



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA HŘÍDELE PRO POHON ZEMĚDĚLSKÉHO STROJE

ON THE PRODUCTION OF A SHAFT FOR AGRICULTURAL MACHINERY  
DRIVE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

TOMÁŠ TENORA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV PÍŠKA, CSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2013/14

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Tomáš Tenora

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:

### **Výroba hřídele pro pohon zemědělského stroje**

A anglickém jazyce:

### **On the production of a shaft for agricultural machinery drive**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor technické dokumentace výroby hřídele pro zemědělskou techniku, analýzy technologie stávající výroby, její inovace, technologicko-ekonomické zhodnocení nové technologie.

Cíle bakalářské práce:

Úvod

Rozbor technické dokumentace

Analýza technologie stávající výroby

Návrh nové technologie

Technologicko-ekonomické zhodnocení nové technologie

Závěr

Seznam odborné literatury:

1. BARÁNEK, I. Rezné materiály pre rýchlostné, tvrdé a suché obrábanie. s. 112. ISBN 80-8075-013-0.
2. BARÁNEK, I., ŠANDORA, J.: Výroba vybraných súčiastok špeciálnej techniky. TnUAD, Trenčín, 2004 s. 212, ISBN 80-8075-013-0.
3. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Produktivní obrábění kovů. Švédsko CMSE. 1997. 300s.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. (Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. Překlad M. Kudela.), 1. vyd., Praha, Scientia, s.r.o., 1997. 857s., ed. J. Machač, J. Řasa, ISBN 91-97 22 99-4-6.
5. KOČMAN, K. Speciální technologie. Obrábění. 1. vyd. CERN Brno, 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8.
6. WAGNER, F.-HÄRLE, P.-MAYER, S.-WAGNER, E. Technika a programování NC strojů. 1. vydání 1994, Praha, 88s., ISBN 80-901-657-5-3.
7. LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. 3. upravené a doplněné vydání. Scientia, 1999, Praha, 986s., ISBN 80-7183-164-6.
8. DRASTÍK, F. et al. Strojnická příručka. Svazky 1-2. Verlag Dashofer. 1. vyd., 2002, ISBN 80-86229-65-3.
9. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály. MM Průmyslové spektrum. Speciální vydání včetně CD. 110 s. Praha, 2004, ISSN 1212-2572.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 21. 11. 2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan

## ABSTRAKT

Předmětem zadané bakalářské práce je analýza technologie výroby hřídele pro pohon zemědělského stroje. Po rozboru technické dokumentace práce obsahuje analýzu stávající výroby v podmínkách firmy. Vlastním cílem bakalářské práce je navržení technologie zadané součástky z hlediska efektivnější výroby, která obsahuje celkem šest alternativních technologií. Dílčí varianty jsou propočteny a graficky znázorněny. Pro inovaci výroby jsou doporučeny varianty využití vícestrojové obsluhy, změny obráběcích nástrojů a změna technologického postupu, při kterých se dosahují významné úspory výrobních nákladů.

### Klíčová slova

Soustružení, vrták, technologie výroby, strojní čas, vícestrojová obsluha.

## ABSTRACT

The subject of the assigned bachelor's thesis is to analyse the production technology for shaft agricultural machinery drive. After analysing the technical documentation, the thesis includes the analysis of current production conditions in the company. The main goal of the thesis is to design a technology of components, specified in terms of more efficient production, which includes six alternative technologies in total. Sub-variants are calculated and graphically displayed. To innovate the production process there are recommended variants of usage of multi-machine operator, change of machine tools and change of technological processes. Thanks to it the significant cost savings are achieved.

### Key words

Turning, drill bit, production technology, machine time, machine coupling.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TENORA, Tomáš. *Výroba hřídele pro pohon zemědělského stroje*. Brno, 2014. 46 s, 15 příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba hřídele pro pohon zemědělského stroje** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Tomáš Tenora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou děkuji prof. Ing. Miroslavu Piškovi, CSc. za cenné odborné rady a poznatky, které přispěli k vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji firmě Letovické strojírný s.r.o. za umožnění zpracování bakalářské práce, cenné podklady a informace. Jmenovité poděkování patří Františku Bednáři a Josefu Kohoutkovi za vstřícný přístup a předané zkušenosti.

Za podporu ve studiu děkuji své rodině a blízkým přátelům.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 PREZENTACE FIRMY .....	10
1.1 Historie firmy Letovické strojírny, s.r.o.....	10
1.2 O firmě Letovické strojírny, s.r.o.....	10
1.3 Strojní vybavení .....	11
2 ROZBOR TECHNICKÉ DOKUMENTACE.....	12
2.1 Materiál součásti .....	12
2.2 Polotovar .....	13
2.3 Propočet polotovaru .....	14
2.3.1 Výpočet rozměru polotovaru .....	14
2.3.2 Výpočet spotřeby materiálu .....	15
2.4 Technologičnost součásti .....	18
2.5 Přesnost obrobených ploch .....	21
3 ANALÝZA TECHNOLOGIE STÁVAJÍCÍ VÝROBY.....	22
3.1 Dělení materiálu .....	22
3.2 Soustružení.....	23
3.3 Broušení .....	28
3.4 Frézování.....	30
4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE.....	32
4.1 Změna nástrojů.....	33
4.2 Vícestrojová obsluha.....	35
4.3 Změna technologického postupu.....	35
5 TECNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	36
5.1 Výpočet ceny nástrojů.....	36
5.2 Zhodnocení technologií.....	38
5.2.1 Původní technologie .....	38
5.2.2 Návrh č. 1.....	39
5.2.3 Návrh č. 2.....	39
5.2.4 Návrh č. 3.....	40
5.2.5 Návrh č. 4.....	41

5.2.6	Návrh č. 5.....	41
5.2.7	Návrh č. 6.....	42
5.2.8	Návrh č. 7.....	42
5.3	Zhodnocení navrhovaných technologií .....	43
6	DISKUZE .....	45
	ZÁVĚR .....	46
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	47
	Seznam použitých symbolů a zkratek.....	49
	SEZNAM PŘÍLOH.....	51

## ÚVOD

Téma zefektivňování výroby je v dnešní době velmi aktuální. Každá firma se snaží o co ekonomickou produkci a také o výrobu kvalitních součástek. Právě zefektivňování výroby zahrnuje hledání nových možností týkající se technologií objevujících se na trhu, výrobních postupů a v neposlední řadě hledání nových nástrojů, které by snížily náklady na produkci.

Zadaná hřídel je součástí sběracího adaptéru a společně s kardanovou hřídelí, kterou je spojen pohon stroje s adaptérem zajišťují přenos krouticího momentu od stroje a tím i chodu adaptéru.

Předmětem této práce je rozbor technické dokumentace firmy Letovické strojírny s.r.o. Jedná se o prozkoumání výrobního výkresu a inovaci technologického postupu, propočet rozměru polotovaru a spotřebu materiálu pro výrobní sérii 700 ks součástí hřídele za rok, návržení nových technologií pro ekonomičtější výrobu a technicko-ekonomické zhodnocení.

## 1 PREZENTACE FIRMY

Kapitola prezentace firmy slouží k bližšímu představení firmy, se kterou spolupracuji na bakalářské práci.

### 1.1 Historie firmy Letovické strojírny, s.r.o.

Firma Letovické strojírny, s.r.o. byla založena 22. 4. 1998 na území původní firmy Synek, jejíž kořeny sahají do roku 1882. Zabývala se výrobou především zemědělské techniky. Roku 1948 proběhlo znárodnění a podnik byl tudíž zařazen do rezortu Ministerstva zemědělství. Roku 1959 proběhla změna majitele. Novým majitelem se stal podnik Agrostroje Prostějov n. p. Od začátku roku 1969 se závod stal samostatným podnikem, jehož název byl Letostroj Letovice n. p. Podnik působil v rámci koncernu Zbrojovka Brno, později také Agrozet Brno. Předposledním majitelem se stala firma ČKD Blansko a.s. Po vyhlášení konkurzu se stal podnik samostatným zařízením s dosavadním názvem Letovické strojírny, s.r.o [1].

### 1.2 O firmě Letovické strojírny, s.r.o.

Letovické strojírny, s.r.o. (viz. obr. 1.1) patří mezi významné výrobce a dodavatele především svařovaných dílů, svařovaných sestav zejména pro výrobce zemědělské a manipulační techniky [2].

Firma poskytuje kompletní servis v oblasti strojírenské výroby. Počínaje převzetím požadavku, přes zpracování výrobní dokumentace, výrobu, povrchovou úpravu, montáž, odzkoušení, balení a konče dodávkou. Letovické strojírny, s.r.o. jsou majitelem certifikátu EN ISO 9001:2008 [2].

Firma provedla v posledních letech výraznou inovaci a modernizaci podniku. V roce 2008 byla uvedena do provozu nová svařovna. Roku 2012 bylo zakoupeno a instalováno pětiosé obráběcí centrum. Roku 2013 proběhla výstavba regálového zakladače pro uskladnění plechů a celkové nosnosti 900t [2].

Firma zaměstnává 300 zaměstnanců a patří k největším zaměstnavatelům v mikroregionu Boskovicko [2].



Obr. 1.1 Logo firmy Letovické strojírny, s.r.o. [1].

### 1.3 Strojní vybavení

Strojní vybavení podniku můžeme rozdělit do šesti kategorií. Jedná se o obrobnu, svařovnu, lisovnu, lakovnu, montáž a tepelné zpracování.

Pro účel bakalářské práce postačí představení používaných strojů na obrobne použítých při výrobě vybrané součástky.

#### 1) Obrobna

Úsek obrobny patří k důležitým součástem podniku. Zajišťuje především výrobu součástek pro sestavy a v neposlední řadě obrábění svařenců pro účel přesné montáže. Produkovaný sortiment zahrnuje jednoduché součástky vyráběné na CNC soustruzích, ale také složitější dílce vyžadující pětiosé obráběcí centrum.

Seznam strojů používaných pro výrobu zadané hřídele:

- Pila okružní PKA 35,
- Poloautomat SPT 32 NC,
- Poloautomat SPT 16 NC,
- Bruska univerzální hrotová BHU 32A/1500,
- Odvalovací frézka KOMINTERNA 53A30 M.

## 2 ROZBOR TECHNICKÉ DOKUMENTACE

Rozbor technické dokumentace zahrnuje více činností. Jedná se především o prostudování výkresové dokumentace (viz. příloha 1), dále technologického postupu firmy (viz. příloha 2) a v neposlední řadě prostudovat vlastnosti materiálu (viz. příloha 3). Do rozboru technické dokumentace také zapadá propočet polotovaru a zjištění technologičnosti součástky.

### 2.1 Materiál součásti

Po konzultaci s vedoucím technologického úseku firmy byla zvolena ocel ČSN označení 11523. Její ekvivalentní označení dle DIN je St 52-3, dle EN je označena S355J2. Další ekvivalentní označení oceli dle Wr.Nr. je 1.0570.

Jedná se o nelegovanou konstrukční ocel s vysokou vrubovou houževnatostí a zaručenou svařitelností při vyšší mezi kluzu oceli. Ocel 11523 je vhodná pro dělení plamenem a plazmou [5].

Ocel je určena pro svařované konstrukce a součástky s vyšší mezi kluzu. Je vhodná jak pro staticky, tak dynamicky namáhané konstrukce [5].

Tab. 2.1 Chemické složení oceli 11523 [5].

Prvek	C max	Si max	Mn max	P max	S max
Procentuální zastoupení	0,2	0,55	1,60	0,035	0,035

Tab. 2.2 Tepelné zpracování oceli 11523 [5].

Způsob	Teplota [C°]	Postup
Normalizační žihání	870-900	Ochlazovat na vzduchu, velké průřezy zrychleně
Žihání na měkko	680-710	Zvolna ochlazovat
Popouštění	670-700	Ochlazovat na vzduchu

Tab. 2.3 Mechanické vlastnosti oceli 11523 [6].

Mechanické vlastnosti	Hodnota
Pevnost v tahu Rm [MPa]	490-630
Mez kluzu ReH (Re) [MPa]	≥ 335
A, podélný směr osy vzorku [%]	≥ 22
A, příčný směr osy vzorku [%]	≥ 20

## 2.2 Polotovar

Na základě hodnocení technologičnosti konstrukce se rozhodne, jaký polotovar je pro daný obrobek nejvhodnější převážně z hlediska minimálních nákladů. U hřídelových součástí je nejčastějším polotovarem přířezek z tyče válcované za tepla [11].

Polotovarem pro výrobu vybrané součásti je kruhová tyč válcovaná za tepla ČSN EN 10060 Ø 65 mm - 6000 mm. Hmotnost polotovaru  $Q_p$  je 6,8 kg. Zvolený polotovar má tedy rozměry: Ø 65 mm – 261 mm ČSN EN 10060 (42 5510.10).

Nákupní cena kruhové tyče válcované za tepla pro firmu Letovické strojírna, s.r.o. je 14,9 Kč/kg.

- **Výpočet hmotnosti jednoho kusu kruhové tyče o délce 6 m:**

$$m_{tyče} = V \cdot \rho = \pi \cdot r^2 \cdot L_t \cdot \rho, \quad (2.1)$$

- kde:  $m_{tyče}$  [kg] - hmotnost tyče,  
 $V$  [m<sup>3</sup>] - objem tyče,  
 $r$  [mm] - poloměr tyče,  
 $L_t$  [mm] - délka tyče,  
 $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] - hustota materiálu (pro ocel 7850 kg/m<sup>3</sup>),

$$m_{tyče} = \pi \cdot 32,5^2 \cdot 6000 \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 156,3 \text{ kg}$$

- **Výpočet ceny jednoho kusu kruhové tyče o délce 6 m:**

$$c = m_{tyče} \cdot 14,9, \quad (2.2)$$

- kde:  $c$  [Kč] - cena materiálu,  
 $m_{tyče}$  [kg] - hmotnost tyče,  
 $c = 156,3 \cdot 14,9 = 2328,75 \text{ Kč}$ .

- **Výpočet ceny materiálu jednoho kusu:**

$$C = Q_p \cdot 14,9, \quad (2.3)$$

- kde:  $C$  [Kč] - cena materiálu jednoho kusu výrobku,  
 $Q_p$  [kg] - hmotnost polotovaru,  
 $C = 6,8 \cdot 14,9 = 101,32 \text{ Kč}$ .

### 2.3 Propočet polotovaru

V této kapitole bude proveden propočet polotovaru. Jedná se především o výpočet rozměrů polotovaru, výpočet hmotnosti a ztrát materiálu.

#### 2.3.1 Výpočet rozměru polotovaru

- **Přídavek na obrábění:**

$$p = 0,05 \cdot d + 2, \quad (2.4)$$

kde:  $d$  [mm] - průměr vyrobené součástky,

$p$  [mm] - přídavek na obrábění,

$$p = 0,05 \cdot 60 + 2 = 5 \text{ mm.}$$

- **Požadovaný průměr polotovaru:**

$$d_{POŽ} = d + p, \quad (2.5)$$

Kde:  $d_{pož}$  [mm] - požadovaný průměr polotovaru,

$p$  [mm] - přídavek na obrábění,

$$d_{POŽ} = 60 + 5 = 65 \text{ mm.}$$

Normalizované polotovary se dodávají v základní rozměrové řadě. Tyče dle normy ČSN EN 10060 se dodává přímo v rozměru, který je vypočtený i s přídavkem na obrábění ve vzorci č. 2. 11.  $\varnothing 65$  mm je dodáván v délkách 3000 a 6000 mm. Firma je zásobena délkou tyče 6000 mm.

- **Výpočet hmotnosti polotovaru:**

$$Q_p = V \cdot \rho = \left( \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot l_p \right) \cdot \rho, \quad (2.6)$$

kde:  $Q_p$  [kg] - hmotnost polotovaru,

$d_p$  [mm] - průměr polotovaru,

$\pi$  [-] - matematická konstanta,

$l_p$  [mm] - délka polotovaru,

$\rho$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ] - hustota materiálu (pro ocel  $7850 \text{ kg/m}^3$ ),

$$Q_p = \left( \frac{\pi \cdot 65^2}{4} \cdot 261 \right) \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 6,8 \text{ kg.}$$

- **Výpočet hmotnosti výrobku:**

$$Q_v = 3,6 \text{ kg,} \quad (2.7)$$

kde:  $Q_v$  [kg] - hmotnost vyrobené součásti.

Hmotnost výrobku kvůli náročnosti výpočtů byla vypočtena pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2013.

### 2.3.2 Výpočet spotřeby materiálu

Vlivem obrábění vznikají ztráty materiálu například dělením (prořezem), obráběním a také odpad z konců tyče. V následném odstavci jsou vypočteny potřebné hodnoty pro propočet ekonomičnosti výroby.

- **Ztráty vzniklé při dělení jednoho kusu materiálu (prořez):**

$$q_d = \left( \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot l_d \right) \cdot \rho, \quad (2.8)$$

- kde:  $q_d$  [kg] - ztráty vzniklé dělením materiálu,  
 $d_{poz}$  [mm] - průměr polotovaru,  
 $l_d$  [mm] - šířka prořezu,  
 $\rho$  [kg · m<sup>-3</sup>] - hustota materiálu (pro ocel 7850 kg/m<sup>3</sup>),

$$q_d = \left( \frac{\pi \cdot 65^2}{4} \cdot 3 \right) \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 0,078 \text{ kg.}$$

- **Ztráty vzniklé obráběním polotovaru jednoho kusu:**

$$q_o = Q_p - Q_v, \quad (2.9)$$

- kde:  $q_o$  [kg] - ztráty vzniklé obráběním,  
 $Q_p$  [kg] - hmotnost polotovaru,  
 $Q_v$  [kg] - hmotnost vyrobené součásti,  
 $q_o = 6,8 - 3,6 = 3,2 \text{ kg.}$

- **Počet přířezů z tyče:**

$$n_p = \frac{L_t}{l_p + l_d}, \quad (2.10)$$

- kde:  $n_p$  [ks] - počet přířezů z tyče,  
 $L_t$  [mm] - délka tyče,  
 $l_p$  [mm] - délka polotovaru,  
 $l_d$  [mm] - šířka prořezu,

$$n_p = \frac{6000}{261 + 3} = 22,72 \text{ ks} \Rightarrow 22 \text{ ks.}$$

- **Délka nevyužitého konce tyče:**

$$l_k = L_t - n_p \cdot (l_p + l_d), \quad (2.11)$$

- kde:  $l_k$  [mm] - délka nevyužitého konce tyče,  
 $L_t$  [mm] - délka tyče,  
 $n_p$  [ks] - počet přířezů z tyče,  
 $l_p$  [mm] - délka polotovaru,  
 $l_d$  [mm] - šířka prořezu,

$$l_k = 6000 - 22 \cdot (261 + 3) = 192 \text{ mm.}$$

- **Ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče na jednici:**

$$q_k = \frac{\pi \cdot d_p^2 \cdot l_k}{4 \cdot n_p} \cdot \rho, \quad (2.12)$$

- kde:  $q_k$  [kg] - ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče,  
 $d_p$  [mm] - průměr polotovaru,  
 $l_k$  [mm] - délka nevyužitého konce tyče,  
 $n_p$  [ks] - počet přířezů z tyče,  
 $\rho$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ] - hustota materiálu (pro ocel  $7850 \text{ kg/m}^3$ ),

$$q_k = \frac{\pi \cdot 65^2 \cdot 192}{4 \cdot 22} \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 0,23 \text{ kg.}$$

- **Celkové ztráty materiálu:**

$$Z_m = q_d + q_o + q_k, \quad (2.13)$$

- kde:  $q_o$  [kg] - ztráty vzniklé obráběním,  
 $q_d$  [kg] - ztráty vzniklé dělením materiálu,  
 $q_k$  [kg] - ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče,

$$Z_m = 0,078 + 3,2 + 0,23 = 3,508 \text{ kg.}$$

- **Norma spotřeby materiálu:**

$$N_m = Q_v + Z_m, \quad (2.14)$$

- kde:  $N_m$  [kg] - norma spotřeby materiálu,  
 $Q_v$  [kg] - hmotnost hotové součásti,  
 $Z_m$  [kg] - celkové ztráty materiálu,

$$N_m = 3,6 + 3,508 = 7,108 \text{ kg.}$$

- **Stupeň (koeficient) využití materiálu:**

$$k_m = \frac{Q_v}{N_m}, \quad (2.15)$$

- kde:  $k_m$  [-] - koeficient využití materiálu,  
 $Q_v$  [kg] - hmotnost hotové součásti,  
 $N_m$  [kg] - norma spotřeby materiálu,

$$k_m = \frac{3,6}{7,108} = 0,506.$$

- **Celkový počet tyčí pro sérii 700 ks/rok:**

$$t_{\text{celkové}} = \frac{s}{n_p}, \quad (2.16)$$

- kde:  $t_{\text{celkové}}$  [ks] - celkový počet tyčí,  
 $n_p$  [ks] - počet přířezů z tyče,  
 $s$  [ks] - výrobní série,

$$t_{\text{celkové}} = \frac{700}{22} = 31,81 \text{ ks} \Rightarrow 32 \text{ ks}.$$

Tab. 2.4 Souhrn vypočtených vztahů.

Výpočet rozměrů polotovaru		
Výpočet hmotnosti jednoho kusu tyče 6000 mm	$m_{\text{tyče}}$	156,3 kg
Výpočet ceny jednoho kusu kruhové tyče 6000 mm	$c$	2328,8 Kč
Přídavek na obrábění	$p$	5 mm
Požadovaný průměr polotovaru	$d_{\text{pož}}$	65 mm
Výpočet hmotnosti polotovaru	$Q_p$	6,8 kg
Výpočet hmotnosti výrobku	$Q_v$	3,6 kg
Výpočet spotřeby materiálu		
Počet přířezů z tyče	$n_p$	22 ks
Ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče na jeden kus	$q_k$	0,23 kg
Celkové ztráty materiálu	$Z_m$	3,508 kg
Stupeň (koeficient) využití materiálu	$k_m$	0,506
Celkový počet tyčí pro sérii 700 ks/rok	$t_{\text{celkové}}$	32 ks

## 2.4 Technologičnost součástí

Pod pojmem „technologičnost“ je možno rozumět souhrn vlastností, které zabezpečují při optimálním plnění pracovních úkolů stroje a při technologické konstrukci detailů z hlediska spotřeby materiálu nejhospodárnější a časově co nejméně náročnou výrobou [11].

Zadaná součást (viz. obr. 2.1) je rotačního tvaru. Jde o pohonnou hřídel zemědělského stroje. Na součástce můžeme najít soustružené plochy se zadanou přesností i geometrickými tolerancemi, rádiusy a různé velikosti sražení hran. Na jedné straně hřídele je použito drážkování pro přenos krouticího momentu.

Základní tvar je vyráběn na CNC soustruhu a již zmíněné drážkování je vyráběno na frézce pro výrobu ozubení odvalovacím způsobem.

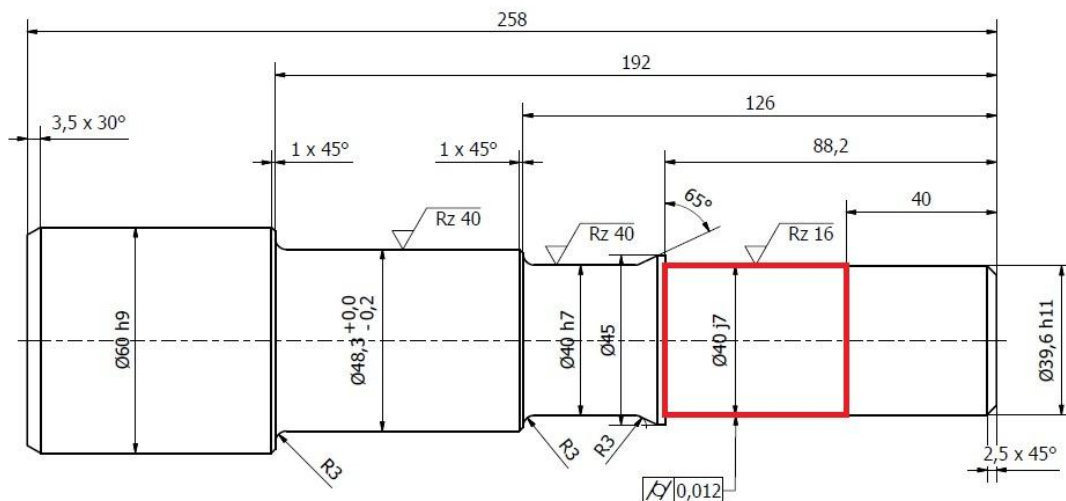
Značení drsnosti povrchu Rz (výška nerovnosti profilu) je ekvivalentní se značením Ra (střední aritmetická úchylka profilu). Například drsnost povrchu Rz 40  $\mu\text{m}$  je ekvivalentní označení Ra 6,3  $\mu\text{m}$ . Rz 16  $\mu\text{m}$  je ekvivalentním označení Ra 1,6 – 3,2  $\mu\text{m}$ . Značení je porovnáváno ze zdroje [12].

Obrázek 2.2 ukazuje, že  $\varnothing 40 \text{ j}7$ , má drsnost povrchu Rz = 16  $\mu\text{m}$  což odpovídá Ra = 1,6  $\mu\text{m}$ , takováto přesnost jde vyrobit pouze jemným soustružením. V TP firmy není zahrnuto jemné soustružení, tudíž je zapotřebí použít operaci broušení. Právě metodou broušením je možné vyrobit drsnost povrchu Ra = 0,8 - 3,2  $\mu\text{m}$ , ekvivalentní označení je Rz = 6,3 - 25  $\mu\text{m}$ . Dalším důvodem pro zařazení operace broušení je i předepsaná geometrická tolerance. Zbylé přesnosti a drsnosti průměrů jsou běžně dosažitelné na soustružnických zařízeních.

Na jednom čele obrobku se nachází předvrtaný otvor  $\varnothing 10,2 \text{ mm}$  pro řezání závitu M12 a zároveň v otvoru je i zahloubení  $\varnothing 13 \text{ mm}$  v délce 9,5 mm. Podrobnější rozbor technologičnosti otvoru se závitem a zahloubením je zobrazen v kapitole č. 2.5.



Obr. 2.1 Model součásti „hřídel pro pohon zemědělského stroje“.



Obr. 2.2 Vyznačení broušené plochy.

**Hlavní ukazatelé technologičnosti:**a) Ukazatel jakosti povrchu obráběné plochy:

$$U_h = \frac{\sum_{i=1}^h H_i \cdot n_i}{n}, \quad (2.17)$$

- Kde:  $U_h$  [ $\mu\text{m}$ ] - ukazatel jakosti povrchu,  
 $H_i$  [Rz] - jakost povrchu,  
 $n_i$  [ks] - četnost výskytu dané jakosti povrchu,  
 $n$  [ks] - četnost výskytu všech uvažovaných drsností,

$$U_h = \frac{(63 \cdot 3) + (40 \cdot 2) + (25 \cdot 1) + (16 \cdot 1)}{7} = 44,3 \mu\text{m}.$$

b) Ukazatel průměrné přesnosti:

$$U_p = \frac{\sum_{i=1}^h P_i \cdot n_i}{n}, \quad (2.18)$$

- Kde:  $U_p$  [-] - ukazatel průměrné přesnosti,  
 $P_i$  [-] - IT číslo dané operace (H5=5),  
 $n_i$  [-] - četnost výskytu určité tolerance,  
 $n$  [-] - četnost výskytu všech uvažovaných tolerancí,

$$U_p = \frac{(11) + (9) + (7)}{3} = 9.$$

c) Ukazatel využití materiálu:

$$U_m = \frac{G_v}{G_p}, \quad (2.19)$$

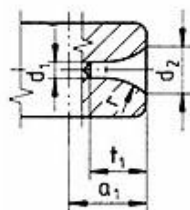
Kde:  $U_m$  [%] - ukazatel využití materiálu,  
 $G_v$  [kg] - hmotnost výrobku,  
 $G_p$  [kg] - hmotnost polotovaru,

$$U_m = \frac{3,6}{6,8} = 0,529 \cdot 100 = 52,9\%.$$

Z výše uvedených vztahů bylo vypočteno, že ukazatel průměrné jakosti povrchu  $U_h = 44,3 \mu\text{m}$ . Ukazatel průměrné přesnosti  $U_p = 9$ , a využití materiálu  $U_m$  se pohybuje okolo 53%. Hlavní ukazatele technologičnosti byli získány ze zdroje [12].

## 2.5 Přesnost obrobených ploch

Dosavadní produkce spočívá ve výrobě součástky dle firemního postupu (viz. příloha 2). Na původním výkresu součástky jsou od zákazníka požadovány středící důlky na obou čelech hřídele. Jedná se o dva středící důlky označené R4x8,5 (viz. obr. 2.3).



Obr. 2.3 Středící důlek [8].

Středící důlky označované „R“ jsou konstruovány pro upevnění mezi kuličkové hroty. Jedná se o velmi přesné upínání, které má výhodu ve středění obrobku. Upínací kulička středí obrobek na tečné kružnici, která leží na stěně se zaoblením (na obr. 2.3 značeno  $r$ ) středícího důlku a na kuličce hrotu a umožňuje tedy velmi přesné obrábění.

Technologický postup zanedbává středící důlek na straně hřídele pro drážkování. V operaci č. 20 je obrobek upevněn ve sklíčidle, soustružnickou operací zarovnání čela, poté následuje postup navrtání středícího důlku a neprodleně po této operaci nastupuje vrtání otvoru  $\varnothing 10,2$  mm, následné vrtání  $\varnothing 13$  mm a stažení hrany  $60^\circ$ . Finálním krokem v operaci 20 je řezání závitu M12.

Z podrobného popisu je patrné, že středící důlek nemá žádnou další funkci při obrábění součástky. Následné upevnění mezi hroty v operaci č. 30 bude realizováno na jedné straně unášecím hrotem do středícího důlku R4x8,5 a na straně druhé pomocí opěrného hrotu, jenž nebude dosedat na středící důlek R4x8,5, jenž je na výkresu požadován, ale na sraženou hranu  $60^\circ$ .

Uchycení na této straně nebude ovšem tak přesné, tedy obrobek nebude doléhat na hrot tečně jako na straně s důlkem R4x8,5. Může dojít k vychýlení součástky vlivem nepřesnosti upevnění a tím k výrobě neshodného kusu a následnému prodražení výrobní série.

### 3 ANALÝZA TECHNOLOGIE STÁVAJÍCÍ VÝROBY

Původní výroba součástky „hřídel pro pohon zemědělského stroje“ je vyráběna v etapách následovně:

- Dělení materiálu (pila okružní PKA 35),
- Soustružení (poloautomaty SPT 32 NC, SPT 16 NC),
- Broušení (Bruska univerzální hrotová BHU 32A/1500),
- Frézování (Kominterná 53A30M),
- Kontrola,
- Montáž sestavy,
- Zkoušení,
- Balení,
- Expedice.

#### 3.1 Dělení materiálu

Dělení kruhové tyče o průměru  $\varnothing 65$  mm je prováděno na okružní pile PKA 35 (viz. obr. 3.1). Postup dělení materiálu začíná navezením tyče  $\varnothing 65 - 6000$  mm na válečkový dopravník (viz. obr. 3.2), jež je soustředěn vně budovy obrobny a přes otvor (viz. obr. 3.2) je přiváděn ke kotoučové pile, kde je polotovár dělen na  $L = 261$  mm (viz. obr. 3.3).



Obr. 3.1 Dělení materiálu.



Obr. 3.2 Válečkový dopravník s otvorem ve stěně.



Obr. 3.3 Polotovár.

### 3.2 Soustružení

Soustružení je ve strojírenství velmi používanou a jednoduchou metodou obrábění. Jedná se především o obrábění rotačních součástí. Pro soustružení se používají většinou jednobřité nástroje s různým provedením. Soustružení se dělí na obrábění vnitřních a vnějším průměrů [15].

Po dělení materiálu a následném uložení do přepravní palety se materiál převeze cca 60 m po dopravní cestě k poloautomatickému soustruhu SPT 32 NC, kde je materiál obráběn dle NC programu. Současný postup zahrnuje obrábění pouze na jednom výše zmíněném soustruhu. Jelikož obrobna disponuje poloautomatickými soustruhy SPT 32 NC a SPT 16 NC, je možno využít vícestrojovou obsluhu a tedy obrábět na obou soustruzích současně. Více o návrhu pro zlepšení výroby v kapitole č. 4.

#### - *Stroje*

##### a) Poloautomatický soustruh SPT 32 NC

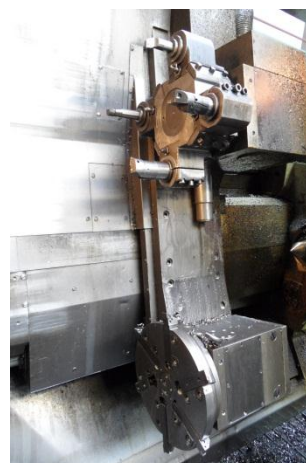
Stroj SPT 32 NC (viz. obr. 3.4) je určen pro obrábění tvarově složitých hřídelových a přírubových součástí. Stroj je schopen provádět soustružení povrchových, čelních, vnitřních, válcových, kuželových a kulových ploch. Možné je také vrtání a soustružení otvorů, řezání vnějších i vnitřních závitů. Hlavní využití je v malosériové a kusové výrobě [7]. Hlavní technické údaje poloautomatického soustruhu jsou zobrazeny v tabulce 3.1. Zásobník nástrojů soustruhu je zobrazen na obrázku 3.5.

Tab. 3.1 Hlavní technické údaje poloautomatického soustruhu [7].

Poloautomatický soustruh SPT 32 NC		
Maximální průměr soustružení hřídel	320	mm
Maximální průměr soustružení příruba	420	mm
Maximální oběžný průměr hřídel	490	mm
Maximální obráběná délka hřídel	1500	mm
Maximální obráběná délka příruba	250	mm
Rozsah otáček vřetena	31-2240	min <sup>-1</sup>
Rozsah posuvových rychlostí	1-2000	mm. min <sup>-1</sup>
Rychloposuv podélný	8000	mm. min <sup>-1</sup>
Rychloposuv příčný	6000	mm. min <sup>-1</sup>
Celkový příkon stroje	60	kVA
Výkon hlavního elektromotoru	30	kW
Rozměry stroje: délka x šířka x výška	4920 x 2080 x 2145	mm
Hmotnost stroje	8100	kg



Obr. 3.4 Soustruh SPT 32 NC [6]



Obr. 3.5 Zásobníky vnitřních a vnějších nástrojů

#### b) Poloautomatický soustruh SPT 16 NC

Stroj SPT 16 NC je určen pro obrábění hřídelových součástí, přírubových obrobků, které mohou být upnuty mezi hroty a taktěž ve sklíčidle. Soustruh je určen pro výrobu součástí z tyčového materiálu. Tento poloautomat je vhodný pro soustružení vnějších i vnitřních válcových ploch, čelních ploch, kuželových a kulových ploch, vrtání a vystružování otvorů i řezání vnitřních a vnějších závitů. Hlavní oblastí použití je malosériová a kusová výroba [10]. Hlavní technické parametry jsou uvedeny v tabulce 3.2.

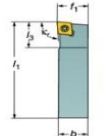
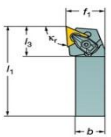
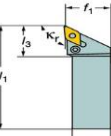
Tab. 3.2 Hlavní technické údaje poloautomatického soustruhu [10].

Poloautomatický soustruh SPT 16 NC		
Maximální průměr soustružení hřídel	160	mm
Maximální průměr soustružení příruba	200	mm
Maximální oběžný průměr hřídel	340	mm
Maximální obráběná délka hřídel	500	mm
Maximální obráběná délka příruba	120	mm
Rozsah otáček vřetena	40-4000	min <sup>-1</sup>
Rozsah posuvových rychlostí	5-2000	mm. min <sup>-1</sup>
Rychloposuv podélný	6000	mm. min <sup>-1</sup>
Rychloposuv příčný	6000	mm. min <sup>-1</sup>
Celkový příkon stroje	45	kVA
Výkon hlavního elektromotoru	16	kW
Rozměry stroje: délka x šířka x výška	3390 x 1730 x 2310	mm
Hmotnost stroje	4800	kg

#### - *Nástroje*

Firma Letovické strojírny, s.r.o. pro soustružení obrobku používá nástroje od firmy Sandvik Coromant. Vrták pochází od firmy Stimzet a.s. a závitník od firmy Narex Ždánice, spol. s.r.o. Podrobnější popis použitých nástrojů pro je shrnut v tabulce 3.3 a 3.4.

Tab. 3.3 Nástrojový list soustružení [20].

Letovické strojírný, s.r.o.		NÁSTROJOVÝ LIST		DATUM VYDÁNÍ: 20.10.2014	
Obrázek nástroje	Pozice nástroje	Název nástroje	Výrobce, umístění v katalogu	Označení výrobce, norma	Materiál
		Název držáku			
	T7	NŮŽ PRO ZAROVNÁNÍ ČELA	SANDVIK COROMAN T	SCACR 1212K 09-S	
				CCMT 09T308-PF	
	T8	SOUSTRUŽENÍ TVARU HŘÍDELE	SANDVIK COROMAN T	DTG NR 270 50-22	
				TNMM 22 04 08-PR	
	T9	DOKONČENÍ TVARU HŘÍDELE	SANDVIK COROMAN T	PDJNR 27055-15	
				DNMG 15 06 04-PM	

Tab. 3.4 Nástrojový list vrtání [12,14].

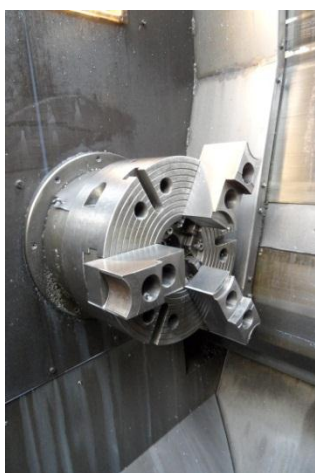
Letovické strojírný, s.r.o.		NÁSTROJOVÝ LIST		DATUM VYDÁNÍ: 20.10.2014	
Obrázek nástroje	Pozice nástroje	Název nástroje	Výrobce, umístění v katalogu	Označení výrobce, norma	Materiál
		Název držáku			
	T2	STŘEDÍCÍ VRTÁK R4x8,5	STIMZET	ČSN 22 11 16	HSS
	T3	STROJNÍ ZÁVITNÍK M12	NAREX	4060 DIN 374	HSSE
	T4	ŠROUBOVITÝ VRTÁK Ø10,2	STIMZET	10,2x133/87 ČSN 22 11 21	HSS
	T5	ŠROUBOVITÝ VRTÁK Ø13	STIMZET	13x151/101 ČSN 22 11 21	HSS
	T6	VRTÁK PRO SRAŽENÍ 60°	STIMZET		HSS

- ***Výroba soustružením***

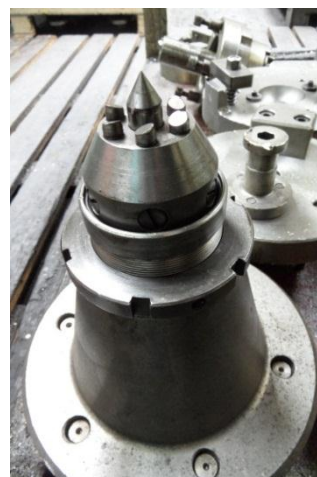
Výroba soustružením zahrnuje obrábění obrobku ve dvou operacích. Nejdříve se polotovar uchytí do sklíčidla (viz. obr. 3.6) a proběhne vlastní soustružení dle programu, (viz. příloha 7). Po proběhnutí celého programu se stejným způsobem obrobí série 700 kusů a následuje přenastavení upínacího systému na upínání tzv. „mezi hroty“ (obr. 3.7). Obrábění běží i nadále dle programu (viz. příloha 8). Po obrobení celé série je poptávka v úseku soustružení hotová.

Během přepínání součástky mezi upínacím systémem pomocí sklíčidla a mezi hroty se součástka průběžně měří. Na obrázku 3.8 jsou zobrazena měřidla, která jsou používána pro účely průběžného měření.

Výroba NC programu je založena na výkresové dokumentaci (viz. příloha 1). Výchozím programovacím jazykem je jazyk ISO. Soubory NC programů ISO jsou typické koncovkou .ncp.



Obr. 3.6 Sklíčidlo.



Obr. 3.7 Unášecí hrot.



Obr. 3.8 Měřidla.

Původní výroba otvoru se závitem u vytipované součásti, (viz. příloha 1) se skládá ze tří vrtáků a jednoho závitníku pro řezání závitu. Popis nástrojů a jejich parametrů je zobrazen v tabulkách (3.5, 3.6, 3.7, 3.8).

Tab. 3.5 Popis nástroje středící vrták R4 x 8,5 [13, 14, 15].

Vrták č. 1			
Nástroj	Označení nástroje	Materiál nástroje	Požizovací cena
Středící vrták	STIMZET R4 x 8,5	RO	110 Kč
Řezné podmínky			
Řezná rychlost $v_c$ [m/min]		25-30	
Posuv na otáčku $f$ [mm]		0,16-0,18	
Otáčky [ot. /min]		500	
Počet vyvrtaných otvorů bez ostření [ks]		40	

Tab. 3.6 Popis nástroje šroubovitý vrták  $\varnothing 10,2$  mm [13, 14, 15].

Vrták č. 2			
Nástroj	Označení nástroje	Materiál nástroje	Požizovací cena
Vrták $\varnothing 10,2$ mm	STIMZET 10,2x133/87	RO	54 Kč
Řezné podmínky			
Řezná rychlost $v_c$ [m/min]		14-18	
Posuv na otáčku $f$ [mm]		0,10-0,14	
Otáčky [ot. /min]		500	
Počet vyvrtaných otvorů bez ostření [ks]		30	

Tab. 3.7 Popis nástroje šroubovitý vrták  $\varnothing 13$  mm [13, 14, 15].

Vrták č. 3			
Nástroj	Označení nástroje	Materiál nástroje	Požizovací cena
Vrták $\varnothing 13$ mm	STIMZET 13x151/101	RO	95 Kč
Řezné podmínky			
Řezná rychlost $v_c$ [m/min]		15-19	
Posuv na otáčku $f$ [mm]		0,10-0,14	
Otáčky [ot. /min]		450	
Počet vyvrtaných otvorů bez ostření [ks]		30	

Tab. 3.8 Popis nástroje šroubovitý vrták  $\varnothing 18$  mm [13, 14, 15].

Vrták č. 4			
Nástroj	Označení nástroje	Materiál nástroje	Požizovací cena
Vrták $\varnothing 18$ mm	STIMZET 18x191/130	RO	430 Kč
Řezné podmínky			
Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	14-18		
Posuv na otáčku $f$ [mm]	0,13-0,17		
Otáčky [ot. /min]	280		
Počet vyvrtaných otvorů bez ostření [ks]	30		

### 3.3 Broušení

Broušení je dokončovací metoda, která je charakteristická správností geometrického tvaru, velkou přesností, velmi dobrou jakostí povrchu a patří mezi nejvýznamnější části technologie současné výroby. V technologickém procesu je známa jako vysoce přesná dokončovací operace. Rozložení zrn brousícího kotouče je charakteristické pro tuto metodu. Zrna jsou rozložena nepravidelně po celém jeho povrchu a odebírají velké množství malých třísek[15].

#### - Stroj

Proces broušení probíhá na stroji od firmy TOS Hostivař s katalogovým označením BHU 32A/1500 (viz. obr. 3.9). Broušení je předepsáno dle technologického postupu provádět pouze na  $\varnothing 40$  j7. Broušený průměr je nastíněn na obrázku 2.2.



Obr. 3.9 Hrotová bruska BHU 32A/1500 [8].



Obr. 3.10 Brousící kotouče na vnitřní i vnější průměry.

Tab. 3.9 Technické údaje brusky [8].

Technické údaje hrotové brusky BHU 32A/1500		
Údaj	Hodnota	Jednotky
Maximální průměr broušení	320	mm
Otáčky hlavního vřetene	35 – 310	rpm
Kužel vřetene	MK 5	-
Výkon motoru	9,5 / 11	kW
Maximální délka broušení	1500	mm
Rozměry d x š x v	4400 x 2320 x 1720	mm
Hmotnost	6500	kg

#### - *Vlastní broušení*

Broušení obrobku je prováděno na hrotové brusce, jež je popsána na začátku kapitoly 3.3. Na rozdíl od jiných metod třískového obrábění zde není přesně definována geometrie břitu. Při vysokých řezných rychlostech platí, že se zvětšující se řeznou rychlostí také roste úhel roviny stříhu, snižuje se přechování třísky a snižuje se primární plastická deformace [15].

Obrobek je na brusce upnut mezi hroty (viz. obr. 3.13). Pomocí unášecího srdce (viz. obr. 3.12) je zajištěn přenos krouticího momentu a tím i otáčení okolo podélné osy obrobku. Před broušením je nutné obrobek důkladně vyrovnat pomocí číselníkového úchylkoměru.

Obrobky na hrotové brusce taktéž mohou být upevněny pomocí sklíčidla (viz. obr. 3.11).



Obr. 3.11 Sklíčidlo na brusce.



Obr. 3.12 Unášecí srdce.



Obr. 3.13 Broušení hřídele.

#### - *Parametry broušení*

Tab. 3.10 Parametry broušení.

Parametr	Symbol	Hodnota	Jednotka
Obvodová rychlost obrobku	$v_{co}$	200	[m/min]
Obvodová rychlost brusného kotouče	$v_{cb}$	1500	[m/min]
Průměr kotouče	$\varnothing_k$	500	mm

### 3.4 Frézování

Výroba ozubených kol, která také zahrnuje výrobu zmíněného drážkování se dá realizovat několika metodami (frézování, obrážení, broušení). Pro účely drážkování zadané hřídele je metoda frézování, přesněji odvalovacím způsobem. Schéma odvalovací frézky je uvedeno na obrázku 3.15. Mezi další metody výroby ozubení frézováním patří frézování dělicím způsobem kotoučovou a stopkovou frézou. Mezi obrážecí metody patří obrážení nožem ve tvaru zubové mezery, odvalovací obrážení nožem tvaru základního profilu (MAAG) a také odvalovací obrážení ozubeným kotoučem (FELLOWS). Broušení ozubení se realizuje profilovým broušením a broušení odvalovacím způsobem.

Frézování je obráběcí metoda, při které se materiál obrobku odebírá břity otáčejícího se nástroje. Posuv většinou koná součást, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvné pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky [15].

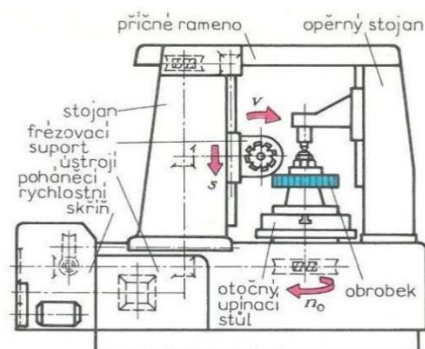
Technologie frézování je na obrobku použita k výrobě drážkování dle normy DIN 5480. Drážkování slouží pro přenos krouticího momentu od motoru stroje.

#### - *Stroj*

Pro výrobu drážkování je použit stroj Komintern 53A30M. Jedná se o odvalovací frézku (Obr. 3.14). Z důvodu stáří stroje se nepodařilo zjistit technické informace.



Obr. 3.14 Odvalovací frézka.



Obr. 3.15 Schéma frézky na odvalování ozubení [24]

### - *Vlastní frézování*

Výroba ozubení odvalovací frézou je nejvýhodnější způsob ze všech známých používaných k výrobě ozubených kol. Odvalovacím způsobem jde vyrábět i evolventní ozubení. Ozubení se vytváří plynule a odpadají tak ztrátové časy při reverzaci jako při výrobě ozubení kotoučovou frézou [16].

Profil zubů běžící frézky je základní ozubený hřeben nekonečné délky daného modulu, který ubíhá stejným směrem, jakým se otáčí obrobek. Jedna z podmínek při výrobě přímého ozubení je, že fréza musí vykonat tolik otáček kolik má ozubené kolo zubů [16]. Náhled frézování je uveden na obrázku 3.16.

Frézování je prováděno pomocí frézky pro drážkování dle normy DIN 5480 (viz. obr. 3.17)



Obr. 3.16 Frézování součástky.



Obr. 3.17 Fréza na drážkování dle DIN 5480.

## 4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE

Jako cíl bakalářské práce bylo zadáno zefektivnění výroby zadané součástky. Zefektivněním je myšleno nalezení nejslabšího místa ve výrobním postupu, návržení jeho následného způsobu zlepšení, propočítání z hlediska technologicko-ekonomického a souhrn výsledků. Stávající produkce zahrnuje výrobní sérii 700 kusů ročně.

Z prozkoumání firemního technologického postupu (viz. příloha 2) je patrné, že nejvyšší podíl času zabírá frézování ozubení, což činí 7,6 minuty. Následně druhý nejvyšší podíl času výroby součástky se skrývá v soustružnických operacích 20 a 30, v nichž je čas téměř shodný, pohybující se okolo 5,35 minuty. Třetím nejdelším úsekem z výrobních úseků je broušení  $\varnothing 40$  j7 operace 40 s časem 4,56 minuty. A v neposlední řadě nejméně výrobního času zabírá dělení materiálu na okružní pile, tedy 1,59 minuty.

Z důvodu vysokých výrobních časů při vrtání bylo rozhodnuto, že zefektivnění se bude týkat procesu vrtání, jmenovitě v operaci 20 (viz. příloha 2).

Uspořádání pracoviště je technologické, tedy seskládání strojů podobných operačních činností v určitém bloku výrobní haly. Dle sledu technologických operací vyjdou najevo velké přepravní dráhy mezi jednotlivými pracovišti.

### *a) Návrh č. 1*

Použití tvarového vrtáku pro vrtání  $\varnothing 10,2$  mm,  $\varnothing 13$  mm se zkosení  $60^\circ$ . Doposud je v technologickém postupu firmy (viz. příloha 2) zahrnuto vrtání třemi vrtáky. Jedním o  $\varnothing 10,2$  mm, druhým o  $\varnothing 13$  mm a třetím o  $\varnothing 18$  mm s úhlem  $60^\circ$  pro sražení hrany. Použití vrtáků z původní výroby prodlužují výrobní čas součástky. Návrh tvarového vrtáku (viz obr. 4.1) má za účel snížení výrobních časů. Pro tyto účely byl po konzultaci vybrán vrták z SK, který je méně náročný na ostření jako původní vrtáky z RO, a tím zamezíme vzniku prostojů ve výrobě, můžeme použít jiné řezné podmínky a zároveň se zkrátí čas určený na výměnu nástrojů. Následné propočtení v kapitole 5 určí, zda je navrhovaná výroba ekonomičtější, či nikoli. Bližší seznámení s návrhem je uvedeno v kapitole č. 4.1.



Obr. 4.1 Vzor tvarového vrtáku [21].

### *b) Návrh č. 2*

Použití vícestrojové obsluhy při procesu soustružení. Jedním z důvodů pro tento návrh je snížení prostojů pracovníka během chodu stroje.

Dalším důvodem je nutnost přenastavení upínání pomocí sklíčidla (viz. obr. 3.6) na upínání mezi hroty (Obr. 3.7 obr. 3.7). Každý z obou poloautomatických soustruhů bude nastaven na jiný způsob upínání obrobku. Na soustruhu SPT 32 NC bude nastaveno upínání pomocí sklíčidla a u soustruhu SPT 16 NC bude instalováno upínání mezi hroty. Součástka obrobená na prvním soustruhu tedy může hned putovat do druhého soustruhu nastaveného na jiný způsob upínání. Použitím navrhovaného způsobu racionalizace výroby by byl ušetřen čas na nepravidelnou obsluhu, přenastavení způsobu upínání a v neposlední řadě snížení pracovního obsazení oproti jednostrojové obsluze. Navrhovaná technologie bude zavedena i na návrh č. 1 z důvodu co největší úspory výrobních časů. Výsledné propočty návrhu budou shrnuty v kapitole č. 5.

### c) *Návrh č. 3*

Změna Technologického postupu. Návrh číslo 3 má za cíl změnu sledu technologických operací, tak aby byly zachovány konstrukční požadavky z výkresu (viz. příloha 1). V tomto návrhu budou také zavedeny předchozí dva návrhy. V kapitole č. 5 bude propočtena ekonomičnost navrhovaných technologií.

## 4.1 Změna nástrojů

Jako první krok pro zefektivnění výroby hřídele byla navržena změna nástroje pro operaci č. 20. Dosavadní výroba je založena na vrtání otvoru  $\varnothing 10,2$  a  $\varnothing 13$  a sražení hrany  $60^\circ$  samostatnými vrtáky. Z dosavadního rozboru výrobních časů bylo rozhodnuto, že bude použit tvarový vrták od firmy K-TOOLS.

Nabídka tvarového vrtáku zobrazena v příloze 5. Minimální počet množství poptávaného tvarového vrtáku jsou 2 kusy. Pořizovací cena dvou tvarových vrtáků firmy K-TOOLS je 4579 Kč bez DPH. Cena jednoho kusu vrtáku tedy činí 2289,5 Kč bez DPH.

Propočet technicko-ekonomického hodnocení je zobrazen v kapitole č. 5. Požadavky tvaru vrtáku jsou uvedeny v příloze 5. Po konzultaci s firemním technologem byly stanoveny řezné podmínky uvedené v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 Popis nástroje tvarový vrták.

Návrh č. 2		
Nástroj	Označení nástroje	Pořizovací cena bez DPH [Kč]
Vrták tvarový K-TOOLS	10,5/13/18, drážka $40^\circ$ , MG10 18x100	2289,5 Kč
Materiál nástroje	SK	
Povlak nástroje	R + Marwin Si	
Řezné podmínky		
Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	90	
Posuv na zub $f_z$ [mm/zub]	0,04-0,06	
Otáčky [ot. /min]	1600	
Trvanlivost nástroje [m]	10-15	
Počet vyvrtaných otvorů bez ostření [ks]	cca 375	

### ***Povlak tvarového vrtáku K-TOOLS***

Na obrázku 4.2 je zobrazen průřez povlaku Marwin SI, který obsahuje dílčí povlaky TiN a TiAlSiN. V tabulce 4.2 jsou uvedeny základní vlastnosti povlaku.

- *Povlak TiN*

Povlak TiN má zlatavou barvu. Tento povlak se řadí mezi povlaky, které jsou čteně užívané. Jeho výhody jsou např. vysoká tvrdost, dobrá adheze, zvýšení houževnatosti nástroje a dobrá chemická stabilita. Povlak má tvrdost okolo 2300 HV a maximální pracovní teplotu okolo 500°C [17].

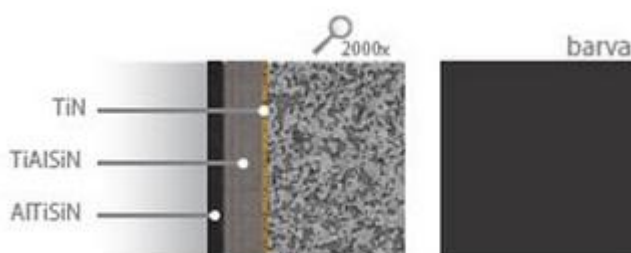
- *Povlak TiAlSiN*

Povlak TiAlSiN má antracitovou barvu. Mezi její největší výhody patří extrémní oxidační odolnost, odolnost proti opotřebení a vysokou tepelnou tvrdost. Tvrdost tohoto povlaku se pohybuje okolo 3400 HV a maximální pracovní teploty kolem 900 °C. Povlak je vhodný zejména pro vysokorychlostní obrábění velmi abrazivních materiálů[17].

- *Povlak Marwin SI*

Tato vrstva tvrdých a supertvrdých vrstev s vysokou termodynamickou stabilitou struktury zajišťuje vysokou stabilitu vlastností. Je to skupina tzv. nanokrystalických kompozitních vrstev. Nanokrystalický kompozit je materiál složený ze dvou nebo více složek, jenž jsou vzájemně nerozpustné. Materiál má malou zrnitost a tím má kladný vliv na tvrdost. Jedná se o termodynamicky stabilní materiály.

PVD vrstvy s označením Marwin, vyvinuté a připravované v SHM, jsou vytvářeny metodou odpařování pomocí nízkonapětového oblouku v konfiguraci využívající centrální válcovou katodu. Marwin SI je monovrstevný typ a Marwin MT je multivrstevný povlak s měnícím se poměrem Ti a AlSi. Obě vrstvy vycházejí z nanokrystalického kompozitu [23].



Obr. 4.2 Povlak tvarového vrtáku [22].

Tab. 4.2 Základní vlastnosti povlaku Marwin SI [22].

Mikrotvrdost (GPa)	Tloušťka ( $\mu\text{m}$ )	Drsnost Ra ( $\mu\text{m}$ )	Tepelná stabilita (C)
45	2-3	0,10-0,20	>1000

#### **4.2 Vícestrojová obsluha**

Změna jednostrojové obsluhy na vícestrojovou má za následek snížení výrobních časů, které jsou způsobeny prostojem pracovníka během funkce stroje. Dále pracovník může obrábět jak součástku na prvním soustruhu operace 20, tak zároveň může pracovat na druhém soustruhu operace 30 uvedených v technologickém postupu (viz. příloha 2)

Návrh bude mít pozitivní vliv na snížení výrobních časů vlivem paralelního chodu obou obráběcích strojů a v neposlední řadě snížení počtu potřebných zaměstnanců při soustružení.

Propočty dokazující zefektivnění výroby již zmíněného návrhu jsou uvedeny v kapitole č. 5.

#### **4.3 Změna technologického postupu**

Návrhem v pořadí třetím je změna technologického postupu. V kapitole 2.5 Přesnost obrobených ploch byl již nastíněn problém s výrobou středících důlků. Dle vhodné připomínky byla navržena změna technologického postupu.

Tento postup bude mít na první pohled za následek zvýšení výrobních časů, ale na druhou stranu zajistí přesně ustavení obrobku při obrábění, a tím výrazně sníží riziko vzniku neshodných kusů. Právě touto úpravou se zamezí nákladům, které by byly investovány do výroby následných korektních kusů. Prolnutím navrhovaných technologií dojde k použití vícestrojové obsluhy i tvarového vrtáku. Bližší informace o propočtu návrhu technologie v kapitole č. 5.

Výpočet strojních časů pro návrh číslo 3 je zobrazen v příloze č. 4. Navrhovaný technologický postup (viz. příloha 9) se od původního (viz. příloha 2) liší především četnějším přepínáním obrobku. Ovšem také nižším počtem operací. Obrobek bude možné obrábět jak jednostrojovou tak vícestrojovou obsluhou. Nevýhodou tohoto návrhu je nutnost většího počtu přenastavení způsobu upínání. Jak již plyne z výše zmíněného textu, výrobní čas se prodlouží v řádech minut, ovšem tento návrh bude mít za následek minimalizování výroby neshodných kusů.

## 5 TECNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení bylo provedeno z důvodu dodání závěrečných propočtů na sériovou výrobu „hřídele“ pro původní výrobu a pro návrhy č. (1, 2, 3, 4, 5). Propočet jednotlivých návrhů je shrnut v následujících kapitolách.

### 5.1 Výpočet ceny nástrojů

#### - Ceny VBD

Potřebný počet VBD byl stanoven z času spočteného na výrobu daného úkonu (hrubování, dokončování atd.) pro celou sérii 700 ks/rok. Díky radě firemního technologa o snížení řezných podmínek o 30% se dostáváme na trvanlivost břitů nástroje až na 45 min. Výpočet potřebných VBD je proveden dle vztahu (5.1).

Spotřeba vyměnitelných břitových destiček:

$$Sp = \frac{\text{výrobní série} \cdot t_{As}}{\text{počet břitů} \cdot \text{trvanlivost}} \quad (5.1)$$

#### - *HRUBOVÁNÍ CCMT 09T08-PF*

$$Sp = \frac{700 \cdot 0,17}{2 \cdot 45} = 1,32 = 2 \text{ ks}$$

#### - *HRUBOVÁNÍ TNMM 220408-PR*

$$Sp = \frac{700 \cdot 3,04}{3 \cdot 45} = 15,76 = 16 \text{ ks}$$

#### - *DOKONČOVÁNÍ DNMG 150604-PM*

$$Sp = \frac{700 \cdot 1,55}{2 \cdot 45} = 12,06 = 13 \text{ ks}$$

Tab. 5.1 Ceny VBD [18].

VBD	Spotřeba [ks]	Cena jedné VBD bez DPH [Kč]	Cena VBD bez DPH [Kč]
CCMT 09T308-PF	2	149	298
TNMM 220408-PR	16	242	3 872
DNMG 150604-PM	12	160	1 920
<b>Celkem</b>			<b>6 090</b>

#### - Ceny soustružnických nožů

Tab. 5.2 Ceny soustružnických nožů [19].

Nůž	Spotřeba [ks]	Cena jednoho nože bez DPH [Kč]	Cena všech nožů bez DPH [Kč]
SCACR 1212K 09-S	2	2 025	4 050
DTG NR 3232P 22-2	2	2 125	4 250
PDJNR 2525M 15	2	2 195	4 390
<b>Celkem</b>			<b>12 690</b>

- Ceny vrtáků

Tab. 5.3 Ceny vrtáků [14].

Rozměr vrtáku	Spotřeba [ks]	Cena vrtáku bez DPH [Kč]
Středící vrták R4x8,5	1	110
Šroubovitý vrták Ø10,2 mm	1	54
Šroubovitý vrták Ø13 mm	1	95
Šroubovitý vrták Ø18 mm	1	430
<b>Celkem</b>		<b>689</b>

- Cena tvarového vrtáku

Tab. 5.4 Cena tvarového vrtáku K-TOOLS (příloha 6).

Rozměr vrtáku	Spotřeba [ks]	Cena vrtáku bez DPH [Kč]
Tvarový vrták 10,5/13/18, drážka 40°, MG10 18x100	2	4579
<b>Celkem</b>		<b>4579</b>

- Cena závitníku

Tab. 5.5 Cena závitníku [13].

Rozměr závitníku	Spotřeba [ks]	Cena závitníku bez DPH [Kč]
Strojní závitník M12	1	576
<b>Celkem</b>		<b>576</b>

Cena nástrojů pro původní výrobu činí 20045 Kč. Cena zahrnuje od každého druhu nástroje jeden kus. V nástrojích pro původní výrobu najdeme vrtáky, viz (viz. tab. 5.3), závitník (viz. tab. 5.5), VBD (viz. tab. 5.1), a v neposlední řadě soustružnické nože (viz. tab. 5.2).

Cena nástrojů pro zefektivnění výroby činí 21756 Kč. V nástrojích pro efektivnější výrobu najdeme tvarový vrták vyrobený na zakázku firmou K-TOOLS (viz. tab. 5.4), VBD (viz. tab. 5.1), soustružnické nože (viz. tab. 5.2), a závitník je uveden v tabulce 5.5.

## 5.2 Zhodnocení technologií

Zhodnocení je provedeno dle platných ustanovení zavedených ve firmě. Náklady na výrobu zahrnují cenu za materiál, náklady na pracoviště, náklady na balení výrobku a cenu za dopravu zákazníkovi. Cena za materiál je stanovena jako hrubá spotřební váha materiálu součástky vynásobená cenou nakupovaného materiálu.

Náklady na pracoviště je určena jako součet normy pracoviště a přípravného času. Tento součet je vynásoben počtem kusů celé série a tarifem. Tarifní určení pracovišť je uvedeno v tabulce 5.6. K ceně výrobku se ještě připočítávají náklady na balení výrobku, pokud se nejedná o vratné obaly, které si zákazník dodává sám a náklady na dopravu. Tyto náklady nejsou pevně stanovené a záleží na dohodě se zákazníkem.

Vlivem změny obsluhy strojů a změnou TP jsou v tabulkách (5.7, 5.9, 5.11, 5.13, 5.15, 5.17, 5.19 a 5.21) uvedeny názvy použitých strojů v oblasti a čísla operací, ve kterých probíhá racionalizace.

Tab. 5.6 Tarifní ohodnocení pracovišť.

Název stroje	Označení	Tarif bez režie a DPH [Kč/hod]	Tarif na 1 min. práce [Kč/min]
Pila okružní	PAK 35	101,25	1,69
Poloautomatický soustruh	SPT 32 NC	135	2,25
Poloautomatický soustruh	SPT 16 NC	135	2,25
Bruska univerzální hrotová	BHU 32A/1500	135	2,25
Frézka odvalovací	53A30 M	121,5	2,03

### 5.2.1 Původní technologie

Tato technologie, jež je zavedena ve firmě a která byla analyzována v předchozích kapitolách je založena na jednostrojové obsluze a vrtácích z RO. Operace 20 a 30 je prováděna na stejném soustruhu a časy jsou uvedeny v příloze 4.

Tab. 5.7 Strojní časy soustružnických operací pro původní výrobu.

Operace	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	5,4
30	SPT 32 NC	5,28
	Celkem	10,68

Tab. 5.8 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro původní výrobu.

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	5,4	2,25	49 455
30	26	5,28	2,25	49 266
40	19	4,56	2,25	37 107
50	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	107	24,43		197 283

Norma pro jeden kus obráběného jednostrojovou obsluhou je 24,43 min. Minutové tarify jsou určeny z tabulky 5.6. Náklady na výrobní série činí 197 283 Kč. Stejný postup při technicko-ekonomickém hodnocení je proveden i u navrhovaných technologií uvedených dále.

### 5.2.2 Návrh č. 1

Návrh č. 1 pro zefektivnění výroby hřídele byla navržena změna vrtáků tří různých průměrů za tvarový vrták firmy K-TOOLS (viz. příloha 5) v operaci č. 20 původní výroby, který byl poptáván na zakázku. Cena tvarového vrtáku při pořízení dvou kusů činí 4579 Kč bez DPH. Jednotlivý vrták má tedy cenu 2289,5 Kč bez DPH (viz. příloha 6). Výroba bude prováděna tedy na jednom soustruhu SPT 32 NC a tím pádem se musí počítat s časem navíc pro přenastavení druhů upínání pro jednotlivé operace.

Tab. 5.9 Strojní časy soustružnických operací pro návrh č. 1.

Skupina	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	4,05
30	SPT 32 NC	5,28
	Celkem	9,33

Tab. 5.10 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro návrh č. 1.

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	4,05	2,25	47 328
30	26	5,28	2,25	49 266
40	19	4,56	2,25	37 107
50	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	107	23,08		195 156

Pro návrh číslo 1 je  $t_{Ac}$  23,08 min. Náklady na pracoviště určitých operací jsou 195 156 Kč. Vyhodnocení všech navrhovaných technologií je uvedeno v kapitole 5.3.

### 5.2.3 Návrh č. 2

Návrh č. 2 zahrnuje vícestrojovou obsluhu. Tedy obsluha jednoho soustruhu bude mít ve své pracovní náplni obsluhu více strojů (SPT 32 NC a SPT 16 NC). Tímto krokem se sníží norma výroby jednoho kusu a potažmo celé série. Budou použity stejné nástroje jako pro původní výrobu. Norma jednotkového času s přírůžkou směnového času  $t_{Ac}$  pouze pro soustružnické operace jsou uvedena v tabulce 5.11.

Tab. 5.11 Strojní časy soustružnických operací pro návrh č. 2.

Skupina	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	3,78
30	SPT 16 NC	3,69
	Celkem	7,47

Tab. 5.12 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro návrh č. 2.

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	3,78	2,25	46 903
30	26	3,69	2,25	46 761
40	19	4,56	2,25	37 107
50	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	107	21,22		192 226

Norma jednotkového času s přírůzkou směnového času  $t_{Ac}$  pro návrh č. 2 je 21,22 min. Výrobní náklady pracovišť činí 192 226 Kč.

### 5.2.4 Návrh č. 3

Právě v Návrhu č. 3 bude zohledněna jak vícestrojová obsluha, tak také použití tvarového vrtáku vyráběného na zakázku (viz. příloha 5). Rapidně se sníží norma  $t_{Ac}$  (viz. tab. 5.13), ovšem prodraží se pořizovací cena nástrojů. (viz. tab. 5.3 a 5.4).

Tab. 5.13 Strojní časy soustružnických operací pro návrh č. 3.

Skupina	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	2,84
30	SPT 16 NC	3,69
	Celkem	6,53

Tab. 5.14 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro návrh č. 3.

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	2,84	2,25	45 423
30	26	3,69	2,25	46 761
40	19	4,56	2,25	37 107
50	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	107	20,28		190 745

V návrhu č. 3 je  $t_{Ac}$  20,28 min., a náklady na pracoviště jsou 190 745 Kč.

### 5.2.5 Návrh č. 4

V pořadí čtvrtým návrhem je změna technologického postupu (viz. příloha 9). Změnou technologického postupu by se mělo zajistit přesnější ustavení obrobku a sled operací by měl být takový, aby nedocházelo k výrobě neshodných kusů. Užitím změny technologického postupu se zredukuje počet operací oproti původní výrobě. Toto tvrzení je blíže popsáno v kapitole 2.5. Využity budou původní vrtáky a jednostrojová obsluha.

Tab. 5.15 Strojní čas soustružnické operace pro návrh č. 4.

Skupina	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	12,47
	Celkem	12,47

Změnou TP a tím pádem vyloučení jedné operace v postupu výroby se sníží výrobní náklady pracovišť. Stejně důvody jsou uvedeny v návrzích (5,6,7).

Tab. 5.16 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro návrh č. 4.

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	12,47	2,25	60 590
30	19	4,56	2,25	37 107
40	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	81	26,22		159 152

Návrh 4 zahrnuje  $t_{Ac}$  26,22 min. Cena za práci činí 159 152 Kč.

### 5.2.6 Návrh č. 5

Změna technologického postupu je také uvedena v návrhu č. 5. Jediným rozdílem návrhu č. 4 a č. 5 je použití vícestrojové obsluhy. Návrh č. 5 zahrnuje právě vícestrojovou obsluhu. Tímto krokem by se měla zajistit nižší norma  $t_{Ac}$ . Na obou poloautomatických soustružích, tedy SPT 32 NC a SPT 16 NC bude nastaveno prvotní upínání pomocí sklíčidla a následně se bude nutně stroj přenastavit na upínání mezi hroty a poté zpětně na upínání sklíčidlem z důvodu TP.

Tab. 5.17 Strojní čas soustružnické operace pro návrh č. 5.

Skupina	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	8,73
	Celkem	8,73

Tab. 5.18 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro návrh č. 5.

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	8,73	2,25	109 399
30	19	4,56	2,25	37 107
40	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	81	22,48		207 963

V návrhu 5 je  $t_{Ac}$  22,48 min. Náklady na pracoviště činí 207 963 Kč. Částka je vyšší z důvodu vícestrojové obsluhy. V operaci 20 jsou náklady pracoviště vynásobeny dvěma z důvodu chodu obou soustruhů.

### 5.2.7 Návrh č. 6

V pořadí následujícím návrhem je změna TP a užití tvarového vrtáku. Následkem je vyloučení jednoho pracoviště a snížení  $t_{Ac}$ . Náklady na výrobu a  $t_{Ac}$  jsou uvedeny v tabulce 5.20.

Tab. 5.19 Strojní čas soustružnické operace pro návrh č. 6.

Skupina	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	11,6
	Celkem	11,6

Tab. 5.20 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro návrh č. 6.

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	11,6	2,25	59 220
30	19	4,56	2,25	37 107
40	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	81	25,35		157 782

Součet všech  $t_{Ac}$  dostaneme normu 25,35 min. Náklady na výrobu jsou spočteny na 157 782 Kč na sérii.

### 5.2.8 Návrh č. 7

Posledním návrhem je změna TP, použití tvarového vrtáku a využití vícestrojové obsluhy.  $t_{Ac}$  pro soustružnickou operaci na 8,12 min. Propočtení nákladů na výrobu a  $t_{Ac}$  jsou uvedeny v tabulce 5.22.

Tab. 5.21 Strojní čas soustružnické operace pro návrh č. 7.

Skupina	Název stroje	$t_{Ac}$ [min]
20	SPT 32 NC	8,12
	Celkem	8,12

Tab. 5.22 Výrobní náklady a  $t_{Ac}$  pro návrh č. 7

Skupina	Přípravný čas [min]	$t_{Ac}$ [min]	Minutový tarif [Kč/min]	Náklady pracovišť [Kč]
10	10	1,59	1,69	13 710
20	26	8,12	2,25	107 478
30	19	4,56	2,25	37 107
40	26	7,6	2,03	47 745
Celkem	81	21,87		206 041

Norma  $t_{Ac}$  je spočtena na 21,87 min. a Náklady na pracoviště činí 206 041 Kč. Náklady jsou vyšší z důvodu využití vícestrojové obsluhy, tedy v operaci 20 chodu obou soustruhů.

### 5.3 Zhodnocení navrhovaných technologií

Hodnocení technologií je provedeno početně viz (tab. 5.23 a 5.24), tak i graficky na (viz. obr. 5.1 a 5.2).

Tab. 5.23 Rozdíly nákladů na výrobu oproti původní technologii.

Technologie	Náklady na pracoviště [Kč]	Rozdíl nákladů [Kč]
původní výroba:	197 283	0
Návrh 1	195 156	2 127
Návrh 2	192 226	5 057
Návrh 3	190 745	6 538
Návrh 4	159 152	38 131
Návrh 5	207 963	-10678
Návrh 6	157 782	39 501
Návrh 7	206 041	-8757

Hodnocení navrhovaných technologií je provedeno početně (viz. tab. 5.23 a 5.24) a také graficky (viz. obr. 5.1 a 5.2).

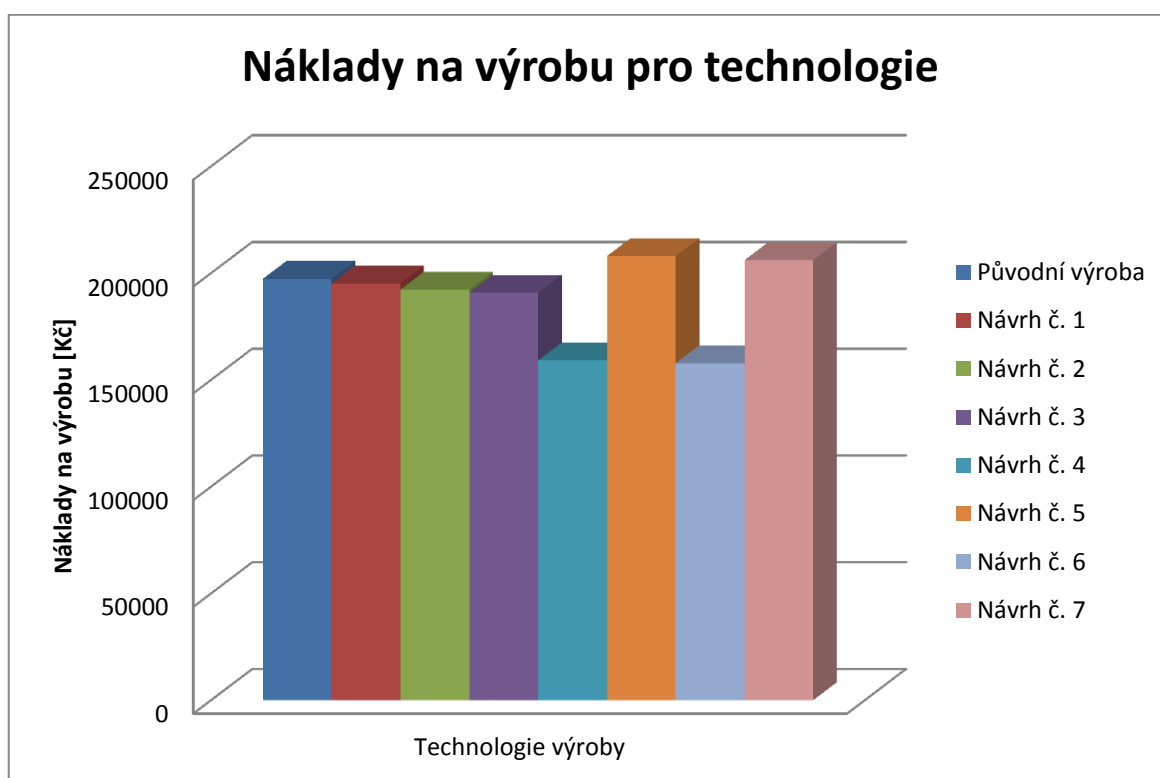
Z tabulky 5.23 je patrné, že nejnižší náklady na výrobu jsou skryty v návrhu č. 6. Jedná se o změnu TP, použití tvarového vrtáku a jednostrojové obsluhy. Rozdíl nákladů původní výroby a návrhů je nejmarkantnější v návrzích č. 4, 6 a 3.

Tab. 5.24 Rozdíly normy  $t_{Ac}$  oproti původní technologii.

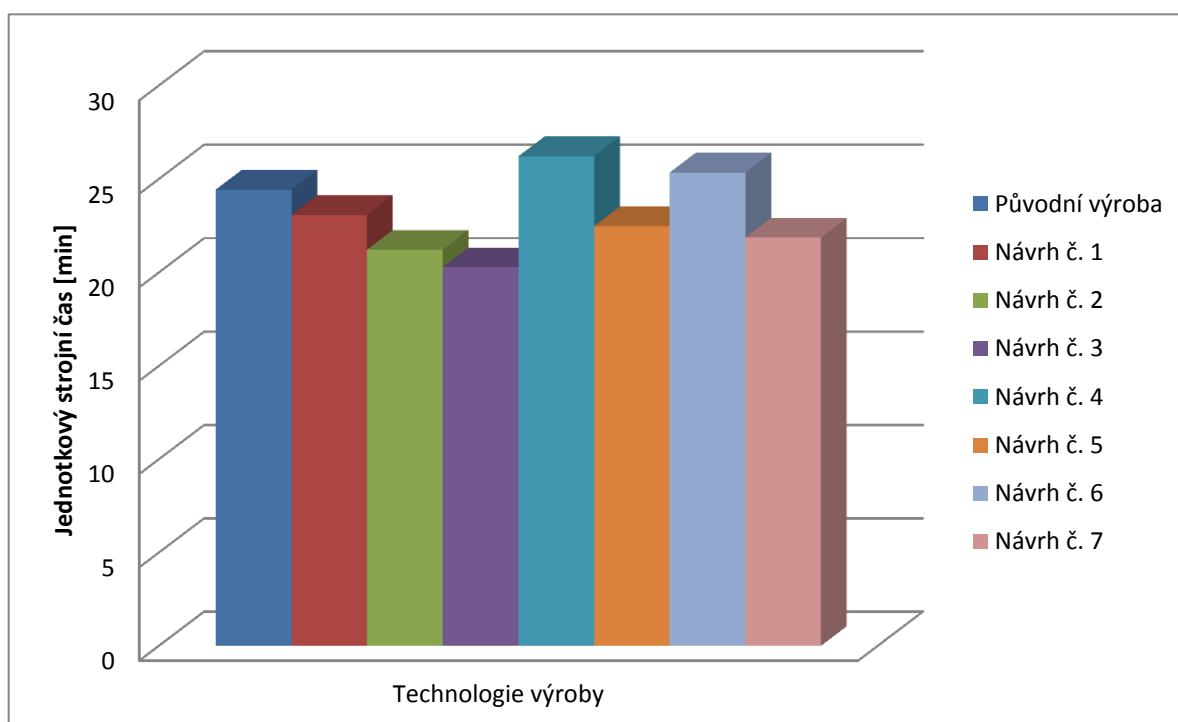
Technologie	$t_{Ac}$ [min]	Rozdíl $t_{Ac}$ [min]
původní výroba	24,43	0
Návrh 1	23,08	1,35
Návrh 2	21,22	3,21
Návrh 3	20,28	4,15
Návrh 4	26,22	-1,79
Návrh 5	22,48	1,95
Návrh 6	25,35	-0,92
Návrh 7	21,87	2,56

Nejnižší norma  $t_{Ac}$  pro výrobu jedné součástky je u návrhu č. 3. Návrh zahrnuje vícestrojovou obsluhu a použití tvarového vrtáku. Norma činí 20,28 min. Dalšími v pořadí největších rozdílů  $t_{Ac}$  jsou návrhy č. 2 a 7.

Prolnutím obou podmínek, tedy nákladů na výrobní sérii a normy jednotkového času s přírázkou směnového času jedné součástky vyjde najevo, že optimálním řešením je návrh č. 3. Tento návrh zahrnuje třetí nejnižší náklady na výrobu oproti ostatním návrhům a nejnižší  $t_{Ac}$ . Následujícími návrhy, které jdou vzít v úvahu, jsou návrhy č. 2 a 7.



Obr. 5.1 Porovnání technologií v porovnání nákladů na výrobní sérii.

Obr. 5.2 Závislost technologií v porovnání s  $t_{Ac}$  jednoho výrobku.

## 6 DISKUZE

Původní technologií trvá čelní vrtání součástky třemi vrtáky rozdílných průměrů 1,32 min. Materiál použitých vrtáku je RO. Jedná se tedy o nástroje pohybující se v cenové relaci několika set korun českých. Trvanlivost je vlivem vlastností materiálu omezena.

Prvním návrhem byla změna tří různých vrtáků za vrták tvarový (viz. příloha 5), který vrtá dva požadované průměry a sražení hrany jedním úkonem a z původní technologie tak budou zredukovány strojní časy pro výměnu nástrojů a také změna řezných podmínek vrtáku.

Dalším v pořadí je návrh vícestrojové obsluhy. Jedná se o obsluhu dvou soustružnických poloautomatů jedním pracovníkem. Touto technologií se sníží prostoje pracovníka při činnosti stroje. Norma se tedy sníží zhruba o 30%.

Posledním návrhem je změna technologie výroby zadané součástky. Důvodem pro změnu TP byla především výroba středících důlků, které jsou potřebné pro přesné uchycení a tím minimalizování produkce neshodných kusů. Podrobný popis problému je uveden v kapitole 2.5.

Pro lepší výsledky byly všechny navrhované technologie propojeny a vzniklo tedy šest návrhů na zefektivnění produkce. Podrobný popis návrhů je rozepsán v kapitole 4.

## ZÁVĚR

V této práci byl proveden rozbor technické dokumentace původní výroby hřídele firmy Letovické strojírny s.r.o. Z následného podání návrhů na efektivnější produkci co se týče nákladů na výrobu a výrobních časů je pomocí technicko-ekonomického zhodnocení patrné, že návrh číslo 3 je v kombinaci nákladů na výrobu a výrobních časů nejefektivnější ze všech šesti navrhovaných technologií.

Získané výsledky navrhované technologie v porovnání s původní technologií:

- snížení výrobních nákladů o 6 538 Kč,
- snížení strojního času o 4,15 min na jeden výrobek.

Nástroj tvarový vrták bude mít za následek snížení výrobních časů, ovšem prodraží se cena nástrojů v řádech dvou tisíc korun českých. Počáteční náklady jsou tedy vyšší, ovšem produkcí výrobní série 700 kusů se tímto krokem ušetří strojní čas, čímž pádem klesnou náklady na pracoviště a stroj bude připraven dříve na použití při výrobě jiných součástek.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Letovické strojírný, s.r.o. *Historie firmy* [online] ©.2012 © [vid. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.lsletovice.cz/text/cs/historie-firmy.aspx>
2. Letovické strojírný, s.r.o. *O společnosti* [online]. 2012 [vid. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.lsletovice.cz/text/cs/o-spolecnosti.aspx>
3. Bohdan Bolzano s.r.o. *Technická příručka* [online] ©.2014 [vid. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355j2drive-s355j2g3>
4. JKZ Bučovice a.s. *Konstrukční ocel ČSN 11523* [online] ©. 2010 [vid. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://jkz.jb-webshare.com/node/217>
5. Preciz s.r.o. *Převodník materiálů: Ocel 1.0570* [online] ©.2012 [vid. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/1.0570>
6. Akrostal. *Technická podpora: Materiál 11523* [online] ©.2010 [vid. 2014-03-07]. Dostupné z: <http://www.akrostal.pl/cs/S355J2G318G2A.html>
7. Difak. *Prodej použitých strojů: SPT 32 NC* [online] ©.2014 [vid. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.difak.cz/index.php?pid=38>
8. TDZ PARTNERS. *Použité stroje* [online] ©.2010 [vid. 2014-03-13]. Dostupné z: [http://www.tdzpartners.com/index.php?company=pouzite\\_stroje&id\\_nomen=01000000000187](http://www.tdzpartners.com/index.php?company=pouzite_stroje&id_nomen=01000000000187)
9. Zentrierbohrungen. *Středící dülky DIN 332* [online] ©. 2009 [vid. 2014-03-26]. Dostupné z: [http://diglib.ethz.ch/system/temporary/get\\_for.ind9.de.htm](http://diglib.ethz.ch/system/temporary/get_for.ind9.de.htm)
10. Difak. *Prodej použitých strojů: SPT 16 NC* [online] ©. 2014 [vid. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://www.difak.cz/index.php?pid=28>
11. KOČMAN, Karel, PERNIKÁŘ, Jiří. *Ročníkový projekt II - obrábění* [online]. Studijní opory pro kombinovanou formu bakalářského studia v oboru 23-07-7 Strojírenská technologie. ÚST, FSI-VUT v Brně. 2002. 27 s. [vid. 2014-04-02]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/RocnikovyProjekt\\_II-obrabeni.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf)
12. NAREX ŽDÁNICE. *Katalog*. 2013, 120 s. Dostupné z: <http://www.narexzd.cz/files/catalogue27.pdf>
13. NAREX ŽDÁNICE. *Ceník 2011*. 2011. Dostupné z: [http://www.i-zavitniky.cz/fotky3985/fotos/\\_s\\_39NAREX-ZDANICE-Cenik2011-od-1-3-2011.zip](http://www.i-zavitniky.cz/fotky3985/fotos/_s_39NAREX-ZDANICE-Cenik2011-od-1-3-2011.zip)
14. STIMZET. *Ceník 2011*. 2011. Dostupné z: [http://www.i-zavitniky.cz/fotky3985/fotos/\\_s\\_47STIMZET-cenik\\_2011\\_v2.pdf](http://www.i-zavitniky.cz/fotky3985/fotos/_s_47STIMZET-cenik_2011_v2.pdf)
15. KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. ©. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 9788072047222.
16. TumliKOVO. *Výroba ozubení odvalováním* [online] ©. 2010 [vid. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/vyroba-ozubeni-odvalovaci-frezou/>

17. DOLEŽALOVÁ, Petra. Vlastnosti povlaků řezných nástrojů ze slinutého karbidu. Brno 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 52 s. příloh 3. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Osička PhD.
18. Lutoma s.r.o. *Nářadí a nástroje* [online] ©. 2014 [vid. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://eshop.lutoma.cz/nastroje-a-naradi>
19. Kvalitní-Nástroje. *Seznam produktů výrobce SANDVIK COROMANT* [online] ©. 2014 [vid. 2014-04-27]. Dostupné z: [http://www.kvalitni-nastroje.cz/3\\_sandvik-coromant](http://www.kvalitni-nastroje.cz/3_sandvik-coromant)
20. SANDVIK COROMANT. *CoroKey: snadná voba, snadné použití : návod pro výběr nástroje : vybraný sortiment v soustružení, frézování, vrtání*. 5. vyd. Praha: Sandvik Coromant, 1999, 183 s.
21. SECO. *Custom design* [online] ©. 2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.secotools.com/Global/Services--Support/Custom-Design/>
22. SHM-cz. *PVD povlak MARWIN SI* [online] ©. 2013 [vid. 2014-05-06]. Dostupné z: <http://www.shm-cz.cz/pvd-povlaky-a-sluzby/pvd-povlaky/marwin-si/>
23. Nové otěruvzdorné PVD povlaky. *MM Spektrum* [online] ©. 2002, č. 5 [vid. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nove-oteruvzdorne-pvd-povlaky.html>
24. ŘASA, Jaroslav, Přemysl POKORNÝ a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2001, 221 s. ISBN 80-7183-227-8.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Zkratka	Jednotka	Popis
<b>Al</b>	[-]	hliník
<b>CNC</b>	[-]	Computer Numeric Control
<b>HRA</b>	[-]	tvrdost dle Rockwella
<b>HSS</b>	[-]	High Speed Steel
<b>HSSE</b>	[-]	High Speed Steel with cobalt
<b>HV</b>	[-]	Tvrdost podle Vickerse
<b>N</b>	[-]	dušík
<b>PVD</b>	[-]	Physical Vapour Deposition
<b>RO</b>	[-]	rychlořezná ocel
<b>Si</b>	[-]	křemík
<b>SK</b>	[-]	slinutý karbid
<b>Ti</b>	[-]	titan
<b>TP</b>	[-]	Technologický postup
<b>VBD</b>	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
<b>A</b>	[%]	tažnost
<b>c</b>	[Kč]	cena materiálu
<b>D</b>	[mm]	průměr
<b>d<sub>p</sub></b>	[mm]	průměr polotovaru
<b>d<sub>pož</sub></b>	[mm]	požadovaný průměr polotovaru
<b>H<sub>i</sub></b>	[Rz]	jakost povrchu
<b>k<sub>m</sub></b>	[-]	koeficient využití materiálu
<b>l<sub>d</sub></b>	[mm]	šířka prořezu
<b>l<sub>k</sub></b>	[mm]	délka nevyužitého konce tyče
<b>l<sub>p</sub></b>	[mm]	délka polotovaru
<b>L<sub>t</sub></b>	[mm]	délka tyče
<b>m<sub>tyče</sub></b>	[kg]	hmotnost tyče

<b>n</b>	[ks]	četnost výskytu všech uvažovaných jednotek
<b>n<sub>i</sub></b>	[ks]	četnost výskytu jednotky
<b>N<sub>m</sub></b>	[kg/ks]	norma spotřeby materiálu
<b>n<sub>p</sub></b>	[ks]	počet přířezů z tyče
<b>p</b>	[mm]	přídavek na obrábění
<b>P<sub>i</sub></b>	[-]	IT číslo dané operace
<b>q<sub>d</sub></b>	[kg]	ztráty vzniklé dělením materiálu
<b>q<sub>k</sub></b>	[kg]	ztráty z nevyužitého konce tyče
<b>q<sub>o</sub></b>	[kg]	ztráty vzniklé obráběním
<b>Q<sub>p</sub></b>	[kg]	hmotnost polotovaru
<b>Q<sub>v</sub></b>	[kg]	hmotnost vyrobené součásti
<b>r</b>	[mm]	poloměr tyče
<b>R<sub>eH</sub></b>	[MPa]	mez kluzu
<b>R<sub>m</sub></b>	[MPa]	pevnost v tahu
<b>s</b>	[ks]	výrobní série
<b>t<sub>Ac</sub></b>	[min]	norma jednotkového času s přírážkou směnového času
<b>t<sub>celkové</sub></b>	[ks]	celkový počet tyčí
<b>U<sub>h</sub></b>	[μm]	ukazatel jakosti povrchu
<b>U<sub>m</sub></b>	[%]	ukazatel využití materiálu
<b>U<sub>p</sub></b>	[-]	ukazatel průměrné přesnosti
<b>V</b>	[m <sup>3</sup> ]	objem tyče
<b>v<sub>c</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
<b>v<sub>cb</sub></b>	[m/min]	obvodová rychlost brusného kotouče
<b>v<sub>co</sub></b>	[m/min]	obvodová rychlost obrobku
<b>Z<sub>m</sub></b>	[kg]	celkové ztráty materiálu
<b>π</b>	[-]	matematická konstanta
<b>ρ</b>	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota materiálu
<b>∅<sub>k</sub></b>	[mm]	průměr brusného kotouče

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1	Výkres vytipované součásti
Příloha č. 2	Technologický postup firmy
Příloha č. 3	Materiálový list oceli 11523
Příloha č. 4	Výpočet strojních časů
Příloha č. 5	Výkres tvarového vrtáku
Příloha č. 6	Nabídka tvarového vrtáku K-TOOLS
Příloha č. 7	NC program operace 20
Příloha č. 8	NC program operace 30
Příloha č. 9	Upravený technologický postup



# PŘÍLOHA 2

## Technologický postup firmy

14.11.2013 10:32:5:  
František Bednář

Strana: 1/1

### Technologický postup

Výrobek: **000004843750** HNACI CEP L  
Varianta: **0** KR 65-6000 (261)  
Množství: 1,00 KS Formát: 3\*\*\*

Skupina	Operace	Název	Přípravný	Jednotkový	Výr. stř.
<b>0010</b>	<b>05963</b>	<b>Pila okružní</b>	10,00	1,59	62
Zaříznout,řezat na dl.dle kusovníku,odhrotit,odjehlít.					
0000 řezat na L=261					
Třída: 02					
9000705		KR 65-6000		7,48 KG	
<b>0020</b>	<b>34516</b>	<b>Poloautomat SPT32NC</b>	26,00	5,40	62
xxx SOUSTRUZIT xxx					
0000 zarovnat čelo,navrtat,vrtat d 10.2,vrtat d 13, 000000 srazit hranu 60 st.pro hrot,řezat závit M12,přepnout, 0000000 zarovnat čelo L=258,navrtat důlek pro hrot,odjehlít					
Třída: 04					
<b>0030</b>	<b>34516</b>	<b>Poloautomat SPT32NC</b>	26,00	5,28	62
Soustružit dle programu.					
0000 soustružit hotově,jen u d 40 j7-1x ponechat přídavek na 000000 broušení 0.3 ???!!!					
Třída: 04					
<b>0040</b>	<b>05532</b>	<b>Bruska univer.hrotov</b>	19,00	4,56	62
Brousit pr.dle vykresu.					
0000 brousit d 40 j7					
Třída: 04					
<b>0050</b>	<b>05836</b>	<b>Frezka na ozubeni</b>	26,00	7,60	62
Frézovat drážkování dle vykresu,odjehlít.					
0 Protikusem 7254406-2 kontrolovat !!každý!! vyrobený kus 9999 Samokontrola všech operací-kvality a počtů					
Třída: 03					
7254406-2		Kontrolní protikus-kalibr		1,00 KS	

# PŘÍLOHA 3

## Materiálový list oceli 11523

Přehled vlastností oceli S355J2							1.0577		
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel								
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005								
Dřívější označení	S355J2G4 podle EN 10025: 1990 +A1: 1993; St 52-3 N podle DIN 17100; 11 503 podle ČSN								
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn	Si	P	S	N	
	≤ 16	>16≤40	>40 <sup>1)</sup>	max.	max.	max.	max.	max.	
Složení hotového výrobku	0,20 <sup>5)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,025	0,025	-	
	0,23 <sup>5)</sup>	0,23 <sup>4)</sup>	0,24	1,70	0,60	0,035	0,035	-	
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu $R_{eH}$ MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250	
	355	345	335	325	315	295	285	275	
	Pevnost v tahu $R_m$ MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≥3 ≤ 100			> 100 ≤ 150			> 150 ≤ 250		
	470-630			450-600			450-600		
	Minimální tažnost v % ( $L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ ) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm v <sup>6)</sup> :								
	≥ 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150		> 150 ≤ 250
	22		21		20		18		17
	Minimální nárazová práce KV ( J ) při - 20° C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm <sup>4k,6)</sup> :								
≤ 150				>150 ≤ 250					
27 <sup>6)</sup>				27 <sup>6)</sup>					
Maximální hodnota CEV <sup>3)</sup>	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:								
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250		
0,45		0,47		0,47		0,49 <sup>7)</sup>			
<b>Technologické vlastnosti</b>									
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvyklými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení, stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 ( EN 1011 ).								
Tváření za tepla	Jsou-li dodané výrobky dále tvářené za tepla, splňují uvedené mechanické hodnoty pouze po následném normalizačním žihání.								
Tvařitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C ( S355JOC ). To se týká i tažení za studena.								
<sup>1)</sup> pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm se obsah C stanoví po dohodě. <sup>2)</sup> pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm je hodnoty nutno dohodnout <sup>3)</sup> hodnota uhlíkového ekvivalentu CEV, stanovená z rozboru tavby se vypočte podle vzorce : $CEV = C + Mn : 6 + ( Cr+Mo+V ) : 5 + ( Ni+Cu ) : 15$ CEV je volitelný požadavek. <sup>4)</sup> pro jmenovitou tloušťku nad 30 mm a pro tváření za studena je obsah C max. 0,22 % resp. 0,24% v hotovém výrobku. <sup>5)</sup> je-li ocel určena k válcování za studena je obsah C max. 0,22% resp. 0,24% pro hotový výrobek. <sup>6)</sup> průměrná hodnota vypočtená výsledků tří stanovení musí splňovat předepsané požadavky. Jedna hodnota může být nižší, než předepsaná minimální hodnota za předpokladu, že nebude nižší než 70% této hodnoty. V opačném případě se odebírají ze zkušební vzorku další 3 zkušební tělesa. Průměrná hodnota ze 6 zkušek pak nesmí být nižší než předepsaná minimální hodnota, přičemž 2 výsledky mohou být nižší, ale pouze jeden s hodnotou nižší, než 70% předepsané minimální hodnoty. <sup>7)</sup> pro dlouhé výrobky je maximální hodnota CEV 0,54 <sup>8)</sup> pro podélný směr zkoušení									

## PŘÍLOHA 4

Výpočet normy pro výrobu operace 20 a návrh č. 2.

VÝPOČET NORMY SOUSTRUŽENÍ			soustruh SPT - 32 CNC				
název dílce		HNACÍ ČEP			8.4.2014		
číslo dílce		04843750					
pracoviště	34516	Operace	20				
úkon			norma	četnost	tAs	tA11	
upnutí obrobku			0,6	2		1,20	
posunutí najetí materiálu na doraz upnutí			0,3	1		0,30	
výměna nástroje			0,15	3		0,45	
njetí nástroje			0,05	3		0,15	
zarovnat čelo			0,17	2	0,34		
navrtat			0,15	2	0,30		
vrtat			1,32	1	1,32		
vyhrubovat			0,00	0	0,00		
vystružit			0,00	0	0,00		
řezat závit závitník			0,36	1	0,36		
soustružit průměr			0,00	0	0,00		
soustružit průměr			0,00	0	0,00		
srazit hranu			0,00	0	0,00		
soustružit závit nožem			0,00	0	0,00		
upíchnout			0,00	0	0,00		
odložení dílce			0,10	1		0,10	
měřit			0,15	1		0,15	
součet složek času					tAs	tA11	
					2,32	2,35	
čas nepravidelné obsluhy			tA11		tAx		
tAx 6,5% z tA11			2,35	x	0,065	0,15	
směnnost			tA	x	1,12	tAc	
tAc			4,82	x	1,12	5,40	
CELKOVÁ NORMA NA soustružení			příprava	třída	norma		
			30	4		5,40	
CELKOVÁ NORMA NA soustružení Při DVOUSTROJOVÉ OBSLUZE SPT						X0,7	3,78

## PŘÍLOHA 4

Výpočet normy pro výrobu původní výroby operace 30 a návrhu. č. 2.

VÝPOČET NORMY SOUSTRUŽENÍ			soustruh SPT - 32 CNC			
název dílce		HNACÍ ČEP 8.4.2014				
číslo dílce		04843750				
pracoviště	34516	Operace	30			
úkon			norma	četnost	tAs	tA11
upnutí obrobku			0,6	1		0,60
posunutí najetí materiálu na doraz upnutí			0,3	1		0,30
výměna nástroje			0,15	2		0,30
najetí nástroje			0,05	2		0,10
zarovnat čelo			0,00	0	0,00	
navrtat			0	0	0,00	
vrtat			0,00	0	0,00	
vyhrubovat			0,00	0	0,00	
vystružit			0,00	0	0,00	
řezat závit závitník			0,46	0	0,00	
soustružit průměr			2,25	1	2,25	
soustružit průměr dokončování			0,76	1	0,76	
srazit hranu			0,05	1	0,05	
soustružit závit nožem			0,00	0	0,00	
upíchnout			0,00	0	0,00	
odložení dílce			0,10	1		0,10
měřit			0,15	1		0,15
součet složek času					tAs	tA11
					3,06	1,55

čas nepravidelné obsluhy	tA11		tAx
tAx 6,5% z tA11	1,55	x	0,065 0,10

směnnost	tA	x	1,12	tAc
tAc	4,71	x	1,12	5,28

	příprava	třída	norma	
CELKOVÁ NORMA NA soustružení	30	4		5,28
CELKOVÁ NORMA NA soustružení Při DVOUSTROJOVÉ OBSLUZE SPT			X0,7	3,69

## PŘÍLOHA 4

Výpočet normy pro návrhy č. 1 a 3.

VÝPOČET NORMY SOUSTRUŽENÍ				soustruh SPT - 32 CNC			
název dílce		HNACÍ ČEP		8.4.2014			
číslo dílce		04843750					
pracoviště	34516	Operace	20				
úkon			norma	četnost	tAs	tA11	
upnutí obrobku			0,6	2		1,20	
posunutí najetí materiálu na doraz upnutí			0,3	1		0,30	
výměna nástroje			0,15	1		0,15	
njetí nástroje			0,05	1		0,05	
zarovnat čelo			0,17	2	0,34		
navrtat			0,15	2	0,30		
vrtat			0,54	1	0,54		
vyhrubovat			0,00	0	0,00		
vystružit			0,00	0	0,00		
řezat závit závitník			0,36	1	0,36		
soustružit průměr			2,00	0	0,00		
soustružit průměr			0,80	0	0,00		
srazit hranu			0,03	0	0,00		
soustružit závit nožem			0,90	0	0,00		
upíchnout			0,40	0	0,00		
odložení dílce			0,10	1		0,10	
měřit			0,15	1		0,15	
součet složek času					tAs	tA11	
					1,54	1,95	

čas nepravidelné obsluhy	tA11		tAx	
tAx 6,5% z tA11	1,95	x	0,065	0,13

směnnost	tA	x	1,12	tAc
tAc	3,62	x	1,12	4,05

	příprava	třída	norma	
CELKOVÁ NORMA NA soustružení	30	4		4,05
CELKOVÁ NORMA NA soustružení Při DVOUSTROJOVÉ OBSLUZE SPT			X0,7	2,84

## PŘÍLOHA 4

Výpočet normy pro návrh č. 4 a 5.

VÝPOČET NORMY SOUSTRUŽENÍ		soustruh SPT - 32 CNC			
název dílce		HNACÍ ČEP 8.4.2014			
číslo dílce		04843750			
pracoviště	34516	Operace	20		
úkon		norma	četnost	tAs	tA11
upnutí obrobku		0,6	4		2,40
posunutí najetí materiálu na doraz upnutí		0,3	4		1,20
výměna nástroje		0,15	8		1,20
najetí nástroje		0,05	8		0,40
zarovnat čelo		0,17	2	0,34	
navrtat		0,15	2	0,30	
vrtat		1,32	1	1,32	
vyhrubovat		0,00	0	0,00	
vystružit		0,00	0	0,00	
řezat závit závitník		0,36	1	0,36	
soustružit průměr		2,25	1	2,25	
soustružit průměr		0,76	1	0,76	
srazit hranu		0,00	0	0,00	
soustružit závit nožem		0,00	0	0,00	
upíchnout		0,00	0	0,00	
odložení dílce		0,10	1		0,10
měřit		0,15	1		0,15
součet složek času				tAs	tA11
				5,33	5,45

čas nepravidelné obsluhy	tA11		tAx	
tAx 6,5% z tA11	5,45	x	0,065	0,35

směnnost	tA	x	1,12	tAc
tAc	11,13	x	1,12	12,47

	příprava	třída	norma	
CELKOVÁ NORMA NA soustružení	30	4		12,47
CELKOVÁ NORMA NA soustružení Při DVOUSTROJOVÉ OBSLUZE SPT			X0,7	8,73

## PŘÍLOHA 4

Výpočet normy pro návrhy č. 6 a 7.

VÝPOČET NORMY SOUSTRUŽENÍ			soustruh SPT - 32 CNC			
název dílce		HNACÍ ČEP 8.4.2014				
číslo dílce		04843750				
pracoviště	34516	Operace	20			
úkon		norma	četnost	tAs	tA11	
upnutí obrobku		0,6	4		2,40	
posunutí najetí materiálu na doraz upnutí		0,3	4		1,20	
výměna nástroje		0,15	8		1,20	
najetí nástroje		0,05	8		0,40	
zarovnat čelo		0,17	2	0,34		
navrtat		0,15	2	0,30		
vrtat		0,54	1	0,54		
vyhrubovat		0,00	0	0,00		
vystružit		0,00	0	0,00		
řezat závit závitník		0,36	1	0,36		
soustružit průměr		2,25	1	2,25		
soustružit průměr		0,76	1	0,76		
srazit hranu		0,00	0	0,00		
soustružit závit nožem		0,00	0	0,00		
upíchnout		0,00	0	0,00		
odložení dílce		0,10	1		0,10	
měřit		0,15	1		0,15	
součet složek času					tAs	tA11
					4,55	5,45

čas nepravidelné obsluhy	tA11		tAx	
tAx 6,5% z tA11	5,45	x	0,065	0,35

směnnost	tA	x	1,12	tAc
tAc	10,35	x	1,12	11,60

	příprava	třída	norma	
CELKOVÁ NORMA NA soustružení	30	4		11,60
CELKOVÁ NORMA NA soustružení Při DVOUSTROJOVÉ OBSLUZE SPT			X0,7	8,12



# PŘÍLOHA 6

## Cenová nabídka tvarového vrtáku K-TOOLS



**Pavel Mrlik** <pavel.mrlik@k-tools.cz>

📎 23. 4.

Dobrý den pane Tenoro,

posílám cenovou nabídku a výkres v příloze na poptávaný vrták. V ceně je úprava břitu i povlak.

SK vrták pr. 10,5/13/18, drážka 40°, MG10 18x100, R + Marwin Si

- a) Výrobní dávka 2 ks á 4 579,- Kč bez DPH
- b) Výrobní dávka 3 ks á 3 934,- Kč bez DPH
- c) Výrobní dávka 4 ks á 3 593,- Kč bez DPH

S pozdravem

**Pavel Mrlik**  
technolog



tool design & production

Tel., Fax: [+420 577 523 370](tel:+420577523370) / Mobil: [+420 602 641 415](tel:+420602641415) / Email: [pavel.mrlik@k-tools.cz](mailto:pavel.mrlik@k-tools.cz)

Ing. Zdeněk Krátký / Tř. T. Bati 5334 / areál Svit (71. budova) / Zlín / 760 01 / Česká republika

[www.k-tools.cz](http://www.k-tools.cz)

## PŘÍLOHA 7

NC program operace 20.

```

%7467 N10 G0 G11 G43 G54 G92 G90 S1300 D1 T11 X50. Z300. M13 M40
N20 G96 S150 X34. Z260.
N30 G1 X-.5 F200
N40 G0 Z370. X150.
:50 G0 G11 G43 G55 G90 G92 S1000 D8 T11 X-100. Z350. M13 M40
N60 G95 S1000 X.0 Z261.
N70 G1 Z253. F50
N80 G0 Z300.
N90 X-200. Z400.
N100 M0
:110 G0 G11 G43 G54 G90 G92 S1300 D1 T11 X50. Z300. M13 M40
N120 G96 S150 X34. Z258.
N130 G1 X-.5 F250
N140 G0 X200. Z380.
:150 G0 G11 G43 G55 G90 G92 S1000 D14 T12 X-100. Z300. M13 M40
N160 G95 S400 X.0 Z260.
N170 G1 Z246. F150
N180 G0 Z320.
:190 G0 G11 G43 G55 G90 G92 S1000 D7 T13 X.0 Z300. M13 M40

```

```

:190 G0 G11 G43 G55 G90 G92 S1000 D7 T13 X.0 Z300. M13 M40
N200 G95 S1000 X.0 Z259.
N210 G1 Z218. F150
N220 G0 Z390.
:230 G0 G11 G43 G55 G90 G92 S1000 D20 T14 X.0 Z300. M13 M40
N240 G95 S150 X.0 Z259.
N250 G1 Z226.8 F1750
N260 M14
N270 Z268.
N280 G0 X-200. Z400. M5
N290 M9
N300 M30
%
```

## PŘÍLOHA 8

### NC program operace 30

```
%7118 N10 G0 G11 G43 G54 G90 G92 S1500 X100. Z265. D2 T21 M13 M40  
N20 G96 S150 X29. Z260.  
N21 G1 Z66. F250  
N22 X31.  
N30 G1 Z3. X31. F250  
N40 Z-1. X29.  
N50 G0 X40.  
N60 Z260.  
N70 X26.  
N80 G1 Z69.  
N90 G3 I3. K.0 X29. Z66.  
N100 G0 Z260.  
N110 X23.  
N111 G1 Z132.  
N112 G0 X24. Z167.  
N113 X23. G1  
N130 X21. Z161.  
N140 G1 Z135. M18  
N150 G3 I3. K.0 X24. Z132.
```

```
118.mcp  
N150 G3 I3. K.0 X24. Z132.  
N160 G0 Z260. X50.  
N170 X21.  
N180 G1 Z169.8  
N190 G0 X100. Z265.  
:200 G0 G11 G43 G54 G90 G92 S1500 X100. Z265. D3 T31 M13 M40  
N210 G96 S150 X17780 Z259.  
N220 G1 X19745 Z256. F250  
N230 Z217.6 X19730  
N240 X20.1  
N250 Z169.8 X20075  
N260 X21.5  
N270 X22450 Z168.8  
N280 Z166.9  
N290 Z162740 X20320 F200  
N300 G3 X19940 Z161505 I1820 K-1235 F50  
N310 Z134.2 X19940 G1 F250  
N320 G3 I2.2 K.0 Z132. X22140  
N330 G1 X23.1
```

```
N330 G1 X23.1  
N340 X24.1 Z131.  
N350 Z68.2 X24050  
N360 G3 I2.2 K.0 X26250 Z66.  
N370 G1 X29.  
N380 X29995 Z65.  
N390 Z3. X29985  
N400 X28. Z-1. M18  
N410 X27.5  
N420 G0 X100. M5  
N430 Z265. M9  
N440 M30  
%
```

## PŘÍLOHA 9

Upravený technologický postup.

PRACOVNÍ POSTUP – RÁMCOVÝ			
Součást: Hřídel		Číslo výkresu: LS_K120_375.0	
Materiál: 11 523		Polotovár: Ø65-261 ČSN EN 10060	Hmotnost: Čistá: 3,6 kg hrubá: 6,8 kg
Číslo operace	Pracoviště, typ stoje, třídící číslo	Popis práce	Nástroje, pomůcky, přípravky, měřidla
10	Pila okružní 05963	před prvním kusem zaříznout konec tyče L= 20 mm, řezat na L= 261 mm.	
20	Poloautomat SPT 32 NC 34516	zarovnat čelo, navrtat středící důlek, přepnout za druhý konec tyče, zarovnat čelo na L=258mm, navrtat středící důlek, upnout mezi hroty, soustružit tvar dle programu a u Ø 40 j7 nechat přídavek 0,3 na broušení, upnout za Ø60 h9, vrtat Ø10,2 mm, vrtat Ø13 mm, srazit hranu 60°, řezat závit M12,	T7 T2  T7 T2  T8, T9  T4 T5 T6 T3
30	Bruska univ. Hrotová 05532	Brousit Ø40 j7	
40	Odvalovací frézka 05836	Frézovat drážkování dle normy DIN 5480 Kontrolovat protikusem	