

Univerzita Hradec Králové  
Pedagogická fakulta  
Katedra technických předmětů

**Návrh a zhotovení frézovacího přípravku pro výuku technologie frézování na  
středních odborných školách**

Diplomová práce

|                   |   |
|-------------------|---|
| Autor:            | Radek Urban   |
| Studijní program: | N7504 Učitelství pro střední školy  |
| Studijní obor:    | Učitelství pro střední školy – tělesná výchova<br>Učitelství pro střední školy – základy techniky |
| Vedoucí práce:    | prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.  |

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ  
Pedagogická fakulta  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek Urban**  
Osobní číslo: **P15P0963**  
Studijní program: **N7504 Učitelství pro střední školy**  
Studijní obory: **Učitelství pro střední školy - tělesná výchova**  
**Učitelství pro střední školy - základy techniky**  
Název tématu: **Návrh a zhotovení frézovacího přípravku pro výuku  
technologie frézování na středních odborných školách**  
Zadávací katedra: **Katedra technických předmětů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce je zpracovat všeobecné informace o frézování, popis frézovacích operací. Jeho využití je obsahem praktické části, ve které je uvedena výkresová dokumentace a technologický postup konkrétního frézovacího přípravku. Práce může být využita jako informační materiál pro studenty oboru základy techniky i pro učitele praxe na středních odborných školách.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**DILLINGER, Josef. Moderní strojírenství pro školu i praxi. 1. vyd. Praha: Europa, 2007, 608 s. ISBN 987-80-86706-19-1. FREISLEBEN, Bohumil, Základy strojírenství. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2009, 146 s. ISBN 978-80-7361-064-7. KOČMAN, Karel, Jaroslav Prokop. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Cerm, 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2. KOČMAN, Karel, Technologické procesy obrábění. 1. vyd. Brno: Cerm, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-2 MADL, Jan, Martin Vrabec. Technologie obrábění 3.díl. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2007, 88 s. ISBN 978-80-01-03752-2. SOVA, František. Technologie obrábění a montáže. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001, 273 s. ISBN 80-7082-823-4.**

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.**  
Katedra technických předmětů

Datum zadání diplomové práce: **6. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **21. dubna 2017**

L.S.

doc. PhDr. MgA. František Vaniček, Ph.D.  
děkan

prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.  
vedoucí katedry

dne

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval pod vedením vedoucího diplomové práce samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí práce prof. Ing. Rozmaríně Dubovské, DrSc. za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnovala při konzultacích a vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat Střední odborné škole v Letohradu za poskytnutí prostředků, které mi napomohly k zhotovení praktické části práce.

## **Anotace**

URBAN, Radek. *Návrh a zhotovení frézovacího přípravku pro výuku technologie frézování na středních odborných školách*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2017. 95 s. Diplomová práce.

Diplomová práce obsahuje stručné seznámení s technologií frézování. U tohoto vybraného způsobu obrábění charakterizují jednotlivé způsoby obrábění, základní operace na stroji, drsnost a jakost povrchu, upínání nástrojů a obrobků, druhy strojů, nástrojů a jejich stručný popis a jejich složení. Součástí diplomové práce je návrh a zhotovení výrobku, kde je zpracován výkresový dokument a technologický postup, podle nichž se zhotoví daný výrobek.

Klíčová slova: frézování, konvenční obrábění, strojírenská technologie, výkresová dokumentace, výrobní postup.

### **Annotation**

URBAN, Radek. *Design and fabrication of the milling preparation for teaching milling technology in secondary vocational schools*. Hradec Králové Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2017. 95 pp. Diploma Degree Thesis.

Diploma Degree Thesis contains a brief introduction to the technology milling. In this selected machining method I characterize individual machining methods, basic operation of the machine, roughness and surface quality, clamping tools and workpieces kinds of machines, tools, and a brief description and their composition. The thesis is the design and manufacture of the product, which is processed by drawing and document the technological process by which the product is fabricated.

**Keywords:** milling, conventional machining, engineering technology, drawings, manufacturing process.

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| Seznam použitých zkratek a symbolů .....       | 10 |
| ÚVOD .....                                     | 11 |
| 1    Základy teorie obrábění .....             | 12 |
| 2    Základy teorie frézování .....            | 14 |
| 2.1    Základní pojmy .....                    | 14 |
| 2.1.1    Řezné podmínky .....                  | 18 |
| 2.2    Přesnost a jakost povrchu .....         | 21 |
| 3    Základní pracovní operace na frézce ..... | 22 |
| 3.1    Frézování rovinných ploch .....         | 22 |
| 3.2    Frézování šikmých ploch .....           | 23 |
| 3.3    Frézování tvarových ploch .....         | 30 |
| 3.4    Frézování drážek .....                  | 31 |
| 3.5    Frézování ozubených kol .....           | 32 |
| 3.6    Frézování závitů .....                  | 35 |
| 3.7    Řezání pilovým kotoučem .....           | 36 |
| 4    Způsoby frézování .....                   | 37 |
| 4.1    Sousledné frézování .....               | 37 |
| 4.2    Nesousledné frézování .....             | 38 |
| 4.3    Válcové frézování .....                 | 39 |
| 4.4    Čelní frézování .....                   | 39 |
| 4.5    Okružní frézování .....                 | 40 |
| 4.6    Planetové frézování .....               | 40 |
| 5    Frézovací nástroje .....                  | 41 |
| 5.1    Rozdělení rezných nástrojů .....        | 47 |
| 6    Upínání nástrojů .....                    | 50 |
| 6.1    Zásady správného upnutí fréz .....      | 50 |
| 7    Upínání obrobků .....                     | 53 |
| 7.1    Mechanické upínání .....                | 53 |
| 7.2    Další způsoby upínání .....             | 55 |
| 8    Stroje na frézování .....                 | 56 |
| 8.1    Frézky konzolové .....                  | 56 |
| 8.2    Frézky stolové .....                    | 57 |



|     |                                   |    |
|-----|-----------------------------------|----|
| 8.3 | Frézky rovinné .....              | 58 |
| 8.4 | Frézky speciální .....            | 58 |
| 8.5 | Další druhy frézek .....          | 58 |
|     | Zadání praktické části .....      | 59 |
|     | Použití upínacího přípravku ..... | 89 |
|     | Závěr .....                       | 91 |
|     | Seznam obrázků .....              | 92 |
|     | Seznam tabulek .....              | 93 |
|     | Seznam použité literatury .....   | 94 |

## Seznam použitých zkratek a symbolů

| Zkratka/Symbol   | Jednotka                        | Popis                                  |
|------------------|---------------------------------|--|
| $a_p$            | mm                              | Šířka záběru ostří                     |
| $b$              | mm                              | Šířka                                  |
| CAM              | -                               | Počítačová podpora obrábění            |
| CNC              | -                               | Computer numerical kontrol             |
| ČSN              | -                               | Česká technická norma                  |
| $d$              | mm                              | Průměr                                 |
| $f$              | $\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$  | Posuv                                  |
| $f_z$            | mm                              | Posuv na zub                           |
| $f_n$            | mm                              | Posuv za otáčku                        |
| $h$              | mm                              | Výška                                  |
| $h_D$            | mm                              | Jmenovitá tloušťka třísky              |
| $i$              | -                               | Počet záběrů frézy                     |
| ISO              | -                               | Mezinárodní organizace pro normalizace |
| IT               | $\mu\text{m}$                   | Geometrická přesnost                   |
| $l$              | mm                              | Délka                                  |
| $l_n$            | mm                              | Náběhová délka                         |
| $l_p$            | mm                              | Příběhová délka                        |
| $n$              | $\text{ot}\cdot\text{min}^{-1}$ | Otáčky nástroje                        |
| NC               | -                               | Numerical kontrol                      |
| $n_k$            | -                               | Počet otáček dělicí kliky              |
| $R_a$            | $\mu\text{m}$                   | Průměrná aritmetická úchylka profilu   |
| $R_m$            | MPa                             | Pevnost v tahu                         |
| RO               | -                               | Rychlořezná ocel                       |
| SK               | -                               | Slinutý karbid                         |
| $S_{\text{min}}$ | mm/min                          | Posuv za minutu                        |
| $t_s$            | s                               | Strojní čas                            |
| $v_c$            | $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  | Řezná rychlost                         |
| $v_f$            | mm                              | Velikost posuvu                        |
| $z$              | -                               | Počet zubů                             |
| $Z$              | -                               | Počet zubů šroubového kola             |
| $Z_1$            | -                               | Počet dílů – roztečí                   |
| $\alpha$         | °                               | Rovinný úhel (hřbet)                   |
| $\beta$          | °                               | Rovinný úhel (břit)                    |
| $\gamma$         | °                               | Rovinný úhel (čelo)                    |
| $\delta$         | °                               | Rovinný úhel                           |
| $\pi$            | -                               | Ludolfovo číslo - konstanta            |

# ÚVOD

Pro svoji diplomovou práci jsem si vybral téma týkající se frézování. Je to téma, kterým se zabývá spousta prací, avšak málo prací je použitelných pro budoucí učitele strojních oborů. Proto jsem se rozhodl napsat tuto práci. V oblasti technických věd stojí technologie na čelním místě všech technických oborů. Strojní obrábění je velice rozsáhlým vědním oborem ve strojírenském průmyslu. Samotné obrábění je základním odvětvím výrobní strojírenské technologie, slouží k výrobě součástí odebráním materiálu. Neustálý vývoj technologie vede k zdokonalování a zefektivňování úrovně ve strojírenství a nárustu požadavků na kvalitu obrobku. Současný stav třískového obrábění ukazuje, že obrábění zůstává ve strojírenské výrobě základem technologickou profesí. Obrábění rozdělujeme podle použitého postupu na konvenční a nekonvenční. Nekonvenční obrábění se používá pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů, kdy k úběru materiálu dochází za použití elektrických či chemických pochodů. Konvenční obrábění je tzv. obrábění třískové, pro vytvoření ploch se používají řezné nástroje, které vnikají do obrobku za pomoci řezných sil.

V této práci se budeme zabývat konvenčním způsobem obrábění a to frézováním. U tohoto vybraného způsobu obrábění charakterizují jednotlivé způsoby obrábění, základní operace na stroji, drsnost a jakost povrchu, druhy strojů, nástrojů a jejich stručný popis, a složení, upínání nástrojů a obrobků. Práce je zaměřena jako informační materiál pro studenty v oboru základy techniky i učitele praxe na středních odborných školách. Tato publikace je zaměřená na teoretický a praktický základ frézovací operace.

Součástí diplomové práce je návržení a zhotovení výrobku. Praktická část diplomové práce se bude tedy skládat z výkresové dokumentace a technologického postupu, podle nichž se zhotoví daný výrobek. Navrženým a zhotoveným výrobkem bude ruční posuvná upínka, která bude vyrobena dle teoretických znalostí a zásad uvedených v teoretické části práce. Hlavním cílem práce je v teoretické části zpracovat základní informace o frézování a ty využít v praktické části práce. Práce může sloužit jako zdroj informací pro studenty, učitele v oboru strojírenství.

# 1 Základy teorie obrábění

Technologie obrábění je považována za nejstarší výrobní metodu, kterou člověk použil v nejrannějších dobách svého vývoje pro opracování prvních loveckých zbraní a primitivních předmětů pro každodenní potřeby. Největší rozmach u strojního obrábění je datován kolem roku 1776, to byl vynalezen parní stroj, který významně zasáhl do dalšího vývoje obráběcích strojů, nástrojů a jednotlivých metod obrábění. Další velký posun u strojního obrábění byl u zrodu dalšího energetického zdroje - elektřiny, kde obráběcí stroje poháněla právě elektřina. Která se používá dodnes pro pohon strojů. V minulých stoletích byla výroba kovových součástí zaměřena na výrobu odléváním, na přelomu 19. a 20. století došlo k rozvoji třískového obrábění. Právě tento rozmach zastínil ruční obrábění, které dnes tvoří zlomek v celkovém objemu obráběných operací. Současný stav třískového obrábění ukazuje, že obrábění zůstává a zůstane ve strojírenské výrobě základní technologickou profesí, zasluhu na tom má především díky velkému rozvoji číslicově řízených strojů.

Technologie obrábění je vědní obor, který studuje, zkoumá a analyzuje vzájemné souvislosti a faktory obráběcího procesu, jako integrální složky výrobního procesu strojírenských součástí. Tento obráběcí proces se může členit do tzv. obráběcích systému, které lze obecně členit na subsystemy obráběcích strojů, rezných nástrojů, manipulačních prostředků a obráběcího prostředí. Objektem procesu je vždy obrobek a výstupem obrobku jsou obrobené plochy.

Obrábění je technologický proces, při kterém vytváříme součást určitého tvaru, rozměrů a jakosti. Tohoto procesu docílíme úběrem částic nebo oddělováním částí materiálu pomocí fyzikálních nebo chemických metod, případně jejich kombinací. Obrábění můžeme rozdělit podle použitého postupu na konvenční a nekonvenční obrábění. Nekonvenční obrábění je obrábění, při kterém se používá k úběru materiálu elektrické, chemické pochody nebo jejich kombinace. Konvenční obrábění je tzv. obrábění třískové, pro vytvoření určitých ploch použijeme rezné nástroje, při obrábění dochází k požadovanému úběru materiálu břitem rezného nástroje. Jeden z těchto způsobů obrábění bude přiblížen v této práci a to frézování. Třískové obrábění je vtlačování rezného klínu do materiálu za účelem dosažení požadovaného tvaru, rozměrů a jakosti povrchu, přičemž dochází k porušení soudržných sil obráběného materiálu, který se odděluje ve formě třísky jako odpadu. [1]

Při konvenčním obrábění dochází k oddělování materiálu obrobku břitem nástroje. V závislosti na způsobu oddělování materiálu můžeme rozlišit řezný proces na souvislý (soustružení, vrtání, vyvrtávání), nesouvislý (hoblování a obrážení), cyklický (frézování, broušení). Reálný řezný proces probíhá za určitých řezných podmínek, které jsou součástí obráběcích podmínek.

## 2 Základy teorie frézování

Frézování patří mezi nejrozšířenější moderní metody obrábění rovinných a tvarových ploch mnohobřítým frézovacím nástrojem. Nástrojové břity pracují prakticky, vždy v podmínkách přerušovaného řezu. Nástroj koná hlavní pohyb rotační. Posuv vykonává obrobek, a to převážně ve směru kolmém k ose nástroje. Řezný postup je přerušovaný, každý zub odebírá třísku proměnné tloušťky. Během jedné otáčky nástroje každý břit nástroje vniká do obrobku a jedenkrát ze záběru i vychází. V okamžiku vniknutí do obrobku je břit vystaven intenzivnímu rázu a teplotnímu namáhání. Proto je musíme brát v potaz a zohlednit tyto odlišnosti tak, aby byly nepříznivé jevy omezeny na minimum. [2]

### 2.1 Základní pojmy

V této kapitole si uvedeme základní pojmy při frézování, jak uvádí SOVA [3] i někteří další autoři jako např. MÁDL, BARCAL. [2]

**Fréza** - frézovací nástroj.

**Frézka** - frézovací stroj.

**Obrábění** - pracovní proces, při kterém součást určitých rozměrů vzniká postupným odebíráním třísky.

**Obrobek** - je obráběný nebo již obrobený předmět.

**Obráběná plocha** - vrstva materiálu odebíraná z obrobku.

**Obrobená plocha** - plocha obrobku vzniklá obráběním.

**Plocha řezu** (řezná plocha) - plocha obrobku vznikající těsně za břitem nástroje.

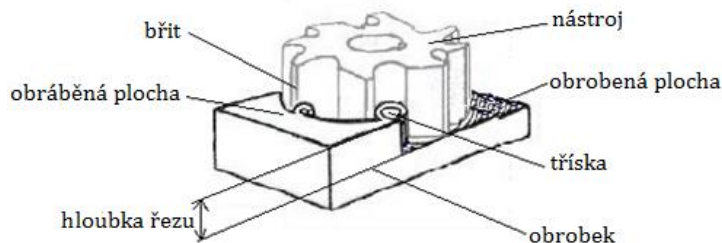
**Tříska** - vrstva materiálu odříznutá z obrobku.

**Břit** - řezná část nástroje ve tvaru klínu.

**Nástroj** - s obrobkem umožňuje realizaci řezného procesu.

**Hloubka řezu** ( $a_p$ ) - je závislá na způsobu obrábění, je to vzdálenost mezi plochou obráběnou a obrobenou. Označuje se písmenem  $h$  [mm].

Aby došlo k oddělování materiálu z výchozího polotovaru (obrobku), musí se nástroj pohybovat proti obrobku určitou rychlostí po určité dráze.

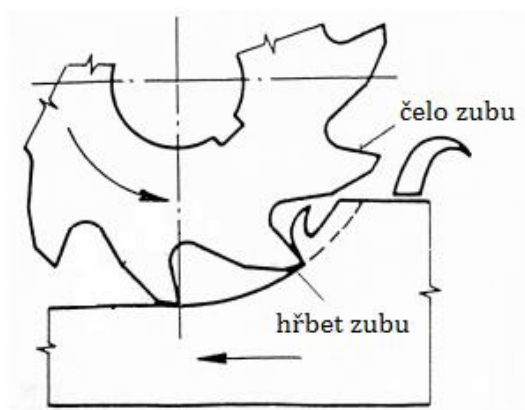


Obrázek 1: Pojmy u frézování [2]

**Geometrie břitu** - aby břit mohl odebírat třísku, musí být vhodně upraven. Každý zub má klínovité provedení zakončené břitem tvořeným dvěma plochami (čelem a hřbetem), v jejichž průřezu vznikne ostří, které má schopnost odřezávat třísky. Čím ostřejší klín břit má, tím snadněji vniká do materiálu. Vzájemná poloha ploch břitu nástroje a obrobku vytváří soustavu úhlů, které říkáme geometrie břitu. Hodnoty jednotlivých úhlů jsou závislé na druhu obráběného materiálu a u normalizovaných fréz mají stanovenou hodnotu.

Základní úhly na fríze jsou:

- úhel hřbetu  $\alpha$  (úhel svíraný mezi hřbetem zubu frézy a tečnou rezné roviny, snižuje tření hřbetu na obráběné ploše),
- úhel břitu  $\beta$  (úhel svíraný plochou hřbetu a plochou čela, čím menší úhel, tím lepší vniknutí do obráběného materiálu),
- úhel čela  $\gamma$  (úhel mezi plochou čela břitu a špičky břitu, usnadňuje tvoření třísky),
- úhel řezu  $\delta$  (svírá plochu čela a obvodu frézy, součet úhlů břitu a hřbetu).



Obrázek 2: Geometrie zubu frézy [2]

**Řezný pohyb** - pohyb mezi nástrojem a obrobkem umožňující obrábění. Pohyb vykonává nástroj (soustružení, vrtání) nebo obrobek (frézování) nebo současně.

**Hlavní pohyb** - vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, který realizuje obráběcí stroj. Při frézování je to rotační pohyb nástroje, kdežto u soustružení rotační pohyb obrobku.

**Posuv** - je pohyb obrobku, který současně s hlavním pohybem umožňuje oddělování třísek. Zpravidla probíhá kolmo ke směru hlavního řezného pohybu, a to buď plynule, nebo přerušovaně. Posuv na zub jednoduchým výpočtem převedeme na posuv za jednu minutu použitelný na stroji.

**Posuv plynulý** - posuv, který probíhá trvale s hlavním pohybem.

**Posuv přerušovaný** - posuv, který probíhá po přítržích, v úvratích před pracovním zdvihem, kdy je přerušen hlavní pohyb.

**Řezná rychlost  $v_c$**  - při frézování je dráha, kterou urazí hrana břitu každého zubu frézy. Udává se v [ $m \cdot \text{min}^{-1}$ ], pouze při broušení obvodová rychlost brousícího kotouče se udává v [ $m \cdot s^{-1}$ ]. Řeznou rychlost zjistíme výpočtem ze vzorce, v dílenské praxi z tabulek.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (1)$$

Kde:  $V_c$  je řezná rychlost nástroje [ $m \cdot \text{min}^{-1}$ ],

$D$  je průměr nástroje [mm],

$n$  jsou otáčky nástroje [min],

1000 převod z metrů na milimetry [mm].

**Rychlost posuvu** - je dráha, kterou vykoná břit nástroje vůči obrobku za jednotku času, za jednu otáčku obrobku, jeden dvojjdvh.

Rozeznáváme proto: Posuv za minutu -  $S_{\text{min}}$  - posuv, který vykoná nástroj vůči obrobku za minutu [mm/min].

Posuv za otáčku -  $v_f$  - posuv, který vykoná nástroj vůči obrobku za jednu otáčku [mm/zub], [ $m \cdot \text{min}^{-1}$ ]

$$f_n = f_o \cdot n, \quad (2)$$

Kde:  $f_n$  je posuv za otáčku [mm/zub],

$f_o$  je posuv na otáčku [mm],

$n$  jsou otáčky vřetene [min].



Posuv na zub -  $f_z$  - posuv, který vykoná vícebřitý nástroj vůči obrobku v době pootočení o jeden zub [mm/zub]

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}, \quad (3)$$

Kde:  $f_z$  je posuv na zub [mm/zub],

$v_f$  je posuv na otáčku [mm/zub],

$z$  je počet zubů [1],

$n$  jsou otáčky vřetene [min].

**Přísuv** - pohyb nástroje nebo obrobku, kterým nastavujeme nástroj do pracovní polohy.

**Výpočet strojního času** - je závislý na posuvu frézy a jejich otáčkách, celkové dráze, kterou koná nástroj a na počtu záběrů nástroje. Vypočítá se ze vzorce:

$$t_s = \frac{L \cdot i}{f}, \quad (4)$$

kde:  $t_s$  je strojní čas [s],

$L$  je délka dráhy nástroje [mm],

$i$  je počet záběrů frézy [1],

$f$  je posuv [mm·ot<sup>-1</sup>].

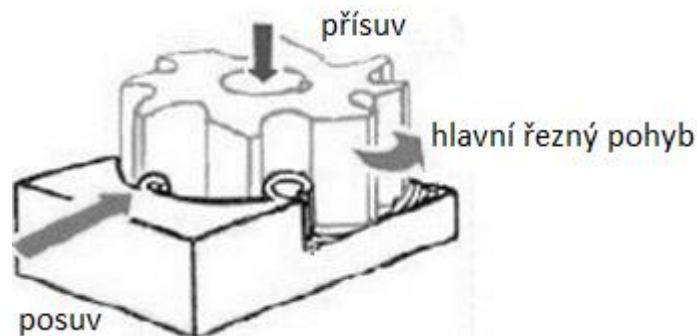
$$L = l_n + l + l_p, \quad (5)$$

kde:  $L$  délka dráhy nástroje [mm],

$l_n$  je náběhová délka - od základního postavení nástroje k prvnímu obrábění [mm],

$l$  je délka frézované části [mm],

$l_p$  je přiběhová délka poslední obrábění k základnímu postavení nástroje [mm].



Obrázek 3: Pojmy u frézování [2]

### 2.1.1 Řezné podmínky

Jak uvádí autoři MÁDL, BARCAL, [2] efektivní frézování probíhá jen za předem stanovených řezných podmínek. Volba řezných podmínek je závislá na vlastnostech nástroje, stroje, obrobku, ale i prostředí. Velikost řezných podmínek tedy volíme podle:

- druhu obráběného materiálu,
- použité frézy,
- způsobu práce,
- způsobu upnutí obrobku,
- druhu řezné kapaliny,
- požadované jakosti a obrobitelnosti povrchu obrobku.

Při hrubování volíme co největší posuv, avšak dbáme na hloubku odebíraného materiálu, na tuhost a výkon stroje. Hloubka řezu se nejčastěji používá mezi 2 až 10 mm, při hrubování čelními frézami je i větší. Frézování na čisto se běžně hloubka řezu volí 0,5 až 1mm. Avšak při obrábění vysokými řeznými rychlostmi vzniká v místě řezu značné množství tepla, proto při intenzivním obrábění je nutné ve většině případů přivádět do místa obrábění dostatečné množství řezné kapaliny. Vznikající teplo má velký vliv na kvalitu obrobku a na trvanlivost nástroje. Největší část tepelné energie je ze zóny řezání odváděna třískou (80%). Zbytkové teplo zůstává v nástroji a poslední část v obrobku. [12]

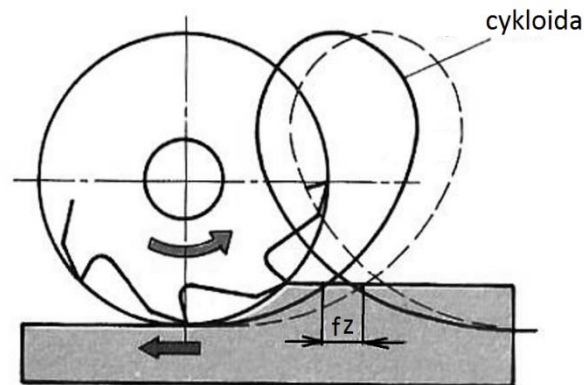
Řezná kapalina má funkce:

- odvádí část tepla, které vzniká při obrábění,
- v místě řezu snižuje tření,
- odvod třísek.

Rychlost posuvu závisí na:

- obrobitelnosti materiálu obrobku,
- druhu použité frézy,
- průřezu třísky,
- požadované drsnosti obráběného materiálu.

Také tuhost celé obráběcí soustavy a výkonnost frézky mají vliv na optimální posuv při obrábění. Na hrubování volíme posuvy velké a na hlazení malé.  $f_z$  je posuv na zub a udává se v milimetrech na zub.



Obrázek 4: Posuv u frézování [5]

Hloubka řezu se volí podle přídatku na obrábění. Při hrubování bývá obvykle 3 až 10 mm, u výkovek a odlitek až 30 mm, při frézování na čisto 1 mm. Největší hloubka řezu je omezena tuhostí soustavy stroj - obrobek - nástroj. [5]

Počet otáček vřetene frézky se vypočítá z řezné rychlosti a průměru frézy:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}, \quad (6)$$

kde:  $n$  je počet otáček za minutu [ot/min],

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

$d$  je průměr obrobku [mm],

1000 převod z metrů na milimetry [mm].

Na některých frézkách se vyskytuje jednoduché zařízení k určování řezných podmínek frézování a je spojené s pákou volby otáček. Toto zařízení se nazývá „kalkulátor“ je to jedna z pomůcek, která na frézkách usnadňuje volbu otáček. Musíme znát tyto hodnoty (průměr frézy, druh obrábění a jakost povrchu, druh materiálu obrobku) Tento „kalkulátor“, má tři soustředné kruhy. Vnitřní kruh je spojen s pákou a má na svém obvodu vyznačený průměr frézy. Počet otáček je vyznačen na vnějším mezikruží, které je opět pevně spojeno s vnitřním kruhem. Mezi těmito kruhy je mezikruží, které lze natáčet. Na tomto kruhu je vyznačená řezná rychlost pro vybraný materiál, toto vyznačení je barevně odlišené. Tyto barevné křivky znázorňují řeznou rychlost pro hrubování, střední pole a pro jemné obrábění. Pro určování otáček vřetene vycházíme z průměru frézy. [6]

Tabulka 1: Řezné rychlosti při frézování

| Materiál obrobku<br>$R_m$ , HB | Mat. nástroje | Frézovací hlavy                 |               | Kotoučové a válčové frézy               |  |               | Čelní válčové stopkové frézy    |               |
|--------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|---|--|---------------|---------------------------------|---------------|
|                                |               | $V_c$<br>[m·min <sup>-1</sup> ] | $f_z$<br>[mm] | $V_c$ hrubov.<br>[m·min <sup>-1</sup> ] | $V_c$ na čisto<br>[m·min <sup>-1</sup> ] | $f_z$<br>[mm] | $V_c$<br>[m·min <sup>-1</sup> ] | $f_z$<br>[mm] |
| Ocel $R_m$<br>500-800 MPa      | RO            | 45                              | 0,1-0,2       | 27                                      | 35                                       | 0,1-0,3       | 30                              | 0,1-0,2       |
| Ocel $R_m$<br>800-1000 MPa     | RO            | 30                              | 0,1-0,15      | 20                                      | 25                                       | 0,1-0,2       | 25                              | 0,1-0,2       |
| Ocel $R_m$<br>500-800 MPa      | SK<br>(P25)   | 100                             | 0,1-0,2       | 175                                     | 195                                      | 0,15-0,25     | 135                             | 0,1-0,25      |
| Ocel $R_m$<br>800-1000 MPa     | SK<br>(P25)   | 80                              | 0,1-0,15      | 145                                     | 160                                      | 0,15-0,25     | 100                             | 0,1-0,15      |
| Šedá litina<br>HB 160          | RO            | 35                              | 0,1-0,3       | 25                                      | 30                                       | 0,1-0,2       | 35                              | 0,1-0,2       |
| Šedá litina<br>HB 200          | RO            | 25                              | 0,1-0,3       |   |  |               | 25                              | 0,1-0,15      |
| Šedá litina<br>HB 160          | SK<br>(K10)   | 60                              | 0,1-0,35      | 75                                      | 100                                      | 0,1-0,3       | 70                              | 0,1-0,3       |
| Šedá litina<br>HB 200          | SK<br>(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<br>(K10)   | 700                             | 0,1-0,25      | 550                                     | 650                                      | 0,1-0,2       | 650                             | 0,1-0,2       |
| Hliník tvrdý                   | SK<br>(K10)   | 250                             | 0,1-0,25      |   |  |               | 250                             | 0,1-0,2       |

Zpracováno podle: MÁDLA, BARCALA [2]

## 2.2 Přesnost a jakost povrchu

Hlavním kritériem výroby strojních součástí je jejich přesnost a drsnost obrobeného povrchu. Avšak je třeba respektovat ekonomické otázky dané výrobou součásti, které jsou v požadavcích. Musí se dbát na přesnost výroby a drsnost povrchu takovým způsobem, které je z hlediska funkčního a estetického nutné. Největší vliv na povrch obrobku má nástroj případně i používaný přípravek ve spojitosti se strojem a obrobkem. Použitý přípravek má především vliv na rozměrovou, tvarovou a geometrickou přesnost. Pro dosažení požadované drsnosti obráběného povrchu závisí i volba vhodného způsobu obrábění. Při hrubování se volí co největší posuv, hloubka řezu, ale musí se brát v potaz tuhost a výkonnost stroje. U sousledného frézování se zpravidla volí posuv větší než u frézování nesousledného, a to přibližně o polovinu hodnoty. [3]

Přesnost obrábění je dána podle druhu použitého nástroje: přímo (tvar nástroje), nebo nepřímo (okamžitý stav nástroje). Tuhostí a přesností stroje, způsobem frézování a použitou řeznou kapalinou pro chlazení nástroje. A v neposlední řadě volba řezných podmínek značně ovlivní požadovanou přesnost a jakost obráběného povrchu.

Tabulka 2: Přesnost a drsnost povrchu

| Nástroj         | Způsob práce    | Délka plochy [mm] | Stupeň přesnosti IT [ $\mu\text{m}$ ] | Drsnost povrchu Ra [ $\mu\text{m}$ ] |
|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Válcové frézy   | Hrubování       | do 300<br>do 1200 | 10 až 12<br>11 až 13                  | 6,3 až 25<br>6,3 až 25               |
|                 | Na čisto        | do 300<br>do 1200 | 9 až 11<br>9 až 12                    | 1,6 až 6,3<br>1,6 až 6,3             |
| Frézovací hlavy | Hrubování       | do 300<br>do 1200 | 10 až 13<br>11 až 13                  | 6,3 až 25<br>6,3 až 25               |
|                 | Na čisto        | do 300<br>do 1200 | 6 až 10<br>8 až 11                    | 1,6 až 3,2<br>1,6 až 3,2             |
|                 | Jemné frézování |                   | 7 až 8                                | 0,8 až 1,6                           |

Zpracováno podle: SOVY [3]

### 3 Základní pracovní operace na frézce

Frézování je obrábění rovinných nebo tvarových ploch a je mnoho způsobů, jak tyto plochy můžeme obrábět. V této kapitole si ukážeme základní operace na frézce.

#### 3.1 Frézování rovinných ploch

Nejjednodušší a nejčastější způsob obrábění. Na vodorovné frézce obrábíme rovinnou plochu válcovou frézou. Na svislé frézce obrábíme plochu materiálu frézou čelní nebo větší plochy pak frézovacími hlavami. Toto frézování je výhodnější, při odebrání větší vrstvy materiálu. Jelikož upnutí nástroje je tužší a výkon při frézování tedy může být větší. Fréza by se měla volit taková, aby měla větší průměr než je obráběná šířka plochy. Velké vrstvy materiálu hrubujeme, zvolíme menší řezné rychlosti, načisto frézujeme už s vyššími řeznými rychlostmi a menší hloubkou řezu a posuvem. [2]

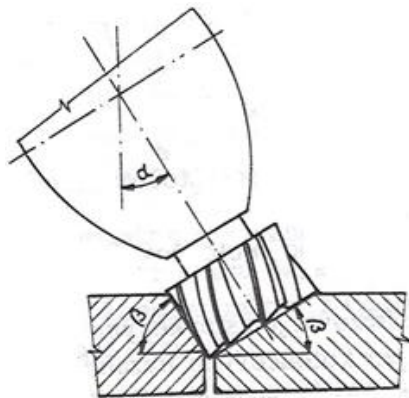
Frézování pravoúhlých ploch, což jsou to plochy, které spolu svírají pravý úhel ( $90^\circ$ ). Je to jedna ze základních dovedností na frézce. A zde si podrobně charakterizujeme v několika bodech postup práce pro frézování rovinné plochy pravoúhlé.

- 1) Upneme nástroj do vřetene frézky, poté seřídíme strojní svěrák, do kterého upneme podložku a za pomoci číselníkového úchylkoměru, šroubů, kterými svěrák upevníme na pracovní stůl stroje, svěrák seřídíme. Tak, abychom získali správnou geometrii a rovnoběžnost jednotlivých stran obrobku.
- 2) Do seřízeného svěráku upneme obrobek. Pro správné a pevné upnutí použijeme paralelní podložky, na které obrobek položíme a po utažení dostatečně doklepeme. Obrobek zkontrolujeme, zda je správně a dostatečně upnut (podložky se nesmí pod obrobkem pohybovat, vysunutí obrobku nad čelisti musí být vždy větší než je velikost odebírané hloubky řezu obrobku).
- 3) Najedeme nástrojem, který má nastavený potřebné řezné podmínky, nad obrobek. Nastavíme na suportu potřebné hodnoty a frézujeme největší plochu obrobku, kterou nazýváme základnou, tuto plochu obrobku frézujeme celou.
- 4) Po opracování se vrátíme s frézou do bezpečné vzdálenosti a otáčky nástroje vypneme. Po uvolnění obrobku ze strojního svěráku ho odjehlíme od otřepů za pomoci ručního pilníku a přeměříme pomocí vhodného měřidla. Tentokrát budeme obrábět plochu z druhé strany obrobku, a to tak, že za pomoci dělicího kroužku nastavíme hodnoty, které dosahují žádaného rozměru obrobku. Avšak hloubka řezu a řezné podmínky musí splňovat zásady a pravidla obrábění.

- 5) Opět obrobek uvolníme ze svěráku a odjehlíme, přeměříme rozměr, který by měl odpovídat konečnému rozměru obrobku.
- 6) Stejným způsobem, jako v bodech 3), 4), 5), budeme následně obrábět další dvě neobráběné plochy obrobku.
- 7) Posledním a neméně důležitým úkolem jak získat pravoúhlé plochy obrobku je, že poslední dvě neodfrézované plochy nastavíme pomocí uhelníku. Tím, že do strojního svěráku upneme obrobek a pomocí již zmiňovaného uhelníku nastavíme obrobek do svislé polohy. Nebo dalším způsobem získání pravoúhlých ploch je, že budeme obrábět obrobek válcovou řeznou částí nástroje, avšak vřeteník frézky musí být ve svislé poloze. Nezapomínáme na odjehlení hran mezi operacemi.

### 3.2 Frézování šikmých ploch

Šikmé plochy jsou ty, které spolu svírají jiný úhel než pravý. Frézování těchto ploch obvykle předchází frézování ploch pravoúhlých. Každá takto šikmá plocha je určena úhlem sklonu  $\alpha$  (úhel vyklonění vřeteníku hlavy) nebo ho označujeme jako doplněk do  $90^\circ$ , který označujeme  $\beta$  (úhel sklonu šikmé plochy).



$\alpha$  - úhel vyklonění vřeteníku hlavy,  $\beta$  - úhel sklonu šikmé plochy

Obrázek 5: Frézování šikmé plochy [19]

Šikmé plochy frézujeme několika způsoby, vybrané způsoby jsou závislé na:

- velikosti obrobku,
- počtu vyráběných součástí,
- umístění a velikosti šikmé plochy,
- tuhosti obrobku.

Šikmé plochy mají rozdílné tvary, velikosti a požadované přesnosti. Proto se vyrábí několika způsoby frézování:

- orýsováním,
- otočným stolem,
- šikmým nastavením vřeteníkové hlavy,
- úhlovou frézou,
- použitím šikmých podložek,
- za pomoci otočného, sklopného svěráku,
- frézovacími přípravky,
- dělicím přístrojem.

### **Orýsováním**

Na obrobek musí být přesně orýsována šikmá hrana pomocí stojanového nádrhu, rýsovací jehlou nebo rýsovacím hrotem, případně hrotovým kružítkem. Tato orýsovaná část se také odulčíkuje za pomoci důlčíku, to slouží k zviditelnění hrany. Poté se obrobek upne do strojního svěráku. Zde dochází k vodorovnému ustavení obrobku ve svěráku pomocí horní plochy strojního svěráku nebo podložky s přesně orýsovanou hranou. Tento způsob operace se zejména provádí tam, kde není zapotřebí velká přesnost úhlová nebo v kusové výrobě. [7]

### **Vytočení vřeteníkové hlavy**

Svislé a univerzální konzolové frézky mají vřeteníkovou frézovací hlavu uloženou otočně, což umožňuje její vyklonění a upnutí nástroje do šikmé polohy na obě strany o 45° od svislé polohy. Vřeteník lze natáčet po uvolnění matic na jeho zadní straně, úhel vyklonění se odečítá od úhlové stupnice. Frézování se nejčastěji provádí čelní válcovou frézou, viz. obr. 5. Frézování šikmé plochy.

### **Úhlovou frézou**

Úhlové frézy můžeme používat v kusové nebo sériové výrobě, kde jejich výhodou je jejich úhlová přesnost. Však tyto frézy mají velkou pořizovací cenu a krátkou délku břitu. Lze tedy frézovat jen úzké šikmé plochy obrobku, který musí být shodný s úhlem sklonu břitů frézy. [5]

### **Šikmé podložky**

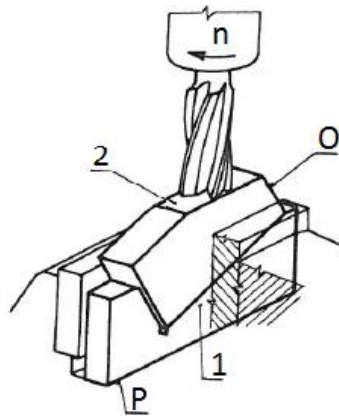
Tyto šikmé podložky používáme k podložení obrobku místo klasických plochých podložek, kde tyto podložky mají stejný princip. Slouží tedy k ustavení obrobku do strojního



svěráku nebo u větších součástí či součástí, které do svěráku nelze jinak upnout, upnutí provádíme přímo na stůl frézky za pomoci upínek. Tyto podložky můžeme rozdělit na šikmé podložky s výřezem a šikmé podložky bez výřezu.

Šikmé podložky s výřezem – umožňují rychlé a přesné ustavení obrobku menší šířky do svěráku. Obrobek se uloží do výřezu šikmé podložky a pomocí strojního svěráku upneme. Poté jednotlivými úběry ofrézujeme šikmou plochu obrobku.

Šikmé podložky bez výřezu – slouží tehdy, když nelze obrobek upnout do strojního svěráku, ale pouze na stůl frézky. Upnutí se provádí pomocí upínek a šroubů.

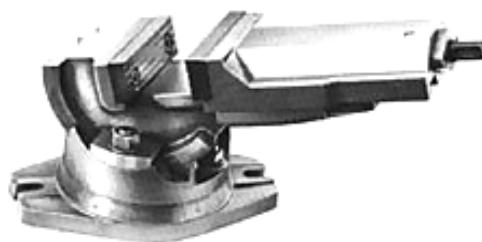


n - směr otáčení frézy, O - obrobek, P - podložka, 1- opěrná plocha, 2 - obráběná plocha

Obrázek 6: Frézovací šikmé podložky [19]

### **Pomocí otočného nebo sklopného svěráku**

Tento způsob frézování provádíme výhradně jen na frézkách svislých, jelikož sklopná upínací složka strojního otočného nebo sklopného svěráku by na frézce vodorovně neprošla pod upínacím trnem válcové frézy. Na těchto strojních svěrácích se frézují jen plochy menších rozměrů, neboť sklopný svěrák je poměrně vysoký a jeho konstrukce nevykazuje dostatečnou tuhost upnutí.



Obrázek 7: Svěrák otočný a sklopný [23]

Otočný svěrák je svěrák, jehož základnou je točnice s úhlovou stupnicí a dvěma upínacími drážkami. Tento strojní otočný svěrák se otáčí kolem svisle uloženého čepu v točnici, jeho úhlová poloha se nastaví dotažením matic.

Otočný sklopný svěrák lze otáčet podobně jako svěrák otočný prostřednictvím točnice a lze ho také naklápět v půlkruhovém vedení. Rozsah natočení bývá do 45° na obě strany. [8]

## **Přípravky**

Jsou to pomocná zařízení, která jsou účelným doplněním výrobních strojů. Jejich účelem zařazení do výroby je (zpřesnění výroby, zkrácení vedlejšího času, zjednodušení obsluhy náročných úkonů, rozšíření možností výrobního zařízení, odstranění namáhavé práce). Speciální frézovací přípravky se používají především v sériové výrobě, a to z důvodů ekonomické složky. Jejich konstrukce závisí především na obráběné součásti. Avšak musí splňovat dle KOČMANA [9] určité zásady:

- jednoduchá konstrukce,
- pevné a přesné upnutí,
- jednoduché a rychlé ovládání,
- nízká cena,
- vysoká produktivita.

Tyto přípravky se volí podle velikosti, tvaru a charakteru práce. Jejich montáž by měla být co nejrychlejší, nejsnadnější a především bezpečná. Přípravek má v sériové výrobě zajistit opakovaně přesné upnutí polotovaru vzhledem ke stroji, čímž docílíme požadované a stejné rozměry a kvality obrobku. Požadavky na upínací frézovací přípravky jsou:

- bezpečné upnutí výrobku,
- pevné upnutí nedeformující tvar obrobku,
- opakovatelná přesnost upnutí,
- snadná výměna upínacích prvků,
- vynechání vedlejších prací (orýsování, apod),
- univerzálnost použití upínacích prvků (upnutí nepravidelných tvarů polotovaru),
- zkrácení výrobního času a zkrácení vedlejšího času při upínání na stole frézky.

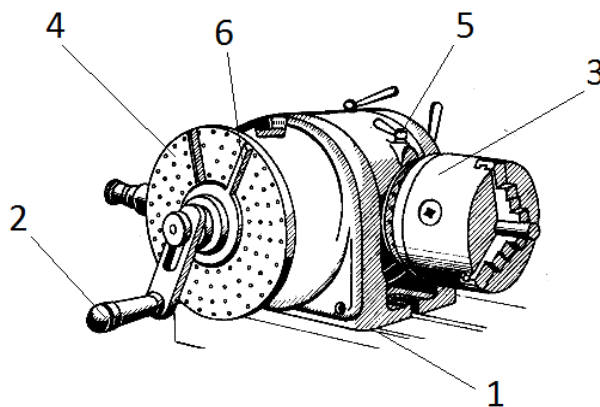
Přípravky podle KOČMANA [9] můžeme rozdělit do několika skupin:

- dle rozsahu použitelnosti: univerzální, stavebnicové, jednoúčelové a pro určitou skupinu obrobků,
- dle druhu operace: montážní, kontrolní, ostatní pomocné dílenské, k orýsování obrobků, doplněk k obráběcím strojům,
- dle způsobu upínání: s ručním upínáním nebo s mechanickým upínáním,
- dle určení: hospodárné nebo nezbytně nutné.

### Dělicím přístrojem

Jsou nejdůležitějším příslušenstvím frézek. Jednoduchý dělicí přístroj – slouží k rozdělení obvodu obrobku na požadovaný počet dílů a k jeho natočení do správné polohy při frézování. V jednoduchém dělicím přístroji lze frézovat například čtyřhrany, šestihrany, provádět různé zářezy a drážky.

Univerzální dělicí přístroje mají všestranné využití, umožňují dělení válcových, kuželových a plochých součástí na díly i úhlové stupně, frézovat šroubovité drážky, frézovat jednoduché závitě nebo dokonce i ozubená kola.



1 – základní těleso, 2 – dělicí klika, 3 – sklíčidlo, 4 – dělicí kotouč, 5 – klika na zpevnění polohy sklíčidla, 6 – dělicí kotouč

Obrázek 8: Univerzální dělicí přístroj [24]

K dělicímu přístroji lze použít různá příslušenství, a to výškově přestavitelného koníka, nastavitelnou podpěru, křížovou desku, lyru na frézování závitů a šroubovic, kleštinové upínání a pomocné přímé dělení pro frézování závitů. [12]

Výškově přestavitelný koník – používá se při obrábění drážek na dlouhých kuželech. Koník je výškově nastavitelný, což nám umožní upínání obrobku do osy tak, aby byl správně vystředěn.

Kleštinové upínání – umožní nám rychlé a přesné upínání menších válcových součástí.

Křížová deska – upevňuje dělicí přístroj v rovině kolmé na směr pohybu stolu.

Jak uvádí autoři DRIENSKY A TOMAIDES [8], frézování pomocí univerzálního dělicího přístroje lze dělit na:

- nepřímé jednoduché dělení,
- nepřímé úhlové dělení,
- dělení na nestejně díly,
- diferenciální dělení.

Nepřímé jednoduché dělení – vřeteno přístroje natáčíme pomocí dělicího mechanismu. Dělicí kotouč má na své čelní ploše kruhové řady děr, které jsou přesně v rozteči vyvrtané. Tyto díry dělí danou kružnici na určitý počet dílů. Dělicí klika má podélný výřez s rukojetí s odpruženým kolíkem, který přesně zapadá do děr v dělicím kotouči. Podélný výřez nám umožní po uvolnění šroubu nastavit na potřebnou dělicí kružnici, po utažení šroubu se poloha kliky zpevní. Otáčením kliky se pohyb přenáší na hřídel. Po hřídeli síly působí na čelná ozubená kola, která síly přenáší dále na šneka, který je na konci pevně spojen s vřetenem dělicího přístroje. Šnekové kolo má nejčastěji  $Z = 40$  zubů u napřímeného dělení, to znamená, že musíme 40x otočit klikou, aby se vřeteno otočilo jednou do kola. Přestavitelné rameno slouží pro zjednodušení obsluhy a přesné vyznačení dělicí kliky. Tato ramena se volně natáčejí po dělicím kotouči a po zvolené hodnotě se zajistí brzdou nebo zpevňovacím šroubem. Nastavení vřetene dělicího přístroje se vypočítá pomocí vzorce:

$$n_k = \frac{Z}{Z_1}, \quad (7)$$

Kde:  $n_k$  jsou otáčky dělicí kliky [1],

$Z$  je počet zubů šroubového kola [1],

$Z_1$  je počet dílů – roztečí [1].

Nepřímé úhlové dělení – při dělení obvodu na určitý počet dílů se obrobek otáčí vždy o určitý úhel. Na strojírenských výkresech se můžeme setkat s kótováním v úhlech, k tomu nám poslouží tato metoda. Na dělicím přístroji s počtem zubů 40 na šneku se vřeteno pootočí o  $9^\circ$  ( $360^\circ/40$ ), což je 540 úhlových minut. Dělicí kružnice s nejčastějším počtem 54 dílů ( $540'/54=$

10'). Z toho vyplývá, že dělicí přístroje s 54 dírami na dělicím kotouči má přesnost 10'. Velikost natočení nepřímého úhlového dělení se vypočítá ze vzorce (pouze pro dělicí přístroj s poměrem 1:40):

$$n_k = \frac{Z1 \cdot Z}{360^\circ}, \quad (8)$$

kde:  $n_k$  jsou otáčky dělicí kliky [°],

Z je počet zubů šroubového kola [1],

Z1 je počet dílů – roztečí [1],

360° jsou stupně šroubového kola [°].

Dělení na nestejně díly – používá se při obrábění nestejných roztečí na obrobku po obvodě.

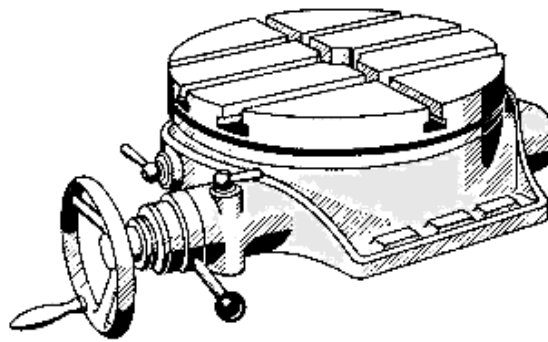
Diferenciální dělení – neboli rozdílové dělení. Používá se tam, kde nevystačíme s počtem dílů na dělicím kotouči. [8]

### Otočný stůl

Připevňuje se na pracovní stůl frézky. Otočné stoly umožňují frézovat různé rotační tvary, vačky, segmenty, drážky, apod., stopkovými frézami. Užívají se také pro dělicí práce, nelze-li obrobek pro jeho velké rozměry upnout na běžném dělicím přístroji. Než se upne obrobek na otočný stůl, tak se musí stůl vystředit s osou vřetene. Upínání se provádí pomocí čtyř upínacích T drážek, z nichž jedna je kalibrická přesně v ose stolu, ostatní nejsou tolerované a slouží k běžnému upínání. [3]

Seřízení otočného stolu:

- 1) Strojní otočný stůl položíme na pracovní plochu frézky.
- 2) Do vřetene upneme pevný hrot.
- 3) Hrot zatlačíme do otvoru otočného stolu, čímž dojde k vystředění strojního otočného stolu, a tím k ztotožnění osy vřetene s ním.
- 4) Šrouby strojního otočného stolu utáhneme.
- 5) Provedeme kontrolu pomocí číselníkového úchylkoměru na strojním otočném stole.



Obrázek 9: Otočný stůl [25]

### 3.3 Frézování tvarových ploch

Obrábění tvarových ploch se zejména dříve provádělo na kopírovacích frézkách. Dnes jsou tyto stroje většinou nahrazeny CNC frézkami, které jsou díky svému programovatelnému řízení velmi vhodné právě k obrábění tvarových ploch. [10]

Ve strojírenství se setkáváme se součástkami různých tvarů, které se vyrábějí různou technologií, a frézování je jednou z nich. Tvarové plochy lze při frézování obrábět pomocí těchto způsobů:

- orýsováním,
- za použití tvarových fréz,
- kopírováním,
- na NC a CNC strojích.

#### Orýsováním

Požadovaný tvar obrobku se předem orýsuje, který se může odulčikovat pro lepší viditelnost. Výroba obrobků se používá za použití klasických nástrojů a běžného upínacího zařízení. Princip je podobný jako u frézování šikmých ploch – orýsováním.

#### Tvarové frézy

Při této výrobě jsou rezným nástrojem tvarové frézy. Tvarové frézování lze použít jak pro obrábění kruhových tvarů, tak i u obecných tvarů. Tvarové frézy kruhových profilů bývají normalizovány, ostatní druhy těchto fréz jsou dle operace a tvaru obrobku součásti odvozeny od vyráběných tvarových ploch. Tato metoda se většinou používá pro obrábění krátkých a jednodušších tvarových profilů. Výhodou jsou rychle zhotovené a přesné tvary, nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady speciálních nástrojů. [9]

Volba tvarové frézy se řídí těmito ukazateli:

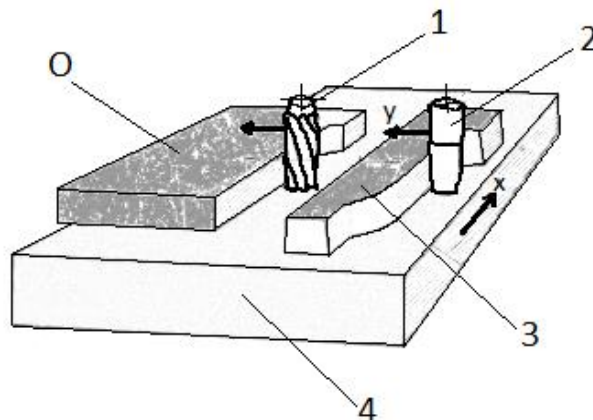
- tvarem obráběné plochy,
- velikostí obráběné plochy,
- množstvím odebíraného materiálu,
- vlastnosti materiálu (obrobitelností),
- přesností a drsností povrchu obrobků.

### Kopírování

Frézování kopírováním se používá především v sériové výrobě. Je dosažena vysoká přesnost, možnost výroby velmi složitých tvarů, levné a jednoduché frézovací nástroje, jednoduchá manipulace se strojem. [17]

Způsoby frézování:

- 1) Obrysové – pohyb je řízen dotykovým palcem, který se neustále dotýká řídicí plochy šablony.
- 2) Prostorové – dotykový palec je neustále ve styku se vzorkem nebo modelem. Výsledný tvarový pohyb je zajišťován skládáním podélného a příčného pohybu. Neustálý dotyk palce s řídicí plochou šablony je zabezpečován různým způsobem – nejčastěji závažím nebo pružinou.



O – obrobek, 1 – nástroj, 2 – dotykový palec, 3 – šablona či model, 4 – stůl frézky

Obrázek 10: Obrysové frézování kopírováním [25]

### 3.4 Frézování drážek

Podle funkce mívají tyto frézy různé tvary. Tvary drážek máme:

- pravoúhlé – tvaru U nebo T,

- tvarové – radiové, modulové,
- úhlové – souměrné, nesouměrné a rybinové.

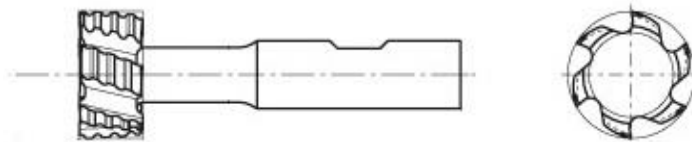
Při frézování pravouhlé drážky, například u frézování drážek pro pera na hřídel, použijeme čelní válcové frézy nebo kotoučovou frézu. Širší drážky můžeme frézovat na průměr frézy nebo postupně na čistý rozměr obrobku. Obrobky upínáme do strojního svěráku, prizmatických svěráků nebo do dělicího přístroje do speciálních přípravků. [9]

Rozdělení drážek z hlediska hloubky:

- průchozí,
- zapuštěné.

#### 1) Frézování drážek tvaru – T

Drážky tvaru T se vyskytují na různých pracovních plochách obráběcích strojů, přípravků a pomůcek pro upínání obrobků. Frézují se nadvakrát, nejprve vyfrézujeme pravouhlou drážku kotoučovou frézou na plnou hloubku, potom stopkovou korunkovou frézou dokončíme tvar. Dle přesnosti, jakosti povrchu a velikosti můžeme obrábět na více částí. Na závěr provedeme úhlovou frézou sražení hrany.



Obrázek 11: Fréza kotoučová pro upínání drážky T [27]

#### 2) Frézování drážek rybinových

Tyto drážky se nejčastěji vyskytují u stolů a suportů stroje, svěráků. Při obrábění této drážky se postupuje obdobně jako u frézování drážky tvaru – T. Nejdříve se vyfrézuje pravouhlá drážka kotoučovou frézou, poté zvolíme frézu úhlovou, která má úhel  $55^\circ$ . Touto frézou dokončíme tvar i rozměr dané drážky. Při obrábění této drážky musíme dbát zvýšené opatrnosti na ustavení obrobku do upínacího zařízení, musí být dodržena rovnoběžnost drážky se základnou.

### 3.5 Frézování ozubených kol

Výroba ozubení patří mezi složitý technologický proces. Převody ozubených kol se uplatňují ve velké části převodových mechanismů, proto je mnoho různých variant ozubení. Ozubená kola mají velké přenášeací kroutící momenty, a to i při malém počtu otáček. Ozubené



převody mají malé rozměry, velkou účinnost, trvanlivost a spolehlivost chodu i stálý převodový poměr.

Ozubená kola lze obrábět různými metodami na vhodných strojích. Vhodná metoda obrábění i stroj se volí podle požadavků kladených na ozubená kola, a to podle požadované přesnosti ozubení, druhu a velikosti ozubených kol a podle hospodárnosti výroby a výrobních možností.

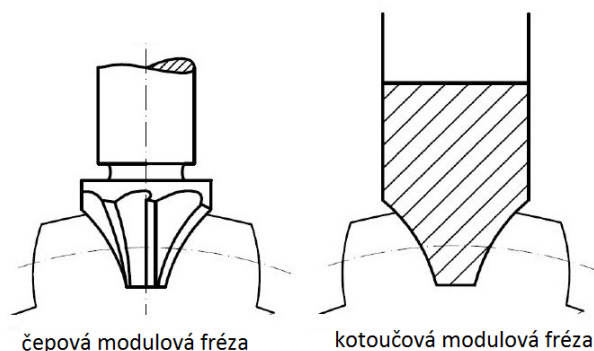
Obrábění ozubení lze dělit podle převodů na: obrábění čelních kol a hřebenů s přímými či šikmými zuby, kuželových kol s přímými nebo šikmými či dokonce zakřivenými zuby, šnekových kol a šneků.

### **Čelná ozubená kola**

Zuby čelních ozubených kol patří k nejčastěji používaným. Druhy čelních ozubených kol máme přímé, šikmé, dvojnásobně šikmé, šípové, dvojnásobně šípové, kruhové. Tento typ ozubení, ať už s přímými nebo šikmými zuby, se obrábí na frézce těmito způsoby, jak uvádí autoři MÁDL, VRABEC, KAFKA, DVOŘÁK. [12]

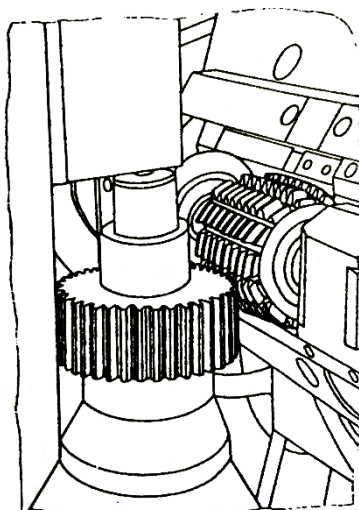
- dělicím způsobem tvarovou frézou,
- odvalovacím způsobem odvalovací frézou.

Frézování dělicím způsobem – čelná ozubená kola se frézují čepovou nebo kotoučovou modulovou frézou. Profil frézy je stejný jako profil zubové mezery, který je u téhož modulu různý podle počtů zubů. Proto by byl zapotřebí pro každý modul a počet zubů jiný nástroj. To není z hospodárného hlediska možné, znamenalo by to ekonomické zvýšení nákladů, rozšíření nástrojů. Proto se používá jeden nástroj pro určitý rozsah počtů zubů. Frézy se dodávají v sadách. Tímto způsobem obrábění ozubení se obrábí na speciálních frézkách pro tvarové frézování zubů nebo na konzolových univerzálních frézkách, které jsou vybavené dělicím přístrojem. Při frézování dělicím způsobem se obrobí jedna zubová mezera, pak se obrobek, který je upnut v dělicím stroji, pootočí o jednu zubovou rozteč a frézuje se další zubová mezera do té doby, než se vyrobí celé ozubené kolo. Tímto způsobem se čelní ozubená kola frézují převážně v kusové výrobě. Hlavní nevýhodou této výroby však je malá přesnost obrobku, nízká výrobnost z důvodu, že proces není plynulý. K výhodám patří jednoduchost, nízká cena nástroje.



Obrázek 12: Frézky pro frézování dělicím způsobem [20]

Frézování odvalovacím způsobem – odvalovací fréza je mnohobřítý nástroj, který obrábí evolventní ozubení čelních kol odvalovacím pohybem. Tyto frézy se vyrábějí v mnoha provedeních a můžeme je dělit na jednochodé a vícechodé. Tento způsob frézování je už několik let nejproduktivnější metodou výroby ozubených kol, avšak vyžaduje složité nastavení a manipulaci s obráběcím strojem. Předností odvalovacího frézování je možnost frézovat jedním nástrojem kola stejného modulu o libovolném počtu zubů.



Obrázek 13: Odvalovací způsob frézování [2]

Výhoda odvalovacího frézování oproti frézování dělicímu:

- jednou odvalovací frézou lze frézovat všechny počty zubů pro jednu rozteč,
- frézování je rychlejší,
- boky zubů jsou přesnější a rozteče stejnoměrnější.

### 3.6 Frézování závitů

Frézování je nejvýhodnější a nejrychlejší způsob výroby závitů s velkým profilem a velkým stoupáním. Dále se tento způsob frézování používá pro hrubování dlouhých závitů na pohybových šroubech. K frézování závitů na frézce se používají speciální stroje nebo univerzální frézky, na nichž obrobek upínáme mezi hroty. [18]

Způsoby frézování závitů dle autorů MÁDLA, VRABCE, KAFKY, DVOŘÁKA [12] jsou:

- kotoučovou frézou,
- hřebenovou frézou,
- okružovací frézovací hlavou.

Frézování závitů kotoučovou frézou – používá se u dlouhých závitů a především u závitů lichoběžníkových. Fréza se upíná do vřetene pod úhlem stoupání závitu a její tvar je totožný s profilem vyráběného závitu. Za jednu otáčku obrobku se fréza posune o délku stoupání závitu.

Frézování hřebenovou závitovou frézou – uplatňuje se pro výrobu krátkých závitů. Závit se obrábí najednou, fréza je obvykle o 3 závity širší než je délka vyráběného závitu na obrobku. Profily závitů na hřebenových frézách netvoří závit, ale prstenec. Osa frézy musí být rovnoběžná s osou obrobku. Nástroj vyřeže závit na jednu otáčku obrobku a zároveň se posune o stoupání. Těmito nástroji lze vyrábět závity v rozsahu od průměru 10 až 350 mm a délky 50 až 200 mm. Při frézování vnitřních závitů hřebenovou frézou se neposouvá nástroj, ale otáčí a posouvá se obrobek.

Frézování okružovací hlavou – tento způsob výroby závitů je velmi produktivní, a to především pro obrobky větších rozměrů. Nožová hlava s jedním až čtyřmi noži profilu závitu se otáčí a současně se posouvá. Za jednu otáčku se posune o délku stoupání závitu. Osa nástroje není ve středu osy obrobku, hlava je vykloněná vůči ose obrobku o úhel stoupání daného závitu. Přesnost je vysoká asi  $\pm 0,01$  mm.

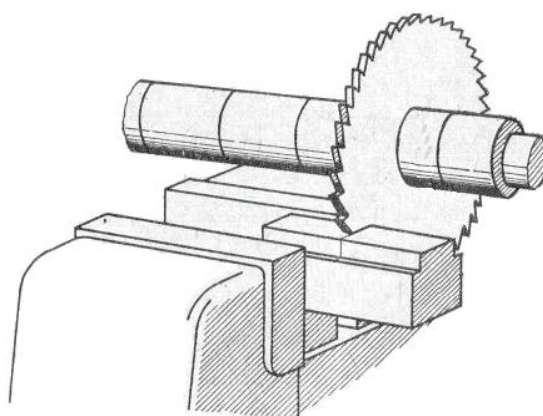
Tabulka 3: Přesnost a drsnost povrchu u frézovaných závitů

|  | kotoučová fréza | hřebenová fréza | okružovací frézovací hlava |
|--|-----------------|-----------------|----------------------------|
| stupeň přesnosti IT<br>[ $\mu\text{m}$ ] | 6 až 7          | 6 až 8          | 6 až 7                     |
| drsnost povrchu Ra<br>[ $\mu\text{m}$ ]  | 3,2             | 3,2             | 1,6 až 3,2                 |

Zpracováno podle: MÁDLA, VRABCE, KAFKY, DVOŘÁKA [12]

### 3.7 Řezání pilovým kotoučem

Na frézkách lze i řezat, k tomu se používá pilový kotouč. Dělení materiálu se provádí u obrobků, kde je potřeba proříznout obrobek úzkou drážkou do hloubky několikanásobně větší než je její šířka, nebo pro dělení tyčového materiálu. Pilové koutouče se vyrábějí v různých průměrech až do  $\varnothing$  300 mm, šířka kotouče je obvykle do 6 mm. Vyrábí se s jemným, polohrubým a hrubým ozubením. Kotouče se upínají co nejbližší k vřetenu hlavy frézky, aby se zabránilo chvění nástroje. Pilový kotouč nemá drážku pro klín, proto se na každou jeho stranu dává tzv. klín, který zabraňuje povolení nástroje a musí být upnut tak, aby byl při obrábění neustále dotahován. Velikost řezné rychlosti se volí podle šířky pilového kotouče, materiálu nástroje i obrobku a podle tuhosti stroj – nástroj – obrobek. [7]



Obrázek 14: Řezání pilovým kotoučem [10]

## 4 Způsoby frézování

Frézování je proces přerušovaný, jednotlivé zuby frézy postupně vcházejí a vycházejí z materiálu a odebírají třísku. Z hlediska chvění je výhodné, je-li v záběru s obrobkem více břitů současně. Jak bylo řečeno v předešlé kapitole, rovinné plochy se frézují válcovými a čelními frézami, tvarové plochy se zpravidla obrábějí tvarovými frézami.

Podle DILLINGERA [13] lze frézování rozdělit podle záběru nástroje do obrobku na:

- sousledné,
- nesousledné,
- válcové,
- čelní (frézování čelem),
- planetové,
- okružní.

### 4.1 Sousledné frézování

Obrobek se posouvá ve stejném směru jako zuby nástroje. Řezná síla působí do materiálu (směrem dolů), což nám zjednodušuje možné upnutí obráběného materiálu. Maximální tříska materiálu vzniká při vnikání zubu frézy do obrobku. Sousledným frézováním můžeme obrábět jen na přípustných frézovacích strojích, které mají vymezené vůle a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. Nesplňuje-li stroj tato kritéria, vůle způsobuje nestejný posuv a dochází k poškození stroje, nástroje nebo dokonce obrobku. [1]

Výhody:

- vyšší tvrdost břitů, umožňuje nám volit vyšší řezné rychlosti a posuv,
- menší potřebný výkon,
- řezná síla přitlačuje obráběný materiál ke stolu, takže můžeme volit jednodušší upínací přípravky,
- menší sklon ke chvění,
- menší sklon k tvorbě nárůstku,
- menší drsnost obrobeného povrchu.

Nevýhody:

- tuhost soustavy (stroj – nástroj – obrobek),
- vymezení vůle,
- nevhodné pro obrábění obrobků s tvrdým a znečištěným povrchem,
- silové rázy každého zubu při záběru.

## 4.2 Nesousledné frézování

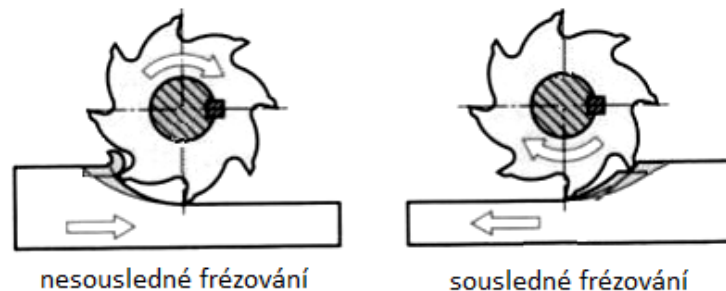
Obráběný materiál se posouvá do řezu, proti směru pohybu břitu frézy. Nástroj odebírá materiál od minimální tloušťky třísky do maximální. K oddělení třísky nedochází v okamžiku její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Vznikají tak silové účinky a deformace, které způsobují vlnivý povrch obrobené plochy a zvýšené opotřebení nástroje. [1]

Výhody:

- tvrdost nástroje – první záběr zubu frézy vzniká v čistém materiálu bez okují a povrchových nečistot,
- měkčí chod,
- není zapotřebí vymezovat vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje,
- menší opotřebení šroubu a matice,
- záběr zubů frézy, při jejichž vřezávání nezávisí na hloubce řezu.

Nevýhody:

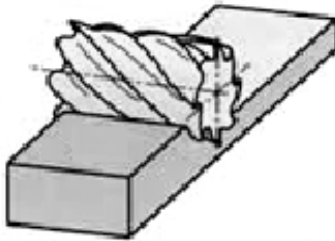
- horší jakost obrobené plochy obrobku,
- nižší trvanlivost nástroje,
- horší působení řezných sil.



Obrázek 15: Nesousledné a sousledné frézování [22]

### 4.3 Válcové frézování

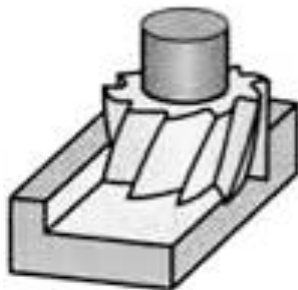
Válcové (obvodové) frézování se uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou pouze po obvodu nástroje. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy. Při tomto způsobu frézování je stroj nerovnoměrně zatížen při obrábění, proto dochází k nepatrnému obvodovému házení. Na frézované ploše vzniká nepatrná vlnitá stopa.



Obrázek 16: Obvodové frézování [22]

### 4.4 Čelní frézování

Uplatňuje se při práci s čelními frézami, kdy jsou břity nástroje vytvořeny na obvodu i čele. Osa nástroje je kolmá k obráběné ploše. Stroj je zpravidla rovnoměrně zatížen, proto je při tomto způsobu frézování vyšší řezný výkon a frézovaná plocha má obvykle vyšší kvalitu povrchu než u válcového frézování. Proto se tento způsob obrábění používá přednostně. Frézování může být symetrické nebo nesymetrické. Závisí na tom frézovaná plocha vůči průměru frézy. Symetrickým frézováním pokryje fréza celou obráběnou plochu obrobku. Nesymetrickým frézováním nám zbyde neobrobená plocha na obrobku.



Obrázek 17: Čelní frézování [22]

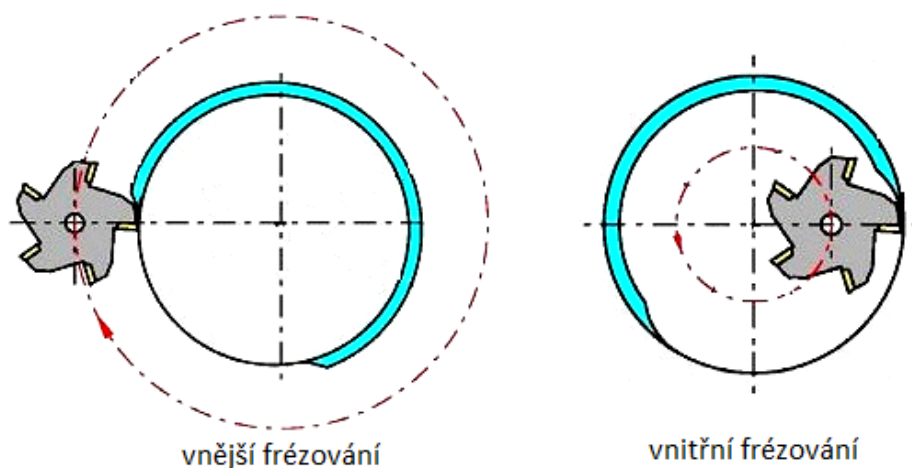
## 4.5 Okružní frézování

Uplatňuje se při obrábění dlouhých válcových tyčí při výrobě závitů. Nástrojem je několikanožová frézovací hlava, která má po obvodě nebo uvnitř frézy upnuty řezné břity. Obrobek koná rotační pohyb, nástroj se otáčí a posouvá podél obrobku.

## 4.6 Planetové frézování

Používá se u frézek, které mají číslicové řízení stroje nebo u obráběcích center vybavených kruhovou interpolací. Nástroj vykonává hlavní řezný a posuvový pohyb po kruhové dráze, obrobek zpravidla stojí. Využívá se pro frézování vnitřních zápichů, velkých vnitřních závitů v nerotačních obrobcích, vnějších válcových výstupků, kruhových zaoblení, větších otvorů a čelních ploch.

Zvláštním případem je kombinace planetového a okružního frézování, kterým lze obrábět ojnicí čepy velkých kovaných zalomených hřídelí na svislé NC frézce. Obrobek se otáčí pomalu posuvovým pohybem, nástroj koná hlavní řezný pohyb a NC systém je veden po kruhové dráze tak, že břity na čelní a válcové ploše vytvoří na zalomeném hřídeli postupně válcovou plochu. [3]



Obrázek 18: Planetové frézování [30]



## 5 Frézovací nástroje

Fréza je několikabřítý nástroj, který má své břity uspořádané na válcové, kuželové, tvarové nebo jiné ploše, u čelních fréz jsou břity na ploše čelní. Frézování je mnohostranná strojírenská operace, proto je na trhu velké množství typů a velikostí fréz. Převážná část jsou frézy normalizované dle ČSN. Malá část jsou frézy, které jsou podle norem podnikových. Tyto nástroje lze rozdělit do několika skupin dle různých hledisek, viz kapitola níže. Vyrábějí se různými technologiemi. [5]

### Nástrojové materiály:

Podle použitého materiálu břitu nástroje rozeznáváme frézy z rychlořezné oceli, slinutého karbidu, řezné keramiky, kubického nitridu bóru nebo diamantu. Správná volba nástrojového materiálu je důležitým faktorem pro produktivitu, ale i ekonomickou část. [15]

Nástrojový materiál s ideální řezivostí musí splňovat: [16]

- vysokou tvrdost a pevnost při obrábění (zatěžování pracovním teplem, tudíž musí mít odolnost proti opotřebení břitu a teplotním rázům při obrábění),
- vysokou houževnost,
- chemickou stálost.

V dnešní době ale existuje velké množství řezných nástrojů. U nástroje je vyžadována vhodná volba tvrdosti a houževnatosti. Ve výrobě se používají nejčastěji materiály nástroje z rychlořezné oceli, slinutého karbidu, a to v povlakované či nepovlakované variantě. Povlakovanou vrstvou se myslí vrstva materiálu, která zvětšuje jmenovitý rozměr nástroje. Existují povlaky složené až z 15 vrstev. Hlavním důvodem pro vícevrstvé variace jsou: kombinace vlastností různých povlaků, kdy se zlepšují řezné charakteristiky břitu a univerzálnější použití nástrojů v praxi. [16]

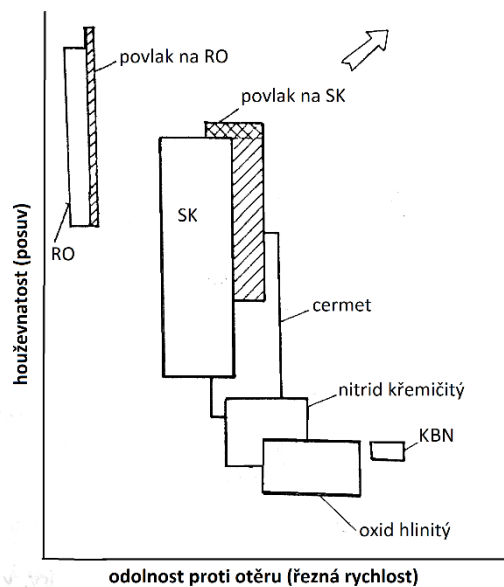
**Frézy z rychlořezné oceli - RO**, jsou vyráběny z oceli třídy 19. Výhodou těchto fréz je snadné ostření. Tento řezný materiál má dobrou houževnatost a odolnost opotřebení. Nevýhodou u nich je nízká pracovní rychlost. Ztrácejí pevnost při teplotě kolem 600°C. Proto se většinou používají u starších a méně tuhých obráběcích strojů. Podle chemického složení lze rozdělit do tří skupin oceli s převažujícím obsahem: wolframu, molybdenu a kombinace těchto prvků. [15]

**Frézy ze slinutého karbidu** – (SK), slinutý karbid je dvoufázový nebo vícefázový materiál tvořený tvrdými částicemi v kovové vazbě, připravený technologií práškové metalurgie. Tento materiál se používá i jako podkladový materiál pro supertvrdé materiály. Pro velké úběry materiálu se téměř používají jen frézy ze slinutého karbidu – SK (P20, P30 nebo P40). Frézy s označením M10, M20, M30 se používají u houževnatého materiálu. Při frézování neželezných kovů nebo litin se používají frézy s označením K10, jelikož takto označené nástroje mají výbornou tepelnou a teplotní vodivost. V porovnání s rychlořeznou ocelí jsou slinuté karbidy tvrdší a otěruvzdornější, mají větší pevnost v tlaku, ale jsou méně houževnaté. Slinuté karbidy jsou dostupné v širokém sortimentu vyměnitelných řezných destiček. Tyto destičky jsou zhotoveny přesným lisováním a dále broušeny.

**Frézy z keramiky** – vývoj v této oblasti pro obráběcí nástroje byl v posledních letech ohromující. Tyto nástroje se vyrábějí lisováním za studena, nebo za tepla. Při lisování za studena má nástroj barvu bílou, kdežto lisováním za tepla má barvu šedou. Tento materiál má nízkou houževnatost a odolnost proti teplotnímu rázu, ale má vysokou odolnost proti opotřebení a chemickou stálost. Vlastnosti nástroje lze zvyšovat pomocí různých přísad. Keramické nástroje existují ve dvouch typech: obohacené tvrdými částicemi a zpevněné pomocí tenkých vláken. Existují i keramické vyměnitelné břitové destičky, které mají jednodušší tvary než destičky ze slinutého karbidu. [15]

**Frézy z kubického nitridu boritého** – (KBN), je to materiál, který v přírodní formě neexistuje. Je to velice tvrdý materiál s vysokou pevností za tepla a výbornou odolností proti opotřebení a chemickou stabilitou k železným kovům. Někdy se označuje společně s diamantem jako supertvrký materiál. Pro frézovací nástroje se používají především v jemnozrné verzi. Břitové destičky se používají především pro obrábění slinutých karbidů, superslitin, tvrdých litin, zušlechtěných ocelí.

**Diamant** - nejtvrdší přírodní materiál. Ve strojírenství jsou dostupné v několika provedeních: přírodní monokrystal, polykrystalický kompak, syntetický monokrystal a tzv. fólie, která je připravená pro chemickou depozici pro plynnou fázi. Diamant má vedle výborné tvrdosti dobrou odolnost proti opotřebení, tepelnou vodivost a nízký koeficient tření. Nevýhodou je, že je tento materiál křehký a má špatnou chemickou stabilitu (afinitu k železným kovům – tzn., že má schopnost se slučovat s jinými chemickými látkami).



Obrázek 19: Porovnání vlastností nástrojových materiálů [15]

### Konstrukční prvky nástrojů:

Na každém nástroji můžeme určit prostorově nebo funkčně omezené části, jejich parametry tvaru a polohy, geometrie, materiálu můžeme zobecnit. Konstrukční prvek je například břit nástroje, dělič třísky, přívod řezné kapaliny, upínací stopka. Konstrukční prvky mohou být shodné pro velké skupiny nástrojů, například vyměnitelné břitové destičky mohou být shodné co do tvaru, geometrie způsobu upnutí pro vrták, frézovací hlavu. Pomocí konstrukčních prvků můžeme tedy snadno sestavit požadovaný nástroj. [15]

Podle autorů KVASNIČKY, SLAVÍKA, ŠTAJNOCHRA [15] můžeme frézy rozlišit dle konstrukčního uspořádání na:

- celistvé,
- pájené,
- lepené,
- mechanicky upevněné.

Břit nástroje celistvý neboli monolitní. Tento typ nástroje má těleso a zuby z jednoho druhu nástrojového materiálu. Nejčastěji se používají pro nástroje z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu. Výhodou těchto nástrojů je jejich jednoduchost, samotná výroba nástroje a nespočetný počet jeho přeostření. Nevýhodou těchto nástrojů je vysoká spotřeba kvalitního nástrojového materiálu. Lze se setkat především u rychlořezné oceli s navařením upínací stopky

z konstrukční oceli. Touto výrobou se vyrábějí především nástroje malých rozměrů, tvarově složitě nástroje nebo speciální nástroje, tvarové frézy.

Břit nástroje pájený do lůžka nebo do tělesa řezné části nástroje, se pájením upevní nejčastěji ze slinutého karbidu. Výhodou těchto nástrojů je úspora nástrojového materiálu, pevný stabilní spoj, dobrá tepelná vodivost spoje, možnost renovace nástroje, minimální rozměrové požadavky. Nevýhoda těchto nástrojů spočívá v možnosti vzniku pnutí a následných trhlin na nástroji při pájení, vznik celkové deformace destičky při pájení, složitější technologie upevnění destiček na nástroj.

Břit nástroje lepený, tento způsob upevnění je méně používaný. Vhodný zejména pro břitové destičky z rychlořezné oceli. Výhodou lepení oproti pájení je jednodušší technologie upevnění břitových destiček nástroje, a to zejména nízká teplota, čímž ztrácíme vnitřní pnutí nástroje. Nevýhodou je menší pevnost spoje. Lepidlo je omezeno teplotou v místě spoje. Při lepení je důležité plnit zásady přípravy plochy a nanášení lepidla.

Břit nástroje mechanicky upevněný, smyslem připevnění přesně vyrobených vyměnitelných břitových destiček je usazení do lůžka v tělese nástroje. Po opotřebení se nástroj nepřeostřuje, ale opotřeбенý břit se nahradí břitem novým na téže destičce. Výhodou břitových destiček je zkrácení vedlejšího času obrábění, stejná geometrie břitových destiček, velká použitelnost při obrábění různých materiálů, lepší skladování, mechanicky lze upevnit materiály, které nelze jinak připevnit na nástroj. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, mechanické upínání je náročné na prostor, kolísavá přesnost polohy břitu na nástroji, drahá a složitá konstrukce. Vyměnitelné břitové destičky na části nástroje mají velký kvalitativní posun k ideálnímu řeznému charakteru. Břitové destičky jsou velice rozsáhlé a neustále dolňované novými typy. Tyto skupiny destiček jsou sjednoceny do ISO norem. Břitových destiček je celá řada, liší se tvarem, tloušťkou, poloměrem špičky, velikostí, úhlem hřbetu a způsobem provedení.



Obrázek 20: Fréza s břitovými destičkami [17]

### **Základní části řezného nástroje:**

Dle autorů KVASNIČKY, SLAVÍKA, ŠTAJNOCHRA [15] vysvětlím základní části frézy.

Řezná část nástroje – část nebo části, které umožňují řezný proces nástroje.

Zub – část řezné části nástroje, na které je umístěn břit nástroje.

Ozubení – soustava několika zubů.

Utvářej (lámač) třísky – upravená část na nástroji, která slouží utváření (stáčení, lámání, drobení) odebírané třísky.

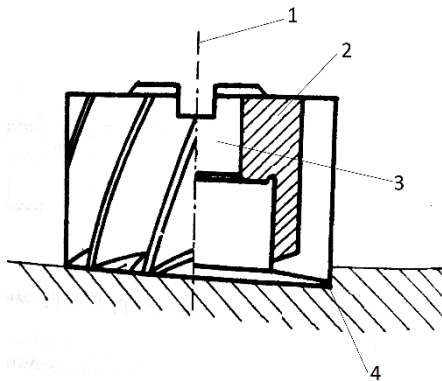
Předřezávač – úprava na řezné části nástroje, která nám odřezává vrstvu na obrobku. Používá se především u obrábění dřeva nebo plastických materiálů.

Dělič třísky – konstrukční tvarová úprava nástroje na jeho řezné části.

Upínací část nástroje – část nástroje, která slouží k jeho upnutí nebo vystředění.

Nástrojový držák (stopka) – část nástroje, která slouží k jeho upnutí nebo vystředění vnějších povrchů.

Upínací díra – část nástroje, která slouží k jeho upnutí nebo ustředění vnitřním povrchem.



1 – osa nástroje, 2 – těleso nástroje, 3 – upínací díra, 4 – špička

*Obrázek 21: Základní části nástroje [15]*

Těleso nástroje – přechod nástroje mezi řeznou částí a upínací částí nástroje.

Upínací otvor – nástrojová část, která slouží k upevnění vnitřním povrchem.

Řezná drážka (zubová mezera) – umožňuje utváření, skladování a odvod odřezávaných třísek.

Osa nástroje – teoretická přímka, která je středovou čarou nástrojového držáku nebo upínací díry.

## **Tvorba a tvar třísky:**

Frézování je obrábění s přerušovanými řeznými podmínkami, proto dochází k značnému tepelnému a mechanickému opotřebení břitu. Proto se vyžaduje u řezné části nástroje, aby byl dostatečně dimenzován a měl dobrý odvod tepla. Důležitý je také tvar a směr odcházející třísky. Tyto vlastnosti jsou však značně ovlivněny druhem obráběného materiálu, nastavenými řeznými podmínkami a především správnou geometrií frézy. Některé materiály, jako je například litina, mosaz, apod., mají drobný odchod třísky. Naopak horší situace je u houževnatých ocelí vyšší pevnosti a větší hloubky řezu, kdy tříška odchází v podobě různých spirál nebo šroubovice různé délky. Proto se k lepšímu tvaru třísky používá tzv. lamač třísky, ten je broušen do frézy. Pro lepší odchod třísky ze zubové mezery se používá tvrdý návar v zubové mezeře. Frézování, při kterém se třísky spékají nebo dokonce zahlcují na nástroji, je nežádoucí. Proto musíme zvolit vhodný nástroj. [7]

## **Chvění při frézování:**

Soustava fréza – nástroj – upínač – obrobek, představuje soustavu s více stupni volnosti. Kmitání je způsobeno například nerovnoměrným přídávkem, přerušením obrobku, třením třísky o čelo zubu nebo hřbetu. Chvění má vliv na jakost a přesnost obrobené plochy, trvanlivost ostří frézy, namáhání stroje a upínače. [4]

## **Opotřebení fréz:**

Při frézování zabírá břit frézy v přerušovaném řezu, posuv na zub je malý a hloubka řezu se v průběhu obrábění mění. Na opotřebení nástroje mají vliv řezné podmínky, střídavé tepelné namáhání při obrábění a chvění. Opotřebení na čele má tvar úzkého výmohlu nebo úzkého plošného otěru. Velikost otupení u fréz, které se přeostřují, mají dovolené otupení takové, aby se neznehodnotily a mohli být dobře a snadno přeostřeny. [4]

Obecné zásady konstrukce frézovacích nástrojů:

- navržený nástroj musí být jako celek tuhý a konstrukce nástroje musí být řešena na přenášení silových zatížení,
- v zubové mezeře musí být dostatečný prostor pro odebíranou třísku,
- upnutí nástroje na daný stroj nebo přípravek musí být řešen tak, aby byla zajištěna bezpečnost a plnil výkon při obrábění,
- při obrábění součásti nesmí dojít k chvění nástroje,
- tvarové parametry nástroje musí zajistit požadovanou jakost povrchu obrobku,

- tvarové frézy musí být konstrukčně řešeny tak, aby byla možná jejich výroba v co nejpříjemnější ekonomické složce a byly možné několikanásobně ostřeny.

## 5.1 Rozdělení řezných nástrojů

Frézy jsou několikařbité nástroje, které mají řbity uspořádané na válcové, kuželové, tvarové nebo řelní ploše. Vzhledem k velkému uplatnění řezování ve strojřrenské výrobě je i velký výběr řez, můžeme je rozdělit do jednotlivých skupin podle jednotlivých hledisek: [1]

- podle geometrického tvaru,
- podle způsobu upnutí,
- podle nástrojového materiálu řbitů,
- podle tvaru, provedení, směru a počtu zubů,
- podle smyslu otáčení,
- podle konstrukčního uspořádaní.

**Podle geometrického tvaru rozlišujeme řézy:**

- Válcové – nástrčné,  
se stopkou.
- řelní válcové – nástrčné,  
se stopkou.
- Kotouřové – s přímými zuby,  
zuby vystřídányými.
- Tvarové – úhlové jednostranné.
- Úhlové oboustranné.
- Obecně tvarové.
- Rádiusové.
- Kopirovací.
- Na drážky.

Válcové řézy mají ostří pouze na válcové ploše, obrábí se jimi jen část obrobku, který je užší než řezná délka nástroje.



Obrázek 22: Válcová fréza nástrčná [3]

Čelní válcové frézy mají ostří na čelní i válcové části frézy. Může se tedy frézovat rovinné plochy jak obvodem, tak i čelem frézy.



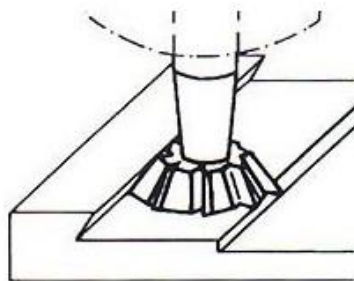
Obrázek 23: Čelní válcová fréza se stopkou [3]

Kotoučové frézy slouží k obrábění drážek nebo určitého vybrání.



Obrázek 24: Kotoučová fréza [3]

Úhlové frézy se používají pro frézování zubových mezer fréz, vrtacích nástrojů nebo prizmatických vedení. Podrobnější popis viz výše zmíněná kapitola.



Obrázek 25: Úhlová fréza [26]

Kopírovací frézy a frézy na drážky jsem charakterizoval v předešlé kapitole.



Podle způsobu upnutí do frézky - rozeznáváme frézy nástrčné s válcovou nebo kuželovou stopkou.

Podle směru zubů – vzhledem k ose rotace frézy máme tyto nástroje s přímými zuby, zuby ve šroubovici (pravé nebo levé). Frézy se zuby ve šroubovici mají lepší plynulost záběru, protože v materiálu je větší počet zubů. Nevýhodou těchto fréz je, že řezné síly vytahují frézu z upínacího zařízení, nebo naopak zatěžují ložisko vřetene.

Podle počtu zubů - frézy rozeznáváme jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé. Jemnozubé frézy se používají pro práci na čisto. Polohrubozubé pro střední úběr a hrubozubé pro hrubování. Hrubozubé frézy jsou většinou vybaveny tzv. vybroušeným děličem třísky.

Podle smyslu otáčení – máme frézy pravořezné a levořezné, bere se to dle pohledu od vřetene stroje.

Podle konstrukčního uspořádání – máme frézy celistvé, s vloženými noži nebo s vyměnitelnými destičkami, více v předchozí kapitole.

Podle nástrojového materiálu zubů – máme frézy z rychlořezné oceli, slinutých karbidů, řezné karamiky, kubického nitridu bóru, více v předchozí kapitole.

## **Ostření fréz**

Ostřením lze frézy znehodnotit, nebo naopak udržovat geometrii ostří.

Zde rozlišujeme dva druhy broušení:

- ruční broušení,
- strojní broušení.

Při ručním broušení nástrojů se jedná o jednoduché brusné práce. Broušení provádíme s kotouči, které jsou rovné nebo tvarově upravené, a to na stojanových bruskách. Nástroj je veden ručně.

Strojní broušení je velice přesná operace s automatickým vedením nástroje, tato činnost se provádí na univerzálních a speciálních strojích pro broušení nástrojů. Podstata tohoto broušení nástrojů je v tom, že se broušený nástroj upne do kleštinového upínače. Tento upínač se pohybuje směrem příčným i podélným, za pomoci tříosové páky můžeme přejíždět broušené plochy nástroje v požadovaných úhlech. Speciální stroj na broušení nástrojů se rozumí broušení pomocí řízení počítačů, tzv. CNC univerzální ostříčky. Tento typ broušení je zcela automatizován a uplatňuje se pro složité a velmi přesné broušení nástrojů. [16]

## 6 Upínání nástrojů

Pro správné a spolehlivé upnutí frézovacích nástrojů je celá řada normalizovaných prvků. Frézy válcové se upínají za otvor v nástroji, stopkové se upínají pomocí normalizovaného zakončení frézy. Fréza musí být upnuta pevně a bezpečně, aby se zabránilo poškození nástroje, obrobku nebo nedošlo ke zranění obsluhy. Nedostatečné upnutí má vliv na životnost nástroje, stroje a na kvalitu obráběné plochy. Příznivý vliv má tuhé a krátké upnutí nástroje. [2]

Jak uvádí autoři KVASNIČKA, SLAVÍK, ŠTAJNOCHR [15], volba správně zvoleného upnutí frézy ovlivňuje výsledky celého procesu. Nároky na upínače nástrojů jsou:

- dostatečná upínací síla,
- přesnost upnutí,
- jednoduchá obsluha,
- vyvážení upínače,
- schopnost tlumení vibrací.

Upnutí nástroje musí odpovídat určité síle, která zabezpečí uložení nástroje vzhledem k obrobku a nedovolí, aby se nástroj samovolně uvolňoval. Aby nedocházelo k žádným deformačním změnám materiálů nástroje způsobené velkou silovou zátěží na ono místo.

Na upínací část nástrojů jsou kladeny požadavky, které můžeme dělit na:

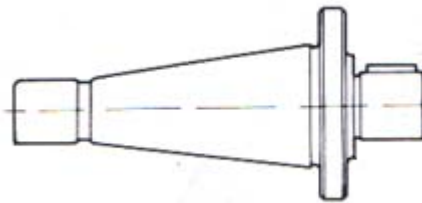
- přenos sil mezi strojem a nástrojem,
- středění nástroje,
- polohování nástroje,
- možnost snadné a rychlé výměny,
- možnost automatizované výměny nástroje,
- přívod řezné kapaliny do řezné části nástroje.

### 6.1 Zásady správného upnutí fréz

- všechny upínací a dosedací plochy musí být při upínání čisté,
- upínací plochy musí dosedat pevně po celé délce stykové plochy,
- nástroje, pouzdra i trny se v kuželové dutině vřetene zajišťují upínacím šroubem,

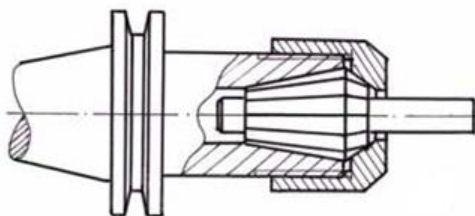
- na dlouhých upínacích trnech se frézy upínají co nejbližší k vřetenu nebo podpěrnému ložisku frézky, aby se zmenšilo prohýbání trnu při frézování,
- při upínání se fréza drží v hadru nebo rukavici (zabrání se pořezání),
- při upínání se nesmí trn poškodit, upnutí musí být pevné a přesné,
- u všech pracovních úkonů při upínání fréz musíme dbát opatrnosti a citu, abychom nástroj nebo upínací zařízení nepoškodili.

Nástrčné frézy se upínají na krátké nebo dlouhé upínací trny za pomoci distančních kroužků, péra a matice. Tyto trny mají kuželovou stopku, která má stejnou kuželovitost, jako vřeteno frézky. Podle velikosti frézy zvolíme velikost upínacího trnu (průměr, délka). Fréza musí být větší než část upínací části trnu. V případě nedostatku podložíme frézu tzv. distančními kroužky. Poté nasadíme křížový šroub do trnu a dotáhneme speciálním klíčem. Tento způsob upnutí je jednoznačnější než upnutí za válcovou stopku, stopky jsou většinou i tužší. Nevýhodou je citlivost na nečistoty mezi stopkou a dutinou vřetene. [1]



Obrázek 26: Upínací trn [21]

Frézy s válcovou stopkou se upínají do kleštinových upínačů, sklíčidla nebo přímo do dutiny vřetene za pomoci redukčních pouzder (stopková fréza s kuželovou stopkou). Dbáme na správnost a pevnost upnutí. Válcové stopky fréz jsou normalizované a mají nejčastěji tyto průměry: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16 a 20. Tento způsob upnutí je rychlý a spolehlivý. Velikost kleštinové klece se určuje podle velikosti frézy, kterou budeme obrábět. Vybranou klec vložíme do matice kleštinového upínače, dokud klec nedosedne za drátěný kroužek v matici. Stopku frézy zasuneme zespod do kleštinové klece a matici zašroubujeme do upínače. Upneme kleštinový upínač do dutiny vřetene frézky nebo upínacího přípravku, a utáhneme. Výhodou válcových stopek je jednoduchá výroba, při upínání se případné nečistoty axiálním pohybem stírají a nepůsobí vyosení nástroje. Nástroj nedokáže přenášet velké kroučící momenty.



Obrázek 27: Kleštinový upínač [28]

Další časté systémy upnutí, se kterými se můžeme setkat.

- hydraulické upínače,
- tepelné upínače.

Hydraulické upínání – používá se v širokém spektru operací, tímto způsobem lze upínat nástroj i obrobek. Principem upnutí je rovnoměrný tlak hydraulické kapaliny, který je uvnitř upínače. Ten působí na upínací pouzdro, který pevně a přesně upne vložený nástroj. Mezi výhody tohoto typu upínání patří vysoká přesnost upnutí, univerzálnost upínače (lze používat i redukční pouzdra), dobře tlumí vibrace.

Tepelné upínání – používá se ve vysokorychlostním obrábění. Princip upínání spočívá v tom, že se materiál nástroje roztáhne pomocí teplotní změny, která na něj působí. Nástrojové držáky jsou vyrobeny ze speciálního materiálu. Ohřevem držáku dojde k jeho zvětšení otvoru pro upínání nástroje. Požadovaný nástroj se vloží do držáku nástroje, ochlazením dojde ke smrštění držáku a tím i k upnutí nástroje. Mezi výhody tohoto systému upínání patří přesné, rychlé, jednoduché upínání, přenáší velké kroučící momenty.

## 7 Upínání obrobků

Upnutí obrobků musí být dostatečně pevné, jelikož se při obrábění mění řezné síly. Je důležité, aby obrobek při upínání nebyl deformován a upínací i obráběná plocha byla co nejbližší vřetenu frézky. Špatným upnutím se může poničit stroj, nástroj i obrobek. Všechny tlaky při frézování musí působit proti pevným podpěrám. Tenké obrobky se musí dostatečně podložit, aby u nich nedocházelo k prohýbání a chvění. Obrobky vždy upínáme do očištěných upínacích zařízení, konstrukce upínacího zařízení nám nesmí bránit v manipulaci a odchodu třísky. Vzhledem k různým tvarům, rozměrům, počtu vyrobených výrobků a tuhosti obrobků, se používá k upínání obrobků celá řada upínacích zařízení. Tato zařízení se od sebe liší složitostí konstrukce, velikostí upínacích sil, způsobem a délkou upnutí obrobků. [1]

Způsob upnutí dle autora SOVY [3] je závislý na:

- velikosti obrobku,
- tvaru obrobku,
- přesnosti obrobku,
- počtu obráběných kusů.

V kusové výrobě se obrobky nejčastěji upínají do strojního svěráku, upínek a šroubů přímo na pracovní stůl stroje. V sériové výrobě se používají upínací zařízení mechanická, pneumatická nebo hydraulická. Větší obrobky se upínají přímo na stůl frézky pomocí upínek, upínacích podpěr, šroubů, matic, podložek. [14]

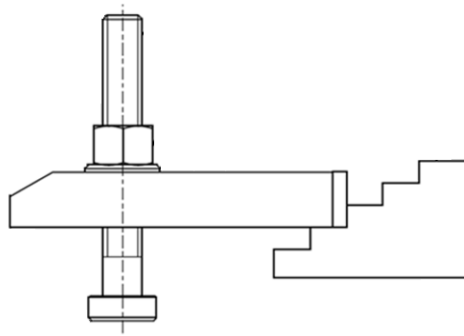
Druhy upínání rozdělení podle autorů ŘASY, HAŇKA, KAFKY [11]:

- mechanické,
- hydraulické,
- pneumatické,
- elektromagnetické.

### 7.1 Mechanické upínání

Šroub a matice – velmi často používaný upínací prvek. Upínací silou působí na obrobek buď přímo, nebo přes další upínací prvky, a to např. upínkou nebo klínem. Výhodou tohoto upínání je jeho jednoduchá manipulace, nízká pořizovací cena a vyvinutá vysoká upínací síla. Nevýhodou jsou dlouhé upínací časy, avšak tento čas se dá značně zkrátit, když použijeme rychloupínací matice a šrouby.

Upínání obrobků pomocí upínek a šroubů. Této kapitole se věnuji v praktické části.



Obrázek 28: Posuvná upínka [1]

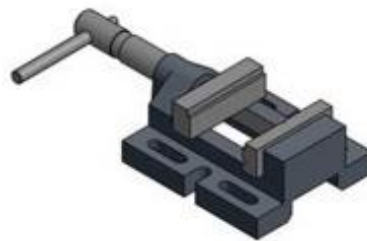
Výstředníky – jsou to tzv. rychloupínací prvky. Upínací plocha je kruhového tvaru, s výstředně uloženým bodem. Nevýhodou tohoto prvku je malý zdvih. Výhodou je snadná a levná výroba. Existují i samosvorné výstředníky. [11]

Vačky – tato skupina též patří do skupiny rychloupínacích prvků. Vačky máme radiální nebo axiální. Mají větší zdvih než výstředníky, jejich výroba je dražší.

Pákové a kloubové mechanismy – touto metodou získáme velké upínací síly, můžeme měnit jejich směr a rozložit jejich působení na více míst.

Strojní svěrák – připevňuje se na pracovní stůl frézky pomocí šroubů, podložek a matic. Upínají se do něj menší obrobky. Při obrábění drážek, obvodových ploch nebo přesných roztečí, se musí svěrák upnout do roviny s pracovním stolem za pomoci číselníkového úchylkoměru, více v předchozí kapitole. Svěráky jsou ovládány ručně, pneumaticky nebo hydraulicky. Provedení strojních svěráků může být pevné, otočné, sklopné nebo prizmatické.

Pevný svěrák – pohyblivá posouvající čelist směřuje k pevné čelisti pomocí závitu.



Obrázek 29: Strojní svěrák [29]

Otočný svěrák – kruhová deska má stupňovité dělení, které umožní otáčet svěrákem kolem své osy. Poloha se zajistí utažením upínacích šroubů, více v předchozí kapitole.

Sklopný svěrák – principem je naklopení plochy svěráku kolem vodorovné osy, a to v rozsahu  $-30^\circ$  až  $+60^\circ$ .

Samostředící svěrák – slouží k upnutí krátkých válcových součástí, kde dochází pomocí prizmatické vložky k samostředění.

Dělicí přístroje – umožní pootočení obrobku o určitý úhel při frézování čtyřhranů, šestihranů, ozubených kol, vícedrážkových hřídelů, obrábění na čelní ploše apod. Podrobnější popis můžeme najít v předchozí kapitole. [8]

Otočný stůl – připevňuje se na pracovní stůl frézky. Otáčení je možné provést ručně nebo pomocí teleskopické hřídele. Tento stůl nám umožní frézovat různé rotační tvary, vačky, segmenty, drážky. [3]

Upínací přípravky – můžou být jednoúčelové nebo stavebnicové. Toto zařízení se používá v sériové výrobě. Jeho tvar a funkce závisí na obrobku.

## **7.2 Další způsoby upínání**

### Pneumatické a hydraulické upínání

Zdrojem tlaku u pneumatického zařízení je stlačený vzduch o určitém tlaku, vzduch je rozváděn potrubím z centrálního zdroje do požadovaných pracovišť. Vzduchové pohony jsou pístové, membránové, vzdušnice a vlnovce. U hydraulických zařízení je zdroj tlaku součástí pracovního stroje, nebo jako samotný zdroj. Výhodou oproti pneumatickému upínání jsou menší rozměry, mají větší upínací síly, jsou spolehlivější. Nevýhodou však je větší pořizovací cena a složitost systému. [11]

### Magnetické upínání

Slouží pro upínání tenkých plochých obrobků. Oceli s nízkým obsahem uhlíku vedou tok magnetických siločar velmi snadno, kdežto legovaná ocel a litina vede tok podstatně hůře.

## 8 Stroje na frézování

Stroj, kterým frézujeme, se nazývá frézka. Frézy jsou vyráběny ve velkém počtu modelů a velikostí, často pak s rozsáhlým zvláštním příslušenstvím. Velikost stroje se určuje podle šířky upínací plochy a velikosti vřetene pro upnutí nástroje. Důležitou vlastností je rozsah pohybujícího se pracovního stolu, vřeteníku, volení otáček vřetene, posuvů a samozřejmě kvalita obrobenej plochy obrobku. Dle řízení pracovního procesu můžeme frézky rozdělit na ovládané ručně, nebo řízené programově. Dle HUMÁRA [17], se frézky vyrábějí v mnoha typech, můžeme je rozdělit dle druhu vykonávané práce na:

- frézky konzolové,
- frézky stolové,
- frézky rovinné,
- frézky speciální.

Dle polohy vřetene můžeme frézky dělit na:

- vodorovné – horizontální,
- svislé – vertikální.

### 8.1 Frézky konzolové

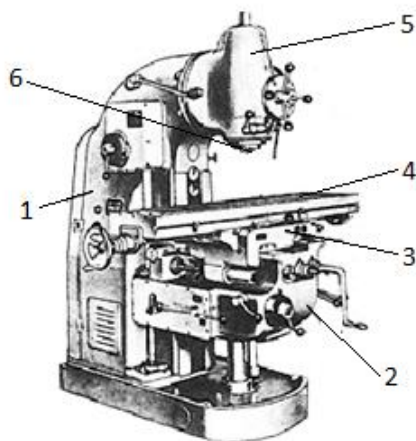
Nejpoužívanější, pro menší a střední obrobky. Slouží k obrábění rovinných, tvarových ploch v kusové a malosériové výrobě. Konzola je výškově přestavitelná, je to část stroje, po které se pohybuje příčný stůl s podélným pracovním stolem. Tato kombinace pohybů nám umožňuje pohyby frézky podélné (osa x), příčné (osa y), svislé (osa z). Pohon nám obvykle zajišťuje samostatný motor s převodovkou. Konzolové frézky jsou vyráběny dle konstrukce a uložení vřetene svislé, vodorovné a univerzální. [5]

Svislé frézky – frézují převážně rovinné plochy rovnoběžné a drážky za použití frézovacích hlav, čelních nebo stopkových fréz. Tyto frézky mají osu pracovního vřetene kolmo k pracovnímu stolu. Pracovní vřeteno mají uložené ve svislé hlavě stroje nebo přímo ve stojanu frézky. S vřetenem stroje lze natáčet o  $\pm 45^\circ$ .

Vodorovné frézky – osa pracovního vřetene je vodorovná vzhledem k pracovnímu stolu. Frézují se na nich převážně plochy rovnoběžné s upínací plochou stolu, drážky a tvarové plochy. Za častého využití válcových a kotoučových fréz. Frézovací trn může být podepřen ve více opěrných ložiscích.



Univerzální frézky – podobné jako vodorovné konzolové frézky, ale mají otočný podélný stůl v rozsahu  $\pm 45^\circ$ , kterým lze pohybovat na obě strany ve vodorovné rovině.



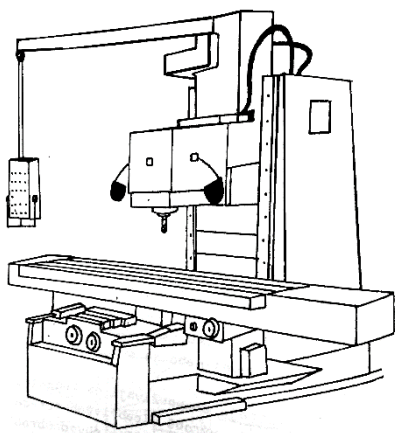
Obrázek 30: Svislá konzolová frézka [19]

1 – stojan, 2 – konzola, 3 – příčné saně, 4 – podélný stůl, 5 – vřeteník, 6 – vřeteno

Konzolové frézky mají široké uplatnění ve výrobě i díky svému bohatému příslušenství. Tam můžeme zařadit různé upínací hlavy, otočné stoly nebo dělicí přístroje. Toto příslušenství jsem popsal ve výše zmiňované kapitole.

## 8.2 Frézky stolové

Nemají konzolu a stůl, který by se pohyboval v podélném nebo příčném směru. Svislý pohyb koná frézovací vřeteník po vedení stojanu. Stůl je umístěn na spodní části stroje. Obrábí se na něm rozměrnější a hmotnější součástky než u frézek konzolových, poněvadž tyto stroje jsou tuhé konstrukce. Také se vyrábějí ve variantách svislé a vodorovné stolové frézky.



Obrázek 31: Stolová frézka [3]

### 8.3 Frézky rovinné

Pro obrábění obrobků největších rozměrů a hmot. Nejvýkonnější druh frézek, jejich konstrukce je mohutná a lze obrábět několika nástroji najednou. Obrobek je upnut na pracovním stole, který je uložen na pevném a výškově nepřestavitelném loži. V podélném směru pohyb vykonává stůl s obrobkem ve svislém směru pracovní pohyb vřeteník stroje. Tyto frézky se vyrábějí ve variantách stavebnicových nebo nestavebnicových. Stavebnicová varianta frézek nám umožní sestavení různých velikostí stojanů, vřetene, loží nebo stolů. Nestavebnicové frézky mají dva stojany, které jsou spojeny navrchu stroje pro zlepšení tuhosti stroje. Po těchto stojanech se pohybuje přestavitelný příčník se dvěma vřeteníky.

### 8.4 Frézky speciální

Jsou vyráběny pro určitý druh práce, jejich konstrukce je podřízena danému druhu práce, která na něm má být vykonávána. Například sem patří frézky pro pera hřídelů, frézky na vačky, na ozubení, na závity nebo kopírovací frézky.

### 8.5 Další druhy frézek

Nástrojařská – slouží pro výrobu velmi složitých obrobků, například řezné nástroje, formy.

Kopírovací – slouží k obrábění prostorově složitých obrobků.

Programovatelné – CNC a NC stroje.

Číslicově řízené obráběcí stroje, které opracovávají součásti a jejich činnosti jsou řízeny automaticky zadáváním povelů v číselné podobě počítačového programu. Řízení pohybu frézy je obvykle ve 3 až 5 osách. Víceosé číslicově řízené stroje musí mít kvalitní tzv. CAM systém, který uživateli vysílá program. [17]

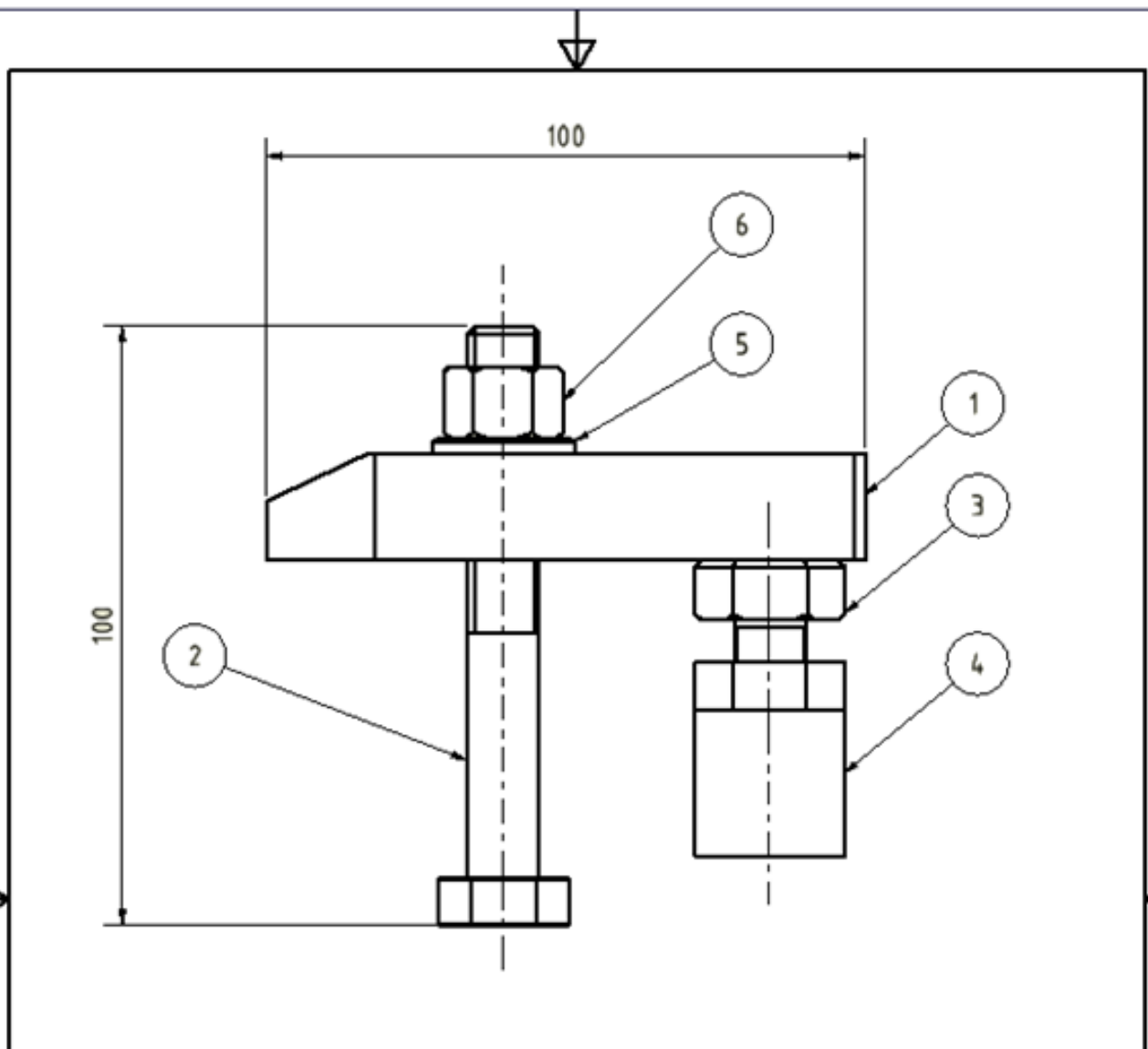
CN řízení (Numerical control) – toto řízení vydává pouze povelů zadané na kódovaném médiu.

CNC řídicí systém (Computer numerical control) – toto řízení je pružnější, protože umožňuje okamžité opravy, úpravy a zásahy v programu i v průběhu jeho používání.

## Zadání praktické části

V praktické části diplomové práce se budeme zabývat výrobou ruční posuvné upínky. Tato část obsahuje výkresovou dokumentaci, technologický postup práce, využití ruční posuvné upínky a samotnou výrobu součástí, kterou jsem realizoval ve školních dílnách na středním odborném učilišti v Letohradu. Ruční posuvná upínka je tvořena ze šesti součástí, naším úkolem bylo vyrobit dle znalostí a za použití teoretické části diplomové práce tyto součásti posuvnou upínku, šroub, opěrný stavitelný šroub a opěrnou kostku. Zbývající dvě součásti jsou normalizované, tudíž jsme je nevyrobili a jsou to tyto součásti matice a podložka. Matici M12x1,5, která je normalizovaná dle ČSN 021401. Podložka je také normalizovaná dle ČSN 021702. Zbývající součásti jsme navrhli dle platných zásad, poté nakreslili v počítačovém programu Autodesk Inventor Professional 2017, pomocí něhož jsme zhotovili výkresy součástí. Dalším bodem praktické části byl technologický postup práce, který jsme si připravili před samotnou výrobou. Podle něho jsme postupovali při výrobě součástí.

- Posuvná upínka – zvolený materiál je dle ČSN 14 220. Tato ocel je vhodná k cementování, je dobře obrobitelná, používá se k strojním součástem. Posuvnou součást obrábíme pomocí frézky. Tato součást je ve styku s upnutým obrobkem, tudíž bude povrch styčné plochy lepší drsnosti.
- Šroub – zvolený materiál je dle ČSN 11 500. Konstrukční ocel se používá pro strojní součásti. Šroub obrábíme pomocí soustruhu a frézky. Tato součást nám zajišťuje polohu a upevnění upínky jako celku, pomocí drážky tvaru T, který se upíná do stolu stroje.
- Opěrný stavitelný šroub – zvolený materiál je dle ČSN 14 220. Tato ocel je vhodná k cementování, je dobře obrobitelná, používá se ke strojním součástem. Opěrný šroub obrábíme pomocí soustruhu a frézky. Pomocí této součásti stanovíme a nastavíme výšku podpěry upínací součásti.
- Opěrná kostka – zvolený materiál je dle ČSN 14 220. Tato ocel je vhodná k cementování, je dobře obrobitelná, používá se k strojním součástem. Opěrný šroub obrábíme pomocí soustruhu a frézky. Tato součást je pomocnou součástí podpěry upínky, která je ve styku se stolem frézky.



KUSOVNIK

| POZICE | KS | ČÍSLO SOUČÁSTI          | POPIS      |
|--------|----|-------------------------|------------|
| 1      | 1  | POSUVNÁ UPÍNKA          | ČSN 14220  |
| 2      | 1  | ŠROUB                   | ČSN 11500  |
| 3      | 1  | OPĚRNÝ STAVITELNÝ ŠROUB | ČSN 14220  |
| 4      | 1  | OPĚRNÁ KOSTKA           | ČSN 14220  |
| 5      | 1  | PODLOŽKA                | ČSN 021702 |
| 6      | 1  | MATICE                  | ČSN 021401 |

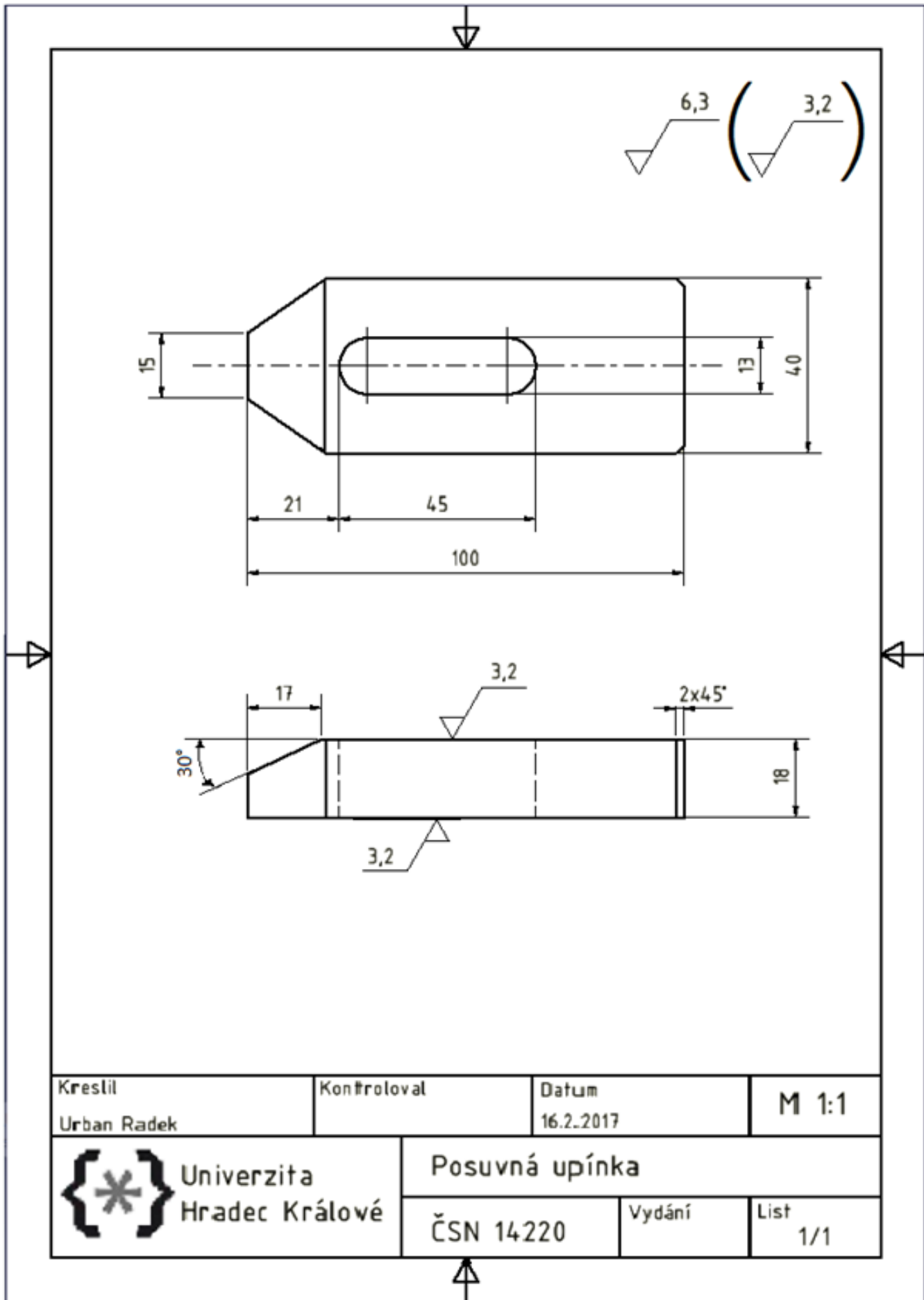
|                        |             |                    |       |
|------------------------|-------------|--------------------|-------|
| Kreslil<br>Urban Radek | Kontroloval | Datum<br>17.2.2017 | M 1:1 |
|------------------------|-------------|--------------------|-------|




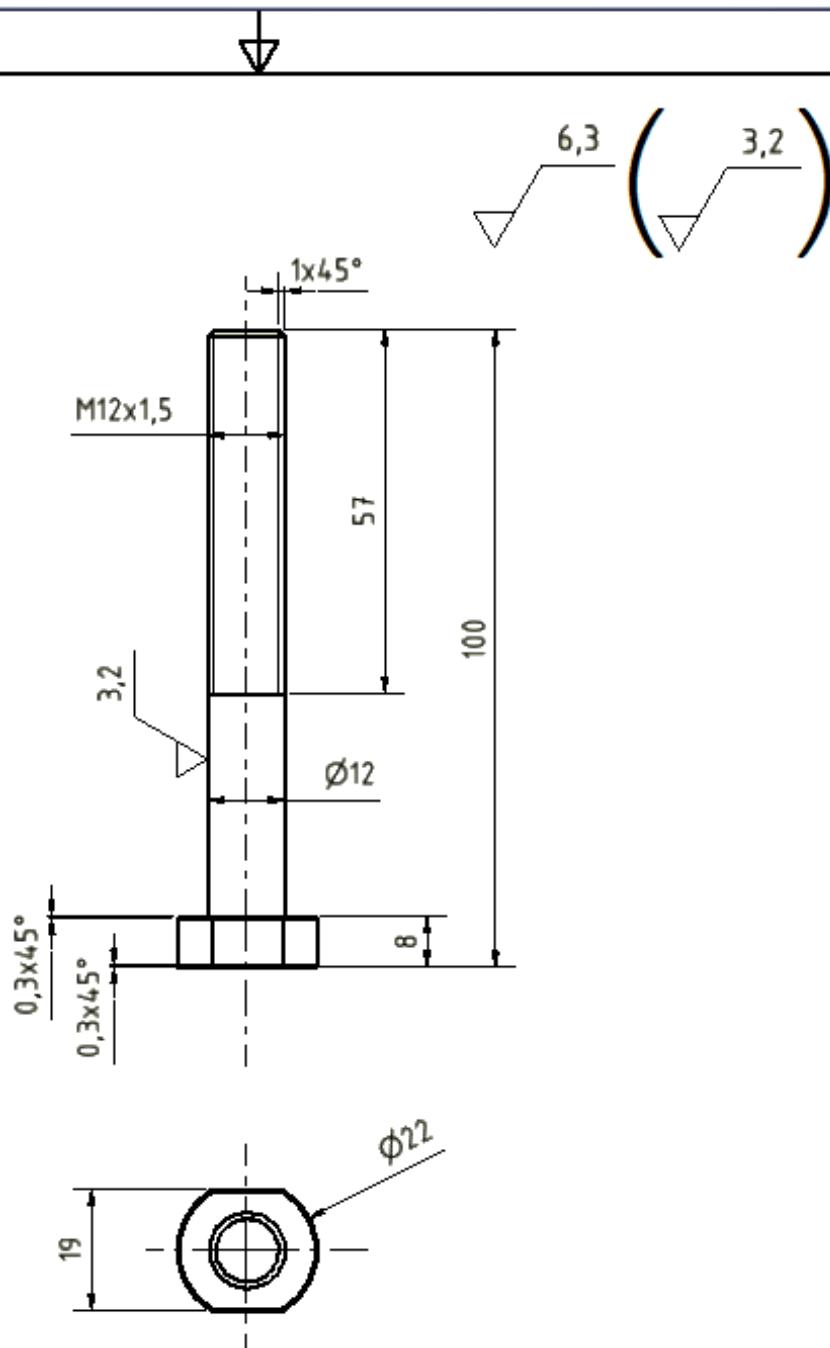
Univerzita  
Hradec Králové


Ruční posuvná upínka

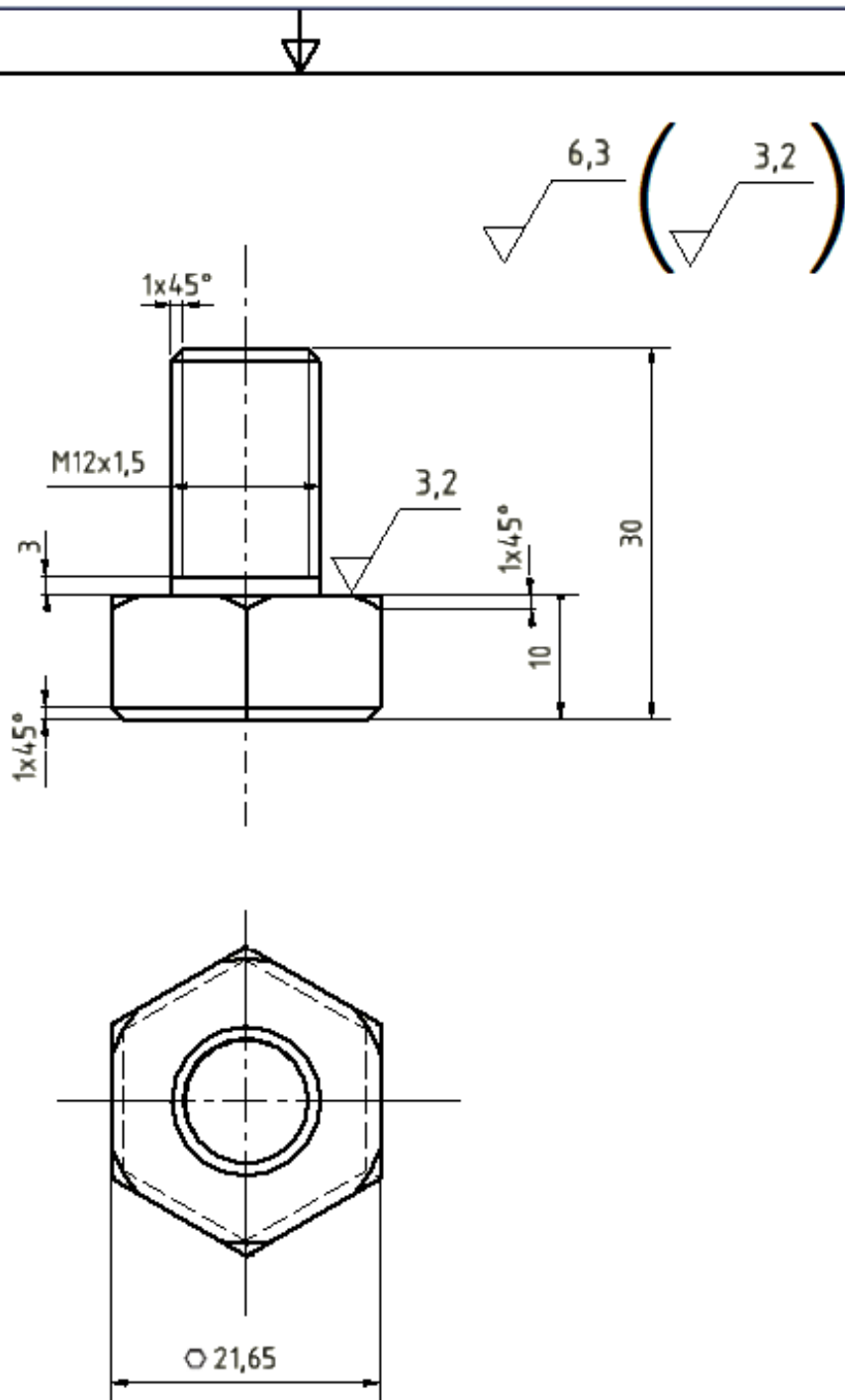
|        |             |
|--------|-------------|
| Vydání | List<br>1/1 |
|--------|-------------|




|  |                |                    |             |
|--|----------------|--------------------|-------------|
| Kreslil<br>Urban Radek   | Kontroloval    | Datum<br>16.2.2017 | M 1:1       |
|  Univerzita<br>Hradec Králové | Posuvná upínka |                    |             |
|  | ČSN 14220      | Vydání             | List<br>1/1 |

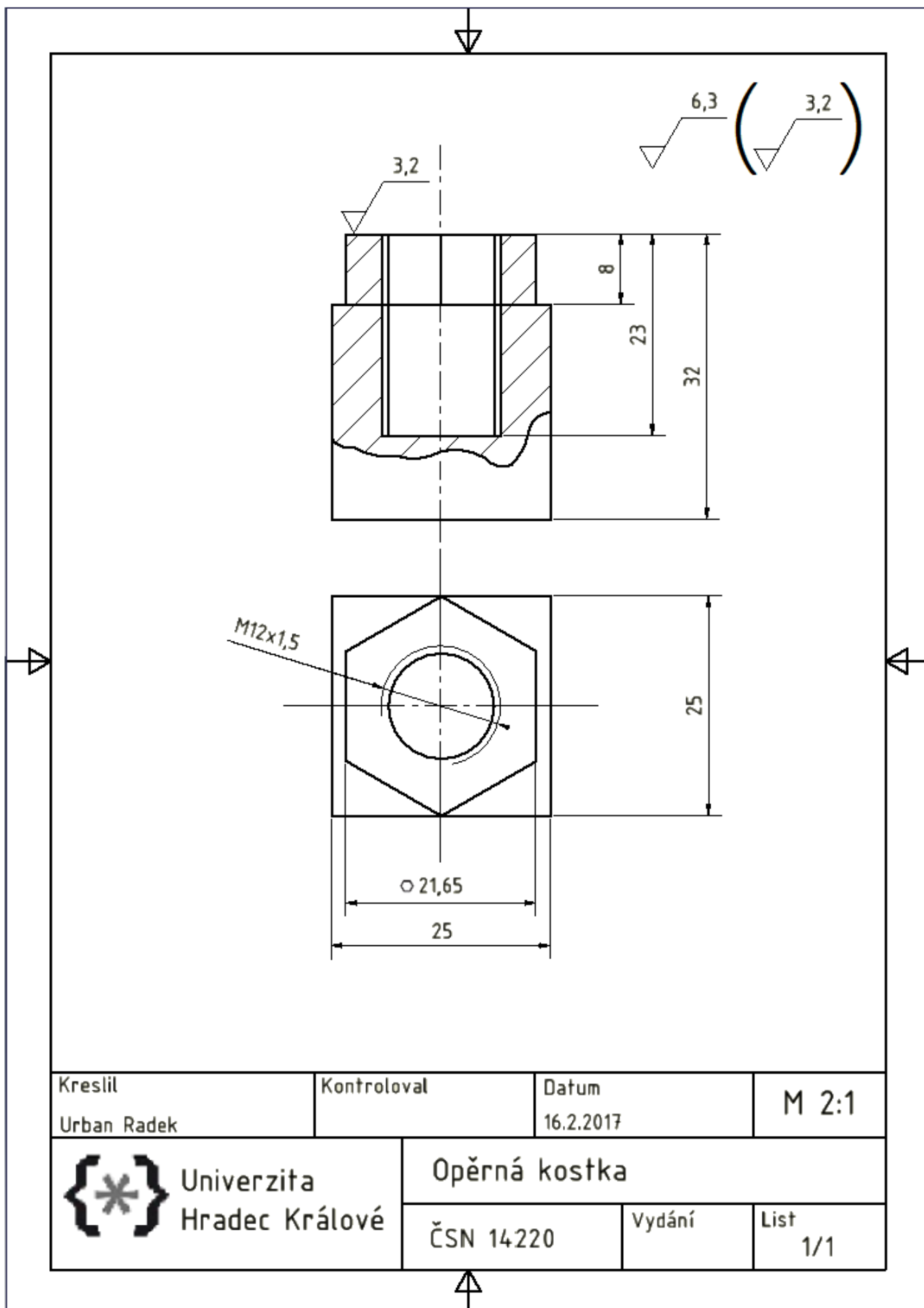



|  |             |                    |             |
|--|-------------|--------------------|-------------|
| Kreslil<br>Urban Radek   | Kontroloval | Datum<br>16.2.2017 | M 1:1       |
|  Univerzita<br>Hradec Králové | Šroub       |                    |             |
|  | ČSN 11500   | Vydání             | List<br>1/1 |




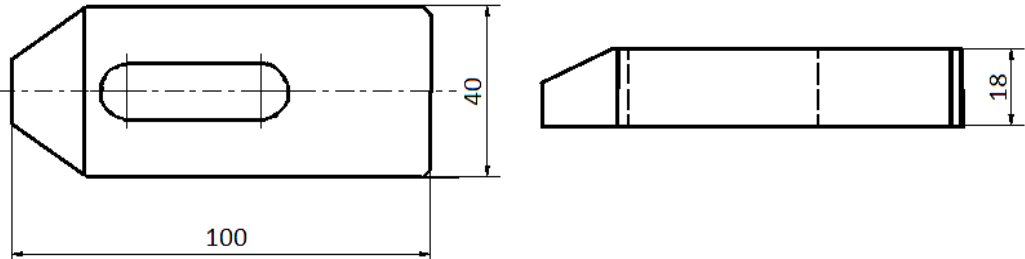
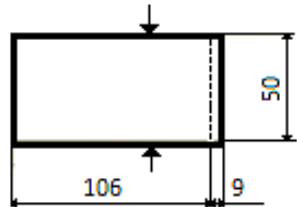
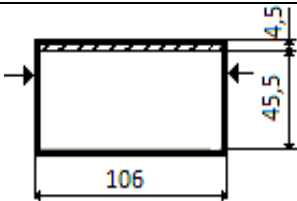
|                        |             |                    |       |
|------------------------|-------------|--------------------|-------|
| Kreslil<br>Urban Radek | Kontroloval | Datum<br>16.2.2017 | M 2:1 |
|------------------------|-------------|--------------------|-------|

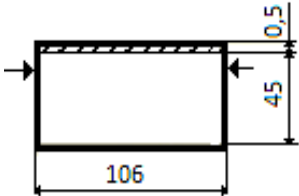
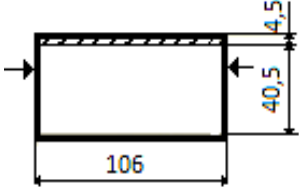
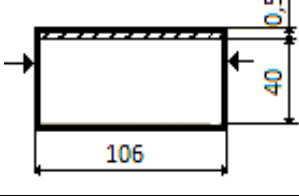

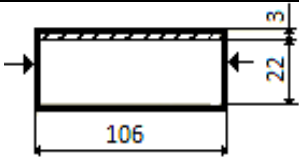
|  |                         |        |             |
|--|-------------------------|--------|-------------|
|  Univerzita<br>Hradec Králové | Opěrný stavitelný šroub |        |             |
|  | ČSN 11500               | Vydání | List<br>1/1 |

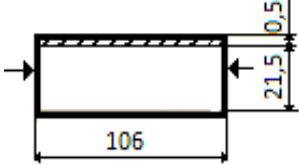
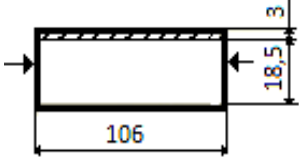
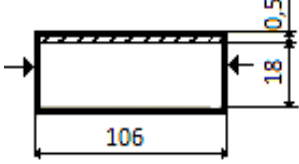

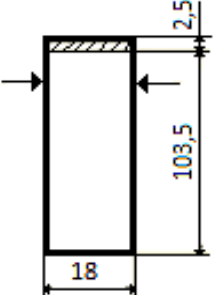


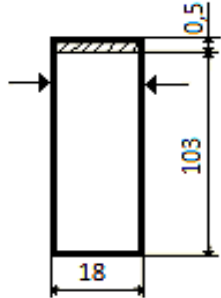
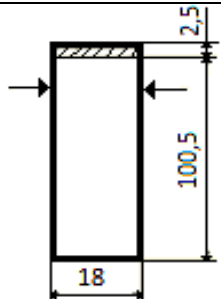
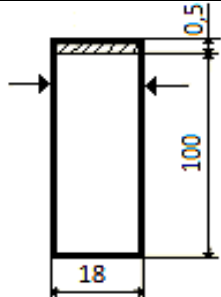
|  |               |                    |             |
|--|---------------|--------------------|-------------|
| Kreslil<br>Urban Radek   | Kontroloval   | Datum<br>16.2.2017 | M 2:1       |
|  Univerzita<br>Hradec Králové | Opěrná kostka |                    |             |
|  | ČSN 14220     | Vydání             | List<br>1/1 |

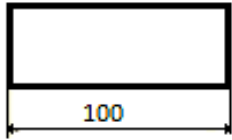

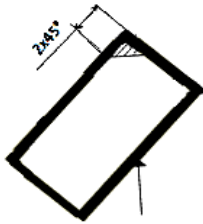
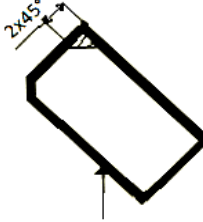
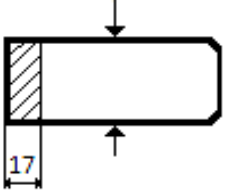


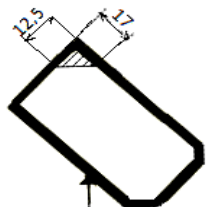
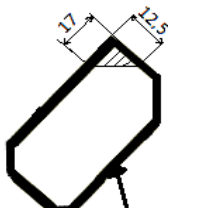
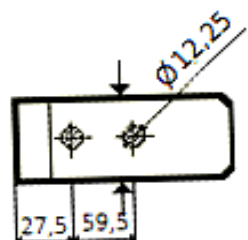
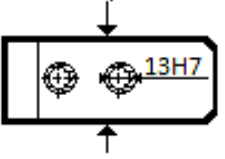
|  |                | Pedagogická fakulta<br>Univerzita Hradec Králové   |   |                                 | Technologický postup   |                       | Navrhoval: Urban Radek |     |                               |                                 |                                |                  |             |  |
|---|----------------|--|---|---------------------------------|--|-----------------------|------------------------|-----|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------|--|
| Náčrt:  |                |  |   |                                 |  |                       | Součást                |     | Posuvná upínka                |                                 | Hrubá hmota                    |                  | 0,520kg     |  |
|   |                |  |   |                                 |  |                       | Počet kusů             |     | 1                             |                                 | Čistá hmota                    |                  | 0,440kg     |  |
|   |                |  |   |                                 |  |                       | Materiál               |     | 14220                         |                                 | Výchozí rozměr                 |                  | 115x50x25mm |  |
|   |                |  |   |                                 |  |                       | Druh polotovaru        |     | ČSN 42 5522                   |                                 | Výrobek                        |                  | 0,710kg     |  |
| Opera-<br>ce  | Číslo<br>úseku | Název operace  | Náčrt operace   | Název<br>zařízení               | Řezný nástroj  | Pří-<br>davek<br>[mm] | Řezné podmínky         |     |                               |                                 |                                | čas<br>tr<br>[s] |             |  |
|   |                |  |   |                                 |  |                       | $a_p$<br>[mm]          | $i$ | $f$<br>[mm·ot <sup>-1</sup> ] | $v_c$<br>[mmmin <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[ot·min <sup>-1</sup> ] |                  |             |  |
| 1.  | 2.             | 3.   | 4.  | 5.                              | 6.   | 7.                    | 8.                     | 9.  | 10.                           | 11.                             | 12.                            | 13.              |             |  |
| 1.  | 1.             | Dělení materiálu<br>- upnout polotovar<br>- dělit pásovou pilou ze 115mm na 106mm<br>- uvolnit obrobek |   | Pásová pila<br>BS - 229 HV      | Pilový pás<br>pružinový LG<br>Super 2362 x<br>20                                   |                       | 9                      | 1   | 0,08                          | 73                              | 890                            | 18,3             |             |  |
| 2.  | 1.             | Pilovat<br>- odjehlit obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121  |                       |                        |     |                               |                                 |                                |                  |             |  |
| 3.  | 1.             | Frézovat<br>- upnout obrobek (na<br>podložku)<br>- zarovnat obvodovou plochu<br>z 50mm na 45,5mm       |  | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370   |                       | 4,5                    | 1   | 0,56                          | 140                             | 360                            | 36,5             |             |  |

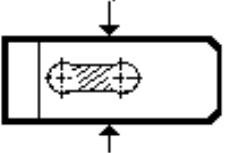
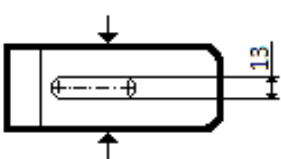
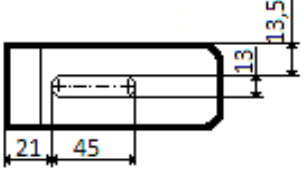
|    |    |   |   |                                 |  |     |     |   |      |     |     |      |
|----|----|---|---|---------------------------------|--|-----|-----|---|------|-----|-----|------|
| 3. | 2. | Frézovat<br>- na čisto ze 45,5mm na 45mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,68 | 165 | 420 | 24,1 |
| 4. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek   |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 5. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek z druhé<br>strany (na podložku)<br>- hrubovat obvodové plochy<br>ze 45mm na 40,5mm |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 4,5 | 1 | 0,56 | 140 | 360 | 36,5 |
| 5. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 40,5mm na 40mm<br>- uvolnit obrobek  |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,68 | 165 | 420 | 24,1 |
| 6. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek   |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 7. | 1. | Kontrola rozměru  |   |                                 | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236       |     |     |   |      |     |     |      |
| 8. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek (na<br>podložku)<br>- zarovnat obvodovou plochu z<br>25mm na 22mm                  |  | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 3   | 1 | 0,72 | 140 | 360 | 26,3 |

|     |    |  |   |                                 |  |     |     |   |      |     |     |      |
|-----|----|--|---|---------------------------------|--|-----|-----|---|------|-----|-----|------|
| 8.  | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 22mm na 21,5mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,32 | 165 | 420 | 51,4 |
| 9.  | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 10. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek z druhé<br>strany (na podložku)<br>- hrubovat obvodové plochy<br>z 21,5mm na 18,5mm |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 3   | 1 | 0,72 | 140 | 360 | 26,3 |
| 10. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 18,5mm na 18mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,68 | 165 | 420 | 24,1 |
| 11. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 12. | 1. | Kontrola rozměru   |    |                                 | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236       |     |     |   |      |     |     |      |
| 13. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek (na<br>podložku)<br>- zarovnat obvodovou plochu<br>ze 106mm na 103,5mm              |  | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 2,5 | 1 | 0,72 | 140 | 360 | 6,9  |

|     |    |   |  |                           |                                  |     |     |   |      |     |     |     |
|-----|----|---|--|---------------------------|----------------------------------|-----|-----|---|------|-----|-----|-----|
| 13. | 2. | Frézovat<br>- na čisto ze 103,5mm na 103mm<br>- uvolnit obrobek   |   | Frézka univerzální FGU 32 | Frézovací hlava 125mm ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,68 | 165 | 420 | 5,8 |
| 14. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek   |  |                           | Pilník plochý ČSN 229121         |     |     |   |      |     |     |     |
| 15. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek z druhé strany (na podložku)<br>- hrubovat obvodové plochy ze 103mm na 100,5mm |   | Frézka univerzální FGU 32 | Frézovací hlava 125mm ČSN 222370 |     | 2,5 | 1 | 0,72 | 140 | 360 | 6,9 |
| 15. | 2. | Frézovat<br>- na čisto ze 100,5mm na 100mm<br>- uvolnit obrobek   |  | Frézka univerzální FGU 32 | Frézovací hlava 125mm ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,68 | 165 | 420 | 5,8 |
| 16. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek   |  |                           | Pilník plochý ČSN 229121         |     |     |   |      |     |     |     |

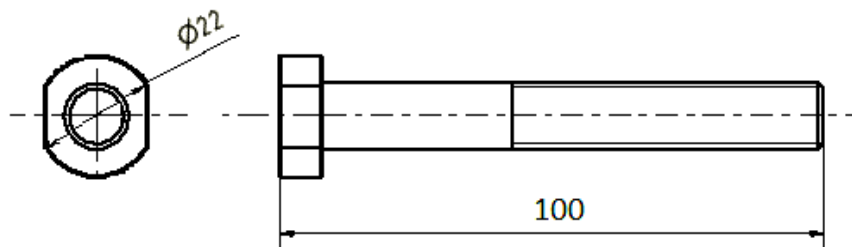
|     |    |   |   |                              |                                     |  |   |   |      |     |     |      |  |
|-----|----|---|---|------------------------------|-------------------------------------|--|---|---|------|-----|-----|------|--|
| 17. | 1. | Kontrola rozměru  |    |                              | Posuvné měřidlo<br>ČSN 251236       |  |   |   |      |     |     |      |  |
| 18. | 1. | Orýsovat obrobek<br>- zkosení a rozteč děr  |    |                              | Posuvný výškoměr<br>ČSN 251295      |  |   |   |      |     |     |      |  |
| 19. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek<br>- srazit hranu 2mmx45°mm<br>- uvolnit obrobek                         |    | Frézka univerzální<br>FGU 32 | Frézovací hlava 125mm<br>ČSN 222370 |  | 2 | 1 | 0,72 | 140 | 360 | 2,8  |  |
| 20. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek   |   |                              | Pilník plochý<br>ČSN 229121         |  |   |   |      |     |     |      |  |
| 21. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek<br>- srazit druhou hranu 2mmx45°<br>- uvolnit obrobek                    |    | Frézka univerzální<br>FGU 32 | Frézovací hlava 125mm<br>ČSN 222370 |  | 2 | 1 | 0,72 | 140 | 360 | 2,8  |  |
| 22. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek   |   |                              | Pilník plochý<br>ČSN 229121         |  |   |   |      |     |     |      |  |
| 23. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí podložky<br>- zkosit hranu 30° po délce 17mm<br>- uvolnit obrobek |  | Frézka univerzální<br>FGU 32 | Frézovací hlava 125mm<br>ČSN 222370 |  | 2 | 4 | 0,72 | 140 | 360 | 87,6 |  |
| 24. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek   |   |                              | Pilník plochý<br>ČSN 229121         |  |   |   |      |     |     |      |  |

|     |    |  |   |                                 |   |  |     |   |      |      |     |      |
|-----|----|--|---|---------------------------------|---|--|-----|---|------|------|-----|------|
| 25. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek<br>- zkosit hranu 17x28°<br>- uvolnit obrobek                                     |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370        |  | 2,5 | 5 | 0,72 | 140  | 360 | 42,6 |
| 26. | 1. | Pilovat<br>- odjehlít obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121                   |  |     |   |      |      |     |      |
| 27. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek<br>- zkosit hranu 17x28°<br>- uvolnit obrobek                                     |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370        |  | 2,5 | 5 | 0,72 | 140  | 360 | 42,6 |
| 28. | 1. | Pilovat<br>- odjehlít obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121                   |  |     |   |      |      |     |      |
| 29. | 1. | Vrtat<br>- upnout obrobek<br>- vyvrtat díru Ø12,25mm ve<br>vzdálenostech 27,5mm a<br>59,5mm v ose obrobku 20mm |   | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Vrták<br>s válcovou<br>stopkou<br>ČSN 22 1121 |  |     |   | 0,16 | 24,5 | 600 | 12,5 |
| 30. | 1. | Vystružit<br>- vystružit díru na 13H7  |  | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Strojní válcový<br>výstružník<br>ČSN 22 1430  |  |     |   | 0,42 | 7,2  | 192 | 15,2 |
| 31. | 1. | Kontrola roztečí děr   |   |                                 | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236              |  |     |   |      |      |     |      |

|     |    |  |  |                           |                                    |   |     |   |      |     |     |      |
|-----|----|--|--|---------------------------|------------------------------------|---|-----|---|------|-----|-----|------|
| 32. | 1. | Frézovat<br>- hrubovat drážku ve vzdálenosti 27,5mm až 59,5mm v ose obrobku 20mm                                 |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní Ø10 ČSN 222132 |   | 18  | 1 | 0,11 | 140 | 356 | 37,2 |
| 32. | 2. | Frézovat<br>- na čisto šířka drážky 13mm<br>- tloušťka stěn materiálu z každé strany 13,5mm<br>- uvolnit obrobek |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní Ø10 ČSN 222132 | 3 | 1,5 | 2 | 0,14 | 180 | 500 | 48,8 |
| 33. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek  |  |                           | Pilník plochý ČSN 229121           |   |     |   |      |     |     |      |
| 34. | 1. | Kontrola rozměru   |  |                           | Posuvné měřidlo ČSN 251236         |   |     |   |      |     |     |      |



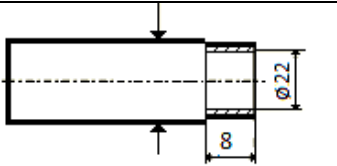
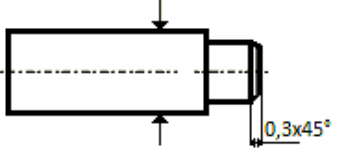
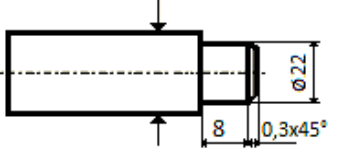
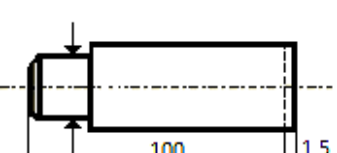
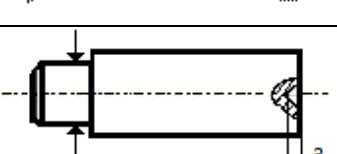
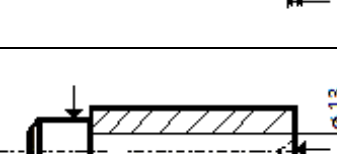
Náčrt:

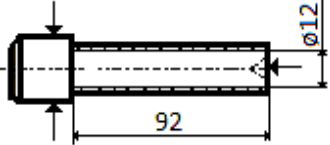
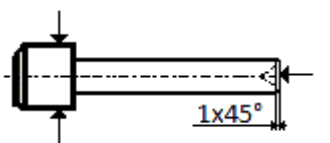
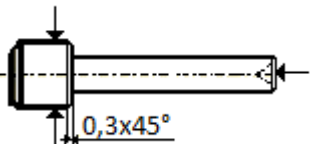
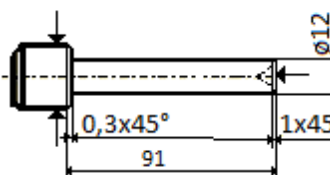
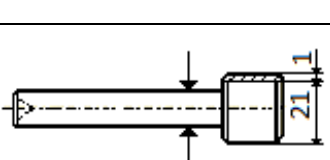
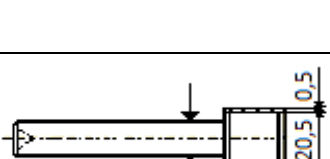


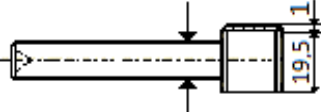
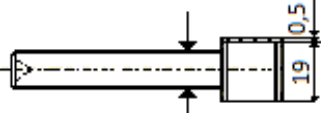
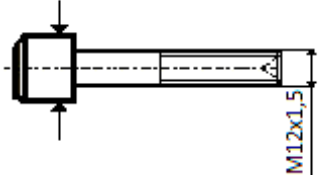
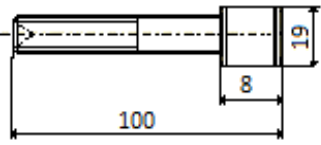
|                 |               |                |          |
|-----------------|---------------|----------------|----------|
| Součást         | Upínací šroub | Hrubá hmota    | 0,145kg  |
| Počet kusů      | 1             | Čistá hmota    | 0,100kg  |
| Materiál        | 11500         | Výchozí rozměr | 110x ø25 |
| Druh polotovaru | ČSN 42 551    | Výrobek        | 0,710kg  |


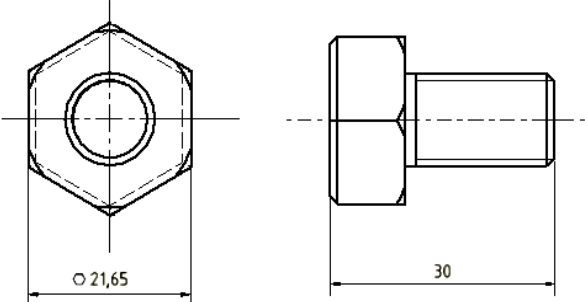
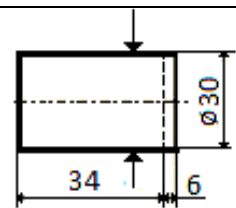
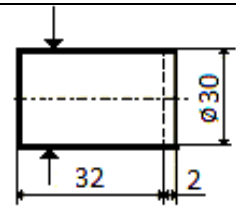
| Opera-<br>ce | Číslo<br>úseku | Název operace   | Náčrt operace | Název<br>zařízení             | Řezný<br>nástroj                               | Pří-<br>davek<br>[mm] | Řezné podmínky |     |                               |                                  |                                | čas          |
|--------------|----------------|---|---------------|-------------------------------|--|-----------------------|----------------|-----|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------|
|              |                |   |               |                               |  |                       | $a_p$<br>[mm]  | $i$ | $f$<br>[mm·ot <sup>-1</sup> ] | $v_c$<br>[mm·min <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[ot·min <sup>-1</sup> ] | $t_r$<br>[s] |
| 1.           | 2.             | 3.  | 4.            | 5.                            | 6.   | 7.                    | 8.             | 9.  | 10.                           | 11.                              | 12.                            | 13.          |
| 1.           | 1.             | Dělení materiálu<br>- upnout polotovar<br>- dělit kotoučovou pilou ze 110mm na 103mm<br>- uvolnit obrobek |               | Kotoučová pila<br>PKS – 300 F | Pilový kotouč<br>ČSN 222910                    |                       | 7              | 1   | 0,16                          | 160                              | 1000                           | 22,5         |
| 2.           | 1.             | Soustružit<br>- upnout obrobek<br>- zarovnat čelo ze 103mm na 101,5mm                                     |               | Hrotový soustruh<br>SN 40 C   | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 |                       | 12,5           | 1   | 0,32                          | 60                               | 765                            | 6,2          |
| 2.           | 2.             | Soustružit<br>- hrubovat průměr Ø25mm na Ø22,5mm po délce 8mm   |               | Hrotový soustruh<br>SN 40 C   | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 |                       | 1,25           | 1   | 0,16                          | 43,2                             | 550                            | 15,5         |

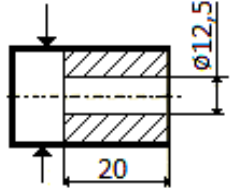
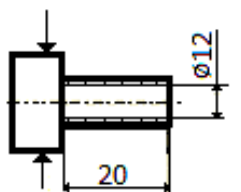
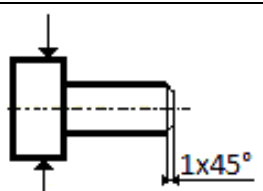
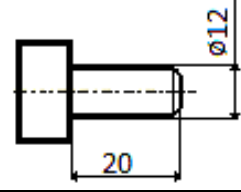
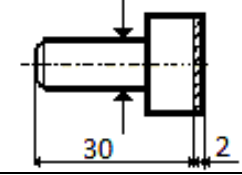


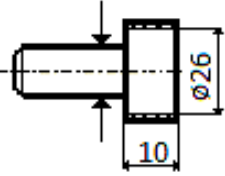
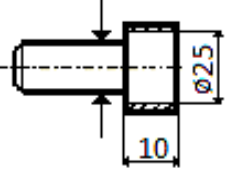
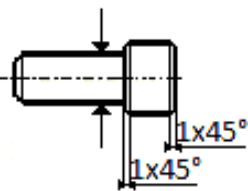
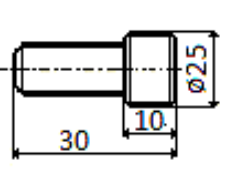
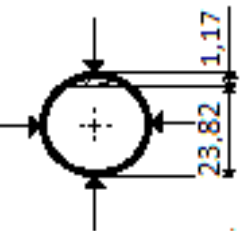
|    |    |  |   |                             |  |     |      |   |      |      |      |       |
|----|----|--|---|-----------------------------|--|-----|------|---|------|------|------|-------|
| 2. | 3. | Soustružit<br>- na čisto průměr Ø22,5mm<br>na průměr Ø22mm po délce<br>8mm                       |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 | 0,5 | 0,25 | 1 | 0,14 | 60   | 855  | 11,5  |
| 2. | 4. | Soustružit<br>- srazit hranu na čele<br>obrobku 1mmx45° stupňů<br>- uvolnit obrobek              |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>ohnutý pravý<br>ČSN 223712      |     | 0,6  | 1 | 0,3  |      | 765  | 3,2   |
| 3. | 1. | Kontrola rozměru   |    |                             | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236               |     |      |   |      |      |      |       |
| 4. | 1. | Soustružit<br>- upnout obrobek z druhé<br>strany<br>- zarovnat čelo ze 101,5mm<br>na 100mm       |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 |     | 12,5 | 1 | 0,32 | 60   | 765  | 6,2   |
| 5. | 1. | Vrtat<br>- navrtání středícím vrtákem<br>průměr Ø3,15mm na čele<br>obrobku<br>- upnout mezi hrot |   | Hrotový soustruh<br>SN 40 C | Středící vrták<br>60° ČSN<br>221110            |     | 3    | 1 |      |      | 1000 | 4,7   |
| 6. | 1. | Soustružit<br>- hrubovat z průměru<br>Ø25mm na průměr Ø13mm<br>po délce 92mm                     |  | Hrotový soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 |     | 1    | 6 | 0,16 | 43,2 | 550  | 409,5 |

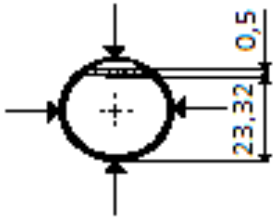
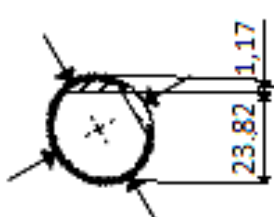
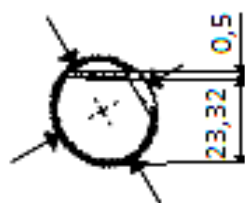
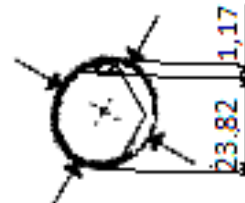
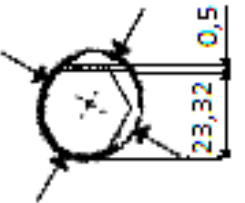
|    |    |  |   |                                |  |     |     |   |      |      |     |      |
|----|----|--|---|--------------------------------|--|-----|-----|---|------|------|-----|------|
| 6. | 2. | Soustružit<br>- na čisto z průměru Ø13mm<br>na průměr Ø12mm po délce<br>92mm   |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C    | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 | 1   | 0,5 | 1 | 0,14 | 34,9 | 855 | 49,1 |
| 6. | 3. | Soustružit<br>- srazit hranu 1mmx45°stupňů<br>na čele obrobku  |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C    | Ubírací nůž<br>ohnutý pravý<br>ČSN 223712      |     | 2   | 1 |      |      | 765 | 4,2  |
| 6. | 4. | Soustružit<br>- srazit hranu 1mmx45°stupňů<br>na čele obrobku  |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C    | Ubírací nůž<br>ohnutý pravý<br>ČSN 223712      |     | 0,6 | 1 |      |      | 765 | 3,2  |
| 7. | 1. | Kontrola rozměru   |    |                                | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236               |     |     |   |      |      |     |      |
| 8. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí<br>dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou<br>plochu z průměru ø22mm<br>na 21mm |   | Frézka<br>univerzální<br>FGU32 | Fréza<br>válcová čelní<br>ČSN 222158           |     | 1   | 1 | 0,20 | 27   | 215 | 19,5 |
| 8. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 21mm na<br>20,5mm<br>- pootočit obrobek pomocí<br>dělicího přístroje o 180°                   |  | Frézka<br>univerzální<br>FGU32 | Fréza<br>válcová čelní<br>ČSN 222158           | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,12 | 29   | 231 | 28,6 |

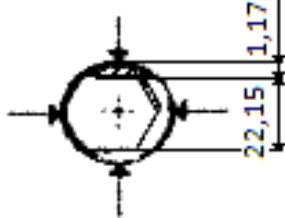
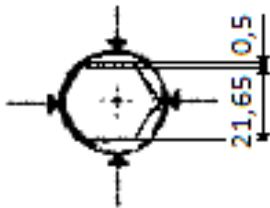
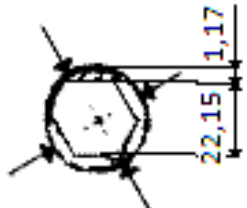
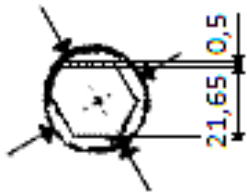
|     |    |  |  |                          |                                    |     |     |   |      |    |     |      |
|-----|----|--|--|--------------------------|------------------------------------|-----|-----|---|------|----|-----|------|
| 8.  | 3. | Frézovat<br>- hrubovat obvodovou plochu z 20,5mm na 19,5mm   |   | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158     |     | 1   | 1 | 0,20 | 27 | 215 | 19,5 |
| 8.  | 4. | Frézovat<br>- na čisto z 19,5mm na 19mm<br>- uvolnit obrobek |   | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158     | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,12 | 29 | 231 | 28,6 |
| 9.  | 1. | Pilovat<br>- odjehlít obrobek                                |  |                          | Pilník plochý ČSN 229121           |     |     |   |      |    |     |      |
| 10. | 1. | Zhotovit závit<br>- M12x1,5 po délce 57mm                    |   |                          | Závitová čelist ČSN 223216 M12x1,5 |     |     |   |      |    |     |      |
| 11. | 1. | Kontrola rozměrů   |  |                          | Posuvné měřidlo ČSN 251236         |     |     |   |      |    |     |      |

|         |                | Pedagogická fakulta<br>Univerzita Hradec Králové   |   |                                | Technologický postup                           |                               |                | Navrhoval: Urban Radek |                               |                                 |                               |            |              |
|--|----------------|--|---|--------------------------------|--|-------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------|--------------|
| Náčrt:  |                |  |   |                                | Součást  | Opěrný<br>stavitelný<br>šroub | Hrubá hmota    |                        | 0,095kg                       |                                 |                               |            |              |
|  |                |  |   |                                | Počet kusů                                     | 1                             | Čistá hmota    |                        | 0,050kg                       |                                 |                               |            |              |
|  |                |  |   |                                | Materiál                                       | 11500                         | Výchozí rozměr |                        | 40xø30mm                      |                                 |                               |            |              |
|  |                |  |   |                                | Druh<br>polotovaru                             | ČSN<br>42 5522                | Výrobek        |                        | 0,710kg                       |                                 |                               |            |              |
| Opera-<br>ce   | Číslo<br>úseku | Název operace  | Náčrt operace   | Název zařízení                 | Řezný<br>nástroj                               | Pří-<br>davek<br>[mm]         | Řezné podmínky |                        |                               |                                 |                               | čas<br>[s] |              |
|  |                |  |   |                                |  |                               | $a_p$<br>[mm]  | $i$                    | $f$<br>[mm ot <sup>-1</sup> ] | $v_c$<br>[mmmin <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[otmin <sup>-1</sup> ] |            | $t_r$<br>[s] |
| 1.   | 2.             | 3.   | 4.  | 5.                             | 6.   | 7.                            | 8.             | 9.                     | 10.                           | 11.                             | 12.                           | 13.        |              |
| 1.   | 1.             | Dělení materiálu<br>- upnout polotovar<br>- dělit kotoučovou pilou ze<br>40mm na 34mm<br>- uvolnit obrobek |   | Kotoučová pila<br>PKS – 300 F  | Pilový<br>kotouč<br>ČSN 222910                 |                               | 6              | 1                      | 0,16                          | 160                             | 1000                          | 27         |              |
| 2.   | 1.             | Soustružit<br>- upnout obrobek<br>- zarovnat čelo z 34mm na<br>32mm  |  | Hrotový<br>soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 |                               | 15             | 1                      | 0,30                          | 61,3                            | 650                           | 7,5        |              |

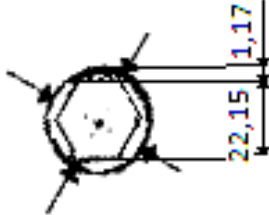
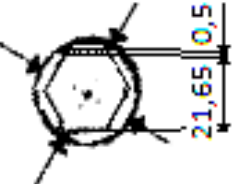
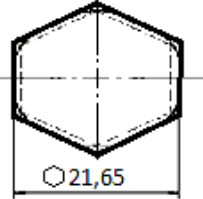
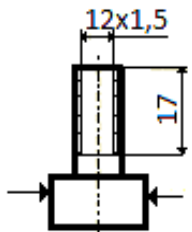
|    |    |   |   |                                |  |     |       |    |      |      |      |      |
|----|----|---|---|--------------------------------|--|-----|-------|----|------|------|------|------|
| 2. | 2. | Soustružit<br>- hrubovat průměr Ø30mm na<br>průměr Ø12,5mm po délce<br>20mm           |    | Hrotový<br>soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 |     | 0,875 | 10 | 0,16 | 47,1 | 500  | 195  |
| 2. | 3. | Soustružit<br>- na čisto průměr Ø12,5mm na<br>průměr Ø12mm po délce<br>20mm           |    | Hrotový<br>soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 | 0,5 | 0,25  | 1  | 0,14 | 54,9 | 1400 | 12,9 |
| 2. | 4. | Soustružit<br>- srazit hranu na čele obrobku<br>1mmx45° stupňů<br>- uvolnit obrobek   |    | Hrotový<br>soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>ohnutý pravý<br>ČSN 223712      |     | 2     | 1  |      |      | 855  | 4,2  |
| 3. | 1. | Kontrola rozměru  |   |                                | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236               |     |       |    |      |      |      |      |
| 4. | 1. | Soustružit<br>- upnout obrobek z druhé<br>strany<br>- zarovnat čelo z 32mm na<br>30mm |  | Hrotový<br>soustruh<br>SN 40 C | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716 |     | 15    | 1  | 0,30 | 61,3 | 650  | 7,5  |

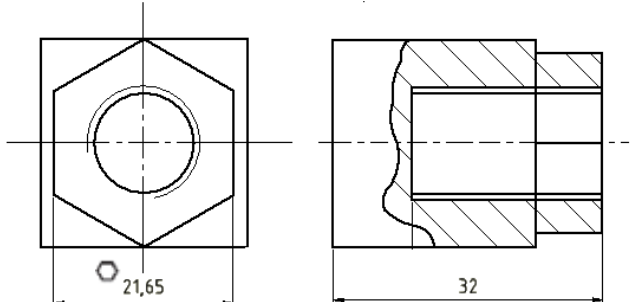
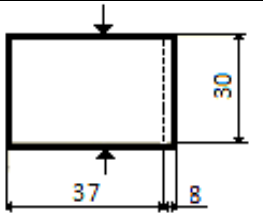
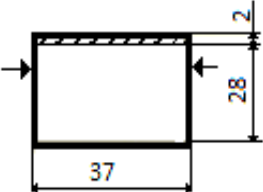
|    |    |   |   |                              |  |   |      |   |      |      |     |      |
|----|----|---|---|------------------------------|--|---|------|---|------|------|-----|------|
| 4. | 2. | Soustružit<br>- hrubovat průměr Ø30mm na Ø26mm  |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C  | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716                   |   | 1    | 2 | 0,16 | 47,1 | 500 | 39   |
| 4. | 3. | Soustružit<br>- na čisto průměr Ø26mm na Ø25mm  |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C  | Ubírací nůž<br>stranový<br>pravý<br>ČSN 223716                   | 1 | 0,5  | 1 | 0,14 | 69,8 | 855 | 13,4 |
| 4. | 4. | Soustružit<br>- srazit hranu na čele obrobku<br>1mmx45° stupňů<br>- uvolnit obrobek   |    | Hrotový soustruh<br>SN 40 C  | Ubírací nůž<br>ohnutý<br>pravý, levý<br>ČSN 223712<br>ČSN 223713 |   | 2    | 1 |      |      | 855 | 8,4  |
| 5. | 1. | Kontrola rozměru  |   |                              | Posuvné měřidlo<br>ČSN 251236                                    |   |      |   |      |      |     |      |
| 6. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou plochu<br>průměr ø25mm na 23,82mm<br>do hloubky 10mm |  | Frézka univerzální<br>FGU 32 | Fréza<br>válcová čelní<br>ČSN 222158                             |   | 1,17 | 1 | 0,12 | 27   | 215 | 25,5 |

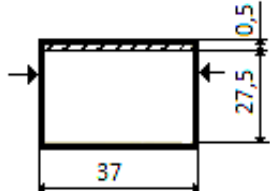
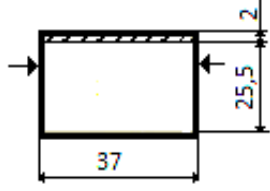
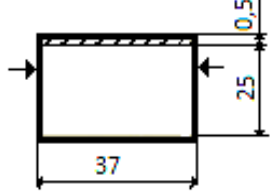

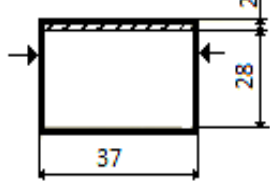
|    |    |   |   |                           |                                |     |      |   |      |    |     |      |
|----|----|---|---|---------------------------|--------------------------------|-----|------|---|------|----|-----|------|
| 6. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 23,82mm na 23,32mm do hloubky 10mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°       |    | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,07 | 32 | 250 | 32,7 |
| 6. | 3. | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou plochu z 25mm na 23,82mm do hloubky 10mm |    | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 |     | 1,17 | 1 | 0,12 | 27 | 215 | 25,5 |
| 6. | 4. | Frézovat<br>- na čisto z 23,82mm na 23,32mm do hloubky 10mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°       |    | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,07 | 32 | 250 | 32,7 |
| 6. | 5. | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou plochu z 25mm na 23,82mm do hloubky 10mm |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 |     | 1,17 | 1 | 0,12 | 27 | 215 | 25,5 |
| 6. | 6. | Frézovat<br>- na čisto z 23,82mm na 23,32mm do hloubky 10mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°       |  | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,07 | 32 | 250 | 32,7 |

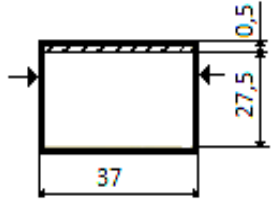
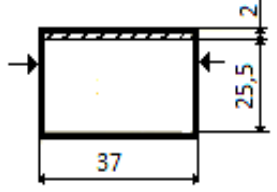
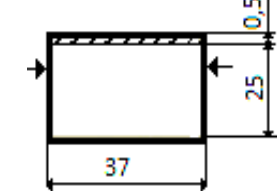

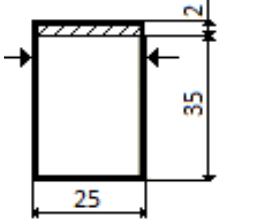
|    |     |  |   |                           |                                |     |      |   |      |    |     |      |
|----|-----|--|---|---------------------------|--------------------------------|-----|------|---|------|----|-----|------|
| 6. | 7.  | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou plochu z 23,32mm na 22,15mm do hloubky 10mm |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 |     | 1,17 | 1 | 0,12 | 27 | 215 | 25,5 |
| 6. | 8.  | Frézovat<br>- na čisto z 22,15mm na 21,65mm do hloubky 10mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°          |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,07 | 32 | 250 | 32,7 |
| 6. | 9.  | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou plochu z 23,32mm na 22,15mm do hloubky 10mm |    | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 |     | 1,17 | 1 | 0,12 | 27 | 215 | 25,5 |
| 6. | 10. | Frézovat<br>- na čisto z 22,15mm na 21,65mm do hloubky 10mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°          |  | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,07 | 32 | 250 | 32,7 |

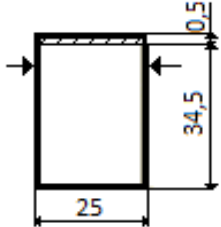
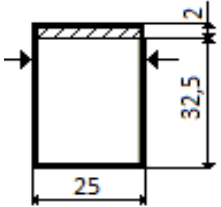
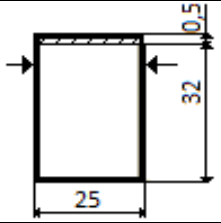

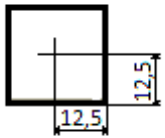


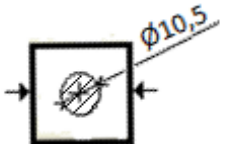
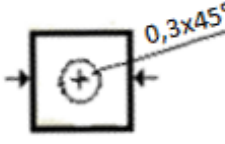
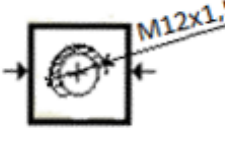
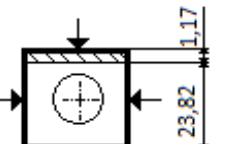
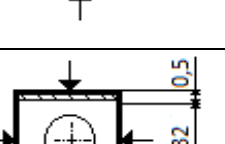

|    |     |  |  |                           |                                    |     |      |   |      |    |     |      |
|----|-----|--|--|---------------------------|------------------------------------|-----|------|---|------|----|-----|------|
| 6. | 11. | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou plochu z 23,32mm na 22,15mm do hloubky 10mm |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158     |     | 1,17 | 1 | 0,12 | 27 | 215 | 25,5 |
| 6. | 12. | Frézovat<br>- na čisto z 22,15mm na 21,65mm do hloubky 10mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°          |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová čelní ČSN 222158     | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,07 | 31 | 250 | 32,7 |
| 7. | 1.  | Kontrola rozměrů   |   |                           | Posuvné měřidlo ČSN 251236         |     |      |   |      |    |     |      |
| 8. | 1.  | Zhotovení závitu<br>- M12x1,5 po délce 17mm  |  |                           | Závitová čelist ČSN 223216 M12x1,5 |     |      |   |      |    |     |      |

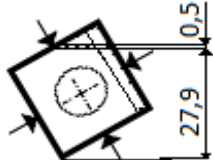
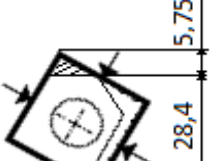
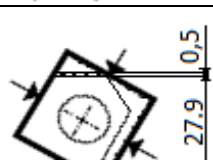
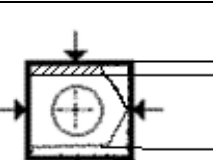
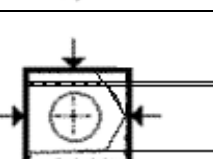
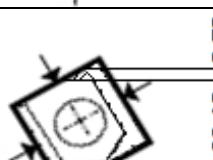
| Pedagogická fakulta<br>Univerzita Hradec Králové |             | Technologický postup   |   |   | Navrhoval: Urban Radek                  |                             |                |                |                              |                                 |                               |               |  |
|--|-------------|--|---|---|---|-----------------------------|----------------|----------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------|--|
| Náčrt:   |             |  |   |  |   | Součást                     | Opěrná kostka  | Hrubá hmota    |                              | 0,195kg                         |                               |               |  |
|  |             |  |   |   |   | Počet kusů                  | 1              | Čistá hmota    |                              | 0,120kg                         |                               |               |  |
|  |             |  |   |   |   | Materiál                    | 14220          | Výchozí rozměr |                              | 45x30x30mm                      |                               |               |  |
|  |             |  |   |   |   | Druh polotovaru             | ČSN 42 5522    | Výrobek        |                              | 0,710kg                         |                               |               |  |
| Opera-<br>ce                                     | Číslo úseku | Název operace  | Náčrt operace   | Název zařízení  | Řezný nástroj                           | Pří-<br>davek [mm]          | Řezné podmínky |                |                              |                                 |                               | čas<br>tr [s] |  |
|  |             |  |   |   |   |                             | $a_p$ [mm]     | $i$            | $f$ [mm $\cdot$ ot $^{-1}$ ] | $v_c$ [mm $\cdot$ min $^{-1}$ ] | $n$ [ot $\cdot$ min $^{-1}$ ] |               |  |
| 1.   | 2.          | 3.   | 4.  | 5.  | 6.                                      | 7.                          | 8.             | 9.             | 10.                          | 11.                             | 12.                           | 13.           |  |
| 1.   | 1.          | Dělení materiálu<br>- upnout polotovar<br>- dělit pásovou pilou ze 45mm na 37mm<br>- uvolnit obrobek |    | Pásová pila<br>BS - 229 HV  | Pilový pás pružinový LG Super 2362 x 20 |                             | 8              | 1              | 0,08                         | 73                              | 890                           | 15,2          |  |
| 2.   | 1.          | Pilovat<br>- odjehlít obrobek  |   |   |   | Pilník plochý<br>ČSN 229121 |                |                |                              |                                 |                               |               |  |
| 3.   | 1.          | Frézovat<br>- upnout obrobek (na podložku)<br>- zarovnat obvodovou plochu z 30mm na 28mm             |  | Frézka univerzální<br>FGU 32  | Frézovací hlava 125mm<br>ČSN 222370     |                             | 2              | 1              | 0,68                         | 140                             | 360                           | 14,6          |  |

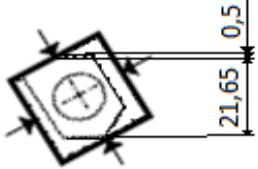
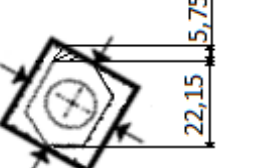
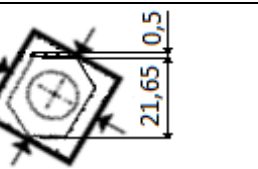
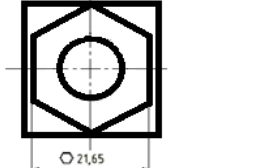
|    |    |  |   |                                 |  |     |     |   |      |     |     |      |
|----|----|--|---|---------------------------------|--|-----|-----|---|------|-----|-----|------|
| 3. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 28mm na 27,5mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,72 | 165 | 420 | 12,8 |
| 4. | 1. | Pilovat<br>- odjehlít obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 5. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek z druhé<br>strany (na podložku)<br>- hrubovat obvodové plochy<br>z 27,5mm na 25,5mm |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 2   | 1 | 0,68 | 140 | 360 | 14,6 |
| 5. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 25,5mm na 25mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,72 | 165 | 420 | 12,8 |
| 6. | 1. | Pilovat<br>- odjehlít obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 7. | 1. | Kontrola rozměru   |  |                                 | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236       |     |     |   |      |     |     |      |
| 8. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek (na<br>podložku)<br>- zarovnat obvodovou plochu<br>z 30mm na 28mm                   |  | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 2   | 1 | 0,68 | 140 | 360 | 14,6 |

|     |    |  |   |                                 |  |     |     |   |      |     |     |      |
|-----|----|--|---|---------------------------------|--|-----|-----|---|------|-----|-----|------|
| 8.  | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 28mm na 27,5mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,72 | 165 | 420 | 12,8 |
| 9.  | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 10. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek z druhé<br>strany (na podložku)<br>- hrubovat obvodové plochy<br>z 27,5mm na 25,5mm |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 2   | 1 | 0,68 | 140 | 360 | 14,6 |
| 10. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 25,5mm na 25mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,72 | 165 | 420 | 12,8 |
| 11. | 1. | Pilovat<br>- odjehlit obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |      |
| 12. | 1. | Kontrola rozměru   |   |                                 | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236       |     |     |   |      |     |     |      |
| 13. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek (na<br>podložku)<br>- zarovnat obvodovou plochu z<br>37mm na 35mm                   |  | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 2   | 1 | 0,68 | 140 | 360 | 9,7  |

|     |    |  |   |                                 |  |     |     |   |      |     |     |     |
|-----|----|--|---|---------------------------------|--|-----|-----|---|------|-----|-----|-----|
| 13. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 35mm na 34,5mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,72 | 165 | 420 | 8,5 |
| 14. | 1. | Pilovat<br>- odjehlít obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |     |
| 15. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek z druhé<br>strany (na podložku)<br>- hrubovat obvodové plochy z<br>34,5mm na 32,5mm |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 |     | 2   | 1 | 0,68 | 140 | 360 | 9,7 |
| 15. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 32,5mm na 32mm<br>- uvolnit obrobek   |    | Frézka<br>univerzální<br>FGU 32 | Frézovací<br>hlava 125mm<br>ČSN 222370 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,72 | 165 | 420 | 8,5 |
| 16. | 1. | Pilovat<br>- odjehlít obrobek  |   |                                 | Pilník plochý<br>ČSN 229121            |     |     |   |      |     |     |     |
| 17. | 1. | Kontrola rozměru   |  |                                 | Posuvné<br>měřidlo<br>ČSN 251236       |     |     |   |      |     |     |     |
| 18. | 1. | Orýsovat obrobek<br>- díra pro závit<br>-odůlčkování středu  |  |                                 | Posuvný<br>výškoměr<br>ČSN 251295      |     |     |   |      |     |     |     |

|     |    |  |  |                           |                                     |      |     |      |      |     |      |      |     |
|-----|----|--|--|---------------------------|-------------------------------------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|
| 19. | 1. | Vrtat<br>- upnout obrobek<br>- vyvrtat díru průměr Ø10,5mm do hloubky 23mm   |   | Frézka univerzální FGU 32 | Vrták s válcovou stopkou ČSN 221121 |      |     | 1    | 0,13 | 25  | 800  | 20,2 |     |
| 19. | 2. | Vrtat<br>- srazit hranu 0,3mmx 45° u průměru Ø10,5mm   |   | Frézka univerzální FGU 32 | Vrták s válcovou stopkou ČSN 221121 |      |     |      |      |     |      | 60   | 3,2 |
| 20. | 1. | Zhotovení závitu<br>- M12x1,5 po délce 23mm  |   | Frézka univerzální FGU 32 | Závitník strojní ČSN 223010 M12x1,5 |      |     |      |      | 6   | 45   | 66,2 |     |
| 21. | 1. | Frézovat<br>- upnout obrobek pomocí dělicího přístroje<br>- hrubovat obvodovou plochu z 25mm na 23,82mm do hloubky 8mm |   | Frézka univerzální FGU32  | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110      | 1,17 | 1   | 0,14 | 140  | 355 | 38,4 |      |     |
| 21. | 2. | Frézovat<br>- na čisto z 23,82mm na 23,32mm do hloubky 8mm<br>- pootočít obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°       |   | Frézka univerzální FGU 32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110      | 0,5  | 0,5 | 1    | 0,11 | 200 | 500  | 21,4 |     |
| 21. | 3. | Frézovat<br>- hrubovat obvodovou plochu z 34,15mm na 28,4mm do hloubky 8mm   |  | Frézka univerzální FGU32  | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110      | 1,15 | 5   | 0,14 | 140  | 355 | 90,6 |      |     |

|     |    |  |   |                          |                                |     |      |   |      |     |     |      |
|-----|----|--|---|--------------------------|--------------------------------|-----|------|---|------|-----|-----|------|
| 21. | 4. | Frézovat<br>- na čisto z 28,4mm na 27,9mm do hloubky 8mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°   |    | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,11 | 200 | 500 | 17,8 |
| 21. | 5. | Frézovat<br>- hrubovat obvodovou plochu z 34,15mm na 28,4mm do hloubky 8mm                                       |    | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 |     | 1,15 | 5 | 0,14 | 140 | 355 | 90,6 |
| 21. | 6. | Frézovat<br>- na čisto z 28,4mm na 27,9mm do hloubky 8mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60°   |    | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,11 | 200 | 500 | 17,8 |
| 21. | 7. | Frézovat<br>- hrubovat obvodovou plochu z 23,32mm na 22,15mm do hloubky 8mm                                      |    | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 |     | 1,15 | 5 | 0,14 | 140 | 355 | 38,4 |
| 21. | 8. | Frézovat<br>- na čisto z 22,15mm na 21,65mm do hloubky 8mm<br>- pootočit obrobek pomocí dělicího přístroje o 60° |   | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,11 | 200 | 500 | 21,4 |
| 21. | 9. | Frézovat<br>- hrubovat obvodovou plochu z 27,9mm na 22,15mm do hloubky 8mm                                       |  | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 |     | 1,15 | 5 | 0,14 | 140 | 355 | 90,6 |

|     |     |  |   |                          |                                |     |      |   |      |     |     |      |
|-----|-----|--|---|--------------------------|--------------------------------|-----|------|---|------|-----|-----|------|
| 21. | 10. | Frézovat<br>- na čisto z 22,15mm na 21,65mm do hloubky 8mm<br>- pootočít obrobek pomocí dělicího přístroje o 60° |  | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,11 | 200 | 500 | 17,8 |
| 21. | 11. | Frézovat<br>- hrubovat obvodovou plochu z 27,9mm na 22,15mm do hloubky 8mm                                       |  | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 |     | 1,15 | 5 | 0,14 | 140 | 355 | 90,6 |
| 21. | 12. | Frézovat<br>- na čisto z 22,15mm na 21,65mm do hloubky 8mm<br>- pootočít obrobek pomocí dělicího přístroje o 60° |  | Frézka univerzální FGU32 | Fréza válcová Ø10mm ČSN 222110 | 0,5 | 0,5  | 1 | 0,11 | 200 | 500 | 17,8 |
| 22. | 1.  | Kontrola rozměrů   |  |                          | Posuvné měřidlo ČSN 251236     |     |      |   |      |     |     |      |



## Použití upínacího přípravku

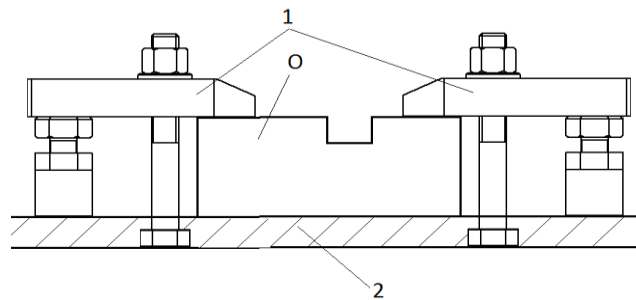
Tento styl upínání patří do kategorie tzv. upínání obrobků pomocí upínek a šroubů. Principem upínání tohoto systému je za pomoci upínacích součástí upnout obrobek na pracovní stůl frézky. Za potřebí je matice se šroubem tvaru T a různě veliké podpěry (záleží na rozměrech obrobku) a především posuvné upínky, které mohou být v různých velikostech a tvarech. Upínací přípravek umí měnit velikost i směr upínací síly a směřovat ji na co nejvhodnější místo upnutí obrobku. Při upínání dbáme na to, aby šrouby byly co nejbliže k obrobku. Druhá strana posuvné upínky je položena na podložce stejné výšky (obr. 32) jako je upnutí obrobku. Špatný způsob upnutí naznačuje obr. 33. Upínací přípravek je používán jako univerzální upínací přípravek pro své široké uplatnění. Ruční posuvné upínky se používají především při upínání větších obrobků nebo tvarově kombinovaných součástí, které se upínají přímo na pracovní stůl frézky nebo i vrtačky, kdy se volí vhodný počet. Avšak nejčastěji se používají dva přípravky na upnutí, ale záleží na mnoho faktorech. Šroub se zasune do tzv. T drážky pracovního stroje.

V této práci jsme navrhli a vyrobili upínací přípravek, který jsme nazvali ruční posuvná upínka. Skládá se ze šesti součástí:

- Posuvná upínka – skládá se z upínací části, vodící drážky a podpěrné části. Upínací část upínky nám slouží pro upnutí obrobku. Vodící drážka je přesně v ose upínky a slouží pro šroub upínacího přípravku, díky drážce lze šroubem pohybovat a tím volit vhodné ustavení upínky vzhledem k upínanému obrobku. Podpěrná část nám zajišťuje styk s výškově nastavitelnou podpěrou.
- Šroub – skládá se z upínací části, která se zasouvá do drážek v pracovním stole stroje, a závitové části, do níž se ustaví matice s podložkou.
- Opěrný stavitelný šroub – šroub, který nám zajišťuje s opěrnou kostkou nastavitelnou výšku pro ruční posuvnou upínku. Zajišťuje nám správné postavení upínky vzhledem k obrobku.
- Opěrná kostka – spodní část dosedá na stůl stroje. Pomocná část ruční posuvné upínky.

- Matice – normalizovaná část ruční posuvné upínky. Tento prvek nám společně se šroubem zajistí a upevní posuvnou upínku k obrobku.
- Podložky – zajišťují nám jištění šroubového spoje. Dává se mezi maticí a posuvnou upínku.

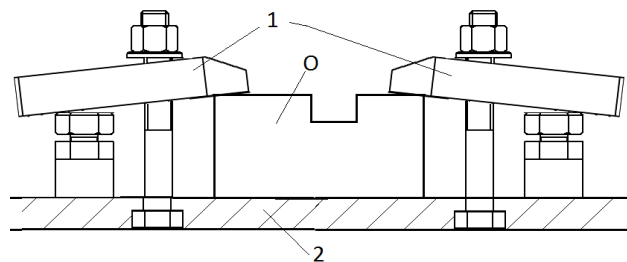
Správné ustavení upínky:



O - obrobek, 1 – ruční posuvná upínka, 2 – stůl stroje

*Obrázek 32: Správné ustavení upínky [vlastní vypracování]*

Špatné ustavení upínky:



O - obrobek, 1 – ruční posuvná upínka, 2 – stůl stroje

*Obrázek 33: Špatné ustavení upínky [vlastní vypracování]*

## Závěr

V této diplomové práci s názvem Návrh a zhotovení frézovacího přípravku pro výuku technologie frézování na středních odborných školách, bylo cílem stručné seznámení s technologií frézování a na základě těchto znalostí navrhnout a pak následně vyrobit výkresovou dokumentaci a součást výrobku. První část diplomové práce se věnuje teoretické části, druhá praktické části.

V teoretické části byl nastíněný vybraný způsob obrábění oceli, a to frézování. U tohoto způsobu obrábění byly charakterizovány do jednotlivých kapitol způsoby frézování, základní pojmy u frézování, základní operace na stroji, drsnost a jakost povrchu, upínání nástrojů a obrobků, druhy strojů, nástrojů a jejich stručný popis a složení.

Druhá část diplomové práce se dá rozdělit do několika úseků, které daly konečnou podobu této práci. V prvním úseku praktické části práce jsme navrhli a následně sestavili výkresovou dokumentaci, kterou jsme zhotovili v systému Autodesk Inventor Professional 2017. Druhý úsek obsahuje zhotovený technologický postup práce pro daný výrobek, podle kterého jsme vyrobili daný výrobek ve školních dílnách na středním odborném učilišti v Letohradu. Navrhovaným výrobkem je ruční posuvná upínka, která je tvořena ze šesti částí, z nichž jsme vyráběli čtyři, další dvě byly normalizovány. Samotná výroba přípravku nebyla zdlouhavá jako její navržení a vytvoření dokumentací. Nejvíce času jsme strávili s technologickým postupem práce, dle kterého jsme výrobek zhotovili. Je pravda, že nám pak tato dokumentace značně ulehčila práci při výrobě. Posledním úsekem práce bylo stručné seznámení s funkcí navrženého přípravku.

Hlavním cílem této práce bylo v teoretické části zpracovat základní informace o frézování, a ty posléze využít v praktické části práce. Práce je zaměřena jako informační materiál pro studenty v oboru základy techniky i učitele praxe na středních odborných školách se zaměřením na strojírenství. Tato publikace je zaměřená na teoretický a praktický základ frézovací operace.

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1: Pojmy u frézování.....                            | 15 |
| Obrázek 2: Geometrie zubu frézy .....                        | 15 |
| Obrázek 3: Pojmy u frézování.....                            | 17 |
| Obrázek 4: Posuv u frézování .....                           | 19 |
| Obrázek 5: Frézování šikmé plochy .....                      | 23 |
| Obrázek 6: Frézovací šikmé podložky .....                    | 25 |
| Obrázek 7: Svěrák otočný a sklopný.....                      | 25 |
| Obrázek 8: Univerzální dělicí přístroj.....                  | 27 |
| Obrázek 9: Otočný stůl.....                                  | 30 |
| Obrázek 10: Obrysové frézování kopírováním .....             | 31 |
| Obrázek 11: Fréza kotoučová pro upínání drážky T .....       | 32 |
| Obrázek 12: Frézky pro frézování dělicím způsobem.....       | 34 |
| Obrázek 13: Odvalovací způsob frézování .....                | 34 |
| Obrázek 14: Řezání pilovým kotoučem .....                    | 36 |
| Obrázek 15: Nesousledné a sousledné frézování .....          | 38 |
| Obrázek 16: Obvodové frézování.....                          | 39 |
| Obrázek 17: Čelní frézování.....                             | 39 |
| Obrázek 18: Planetové frézování .....                        | 40 |
| Obrázek 19: Porovnání vlastností nástrojových materiálů..... | 43 |
| Obrázek 20: Fréza s břitovými destičkami.....                | 44 |
| Obrázek 21: Základní části nástroje .....                    | 45 |
| Obrázek 22: Válcová fréza nástrčná.....                      | 48 |
| Obrázek 23: Čelní válcová fréza se stopkou .....             | 48 |
| Obrázek 24: Kotoučová fréza.....                             | 48 |
| Obrázek 25: Úhlová fréza.....                                | 48 |
| Obrázek 26: Upínací trn .....                                | 51 |
| Obrázek 27: Kleštinový upínač .....                          | 52 |
| Obrázek 28: Posuvná upínka.....                              | 54 |
| Obrázek 29: Strojní svěrák .....                             | 54 |
| Obrázek 30: Svislá konzolová frézka .....                    | 57 |
| Obrázek 31: Stolová frézka .....                             | 57 |
| Obrázek 32: Správné ustavení upínky.....                     | 90 |
| Obrázek 33: Špatné ustavení upínky.....                      | 90 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1: Řezné rychlosti při frézování .....                   | 20 |
| Tabulka 2: Přesnost a drsnost povrchu.....                       | 21 |
| Tabulka 3: Přesnost a drsnost povrchu u frézovaných závitů ..... | 36 |

## Seznam použité literatury

- [1] URBAN, Radek. *Přehled strojního obrábění kovů a jeho využití při výuce na SOŠ*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2015. 74 s. Bakalářská práce.
- [2] MÁDL, Jan a Jaroslav BARCAL. *Základy technologie II*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2002, 55 s. ISBN 80-01-02610-8.
- [3] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001, 273 s. ISBN 80-7082-823-4.
- [4] MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 1.díl*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2007, 80 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [5] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Cerm, 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [6] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Cerm, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [7] FISCHER, Ulrich. *Základy strojírenství*. 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2004, 290 s. ISBN 80-86706-09-5.
- [8] DRIENSKY, Dušan a Josef TOMAIDES. *Strojní obrábění II: frézování*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1991, 117 s. ISBN 80-03-00335-0.
- [9] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. 1. vyd. Brno: Cerm, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-2.
- [10] NĚMEC, Dobroslav. *Strojírenská technologie 3: Strojní obrábění*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1982, 320 s. ISBN 5429-04-207-82.
- [11] ŘASA, Jaroslav, Jindřich KAFKA a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 4: návrhy nástrojů, přípravků a měřidel : zásady montáže*. Praha: Scientia, 2003, 505 s. ISBN 80-7183-284-7.
- [12] MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 3.díl*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2007, 88 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [13] DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2007, 612 s. ISBN 987-80-86706-19-1.
- [14] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. vyd. Praha: Albra, 2006, 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [15] KVASNÍČKA, IVO, Lubomír ŠTAJNOCHR a Vladimír SLAVÍK. *Obráběcí nástroje*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998, 98 s. ISBN 80-01-01755-9.
- [16] *Nástroje pro frézování*. Ústí nad Labem: Dům techniky ČSVTS, 1985, 120 s.

### Internetové zdroje literatury:

- [17] HUMAR, Anton. *Technologie obrábění-1.část*. [online]. 2003 [cit. 2017-01-11]. Dostupný z [www: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf>](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
- [18] HUMAR, Anton. *Technologie obrábění-2.část*. [online]. 2004 [cit. 2017-01-15]. Dostupný z [www: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf>](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)

Internetové zdroje obrázků:

- [19] *Zozei: Za odbornými znalostmi evropsky a interaktivně* [online]. Brno: SOS-SOU, ©2017 [cit. 2017-01-28]. Dostupný z [www: <http://zozei.sssebrno.cz/1189-frezovani/>](http://zozei.sssebrno.cz/1189-frezovani/)
- [20] *Výroba ozubených kol a řemenic: Učíme v prostoru* [online]. Uherský Brod: SPŠ, ©2017 [cit. 2017-01-17]. Dostupný z [www: <http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=3092/>](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=3092/)
- [21] *Frézovací trny* [online]. ©2016 [cit. 2017-01-20]. Dostupný z [www: <http://home.tiscali.cz/cz706577/FrezTrny.htm>](http://home.tiscali.cz/cz706577/FrezTrny.htm)
- [22] *Zozei: Za odbornými znalostmi evropsky a interaktivně* [online]. Brno: SOS-SOU, ©2017 [cit. 2017-01-17]. Dostupný z [www: <http://zozei.sssebrno.cz/frezovani-rovinnych-ploch/>](http://zozei.sssebrno.cz/frezovani-rovinnych-ploch/)
- [23] *Maister: nářadí a svařování do továren* [online]. Karlovy Vary, ©2008 [cit. 2017-01-18]. Dostupný z [www: <http://www.maister.cz/Upinani/Sveraky/6530-SVERAK-OTOCNY-A-SKLOPNY-1.html?listtype=search&searchparam=sv%C4%9Br%C3%A1k206530>](http://www.maister.cz/Upinani/Sveraky/6530-SVERAK-OTOCNY-A-SKLOPNY-1.html?listtype=search&searchparam=sv%C4%9Br%C3%A1k206530)
- [24] *Zozei: Za odbornými znalostmi evropsky a interaktivně* [online]. Brno: SOS-SOU, ©2017 [cit. 2017-01-28]. Dostupný z [www: <http://zozei.sssebrno.cz/1189-frezovani/>](http://zozei.sssebrno.cz/1189-frezovani/)
- [25] *Zozei: Za odbornými znalostmi evropsky a interaktivně* [online]. Brno: SOS-SOU, ©2017 [cit. 2017-01-18]. Dostupný z [www: <http://zozei.sssebrno.cz/frezovani-tvarovych-ploch/#content1244>](http://zozei.sssebrno.cz/frezovani-tvarovych-ploch/#content1244)
- [26] *Nako – elektrické, ruční a aku nářadí, měřidla a brusivo* [online]. Pardubice s.r.o., ©2017 [cit. 2017-01-28]. Dostupný z [www: <http://www.nako.cz/8609-freza-tvarova-uhlova-celni-pro-prizmaticka-vedeni-f340900-55x25mm-csn-222268.html>](http://www.nako.cz/8609-freza-tvarova-uhlova-celni-pro-prizmaticka-vedeni-f340900-55x25mm-csn-222268.html)
- [27] *Fenoza* [online]. Brno, ©2012 [cit. 2017-01-20]. Dostupný z [www: <http://www.fenoza.cz/Sluzby/Freza-314215P/>](http://www.fenoza.cz/Sluzby/Freza-314215P/)
- [28] BORO VAN, Petr. *Technickytydenik.cz: Upínače nástrojů* [online]. 2012-02-07 [cit. 2017-01-26]. Dostupný z [www: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-2\\_8498.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-2_8498.html)
- [29] *Profesionál – vyloženě chlapská záležitost* [online]. Hodonín, ©2008 [cit. 2017-01-18]. Dostupný z [www: <http://www.naradiprofesional.cz/strojni-sverak-bms-100-s-prizmou>](http://www.naradiprofesional.cz/strojni-sverak-bms-100-s-prizmou)
- [30] *Základy frézování* [online]. Uherský Brod: SPŠ, ©2017 [cit. 2017-02-06]. Dostupný z [www: <http://slideplayer.cz/slide/2597287/>](http://slideplayer.cz/slide/2597287/)