorbehalten. / REFER TO PROTECTION NOTICE ISO 16016 ALL RIGHTS RESERVED.				Blatt SHEET 1 von OF 2 CAD-Solid Edge ST9