

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## **ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE SOUČÁSTI "NÁTRUBEK" VE FIRMĚ ČKD HRADEC KRÁLOVÉ**

SOLUTION TECHNOLOGY OF PRODUCTION "NÁTRUBEK" - PART IN CONDITION FIRM  
ČKD HRADEC KRÁLOVÉ

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**PETR HAMPL**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. MILAN KALIVODA**

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Hampl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Řešení technologie součásti**

v anglickém jazyce:

### **Solution technology of production**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování kompletní technologie zadané součásti ve dvou variantách (univerzální stroje kontra CNC stroje) s návazností na výrobní sortiment a technologické vybavení dané firmy. Vyhodnocení varianty pro zavedení do výroby s definováním podmínek dané firmy.

Cíle bakalářské práce:

Zpracování technologie součásti na základě teoretických znalostí ze studia se začleněním podmínek v dané firmě. Rozhodnutí na základě vyhodnocení dvou variant.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M., PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, Karel, PROKOP, Jaroslav. Technologie obrábění. Brno : Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 10.11.2008

L.S.

---

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Zpracování kompletní výrobní dokumentace pro zadanou součást „Nátrubek“ pro univerzální a CNC stroje. Výroba součásti je navržena základními obráběcími metodami (tj. soustružení, frézování a vrtání). Zhodnocení je provedeno na podmínky zavedení do výroby vyhovující pro firmu ČKD Hradec Králové.

**Klíčová slova**

soustružení, frézování, vrtání, univerzální stroj, CNC soustruh, vrták, soustružnický nůž, frézovací hlava, mosaz, vyměnitelná břitová destička

**ABSTRACT**

Processing complete producing documentation for engaged part of „screw socket“ for universal and CNC machines. Production components is designed basic shaping way (as turning, milling and drilling). Estimation is designed on conditions introduction to the production suitable for company ČKD Hradec Králové.

**Key words**

turning, milling, drilling, various-purpose machine, CNC turning machine, drill, turning tool, cutter head, brass, inserts

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PŘÍJMENÍ, Jméno. *Název: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007. 49 s., 5 příloh. Vedoucí práce.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Řešení technologie součásti „NÁTRUBEK“ ve firmě ČKD Hradec Králové vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23. 5. 2009

.....  
Petr Hampl

**Poděkování**

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

## OBSAH

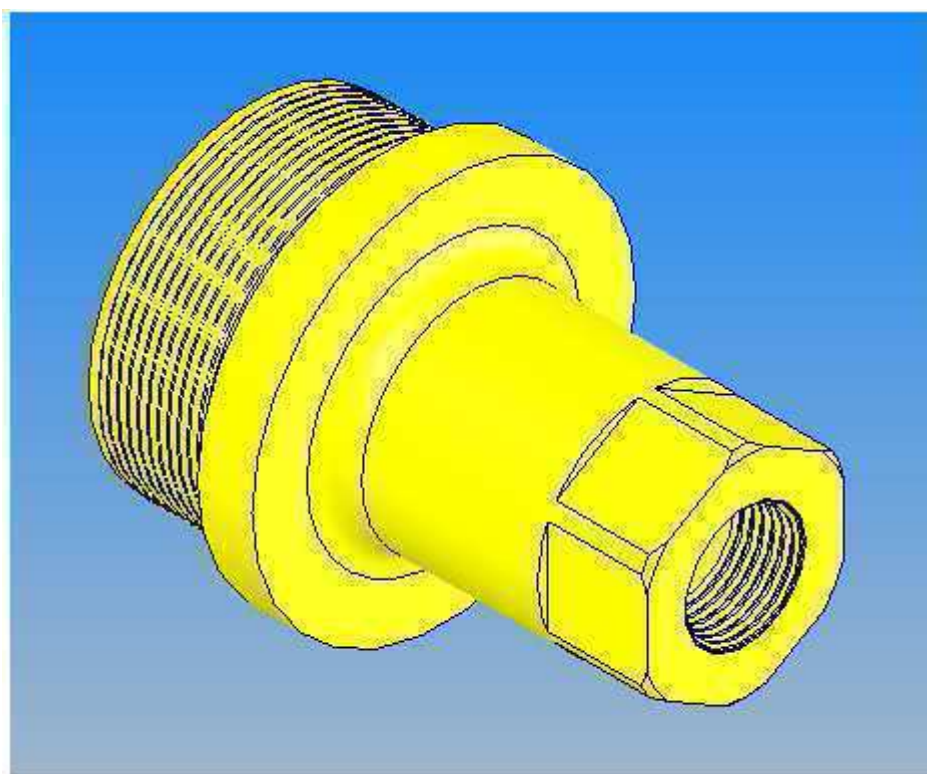
|                                                                                            |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Abstrakt .....</b>                                                                      | <b>4</b>      |
| <b>Prohlášení .....</b>                                                                    | <b>5</b>      |
| <b>Poděkování .....</b>                                                                    | <b>6</b>      |
| <b>Obsah .....</b>                                                                         | <b>7</b>      |
| <b>Úvod.....</b>                                                                           | <b>8</b>      |
| <br><b>1 představení firmy.....</b>                                                        | <br><b>9</b>  |
| 1.1 Vznik ČKD .....                                                                        | 9             |
| 1.2 Druhá světová válka a období komunismu .....                                           | 9             |
| 1.3 ČKD po revoluci .....                                                                  | 9             |
| <br><b>2 Návrh technologie výroby .....</b>                                                | <br><b>10</b> |
| 2.1 Varianty počtu vyrobených kusů.....                                                    | 10            |
| 2.1.1 Použité technologie výroby pro aktuální studii (100 ks.rok <sup>-1</sup> ).....      | 10            |
| 2.1.2 Použité technologie výroby pro výhledovou studii (10 000 ks.rok <sup>-1</sup> ) .... | 10            |
| 2.2 Rozbor polotovaru.....                                                                 | 10            |
| 2.3 Návrh technologického postupu .....                                                    | 18            |
| 2.3.1 Vybrané výrobní stroje.....                                                          | 18            |
| 2.3.2 Vybrané výrobní nástroje .....                                                       | 25            |
| 2.3.3 Technologický postup pro součást „NÁTRUBEK“ .....                                    | 25            |
| 2.3.4 Výrobní návodka pro operaci 0020 .....                                               | 26            |
| <br><b>3 Zhodnocení .....</b>                                                              | <br><b>30</b> |
| 3.1 Ekonomický propočet pro jednotlivé série .....                                         | 30            |
| 3.1.1 Propočet pro sérii 100 ks .....                                                      | 30            |
| 3.1.2 Propočet pro sérii 10 000 ks.....                                                    | 33            |
| 3.2 Náklady na výrobu součásti „Nátrubek“ .....                                            | 37            |
| <br><b>4 Zavedení do výroby .....</b>                                                      | <br><b>41</b> |
| 4.1 Zavedení do výroby při sérii 100 ks.rok <sup>-1</sup> .....                            | 41            |
| 4.2 Zavedení do výroby při sérii 10 000 ks.rok <sup>-1</sup> .....                         | 42            |
| <br><b>Závěr.....</b>                                                                      | <br><b>44</b> |
| <b>Seznam použitých zdrojů.....</b>                                                        | <b>45</b>     |
| <b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>                                             | <b>46</b>     |
| <b>Seznam příloh .....</b>                                                                 | <b>48</b>     |

## ÚVOD

Tato bakalářská práce je zaměřena na řešení výroby součásti „Nátrubek“ s ohledem na strojní vybavení firmy ČKD Hradec Králové, pro který je tato práce vypracována a pro výrobu na univerzálních strojích a strojích počítačově řízených. Úkolem je zjistit, která z těchto dvou variant je pro daný podnik nejvýhodnější.

Zadaná součást bude vyráběna několika základními obráběcími metodami, a to soustružením, frézováním a vrtáním. Jako použitý materiál bude nejvhodnější použít mosaz, která svými vlastnostmi nejlépe splňuje požadavky na součást „Nátrubek“. Úkolem je vypracovat kompletní výrobní dokumentaci.

Po vypracování výrobní dokumentace se budu zabývat výpočtem celkových nákladů na výrobu 100 ks a 10 000 ks zadané součásti při uvažování ceny za materiál a mzdy pracovníka. Dalším úkolem je vypočítat potřebnou kapacitu strojů a pracovníků pomocí kapacitního propočtu. Nakonec uvedu návrh zavedení do výroby, kde shrnu předešlé výpočty z kapacitních propočtů.



Obr 1. Model součásti „Nátrubek“



## **1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY**

### **1.1 Vznik ČKD<sup>1</sup>**

V roce 1871 je v Praze Libni založena První česko–moravská továrna na stroje v Praze. Na přelomu století zahájila výrobu kolejových vozidel, v roce 1907 pak spolu s firmou Ringhoffer zakládá výrobce automobilů Praga.

Roku 1896 zakládá v pražských Vysočanech inženýr Emil Kolben společnost Kolben a spol. O dva roky později se Kolben a spol. spojil s firmou Pražská a. s. a vzniká tak Elektrotechnická a. s.. Od roku 1901 vyrábí kompletní vybavení pro vodní elektrárny.

V roce 1854 zakládá Čeněk Daněk v pražském Karlíně společnost Daněk a spol. Ta se roku 1872 slučuje s firmou Breitfeld & Evans a vzniká tak Akciová společnost, dříve Breitfeld, Daněk a spol. Do výrobního programu patří hlavně vybavení dolů a potravinářského průmyslu.

Roku 1921 se První česko-moravská továrna na stroje v Praze slučuje s Elektrotechnickou a. s. a vzniká tak Českomoravská – Kolben.

Ta se v roce 1927 spojuje s Akciovou společností, dříve Breitfeld, Daněk a spol. a vzniká Českomoravská – Kolben - Daněk (ČKD), největší strojírna v tehdejším Československu.

### **1.2 Druhá světová válka a období komunismu<sup>1</sup>**

Za druhé světové války je společnost přejmenována na Böhmisch–Mährische Maschinenfabrik AG a vyrábí hlavně zbraně, např. tanky, nebo stíhače tanků. Při americkém náletu 25. března 1945 byl podnik těžce poškozen.

Po válce je podnik obnoven a rychle znárodněn. Podnik vyrábí, mimo jiné, elektrické stroje, polovodičové usměrňovače, velké průmyslové kompresory, jeřáby a další zdvihadla a mnoho jiných strojírenských výrobků. Mezi nejdůležitější a nejznámější výrobky firmy ČKD vždy patřila výroba motorových lokomotiv a tramvají.

### **1.3 ČKD po revoluci<sup>1</sup>**

S ekonomickým kolapsem zemí RVHP (Rada vzájemné hosp. pomoci) ztrácí ČKD svá největší odbytiště. Nedaří se jí najít nová ve vyspělých státech, svou pozici si drží jen v některých rozvojových státech. V roce 1994 při privatizaci získává kontrolní balík akcií společnost Inpro. Nové vedení není úspěšné a v roce 1998 je firma na pokraji bankrotu. V roce 2004 přebírá společnost firma 11FITE.

## 2 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

### 2.1 Varianty počtu vyrobených kusů

- a) Aktuální studie = 100 ks.rok<sup>-1</sup>
- b) Výhledová studie = 10 000 ks.rok<sup>-1</sup>

#### 2.1.1 Použité technologie výroby pro aktuální studii (100 ks.rok<sup>-1</sup>)

- 1. dělení materiálu
- 2. vrtání
- 3. soustružení
- 4. frézování

#### 2.1.2 Použité technologie výroby pro výhledovou studii (10 000 ks.rok<sup>-1</sup>)

- 1. dělení materiálu
- 2. vrtání
- 3. soustružení
- 4. frézování

Vzhledem k velkému počtu kusů výrobků je reálná myšlenka využití CNC strojů. Jejich aplikací se docílí rychlejší a levnější výroby za použití menšího počtu strojů. Firma ČKD Hradec Králové nemá k dispozici žádný stroj tohoto typu, to by znamenalo nutný nákup.

### 2.2 Rozbor polotovaru

#### a) Použitý materiál polotovaru

Použitý materiál: ČSN 42 8612 materiál 42 3223.3 – mosaz EN 12165 CW614N

Tab 2.1 Chemické složení<sup>2</sup>

| složení | Cu + Zn       | Cu + Zn + přísada (např. Pb) |
|---------|---------------|------------------------------|
| název   | binární mosaz | legovaná mosaz               |

Nejvíce používanou přísadou je Pb - olovo, které při obsahu do 3% zlepšuje obrobiteľnosť (mosazi automatové) a zlepšuje tvárnost za tepla. Další přidávané kovy jsou Al - hliník (korozivzdornost), Si - křemík (zatékavost pájek), Mn - mangan (otěruvzdornost) atd.<sup>2</sup>

Mosazi jsou nejrozšířenější slitiny pro dobrou tvárnost, obrobiteľnosť, odolnost vůči korozi, barevnost, možnost úprav povrchu broušením, leštěním a pískováním, pro dobrou zatékavost při pájení a poměrně příznivou cenu<sup>2</sup>.

Tab. 2.2 Vlastnosti mosazi<sup>3</sup>

| Materiál  | $\rho$<br>[kg·m <sup>-3</sup> ] | R <sub>m</sub><br>[Mpa] | Teplota tavení t<br>[°C] |
|-----------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 42 3223.3 | 8760                            | 350 až 520              | 900 až 1250              |

**Vlastnosti a použití mosazi**

- výkovky a výlisky armatur, šrouby, a jiné součásti hromadně vyráběné, různé profily v elektrotechnickém průmyslu<sup>3</sup>.
- široké pole využití v jemné mechanice, elektrotechnice, při výrobě různého dalšího kovového zboží a také v modelářství<sup>4</sup>.

**b) Výpočet velikosti výchozího polotovaru**

Výpočet velikosti výchozího polotovaru se skládá z těchto částí:

- přídavek na průměr polotovaru
- průměr výchozího polotovaru

**Přídavek na průměr polotovaru**

Vstupní hodnoty:

- maximální průměr obrobku  $d = 70 \text{ mm}$

$$p = 0,05 \cdot d + 2 \quad (2.1)$$

Přídavek na průměr výchozího polotovaru je 5,5 mm.

**Průměr výchozího polotovaru**

Vstupní hodnoty:

- maximální průměr obrobku  $d = 70 \text{ mm}$
- přídavek na polotovar  $p = 5,5 \text{ mm}$

$$D_{pol} = d + p \quad (2.2)$$

Průměr výchozího polotovaru je 75,5 mm.

Vzhledem k požadavku zákazníka (tj. maximální Ø 70 mm) je zvolen polotovar Ø 70 mm, i když dle výpočtu vyšel Ø 75,5 mm. Součást lze při tomto požadavku vyrobit.

**c) Výpočet spotřeby materiálu**

Při zpracování tyčí vznikají ztráty<sup>5</sup>

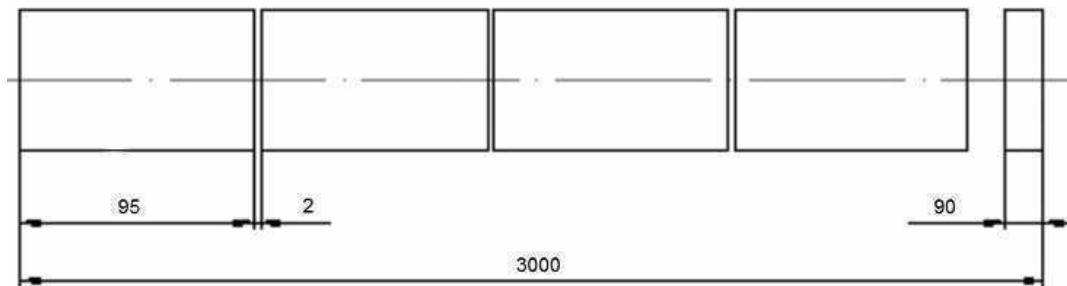
- při dělení
- obráběním přídavků
- z konce tyče, který není rozměrově využitelný

Výpočet spotřeby materiálu se skládá z těchto částí:

- počet kusů z jedné tyče o délce 3 m
- počet tyčí potřebných na zhotovení série (100ks)
- z poslední (čtvrté, viz dále, výpočet dle vzorce 2.4) tyče je vyrobeno méně kusů, než z předchozích tyčí
- nevyužitý zbytek z poslední (čtvrté) tyče – Využitá část tyče
  - Nevyužitý zbytek

Pro výpočet spotřeby materiálu je nutno stanovit přídavek na délku. Tento přídavek slouží k možnosti zarovnání čel včetně navrtání středících důlků, potřebných pro upnutí materiálu při obrábění. Přídavek materiálu na délku je zvolen 5 mm.

Rozměr polotovaru po přičtení přídavku na délku je tedy  $\varnothing 70 - 95 \text{ mm}$ . Prořez pilou  $p_p$  je stanoven dle parametrů kotoučové pily PAK35 na 2 mm.



Obr.2.1 Schéma řezání

### Počet kusů z jedné tyče o délce 3 m

Vstupní hodnoty:

- délka tyče
- délka polotovaru
- prořez pilou

$$L = 3 \text{ m} = 3000 \text{ mm}$$

$$l_{polp} = 95 \text{ mm}$$

$$p_p = 2 \text{ mm}$$

$$\Sigma_{kst} = \frac{L}{l_{polp} + p_p} \quad (2.3)$$

Z jedné tyče o délce 3 m lze vyrobit 30 ks s nevyužitým zbytkem 88 mm materiálu.

### Počet tyčí potřebných na zhotovení série (100ks)

Vstupní hodnoty:

- velikost série
- počet kusů z jedné tyče

$$s = 100 \text{ ks}$$

$$\Sigma_{kst} = 30 \text{ ks}$$

$$\Sigma_{kss} = \frac{s}{\Sigma_{kst}} \quad (2.4)$$

Na zhotovení série 100 ks jsou zapotřebí 4 tyče o  $\varnothing 70 \text{ mm}$  a délce 3 m.

### Z poslední (čtvrté) tyče je vyrobeno

Vstupní hodnoty:

- velikost série
- počet kusů z jedné tyče
- počet plně využitých tyčí

$$s = 100 \text{ ks}$$

$$\Sigma_{kst} = 30 \text{ ks}$$

$$\Sigma_{vt} = 3 \text{ ks}$$

$$\Sigma_{kst4} = s - (\Sigma_{kst} \cdot \Sigma_{vt}) \quad (2.5)$$

Na poslední (čtvrtou) tyč připadá vyrobit 10 ks.

**Nevyužitý zbytek z poslední (čtvrté) tyče****– Využitá část tyče**

Vstupní hodnoty:

- délka polotovaru  $l_{polp} = 95 \text{ mm}$
- prořez pilou  $p_p = 2 \text{ mm}$
- počet vyrobených kusů ze 4. tyče  $\Sigma_{kst4} = 10 \text{ ks}$

$$V_4 = \Sigma_{kst4} \cdot (l_{polp} + p_p) \quad (2.6)$$

Využitá část poslední (čtvrté) tyče je 970 mm.

**– Nevyužitý zbytek**

Vstupní hodnoty:

- délka tyče  $L = 3 \text{ m} = 3000 \text{ mm}$
- využitá část ze čtvrté tyče  $V_4 = 0,97 \text{ m} = 970 \text{ mm}$

$$N_4 = L - V_4 \quad (2.7)$$

Nevyužitý zbytek materiálu z poslední tyče je 2030 mm. Tento zbytek se použije při další zakázce, nepočítá se tedy do odpadu => ztrát.

**Shrnutí bodu c)**

Výsledný závěr všech předchozích výpočtů je soustředěn v tabulce 2.3

Tab. 2.3 Přehled vyrobených kusů a nevyužitého zbytku z jednotlivých tyčí

| tyč | vyrobený počet kusů z tyče [ks] | nevyužitý zbytek tyče [mm] |
|-----|---------------------------------|----------------------------|
| 1.  | 30                              | 88                         |
| 2.  | 30                              | 88                         |
| 3.  | 30                              | 88                         |
| 4.  | 10                              | 2030                       |

**d) Hmotnost součásti**

Výpočet hmotnosti součásti se skládá z těchto částí, vedoucích k určení čisté hmotnosti součásti (viz dále výpočtového vzorce 2.11):

- výpočet hmotnosti tyče  $Q_t$
- výpočet hmotnosti polotovaru  $Q_p$
- výpočet hmotnosti úseku 1 (přídavek na délku)
- výpočet hmotnosti úseku 2 (díra 20 mm)
- výpočet hmotnosti úseku 3 (mezikruží)
- výpočet hmotnosti úseku 4 (mezikruží)

**– Výpočet hmotnosti tyče  $Q_t$** 

Vstupní hodnoty:

- délka tyče  $L = 3000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$
- průměr polotovaru  $D_{pol} = 70 \text{ mm} = 0,070 \text{ m}$
- hustota oceli  $\rho = 8\,760 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$Q_t = V \cdot \rho_m = L \cdot \frac{\pi \cdot D_{pol}^2}{4} \cdot \rho \quad (2.8)$$

Hmotnost tyče o  $\varnothing 70 \text{ mm}$  a délce 3000 mm z mosazi je 101,137 kg.

### – Výpočet hmotnosti polotovaru $Q_p$

Vstupní hodnoty:

- délka polotovaru
- průměr polotovaru
- hustota oceli

$$l_{polp} = 95 \text{ mm} = 0,095 \text{ m}$$

$$D_{pol} = 70 \text{ mm} = 0,070 \text{ m}$$

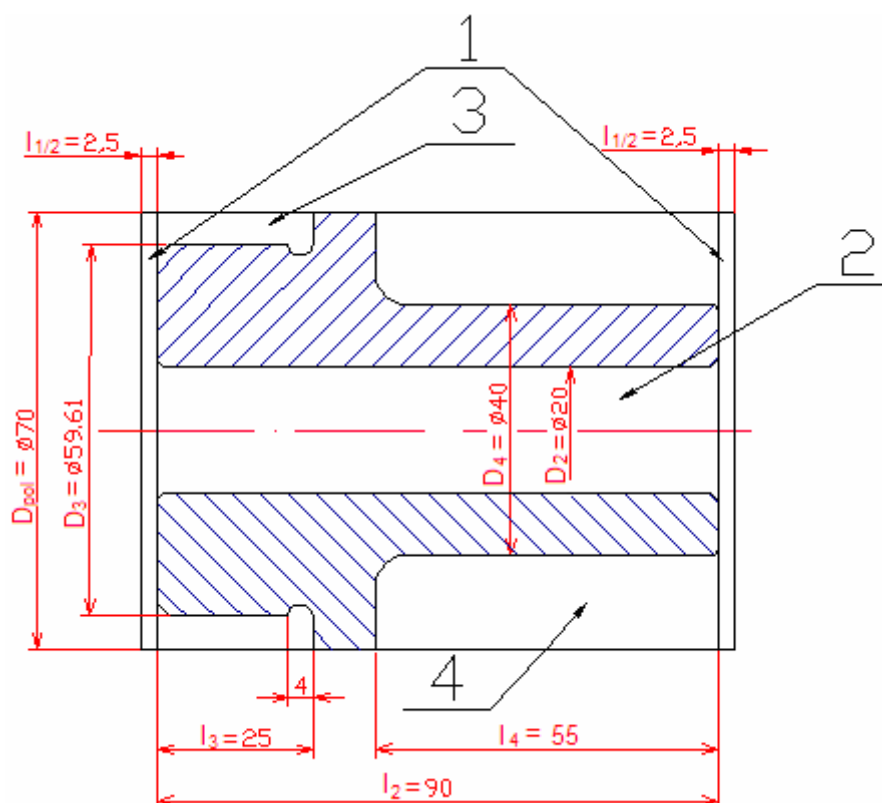
$$\rho = 8\,760 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$Q_p = V \cdot \rho_m = l_{polp} \cdot \frac{\pi \cdot D_{pol}^2}{4} \cdot \rho \quad (2.9)$$

Hmotnost polotovaru o  $\varnothing 70$  mm a délce 95 mm z mosazi je 3,202 kg.

### – Výpočet hmotnosti hotové součásti $Q_s$

Na obr.2.2 je schematicky znázorněn průřez součásti, ze kterého se bude vycházet na výpočet hmotnosti materiálu. Jednotlivé výpočty jsou umístěny pod tabulku 2.3 kvůli přehlednosti.



Obr. 2.2 Jednotlivé úseky na součásti pro výpočet hmotnosti

Tab. 2.4 Vypočtené hmotnosti jednotlivých úseků na součásti

| úsek | popis úseku                      | hmotnost úseku [kg] |
|------|----------------------------------|---------------------|
| 1    | hmotnost přídatku na délku $m_1$ | 0,169               |
| 2    | hmotnost otvoru $m_2$            | 0,247               |
| 3    | hmotnost mezikruží $m_3$         | 0,232               |
| 4    | hmotnost mezikruží $m_4$         | 1,249               |

### Výpočet hmotnosti úseku 1 (přídavek na délku)

Vstupní hodnoty:

- délka úseku  $l_1 = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$
- průměr polotovaru  $D_{pol} = 70 \text{ mm} = 0,070 \text{ m}$

– hustota oceli  $\rho = 8\,760\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

### Výpočet hmotnosti úseku 1 je dle vzorce 2.9.

Hmotnost úseku 1 (přídavek na délku) je 0,169 kg.

### Výpočet hmotnosti úseku 2 (díra 20 mm)

Vstupní hodnoty:

|                 |                                             |
|-----------------|---------------------------------------------|
| – délka úseku   | $l_2 = 90\text{ mm} = 0,090\text{ m}$       |
| – průměr otvoru | $D_2 = 20\text{ mm} = 0,020\text{ m}$       |
| – hustota oceli | $\rho = 8\,760\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ |

### Výpočet hmotnosti úseku 2 je dle vzorce 2.9.

Hmotnost úseku 2 (díra  $\varnothing 20\text{ mm}$ ) je 0,247 kg.

### Výpočet hmotnosti úseku 3 (mezikruží)

Vstupní hodnoty:

|                     |                                                       |
|---------------------|-------------------------------------------------------|
| – délka úseku       | $l_3 = 25\text{ mm} = 0,025\text{ m}$                 |
| – průměr polotovaru | $D_{pol} = 70\text{ mm} = 0,070\text{ m}$             |
| – průměr            | $D_3 = 59,61\text{ mm} = 5,961\cdot 10^{-2}\text{ m}$ |
| – hustota oceli     | $\rho = 8\,760\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$           |

$$m_3 = V \cdot \rho_m = l_3 \cdot \frac{\pi \cdot (D_{pol}^2 - D_3^2)}{4} \cdot \rho_m \quad (2.10)$$

Hmotnost 3. úseku (mezikruží) je 0,232 kg.

### Výpočet hmotnosti úseku 4 (mezikruží)

Vstupní hodnoty:

|                     |                                             |
|---------------------|---------------------------------------------|
| – délka úseku       | $l_4 = 55\text{ mm} = 0,055\text{ m}$       |
| – průměr polotovaru | $D_{pol} = 70\text{ mm} = 0,070\text{ m}$   |
| – průměr            | $D_4 = 40\text{ mm} = 0,040\text{ m}$       |
| – hustota oceli     | $\rho = 8\,760\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ |

### Výpočet hmotnosti úseku 4 (mezikruží) je dle vzorce 2.10.

Hmotnost úseku 4 (mezikruží) je 1,249 kg.

### Hmotnost součásti $Q_s$

Vstupní hodnoty:

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| – hmotnost polotovaru        | $Q_p = 3,202\text{ kg}$ |
| – hmotnost přídavku na délku | $m_1 = 0,169\text{ kg}$ |
| – hmotnost otvoru            | $m_2 = 0,247\text{ kg}$ |
| – hmotnost mezikruží         | $m_3 = 0,232\text{ kg}$ |
| – hmotnost mezikruží         | $m_4 = 1,249\text{ kg}$ |

$$Q_s = Q_p - (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \quad (2.11)$$

Čistá hmotnost součásti je 1,305 kg.

**e) Výpočet koeficientu využití materiálu**

Výpočet koeficientu využití materiálu se skládá z těchto částí (viz dále vzorec 2.18):

- ztráta mat. z nevyužitého konce tyče připadající na jednu tyč ( $q_{k1}$ )
- teoretická ztráta mat. z nevyužitého konce tyče připadající na poslední (čtvrtou) tyč ( $q_{k4}$ )
- ztráta materiálu vzniklá dělením tyče připadající na jednici ( $q_u$ )
- celkové ztráty materiálu na jednici ( $Z_m$ )
- norma spotřeby materiálu ( $N_m$ )

pozn.:  $q_o$  – ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku

Vstupní hodnoty:

- hmotnost polotovaru  $Q_p = 3,202 \text{ kg}$
- čistá hmotnost součásti  $Q_s = 1,305 \text{ kg}$

$$q_o = Q_p - Q_s \quad (2.12)$$

Ztráta materiálu vzniklá obráběním přídavku je 1,897 kg.

**Ztráta mat. z nevyužitého konce tyče připadající na jednu tyč ( $q_{k1}$ )**

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče  $l_{nkt1} = 88 \text{ mm} = 0,088 \text{ m}$
- průměr polotovaru  $D_{pol} = 70 \text{ mm} = 0,070 \text{ m}$
- hustota oceli  $\rho = 8\,760 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$q_{k1} = V \cdot \rho_m = l_{nkt1} \cdot \frac{\pi \cdot D_{pol}^2}{4} \cdot \rho_m \quad (2.13)$$

Ztráta mat. z nevyužitého konce tyče připadající na jednu tyč je 2,967 kg.

**Teoretická ztráta mat. z nevyužitého konce tyče připadající na poslední (čtvrtou) tyč ( $q_{k4}$ )**

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče  $l_{nkt4} = 2030 \text{ mm} = 2,03 \text{ m}$
- průměr polotovaru  $D_{pol} = 70 \text{ mm} = 0,070 \text{ m}$
- hustota oceli  $\rho = 8\,760 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$q_{k4} = V \cdot \rho_m = l_{nkt4} \cdot \frac{\pi \cdot D_{pol}^2}{4} \cdot \rho_m \quad (2.14)$$

Teoretická ztráta mat. z nevyužitého konce poslední tyče je 68,436 kg.

**Ztráta materiálu vzniklá dělením tyče připadající na jednici ( $q_u$ )**

Vstupní hodnoty:

- prořez pilou  $p_p = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$
- průměr polotovaru  $D_{pol} = 70 \text{ mm} = 0,070 \text{ m}$
- hustota oceli  $\rho = 8\,760 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$q_u = V \cdot \rho_m = p_p \cdot \frac{\pi \cdot D_{pol}^2}{4} \cdot \rho_m \quad (2.15)$$

Ztráta mat. vzniklá dělením tyče připadající na jednici je 0,067 kg.



**Celkové ztráty materiálu na jednici ( $Z_m$ )**

Vstupní hodnoty:

- ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku  $q_o = 1,897 \text{ kg}$
- ztráta mat. z nevyuž. konce tyče na jednu tyč  $q_{k1} = 2,967 \text{ kg}$
- ztráta mat. vzniklá dělením tyče na jednici  $q_u = 0,067 \text{ kg}$

$$Z_m = q_o + q_{k1} + q_u \quad (2.16)$$

Celkové ztráty materiálu na jednici je 4,931 kg.

**Norma spotřeby materiálu ( $N_m$ )**

Vstupní hodnoty:

- čistá hmotnost součásti  $Q_s = 1,305 \text{ kg}$
- celkové ztráty materiálu na jednici  $Z_m = 4,931 \text{ kg}$

$$N_m = Q_s + Z_m \quad (2.17)$$

Norma spotřeby materiálu je 6,236 kg.

**Koeficient využití materiálu (při obrábění se pohybuje v hodnotě** **$K_m = 0,4 \div 0,8$ ) ( $K_m$ )**

Vstupní hodnoty:

- čistá hmotnost součásti  $Q_s = 1,305 \text{ kg}$
- Norma spotřeby materiálu  $N_m = 6,236 \text{ kg}$

$$K_m = \frac{Q_s}{N_m} \cdot 100 \quad (2.18)$$

Koeficient využití materiálu je 20,9%.

Podle koeficientu využití materiálu můžeme posuzovat celkovou pracnost výrobku. Blíží-li se  $K_m = 100\%$ , znamená to, že množství odebraných třísek je malé a tedy obrábění vyžaduje i malou spotřebu pracovního času a naopak. Zvýšením stupně využití materiálu  $K_m$  lze dosáhnout snížení pracnosti a tím i zvýšení produktivity práce.<sup>5</sup>

## 2.3 Návrh technologického postupu

### 2.3.1 Vybrané výrobní stroje

#### a) Výrobní stroje univerzální

##### Kotoučová pila automatická PKA 35<sup>6</sup>

Stroj je určen k řezání tyčí kruhového nebo jiného profilu a z různých mat. Hodí se pro menší a střední závody. Vřeteník je svisle posuvný na dvou sloupech stojanu. Vřeteník s pilovým kotoučem je poháněn elektromotorem přes čtyřstupňovou převodovku. Posuv vřeteníku je hydraulický s plynule měnitelnou rychlostí. Tyčový materiál, který má být rozřezán, je svařen podávacími čelistmi, přisunut pod pilový kotouč a upnut ve svěráku.

Vřeteník s pilovým kotoučem vykoná posuv do řezu a po odříznutí kusu se vrací samočinně zpět do výchozí polohy. V této poloze se pohyb vřeteníku i otáčení pilového kotouče zastaví a upínací svěrák se rozevře, popřípadě po celý cyklus - počínaje přisunutím tyče pod pilový kotouč - samočinně opakuje, až je celá tyč rozřezána, nebo je oddělen požadovaný počet úřezků. Svírání, přisouvání a upínání tyčového materiálu je ovládáno hydraulicky. Samočinný pracovní cyklus se nastaví pomocí nárazek. Stroj má chladicí zařízení s čerpadlem.

Jako zvláštní příslušenství se dodává počítač odřezaných kusů se samočinným vypínačem pracovního cyklu a podpěrný vozík nebo válečková dráha pro dlouhé tyče.



Obr. 2.3 Kotoučová pila automatická PKA 35<sup>6</sup>

Tab. 2.5 Parametry kotoučové pily automatické PKA 35<sup>6</sup>

|                                                    |                      |                |
|----------------------------------------------------|----------------------|----------------|
| Největší rozměr řezaných tyčí                      |                      |                |
| – kruhového průřezu                                | mm                   | 110            |
| – čtvercového průřezu                              | mm                   | 110            |
| – obdélníkového průřezu                            | mm                   | 130x105        |
| Největší délka odřezků                             | mm                   | 500            |
| Úchylka v délce odřezků                            | mm                   | ±0,5           |
| Průměr pilového kotouče                            | mm                   | 360            |
| Otáčky pilového kotouče                            |                      |                |
| – počet stupňů                                     |                      | 4              |
| – rozsah                                           | min <sup>-1</sup>    | 10–14–18–26    |
| Řezné rychlosti při průměru pilového kotouče 360mm | m.min <sup>-1</sup>  | 1,1–1,6–2–3    |
| Posuv vřeteníku plynule měnitelný                  | mm.min <sup>-1</sup> | 25–500         |
| Zpětný pohyb vřeteníku                             | mm.min <sup>-1</sup> | 500            |
| Rychlost podání materiálu                          | mm.min <sup>-1</sup> | 3000           |
| Elektromotor vřeteníku                             | kW                   | 3              |
| Elektromotor čerpadla                              | kW                   | 1,1            |
| Rozměry stroje                                     | mm                   | 2200x1300x1700 |
| Hmotnost stroje                                    | kg                   | 1620           |

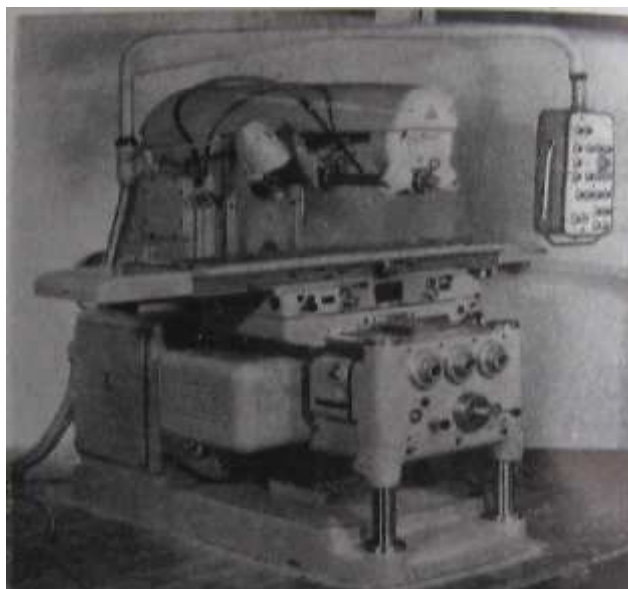
**Univerzální frézka FB 40 U<sup>6</sup>**

Stroj je vhodný pro přesné a výkonné frézování středních a menších obrobků v kusové i sériové výrobě. Vhodně volený rozsah pracovních posuvů stolu a otáček frézovacího vřetená umožňuje hospodárné využití nástrojů jak z rychlořezných ocelí, tak i ze slinutých karbidů při velkých řezných rychlostech.

Obrábět lze všechny materiály včetně legovaných ocelí a slitin lehkých kovů. Vestavěný setrvačnický na frézovacím vřetenu vyrovnává proměnlivý řezný odpor zvláště při obrábění nástroji ze slinutých karbidů. Otáčky vřetená a posuvy se řadí jednou pákou. Posuvové ústrojí s elektromagnetickými spojkami je poháněno samostatným elektromotorem. Pracovní stůl je možno přestavit podélně, příčně nebo svisle rychloposuvem buď nezávisle, nebo současně. Základní funkce se ovládají dálkově ze závěsné desky. Stroj má zařízení na sousledné frézování a možnost strojního pohonu otočného stolu a dělicích přístrojů. Kombinací rychloposuvů a pracovních posuvů lze stanovitelnými nárazkami sestavit zcela automatické cykly, které zjednodušují obsluhu při sériové výrobě na pouhou výměnu obrobků.

Jako zvláštní příslušenství se dodává univerzální frézovací hlava HUB 40, svislá frézovací hlava HVB 40, univerzální dělicí přístroj DU 125, přístroj na podélné dělení PDB 40, aj.

Ve zvláštním provedení může být stroj vybaven programovým řízením a elektrokontaktním kopírovacím zařízením. Dodává se též s číslicovým řídicím systémem podle volby zákazníka a v provedení se zvýšenou přesností.



Obr. 2.4 Univerzální frézka FB 40 U<sup>6</sup>

Tab. 2.6 Parametry univerzální frézky FB 40 U<sup>6</sup>

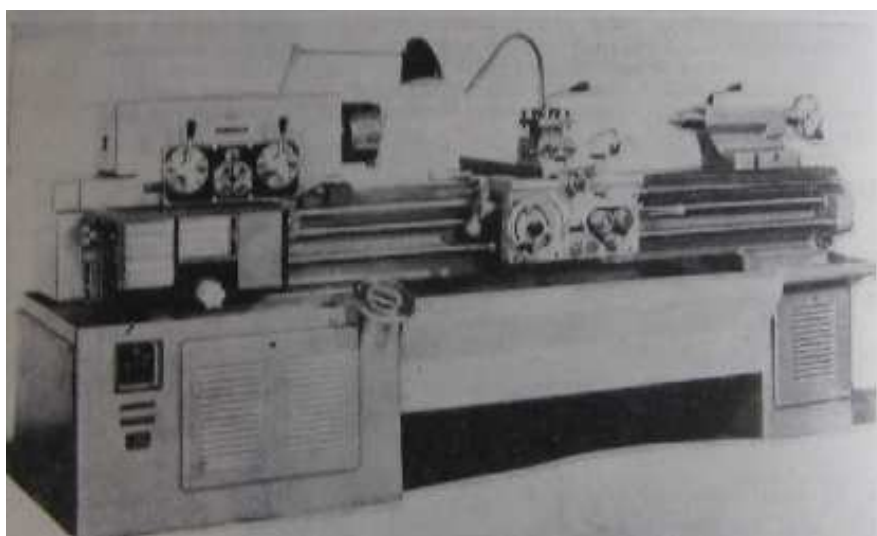
|                                 |                       |           |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|
| Upínací plocha stolu            | mm                    | 560x1800  |
| Největší hmotnost obrobku       | kg                    | 400       |
| Vzdálenost osy vřetena od stolu |                       |           |
| – největší                      | mm                    | 400       |
| – nejmenší                      | mm                    | 0         |
| Otáčky vřetena                  |                       |           |
| – počet stupňů                  |                       | 18        |
| – rozsah                        | min <sup>-1</sup>     | 35–1300   |
| Strojní pohyby stolu            |                       |           |
| – podélný                       | mm                    | 850       |
| – příčný                        | mm                    | 280       |
| – svislý                        | mm                    | 390       |
| Natočení stolu na obě str.      |                       | 45°       |
| Posuvy                          |                       |           |
| – počet stupňů                  |                       | 24        |
| – podélné a příčné              | mm. min <sup>-1</sup> | 8–1600    |
| – svislé                        | mm. min <sup>-1</sup> | 3,15–630  |
| Rychloposuvy                    |                       |           |
| – podélný a příčný              | mm. min <sup>-1</sup> | 3000      |
| – svislý                        | mm. min <sup>-1</sup> | 1160      |
| Elektromotor pro pohon vřetena  | kW                    | 5,9       |
| Elektromotor pro posuvy         | kW                    | 1,9       |
| Půdorysná plocha stroje         | mm                    | 2750x1930 |

**Hrotový soustruh SV 18 RA<sup>6</sup>**

Je vysoce přesný a výkonný stroj pro univerzální použití v kusové i sériové výrobě. Je vhodný k obrábění ocelí a neželezných kovů a k řezání všech druhů závitů.

Pracovní vřeteno je uloženo v kluzných seřiditelných ložiskách a je poháněno plochým řemenem od převodovky na řemenici uloženou samostatně ve valivých ložiskách, takže vřeteno není namáháno tahem řemene. Spouštění, zastavování a změna smyslu otáčení vřetena se ovládají spínačem hnacího elektromotoru. Otáčky vřetena se řadí ručním kolem v převodové skříni a předlohou ve vřeteníku se zapíná nižší řada otáček. Posuvová a závitová skříň je uzavřená a umožňuje řezání všech druhů závitů ve velkém rozsahu stoupání bez výměny ozubených kol. Suportová skříň má pojistku pro samočinné vypínání podélného a příčného posuvu při soustružení na pevnou narážku. Spojka zároveň chrání posuvové ústrojí před přetížením. Nožové saně mají výstředníkové zařízení pro rychlé odsunutí nože ze záběru při řezání závitů. Koník je příčně přestavitelný pro soustružení dlouhých kuželů. Pinola koníku má milimetrovou stupnici a dělicí kroužek pro přesné nastavení. Lože má kalené vodící plochy.

Jako zvláštní příslušenství se dodává univerzální sklíčidlo Ø 160, 200 a 250 mm, zařízení na soustružení kuželů, mikrometrické narážky pro podélný a příčný posuv, zařízení pro kleštinové upínání, upínací kleštiny pro různé průměry, upínací pouzdra, zadní suport, otočný hrot, kryt proti odletujícím třískám.



Obr. 2.5 Hrotový soustruh SV 18 RA<sup>6</sup>

Obr. 2.6 Hrotový soustruh SV 18 RA<sup>7</sup>Tab. 2.7 Parametry hrotového soustruhu SV 18 RA<sup>6</sup>

|                                  |                    |                                    |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Oběžný průměr nad ložem          | mm                 | 380                                |
| Oběžný průměr nad suportem       | mm                 | 215                                |
| Vzdálenost hrotů                 | mm                 | 750–1000–1250                      |
| Kužel hrotů                      | Morse              | 4                                  |
| Průměr upínací desky             | mm                 | 320                                |
| Průměr sklíčidla                 | mm                 | 160, 200, 250                      |
| Největší hmotnost obrobku        | kg                 | 300                                |
| Největší průřez nože             | mm                 | 22x22                              |
| Otáčky vřetena                   |                    |                                    |
| – počet stupňů                   |                    | 21                                 |
| – rozsah                         | min <sup>-1</sup>  | 14–2800                            |
| Posuvy                           |                    |                                    |
| – podélné v rozsahu              | mm.t <sup>-1</sup> | 0,02–5,6                           |
| – příčné v rozsahu               | mm.t <sup>-1</sup> | 0,01–2,8                           |
| Elektromotor pro pohon vřeteníku | kW                 | 6                                  |
| Rozměry stroje                   | mm                 | 950x2520,<br>950x2720,<br>950x3020 |
| Hmotnost stroje                  | kg                 | 1930,<br>1800,<br>1850             |

**b) Výrobní stroje multifunkční****SFB 50 CNC<sup>8</sup>**

Stroje tohoto konstrukčního řešení jsou ideální volbou **pro vysokoproduktivní obrábění rotačních součástek** z děleného a tyčového materiálu nebo z hutních polotovarů. Pro maximální zefektivnění výroby lze stroj vybavit podavačem tyčí.

Na těchto strojích lze soustružit, vrtat, frézovat, zapichovat, upichovat a řezat závitů všech druhů.

Pro tyto stroje je charakteristická vysoká přesnost, rychlost, výkonnost, vysoké otáčky vřetena, vysoký krouticí moment a jednoduchá obsluha při dlouhodobé životnosti a to vše za výhodné prodejní ceny. Vysoká tuhost stroje (masivní odlitky, přesně broušené šikmé lože a precísní uložení supportu) zabezpečuje stabilitu procesu obrábění a dosažení požadovaných parametrů výrobku.

Soustruhy řady FERMAT SFB 50 CNC jsou ve standardním provedení ve 2 osách souvisle řízené produkční CNC soustruhy. Konstrukce stroje se šikmým ložem je vhodná pro produktivní obrábění rotačních součástek z děleného a tyčového materiálu nebo z hutních polotovarů. Soustruhy plně splňují požadavky kladené na poloautomatické CNC soustruhy pro vnější a vnitřní obrábění točivých součástí. Pro tyto stroje je charakteristická vysoká přesnost, rychlost, výkonnost a jednoduchá obsluha při dlouhodobé životnosti. Na přání je možné soustruhy vybavit řízenou C-osou a použít poháněné nástroje pro obrábění v osách C–Z nebo C–X.



Obr. 2.7 CNC soustruh SFB 50 CNC<sup>8</sup>



**Standardní vybavení<sup>8</sup>**

- masivní odlitky ze značkové litiny Meehanite®
- pojezd suportu v osách X a Z je po lineárních vedeních
- řídicí systém FAGOR 8055TC s 10,4" barevnou LCD obrazovkou na ovládacím panelu na přední části stroje
- 8-pozicová nástrojová hlava LS-160 s hydraulickým otáčením a diskem pro nástroje s držáky se čtvercovým profilem
- vřeteno uloženo ve speciálních vřetenových ložiskách NSK
- hydraulické 3-čelistové sklíčidlo
- intenzivní chlazení nástrojů

**Volitelné vybavení<sup>8</sup>**

- řídicí systém FANUC 0i-TC s 10,4" barevnou LCD obrazovkou nebo FANUC 18i-TC + Manual Guide i
- řídicí systém Fagor 8055i PLUS TC
- řídicí systém Siemens 802D
- nástrojová hlava Baruffaldi s elektromechanickým otáčením TB 160 (8/12 pozicová)
- nástrojová hlava Baruffaldi s možností použití poháněných nástrojů + řízená C-osa pro obrábění v osách C+X, C+Z
- 12-pozicová nástrojová hlava LS 160
- koník s hydraulickým výsuvem pinoly
- dopravník třísek
- podavač tyčí
- měřicí sonda pro odměřování nástrojů s přenosem dat do řídicího systému

Tab. 2.8 Parametry CNC soustruhu SFB 50 CNC<sup>8</sup>

|                                    |                   |                      |
|------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Vrtání vřetena                     | mm                | 52                   |
| Oběžný průměr nad ložem            | mm                | 500                  |
| Oběžný průměr nad suportem         | mm                | 220                  |
| Maximální točný průměr             | mm                | 330                  |
| Maximální točná délka              | mm                | 460                  |
| Otáčky vřetena                     | min <sup>-1</sup> | 5000                 |
| Výkon motoru                       | kW                | 7,5                  |
| Typ nástrojové hlavy               |                   | hydraulická rev. 160 |
| Počet pozic nástrojové hlavy       |                   | 8                    |
| Průřez těla nástroje □             | mm                | 25 x 25              |
| Průřez těla nástroje ø             | mm                | 32                   |
| Průměr pinoly koníku               | mm                | 65                   |
| Pojezd koníku                      | mm                | 425                  |
| Délka stroje bez dopravníku třísek | mm                | 2290                 |
| Délka stroje s dopravníkem třísek  | mm                | 3070                 |
| Šířka stroje                       | mm                | 1724                 |
| Výška stroje                       | mm                | 1580                 |
| Hmotnost                           | kg                | 3200                 |
| Zastavěná plocha                   | mm                | 3140 x 2500          |



### Podmínky pro pořízení stroje

Firma ČKD nevlastní stroj tohoto typu. Bylo tedy nutné nalézt vhodné řešení.

Pro výběr stroje jsou uvažována tato hlediska:

- vysoká produktivita práce, tím pádem také brzká návratnost investic
- stroj umožňuje soustružení, frézování, vrtání, řezání všech druhů závitů

Vzhledem k vyráběnému počtu součástí (100 ks) je nákup tohoto stroje nevýhodný. Pořizovací cena stroje je 3 000 000 Kč, za výrobu 100 ks je zisk ve firmě 35 000 Kč, tedy o 2 965 000 Kč méně.

Stroj SFB 50 CNC vlastní společnost ZVU Hradec Králové, je tedy možná kooperace s krátkou logistickou dobou. Řešení problému pomocí kooperace však není ekonomicky vhodné vzhledem k:

- vyrábí se pouze 100 ks (které jsou vyrobitelné na univerzálních strojích za jeden pracovní den - viz kapitola 4)

Ani při uvažování výhledové studie (10 000 ks) se nákup tohoto stroje nevyplatí a to hlavně kvůli preferování způsobu výroby (frézování) ve firmě ČKD Hradec Králové. Navržený stroj se sice při této velikosti série „zaplatí“, ale po dokončení celé série je zde velká pravděpodobnost nevyužití stroje.

V případě, že bude firma ČKD investovat do CNC techniky, která by vedla ke zvýšení produktivity a přesnosti výroby, je nutno zaměřit se na CNC frézky.

### 2.3.2 Vybrané výrobní nástroje

Zvolené výrobní nástroje (viz příloha č.2). Jedná se celkem o 15 nástrojů.

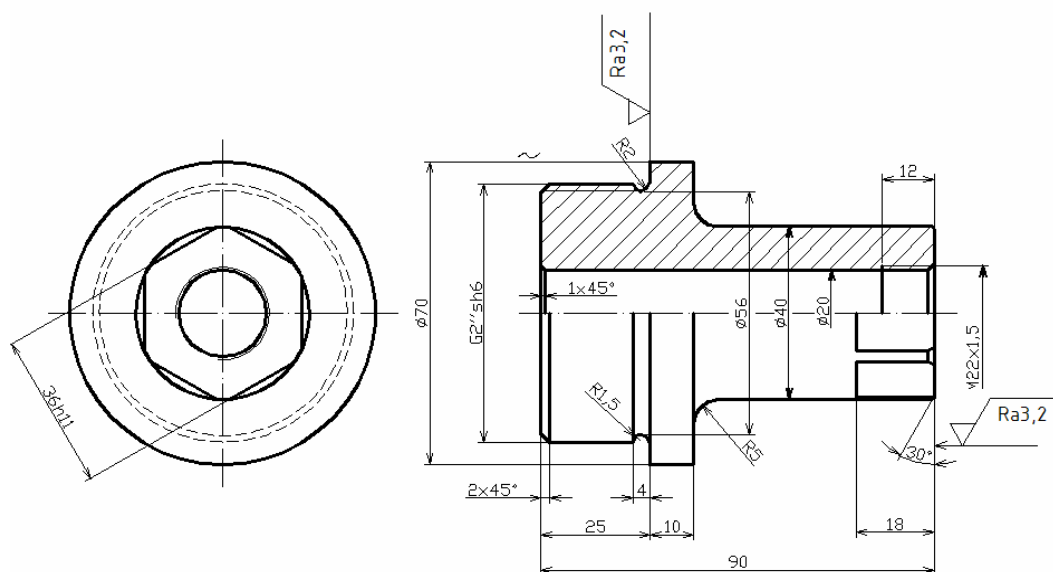
Tab. 2.9 Výrobní a kontrolní nástroje

| výrobní nástroje              |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| zarovnání čela                | vnější nůž PCLNR 3225 P12       |
| navrtání čela                 | středicí vrták                  |
| vyvrtání otvoru               | vrták o Ø 20                    |
| zahlubení otvoru              | záhlubník                       |
| vnitřní soustružení do Ø 20,4 | vnitřní nůž S16M - CTFPR 11     |
| řezání závitu M22             | sada závitníků                  |
| hrubování Ø 40                | vnější nůž SRSCR 2525 M 10-MA   |
| sražení hran                  | vnější nůž PSDNN 2525 M 12      |
| zápich                        | zapichovací nůž GLDCR 2525 M 03 |
| frézování                     | fréza 63A06R-S90AP15D           |
| řezání závitu                 | závitový nůž SER 2525 M 16      |
| kontrolní nástroje            |                                 |
| měření zaoblení               | měrka poloměrová                |
| délkové míry                  | posuvné měřidlo                 |
| kontrola závitu G2“           | závitový kroužek G2“            |
| kontrola závitu               | závitový kalibr M22             |

### 2.3.3 Technologický postup pro součást „NÁTRUBEK“

Technologický postup (viz příloha č.3). Celkově obsahuje 6 operací.

### 2.3.4 Výrobní návodka pro operaci 0020



Obr. 2.8 Nátrubek

Tab. 2.10 Výrobní návodka pro operaci 0020

| Pořadí | Nástroj<br>Operace                                                    | Rychlost               | Posuv                  | Počet<br>tríssek | Hloubka<br>řezu | Otáčky                  | Délka řezu +<br>délka náběhu | Čas<br>strojní     | Čas<br>vedlejší |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|
|        |                                                                       | $v_c$                  | $f$                    | $i$              | $a_p$           | $n$                     | $l+l_n$                      | $t_A$              | $t_B$           |
|        |                                                                       | [m·min <sup>-1</sup> ] | [mm·ot <sup>-1</sup> ] | [-]              | [mm]            | [ot·min <sup>-1</sup> ] | [mm]                         | [min]              | [min]           |
|        | Upnout za $\varnothing 70$                                            |                        |                        |                  |                 |                         |                              |                    | 0,5             |
| 1      | Nůž PCLNR 3225 P 12<br>Zarovnat čelo                                  | 200                    | 0,2                    | 1                | 2,5             | 900                     | 35,5 + 0,5                   | 0,222              | 2,0             |
| 2      | Vrták středící ČSN 22 1110<br>Navrtat středící důlek                  | 200                    | 0,2                    | 1                | 2,0             | 900                     | 1,5 + 1                      | 0,014              | 2,5             |
| 3      | Vrták $\varnothing 20$ ČSN 22 1140<br>Vrtat $\varnothing 20$ průchozí | 50                     | 0,2                    | 1                | 10,0            | 900                     | 92,5 + 1,5                   | 0,522              | 3,5             |
| 4      | Nůž S16M-CTFPR 11<br>Soustružit $\varnothing 20,4$                    | 170                    | 0,2                    | 1                | 0,25            | 900                     | 12 + 0,5                     | 0,069              | 2,5             |
| 5      | Záhlubník kužel ČSN 22 1627<br>Srazit hranu 1x45°                     | 170                    | 0,2                    | 1                | 0,7             | 900                     | 1 + 0,5                      | 0,001              | 2,5             |
| 6      | Závitník M22 ČSN 22 3010<br>Řezat závit M22x1,5                       | 10                     | 0,2                    | 3                | 0,8             | 35                      | 12 + 1                       | 11,143             | 6,0             |
| 7      | Nůž SRSCR 2525 M 10-M-A<br>Soust. hotově $\varnothing 40$ včetně R5   | 200                    | 0,2                    | 8                | 2,0             | 900                     | 55 + 0,5                     | 4,934              | 5,0             |
|        | Otočit a upnout za $\varnothing 40$                                   |                        |                        |                  |                 |                         |                              |                    | 1,5             |
| 8      | Nůž PCLNR 3225 P 12<br>Zarovnat čelo                                  | 200                    | 0,2                    | 1                | 2,5             | 900                     | 35,5 + 0,5                   | 0,222              | 2,5             |
| 9      | Záhlubník kužel ČSN 22 1627<br>Srazit hranu 1x45°                     | 200                    | 0,2                    | 1                | 0,7             | 900                     | 1 + 0,5                      | 0,001              | 3,0             |
| 10     | Nůž PCLNR 3225 P 12<br>Soustružit $\varnothing 60$                    | 200                    | 0,2                    | 3                | 2,0             | 900                     | 25 + 0,5                     | 0,850              | 4,0             |
| 11     | Nůž GLDCR 2525 M 03<br>Soustružit zápich do $\varnothing 56$          | 100                    | 0,2                    | 1                | 4,0             | 560                     | 2 + 0,3                      | 0,021              | 3,0             |
| 12     | Nůž PSDNN 2525 M 12<br>Srazit hranu 2x45°                             | 200                    | 0,2                    | 1                | 1,4             | 900                     | 2 + 0,5                      | 0,014              | 2,5             |
|        | Odjehlít $\varnothing 70$                                             | 200                    | 0,2                    | 1                | 0,1             | 900                     | 0,1 + 0,1                    | 1·10 <sup>-3</sup> | 1,0             |

Vzhledem k rozsahu bakalářské práce je rozpracována pouze operace 0020, která je stěžejní (časově nejvíce náročná).

### Rozbor návodky

**a) Otáčky** jsou stanoveny dle možností hrotového soustruhu SV 18 RA. Při jejich volbě bylo také přihlédnuto na to, aby pracovník nemusel zbytečně měnit počet otáček (docházelo by tak ke zbytečným časovým ztrátám při výrobě).

**b) Posuvy** jsou stanoveny dle možností stroje a jednotlivých nástrojů. Při jejich volbě bylo taktéž přihlédnuto na to, aby pracovník nemusel zbytečně měnit velikost strojního posuvu.

**c) Vedlejší časy** jsou pouze orientační a jsou schváleny po konzultaci s vedoucím oddělení výroby firmy ČKD Hradec Králové.

**Použité vzorce** pro vytvoření výrobní návodky:

Řezná rychlost  $v_c$

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.19)$$

Celková dráha nástroje  $L_o$

$$L_o = l_p + l + l_n \quad (2.20)$$

Čas kusový pro soustružení  $t_{AC}$

$$t_{AC} = \frac{L_o \cdot i}{n \cdot f} \quad (2.21)$$

Celkový čas operace 0020

Vstupní hodnoty:

– součet časů strojních

$t_{AC} = 18,0 \text{ min}$

– součet časů vedlejších

$t_{BC} = 42,0 \text{ min}$

$$t_{AS} = \Sigma t_{AC} + \Sigma t_{BC} \quad (2.22)$$

Celkový čas vynaložený na operaci 0020 je 60,0 minut.

Celkový čas operace 0020 pro sérii 100ks

Vstupní hodnoty:

- součet časů strojních  $t_{AC} = 18,00 \text{ min}$
- součet časů vedlejších  $t_{BC} = 42,00 \text{ min}$
- velikost série  $s = 100 \text{ ks}$

$$t_{AS_{100}} = (s \cdot \Sigma t_{AC}) + \Sigma t_{BC} \quad (2.23)$$

Celkový čas vynaložený na operaci 0020 pro sérii 100 ks při výrobě na 1ks hrotového soustruhu SV 18 je 1 842 minut, což odpovídá 30,7 hodin.

Celkový čas operace 0020 pro sérii 10 000ks

Vstupní hodnoty:

- součet časů strojních  $t_{AC} = 18,00 \text{ min}$
- součet časů vedlejších  $t_{BC} = 42,00 \text{ min}$
- velikost série  $s = 10\,000 \text{ ks}$

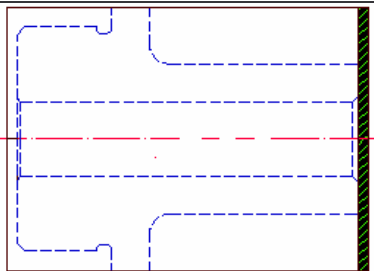
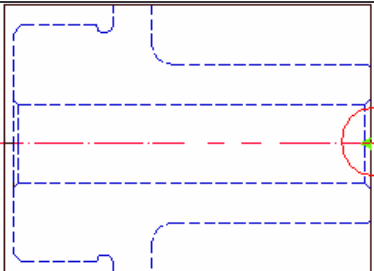
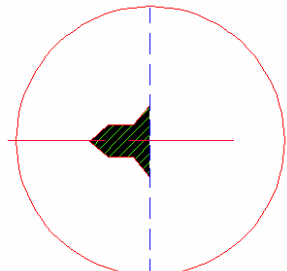
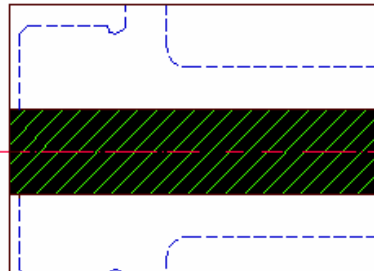
$$t_{AS_{100}} = (s \cdot \Sigma t_{AC}) + \Sigma t_{BC} \quad (2.24)$$

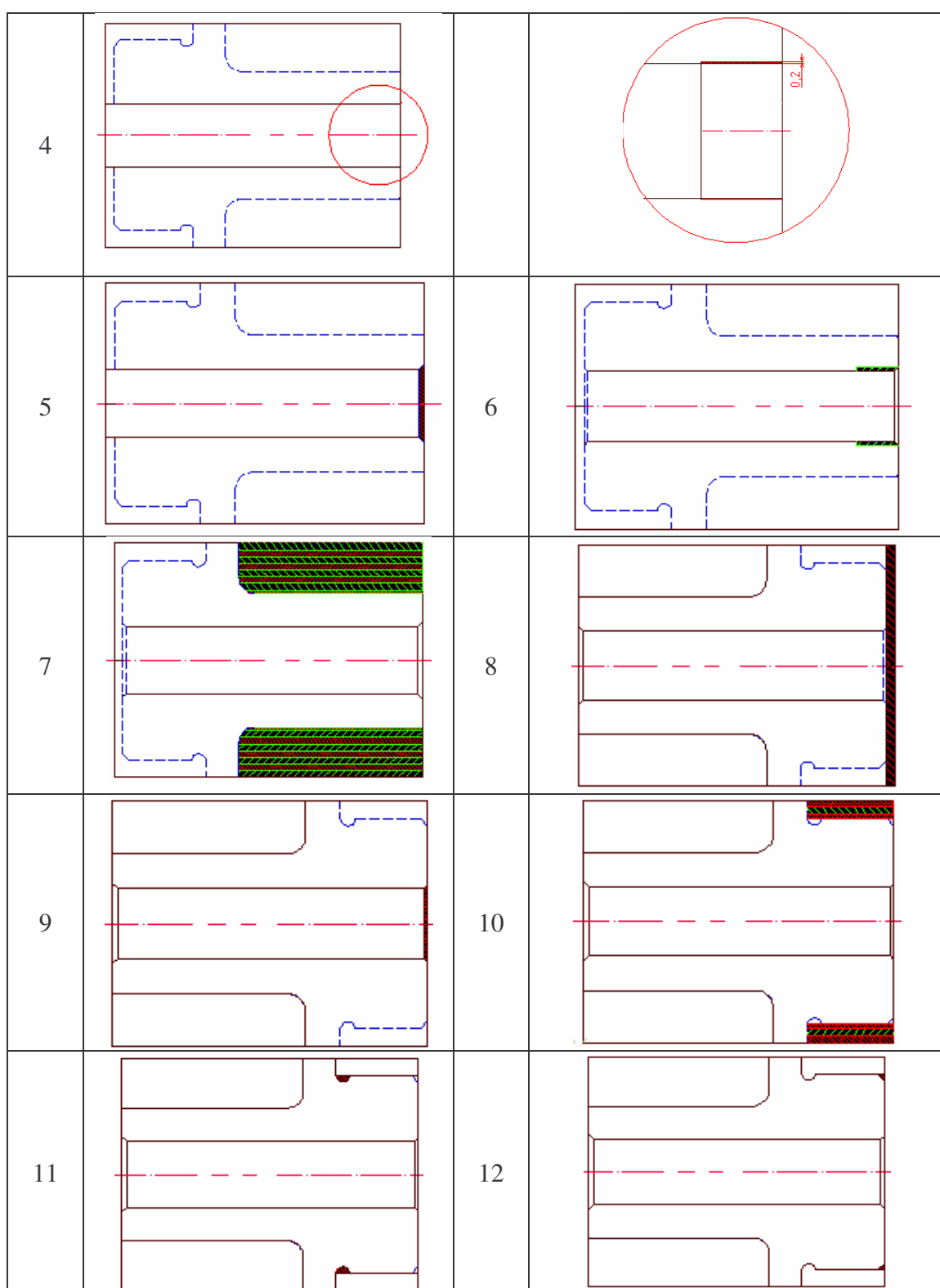
Celkový čas vynaložený na operaci 0020 pro sérii 10 000 ks při použití 1ks hrotového soustruhu SV18 je 180 042 minut, tedy 3000,7 hod.

**Grafická znázornění odběru třísek pro operaci 0020 podle jednotlivých operací z výrobní návodky.**

Jednotlivé odběry třísek jsou řešeny v tab.2.10

Tab. 2.11 Schémata úběrů třísek pro operaci 0020

| Pořadí | Schema                                                                              | Pořadí | Schema                                                                               |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      |  | 2      |  |
|        |  | 3      |  |



### 3 ZHODNOCENÍ

Kapitola je z důvodu propočtu dvou variant členěna na relativně velké množství podkapitol (ve formě nadpisů), tím je velmi obsáhlá.

Varianta 1 je hodnocena v kapitole 3.1.1 a varianta 2 je v kapitole 3.1.2.

#### 3.1 Ekonomický propočet pro jednotlivé série

##### 3.1.1 Propočet pro sérii 100 ks

Propočet pro sérii 100 ks se skládá z těchto částí:

- počet kotoučových pil při výrobě 100 ks pro operaci 0010
- počet hrotových soustruhů při výrobě 100 ks pro operaci 0020
- počet frézek univerzálních při výrobě 100 ks pro operaci 0030
- počet hrotových soustruhů při výrobě 100 ks pro operaci 0040
- počet zámečnických dělníků při výrobě 100 ks pro operaci 0050
- počet kontrolních dělníků při výrobě 100 ks pro operaci 0060

Pro výrobu součásti „Nátrubek“ je k dispozici z vybraných strojů 2 ks pily kotoučové PKA 35, 4 ks hrotových soustruhů SV 18 a 2 ks frézky univerzální FB 40 U.

Celková tabulka je uvedena na konci této podkapitoly.

Tab. 3.1 Časy jednotlivých operací ( získané z archivu firmy ČKD Hradec Králové ) včetně času celkového viz příloha č.4.

| Operace  | Čas vedlejší<br>[min] | Čas strojní<br>[min] | Vykonaný čas celkem při výrobě 100 ks<br>[hod] |
|----------|-----------------------|----------------------|------------------------------------------------|
| 0010     | 6,00                  | 1,68                 | 2,90                                           |
| 0020     | 42,00                 | 18,00                | 30,7                                           |
| 0030     | 24,00                 | 4,20                 | 7,40                                           |
| 0040     | 36,00                 | 9,00                 | 15,6                                           |
| 0050     | 6,00                  | 4,20                 | 7,10                                           |
| 0060     | 0,00                  | 0,06                 | 0,10                                           |
| <b>Σ</b> | <b>114,00</b>         | <b>37,14</b>         | <b>63,80</b>                                   |

##### Počet kotoučových pil při výrobě 100 ks pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- celkový čas řezání  $t_{\bar{r}} = 2,90$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{pil} = \frac{t_{\bar{r}}}{t_s} \quad (3.1)$$

Pro nařezání 100 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 1 ks pily kotoučové PKA 35.

**Počet hrotových soustruhů při výrobě 100 ks pro operaci 0020**

Vstupní hodnoty:

- celkový čas soustružení  $t_{\text{soustruž1}} = 30,7$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{\text{soustruh1}} = \frac{t_{\text{soustruž1}}}{t_s} \quad (3.2)$$

Pro vysoustružení 100 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 5 ks hrotových soustruhů SV 18.

**Zhodnocení výpočtu dle vzorce 3.2**

Tento výsledek je vzhledem k počtu vyráběných kusů nevyhovující. Jsou zde tato možná řešení:

- a) výroba ve 2 směnách za využití 3 hrotových soustruhů v první směně a 2 hrotových soustruhů ve směně druhé
- b) výrobu je možno rozdělit do více dnů

**Počet frézek univerzálních při výrobě 100 ks pro operaci 0030**

Vstupní hodnoty:

- celkový čas frézování  $t_{\text{frézování}} = 7,40$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{\text{frézování}} = \frac{t_{\text{frézování}}}{t_s} \quad (3.3)$$

Pro vyfrézování 100 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 1 ks frézky univerzální FB 40 U.

**Zhodnocení výpočtu dle vzorce 3.3**

Vzhledem k tomu, že operaci frézování předchází soustružení, při němž výroba 100 ks součásti není realizovatelná v jedné směně s ohledem na vybavení firmy, je tedy nutné tuto operaci rozdělit buď na více směn, nebo do více pracovních dnů. Toto rozdělení je závislé na předchozí operaci (soustružení).

**Počet hrotových soustruhů při výrobě 100 ks pro operaci 0040**

Vstupní hodnoty:

- celkový čas soustružení  $t_{\text{soustruž2}} = 15,60$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{\text{soustruh2}} = \frac{t_{\text{soustruž2}}}{t_s} \quad (3.4)$$

Pro vysoustružení 100 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu jsou zapotřebí 3 ks hrotových soustruhů SV 18.

### Zhodnocení výpočtu dle vzorce 3.4

Tento výsledek je vzhledem k počtu vyráběných kusů nevyhovující. Jsou zde tato možná řešení:

- a) výroba ve 2 směnách za využití 2 hrotových soustruhů v první směně a 1 hrotového soustruhu ve směně druhé
- b) výrobu je možno rozdělit do více dnů

### Počet zámečnických dělníků při výrobě 100 ks pro operaci 0050

Vstupní hodnoty:

- celkový čas zámečnických prací  $t_{zám} = 7,10$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{zám} = \frac{t_{zám}}{t_s} \quad (3.5)$$

Pro odjehlení 100 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je potřeba 1 zámečnický dělník.

### Počet kontrolních dělníků při výrobě 100 ks pro operaci 0060

Vstupní hodnoty:

- celkový čas kontrolních prací  $t_{kontrol} = 0,10$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{kontrol} = \frac{t_{kontrol}}{t_s} \quad (3.6)$$

Pro kontrolu 100 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 1 kontrolní dělník.

### Shrnutí kapacitního propočtu pro výrobní sérii 100 ks

Tab. 3.2 Tabulka kapacitního propočtu pro výrobní sérii 100 ks (orientační)

| Operace | Název stroje (dělník) | Potřebný počet strojů (dělníků) | Počet strojů (dělníků) v 1. směně | Počet strojů (dělníků) ve 2. směně |
|---------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 0010    | Pila kotoučová PKA35  | 1                               | 1                                 | 0                                  |
| 0020    | Hrotový soustruh SV18 | 5                               | 3                                 | 2                                  |
| 0030    | Frézka un. FB40U      | 1                               | 1                                 | 0                                  |
| 0040    | Hrotový soustruh SV18 | 3                               | 2                                 | 1                                  |
| 0050    | Zámečnický dělník     | 1                               | 1                                 | 0                                  |
| 0060    | Kontrolní dělník      | 1                               | 1                                 | 0                                  |

Časový plán využití jednotlivých strojů a dělníků je zobrazen v kap. 4.



### 3.1.2 Propočet pro sérii 10 000 ks

Propočet pro sérii 10 000 ks se skládá z těchto částí:

- počet kotoučových pil při výrobě 10 000 ks pro operaci 0010
- počet hrotových soustruhů při výrobě 10 000 ks pro operaci 0020
- počet frézek univerzálních při výrobě 10 000 ks pro operaci 0030
- počet hrotových soustruhů při výrobě 10 000 ks pro operaci 0040
- počet zámečnických dělníků při výrobě 10 000 ks pro operaci 0050
- počet kontrolních dělníků při výrobě 10 000 ks pro operaci 0060

Celková tabulka je uvedena na konci této podkapitoly.

Tab. 3.3 Časy jednotlivých operací (získané z archivu firmy ČKD Hradec Králové) včetně času celkového viz příloha č.4.

| Operace                    | Čas vedlejší [min] | Čas strojní [min] | Vykonaný čas celkem $\Sigma t$ při výrobě 10 000 ks [hod] |
|----------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------|
| 0010                       | 6,00               | 1,68              | 280,10                                                    |
| 0020                       | 42,00              | 18,00             | 3 000,70                                                  |
| 0030                       | 24,00              | 4,20              | 700,40                                                    |
| 0040                       | 36,00              | 9,00              | 1 500,60                                                  |
| 0050                       | 6,00               | 4,20              | 700,10                                                    |
| 0060                       | 0,00               | 0,06              | 10,00                                                     |
| <b><math>\Sigma</math></b> | <b>114,00</b>      | <b>37,14</b>      | <b>6 191,90</b>                                           |

#### Počet kotoučových pil při výrobě 10 000 ks pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- celkový čas řezání  $t_f = 280,10$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{pil} = \frac{t_f}{t_s} \quad (3.7)$$

Pro nařezání 10 000 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 38 ks pily kotoučové PKA 35.

#### Zhodnocení výpočtu dle vzorce 3.7

Vzhledem k podnikovému vybavení je tento parametr nereálný.

Jsou zde tato možná řešení:

- a) výrobu je možno rozdělit do více dnů na jednosměnný provoz
- b) výrobu je možno rozdělit do více dnů na dvousměnný provoz
- c) výrobu je možno rozdělit do více dnů na trojsměnný provoz

#### Počet hrotových soustruhů při výrobě 10 000 ks pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- celkový čas soustružení  $t_{\text{soustruž1}} = 3000,7$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{\text{soustruhl}} = \frac{t_{\text{soustruž1}}}{t_s} \quad (3.8)$$

Pro vysoustružení 10 000 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 401 ks hrotových soustruhů SV 18.

**Zhodnocení výpočtu dle vzorce 3.8**

Tento výsledek je však nepřijatelný, vzhledem k vybavení firmy. Jsou zde tato možná řešení:

- a) výrobu je možno rozdělit do více dnů na jednosměnný provoz
- b) výrobu je možno rozdělit do více dnů na dvousměnný provoz
- c) výrobu je možno rozdělit do více dnů na trojsměnný provoz

**Počet frézek univerzálních při výrobě 10 000 ks pro operaci 0030**

Vstupní hodnoty:

- celkový čas frézování  $t_{\text{frézování}} = 700,40$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{\text{frézování}} = \frac{t_{\text{frézování}}}{t_s} \quad (3.9)$$

Pro vyfrézování 10 000 ks součástí „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 94 ks frézek univerzálních FB 40 U.

**Zhodnocení výpočtu dle vzorce 3.9**

Vzhledem k tomu, že operaci frézování předchází soustružení, při němž výroba 10 000 ks součástí není realizovatelná v jedné směně s ohledem na vybavení firmy, je nutné tuto operaci rozdělit na více pracovních dní a dále na jednosměnný, dvousměnný popřípadě trojsměnný provoz. Toto rozdělení je závislé na předchozí operaci (soustružení).

**Počet hrotových soustruhů při výrobě 10 000 ks pro operaci 0040**

Vstupní hodnoty:

- celkový čas soustružení  $t_{\text{soustruž2}} = 1500,60$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{\text{soustruž2}} = \frac{t_{\text{soustruž2}}}{t_s} \quad (3.10)$$

Pro vysoustružení 10 000 ks součástí „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 201 ks hrotových soustruhů SV 18.

**Zhodnocení výpočtu dle vzorce 3.10**

Tento výsledek je však nepřijatelný, vzhledem k vybavení firmy. Jsou zde tato možná řešení:

- a) výrobu je možno rozdělit do více dnů na jednosměnný provoz
- b) výrobu je možno rozdělit do více dnů na dvousměnný provoz
- c) výrobu je možno rozdělit do více dnů na trojsměnný provoz

**Počet zámečnických dělníků při výrobě 10 000 ks pro operaci 0050**

Vstupní hodnoty:

- celkový čas zámečnických prací  $t_{zám} = 700,10$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{zám} = \frac{t_{zám}}{t_s} \quad (3.11)$$

Pro odjehlení 10 000 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu je zapotřebí 94 zámečnických dělníků.

**Počet kontrolních dělníků při výrobě 10 000 ks pro operaci 0060**

Vstupní hodnoty:

- celkový čas kontrolních prací  $t_{kontrol} = 10,00$  hod
- využitý čas ze směny pracovníka  $t_s = 7,50$  hod

$$\Sigma_{kontrol} = \frac{t_{kontrol}}{t_s} \quad (3.12)$$

Pro kontrolu 10 000 ks součásti „Nátrubek“ za jednu směnu jsou zapotřebí 2 kontrolní dělníci.

**Shrnutí kapacitního propočtu pro výrobní sérii 10 000 ks**

Tab. 3.4 Tabulka kapacit. propočtu pro výrobní sérii 10 000 ks (orientační)

| Operace | Název stroje (dělník) | Potřebný počet strojů (dělníků) |
|---------|-----------------------|---------------------------------|
| 0010    | Pila kotoučová PKA35  | 38                              |
| 0020    | Hrotový soustruh SV18 | 401                             |
| 0030    | Frézka un. FB40U      | 94                              |
| 0040    | Hrotový soustruh SV18 | 201                             |
| 0050    | Zámečnický dělník     | 94                              |
| 0060    | Kontrolní dělník      | 2                               |

Časový plán využití jednotlivých strojů a dělníků je zobrazen v kap. 4.

**Náklady na mzdy<sup>14</sup>**

**Tarifní mzda** – ve firmě je uplatněn tarifní systém se sedmi tarifními stupni v kategorii D

Soustružník je zařazen v tarifním stupni 5 nebo 6.

**V 5. tarifním stupni** je měsíční mzda **9 610 Kč** => 59,12 Kč.hod<sup>-1</sup>.

**V 6. tarifním stupni** je měsíční mzda **11 160 Kč** => 68,68 Kč.hod<sup>-1</sup>.

Zařazení do tarifních stupňů je závislé na funkčním zařazení zaměstnance dle vykonané pracovní činnosti a splnění kvalifikačních předpokladů v souladu s platným kvalifikačním katalogem prací.

**Mzdový rozsah**<sup>14</sup> – úměrný výkonnosti zaměstnance. Přiznání tohoto rozsahu se váže na celk. hodnocení zaměstnance a je podmíněno jednotlivých pracovních úkolů hlavně s ohledem na:

- a) kvalitu a množství vykonané práce
- b) dlouhodobost a stálost výkonu
- c) profesní a kvalifikační požadavky

Výše mzdového rozsahu není ohraničená.

Součet tarifní mzdy a mzdového rozsahu představuje základní mzdu zaměstnance. Mzdové zařazení obdrží zaměstnanec písemně.

**Krácení mzdového rozsahu**<sup>14</sup> – pokud zaměstnanec neplní pracovní úkoly v předpokládané kvalitě a množství, může být mzdový rozsah v průběhu roku krácen, případně zcela odejmut

- v případě zlepšení pracovních výsledků do 6 měsíců, bude mzdový rozsah upraven do původní výše

**Prémie**<sup>14</sup> – poskytují se všem zaměstnancům společnosti v HPP

- je přidělována na výplatě za měsíc
- váže se na výsledky a odpracované hodiny daného měsíce

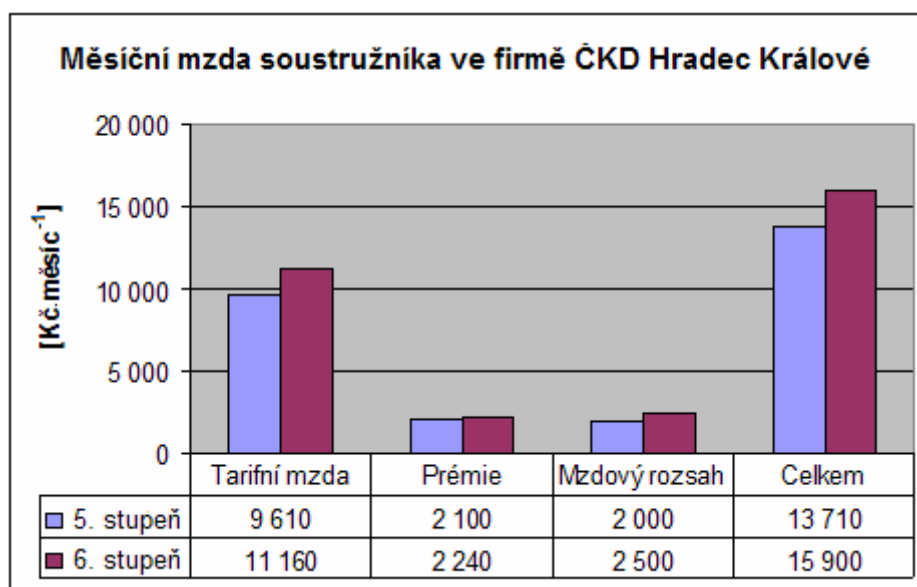
V 5. tarifním stupni je premie **2 100 Kč**<sup>14</sup>.

V 6. tarifním stupni je premie **2 240 Kč**<sup>14</sup>.

### Shrnutí:

Tab. 3.5 Znázornění mzdy pracovníků v jednotlivých tarifních stupních<sup>14</sup>

| Tarifní stupeň | Tarifní mzda<br>[Kč·měsíc <sup>-1</sup> ] | Tarifní mzda<br>[Kč·hod <sup>-1</sup> ] | Prémie<br>[Kč·měsíc <sup>-1</sup> ] | Mzdový rozsah<br>[Kč·měsíc <sup>-1</sup> ] | Celkem<br>[Kč·měsíc <sup>-1</sup> ] |
|----------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| 5. st.         | 9 610                                     | 59,12                                   | 2 100                               | 2 000                                      | 13 710                              |
| 6. st.         | 11 160                                    | 68,68                                   | 2 240                               | 2 500                                      | 15 900                              |



Graf 3.1 Porovnání měsíční mzdy soustružníka v 5. a 6. stupni<sup>14</sup>

### 3.2 Náklady na výrobu součásti „Nátrubek“

Výpočet nákladů na výrobu součásti „Nátrubek“ se skládá z těchto částí:

- náklady na materiál. $\text{tyč}^{-1}$  ( $N_t$ )
- náklady na materiál. $\text{ks}^{-1}$  ( $N_{ks}$ )
- ztráty z nevyužitého konce tyče ( $N_{k1}$ )
- ztráty vznikající z prořezu pilou ( $N_{pp1}$ )
- ztráty vznikající z obrábění přídavků ( $N_{q0}$ )

ČKD Hradec Králové kupuje veškerý materiál od firmy Ferona s.r.o.

1kg materiálu 42 3223.3 se prodává ve firmě Ferona s.r.o. za 56,59 Kč.kg<sup>-1</sup>.

a) Náklady na materiál. $\text{tyč}^{-1}$  ( $N_t$ )

Vstupní hodnoty:

- cena materiálu
- hmotnost tyče

$$c_m = 56,59 \text{ Kč.kg}^{-1}$$

$$Q_t = 101,137 \text{ kg}$$

$$N_t = c_m \cdot Q_t \quad (3.13)$$

Náklady na materiál pro jednu tyč jsou 5723,34 Kč.

b) Náklady na materiál. $\text{ks}^{-1}$  ( $N_{ks}$ )

Vstupní hodnoty:

- cena materiálu
- hmotnost tyče

$$c_m = 56,59 \text{ Kč.kg}^{-1}$$

$$Q_p = 3,202 \text{ kg}$$

$$N_{ks} = c_m \cdot Q_p \quad (3.14)$$

Náklady na materiál pro součást „Nátrubek“ jsou 181,20 Kč.kg<sup>-1</sup>.

c) Ztráty z nevyužitého konce tyče ( $N_{k1}$ )

Vstupní hodnoty:

- cena materiálu  $c_m = 56,59 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče  $q_{k1} = 2,967 \text{ kg}$

$$N_{k1} = c_m \cdot q_{k1} \quad (3.15)$$

Ztráty z nevyužitého konce tyče jsou 167,90 Kč.

d) Ztráty vznikající z prořezu pilou ( $N_{p1}$ )

Vstupní hodnoty:

- cena materiálu  $c_m = 56,59 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost materiálu odebraná pilou  $q_u = 0,067 \text{ kg}$

$$N_{p1} = c_m \cdot q_u \quad (3.16)$$

Ztráty vznikající z prořezu pilou jsou 3,79 Kč.ks<sup>-1</sup>.e) Ztráty vznikající z obrábění přídavků ( $N_{qo}$ )

Vstupní hodnoty:

- cena materiálu  $c_m = 56,59 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost odebraného přídavku  $q_o = 1,897 \text{ kg}$

$$N_{qo} = c_m \cdot q_o \quad (3.17)$$

Ztráty vznikající z obrobení přídavku jsou 107,35 Kč.ks<sup>-1</sup>.

## f) Náklady na výrobu pro jednotlivé operace

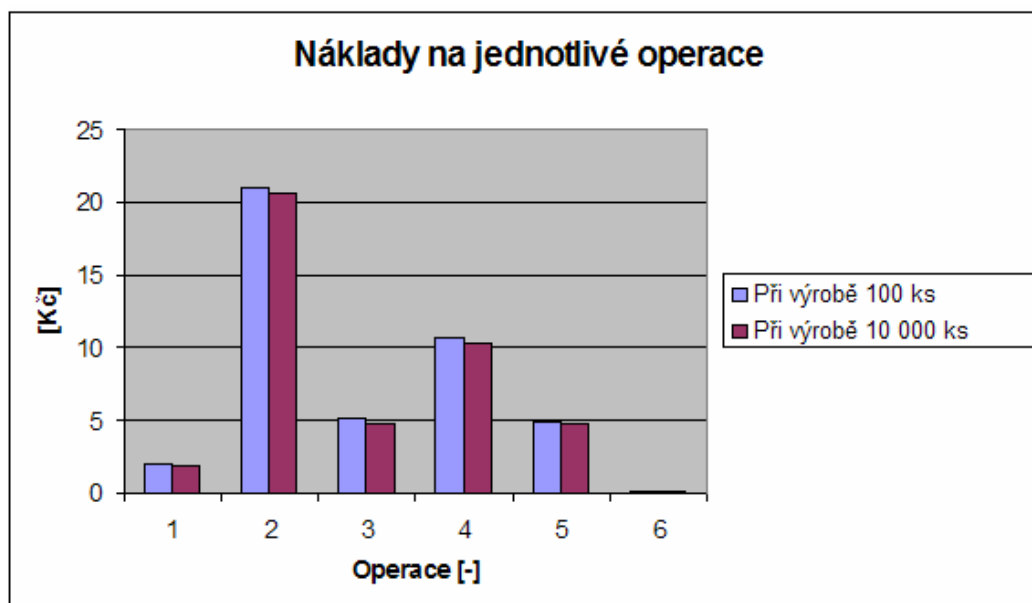
Použité vzorce jsou uvedeny dále pod grafem 3.2

Tab. 3.6 Náklady na výrobu pro 100 ks

| Operace                    | Čas vedlejší<br>$t_B$<br>[min] | Čas strojní<br>$t_A$<br>[min] | Vykonaný čas<br>celkem $\Sigma t$<br>[hod] | Celková výrobní<br>cena<br>[Kč] | Cena za vyrobený<br>kus<br>[Kč.ks <sup>-1</sup> ] |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|
| 0010                       | 6,00                           | 1,68                          | 2,90                                       | 199,172                         | 1,992                                             |
| 0020                       | 42,00                          | 18,00                         | 30,70                                      | 2 108,476                       | 21,085                                            |
| 0030                       | 24,00                          | 4,20                          | 7,40                                       | 508,232                         | 5,082                                             |
| 0040                       | 36,00                          | 9,00                          | 15,6                                       | 1071,408                        | 10,714                                            |
| 0050                       | 6,00                           | 4,20                          | 7,10                                       | 487,628                         | 4,876                                             |
| 0060                       | 0,00                           | 0,06                          | 0,10                                       | 6,868                           | 0,069                                             |
| <b><math>\Sigma</math></b> | <b>114,00</b>                  | <b>37,14</b>                  | <b>64,50</b>                               | <b>4 381,784</b>                | <b>43,818</b>                                     |

Tab. 3.7 Náklady na výrobu pro 10 000 ks

| Operace                    | Čas vedlejší<br>$t_B$<br>[min] | Čas strojní<br>$t_A$<br>[min] | Vykonaný čas<br>celkem $\Sigma t$<br>[hod] | Celková výrobní<br>cena<br>[Kč] | Cena za vyrobený<br>kus<br>[Kč.ks <sup>-1</sup> ] |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|
| 0010                       | 6,00                           | 1,68                          | 280,100                                    | 19 237,268                      | 1,924                                             |
| 0020                       | 42,00                          | 18,00                         | 3 000,700                                  | 206 088,076                     | 20,609                                            |
| 0030                       | 24,00                          | 4,20                          | 700,400                                    | 48 103,472                      | 4,810                                             |
| 0040                       | 36,00                          | 9,00                          | 1 500,600                                  | 10 3061,208                     | 10,306                                            |
| 0050                       | 6,00                           | 4,20                          | 700,100                                    | 48 082,868                      | 4,808                                             |
| 0060                       | 0,00                           | 0,06                          | 10,000                                     | 686,800                         | 0,069                                             |
| <b><math>\Sigma</math></b> | <b>114,00</b>                  | <b>37,14</b>                  | <b>6191,900</b>                            | <b>425 259,692</b>              | <b>42,526</b>                                     |



Graf 3.2 Porovnání nákladů na jednotlivé operace pro aktuální a výhledovou studii

Z grafu je patrné, že při zvyšující se sérii vyráběných kusů klesají náklady na výrobu.

#### Použité vzorce pro výpočty v Tab 3.4 a Tab 3.5:

##### Vykonaný čas celkem $\Sigma t$

Vstupní hodnoty:

- čas vedlejší  $t_B$
- čas strojní  $t_A$
- počet vyráběných kusů (100, 10 000)

$$\Sigma t = (t_A \cdot 100) + t_B \quad (3.18)$$

**Celková výrobní cena Kč**

Vstupní hodnoty:

- mzda pracovníka  $\$ = 68,68 \text{ Kč}$
- vykonaný čas celkem  $\Sigma t$

$$K\check{c} = \Sigma t \cdot \$ \quad (3.19)$$

**Cena za vyrobený kus  $K\check{c}_{ks}$** 

Vstupní hodnoty:

- celková výrobní cena  $K\check{c}$
- počet vyráběných kusů  $(100, 10\,000)$

$$K\check{c}_{ks} = \frac{K\check{c}}{100} \quad (3.20)$$

**Shrnutí****Série 100 ks.rok<sup>-1</sup>**

Vstupní hodnoty:

- náklady na materiál  $N_{ks} = 181,20 \text{ Kč}$
- režijní náklady  $N_{režie} = 635,00 \text{ Kč.hod}^{-1}$
- čas vedlejší na jeden kus  $t_B = 0,019 \text{ hod.ks}^{-1}$
- čas strojní na jeden kus  $t_A = 0,619 \text{ hod.ks}^{-1}$
- ztráty z nevyužitého konce tyče  $N_{k11} = 5,597 \text{ Kč.ks}^{-1}$
- náklady na výrobu 1 ks při sérii 100 ks  $K\check{c}_{ks} = 43,818 \text{ Kč}$
- ztráty z prořezu pilou  $N_{pp1} = 3,791 \text{ Kč.ks}^{-1}$

$$\Sigma_{nákladů_{100ks}} = (N_{režie} \cdot t_A) + (N_{režie} \cdot t_B) + N_{ks} + K\check{c}_{ks} + N_{k11} + N_{pp1} \quad (3.21)$$

Celkové náklady na výrobu součásti „Nátrubek“ při sérii 100 ks jsou  $639,54 \text{ Kč.ks}^{-1}$ .

Doporučená prodejní cena vyráběné součásti při sérii 100 ks je  $640 \text{ Kč.ks}^{-1}$ .

**Série 10 000 ks.rok<sup>-1</sup>**

Vstupní hodnoty:

- náklady na materiál  $N_{ks} = 181,20 \text{ Kč}$
- režijní náklady  $N_{režie} = 635 \text{ Kč.hod}^{-1}$
- čas vedlejší na jeden kus  $t_B = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ hod.ks}^{-1}$
- čas strojní na jeden kus  $t_A = 0,619 \text{ hod.ks}^{-1}$
- ztráty z nevyužitého konce tyče  $N_{k11} = 5,597 \text{ Kč.ks}^{-1}$
- náklady na výrobu 1 ks při sérii 10 000 ks  $K\check{c}_{ks} = 42,526 \text{ Kč}$
- ztráty z prořezu pilou  $N_{pp1} = 3,791 \text{ Kč.ks}^{-1}$

$$\Sigma_{nákladů_{10\,000ks}} = (N_{režie} \cdot t_A) + (N_{režie} \cdot t_B) + N_{ks} + K\check{c}_{ks} + N_{k11} + N_{pp1} \quad (3.22)$$

Celkové náklady na výrobu součásti „Nátrubek“ při sérii 10 000 ks jsou  $626,30 \text{ Kč.ks}^{-1}$ .

Doporučená prodejní cena vyráběné součásti při sérii 10 000 ks je  $630 \text{ Kč.ks}^{-1}$ .



## 4 ZAVEDENÍ DO VÝROBY

Zavedení do výroby řeší verze pro 100ks.rok<sup>-1</sup> a 10 000ks.rok<sup>-1</sup> (viz kap.3).

### 4.1 Zavedení do výroby při sérii 100 ks.rok<sup>-1</sup>

#### Jednotlivé operace

##### – Operace 0010 (řezání)

Pro řezání mat. navrhuji využít **1ks pily kotoučové PKA 35** a na její obsluhu 1 pracovník v jednosměnném provozu a to na ranní směnu. Tyto podmínky zajišťují nařezání 100 ks za jeden den v jedné směně.

##### – Operace 0020 (soustružení)

Pro soustružení mat. navrhuji využít **2 ks hrotových soustruhů SV 18** a pro jejich obsluhu na každý stroj jednoho pracovníka ve dvou-směnném provozu a to na ranní a odpolední směnu. Tyto podmínky zajišťují vysoustružení 100 ks za 1 den a 42 min. Těchto 42 min lze eliminovat formou přesčasů.

##### – Operace 0030 (frézování)

Pro frézování mat. navrhuji využít **1 ks frézky univerz. FB 40 U** a pro její obsluhu jednoho pracovníka v jednosměnném provozu, a to na odpolední směnu. Tyto podmínky zajišťují vyfrézování 100 ks za jeden den v jedné směně.

##### – Operace 0040 (soustružení)

Pro soustružení mat. navrhuji využít **1 ks hrot. soustruhu SV 18** a pro jeho obsluhu jednoho pracovníka ve dvousměnném provozu a to na odpolední a noční směnu. Tyto podmínky zajišťují vysoustružení 100 ks za 1 den a 36 minut. Těchto 36 minut lze eliminovat formou přesčasů.

##### – Operace 0050 (zámečnické práce)

Na zámečnické práce navrhuji zaměstnat **jednoho dělníka** v jednosměnném provozu, a to na noční směnu.

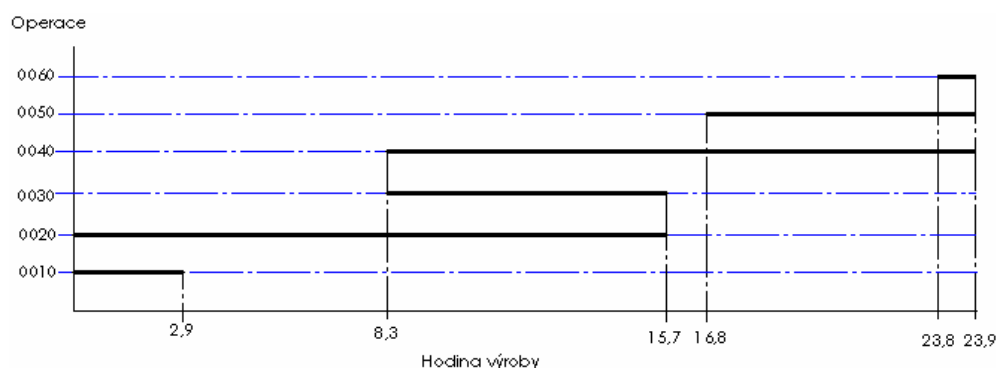
##### – Operace 0060 (kontrolní práce)

Na kontrolní práce navrhuji zaměstnat **jednoho kontrolora** v jednosměnném provozu, a to na noční směnu.

#### Časový diagram

Výše uvedené rozbory jsou znázorněny v celkovém časovém diagramu na obr. 4.1.

Vedení firmy ČKD Hradec Králové přistoupilo na tyto navržené podmínky.



Obr. 4.1 Časový diagram výroby pro sérii 100 ks

## 4.2 Zavedení do výroby při sérii 10 000 ks.rok<sup>-1</sup>

### – Operace 0010 (řezání)

Pro řezání mat. navrhuji využít **2ks pily kotoučové PKA 35** a pro jejich obsluhu na každý stroj jednoho pracovníka v trojsměnném provozu. Tyto podmínky zajišťují nařezání 10 000 ks za 6 dní a 1,7 hodiny přesčasu.

### – Operace 0020 (soustružení)

Pro soustružení mat. navrhuji využít **5 ks hrotových soustruhů SV 18** a pro jejich obsluhu na každý stroj jednoho pracovníka v trojsměnném provozu. Tyto podmínky zajišťují vysoustružení 10 000 ks za 27 dní.

### – Operace 0030 (frézování)

Pro frézování mat. navrhuji využít **2 ks frézky univerzální FB 40U** a pro její obsluhu na každý stroj jednoho pracovníka v trojsměnném provozu. Tyto podmínky zajišťují vyfrézování 10 000 ks za 16 dní. Z toho plyne, že frézařské práce by měly začít 11 dní po spuštění operace 0020.

### – Operace 0040 (soustružení)

Pro soustružení mat. navrhuji využít **2 ks hrotového soustruhu SV 18** a pro jejich obsluhu na každý stroj jednoho pracovníka v trojsměnném provozu. Tyto podmínky zajišťují vysoustružení 10 000 ks za 34 dní. Tato operace by měla být spuštěna současně s operací 0030.

### – Operace 0050 (zámečnické práce)

Na zámečnické práce navrhuji zaměstnat jednoho dělníka v trojsměnném provozu, a to na 32 dní. Z toho tedy plyne, že zám. práce by měly začít 2 dny po spuštění operace 0040.

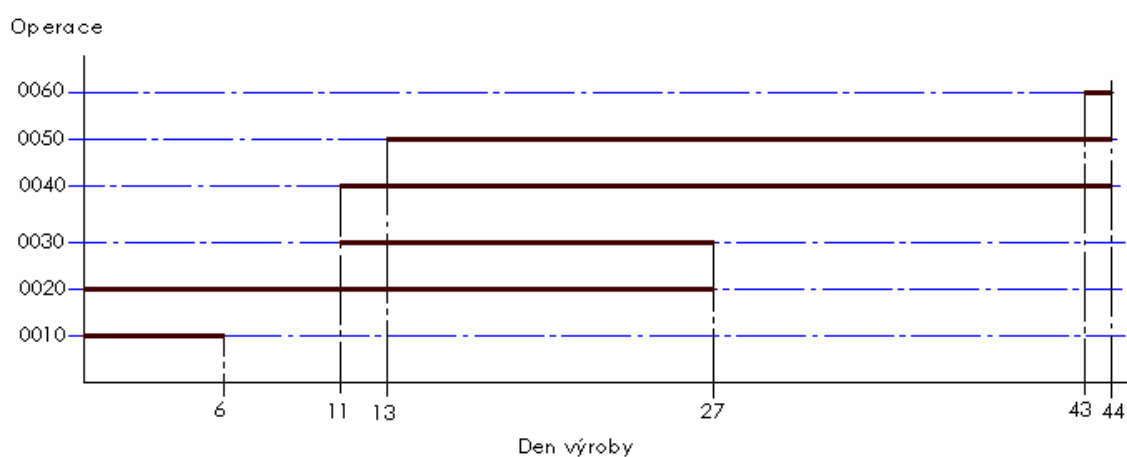
### – Operace 0060 (kontrolní práce)

Na kontrolní práce navrhuji zaměstnat jednoho kontrolora ve dvousměnném provozu, a to na odpolední a noční směnu posledního 44. dne výroby součásti „Nátrubek“.

**Časový diagram**

Výše uvedené rozborů jsou znázorněny v celkovém časovém diagramu na obr. 4.2.

Vedení firmy ČKD Hradec Králové přistoupilo na tyto navržené podmínky.



Obr. 4.2 Časový diagram výroby pro sérii 10 000 ks

## ZÁVĚR

Zadané téma bylo navrhnout výrobu součásti „Nátrubek“ s ohledem na strojní vybavení firmy ČKD Hradec Králové. Na její podmínky byla práce řešena. Vzhledem k zaměření firmy je nejprve přiblížena její historie, včetně zdůraznění na vyráběný sortiment. Pro návrh a řešení technologie se vypočítaly velikosti výchozího polotovaru, ze kterého se má součást vyrábět, hmotnost součásti, polotovaru a tyče. Výpočty určily využití materiálu a celkové náklady za materiál připadající na tyč.

Pro sestavení technologického postupu se vycházelo ze strojního vybavení podniku (viz. příloha č. 1). Z nabídky možných výrobních strojů jsem navrhl výrobu při uvažování výroby na univerzálních strojích na kotoučové pile automatické PKA 35, hrotovém soustruhu SV 18 RA a univerzální frézce FB 40U. Při uvažování numericky řízených strojů jsem vycházel ze skutečnosti, že firma ČKD nevlastní žádný takovýto stroj, navrhl jsem tedy použít stroj SFB 50 CNC, a to hlavně kvůli tomu, že je ve vlastnictví firmy ZVU Hradec Králové, která sídlí poblíž areálu ČKD. Firmy mezi sebou úzce spolupracují. Ovšem při vyráběné sérii 100 ks.rok<sup>-1</sup> je možnost použití CNC techniky nevýhodná (i za předpokladu kooperace, vzhledem k možnostem navrženého CNC stroje, který by součást z cca 90% vyrobil sám). Ani při uvažování výhledové studie 10 000 ks.rok<sup>-1</sup> by se nákup tohoto stroje celkově nevyplatil kvůli preferování způsobu výroby (frézování). Navržený stroj by sice při této velikosti série byl vhodný, ale po zhotovení poslední součásti by byl ho firma prakticky nevyužívala. Pokud by firma ČKD Hradec Králové chtěla investovat do CNC techniky, navrhuji na základě svého rozboru pořízení CNC frézky.

Nástroje obsažené v technologickém postupu jsou voleny. Při jejich návrhu jsem vycházel především z katalogů od firmy Pramet, se kterou má ČKD Hradec Králové dobré obchodní zkušenosti.

Zhodnocení variant technologie směřovalo k tomu, aby se zjistila celková cena vyráběné součásti, ze které byla dále odvozena doporučená cena prodejní. V návaznosti byla určena celková potřebná kapacita výrobních strojů a pracovníků. Z těchto skutečností jsem dále vycházel pro definování podmínek pro zavedení do výroby, kde jsem navrhl celkový časový plán výroby včetně směnnosti, počtu použitých výrobních strojů a pracovníků v jednotlivých směnách. Navržené podmínky byly ve firmě ČKD Hradec Králové projednány a vedení firmy na ně přistoupilo.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Českomoravská Kolben Daněk*. [online]. c2007 [citováno 30. 03. 2008]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=%C4%8Ceskomoravsk%C3%A1\\_Kolben\\_Dan%C4%9Bk&oldid=1864995](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=%C4%8Ceskomoravsk%C3%A1_Kolben_Dan%C4%9Bk&oldid=1864995)>.
2. HOLDING DT. *Výrobní program*. [online]. [citováno 30. 03. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://www.khc.cz/cesky/program.php>>.
3. LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojírenské tabulky*. 3. doplněné vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
4. LITOMYŠLSKÝ. *Mosaz*. [online]. [citováno 21. 01. 2009]. Dostupný z WWW: <<http://www.litomysky.cz/mat/ms.htm>>.
5. KOČMAN, K., Perníkář, J. *Ročníkový projekt II - obrábění*, [online]. c2002 [citováno 20. 03. 2008]. Dostupný z WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt\\_II-obrabeni.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf)>.
6. ŠTRAJBL, J. *Obráběcí stroje*, 3. upravené a doplněné vydání, SNTL - nakladatelství technické literatury, 1979, 619 s. L13-E1-IV-31/22639.
7. APJ Praha s.r.o., *Generální opravy soustruhů TOS Trenčín typ SV 18 RA* [online]. c2007 [citováno 21. 04. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://www.apj.cz/generalniopravy.htm>>.
8. FERMAT, *SFB 50 CNC*, [online]. [citováno 21. 04. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/11-cnc-soustruhy/16-sfb-50-cnc.html>>.
9. PRAMET, *Turning 2008*, [online]. [citováno 21. 04. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://www.pramet.com/download/katalog/Turning%202008%20CZ.pdf>>.
10. PRAMET, *Milling 2008*, [online]. [citováno 21. 04. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://www.pramet.com/download/katalog/Milling%202008%20CZ.pdf>>.
11. LANDSMANN, *Vrták středící pr. 3,15x52mm, středící (navrtávací) HSS, ČSN 221110 vybroušený*, [online]. [citováno 21. 04. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://www.landsmann.cz/Default.asp?cls=stoitem&stiid=29816#>>.
12. NOVOTNÝ, K., ZEMČÍK, O. *Přípravky a nástroje*, [online]. [citováno 20. 03. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/PripravkyNastroje.pdf>>.
13. MAISTER, *22 3010 závitník M22 NO*, [online]. [citováno 20. 03. 2008]. Dostupný z WWW: <<http://www.maister.cz/223010-metricke-223010-zavitnik-m22-no-33148700-cz.aspx>>.
14. BEZ MOTORY. *Kolektivní smlouva BEZ MOTORY, a.s. HRADEC KRÁLOVÉ, 30.1.2007*.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

| Zkratka/Symbol         | Jednotka                    | Popis                                                                         |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| R <sub>m</sub>         | [Mpa]                       | mez pevnosti                                                                  |
| ρ                      | [kg.m <sup>-3</sup> ]       | hustota materiálu                                                             |
| t                      | [°C]                        | teplota                                                                       |
| d                      | [mm]                        | maximální Ø obrobku                                                           |
| p                      | [mm]                        | přídavek na polotovár                                                         |
| D <sub>pol</sub>       | [mm]                        | Ø polotovaru                                                                  |
| Σ <sub>kst</sub>       | [ks.ks tyčí <sup>-1</sup> ] | počet kusů z jedné tyče                                                       |
| L                      | [m]                         | délka tyče                                                                    |
| p <sub>p</sub>         | [m]                         | prořez pilou                                                                  |
| l <sub>polp</sub>      | [m]                         | délka polotovaru včetně přídavku                                              |
| Σ <sub>kss</sub>       | [ks tyčí]                   | počet tyčí na zhotovení série                                                 |
| s                      | [ks]                        | velikost série                                                                |
| Σ <sub>kst4</sub>      | [ks]                        | počet vyrobených ks ze 4. tyče                                                |
| Σ <sub>vt</sub>        | [ks]                        | počet plně využitých tyčí                                                     |
| V <sub>4</sub>         | [mm]                        | využitá část ze čtvrté tyče                                                   |
| N <sub>4</sub>         | [mm]                        | nevyužitá část ze čtvrté tyče                                                 |
| Q <sub>p</sub>         | [kg]                        | hmotnost polotovaru                                                           |
| m <sub>1</sub>         | [kg]                        | hmotnost přídavku na délku 1                                                  |
| m <sub>2</sub>         | [kg]                        | hmotnost otvoru 2                                                             |
| m <sub>3</sub>         | [kg]                        | hmotnost mezikruží 3                                                          |
| m <sub>4</sub>         | [kg]                        | hmotnost mezikruží 4                                                          |
| Q <sub>s</sub>         | [kg]                        | čistá hmotnost součásti                                                       |
| q <sub>o</sub>         | [kg]                        | ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku                                        |
| q <sub>k1</sub>        | [kg]                        | ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednu tyč            |
| l <sub>nkt1</sub>      | [m]                         | délka nevyužitého konce tyče                                                  |
| q <sub>k4</sub>        | [kg]                        | teoretická ztráta mat. z nevyužitého konce tyče připadající na čtvrtou tyč    |
| l <sub>nkt4</sub>      | [m]                         | délka nevyužitého konce tyče                                                  |
| q <sub>u</sub>         | [kg]                        | ztráta materiálu vzniklá dělením tyče připadající na jednici                  |
| Z <sub>m</sub>         | [kg]                        | celkové ztráty materiálu na jednici                                           |
| N <sub>m</sub>         | [kg]                        | norma spotřeby materiálu                                                      |
| K <sub>m</sub>         | [-]                         | koeficient využití materiálu ( při obrábění bývá K <sub>m</sub> = 0,4 až 0,8) |
| L <sub>o</sub>         | [m]                         | celková dráha nástroje                                                        |
| t <sub>f</sub>         | [hod]                       | celkový čas řezání                                                            |
| t <sub>s</sub>         | [hod]                       | využitý čas ze směny pracovníka                                               |
| t <sub>soustruž1</sub> | [hod]                       | celkový čas soustružení 1                                                     |
| Σ <sub>pil</sub>       | [ks]                        | potřebný počet kotoučových pil PKA35                                          |
| Σ <sub>soustruh1</sub> | [ks]                        | potřebný počet soustruhů SV18                                                 |
| t <sub>frézování</sub> | [hod]                       | celkový čas frézování                                                         |
| Σ <sub>frézování</sub> | [ks]                        | potřebný počet un. frézek FB 40 U                                             |
| t <sub>soustruž2</sub> | [hod]                       | celkový čas soustružení 2                                                     |
| Σ <sub>soustruh2</sub> | [ks]                        | potřebný počet soustruhů SV18                                                 |

| Zkratka/Symbol     | Jednotka                | Popis                                 |
|--------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| $t_{zám}$          | [hod]                   | celkový čas zámečnických prací        |
| $\Sigma_{zám}$     | [ks]                    | potřebný počet zámečnických dělníků   |
| $t_{AS}$           | [min]                   | jednotkový čas strojní                |
| $t_{kontrol}$      | [hod]                   | celkový čas kontrolních prací         |
| $\Sigma_{kontrol}$ | [ks]                    | potřebný počet kontrolních dělníků    |
| $\Sigma_t$         | [hod]                   | vykonaný čas celkem                   |
| $t_{BC}$           | [min]                   | čas dávkový                           |
| $N_t$              | [Kč.tyč <sup>-1</sup> ] | náklady na materiál/tyč               |
| $a_p$              | [mm]                    | hloubka řezu                          |
| $f$                | [mm.ot <sup>-1</sup> ]  | posuv                                 |
| $n$                | [min <sup>-1</sup> ]    | otáčky                                |
| $c_m$              | [Kč.kg <sup>-1</sup> ]  | cena materiálu                        |
| $Q_t$              | [kg]                    | hmotnost tyče                         |
| $N_{ks}$           | [Kč.ks <sup>-1</sup> ]  | náklady na materiál/ks                |
| $\$$               | [Kč.hod <sup>-1</sup> ] | mzda pracovníka                       |
| $N_{k1}$           | [Kč]                    | ztráty z nevyužitého konce tyče       |
| $N_{pp}$           | [Kč]                    | ztráty vznikající z prořezu pilou     |
| $N_{qo}$           | [Kč]                    | ztráty vznikající z obrábění přídavků |
| $N_{ks}$           | [Kč]                    | náklady na materiál                   |
| $N_{režie}$        | [Kč.hod <sup>-1</sup> ] | režijní náklady                       |
| $Kč_{ks}$          | [Kč]                    | náklady na výrobu 1 ks při sérii x ks |

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1      Strojní vybavení firmy ČKD Hradec Králové  
Příloha 2      Výrobní nástroje  
Příloha 3      Technologický postup výroby součásti „Nátrubek“  
Příloha 4      Výrobní časy  
Příloha 5      Výkres součásti „Nátrubek“