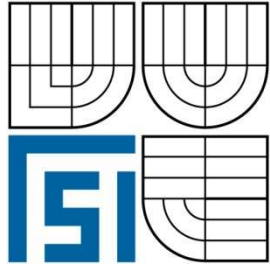


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGICKÁ STUDIE VÝROBY ROTAČNÍHO DÍLU

THE PILOT PROJECT OF ROTARY COMPONENT PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ TOMAN

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Toman

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:

Technologická studie výroby rotačního dílu

v anglickém jazyce:

The pilot project of rotary component production

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technologická studie sériové výroby součástky rotačního charakteru se zaměřením na maximální zhodnocení technologických možností strojů.

Cíle bakalářské práce:

Úvod.

Rozbor technologičnosti konstrukce řešené součástky.

Studie řešení technologie výroby.

Výběr varianty a rozpracování dílčí technologie.

Technicko-ekonomické vyhodnocení.

Závěr.

Seznam odborné literatury:

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. KOČMAN, K. Speciální technologie – Obrábění. 2. vyd. Brno: PC- DIR Real, 1998. 236 s. ISBN 80-214-1187-2.
4. SVOBODA, E. Technologie a programování CNC strojů. 1. vyd. H. Brod: FRAGMENT, 1998. 278 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Osička, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 29.10.2010

L.S.




prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

V úvodu bakalářské práce se teoretická část zabývá základním principem obrábění. Součást frézovací trn 40 x 27 ČSN 24 1440 je posouzena na technologičnost konstrukce. Roční výroba součásti činí 17 000 ks. Hlavní náplní práce je technologická studie výroby ze dvou druhů polotovarů, kruhová tyč válcovaná za tepla a výkovek ze stejného materiálu 14 220.0. Jsou vybrány stroje a nástroje pro navržený technologický postup. Výrobní návodka je vypracována pro hrubovací operaci soustružení a výsledkem jsou strojní časy. V závěru je technicko-ekonomické hodnocení, po kterém je vybrán jako polotovar výkovek.

Klíčová slova

Frézovací trn, technologický postup, strojní časy, spotřeba materiálu.

ABSTRACT

At the begining of the bachelor thesis is a theoretical part that deals with the basic principle of machining. Cutter arbor 40 x 27 ČSN 24 1440 is assessed from technological point of view. Yearly production of the arbor is 17 000 pieces. The main theme is a technological evaluation of the production process from two type sof semi finished product, circular bar hot rolled and forging both made of 14 220.0. For the technological process are chosen machina and tools. Production instruction is elaborated for rough turning operation and the reset is machining time. In the conclusion is chosen semi finished forging according to the technological and economical evaluation of the production process.

Key words

Cutter arbor, technological procedure, machining time, material consumption.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TOMAN, Lukáš. *Technologická studie výroby rotačního dílu: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 42 s., 2 přílohy. Ing. Karel Osička, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Technologická studie výroby rotačního dílu vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Květen 2011

.....
Lukáš Toman

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	6
Poděkování.....	7
OBSAH	8
1 ÚVOD	10
2 OBRÁBĚNÍ.....	11
2.1 Proces obrábění	11
2.2 Druhy obrábění.....	12
2.2.1 Soustružení	12
2.2.2 Frézování	13
2.2.3 Vrtání.....	14
3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE.....	15
3.1 Tvar součásti	15
3.2 Druh použitého materiálu a polotovaru.....	15
3.3 Dodržení tvaru a geometrie součásti	16
3.4 Dodržení výrobních úchylek a jakosti povrchu součásti	16
3.5 Zvýšení produktivity práce a efektivnosti výroby.....	16
4 NÁVRH POLOTOVARU SOUČÁSTI.....	17
4.1 Výpočet normy spotřeby materiálu	17
4.1.1 Polotovar kruhová válcová tyč.....	17
4.1.2 Polotovar výkovek	21
5 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	24
5.1 Výrobní stroje	24
5.1.1 Dělení materiálu	24
5.1.2 Soustružení	25
5.1.3 Frézování	25
5.1.4 Broušení.....	26
5.2 Výrobní nástroje	27
5.2.1 Nožové držáky	27
5.2.2 Břitové destičky	27
5.2.3 Vrtáky	27
5.2.4 Frézy	27
5.2.5 Brousící kotouč	27
5.2.6 Měřicí nástroje	28
5.3 Rámcový pracovní postup	28
5.3.1 Polotovar kruhová tyč.....	28
5.3.2 Polotovar výkovek	30
6 VÝROBNÍ NÁVODKA	31
6.1 Polotovar kruhová tyč	31
6.2 Polotovar výkovek	33
6.3 Vztahy pro výpočet.....	34
7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ.....	35
7.1 Rozdíl výrobních nákladů za rok.....	35
7.1.1 Polotovar kruhová tyč:.....	35
7.1.2 Polotovar výkovek:	35
7.2 Náklady na materiál za rok	36

7.2.1 Polotovar kruhová tyč.....	36
7.2.2 Polotovar výkovek	36
7.3 Přehled výsledků	37
8 ZÁVĚR.....	38
Seznam použitých zdrojů	39
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	40
Seznam příloh.....	42

1 ÚVOD

Technologie obrábění třískovým způsobem patří mezi nejstarší technologie výroby v historii. Lidé se snaží zlepšovat postupy a procesy ve výrobě od jednoduchých až po ty nejsložitější dílce. Největší rozvoj technologie obrábění nastává před 2. světovou válkou, kdy bylo potřeba vyvinout novější technologické postupy pro zpracování kovových dílů.

Náplní práce je navrhnutí technologického postupu pro sériovou výrobu 17 000 ks za rok. Rozpracována bude pouze výrobní návodka pro hrubovací operace u polotovaru kruhové tyče a výkovku, neboť všechny ostatní operace jsou pro výrobu frézovacího trnu totožné. Dále jsou zvoleny výrobní stroje, nástroje a měřidla.

V neposlední řadě je cílem této bakalářské práce zhodnocení technicko-ekonomického ukazatele pro sériovou výrobu frézovacího trnu ze dvou různých polotovarů. Jedním je ocelová kruhová tyč a druhým je výkovek z téhož materiálu. Jelikož obrábění načisto je stejné pro oba druhy polotovaru, bude vyhodnocení záviset na hrubovacích strojních časech a na pořizovací ceně zápusťky.

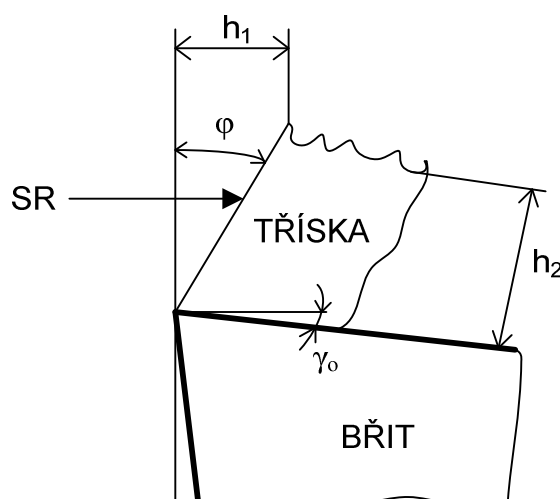
2 OBRÁBĚNÍ^{1, 2, 3}

Obrábění kovových materiálů patří mezi složitější technologie výroby dané součásti. Obtížnost obrábění je pro různé druhy materiálů rozdílná. Ve většině případů se dají obrobky vyrábět různými způsoby a za rozdílných podmínek bez větších obtíží. Po mnohá desetiletí se vědci snažili popsat vlastní proces obrábění. K tomuto jim v převážné většině pomáhala empirická pozorování, méně tomu bylo u teoretické části.

2.1 Proces obrábění

Definovaný tvar třísky hraje významnou roli při obrábění, neboť dosažení čisté obrobené plochy a přesných rozměrů je důležité. Pro odvádění vzniklého tepla se zajišťuje kontrolovaným odchodem třísky z řezné zóny. Taktéž při velkém objemu třísek je nutné zabezpečit kontrolovatelný odchod třísky.

Vznikající teploty a síly je důležité umět vypočítat, protože ovlivňují kvalitu součástí. Při dosažení určité výše teploty se negativním způsobem ovlivňuje řezný materiál břitu a vznikající síly ovlivňují výkon obrábění a stabilitu procesu obrábění. Na tyto ukazatele a také trvanlivosti a bezpečnosti břitu působí daná geometrie břitu.



Obr. 2.1 Střížná rovina [1]

K překročení meze kluzu materiálu obrobku dojde tehdy, když nastanou pružné a plastické deformace. Rovina stříhu (SR) je mezi třískou a obrobkem,

kteřá je vůči obrobku pod tzv. úhlem roviny stříhu (φ). Tvářená tříška s tloušťkou h_2 je vpravo od roviny stříhu a tloušťka odřezávaného materiálu h_1 se nachází vlevo. Tloušťka vrstvy odřezávaného materiálu, úhel čela (γ_0) a mechanické vlastnosti materiálu jsou funkcí stupně utváření třísky, nebo také nazýváno jako koeficient přechování.

Čím menší je úhel roviny stříhu, tím větší jsou smykové síly. Úhel čela společně s úhlem roviny stříhu jsou rozhodující pro výkon obrábění.

Jelikož je materiál obrobku při obrábění vystaven vysokým teplotám a tlakům, dochází ke tření. Materiály břitu a třísky se zadřou a tím vytvoří mezi těmito plochami adhezní zónu – zónu kluzu. V této zóně vzniká za vysokých teplot tavenina kovu. Tenká zóna kluzu hraje při obrábění podstatnou roli.

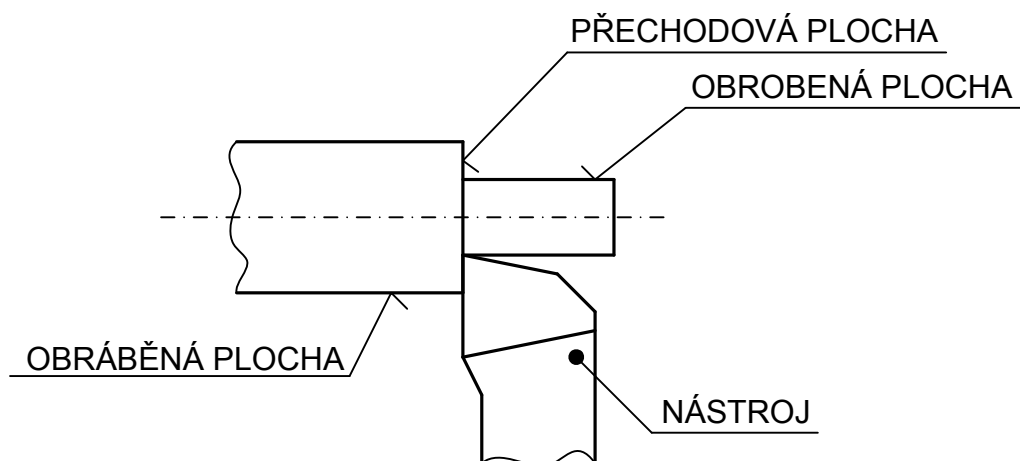
Umělý břit (nárůstek) vzniká, když zóna kluzu stále putuje po povrchové ploše čím dál výše až do doby, kdy se utrhne. Tento děj se děje stále dokola. Negativně ovlivňuje jakost povrchu a rozměry obrobku, protože mění úhel čela nástroje. Změnou řezných podmínek je možné tomuto jevu ve většině případů zamezit. Zvětšováním zaoblení břitu roste vytváření nárůstku, ale klesá u pozitivnějšího úhlu čela.

2.2 Druhy obrábění

Mezi základní druhy obrábění patří soustružení, frézování a vrtání.

2.2.1 Soustružení

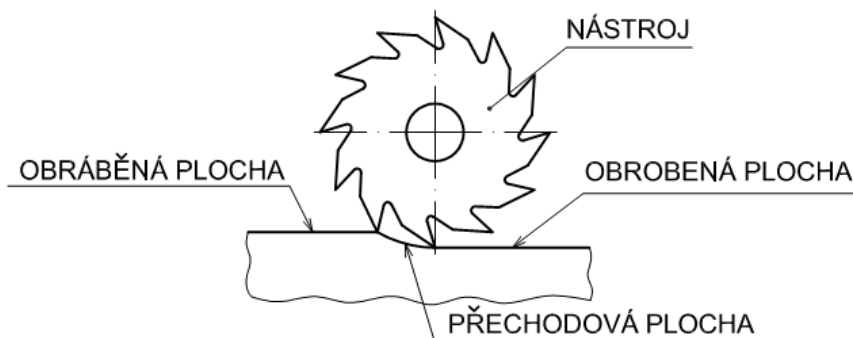
Je třískové obrábění, kde hlavní pohyb koná obrobek a je rotační. Vedlejší pohyb koná nástroj – posuv. Tento pohyb je rovnoběžný nebo kolmý k ose obrobku a v obou směrech, což znamená kladný a záporný. Z těchto důvodů se nože dělí na levé a pravé. Soustružením se dají obrábět vnější i vnitřní plochy, dále výroba závitů, vrtání a vystružování atd. Soustružení je nejjednodušším způsobem obrábění a ve strojírenství patří k velmi využívané metodě obrábění.



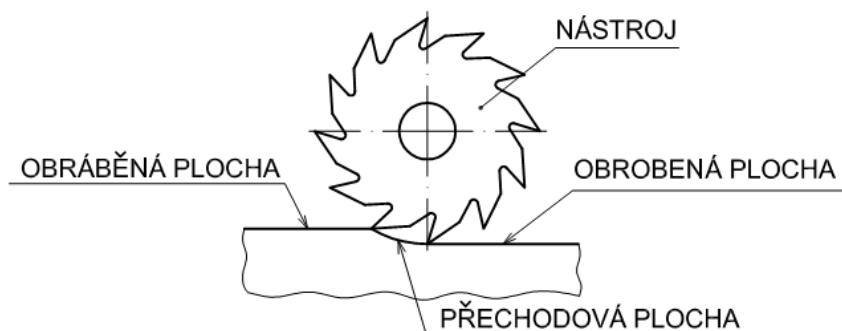
Obr. 2.2 Soustružení

2.2.2 Frézování

Jedná se o třískové obrábění vícebřítým nástrojem, kde hlavní pohyb koná nástroj a vedlejší pohyb obrobek. Stroj se nazývá frézka a nástroj fréza. Frézování je sousledné (viz. obr. 2.3) a nesousledné (viz. obr. 2.4). U současných frézovacích strojů se dají posuvové pohyby plynule měnit a můžou se provádět ve všech směrech. Převážně se používá pro obrábění tvarových ploch.



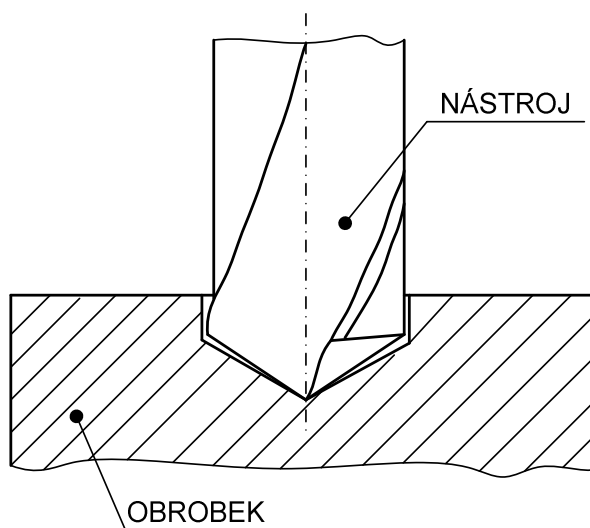
Obr. 2.3 Sousledné frézování



Obr. 2.4 Nesousledné frézování

2.2.3 Vrtání

Slouží pro obrábění válcových děr, které se tímto zhotovují nebo se zvětšují již předvrtané díry. Zpravidla se používá vícebřítý nástroj. Hlavní pohyb je rotační, který koná vrták. Osa vrtáku je kolmo na plochu, ve které vstupuje do materiálu. Posuv vrtáků probíhá ve směru jeho osy.



Obr. 2.5 Vrtání

3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE

Technologičnost konstrukce je nutné posoudit z hlediska technologických možností výroby a ovlivňující užitnou hodnotu u každé součásti. Zejména se jedná o dodržení rozměrové přesnosti včetně předepsaných úchylek tvaru a polohy, jakosti materiálu. Posouzení hospodárnosti výroby je taktéž důležité, neboť ovlivňuje konečnou cenu výrobku. Tyto ukazatele ovlivňující prodejnost výrobku souvisí s produktivitou výroby a konkurence schopnosti na trhu.

Technologičnost konstrukce ovlivňuje:

- tvar a rozměry součásti,
- rozměrová přesnost,
- přesnost úchylek tvaru a polohy,
- drsnost obrobků ploch,
- druh a jakost použitého materiálu a polotovaru,
- tepelné zpracování,
- upnutí obrobku včetně přípravků.

3.1 Tvar součásti

Tvar součásti je rotačního charakteru. Na pravé straně se nachází vnitřní závit M12 6H, zápich a největší průměr frézovacího trnu. Na levé straně je taktéž vnitřní závit M12 6H a dále kužel 7:24 dle ČSN 22 0430.

3.2 Druh použitého materiálu a polotovaru⁴

Frézovací trn se bude vyrábět z materiálu 14 220.0. Jedná se o mangan chromovou ocel s označením dle EN 16MnCr5. Ocel je vhodná k cementování a k následnému kalení, objemovému tváření a je dobře obrobitelná. Součásti mají velmi tvrdou cementovanou vrstvu a velkou pevnost v jádře po kalení. Minimální mez pevnosti činí $R_m = 600$ MPa a mez kluzu $R_{e \min} = 590$ MPa. Třída odpadu je 021.

3.3 Dodržení tvaru a geometrie součásti

Dosažení tvaru a geometrie součásti se dosahuje třískovým obráběním – soustružením, frézováním a broušením. Počet a sled operací je ovlivněn zvolením správného polotovaru – ocelová tyč, výkovek. Dále jsou tímto ovlivněny i náklady na výrobu. Z uvedených podmínek se bere ohled na hodnocení efektivnosti výroby součásti.

3.4 Dodržení výrobních úchylek a jakosti povrchu součásti

Uvedené výrobní úchytky a jakosti povrchu jsou volené konstruktérem tak, aby hotová součást plnila své požadavky s ohledem na provozní podmínky a vyměnitelnosti součásti. Rozměry s menší tolerancí a plochy s vyšší jakostí povrchu zapříčiní zvýšení výrobních nákladů.

3.5 Zvýšení produktivity práce a efektivnosti výroby

Produktivitu a efektivnost výroby z velké části ovlivňuje konstruktér technologičností konstrukce výrobky, ale především je to práce technologa.

Technolog se snaží co nejvíce zlepšovat produktivitu práce vhodným typem a druhem použitých řezných nástrojů a řezných podmínek. Musí se brát velký ohled nad časovým opotřebením nástrojů a navrhnout průběh výroby takový, aby nedocházelo vlivem opotřebením nástroje k nedodržení tvaru a rozměrů součásti. Z hlediska hospodárnosti je dobré před zahájením sériové výroby provést podrobnou analýzu technologických možností a vzájemných souvislostí jednotlivých prvků v návaznosti stroj-nástroj-obrobek.

4 NÁVRH POLOTOVARU SOUČÁSTI

Na základě technologičnosti výroby je možné volit mezi dvěma variantami, a to kruhová tyč tvářená za tepla, nebo výkovek z téhož materiálu 14 220.0.

4.1 Výpočet normy spotřeby materiálu

Pro výpočet normy spotřeby materiálu se počítá z hrubé hmotnosti (polotovaru) a z čisté hmotnosti (výkovek).

4.1.1 Polotovar kruhová válcová tyč

Pro stanovení normy spotřeby materiálu se vychází z polotovaru součásti, délky dodávané tyče, dělením použité tyče, obráběním přídavek a z konce tyče, který není rozměrově využitelný.

Celková délka polotovaru:

$$L_p = l_s + l_o + l_f \text{ [mm]} \quad (4.1)$$

l_sdélka součásti [mm]

l_opřídavek na obrábění [mm]

l_fztráta materiálu při řezání [mm]

$$L_p = 127 + 3 + 2 = 132 \text{ mm}$$

Průměr polotovaru:

$$D_p = 1,05 \cdot D + 2 \text{ [mm]} \quad (4.2)$$

Dnejvětší průměr součásti [mm]

$$D_p = 1,05 \cdot 65 + 2 = 70,25 \Rightarrow \phi 75 \text{ mm}$$

Počet ks z tyče o délce 3000 mm:

$$n_p = \frac{l_t}{L_p} \text{ [ks]} \quad (4.3)$$

l_tdélka tyče [mm]

$$n_p = \frac{3000}{132} = 22,7 \Rightarrow 22 \text{ ks}$$

Celkový počet tyčí za rok:

$$n_t = \frac{Q}{n_p} [\text{ks}] \quad (4.4)$$

Q.....plánovaná roční výroba [ks]

$$n_t = \frac{17000}{22} = 772,7 \Rightarrow 773 \text{ ks}$$

Koncový odpad z tyče:

$$l_k = l_t - (L_p \cdot n_p) [\text{mm}] \quad (4.5)$$

$$l_k = 3000 - (132 \cdot 22) = 96 \text{ mm}$$

Koncový odpad na kus:

$$q_k = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot \frac{l_k}{n_p} \cdot \rho [\text{kg}] \quad (4.6)$$

ρhustota oceli [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

$$q_k = \frac{\pi \cdot 0,075^2}{4} \cdot \frac{96}{22} \cdot 10^{-3} \cdot 7850 = 0,15 \text{ kg}$$

Celková hmotnost tyčí za rok:

$$m_{t/r} = n_t \cdot \frac{\pi \cdot D_p^2 \cdot 10^{-3}}{4} \cdot \rho \cdot l_t \cdot 10^{-3} [\text{kg}] \quad (4.7)$$

$$m_{t/r} = 773 \cdot \frac{\pi \cdot 0,075^2}{4} \cdot 7850 \cdot 3 = 80423,5 \text{ kg}$$

Celková hmotnost polotovaru na kus:

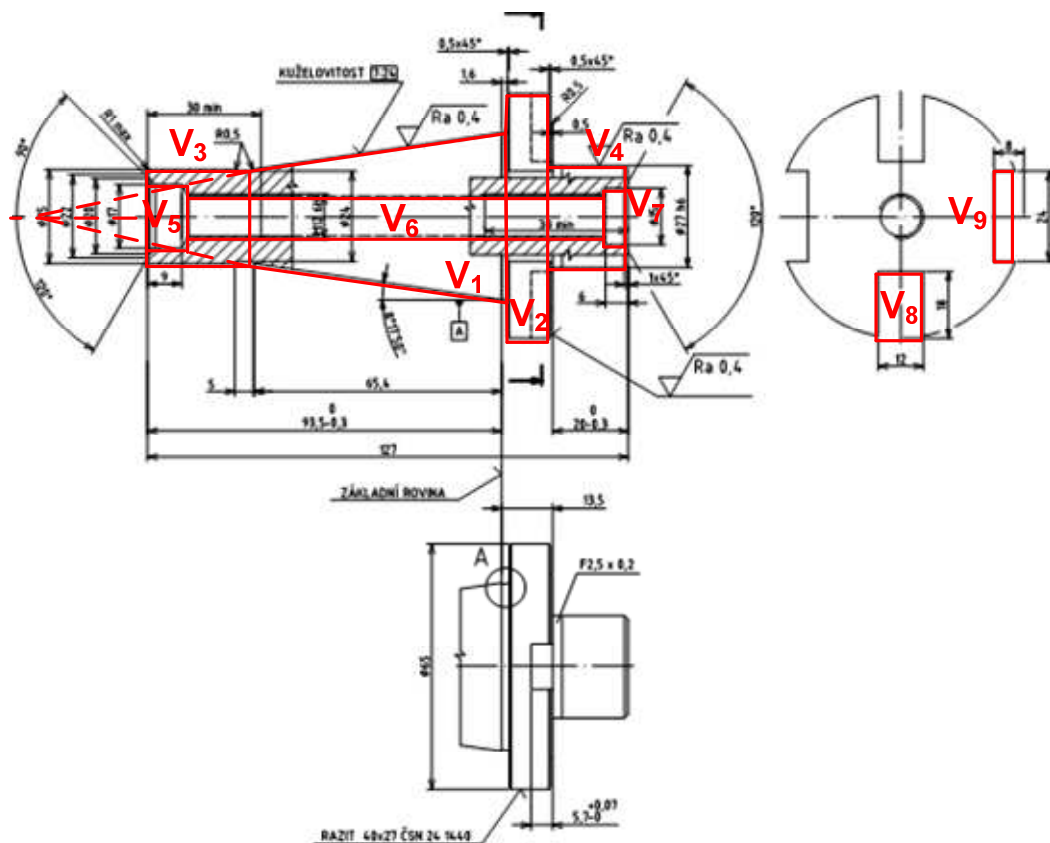
$$N_m = \frac{\pi \cdot D_p^2 \cdot 10^{-3}}{4} \cdot L_p \cdot 10^{-3} \cdot \rho + q_k [\text{kg}] \quad (4.8)$$

$$N_m = \frac{\pi \cdot 0,075^2}{4} \cdot 0,132 \cdot 7850 + 0,15 = 4,73 \text{ kg}$$

Čistá hmotnost součásti:

$$Q_s = V \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (4.9)$$

Čistou hmotnost součásti spočítáme přes její objem (viz obr. 4.1).



Obr. 4.1 Výpočet objemu součásti

Objem součásti:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - V_5 - V_6 - V_7 - 2 \cdot V_8 - 2 \cdot V_9 \text{ [m}^3\text{]} \quad (4.10)$$

Pro výpočet válcových částí platí vztah:

$$V_i = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot l_i \text{ [m}^3\text{]} \quad (4.11)$$

d_iprůměr jednotlivých částí [m]

l_idélka válce jednotlivých částí [m]

Pro výpočet kuželové části platí vztah:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot r_0^2 \cdot l_0}{3} - \frac{\pi \cdot r_1^2 \cdot l_1}{3} [m^3] \quad (4.12)$$

r_0větší poloměr kužele [m]

r_1menší poloměr kužele [m]

l_0celková délka kužele [m]

l_1délka od menšího průměru kužele po vrchol [m]

Pro výpočet kvádrových částí platí vztah:

$$V_{8,9} = a_i \cdot b_i \cdot c_i [m^3] \quad (4.13)$$

a_išířka [m]

b_ivýška [m]

c_idélka [m]

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0,0441^2 \cdot 0,1511}{3} - \frac{\pi \cdot 0,025^2 \cdot 0,0857}{3} = 251,6 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} \cdot 0,0119 = 39,5 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 0,0256 = 12,6 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot 0,027^2}{4} \cdot 0,020 = 11,5 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot 0,017^2}{4} \cdot 0,0108 = 2,5 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot 0,0107^2}{4} \cdot 0,1102 = 9,9 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_7 = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 0,006 = 2,9 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_8 = 0,012 \cdot 0,018 \cdot 0,0057 = 1,2 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V_9 = 0,008 \cdot 0,024 \cdot 0,0057 = 1,1 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$V = 1 \cdot 10^{-6} (251,6 + 39,5 + 12,6 + 11,5 - 2,5 - 9,9 - 2,9 - 2 \cdot 1,2 - 2 \cdot 1,1)$$

$$V = 284,3 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

Potom čistá hmotnost je:

$$Q_s = 284,3 \cdot 10^{-6} \cdot 7850 = \underline{2,23 [kg]}$$

Stupeň využití materiálu:

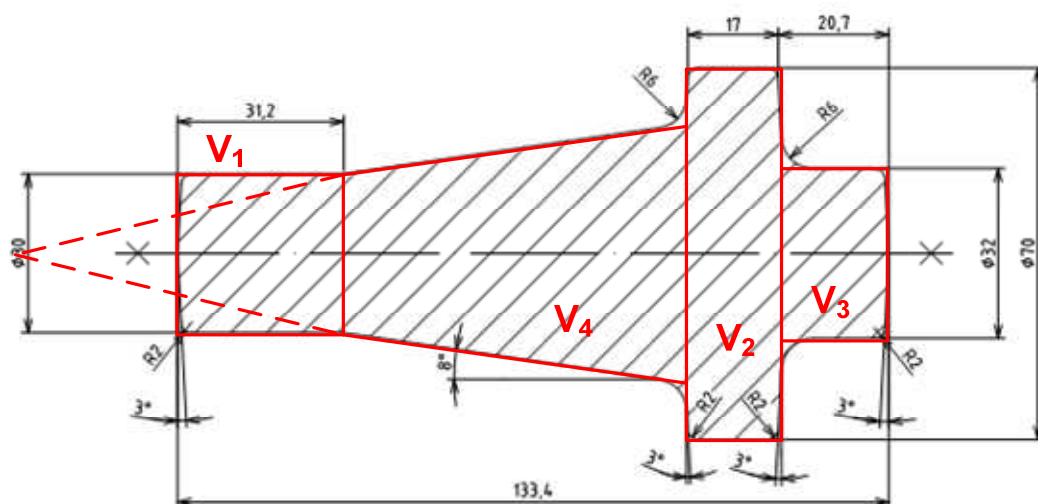
$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \cdot 100 [\%] \quad (4.14)$$

$$k_m = \frac{2,23}{4,73} \cdot 100 = 47 \%$$

Ve strojírenství bývá stupeň využití materiálu $0,4 \div 0,8$. U zadané součásti je hodnota na spodní hranici. Tento koeficient můžeme zvýšit použitím jiné technologie výroby polotovaru.

4.1.2 Polotovar výkovek

Při stanovování normy spotřeby materiálu se vychází z výkovku součásti.



Obr. 4.2 Výpočet objemu výkovku

Objem výkovku se vypočte podle obr. 4.2:

$$V_V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \text{ [m}^3\text{]} \quad (4.15)$$

V_Vobjem výkovku [m³]

$$V_{1,2,3} = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot l_i \text{ [m}^3\text{]} \quad (4.16)$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot r_0^2 \cdot l_0}{3} - \frac{\pi \cdot r_4^2 \cdot l_4}{3} \text{ [m}^3\text{]} \quad (4.17)$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0,030^2}{4} \cdot 0,0312 = 22,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 0,070^2}{4} \cdot 0,017 = 65,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 0,032^2}{4} \cdot 0,0207 = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot 0,049^2 \cdot 0,167}{3} - \frac{\pi \cdot 0,030^2 \cdot 0,103}{3} = 322,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_V = 1 \cdot 10^{-6} \cdot (22,1 + 65,4 + 16,6 + 322,8) = \underline{426,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}$$

Potom hmotnost výkovku je:

$$Q_{SV} = V_V \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (4.18)$$

$$Q_{SV} = 426,9 \cdot 10^{-6} \cdot 7850 = \underline{3,35 \text{ kg}}$$

Stupeň využití materiálu:

$$k_{mV} = \frac{Q_s}{Q_{SV}} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (4.19)$$

$$k_{mV} = \frac{2,23}{3,35} \cdot 100 = \underline{67 \%}$$

Stupeň využití materiálu u výkovku je o 20 % větší, než bylo vypočteno u polotovaru z kruhové tyče. Z tohoto důvodu se dá uvažovat o použití polotovaru z výkovku.

5 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Pro návrh technologie výroby jsou použité technologie řezání, soustružení, frézování a broušení.

5.1 Výrobní stroje

Uvedené stroje jsou vybrány od výrobců BOMAR s.r.o., KOVOSVIT MAS a.s. a TOS a.s.

5.1.1 Dělení materiálu⁵

Dělení materiálu bude provedeno na pásové pile Individual 510.330 GANC (viz. obr. 5.1) od výrobce BOMAR s.r.o.

Technická data:

Nejmenší řezaný průměr:	ø 5 mm
Ložná výška materiálu:	780 mm
Rozměry pilového pásu (D x V x Š):	(4 780 x 34 x 1,1) mm
Výkon pohonu pilového pásu:	3 kW
Rychlost pilového pásu:	20 ÷ 90 m·min ⁻¹
Délka jednotlivého podání:	600 mm
Maximální podávaná délka:	9 999 mm
Celkový instalovaný výkon:	6,8 kVA
Rozměry stroje (Š x D x V):	(2 447 x 1 900 x 1 710) mm
Hmotnost:	1 700 kg



Obr. 5.1 Pásová pila

5.1.2 Soustružení ⁶

Soustružení bude provedeno na CNC soustruhu SP 280 (viz. obr. 5.2) od výrobce KOVOSVIT MAS a.s.

Technická data:

Maximální průměr soustružení:	280 mm
Maximální délka soustružení:	535 mm
Počet poloh nástrojové hlavy:	12
Maximální otáčky vřetena:	4 700 min ⁻¹
Rozměry stroje (D × Š × V):	(3 875 × 2 122 × 2 340) mm
Hmotnost:	7 500 kg



Obr. 5.2 CNC soustruh

5.1.3 Frézování ⁷

Frézování bude provedeno na vertikálním obráběcím centru MCV 754 QUICK (viz. obr. 5.3) od výrobce KOVOSVIT MAS a.s.

Technická data:

Upínací plocha stolu:	(1 000 x 500) mm
Maximální zatížení stolu:	400 kg
Pracovní rozsah (X – Y – Z):	(754 – 500 – 550) mm
Maximální otáčky vřetena:	10 000 min ⁻¹
Počet míst v zásobníku nástrojů:	24
Rozměry stroje (D × Š × V):	(2 590 × 2 320 × 2 560) mm
Hmotnost stroje:	4 000 kg



Obr. 5.3 CNC frézka

5.1.4 Broušení⁸

Broušení bude provedeno na hrotové brusce BUA 25 Practic (viz. obr. 5.4) od výrobce TOS a.s.

Technická data:

Maximální broušený průměr:	250 mm
Maximální délka obrobku:	500 mm
Max hmotnost obrobku v hrotech:	250 kg



Obr. 5.4 Hrotová bruska

5.2 Výrobní nástroje

Níže uvedené nástroje jsou vybrány z katalogu firmy Sandvik Coromat. Frézy jsou zvoleny dle katalogu firmy Pramet Tools. Broušící kotouč je vybrán od firmy Best – Business a.s. Středící vrták je vybrán z katalogu firmy M&V.

5.2.1 Nožové držáky

Pro podélné hrubování, středně hrubé soustružení: DCLNR 2525M16

Pro podélné hrubování, středně hrubé soustružení: DCLNL 2525M16

Pro soustružení na čisto: SVHBR 2020K16

Pro vnitřní průměry: DWLNR-27050-08

Zapichovací nůž: RS151.2-2525-20

5.2.2 Břitové destičky

Soustružení na hrubo: CNMG 160608-PR GC4225

Soustružení na čisto: VBMT160402-PF CT5015

Pro vrták D1500: 880-02 02 W04H-P-GM GC4044

Pro vrták D1700: 880-03 03 W05H-P-GM GC4044

Pro vnitřní průměry na čisto: WNMG 08 04 12-P GC4215

Pro zapichovací nůž: N151.2-200-20-4U

Pro stopkovou frézu: APKT 1003PDER-M5026

5.2.3 Vrtáky

Středící vrták 60° tvar A ČSN 22 1110

Vrták CoroDrill R840-1070-70-A1A GC1220

Vrták CoroDrill 880-D1500L20-03

Vrták CoroDrill 880-D1700L20-03

5.2.4 Frézy

Stopková fréza 12A1R027B16-SAP10D-C

Stopková fréza 14A1R027B16-SAP10D-C

5.2.5 Broušící kotouč

412 A99 60 J 9 V 125 x 10 x 20

5.2.6 Měřicí nástroje

Posuvné měřidlo digitální Mitutoyo v rozsahu měření 0-150mm

Třmenový mikrometr Série 106 v rozsahu měření 25-50mm od firmy Mitutoyo

Hloubkoměr Mitutoyo

Závitový kalibr M12 6H

Kalibr pro strmé kužele 7:24 ČSN 25 3360, velikost 40

Drsnoměr Garant

5.3 Rámcový pracovní postup

Rámcový pracovní postup obsahuje základní informace a náležitou posloupnost daných operací pro výrobu součásti. Stanovuje se číslo operace, číslo pracoviště, typ stroje, popis práce.

5.3.1 Polotovár kruhová tyč

Pracovní postup - rámcový					
Název dílce: Frézovací trn 40 x 27			Číslo výkresu: 3-3K1-0		
Materiál 14220.0	Polotovár: Tyč ocelová kruhová Ø75 ČSN 42 5510	Počet kusů za rok: 17 000 Počet dávky: 1 000	Hmotnost: hrubá: 4,73 kg čistá: 2,23 kg		
Číslo operace	Pracoviště	Operace	Typ stroje	Popis práce	
5	05967	Dělení materiálu, řezání	Individual 510.330 GANC	Řezat na délku 130 mm.	
10	09863	Kontrola rozměrů	Posuvné měřítko Mitutoyo	Délka 130±0,5	20. kus
15	33455	Soustružení	CNC soustruh SP 280	Upnout do sklíčidla za Ø75, zarovnat čelo, navrtat středící důlek.	
20	33455	Soustružení	CNC soustruh SP 280	Změřit délku, upnout do sklíčidla za Ø75 z druhého konce, zarovnat čelo na délku 127mm a navrtat středící důlek.	
25	09863	Kontrola rozměrů	Posuvné měřítko Mitutoyo	Délka 127±0,5	každý kus
30	33455	Soustružení	CNC soustruh SP 280	Upnout mezi hroty. Hrubovat dle výrobní návodky. Soustružit načisto Ø65 v délce 11,9mm a Ø49	

				v délce 0,5mm, Ø25 v délce 23,1mm, Ø24 v délce 5mm, Ø44 s R1 v délce 1,6mm. Soustružit zápich F2,5x0,2. Srazit hrany 1x45°; 0,5x45°, 3x R0,5 a R1 max.	
35	09863	Kontrola rozměrů	Posuvné měřítko Mitutoyo	Ø65±0,3 Ø25±0,2 Ø24±0,2 20+0/-0,3 5±0,1	10. kus
40	33455	Soustruže- ní	CNC soustruh SP 280	Upnout do sklíčidla za Ø25. Vrtat Ø10,7 v délce 65mm a Ø15 v délce 6mm. Řezat závit M12 6H v délce min 38mm. Srazit vnitřní hranu pod úhlem 120°.	
45	09863	Kontrola rozměrů	Hloubkoměr Mitu- toyo	6±0,1	10. kus
			Hloubkoměr Mitu- toyo	Délka závitu min 38 mm	10. kus
			Závitový kalibr M12 6H	M12 6H	10. kus
50	33455	Soustruže- ní	CNC soustruh SP 280	Upnout do sklíčidla za Ø27h6. Vrtat Ø10,7 v délce 65mm, Ø17 v délce 9mm. Řezat závit M12 6H v délce min 30mm. Srazit vnitřní hrany 90° a 2x 120°.	
55	09863	Kontrola rozměrů	Hloubkoměr Mitu- toyo	9±0,2	10. kus
			Hloubkoměr Mitu- toyo	Délka závitu min 30 mm	10. kus
			Závitový kalibr M12 6H	M12 6H	10. kus
60	44522	Frézování	MCV 754 QUICK	Frézovat 2x vybrání 18x12x5,7 a 2x 24x11,9x8.	
65	09863	Kontrola rozměrů	Posuvné měřítko Mitutoyo	18±0,2 12±0,2	10. kus
			Hloubkoměr Mitu- toyo	5,7 +0,1/-0	10. kus

70	09412	Zámečnick	-	Razit 40x27 ČSN 24 1440	
75	09171	Cementace	-	Cementovat do hloubky 0,6 – 0,8 mm	
80	09171	Kalení	-	Kalit na 55 – 60 HRC	
85	09412	Zámečnick	-	Regulovat dosedací plochy pro hroty brusky.	
90	43551	Broušení	BUA 25 Practic	Brousit Ø27 h6, kuželovitost 7:24 a čelní plochu Ø49.	
95	09863	Kontrola rozměrů	Mikrometr Mitutoyou	Ø27 h6	každý kus
			Kalibr pro strmé kužele 7:24	8°17'20''	každý kus
			Drsnoměr garant	2x Ra0,4	každý kus

5.3.2 Polotovar výkovek

Polotovar přijde do výroby zkontrolovaný vstupní kontrolou.

Rámcový technologický postup pro výkovek je téměř totožný jako pro kruhovou tyč. Odpadá zde dělení materiálu a následné změření => menší počet operací.

Pracovní postup - rámcový					
Název dílce: Frézovací trn 40 x 27			Číslo výkresu: 3-3K1-0 a 3-3K1-1		
Materiál 14220.0	Polotovar: Výkovek		Počet kusů za rok: 17 000 Počet dávky: 1 000	Hmotnost: hrubá: 3,35 kg čistá: 2,23 kg	
Číslo operace	Pracoviště	Operace	Typ stroje	Popis práce	
5	33455	Soustružení	CNC soustruh SP 280	Upnout do sklíčidla za Ø30 u výkresu výkovku, zarovnat čelo o 3mm, navrtat středící důlek.	
10	33455	Soustružení	CNC soustruh SP 280	Změřit délku, upnout do sklíčidla za Ø32 u výkresu výkovku, zarovnat čelo na délku 127mm a navrtat středící důlek.	
15	09863	Kontrola rozměrů	Posuvné měřítko Mitutoyo	Délka 127±0,5	každý kus

6 VÝROBNÍ NÁVODKA

Ve výrobní návodce je rozpracovaný postup odběru třísek. Hlavním výstupem je výpočet strojního času t_{AS} [min].

6.1 Polotovar kruhová tyč

V operaci číslo 30 pro hrubování je výsledný strojní čas 1,283 min.

VÝROBNÍ NÁVODKA									
VUT-FSI ÚST	Součást: FRÉZOVACÍ TRN		Stroj: CNC soustruh SP 280		Číslo operace: 30				
			Číslo pracoviště: 33455						
Úsek	i	v_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	D [mm]	f [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]	Výrobní nástroj
Hrubovat	1	310	1452	68	0,35	3,5	20	0,043	1
Hrubovat	2	310	1618	61	0,35	3,5	20	0,039	1
Hrubovat	3	310	1828	54	0,35	3,5	20	0,034	1
Hrubovat	4	310	2101	47	0,35	3,5	20	0,030	1
Hrubovat	5	310	1468	40	0,35	3,5	20	0,025	1
Hrubovat	6	310	2992	33	0,35	3,5	20	0,021	1
Hrubovat	7	310	3603	27,4	0,35	2,8	20	0,017	1
Hrubovat	8	310	1391	71	0,35	2	11,9	0,029	1

Hrubovat	9	310	1474	67	0,35	2	11,9	0,027	1
Hrubovat	10	310	1431	69	0,35	3	95,1	0,194	2
Hrubovat	11	310	1567	63	0,35	3	95,1	0,177	2
Hrubovat	12	310	1732	57	0,35	3	95,1	0,160	2
Hrubovat	13	310	1936	51	0,35	3	95,1	0,143	2
Hrubovat	14	310	2146	46	0,35	2,5	95,1	0,129	2
Hrubovat	15	310	2531	39	0,35	3,5	28,1	0,034	2
Hrubovat	16	310	3085	32	0,35	3,5	28,1	0,028	2
Hrubovat	17	310	3797	26	0,35	3	28,1	0,023	2
Hrubovat	18	310	2531	39	0,35	3,5	25	0,030	2
Hrubovat	19	310	3085	32	0,35	3,5	50	0,048	2
Hrubovat	20	310	3887	25,4	0,35	3,3	66	0,050	2
Σ								1,283	
DATUM: 4. 5. 2011		NAVRHL: Lukáš Toman			SCHVÁLIL:				

1. Držák od firmy Sandvik Coromat DCLNR 2525M16 s VBD od firmy Sandvik Coromat CNMG 160608-PR GC4225
2. Držák od firmy Sandvik Coromat DCLNL 2525M16 s VBD od firmy Sandvik Coromat CNMG 160608-PR GC4225

6.2 Polotovar výkovek

V operaci číslo 20 pro hrubování je výsledný strojní čas 0,212 min.

VÝROBNÍ NÁVODKA

VUT-FSI ÚST	Součást: FRÉZOVACÍ TRN	Stroj: CNC soustruh SP 280	Číslo operace: 20						
		Číslo pracoviště: 33455							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	D [mm]	f [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{As} [min]	Výrobní nástroj
Hrubovat	1	310	1410	70	0,35	3,5	15,5	0,035	1
Hrubovat	2	310	3075	32	0,35	3,5	20	0,020	1
Hrubovat	3	310	3603	27,4	0,35	2,3	20	0,017	1
Hrubovat	4	310	1496	66	0,35	2	11,9	0,027	1
Hrubovat	5	310	2101	37	0,35	2,5	7	0,012	2
Hrubovat	6	310	1410	70	0,35	3,5	11,5	0,027	2
Hrubovat	7	310	3797	26	0,35	2	28,1	0,023	2
Hrubovat	8	310	3887	25,4	0,35	2,3	66	0,050	2
Σ								0,212	
DATUM: 4. 5. 2011		NAVRHL: Lukáš Toman			SCHVÁLIL:				

1. Držák od firmy Sandvik Coromat DCLNR 2525M16 s VBD od firmy Sandvik Coromat CNMG 160608-PR GC4225
2. Držák od firmy Sandvik Coromat DCLNL 2525M16 s VBD od firmy Sandvik Coromat CNMG 160608-PR GC4225

6.3 Vztahy pro výpočet

Řezné podmínky byly použity z katalogu firmy Sandvik.

Pro výpočet strojních časů a řezných podmínek bylo využito těchto vztahů:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (6.1)$$

n.....otáčky [min⁻¹]

v_c.....řezná rychlost [m.min⁻¹]

D.....průměr obrobku [mm]

$$t_{as} = \frac{L}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (6.2)$$

t_{AS}.....jednotkový strojní čas obrobku [min]

L.....dráha nástroje [mm]

f.....posuv [mm)

$$L = l_p + l + l_n \text{ [mm]} \quad (6.3)$$

l_p.....přeběh nástroje [mm]; l_o=2 mm

l.....délka obráběné části [mm]

l_n.....náběh nástroje [mm]; l_n=2 mm

Výpočet délky obráběného čela:

$$L = \frac{D}{2} + l_n \text{ [mm]} \quad (6.4)$$

7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

V rámci technicko-ekonomického hodnocení je důraz kladen na nákladovou část.

7.1 Rozdíl výrobních nákladů za rok

Po zpracování dvou výrobních návodů pro polotovary kruhová tyč a výkovek se zjistilo následující. Strojní čas potřebný k obrobení frézovacího trnu z kruhové tyče je 1,283 minuty a z výkovku je 0,212 minut.

Z hlediska časové úspory je o poznání výhodnější jako polotovar výkovek.

Průměrná hodinová sazba pro CNC soustruh je cca 500 – 600 Kč za hodinu. Pro výpočet je zvolena střední hodnota $P = 550$ Kč.

Výrobní náklady za rok:

$$P_N = P \cdot T \text{ [Kč]} \quad (7.1)$$

Čas pro roční výrobu:

$$T = \frac{Q_R \cdot t_{AS}}{60} \text{ [hod]} \quad (7.2)$$

Q_Rroční výroba [ks]

7.1.1 Polotovar kruhová tyč:

$$T_{KT} = \frac{17000 \cdot 1,283}{60} = 363,5 \text{ hod}$$

$$P_{NKT} = 550 \cdot 363,5 = 199925 \text{ Kč}$$

7.1.2 Polotovar výkovek:

$$T_V = \frac{17000 \cdot 0,212}{60} = 60,1 \text{ hod}$$

$$P_{NV} = 550 \cdot 60,1 = 33055 \text{ Kč}$$

Potom rozdíl výrobních nákladů činí:

$$P_{NR} = P_{NKT} - P_{NV} \text{ [Kč]} \quad (7.3)$$

$$P_{NR} = 199925 - 33055 = 166870 \text{ Kč}$$

7.2 Náklady na materiál za rok

Náklady na materiál za rok jsou počítány s cenovou nabídkou od dodavatelů Ferona a.s. (kruhová tyč) a PBK BM s.r.o. (výkovek).

Ceny jsou uvedeny včetně 19% DPH.

7.2.1 Polotovar kruhová tyč

$$P_{MKT} = m_{t/r} \cdot P_{KT} \text{ [Kč]} \quad (7.4)$$

P_{KT}cena materiálu za 1 kg [Kč]

$$P_{MKT} = 80423,5 \cdot 27,31 \cdot 1,19 = 2613675 \text{ Kč}$$

Ztráta materiálu v Kč:

$$P_{MKTZ} = P_{MKT} - Q_S \cdot Q_R \cdot P_{KT} \text{ [Kč]} \quad (7.5)$$

$$P_{MKTZ} = 2613675 - 2,23 \cdot 17000 \cdot 27,31 \cdot 1,19 = 1381642 \text{ Kč}$$

7.2.2 Polotovar výkovek

Cena 1 kg výkovku činí $P_V = 70$ Kč od výše uvedeného dodavatele.

$$P_{MV} = Q_R \cdot Q_{SV} \cdot P_V \text{ [Kč]} \quad (7.6)$$

$$P_{MV} = 17000 \cdot 3,35 \cdot 70 = 3986500 \text{ Kč}$$

Ztráta materiálu v Kč:

$$P_{MVZ} = P_{MV} - Q_S \cdot Q_R \cdot P_V \text{ [Kč]} \quad (7.7)$$

$$P_{MVZ} = 3986500 - 2,23 \cdot 17000 \cdot 70 = 1332800 \text{ Kč}$$

7.3 Přehled výsledků

V tabulce 7.1 jsou vybrané důležité faktory pro optimální volbu polotovaru, ze kterého se bude vyrábět zadaná součást.

Kritéria/Polotovar	Kruhová tyč	Výkovek	Rozdíl
Hrubá hmotnost [kg]	4,73	3,35	1,38
Roční spotřeba mat. [kg]	80 423,5	56 950	23 473,5
Stupeň využití mat. [%]	47	67	- 20
Hrubovací strojní čas [min]	1,283	0,212	1,071
Výrobní náklady [Kč]	199 925	33 055	166 870
Náklady na mat. [Kč]	2 613 675	3 986 500	- 1 372 825
Ztráta mat. [Kč]	1 381 642	1 332 800	48 842
Roční odpad mat. [kg]	42 513,5	19 040	18 373,5

Tab. 7.1 Souhrnná srovnávací tabulka výsledků

8 ZÁVĚR

Frézovací trn 40 x 27 ČSN 24 1440 z materiálu 14 220.0, nebo značení podle normy EN 16MnCr5, se bude vyrábět v sériové výrobě v počtu 17 000 ks za rok. Materiál je vhodný pro zpracování ve formě válcované tyče za tepla, nebo se dá použít k objemovému tváření – kování.

Volba polotovaru závisí na více aspektech. Jako prvním kritériem je stupeň využití materiálu, který činí pro výkovek 67%, což je o 20% více než u kruhové tyče. Z tohoto důvodu bude potřeba více materiálu pro výrobu součásti z polotovaru kruhové tyče, která je 80 423,5 kg, zatímco pro výkovek to dělá 56 950 kg oceli.

Bakalářská práce předkládá návrh rámcového technologického postupu pro oba druhy polotovaru s vypracováním výrobní návodky hrubovací operace soustružení na CNC soustruhu SP 280. Výstupem je strojní čas. Pro kruhovou tyč je tento strojní čas daleko větší, protože se musí odebírat více třísek a tím pádem i více materiálu než u výkovku. Pro výkovek činí 0,212 minut a pro tyč 1,283 minut.

Strojní čas se nejvíce promítne do výrobních nákladů za rok pro CNC soustruh, které jsou u tyče 199 925 Kč a u výkovku pouhých 33 050 Kč. Náklady na pořízení roční spotřeby výkovku jsou větší, ale úspora financí u výrobních nákladů není taková, aby vykompenzovala rozdíl 1,37 mil Kč mezi kruhovou tyčí a výkovkem.

Cenová nabídka výkovku je od jediného dodavatele. Pro snížení nákladů na výkovek se může kontaktovat více dodavatelů. Pokud by některý z nich nabídl daleko menší cenu za 1 kg výkovku, tak by mohl být zvolen jako polotovar výkovek. V opačném případě je nutné zvolit kruhovou tyč i přes delší hrubovací strojní čas a většího odpadu materiálu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Přeložil Miroslav Kudela. 1. české vydání. Praha: Scientia, s.r.o, 1997. ISBN 91-9722 99-4-6
2. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. KOČMAN, Karel. *Speciální technologie. Obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8.
4. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky. Úvaly*: Albra - pedagogické nakladatelství, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
5. BOMAR, s.r.o., Brno. *Individual 510.330 GANC - popis*. [online]. [cit. 2. května 2010]. Dostupné na WWW <<http://www.bomar.cz/start.asp?nArticleID=1475&nDepartmentID=2163&nLanguageID=1>>
6. KOVOSVIT MAS, a.s. *Charakteristika strojů*. [online]. [cit. 2. května 2011]. Dostupné na WWW <<http://www.kovosvit.cz/cz/sp-280/>>
7. KOVOSVIT MAS, a.s. *Charakteristika strojů*. [online]. [cit. 2. května 2011]. Dostupné na WWW <<http://www.kovosvit.cz/cz/mcv-754-quick/>>
8. TOS, a.s. *Užití stroje*. [online]. [cit. 2. května 2011]. Dostupné na WWW <http://www.tosas.cz/index.php?id_document=10097&mode=rmenu>

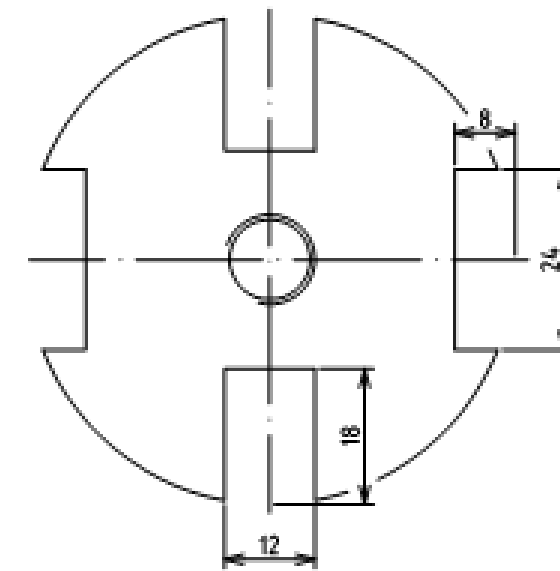
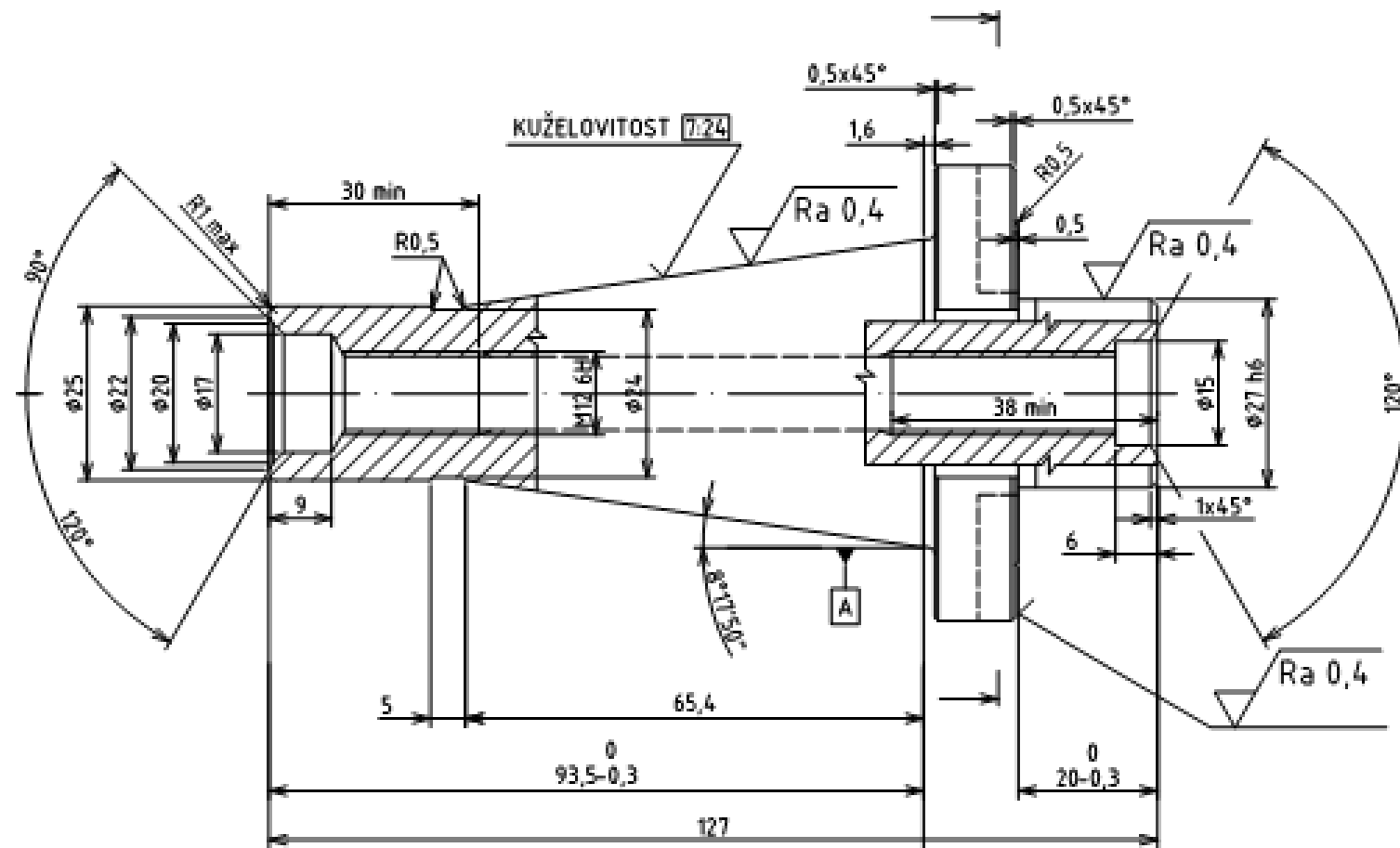
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/symbol	Jednotka	Popis
DPH	%	daň z přidané hodnoty
tzv.	-	takzvané
D	mm	největší průměr součásti
D_p	mm	průměr polotovaru
L	mm	dráha nástroje
L_p	mm	celková délka polotovaru
N_m	kg	celková hmotnost polotovaru na kus
P	Kč	hodinová sazba pro CNC soustruh
P_{KT}	Kč	cena materiálu za 1 kg kruhové tyče
P_{MKT}	Kč	náklady na materiál kruhové tyče
P_{MKTZ}	Kč	ztráta materiálu kruhové tyče
P_{MV}	Kč	náklady na materiál výkovku
P_{MVZ}	Kč	ztráta materiálu výkovku
P_N	Kč	výrobní náklady za rok
P_{NKT}	Kč	výrobní náklady za rok pro kruhovou tyč
P_{NR}	Kč	rozdíl výrobních nákladů za rok
P_{NV}	Kč	výrobní náklady za rok pro výkovek
P_V	Kč	cena 1 kg výkovku
Q	ks	plánovaná roční výroba
Q_R	ks	roční výroba součásti
Q_S	kg	čistá hmotnost součásti
Q_{SV}	kg	hmotnost výkovku
R_{emin}	MPa	mez kluzu
R_m	MPa	mez pevnosti
T	hod	čas pro roční výrobu
T_{KT}	hod	čas pro roční výrobu pro kruhovou tyč
T_V	hod	čas pro roční výrobu pro výkovek
V	m^3	objem součásti
V_i	m^3	objem dílčích částí součásti
V_V	m^3	objem výkovku
a_i	m	šířka kvádru

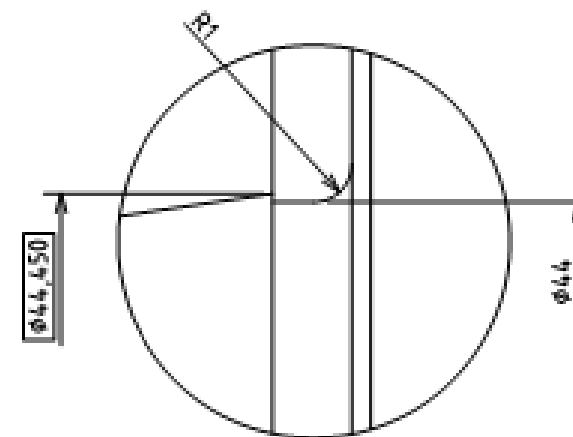
a_p	mm	šířka záběru ostří
b_i	m	výška kvádru
c_i	m	délka kvádru
d_i	m	průměr jednotlivých částí součásti
f	mm	posuv
h_1	mm	tloušťka odřezávaného materiálu
h_2	mm	tloušťka tvářené třísky
k_m	%	stupeň využití materiálu
k_{mV}	%	stupeň využití materiálu výkovku
l	mm	délka soustružené plochy
l_0	m	celková délka kužele
l_1	m	délka od menšího průměru kužele po vrchol
l_i	m	délka válce jednotlivých částí
l_k	mm	koncový odpad z tyče
l_n	mm	náběh nástroje
l_o	mm	přídavek na obrábění
l_p	mm	přeběh nástroje
l_r	mm	ztráta materiálu při řezání
l_s	mm	délka součásti
l_t	mm	délka tyče
$m_{t/r}$	kg	celková hmotnost tyčí za rok
n	min^{-1}	otáčky
n_p	ks	počet kusů z tyče
n_t	ks	celkový počet tyčí
q_k	kg	koncový odpad na kus
r_0	m	větší poloměr kužele
r_1	m	menší poloměr kužele
t_{AS}	min	strojní čas
v_c	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	řezná rychlost
γ_o	°	úhel čela
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota oceli
φ	°	úhel roviny st řihu

SEZNAM PŘÍLOH

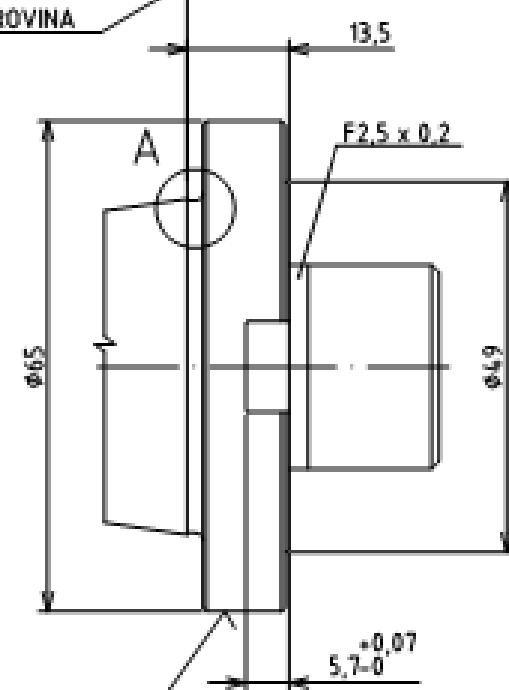
Příloha 1 Výkres součásti
Příloha 2 Výkres výkovku



A (5:1)



ZÁKLADNÍ ROVINA

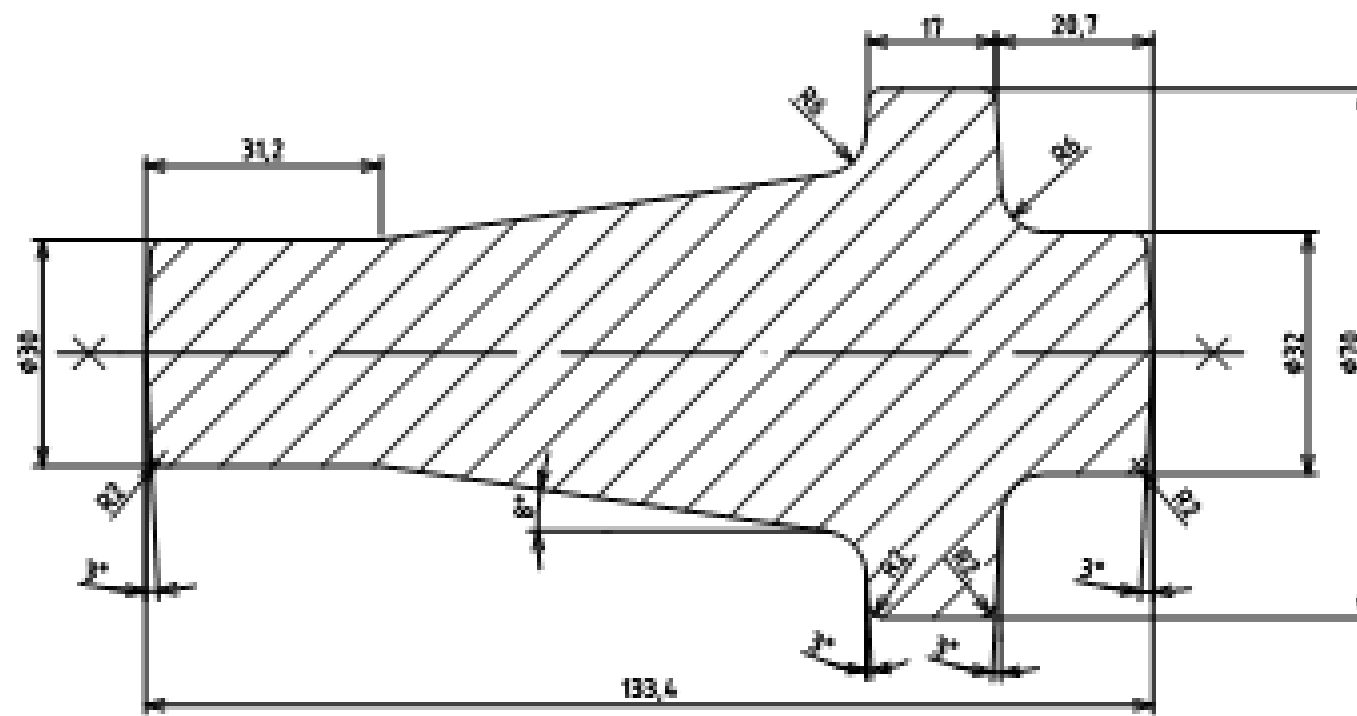


RAZIT 40x27 ČSN 24 1440

KALIT NA 55-60 HRC

CEMENTOVAT DO HLOUBKY 0,6 - 0,8 MM

Struktura povrchu: √ Ra 3,2 (√)	Hrany: └-0,3 ↙-0,3	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-mH
			Tolerování ISO 8015
			Pronítání
Materiál 14 220.0	Polotovár φ70 x 130 ČSN 42 5510	Hmotnost 2,23 kg	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název FRÉZOVACÍ TRN 40 x 27	
	Kreslil LUKÁŠ TOMAN	Číslo dokumentu 3-3K1-0	
	Schválil		
Datum vydání 25.9.2010			



Struktura povrchu: $\sqrt{Ra\ 25}$ (✓)		Hrany:		Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-v Tolerování ISO 8015 Promítání E
Materiál 14 220.0	Polohevar	Hmotnost 3.35 kg	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016		
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE	Druh dokumentu VÝKOVEK	Název FRÉZOVACÍ TRN 40 x 27			
	Kreslil LUKÁŠ TOMAN	Číslo dokumentu 3-3K1-1			
	Schválil	Datum vydání 25.9.2010			
	List /				