

**Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště, Trutnov, Školní 101**



**soutěžní obor 12  
Tvorba učebních pomůcek, didaktická technologie**

# ***Konstrukční cvičení***

Autor :

Petr Kracík  
Arnultovice č.p.86  
543 72, RUDNÍK

Jakub Ševc  
Úpská č.p.535  
541 02, Trutnov

čtvrtý ročník studijního oboru strojírenství

Konzultant: Ing. Milan Fink

V Trutnově dne 5.března 2005

## OBSAH

<b>PŘEDMLUVA</b> .. .. .	3
<b>ÚVOD</b> .. .. .	4
<b>PLANETOVÁ PŘEVODOVKA</b>	
Zadání .. .. .	6
Výpočtová zpráva ....	8
Výkresová dokumentace ....	13
<b>ZUBOVÉ ČERPADLO</b>	
Zadání .. .. .	34
Výpočtová zpráva .. .. .	38
Výkresová dokumentace ....	46
<b>ZÁVĚR</b> .. .. .	58
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .. .. .	59
<b>DODATEK</b> .. .. .	60

## Předmluva

Jsme studenty Střední průmyslové školy a Středního odborného učiliště v Trutnově a při hodinách profilujících předmětů Stavba a provozu strojů a Počítačová grafika jsme si povšimli absence nové učební pomůcky pro konstrukční cvičení, ve které by byla návaznost kreslení strojního zařízení na jeho výpočet. Proto jsme se rozhodli vytvořit komplexní pomůcku pro studenty obsahující výpočtovou zprávu, technickou dokumentaci planetové převodovky a zubového čerpadla a jejich multimediální prezentaci. V odborných učebnicích jsme dohledali pouze základní náčrty s krátkým popisem těchto strojních zařízení nebo jen samostatné výpočty hlavních geometrických parametrů (rovnice sousedství centrálního kola se satelitem a jejich převodový poměr aj.). Tato zařízení jsou v praxi hojně využívána a v principech vysvětlována všem studentům na SPŠ strojní.

Domníváme se, že je nezbytná návaznost a propojenost kreslení nebo modelování v grafickém programovém vybavení s použitím technických výpočtů za pomoci nezbytných empirických vzorců nebo výpočtářského programu. Platí sice rčení, že teorie vede a pokus rozhoduje, ale dobře volenými výpočty lze řadu omylů eliminovat. Právě konstrukční cvičení na SPŠ vede k naplnění dalšího pravidla – cvičení dělá mistry.

Pro aplikaci výpočetní techniky v oblasti konstrukčních prací se v celosvětovém měřítku vžila označení CAD a CAE.

CAD (Computer Aided Design) = Počítačová podpora konstruování ( AutoCAD, Mechanical Desktop, Inventor )

CAE (Computer Aided Engineering) = Počítačová podpora inženýrských prací – výpočty v průběhu návrhu (MechSoft, Inventor 9)

Celá technická dokumentace naší práce SOČ je zpracována v programu Autodesk Inventor Series 7 v třírozměrném prostoru ( 3D ) a dvourozměrném prostoru ( 2D ). Pro zvětšení názornosti jsme vytvořili z jednotlivých modelů animaci aby učitel při zadávání práce studentům mohl ukázat skládání jednotlivých komponentů do sebe s cílem detailního pochopení funkce stroje. Ten v řadě případů nelze mít ve školních podmínkách k dispozici jako hmotný model. Většina studentů se daleko více orientuje v animaci než ve spleti řezů a pohledů na výkresech.

Projekt je dělán tak, aby kdokoli a kdykoli mohl na počítači spustit naši práci. Základem je Internet Explorer 5 a Adobe Reader. Pokud nebudou nainstalovány v počítači, lze využít jejich volně šiřitelné verze na prezentačním CD. V případě spouštění video-ukázek je základem nainstalovaný Windows Media Player, který je rovněž součástí CD (na CD je verze WMP 10 i s vhodným codekem).

Při naší práci SOČ jsme navazovali na projekty pedagogů, které byly v souvislosti se zaváděním produktů společnosti Autodesk na školu realizovány. Jednalo se o Sbíрку příkladů pro Inventor Series 7 a o Sbíрку příkladů pro MechSoft for Inventor 7, ve kterých byly popsány základy práce s těmito programy.

Přejeme si, aby naše učební pomůcka oslovila nejen studenty, ale i pedagogy a napomohla vzdělávání tvůrčích a technicky erudovaných absolventů středních technických škol se zaměřením na strojírenství a počítačovou grafiku.

AUTOŘI

## Úvod

Planetové převodovky a zubová čerpadla jsou hojně používaná zařízení ve strojírenském průmyslu. Bohužel v konstrukčních cvičeních na průmyslových školách jim není věnována dostatečná pozornost. Záleží to nejen na zájmu a dovednostech učitele ale i na absenci potřebné moderní literatury. Svým pojetím práce SOČ se snažíme navázat na edici Konstrukčních cvičení, které obsahují například výpočet kuželové převodovky, střížníku a podobně, ale s ohledem na její původ v 80. jsme se snažili zařadit na podporu motivační a výkladové části výuky moderní multimediální prostředky.

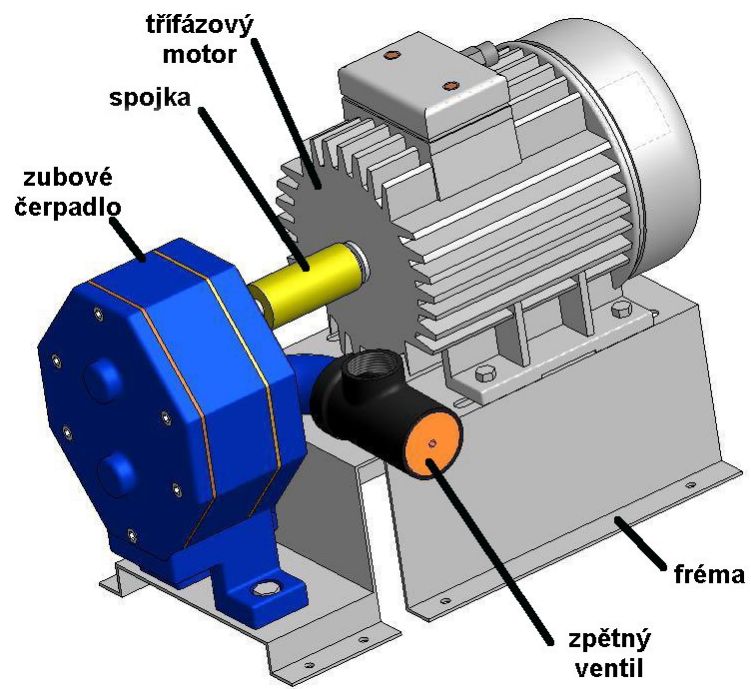
Planetová převodovka má řadu podob, které se liší konstrukcí a použitím, které může být od pohonu malého ručního nářadí přes pohony textilních strojů a až po pohony u mostů. Hlavní předností je rozdělit kroutícího momentu na co nejvíce zubů centrálního kola, čímž nám působí menší síly na jeden zub centrálního kola v záběru a můžeme díky tomu volit menší ozubení. Dalším důvodem je dosažení velkého převodu. Nevýhodou je vyšší cena způsobená například větším počtem ložisek a ozubených kol. Celkové zařízení je kompaktní a rozměrově menší než kdybychom použily normální převodovku s čelním nebo kuželovým soukolím.



Práce je rozdělena na dvě části. První část je věnována planetové převodovce a druhá část zubovému čerpadlu. V každé části je možné zadání pro studenty, výpočtová zpráva a technická dokumentace navazující na výpočty.

Naší představou je, že pedagog po prostudování práce předstoupí před žáky s velkoplošným plakátem a naší prací. Představí studentům strojní zařízení s použitím animace, kde se skládají jednotlivé komponenty do sebe až po výsledný celek a zadá jim základní hodnoty. Buď použije zadání z naší práce nebo může parametry změnit. Po předvedení základních výpočtů mohou studenti sami pracovat na své úloze. V další části následuje samostatná práce žáků za dohledu učitele při zpracování výkresové dokumentace. Záleží na vybavenosti škol potřebným software, ale bez produktů firmy Autodesk ( AutoCAD, Mechanical Desktop ) to je dnes již nemyslitelné. Naopak velmi dravým způsobem získává na významu 3D modelář - Inventor. Pro usnadnění práce může student některé normalizované komponenty vložit z knihovny součástí nebo v případě programu MechSoft přímo vygenerovat.

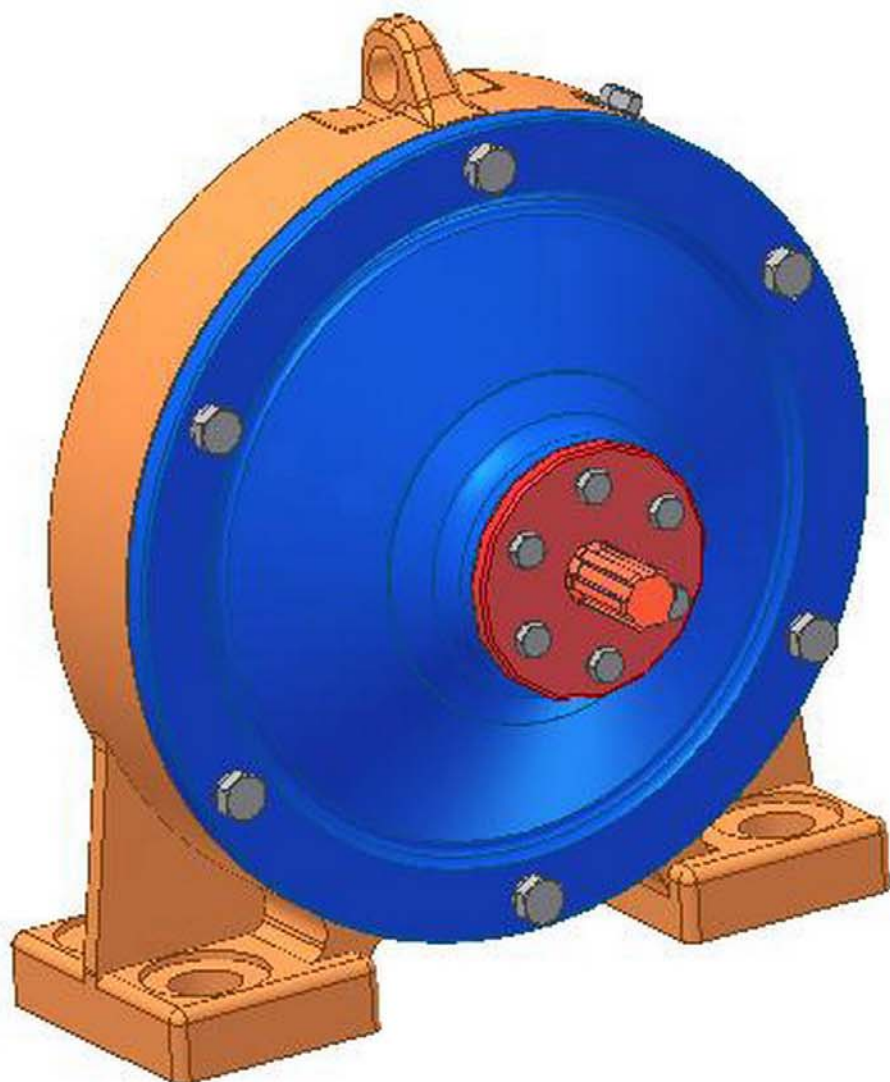
Důležitou součástí této učební pomůcky je CD, na kterém studenti nebo učitel naleznou jak výpočtovou zprávu tak technickou dokumentaci s animací skládání jednotlivých součástí do celku. U zubového čerpadla je ještě animace obohacena o jeho napojení na základovou desku, spojkou a elektromotor.



Nedílnou součástí CD je i velkoformátový plakát, který učitel může vytisknout na velkoplošné tiskárně a vhodně umístit v učebně.

AUTOŘI

# PLANETOVÁ PŘEVODOVKA



# *Planetová převodovka*

## *Zadání*

Navrhněte jednostupňovou planetovou převodovku pro pohon textilního stroje elektromotorem. Rozměry ozubených kol planetové převodovky:

	<b>centrální</b>	<b>satelit</b>	<b>korunové</b>	<b>jednotky</b>
<b>modul</b>	4	4	4	<b>(mm)</b>
<b>jednot.posunutí</b>	0,494	-0,494	0,494	
<b>počet zubů</b>	15	33	81	

Otáčky  $n = 900 \text{ min}^{-1}$

## *Rozsah práce*

- Výpočetní zpráva
  - I. Výpočet maximálního přenášeného výkonu a převodového čísla
  - II. Výpočet rozměrů ozubených kol
  - III. Pevnostní výpočet centrálního kola pomocí výpočtové metodiky Strojnických tabulek
  - IV. Kontrola výstupního hřídele na krut
  - V. Návrh drážkování výstupního hřídele a jeho pevnostní kontrola
- Výkres sestavení planetové převodovky
- Dílenské výkresy jednotlivých součástí (tloušťka stěn krytů převodovky se nedá vypočítat, udává se dle zkušeností z praxe. Proto hlavní rozměry jsou vypočítány ve výpočtové zprávě a zbylé rozměry volte)

Pozn.: Různé technické varianty konstrukce převodovky a výkresy budou dodány zadavatelem.

# Výpočtová zpráva

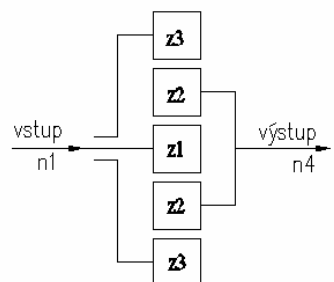
Počet listů	Název:	Datum	Jméno
5	<i>Planetová převodovka</i>	10.02.05	Kracík a Ševc



## Výpočet planetové převodovky

Hodnoty

### I.) Výpočet maximálního přenášeného výkonu a převodového čísla



$$i = \frac{n_1}{n_4} = \frac{z_1 + z_3}{z_1} = \frac{15 + 81}{15} = 6,4$$

$$\Rightarrow n_4 = \frac{n_1}{i} = \frac{15}{6,4} = 2,3 \text{ ot/s}$$

Z výpočtu pro modul si vypočítám výkon jednoho satelitu ( $P_2$ )

$$\psi_m = \frac{b}{m} = 16; \quad \sigma_{FD} = \frac{\sigma_{FC}}{7 \div 8} = \frac{100}{8} \quad \sigma_{FC} = \text{viz STT pro mat. 11600}$$

$$m = 10^3 \sqrt[3]{\frac{P_2}{\pi \cdot n_1 \cdot z_1 \cdot \psi_m \cdot \sigma_{FD}}} \Rightarrow 2,5 = 10 \sqrt[3]{\frac{P_2}{\pi \cdot 15 \cdot 15 \cdot 16 \cdot \frac{100}{8}}} \Rightarrow 15,625 = 1000 \cdot \frac{P_2}{141372}$$

$$\Rightarrow P_2 = \underline{\underline{2,209 \text{ kW}}}$$

Výkon na vstupu:

$$P_1 = P_2 \cdot 3 = 2,209 \cdot 3 = \underline{\underline{6,627 \text{ kW}}}$$

Krouticí moment na vstupu:

$$M_{K1} = \frac{P_1}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{6627}{2 \cdot \pi \cdot 15} = \underline{\underline{70,3 \text{ Nm}}}$$

### II.) Výpočet rozměrů ozubených kol

1. Průměr roztečné kružnice: (D)

$$D_1 = z_1 \cdot m = 15 \cdot 4 = \underline{\underline{60 \text{ mm}}}$$

$$D_2 = z_2 \cdot m = 33 \cdot 4 = \underline{\underline{132 \text{ mm}}}$$

$$D_3 = z_3 \cdot m = 81 \cdot 4 = \underline{\underline{324 \text{ mm}}}$$

2. Jednotková změna vzdálenosti kol: (y)

$$\text{z obr. 46 je patrné, že } y_{12} = y_{23} = 0$$

3. Jednotkové posunutí kol pro  $m = 1 \text{ mm}$ : (k)

$$k_{12} = (x_1 + x_2) - y = 0,494 - 0,494 - 0 = \underline{\underline{0}}$$

$$k_{23} = (x_2 + x_3) - y = -0,494 + 0,494 - 0 = \underline{\underline{0}}$$

4. Nekorigovaná vzdálenost os: (a)

$$a_{12} = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{60 + 132}{2} = \underline{\underline{96 \text{ mm}}}$$

$$a_{23} = \frac{D_3 - D_2}{2} = \frac{324 - 132}{2} = \underline{\underline{96 \text{ mm}}}$$

$z_1 = 15$   
 $m = 2,5 \text{ mm}$   
 $x_1 = 0,494$   
 $z_2 = 33$   
 $x_2 = -0,494$   
 $z_3 = 81$   
 $x_3 = 0,494$   
 $n_1 = 15 \text{ ot/s}$   
 $i = 6,4$   
 $n_4 = 2,3 \text{ ot/s}$   
 $P_2 = 2,209 \text{ kW}$   
 $P_1 = 6,627 \text{ kW}$   
 $M_{K1} = 70,3 \text{ Nm}$

$D_1 = 37,5 \text{ mm}$   
 $D_2 = 82,5 \text{ mm}$   
 $D_3 = 202,5 \text{ mm}$   
 $y_{12; 23} = 0$   
 $k_{12; 23} = 0$   
 $a_{12; 23} = 60 \text{ mm}$

## Výpočet planetové převodovky

Hodnoty

5. Výška hlavy zubu: ( $h_a$ )

$$h_{a_1} = (1 + x_1 - k)m = (1 + 0,494 - 0)4 = 5,976mm$$

$$h_{a_2} = (1 + x_2 - k)m = (1 - 0,494 - 0)4 = \underline{\underline{2,024mm}}$$

$$h_{a_3} = (1 + x_3 - k)m = (1 + 0,494 - 0)4 = \underline{\underline{5,976mm}}$$

6. Průměr hlavové kružnice: ( $D_a$ )

$$D_{a_1} = D_1 + 2h_{a_1} = 60 + 2 \cdot 5,976 = \underline{\underline{71,952mm}}$$

$$D_{a_2} = D_2 + 2h_{a_2} = 132 + 2 \cdot 2,024 = \underline{\underline{136,048mm}}$$

$$D_{a_3} = D_3 - 2h_{a_3} = 324 - 2 \cdot 5,976 = \underline{\underline{312,048mm}}$$

7. Průměr patní kružnice: ( $D_f$ )

$$D_{f_1} = D_1 - 2(1,25 - x_1)m = 60 - 2(1,25 - 0,494)4 = \underline{\underline{53,952mm}}$$

$$D_{f_2} = D_2 - 2(1,25 - x_2)m = 132 - 2(1,25 + 0,494)4 = \underline{\underline{118,048mm}}$$

$$D_{f_3} = D_3 + 2(1,25 - x_3)m = 324 + 2(1,25 - 0,494)4 = \underline{\underline{330,048mm}}$$

8. Výška hlavy zubu: ( $h$ )

$$h_1 = D_{a_1} - D_{f_1} = 71,952 - 53,952 = \underline{\underline{18mm}}$$

$$h_2 = D_{a_2} - D_{f_2} = 136,048 - 118,048 = \underline{\underline{18mm}}$$

$$h_3 = D_{f_3} - D_{a_3} = 330,048 - 312,048 = \underline{\underline{18mm}}$$

### III.) Výpočet centrálního kola

Pomocí výpočtové metodiky *Strojnických tabulek (šedé) Vávra a kol.*

1. Kontrola únosnosti paty zubu v ohybu

- směrodatná obvodová síla:  $F_{Ft}$

z tabulek volím:  $K_1 = 1,25$  – provozní souč.

$K_v = 1$  – souč. vnitřních dynamických sil

$K_{F\alpha} = 1,85$  – souč. podílu zatížení jednotlivých zubů

$$F_t = \frac{2Mk_1}{D_1} = \frac{140,6}{0,06} = \underline{\underline{2343,3 N}} \text{ – jmenovitá obvodová síla}$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{Ra_1^2 - Rb_1^2} + \sqrt{Ra_2^2 - Rb_2^2} - a_{12} \sin \alpha}{\pi \cdot m \cdot \cos \alpha} = \text{pomocná hodnota}$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{44,97^2 - 33,72^2} + \sqrt{85,03^2 - 73,78^2} - 60 \sin 20}{\pi \cdot 2,5 \cdot \cos 20} = \underline{\underline{2,1}}$$

$$F_{Ft} = \frac{F_t}{b} K_1 \cdot K_v \cdot K_{F\alpha} = \frac{2343,3}{40} \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,85 = \underline{\underline{86,41 Nmm^{-1}}}$$

$h_{a_1} = 5,976mm$   
 $h_{a_2} = 2,024mm$   
 $h_{a_3} = 5,976mm$   
 $D_{a_1} = 71,925mm$   
 $D_{a_2} = 136,048mm$   
 $D_{a_3} = 312,048mm$   
 $D_{f_1} = 53,952mm$   
 $D_{f_2} = 118,048mm$   
 $D_{f_3} = 330,048mm$   
 $h_{1;2;3} = 18mm$

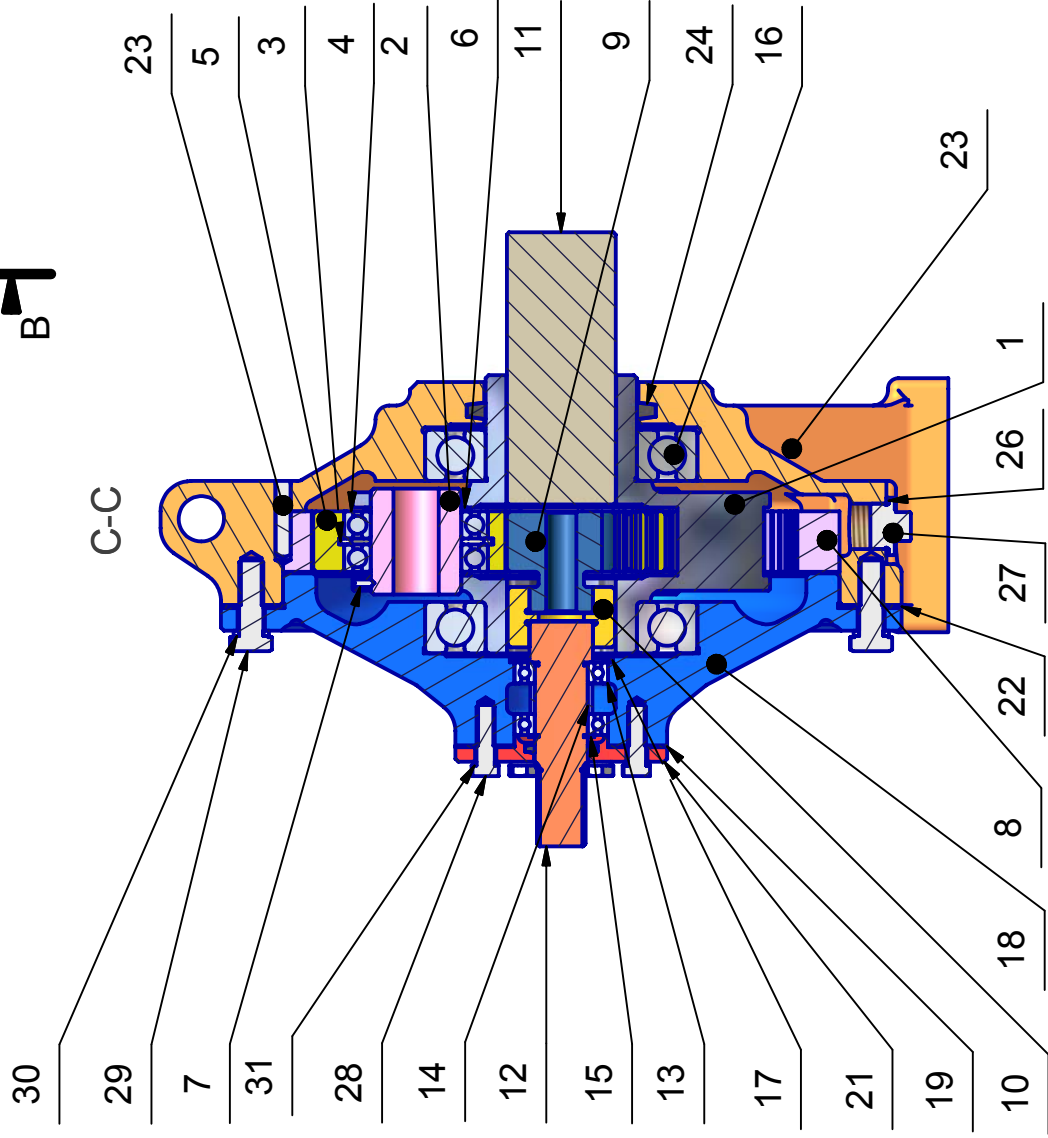
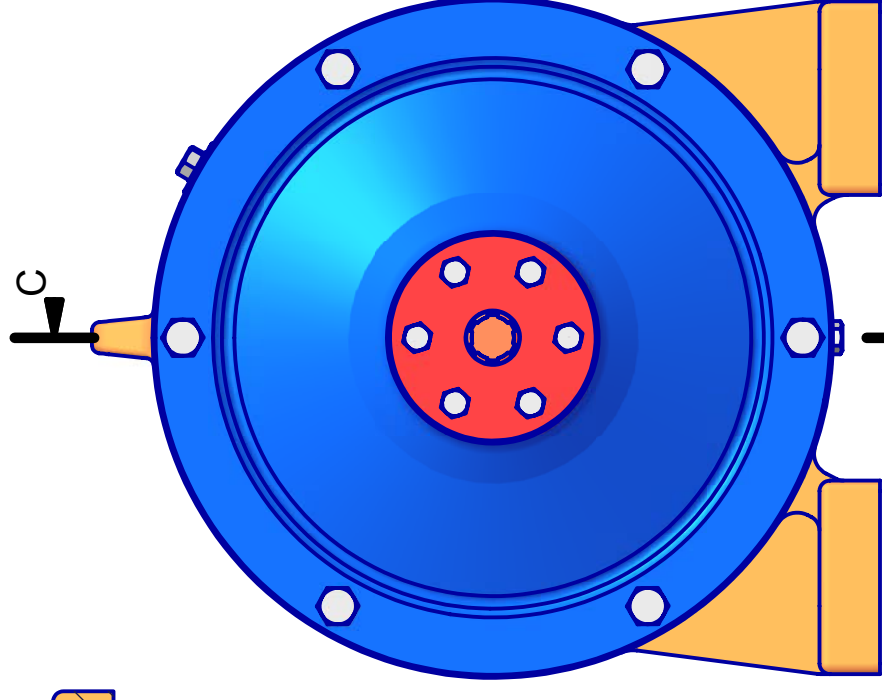
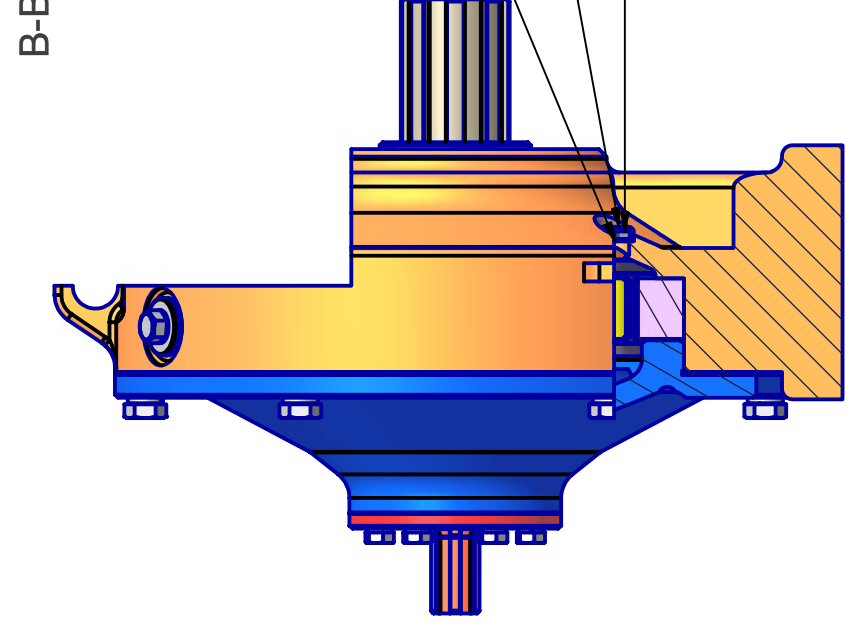
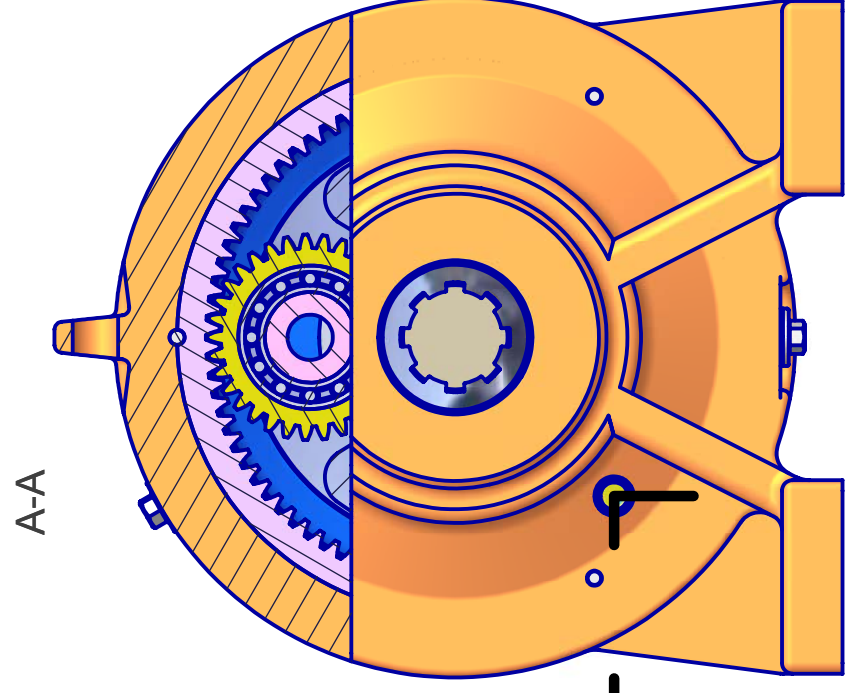
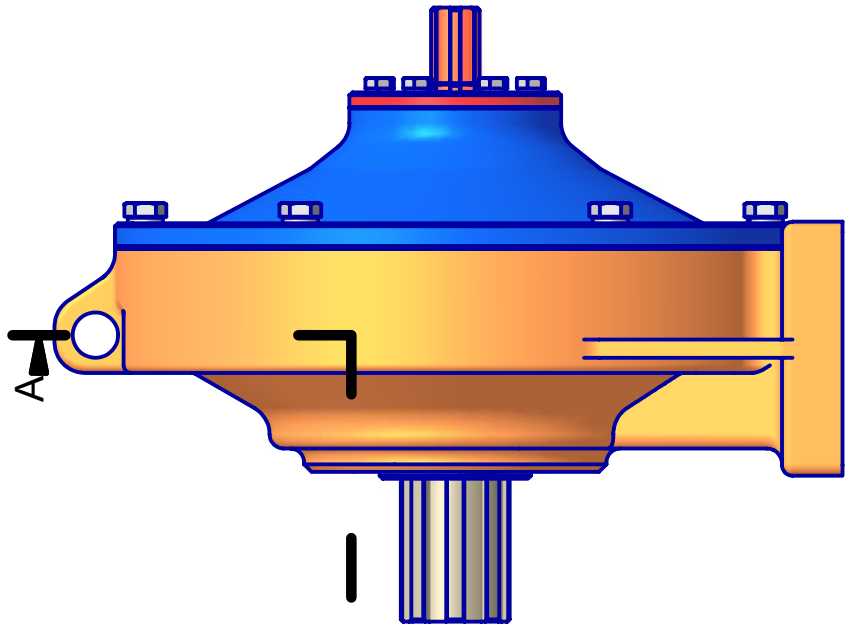
$K_1 = 1,25$   
 $K_v = 1$   
 $K_{F\alpha} = 1,85$   
 $F_t = 2343,3 N$   
 $\varepsilon_\alpha = 2,1$   
 $F_{Ft} = 86,41 Nmm^{-1}$

Výpočet planetové převodovky	Hodnoty
<p>- Srovnávací ohybové napětí: <math>\sigma_F</math>  z tabulek volím: <math>Y_{F1} = 2,3</math> – souč.tvaru zubu  <math>Y_{F2} = 3,15</math> – souč.tvaru zubu  <math>Y_\varepsilon = 0,476</math> – souč.vlivu trvání záběru evolventy  <math>Y_\beta = 1</math> – souč.sklonu zubů</p> <p>Pro pastorek:  <math display="block">\sigma_{F1} = \frac{F_{Ft}}{m} \cdot Y_{F1} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta = \frac{86,41}{4} \cdot 2,3 \cdot 0,476 \cdot 1 = \underline{\underline{23,65 MPa}}</math></p>	$Y_{F1} = 2,3$ $Y_{F2} = 3,15$ $Y_\varepsilon = 0,476$ $Y_\beta = 1$ $\sigma_{F1} = 23,65 \text{ MPa}$ $\sigma_{F2} = 32,39 \text{ MPa}$
<p>Pro kolo:  <math display="block">\sigma_{F2} = \frac{F_{Ft}}{m} \cdot Y_{F2} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta = \frac{86,41}{4} \cdot 3,15 \cdot 0,476 \cdot 1 = \underline{\underline{32,39 MPa}}</math></p> <p>- Časová pevnost v ohybu paty zubu: <math>\sigma_{FD}</math>  z tabulek volím: <math>\sigma_{FC1} = \sigma_{FC2} = 295</math> – časová pevnost v ohybu  <math>Y_{R1} = 1,03</math> – souč.drsnosti v oblasti paty  <math>Y_S = 1</math> – souč.vrubu v oblasti paty</p> <p>Pro pastorek:  <math display="block">\sigma_{FD1} = \sigma_{FC1} \cdot Y_{R1} \cdot Y_S = 295 \cdot 1,03 \cdot 1 = \underline{\underline{303,85 MPa}}</math></p> <p>Pro kolo:  <math display="block">\sigma_{FD2} = \sigma_{FC2} \cdot Y_{R1} \cdot Y_S = 295 \cdot 1,03 \cdot 1 = \underline{\underline{303,85 MPa}}</math></p>	$\sigma_{FC1} = \sigma_{FC2} = 295$ $Y_{R1} = 1,03$ $Y_S = 1$ $\sigma_{FD1} = 303,85 \text{ MPa}$ $\sigma_{FD2} = 303,85 \text{ MPa}$
<p>- Bezpečnost proti únavovému lomu:  <math display="block">k_{F1} \geq \frac{\sigma_{FD1}}{\sigma_{F1}}; = \frac{303,85}{23,65} = \underline{\underline{12,8 \geq 1,7}}</math>  <math display="block">k_{F2} \geq \frac{\sigma_{FD2}}{\sigma_{F2}}; = \frac{303,85}{32,39} = \underline{\underline{9,3 \geq 1,7}}</math></p> <p>Vyhovuje pro převod s neomezenou životností !</p>	
<p>2. Kontrola dotykové únosnosti boku zubů</p> <p>- Směrodatná obvodová síla: <math>F_{Ht}</math>  z tabulek volím: <math>K_{H\alpha} = 1</math> – souč.podílu zatížení jednotlivých zubů  <math display="block">Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 2,1}{3}} = \underline{\underline{1,82}}</math>  <math display="block">F_{Ht} = \frac{F_t}{b} \cdot K_1 \cdot K_v \cdot K_{H\alpha} = \frac{86,41}{40} \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = \underline{\underline{2,7 \text{ Nmm}^{-1}}}</math></p> <p>- Srovnávací Hertzův (dotykový) tlak: <math>\sigma_H</math>  z tabulek volím: <math>Z_H = 1,76</math> – souč.tvaru zubu  <math>Z_M = 272</math> – souč.materiálu  <math>Z_\varepsilon = 1,82</math> – souč.délky stykových čar boků zubů  <math display="block">\sigma_H = \sqrt{\frac{F_{Ht}}{D_1} \cdot \frac{i+1}{i}} \cdot Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{2,7}{60} \cdot \frac{6,4+1}{6,4}} \cdot 1,76 \cdot 272 \cdot 1,82 = \underline{\underline{198,73 \text{ MPa}}}</math></p> <p>- Časová pevnost v dotyku boku zubu: <math>\sigma_{HD}</math>  z tabulek volím: <math>\sigma_{HC1} = \sigma_{HC2} = 1500</math>  <math>Z_{R1} = Z_{R2} = 0,95</math> – souč.drsnosti boku zubů  <math>K_L = 1</math> – souč.maziva</p>	$F_{Ht} = 2,7 \text{ Nmm}^{-1}$ $Z_H = 1,76$ $Z_M = 272$ $Z_\varepsilon = 1,82$ $\sigma_H = 198,73 \text{ MPa}$ $\sigma_{HC1} = \sigma_{HC2} = 1500$ $Z_{R1} = Z_{R2} = 0,95$ $K_L = 1$

Výpočet planetové převodovky	Hodnoty
<p>Pr o pastorek i kolo :</p> $\sigma_{HD12} = \sigma_{HC12} \cdot Z_{R12} \cdot K_L = 1500 \cdot 0,95 \cdot 1 = \underline{\underline{1425 \text{ MPa}}}$ <p>- bezpečnost proti tvorbě pittigů:</p> $k_H \geq \frac{\sigma_{HD12}}{\sigma_H}; = \frac{1425}{198,73} = \underline{\underline{7,2 \geq 1,4}} \text{ Vyhovuje pro převod s neomezenou životností !}$ <p>IV.) Kontrola výstupního hřídele na krut</p> <p>Výpočet výkonu na výstupu: (P<sub>4</sub>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- předpokládaná ztráta na výstupu je 3%</li> <li>- P<sub>4</sub> = P<sub>1</sub> · η = 6,627 · 0,97 = <u>6,428 kW</u></li> </ul> <p>Výpočet výstupního kroutícího momentu: (M<sub>k</sub>)</p> $Mk_4 = \frac{P_4}{2\pi \cdot n_4} = \frac{6428}{2\pi \cdot 2,3} = \underline{\underline{444,8 \text{ Nm}}}$ <p>Materiál hřídele:</p> <p>Pozn.: Jelikož nevím podmínky dalšího zpracování výkonu, připravuji hřídel na možné nejhorší podmínky z hlediska krutu (tedy zatížení střídavé)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- materiál volím 12 060; τ<sub>DK</sub> = 55 MPa</li> </ul> <p>Nyní vypočítám nejmenší možný průměr hřídele</p> $\tau_K = \frac{M_K}{W_K} \leq \tau_{DK} \Rightarrow \frac{M_K}{\tau_{DK}} \leq \frac{\pi d^3}{16}$ $\Rightarrow d_4 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_{DK}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 444,8}{\pi \cdot 55}} = 3,45 \text{ mm} \dots \underline{\underline{\text{volím průměr } 60 \text{ mm}}}$ <p>V.) Návrh drážkování výstupního hřídele a jeho pevnostní kontrola</p> <p>Nejprve si vypočítám sílu na hřídeli</p> $v_4 = \pi \cdot D_4 \cdot n_4 = \pi \cdot 0,06 \cdot 2,3 = \underline{\underline{0,43 \text{ m/s}}}$ $F_4 = \frac{P_4}{v_4} = \frac{6428}{0,43} = \underline{\underline{14948,8 \text{ N}}}$ <p>Nyní podrobím drážkování na otláčení</p> $p = \frac{F}{S} = \frac{F}{Á \cdot L} = \frac{14948,8}{18 \cdot 150} = \underline{\underline{5,54 \text{ MPa}}} \quad p_D = 12 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$ <p>volím drážkování d – 8 x 52 f7 x 60 a11 x 10 f8</p> <p>L = délka drážkování  Á = skutečná činná plocha</p>	<p>σ<sub>HD12</sub> = 1425 MPa</p> <p>η = 0,97 %  P<sub>4</sub> = 6,428 kW  Mk<sub>4</sub> = 444,8 Nm  τ<sub>DK</sub> = 55 MPa  d<sub>4</sub> = 60 mm</p>

# Výkresová dokumentace

Počet listů	Název:	Datum	Jméno
24	<i>Planetová převodovka</i>	10.02.05	Kracík a Ševc



Poz.	Název	Č.výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr: Materiál výchozí: Materiál konečný:							
Polotovár: Číslo výkresu sestavy:							
Číslo výkresu sestavy:							
Poznámka:							
Kreslil: Kracik a Ševc Dne: 10.02.05 Měřítko: 1:5 Počet listů: 3 List č.: 1							

Střední průmyslová škola  
 a střední odborné učiliště  
 Trutnov, Školní 101

## Planetová převodovka

SOC - 1

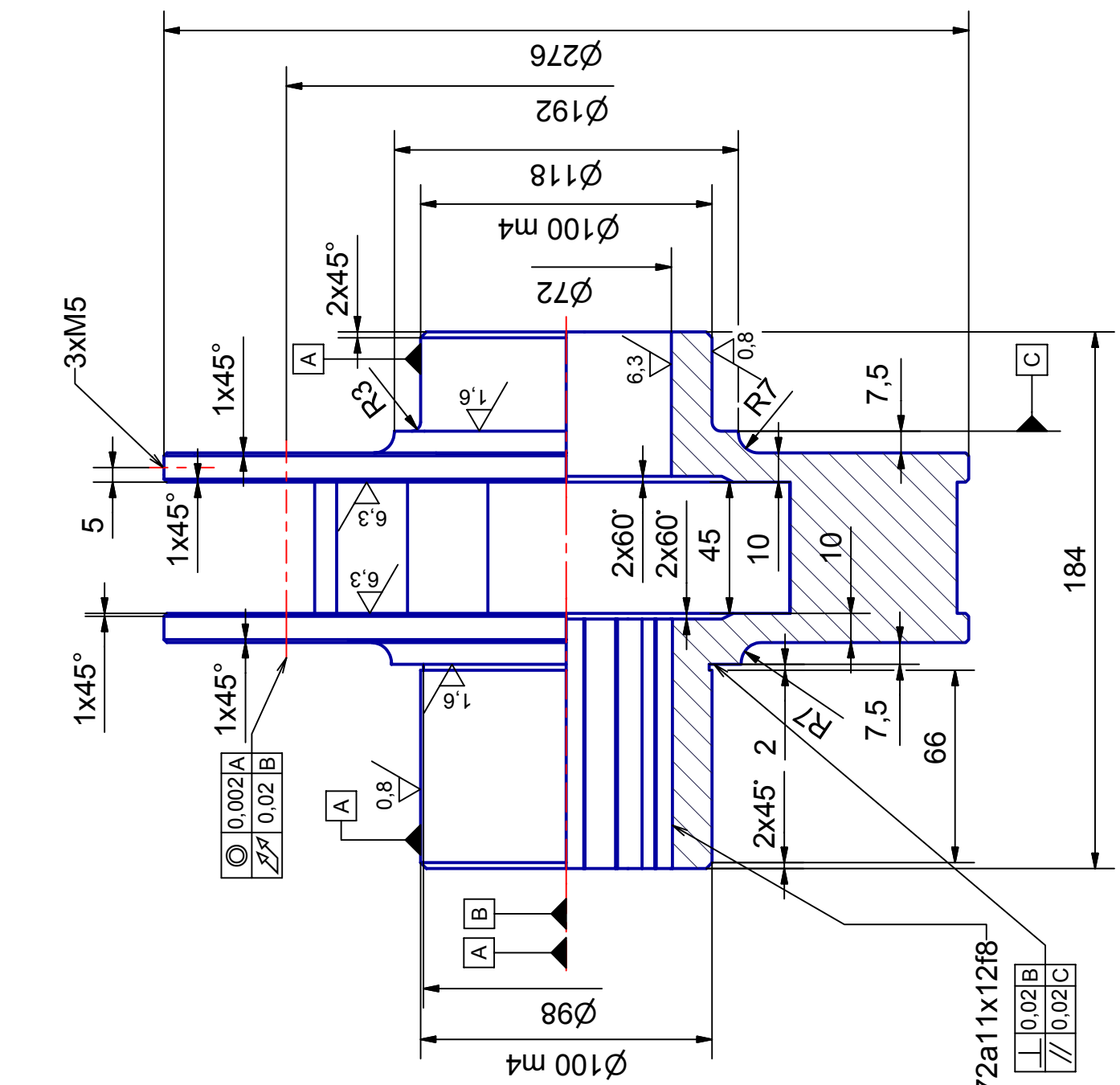
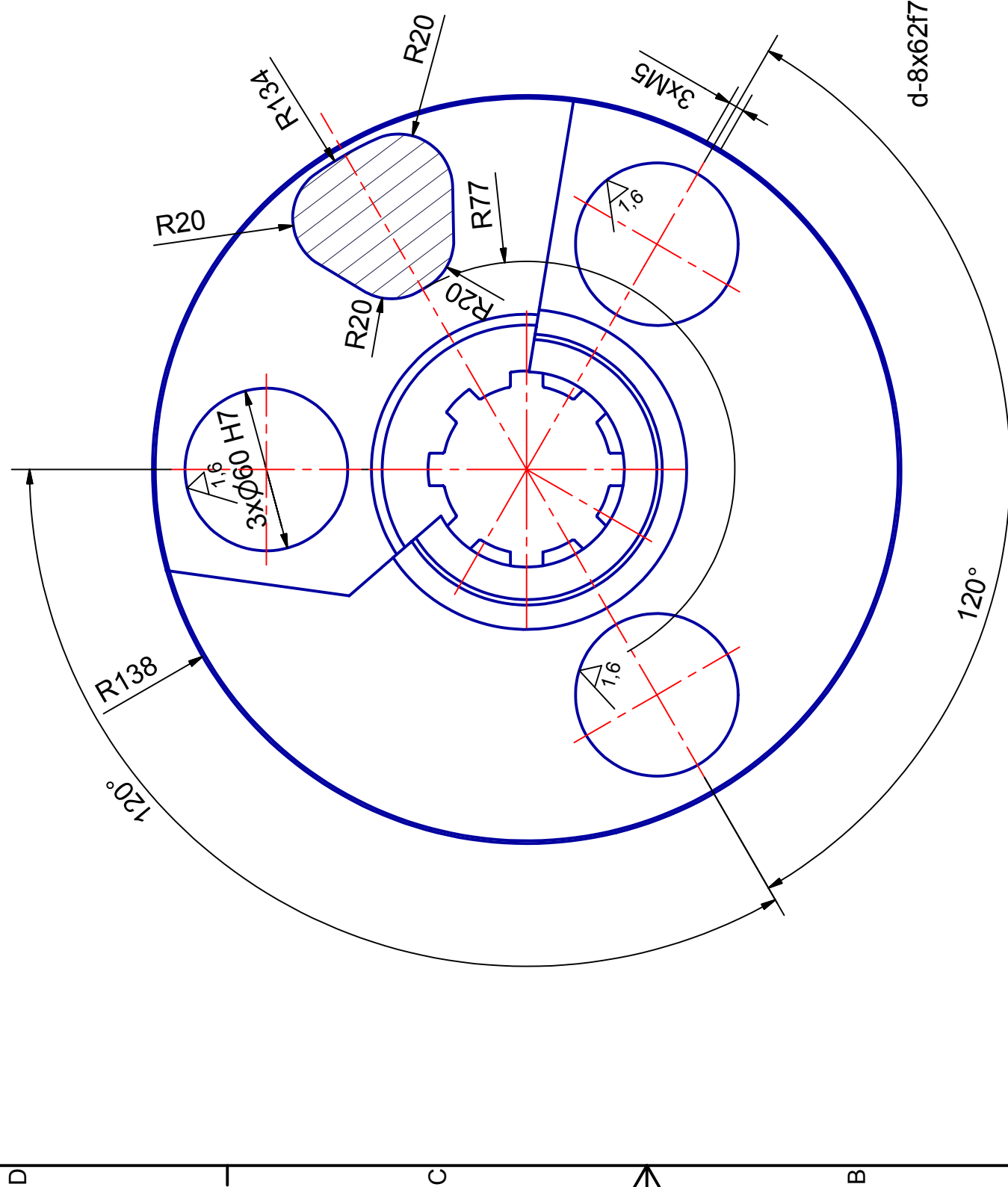
1.	Unašeč	SOC - 1 - 01			11 600.0	Ø300 ČSN 42 5510.1	1	
2.	Válec	SOC - 1 - 02			11 600.0	Ø63 ČSN 42 5510	3	
3.	Pojistný Kroužek - A					Ø100 ČSN 02 2931	3	
4.	Ložisko - A					6012 ČSN 02 4630	6	
5.	Satelit	SOC - 1 - 05			13 151.4	Ø155 ČSN 42 6510	3	
6.	Podložka - A	SOC - 1 - 06			11 600.0	Ø70 ČSN 42 5510	6	
7.	Pojistný šroub					M5 x 14 ISO 7434	3	
8.	Korunové kolo	SOC - 1 - 08			13 151.4	Ø380 ČSN 42 6510	1	
9.	Centrální kolo	SOC - 1 - 09			13 151.4	Ø80 ČSN 42 6510	1	
10.	Zubová spojka	SOC - 1 - 10			11 600.0	Ø75 ČSN 42 5510	1	
11.	Výstupní hřídel	SOC - 1 - 11			11 600.0	Ø75 ČSN 42 5510	1	
12.	Vstupní hřídel	SOC - 1 - 12			11 600.0	Ø45 ČSN 42 5510	1	
13.	Ložisko - B					6007 ČSN 02 4630	2	
14.	Podložka - B	SOC - 1 - 14			11 600.0	Ø42 ČSN 42 5510	1	
15.	Pojistný kroužek - B					Ø35 ČSN 02 2930	1	
16.	Ložisko - C					6220 ČSN 02 4630	2	
17.	Pojistný kroužek - C					Ø68 ČSN 02 2931	1	
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka

Rozměr:			Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101	
Materiál výchozí: Materiál konečný:			Název výkresu: <b>Planetová převodovka</b>	
Polotovar:		ISO 2768 -	Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - A</b>	
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015	ANO NE	Počet listů: 3
Poznámka:		Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - A</b>		
Kreslil: Kracík a Ševc	Dne: 10.02.05	Měřítka:	List č.: 2	

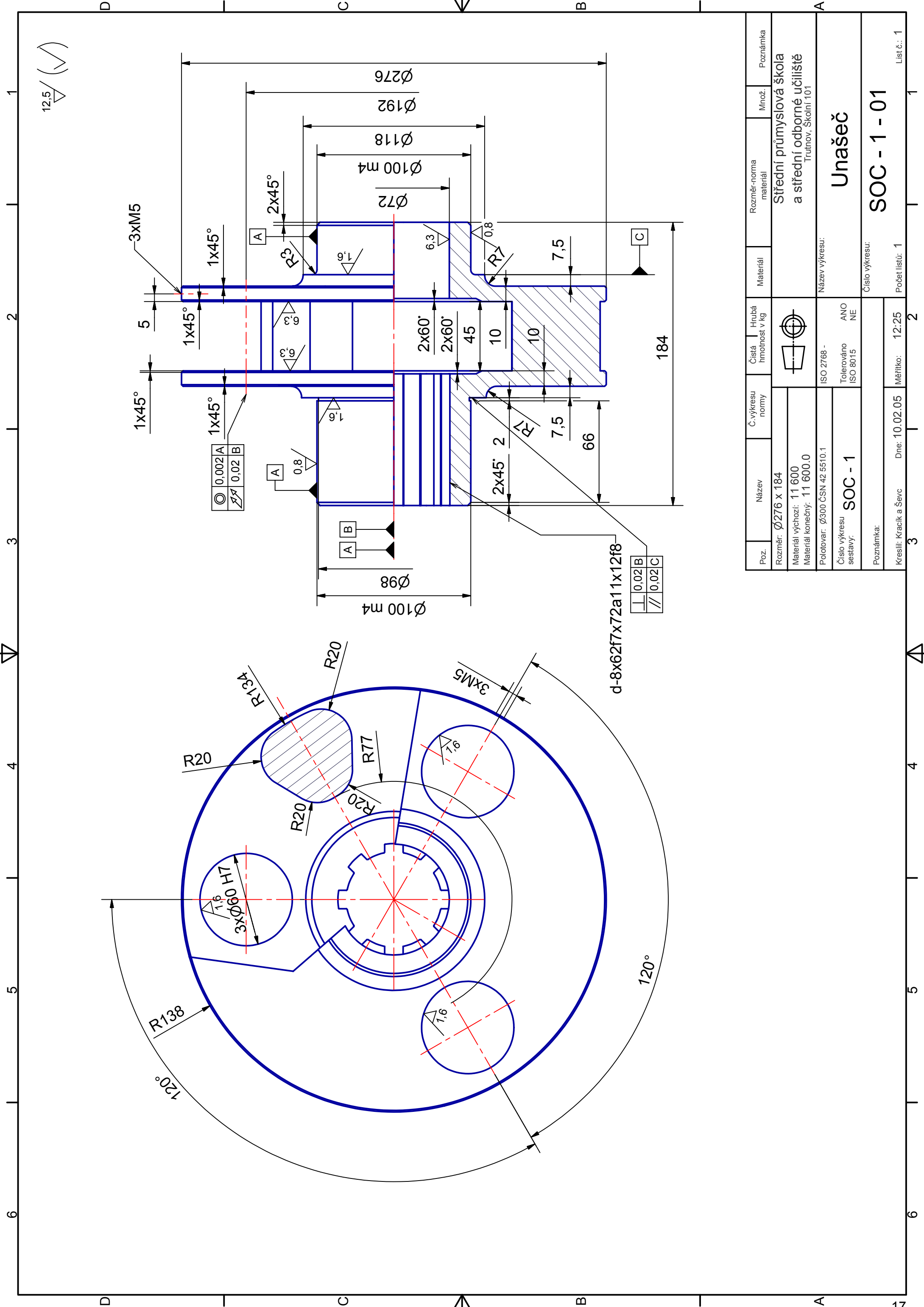
18.	Víko - A	SOC - 1 - 18			42 2303	Odlitek 18	1	
19.	Těsnění - AC	SOC - 1 - 19			64 3010	Výlisek 19	1	
20.	Těsnění - H/vstup					Ø35 ČSN 02 3655	1	
21.	Víko - C	SOC - 1 - 21			42 2303	Odlitek 21	1	
22.	Těsnění - AB	SOC - 1 - 22			64 3010	Výlisek 22	1	
23.	Víko - B	SOC - 1 - 23			64 3010	Odlitek 23	1	
24.	Těsnění - H/výstup					Ø100 ČSN 02 3655	1	
25.	Kolík					10m6 x 50 - A ISO 2328	3	
26.	Těsnící kroužek					Ø30 x Ø38 ČSN 02 9310	2	
27.	Zátka					M30x12 ČSN 02 1915.21	2	
28.	Šroub - AC					M12 x 40 ČSN 02 1207	6	
29.	Šroub - AB					M16 x 50 ISO 4017	6	
30.	Podložka - AB					Ø16 ČSN 02 1740	6	
31.	Podložka - AC					Ø12 ČSN 02 1740	6	
32.	Těsnění olejoznak					Ø20 x Ø26 ČSN 02 9310	1	
33.	Olejoznak	SOC - 1 - 33			11 600.0	Ø28 ČSN 425510	1	
34.	Sklo - olejoznak	SOC - 1 - 34			Sklo t = 1	Tabule 2x1 m	1	
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka

Rozměr:			Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101	
Materiál výchozí: Materiál konečný:				
Polotovar:		ISO 2768 -	Název výkresu:	
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015	<b>Planetová převodovka</b>	
Poznámka:		ANO NE	Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - B</b>	
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítka:	Počet listů: 3
				List č.: 3





12.5 (✓)



d-8x62f7x72a1x12f8

◎	0,002	A
∇	0,02	B

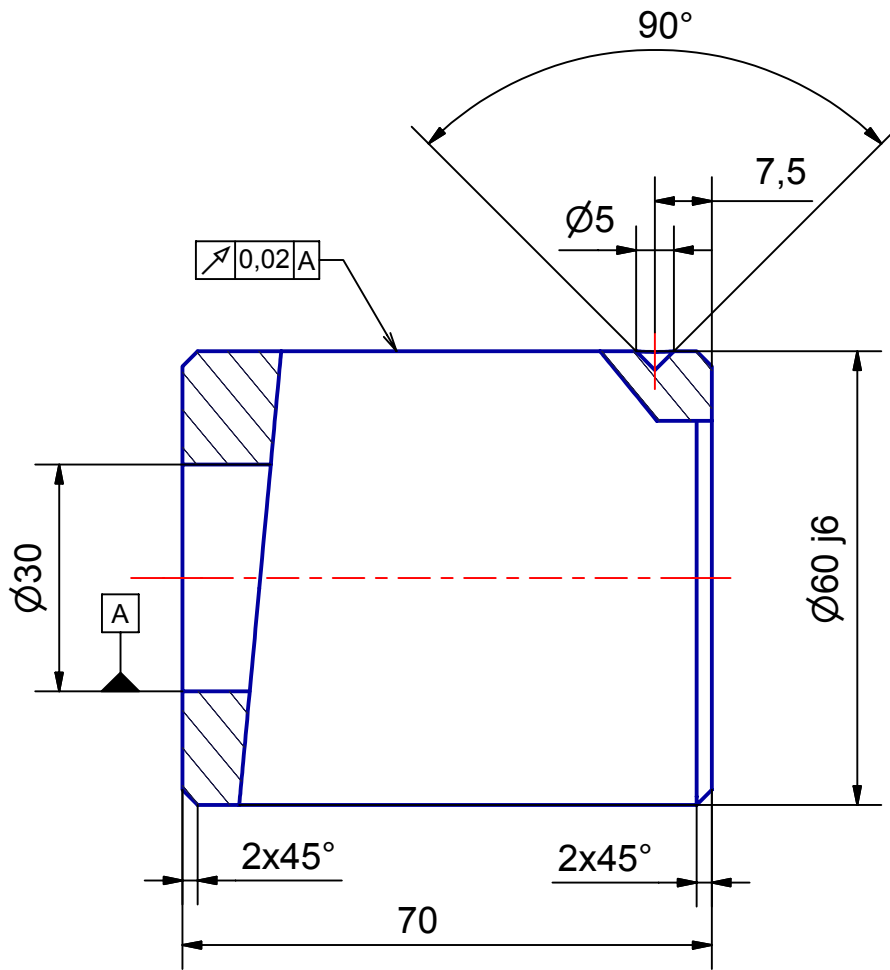
∇	0,02	B
//	0,02	C

Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
	Ø276 x 184							Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101
	Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0							
	Polotovary: Ø300 ČSN 42 5510.1		ISO 2768 -					Název výkresu:
	Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015	ANO NE				
	Poznámka:							Číslo výkresu:
	Kreslil: Kracik a Ševc	Dne: 10.02.05	Měřítko: 12:25				Počet listů: 1	<b>SOC - 1 - 01</b>
								List č.: 1

Unašeč

SOC - 1 - 01

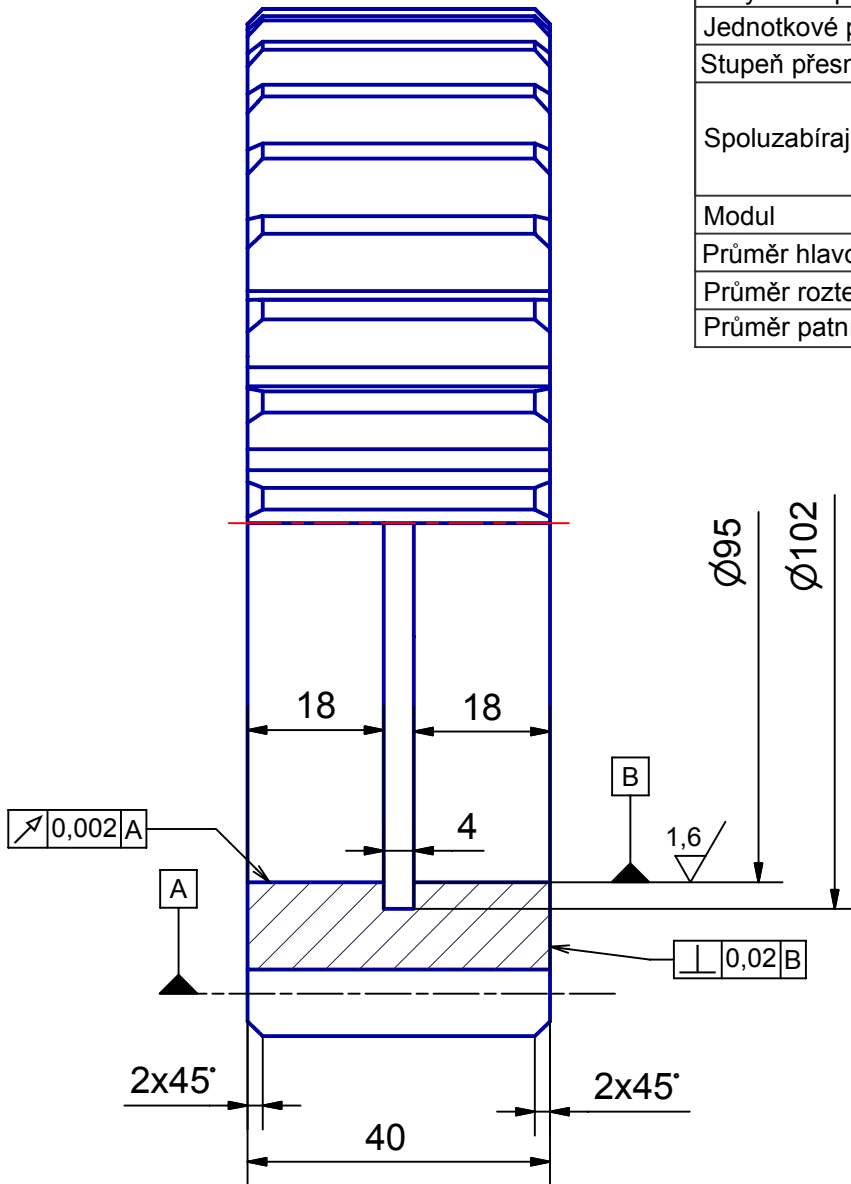
6,3 / (✓)



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø60 x 70				<b>Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101</b>				
Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0								
Polotovar: Ø63 ČSN 42 5510		ISO 2768 -		Název výkresu:  <b>Válec</b>				
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015 ANO NE						
Poznámka:				Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 02</b>				
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05		Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1

3,2/ (✓)

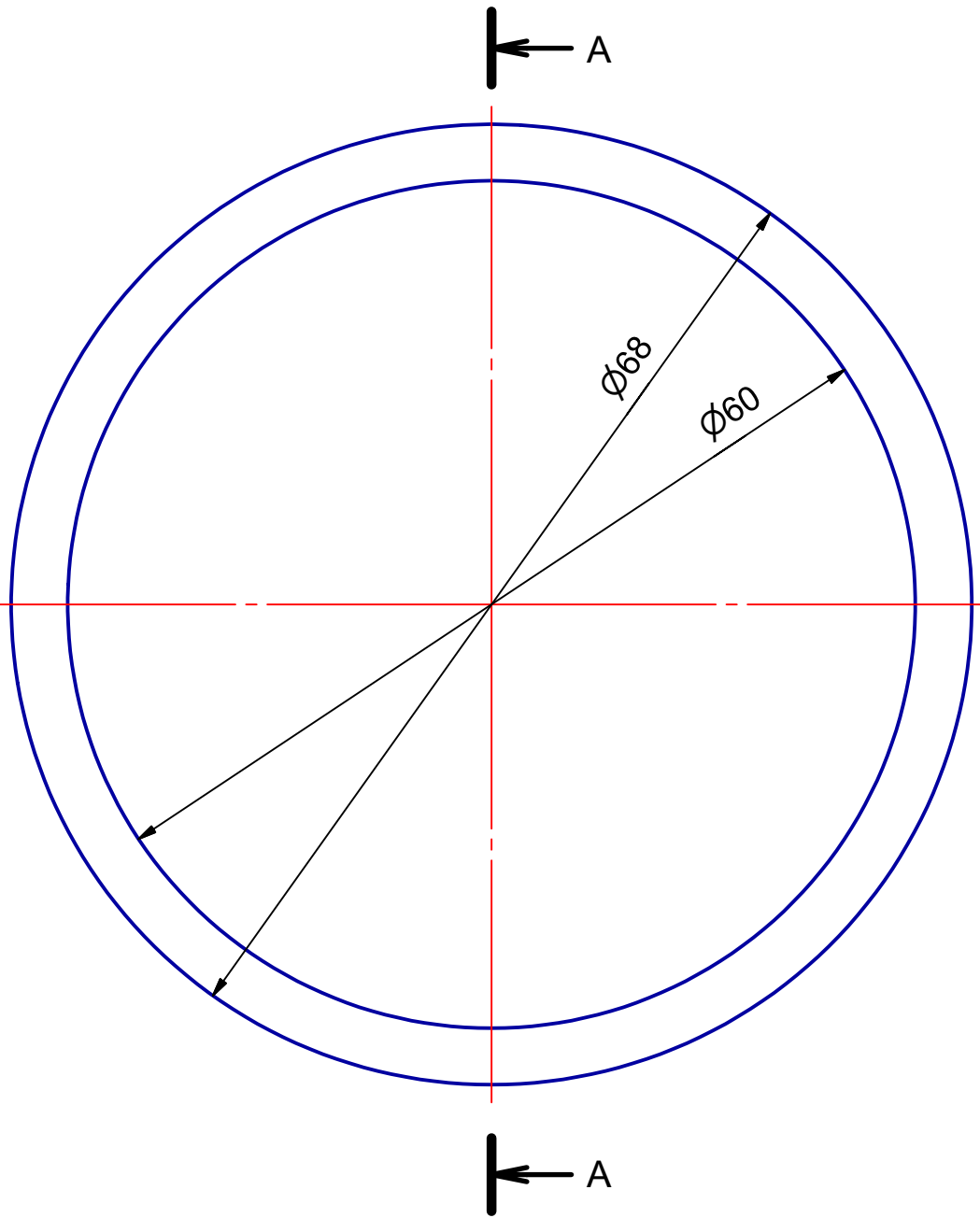
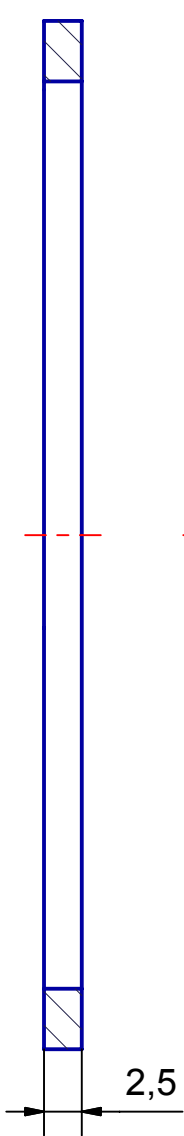
Modul	m	4	
Počet zubů	$z_1$	33	
Normální základní profil		ČSN 01 4607	
Úhel sklonu boční křivky zubu	$\beta$	-	
Smysl stoupaní boční křivky zubů	-	=	
Jednotkové posunutí	$x_1$	-0,494	
Stupeň přesnosti podle	-	9-8-8-C ČSN 01 4607	
Spoluzabírající kolo	Počet zubů	$z_2$	81
	Posunutí	$x_2$	0,494
	Vzdálenost os	a	96
Modul	m	4	
Průměr hlavové kružnice	$D_a$	136,048	
Průměr roztečné kružnice	D	132	
Průměr patní kružnice	$D_f$	118,048	



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: $\varnothing 137 \times 40$ Materiál výchozí: 13 151 Materiál konečný: 13 151.4					<b>Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101</b>			
Polotovar: $\varnothing 155$ ČSN 42 6510 Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>			ISO 2768 - Tolerováno ISO 8015 ANO NE		<b>Název výkresu: Satelit</b>			
Poznámka:					<b>Číslo výkresu: SOC - 1 - 05</b>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1	

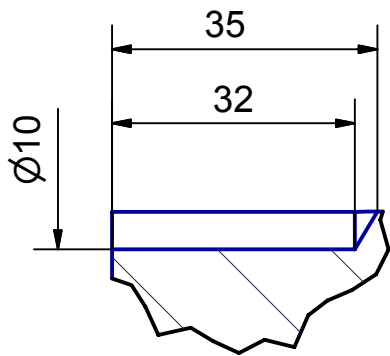
3,2/

A-A



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø68 x 2,5 Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0					Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101			
Polotovar: Ø70 ČSN 42 5510 Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>			ISO 2768 - Tolerováno ANO ISO 8015 NE		Název výkresu: <h2 style="text-align: center;">Podložka - A</h2>			
Poznámka:					Číslo výkresu: <h2 style="text-align: center;">SOC - 1 - 06</h2>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 2:1		Počet listů: 1		List č.: 1	

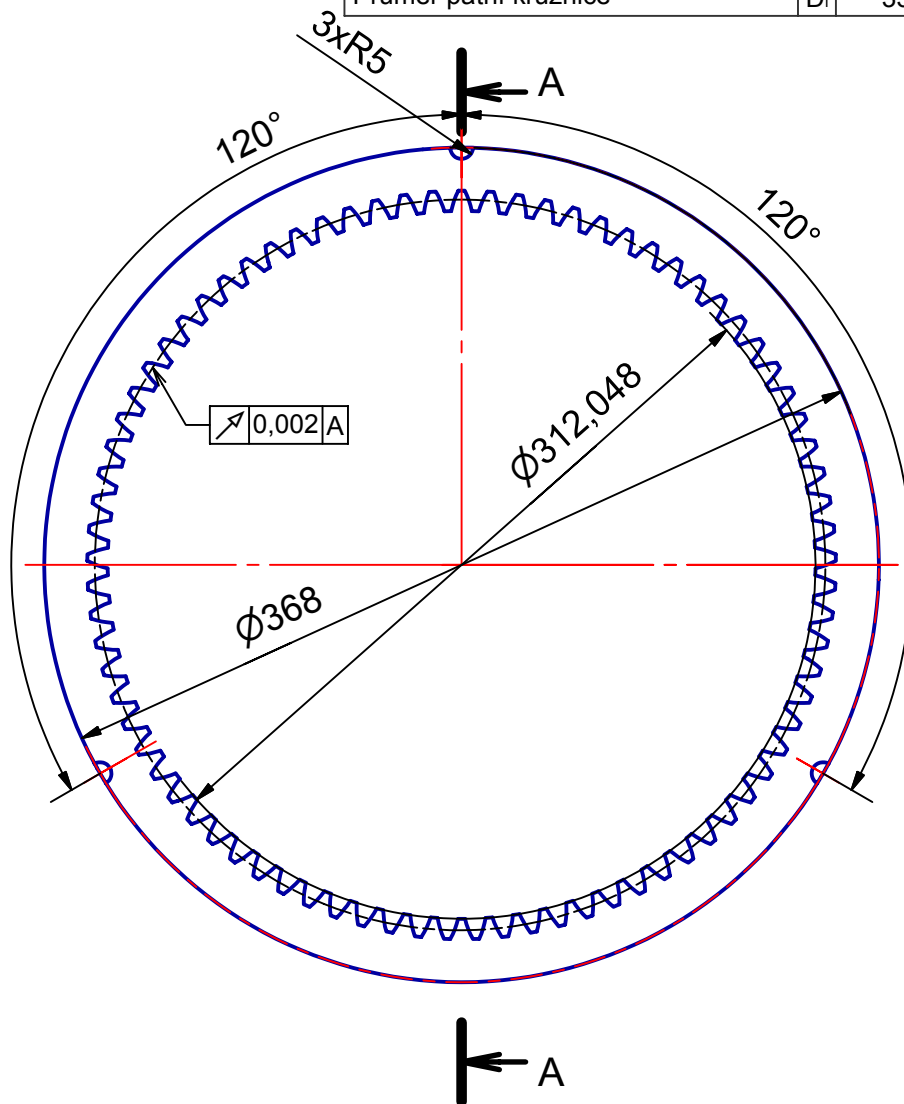
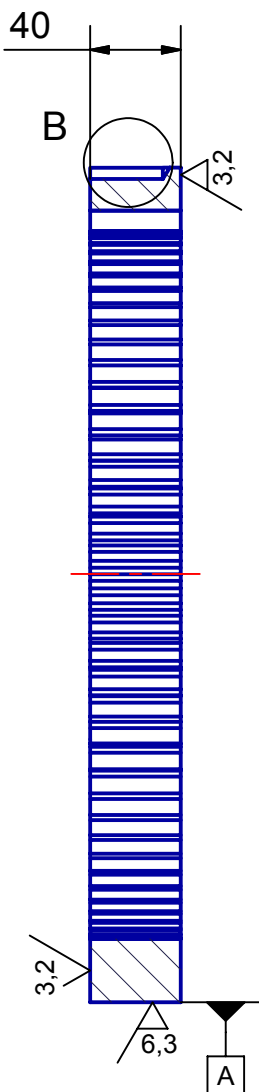
B (1:1)



6,3/ (✓)

Modul	m	4	
Počet zubů	z <sub>1</sub>	81	
Normální základní profil		ČSN 01 4607	
Úhel sklonu boční křivky zubu	β	-	
Smysl stoupání boční křivky zubů	-	-	
Jednotkové posunutí	x <sub>1</sub>	0,494	
Stupeň přesnosti podle		9-8-8-C ČSN 01 4607	
Spoluzabírající kolo	Počet zubů	z <sub>2</sub>	33
	Posunutí	x <sub>2</sub>	-0,494
	Vzdálenost os	a	96
Modul	m	4	
Průměr hlavové kružnice	D <sub>a</sub>	312,048	
Průměr roztečné kružnice	D	324	
Průměr patní kružnice	D <sub>f</sub>	330,048	

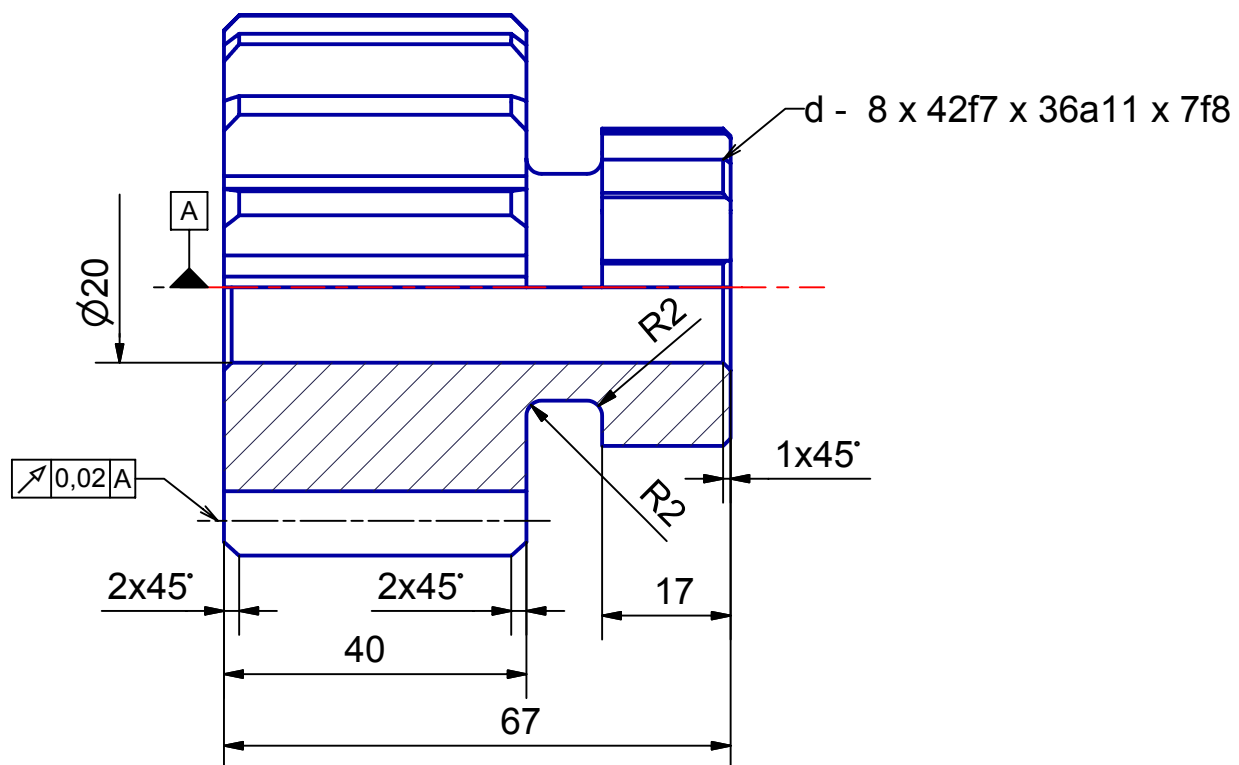
A-A



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø368 x 40						Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101		
Materiál výchozí: 13 151 Materiál konečný: 13 151.4								
Polotovar: Ø380 ČSN 42 6510		ISO 2768 -		Název výkresu:		Korunové kolo		
Číslo výkresu sestavy: SOC - 1		Tolerováno ISO 8015 ANO NE		Číslo výkresu:				
Poznámka:				Číslo výkresu:		SOC - 1 - 08		
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05		Měřítka: 3:10				

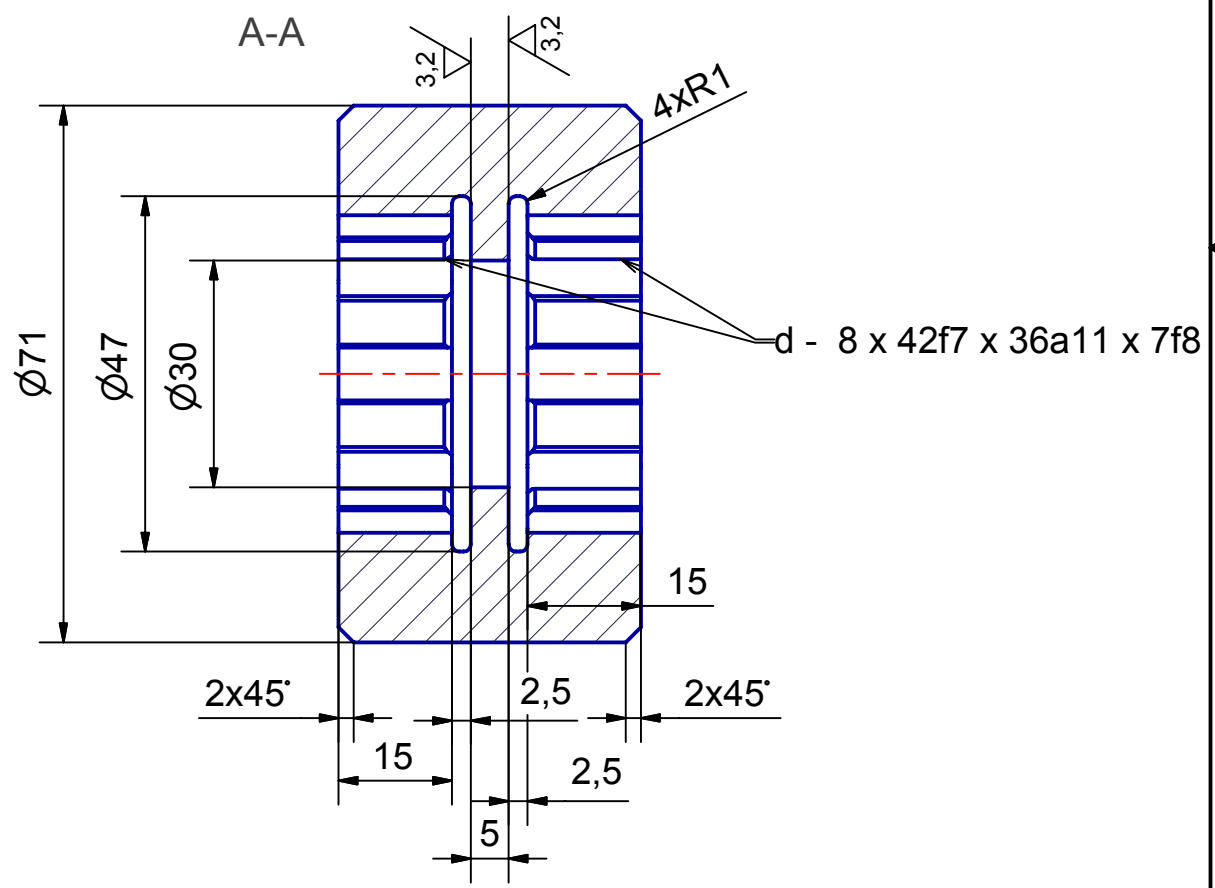
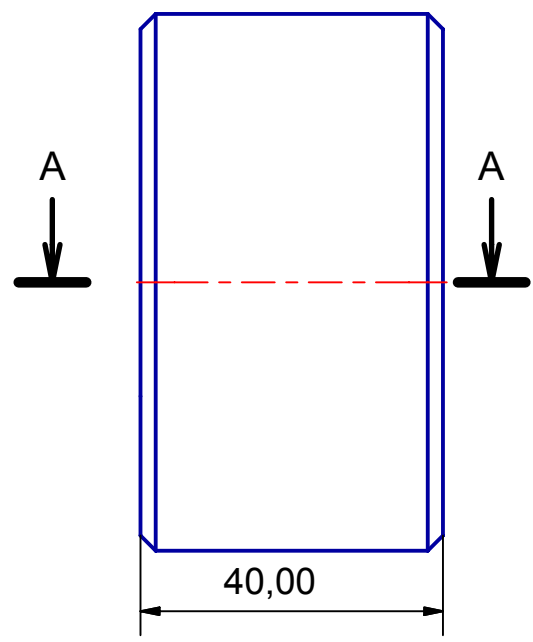
6,3

Modul	m	4	
Počet zubů	z <sub>1</sub>	15	
Normální základní profil	-	ČSN 01 4607	
Úhel sklonu boční křivky zubu	β	-	
Smysl stoupání boční křivky zubů	-	-	
Jednotkové posunutí	x <sub>1</sub>	0,494	
Stupeň přesnosti podle	-	9-8-8-C ČSN 01 4607	
Spoluzabírající kolo	Počet zubů	z <sub>2</sub>	33
	Posunutí	x <sub>2</sub>	-0,494
	Vzdálenost os	a	96
Modul	m	4	
Průměr hlavové kružnice	D <sub>a</sub>	71,952	
Průměr roztečné kružnice	D	60	
Průměr patní kružnice	D <sub>f</sub>	53,952	



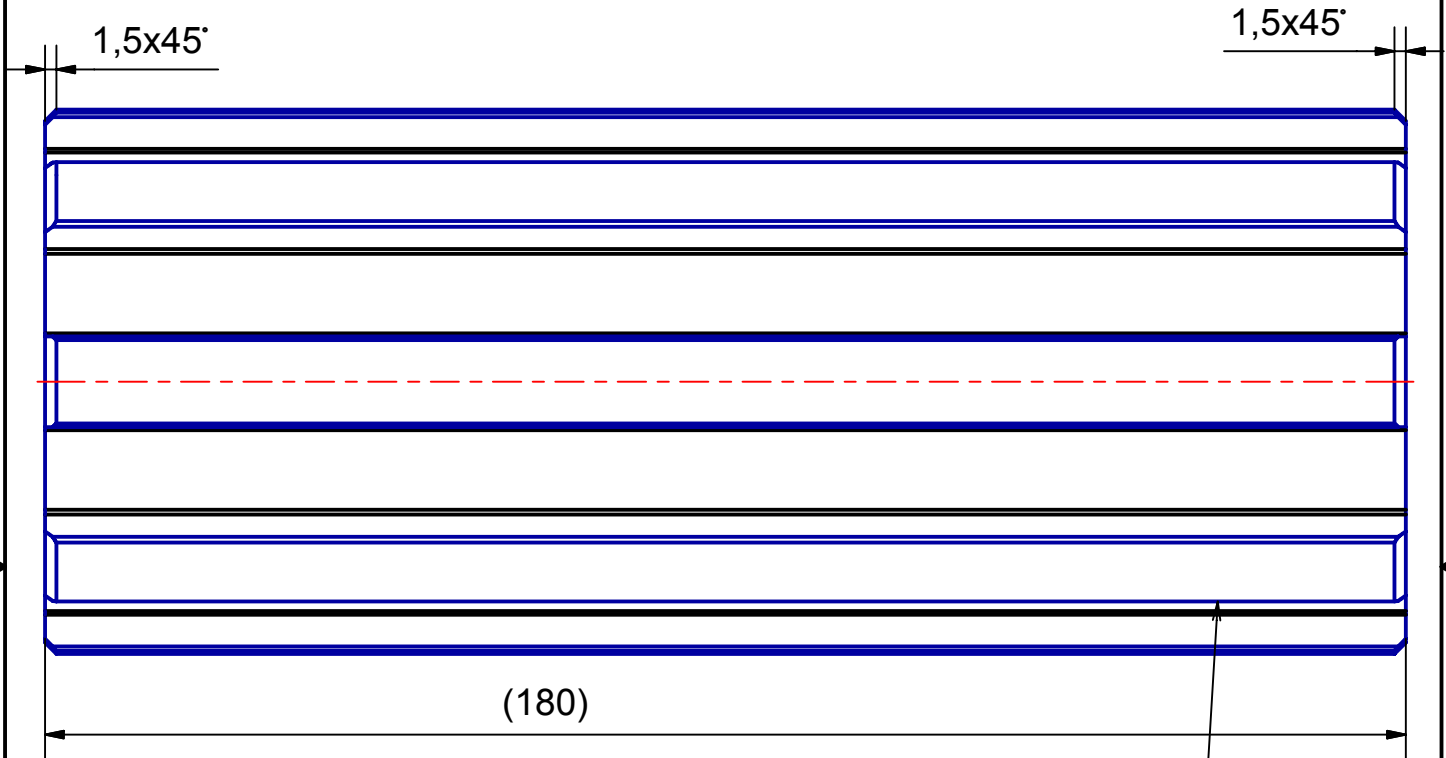
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø72 x 67				Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101				
Materiál výchozí: 13 151 Materiál konečný: 13 151.4								
Polotovar: Ø80 ČSN 42 6510		ISO 2768 -		Název výkresu: <b>Centrální kolo</b>				
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015 ANO NE						
Poznámka:				Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 09</b>				
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05		Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1

6,3 (✓)



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø71 x 40 Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0					Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101			
Polotovar: Ø75 ČSN 42 5510 Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>			ISO 2768 - Tolerováno ANO ISO 8015 NE		Název výkresu: <b>Zubová spojka</b>			
Poznámka:					Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 10</b>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1	

3,2/

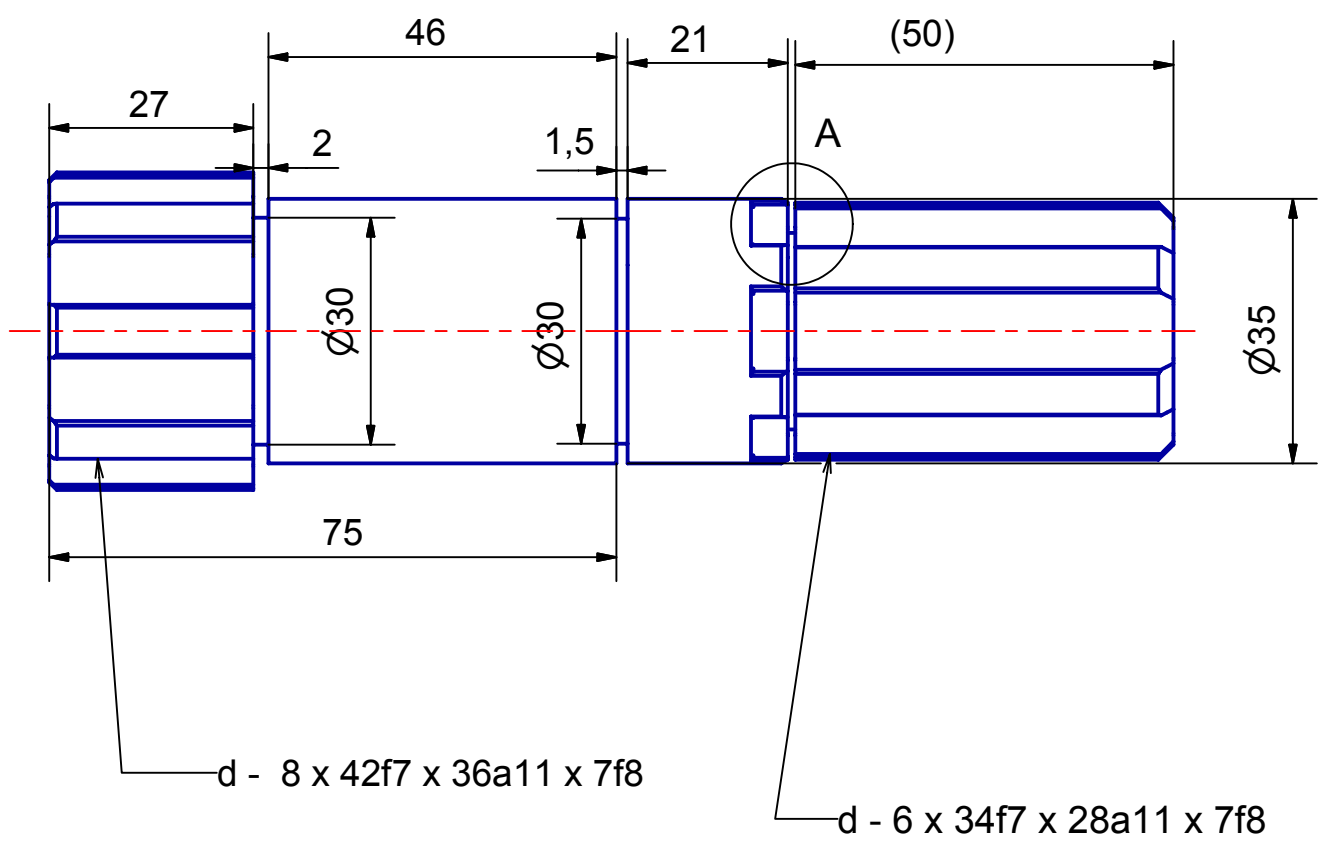


d-8x62f7x72a11x12f8

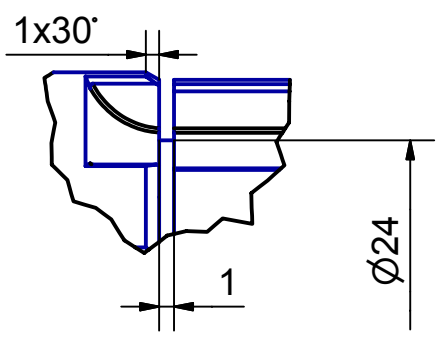
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: $\varnothing 70 \times (180)$ Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0					<b>Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101</b>			
Polotovar: $\varnothing 75$ ČSN 42 5510 Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>			ISO 2768 - Tolerováno ANO ISO 8015 NE		Název výkresu: <h1 style="text-align: center;">Výstupní hřídel</h1>			
Poznámka:					Číslo výkresu: <h1 style="text-align: center;">SOC - 1 - 11</h1>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1	



3,2



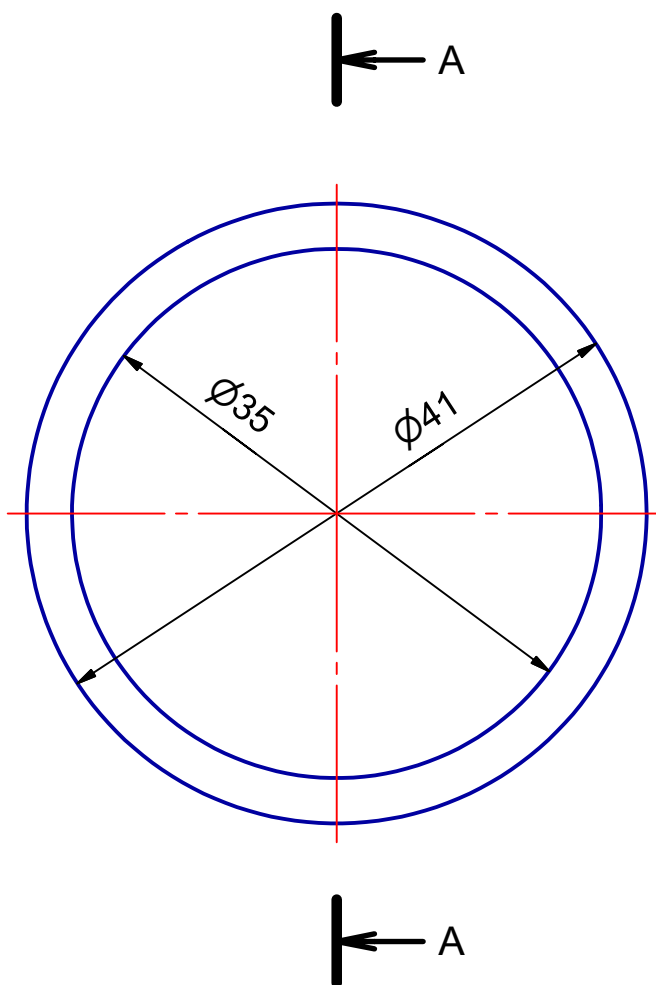
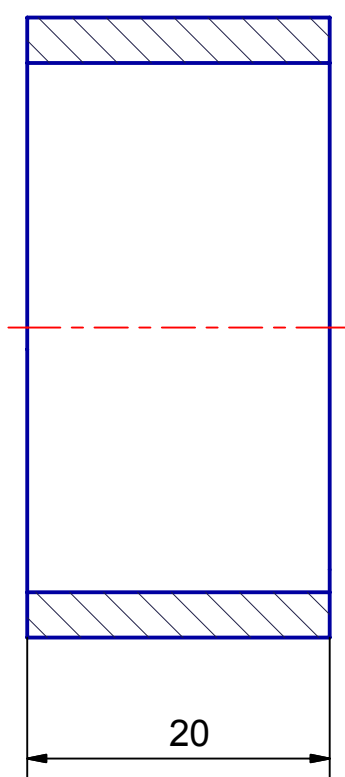
A (2:1)



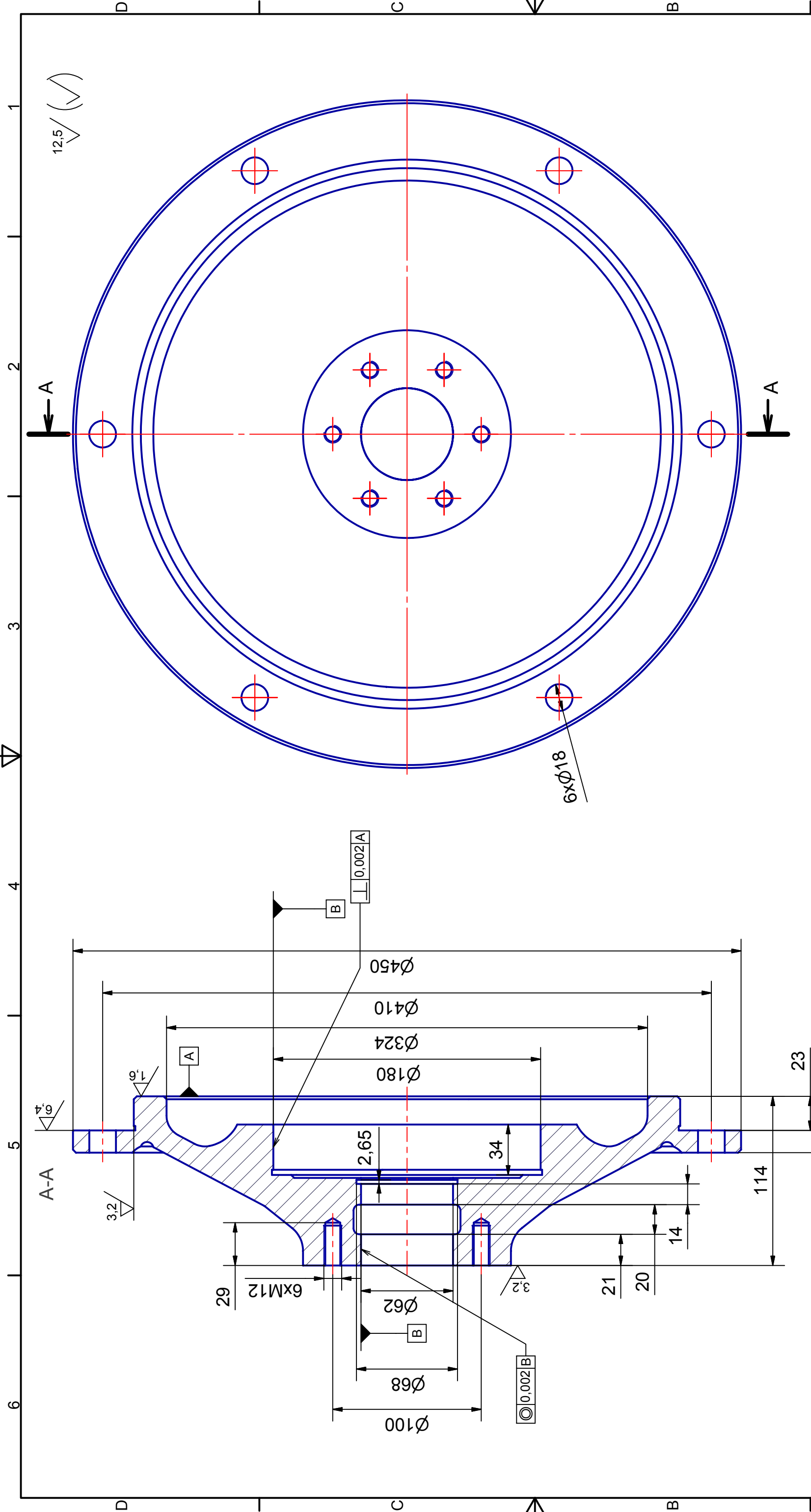
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: $\varnothing 42 \times (150)$				<p style="text-align: center;">Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101</p>				
Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0								
Polotovar: $\varnothing 45$ ČSN 42 5510		ISO 2768 -		<p>Název výkresu:</p> <h2 style="text-align: center;">Vstupní hřídel</h2>				
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015 ANO NE						
Poznámka: Zakončení může být i perem, volte dle pohonu					Číslo výkresu:			
					<h1>SOC - 1 - 12</h1>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05		Měřítko: 1:2,1		Počet listů: 1		List č.: 1

3,2/

A-A (2:1)

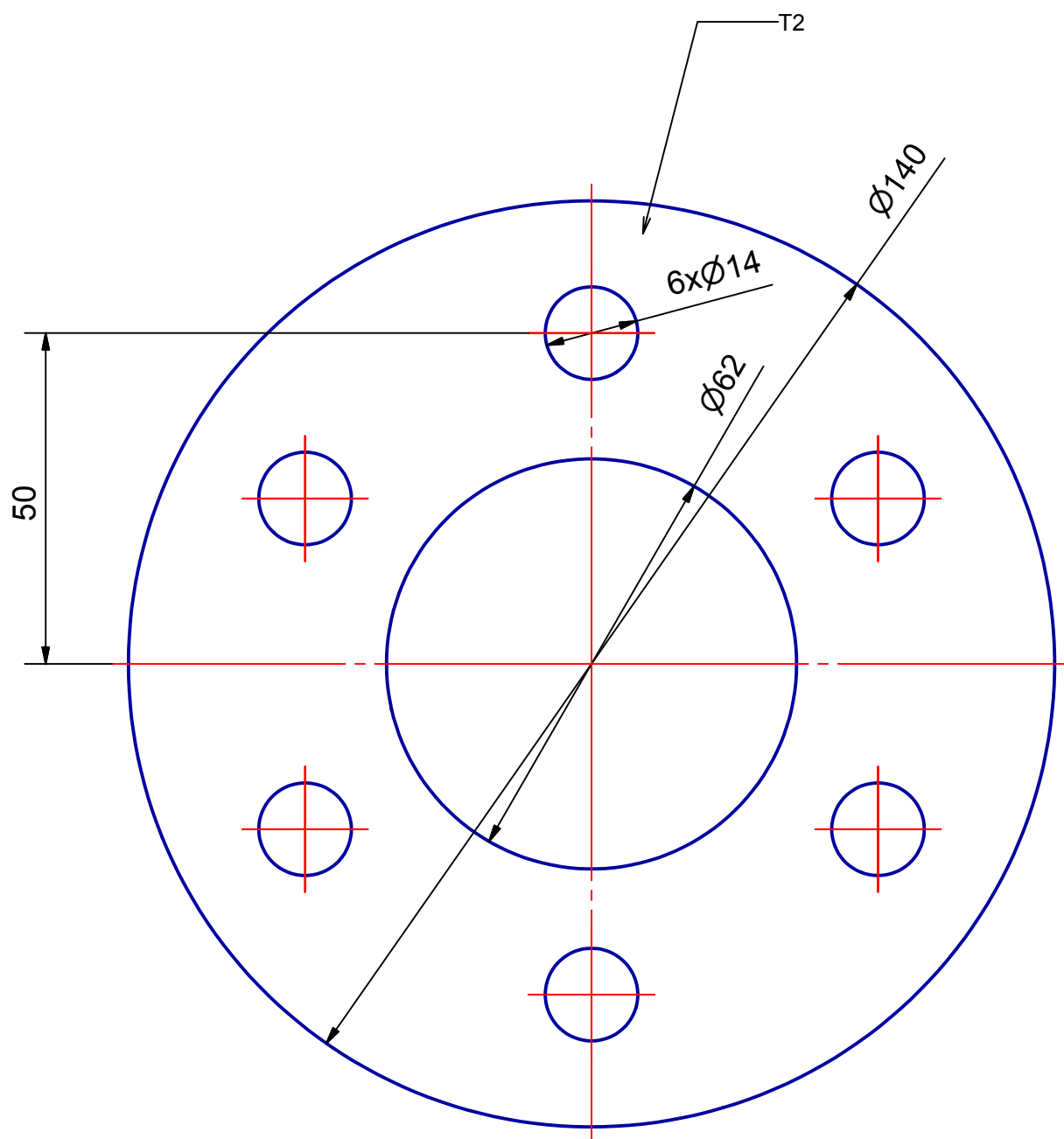


Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø41 x 20			Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101					
Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0								
Polotovár: Ø42 ČSN 42 5510		ISO 2768 -	Název výkresu: <b>Podložka - B</b>					
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015 ANO NE						
Poznámka:		Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 14</b>						
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 2:1	Počet listů: 1		List č.: 1		



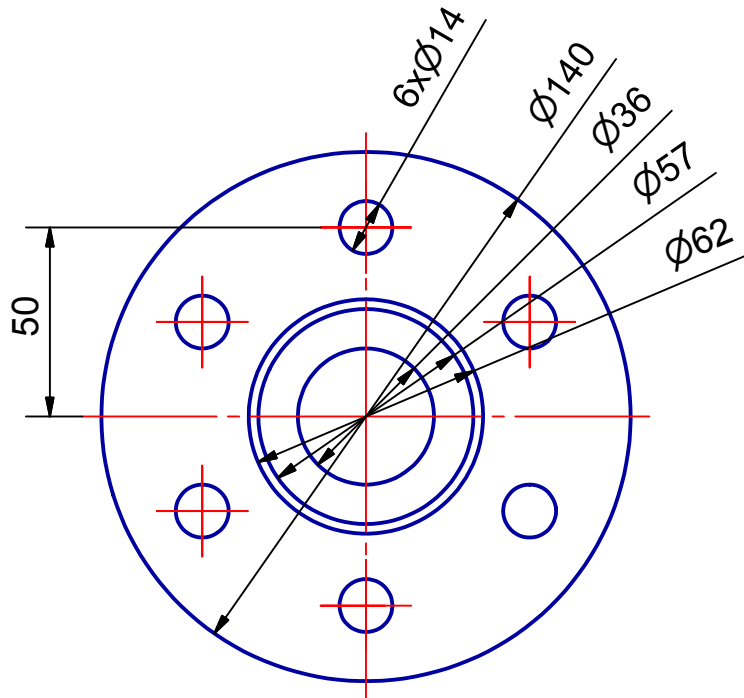
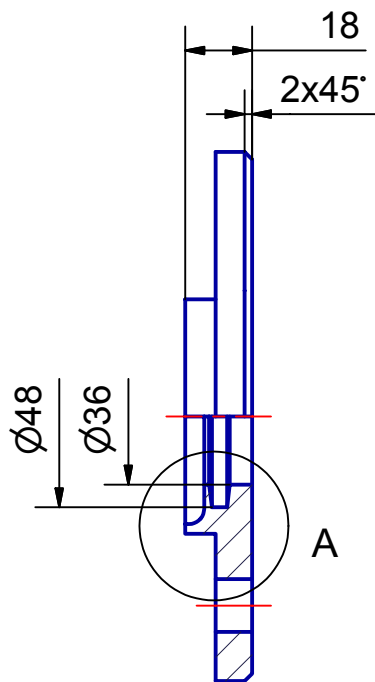
- důležité rozměry zadány a ostatní rozměry volte  
 - tvar víka je možno upravit, dle hutnických požadavků  
 - neokótované rádiusy volte R15, minimální tloušťka stěny 15mm

Poz.	Název	Č.výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
	Rozměr: Ø450 x 114							Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101
	Materiál výchozí: 42 2303 Materiál konečný: 42 2303							
	Polotovary: Odlišek 18		ISO 2768 -					Název výkresu:
	Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015	ANO NE				
	Poznámka:							Číslo výkresu:
	Kreslil: Kracik a Ševc	Dne: 10.02.05	Měřítko: 2:5					<b>SOC - 1 - 18</b>
								Číslo výkresu:
								Počet listů: 1
								List č.: 1

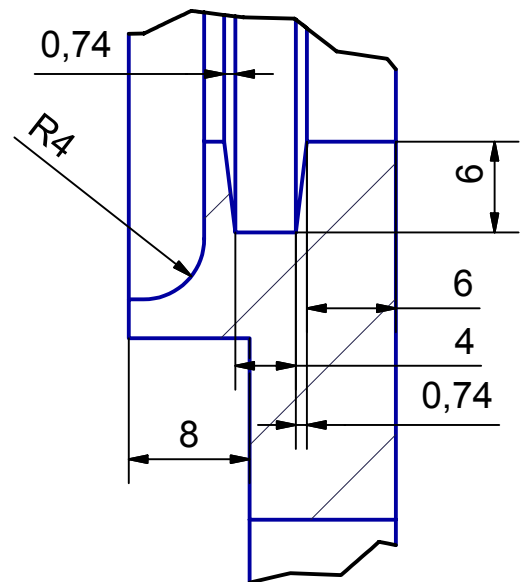


Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø140 x 2 Materiál výchozí: 64 3010 Materiál konečný: 64 3010					Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101			
Polotovár: Výlisek 19 Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>			ISO 2768 - Tolerováno ANO ISO 8015 NE		Název výkresu: <b>Těsnění - AC</b>			
Poznámka:					Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 19</b>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1	

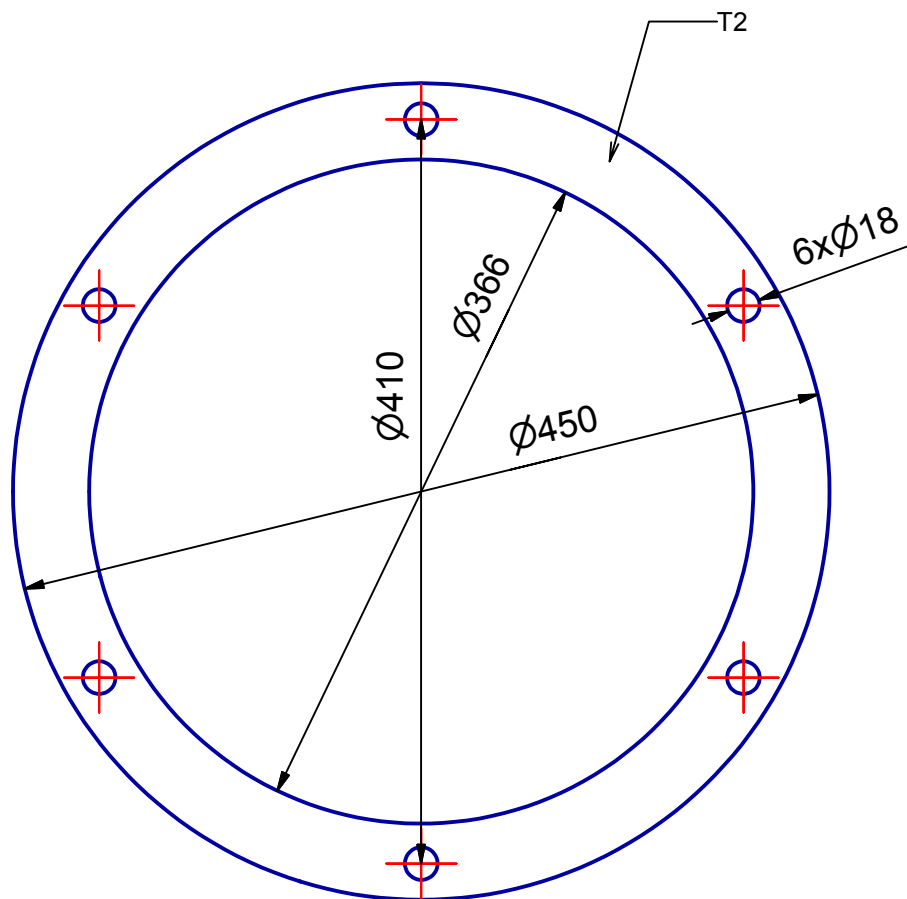
3,2



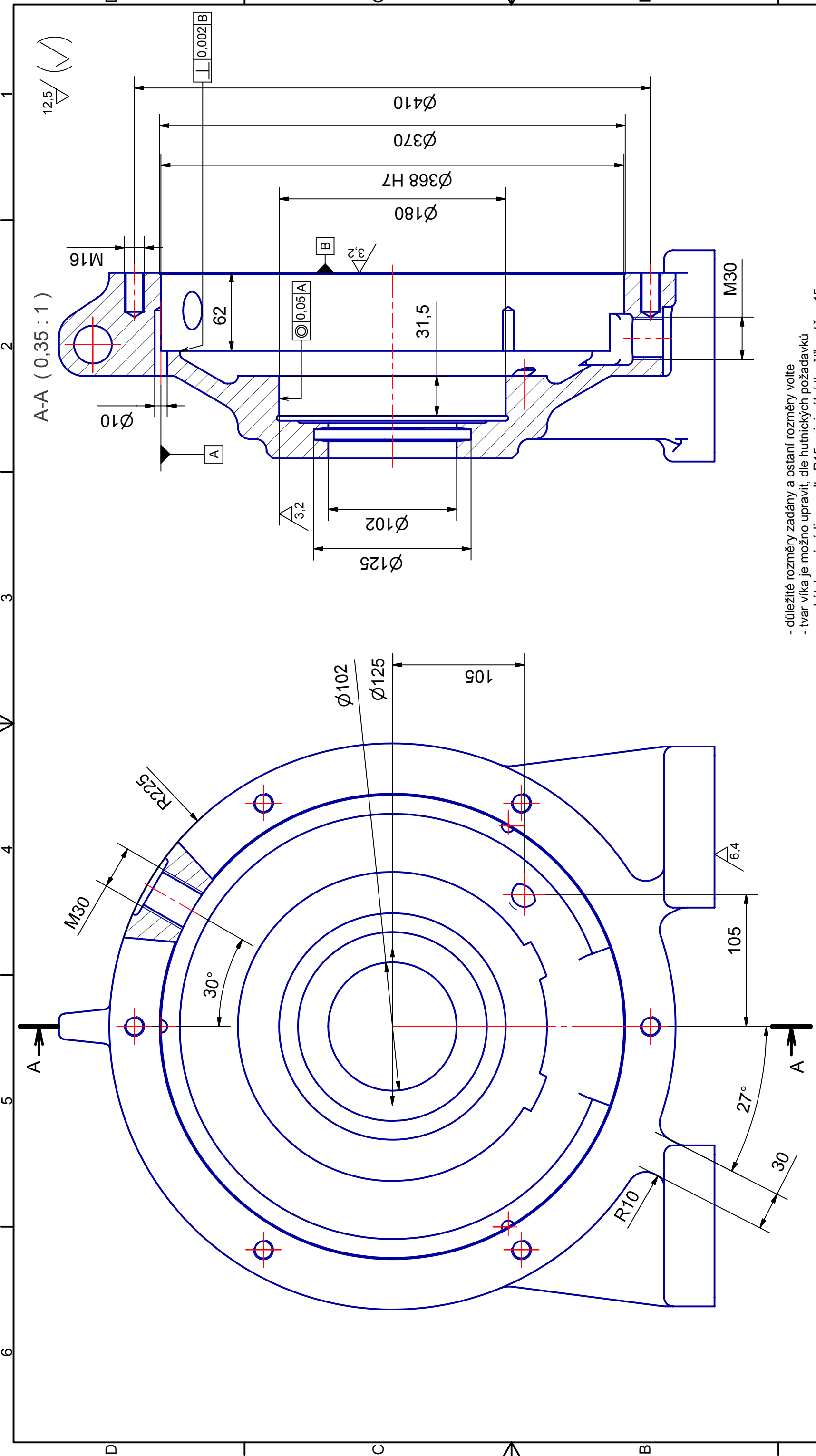
A (2:1)



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø140 x 18				Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101				
Materiál výchozí: 42 2303 Materiál konečný: 42 2303								
Polotovar: Odlitek 21		ISO 2768 -		Název výkresu: <b>Víko - C</b>				
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015 ANO NE						
Poznámka:		Měřítko: 1:2		Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 21</b>				
Kreslil: Kracík a Ševc Dne: 10.02.05								



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø450 x 2				Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101				
Materiál výchozí: 64 3010 Materiál konečný: 64 3010								
Polotovar: Výlisek 22		ISO 2768 -		Název výkresu: <b>Těsnění - AB</b>				
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015						
Poznámka:				Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 22</b>				
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05		Měřítko: 1:4		Počet listů: 1		List č.: 1



- důležité rozměry zadány a ostatní rozměry volte  
 - tvar víka je možno upravit, dle hutnických požadavků  
 - neokótované rádiusy volte R15, minimální tloušťka stěny 15mm

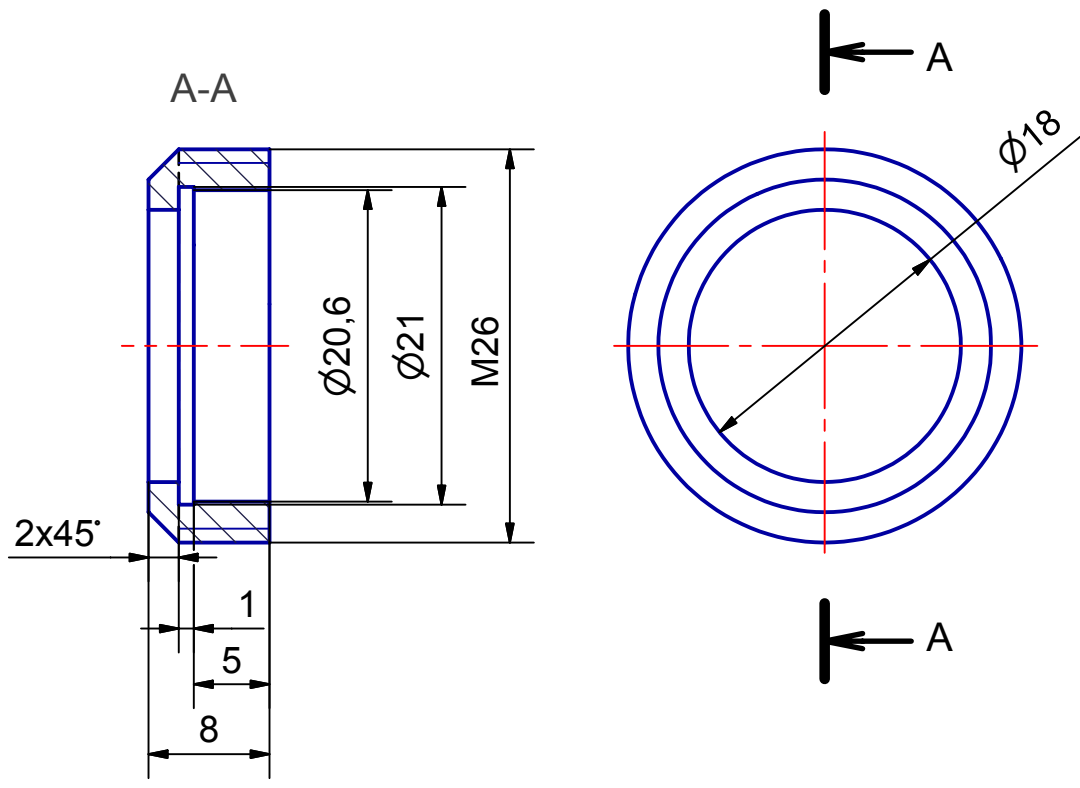
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr: 460 x 530 x 160								Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101
Materiál výchozí: 42 2303								
Materiál konečný: 42 2303								
Polotovary: Odlišek 23		ISO 2768 -					Název výkresu:	
Číslo výkresu sestavy: SOC - 1		Tolerováno ISO 8015		ANO NE				
Poznámka:								Číslo výkresu:
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05		Měřítka: 7:7,20		Počet listů: 1		

VÍKO - B

SOC - 1 - 23

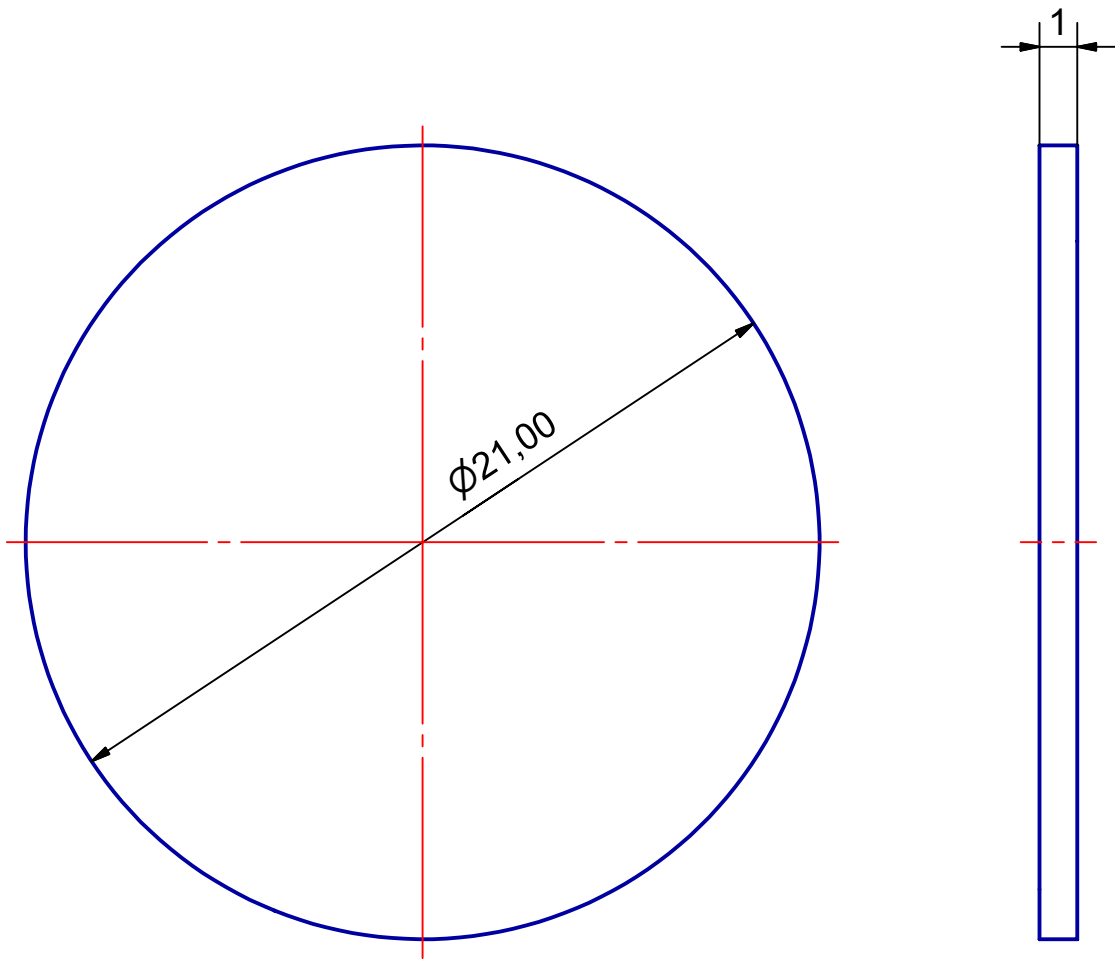
List č.: 1

6.4



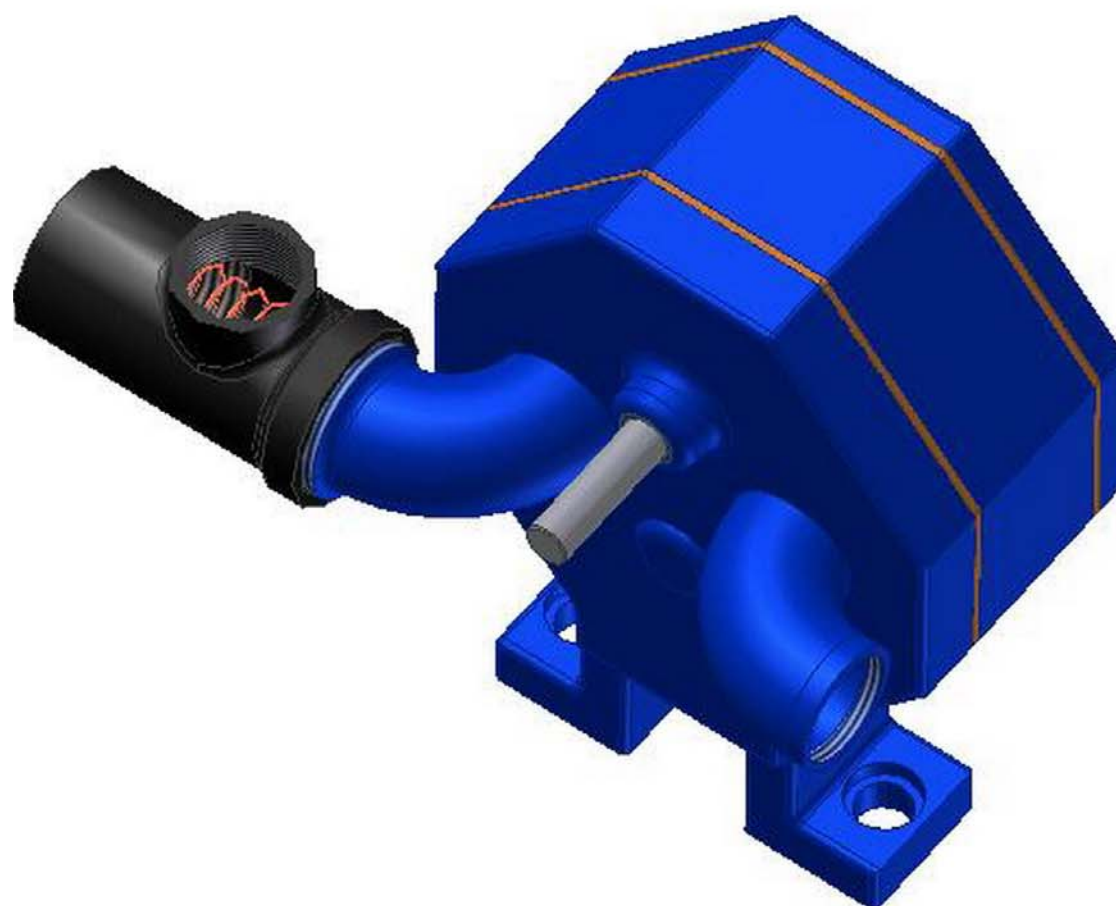
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: $\varnothing 26 \times 8$				<b>Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101</b>				
Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.0								
Polotovary: $\varnothing 28$ ČSN 42 5510		ISO 2768 -		Název výkresu:				
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>		Tolerováno ISO 8015		ANO NE		Název výkresu:		
Poznámka:				Číslo výkresu:				
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05		Měřítko: 2:1		Číslo výkresu:		
						<b>SOC - 1 - 33</b>		
						Počet listů: 1		
						List č.: 1		





Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr: Ø21 x 1					Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101			
Materiál výchozí: sklo t = 1 Materiál konečný: sklo t = 1								
Polotovar: Tabule 2x1 m			ISO 2768 -		Název výkresu: <b>Sklo - olejoznak</b>			
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 1</b>			Tolerováno ISO 8015 ANO NE					
Poznámka:					Číslo výkresu: <b>SOC - 1 - 34</b>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 5:1	Počet listů: 1		List č.: 1		

# ZUBOVÉ ČERPADLO



# *Patkové čerpadlo*

## *Zadání*

Navrhněte patkové čerpadlo se zpětným ventilem, které bude dopravovat hydraulický olej, ze zadaných hodnot:

Objemový průtok	$Q_n = 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
Počet zubů kol	$z = 11$
Převodový poměr kol	$i = 1$
Měrná práce	$y_n = 450 \text{ J/kg}$
Otáčky	$n = 10,5 \text{ ot/s}$
Součinitel šířky ozubení	$\psi_m = 9$
Objemová účinnost	$\eta_v = 0,84$
Účinnost	$\eta = 0,64$
Hustota dopravované kapaliny	$\rho = 900 \text{ kg/m}^3$

## *Rozsah práce*

- Výpočetní zpráva
- Výkres sestavení čerpadla
- Výkres sestavení zpětného ventilu
- Dílenské výkresy jednotlivých součástí

Pozn.: Různé technické varianty konstrukce čerpadla a výkresy budou dodány zadavatelem.

## **Doporučený postup řešení:**

### **A) Návrhový výpočet**

1. Výpočet pohonného zařízení
  - 1.1. výkon motoru
  - 1.2. úhlová rychlost
  - 1.3. kroutící moment
2. Vstupní hřídel
  - 2.1 minimální průměr vstupní hřídel a volba pera
  - 2.2 kontrola pera na otlačení
  - 2.3 kontrola pera na stříh
3. Výpočet čelního soukolí
  - 3.1 volba materiálu
  - 3.2 modul čelního soukolí a korekce
4. Uložení hřídelů a jejich korekce
  - 4.1 soustava sil na hřídeli
    - A) výpočet zatěžujících sil na hřídeli
    - B) rozložení sil v podporách
  - 4.2 výpočet minimálního průměru pod nábojem
  - 4.3 výpočet kluzných ložisek
    - A) minimální průměr
    - B) kontrola čepu na napětí v ohybu
    - C) kontrola na otlačení
    - D) kontrola ložiska na oteplení
  - 4.4 výpočet tlakového spoje hřídele s ozubeným kolem
    - A) tlakový spoj musí zaručit minimální přesah
    - B) kontrola maximálního stykového tlaku
  - 4.5 kontrola průhybu hřídele
5. Návrh a výpočet zpětného ventilu
  - 5.1 minimální světlost kanálů
  - 5.2 tlak v komoře a potřebná síla u pružiny
6. Výpočet spojovacích šroubů
  - 6.1 síla, kterou musí šrouby vydržet a průměr dříku
  - 6.2 určení počtu závitů v matici a výška matice

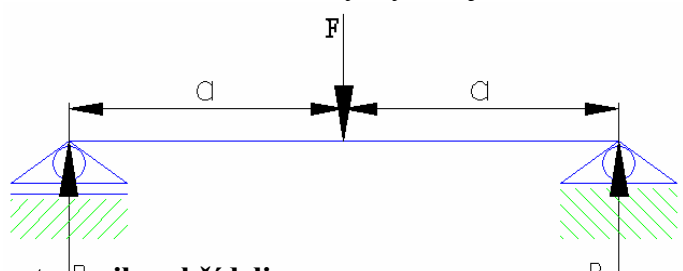
## **B) Kontrolní výpočet**

1. Kontrolní výpočet hřídele
2. Kontrolní výpočet ozubeného soukolí
  - 2.1 Kontrola únosnosti paty zubu v ohybu
    - směrodatná obvodová síla
    - srovnávací ohybové napětí
    - časová pevnost v ohybu paty zubu
    - bezpečnost proti únavovému lomu
  - 2.2 Kontrola dotykové únosnosti boku zubů
    - směrodatná obvodová síla
    - srovnávací Hertzův (dotykový) tlak
    - časová pevnost v dotyku boku zubu
    - bezpečnost proti tvorbě pittigů

# Výpočtová zpráva

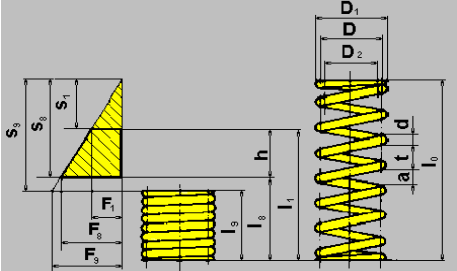
Počet listů	Název:	Datum	Jméno
8	<i>Patkové čerpadlo</i>	10.02.05	Kracík a Ševc

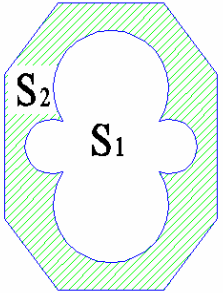
<i>Návrhový výpočet</i>	Hodnoty
<p><b>1) Výpočet potřebného zdroje – motoru</b> potřebný příkon</p> $P' = \frac{Q_n \cdot \rho \cdot y}{\eta} = \frac{6,67 \cdot 10^{-4} \cdot 900 \cdot 450}{0,64} = \underline{\underline{422,1 \text{ W}}}$ <p>výkon motoru</p> $P = P' + 50\% = 1,5P' = 1,5 \cdot 422,1 = \underline{\underline{633 \text{ W}}}$ <p>úhlová rychlost</p> $\omega = 2\pi n = 2\pi \cdot 10,5 = \underline{\underline{65,97 \text{ rad/s}}}$ <p>kroučící moment</p> $M_K = \frac{P}{\omega} = \frac{633}{65,97} = \underline{\underline{9,6 \text{ Nm}}}$	<p><math>Q_n = 0,000667 \text{ m}^3/\text{s}</math>  <math>\rho = 900 \text{ kg/m}^3</math>  <math>y = 450 \text{ J/kg}</math>  <math>\eta = 0,64</math>  <math>n = 10,5 \text{ ot/s}</math>  <math>P' = 422,1 \text{ W}</math>  <math>P = 633 \text{ W}</math></p> <p><math>\omega = 65,97 \text{ rad/s}</math></p> <p><math>M_K = 9,6 \text{ Nm}</math></p>
<p><b>2) Průměr vstupní hřídele a volba pera</b></p> <p><b>2.1 Minimální průměr hřídele (hřídel volím z mat. 11 373)</b></p> $\tau_K = \frac{M_K}{W_K} \leq \tau_{DK} \Rightarrow \frac{M_K}{\frac{\pi d^3}{16}} \leq \tau_{DK}$ $d = \sqrt[3]{\frac{16 M_K}{\pi \tau_{DK}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 9,6}{\pi \cdot 15}} = \underline{\underline{1,48 \text{ mm}}} \Rightarrow \text{volím průměr } 12 \text{ mm}$ <p>volím Pero 3 e7 x 3 x 20 ČSN 02 2562; materiál 11 110</p>	<p><math>\tau_{DK} = 15 \text{ MPa}</math></p> <p><math>d = 12 \text{ mm}</math></p> <p><math>p_D = 90 \text{ MPa}</math>  <math>t_1 = 1,3 \text{ mm}</math>  <math>l = 20 \text{ mm}</math></p> <p><math>p = 0,061 \text{ MPa}</math></p>
<p><b>2.2 Kontrola pera na otláčení</b></p> $F = \frac{2M_K}{d}; \quad S = t_1 l$ $p = \frac{F}{S} \leq p_D \quad p = \frac{2M_K}{d \cdot t_1 l} \leq p_D$ $p = \frac{2 \cdot 9,6}{12 \cdot 1,3 \cdot 20} = 0,061 \text{ MPa} \quad p_D = 90 \text{ MPa}$ <p style="text-align: center;"><i>Vyhovuje</i></p>	<p><math>\tau_{DS} = 50 \text{ MPa}</math>  <math>\tau_S = 10 \text{ MPa}</math></p>
<p><b>2.3 Kontrola pera na stříh</b></p> $\tau_S = \frac{F}{S} \tau_{DS}; \quad \tau_S = \frac{F}{d l} = \frac{1600}{8 \cdot 20} = 10 \text{ MPa}$ <p><math>\tau_{DS} = 50 \text{ MPa} \dots \dots \text{vyhovuje}</math></p>	

Návrhový výpočet	Hodnoty
<p><b>3) Výpočet čelního soukolí</b></p> <p><b>3.1 Volba materiálu</b> Pro čelní soukolí se z pevnostních i ekonomických důvodů volí ocel 11 600.8</p> <p><b>3.2 Modul čelního soukolí a korekce</b></p> $m' = 0,542 \sqrt[3]{\frac{Q_n}{n \cdot z \cdot \psi \cdot \eta_v}} = 0,542 \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-4}}{10,5 \cdot 11 \cdot 9,084}} = 4,95 \text{ mm}$ <p>dle norem určíme nejblíže vyšší normalizovaný modul <u>m=5mm</u></p> <p>Z diagramu v Příručce strojního inženýra na straně 24 určíme jednotkové posunutí z diagramu dle korekcí <math>VN_{x_{1,2}}=0,8</math></p> <p>Pozn.: Protože je převodový poměr <math>i=1</math> a korekce jsou stejné u obou kol, budou obě kola identická.</p> <p>Roztečná kružnice <math>D = m \cdot z = 11,5 = 55 \text{ mm}</math>  Osová vzdálenost <math>a = D = 55 \text{ mm}</math>  Patní kružnice <math>D_f = m(z-2h_a-2c+2x) = 46,5 \text{ mm}</math>  Hlavová kružnice <math>D_a = 2(a_w - D_f / 2 - c_m) = 63 \text{ mm}</math>  Pozn.: Další výpočty byly provedeny v programu MechSoft profi Plus for Inventor 7 – příloha I.</p>	<p><math>\Psi = 9</math>  <math>\eta_v = 0,84</math>  <math>m = 5 \text{ mm}</math></p> <p><math>D = 55 \text{ mm}</math>  <math>a = 55 \text{ mm}</math>  <math>D_f = 46,5 \text{ mm}</math>  <math>D_a = 63 \text{ mm}</math></p>
<p><b>4) Uložení hřídele a jeho rozměry</b></p> <p>Jelikož v čerpadle bude mít kapalina (olej) trvale otevřený průchod k ložiskům a v přímém ozubení nevznikají axiální síly volím tedy kluzná ložisková pouzdra.</p> <p>Oba dva hřídele jsou identické v rozmezí od ložiska k ložisku, jen vstupní hřídel má před ložiskem drážku pro pero. Oba dva hřídele tedy budou počítat najednou a ložiska budou všechny čtyři stejná.</p>  <p><b>4.1 Soustava sil na hřídeli</b></p> <p>A) výpočet zatěžujících sil na hřídeli</p> $F = \frac{P}{v} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot n} = \frac{633}{\pi \cdot 0,055 \cdot 10,5} = 351,7 \text{ N}$ <p>B) rozložení sil v podporách</p> $\Sigma M_{iA} = 0$ $-F \cdot a + R_B \cdot 2 \cdot a = 0 \Rightarrow R_B = \frac{F \cdot a}{2 \cdot a} = \frac{F}{2} = \frac{351,7}{2} = 175,85 \text{ N}$ $\Sigma F_i = 0 \Rightarrow R_A - F + R_B = 0$ $R_A = F - R_B = 175,85 \text{ N}$	<p><math>F = 351,7 \text{ N}</math></p> <p><math>R_b = 175,85 \text{ N}</math>  <math>R_a = 175,85 \text{ N}</math></p>



<i>Návrhový výpočet</i>	Hodnoty
<p><b>4.2 Výpočet minimálního průměru pod nábojem</b>  počítám s vyvozeným vzorcem z kapitoly 2.</p> $d = \sqrt[3]{\frac{16,9,6}{\pi \cdot 65}} = 0,91 \text{ mm} \Rightarrow \text{volím průměr } 35 \text{ mm}$	<p>d = 35 mm</p>
<p><b>4.3 Výpočet kluzných ložisek</b>  A) minimální průměr</p> $\lambda = \frac{l_A}{d_A} = \frac{20}{12} = 1,67$ $d_A = \sqrt{\frac{F \cdot a}{p_D \cdot \lambda}} = \sqrt{\frac{175,85}{10 \cdot 1,67}} = 3,2 \text{ mm} \Rightarrow \text{volím průměr } 12 \text{ mm}$	<p><math>l_A = 20 \text{ mm}</math>  <math>d_A = 12 \text{ mm}</math>  <math>\lambda = 1,67</math></p> <p><math>d_A = 12 \text{ mm}</math></p>
<p>B) kontrola čepu na napětí v ohybu</p> $\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F \cdot a}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{32 \cdot F \cdot a}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 175,85 \cdot 0,032 \cdot 5}{\pi \cdot 0,012^3} = 5,821 \text{ kPa}$ $\sigma_{DO} = 180 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$	<p><math>\sigma_o = 5,821 \text{ kPa}</math>  <math>\sigma_{DO} = 180 \text{ MPa}</math></p>
<p>C) kontrola na otláčení</p> $p = \frac{F}{S} \leq p_D$ $p = \frac{F}{d_A \cdot l_A} = \frac{175,85}{0,012 \cdot 0,02} = 732,708 \text{ kPa}$ $p_D = 30 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$	<p><math>p = 732,7 \text{ kPa}</math></p> <p><math>p_D = 30 \text{ MPa}</math></p>
<p>D) kontrola ložiska na oteplení</p> $v_A = \pi \cdot d_A \cdot n = \pi \cdot 0,012 \cdot 10,5 = 0,396 \text{ m/s}$ $p \cdot v_A \leq (pv)_D \Rightarrow 0,396 \cdot 732,708 = 290,2 \text{ kPa} \leq 100 \text{ MPa}$ <p style="text-align: center;"><i>Vyhovuje</i></p> <p>volím ložisko B 12/18 x 25 ČSN 02 3481 z mat. 42 3753</p>	<p><math>(pv)_D = 100 \text{ MPa}</math>  <math>p \cdot v_A = 290 \text{ MPa}</math></p>
<p><b>4.4 Výpočet tlakového spoje hřídele s ozubeným kolem</b>  A) tlakový spoj musí zaručit minimální přesah <math>\Delta \text{ min}</math></p> $\Delta \text{ min} = \varepsilon_{\text{min}} \cdot D = 0,0006 \cdot 55 = 0,033 \text{ } \underline{\underline{\mu\text{m}}} \Rightarrow \text{lí cováno } n^6/F8$	
<p>B) kontrola maximálního stykového tlaku <math>p_{T \text{ max}}</math>  → tlaková směrná síla <math>F_T</math></p> $F_T = F_n \cdot f \quad F_n = S_T \cdot p_T \quad S_T = \pi \cdot D \cdot L_T$ $\Rightarrow F_T = S_T \cdot p_T \cdot f = \pi \cdot D \cdot L_T \cdot p_T \cdot f$ $M_K = F_T \cdot \frac{D}{2} = \pi \cdot D \cdot L_T \cdot p_T \cdot f \cdot \frac{D}{2} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L_T \cdot p_T \cdot f}{2}$	

Návrhový výpočet	Hodnoty
$\Rightarrow p_T = \frac{2.M_K}{\pi.D^2.L_T.f} = \frac{2.9,6}{\pi.0,055^2.0,045.0,1} = 448,97 \text{ kPa}$ <p><math>p_T = \text{nutný stykový tlak pro přenos } M_k</math></p> $p_{T \max} = p_T \cdot \frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{\min}} \leq p_D$ $p_{T \max} = 448 \text{ 966} \frac{0,064}{0,033} = \underline{\underline{871 \text{ kPa}}}$ $p_D = 0,6\sigma_{Dt} = 0,6.170 = 102 \text{ MPa}$ $p_{T \max} < p_D$ <p>Průměr hřídele pod nábojem je tedy 35 mm n6/F8</p> <p><b>4.5 Kontrola průhybu hřídele</b></p> $y_{\max} = \frac{FJ^3}{48.E.J} = \frac{351,7.65^3}{48.2.10^5 \cdot \frac{\pi.35^4}{64}} = \underline{\underline{0,000 \text{ 136 6 mm}}}$ <p>Aby mělo soukolí klidný a vyvážený chod musí platit, že <math>y_{\max} &lt; y_D</math>. Podle zkušeností z praxe může být <math>y_D</math> až 0,02 tj. <math>0,00 \text{ 136 6} &lt; 0,02 \dots</math> vyhovuje</p> <p><b>5) Návrh a výpočet zpětného ventilu</b></p> <p><b>5.1 Minimální světlost kanálů</b></p> $D_o = \sqrt{\frac{4.Q_n}{\pi.c}} = \sqrt{\frac{4.6,67.10^{-4}}{\pi.1,2}} = \underline{\underline{26,6 \text{ mm}}}$ <p><b>5.2 Tlak v komoře a potřebná síla</b></p> $p = y.\rho = 900.450 = \underline{\underline{405 \text{ kPa}}}$ $p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = p \cdot \frac{\pi.d^2}{4} = 405 \text{ 000} \frac{\pi.0,03^2}{4} = \underline{\underline{286 \text{ N}}}$ $\underline{\underline{F_8 = 320 \text{ N}}} = \text{maximální stlačovací síla}$ <p>materiál pružiny bude 12 071 <math>\tau_{DK} = 700 \text{ MPa}</math> <math>D = 30 \text{ mm}</math></p> <p>A) poměr vynutí <math>i=4</math>  B) stlačení při předpružení <math>y_1=3h=3.40=120</math>  C) stlačení plně zatížené pružiny <math>y_8=y_1+h=120+40=160</math>  D) síla nezatížené pružiny:</p> $\frac{F_1}{y_1} = \frac{F_8}{y_8} \Rightarrow F_1 = \frac{F_8 \cdot y_1}{y_8} = \frac{320.120}{160} = 240 \text{ N}$	<p><math>p_T = 449 \text{ kPa}</math></p> <p><math>f = 0,1</math></p> <p><math>y_{\max} = 1,4.10^{-4}</math></p> <p><math>D_0 = 26,6 \text{ mm}</math></p> <p><math>c = 1,2 \text{ m/s}</math></p> <p><math>p = 286 \text{ N}</math> <math>F_z = 320 \text{ N}</math></p> <p><math>F_1 = 240 \text{ N}</math></p>
	

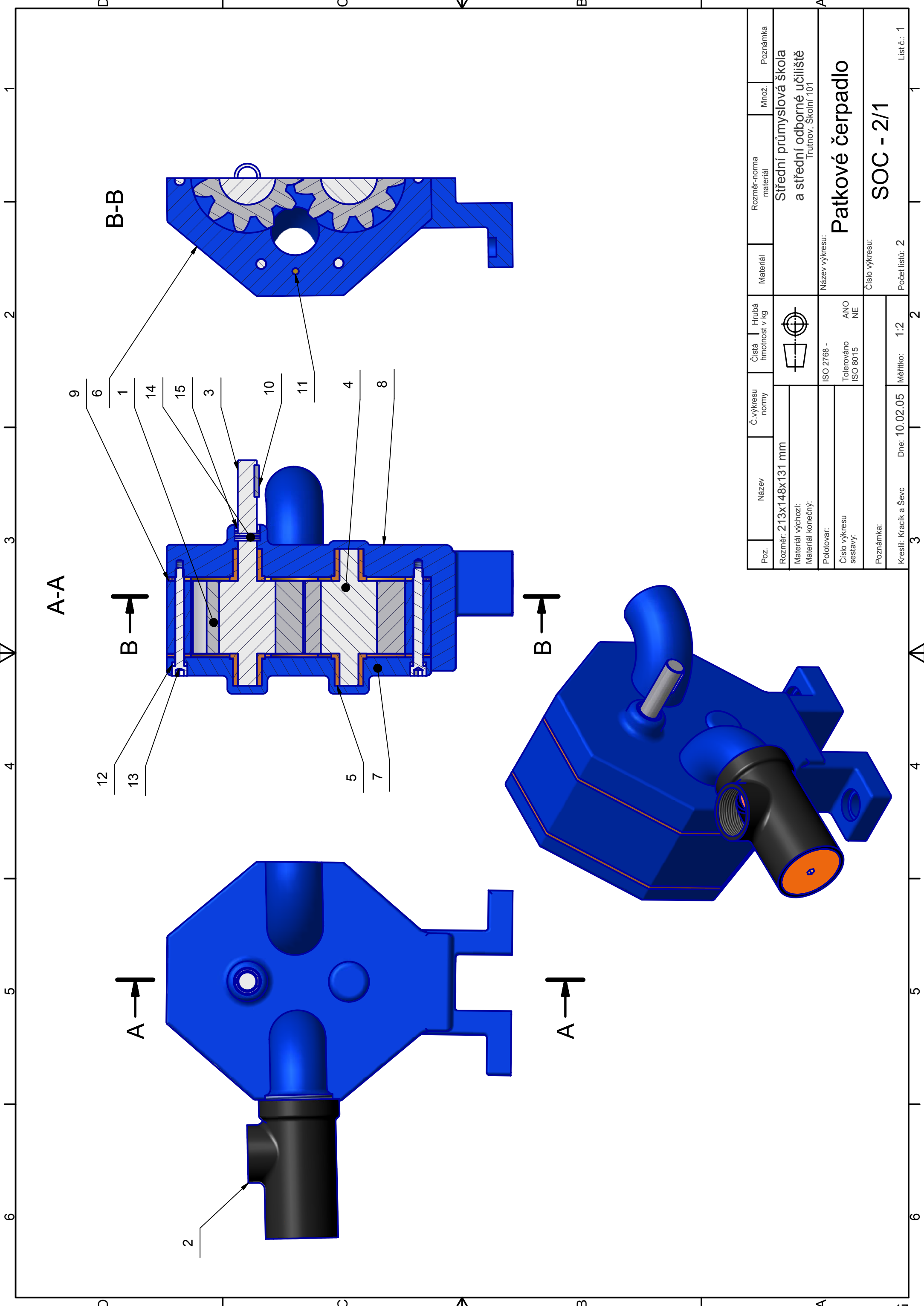
<b>Návrhový výpočet</b>	Hodnoty
<p>E) výpočet předběžného průměru drátu</p> $\tau_K = \frac{M_K}{W_K} \leq \tau_{DK}$ $\tau_K = \frac{F \cdot R}{\pi \cdot d^3} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_8 \cdot D}{\pi \cdot \tau_1}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 320 \cdot 0,03}{\pi \cdot 700}} = \underline{\underline{0,33 \text{ mm}}}$ <p>F) korekční součinitel na přídavný ohyb K</p> $K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{4 + 0,2}{4 - 1} = \underline{1,4}$ <p>korekce průměru na přídavný ohyb K</p> $d = d' \cdot \sqrt[3]{K} = 0,33 \cdot \sqrt[3]{1,4} = \underline{0,37 \text{ mm}}$ <p><math>\Rightarrow</math> průměr zaokrouhlíme na nejbližší vyšší průměr <u>1 mm dle ČSN 02 6003</u></p>	<p>d = 1 mm</p>
<p>G) Základní rozměry pružiny</p> $k = \frac{F_1}{y_1} = \frac{240}{120} = 2$ <p>počet činných závitů <math>n = \frac{1}{k} \cdot \frac{d^4 \cdot G}{8D^3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1^4 \cdot 8 \cdot 10^4}{8 \cdot 30^3} = 0,4</math></p> <p>volím počet činných závitů <math>n = 6</math></p> <p>celkový počet závitů <math>z = n + 2 = 6 + 2 = 8</math></p> <p>Vnější průměr pružiny <math>D_1 = D + d = 30 + 1 = 31 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>6) Výpočet spojovacích šroubů</b></p> <p><b>6.1 síla, kterou musí šrouby vydržet a průměr dříku</b></p>  <p><math>F_1 = S_1 \cdot p = 8848,712 \cdot 0,061 = 540 \text{ N}</math></p> <p><math>F_2 = S_2 \cdot 0,8(10^6 + p) = 0,8 \cdot 0,010235726 \cdot (10^6 + 0,061) = 8 \text{ 688 N}</math></p> <p><math>F_s = F_1 + F_2 = 8 \text{ 688 N}</math></p> <p><math>\sigma_{Dt} = \frac{F_s}{6 \cdot A_s} \Rightarrow A_s = \frac{F_s}{6 \cdot \sigma_{Dt}} \dots \text{mat.} = 11 \text{ 600}</math></p> <p><math>A_s = \frac{9230}{6 \cdot 150} = 10,3 \text{ mm}^2</math></p> <p>volím průměr dříku se závitem M6.</p> <p><b>6.2 určení počtu závitů v matici a výška matice</b></p> <p><math>z = \frac{F_s}{\pi \cdot d_2 \cdot H \cdot p_D} = \frac{9230}{\pi \cdot 5,35 \cdot 1,3 \cdot 90} = 4,7 \dots \text{volím } 6</math></p> <p><math>n = z \cdot P = 6 \cdot 1 = 6 \text{ mm}</math></p> <p>Volím Šroub M6 x 67 ČSN 02 1143.52</p>	<p><math>S_1 = 8848,7 \text{ mm}^2</math></p> <p><math>S_2 = 10235 \text{ mm}^2</math></p> <p><math>F_s = 9230 \text{ N}</math></p> <p>H = 1,3 mm</p> <p>z = 6</p> <p>n = 6 mm</p>

<b>Kontrolní výpočet</b>	Hodnoty
<p><b>1. Kontrolní výpočet hřídele</b></p> $\tau_K = \frac{M_K}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_{DK}$ $\tau_K = \frac{9,6}{\pi \cdot 0,012^3} = 28,3 \text{ MPa} \leq 65 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$	
<p><b>2. Kontrolní výpočet ozubeného soukolí</b></p> <p>2.1. Kontrola únosnosti paty zubu v ohybu</p> <p>- směrodatná obvodová síla: <math>F_{Ft}</math>  z tabulek volím: <math>K_1 = 1</math> – provozní souč.  <math>K_v = 1</math> – souč. vnitřních dynamických sil  <math>K_{F\alpha} = 1,5</math> – souč. podílu zatížení jednotlivých zubů</p> $\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{Ra_1^2 - Rb_1^2} + \sqrt{Ra_2^2 - Rb_2^2} - a_{12} \sin \alpha}{\pi \cdot m \cdot \cos \alpha} = \text{pomocná hodnota}$ $\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{31,5^2 - 23,25^2} + \sqrt{31,5^2 - 23,25^2} - 55 \sin 20}{\pi \cdot 5 \cdot \cos 20} = 1,6$ $F_{Ft} = \frac{F}{b} K_1 \cdot K_v \cdot K_{F\alpha} = \frac{351,7}{45} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 11,7 \text{ Nmm}^{-1}$ <p>- Srovnávací ohybové napětí: <math>\sigma_F</math>  z tabulek volím: <math>Y_{F1} = 1,98</math> – souč. tvaru zubu  <math>Y_{F2} = 1,98</math> – souč. tvaru zubu  <math>Y_\varepsilon = 0,625</math> – souč. vlivu trvání záběru evolventy  <math>Y_\beta = 1</math> – souč. sklonu zubů</p> <p>Pro pastorek:</p> $\sigma_{F1} = \frac{F_{Ft}}{m} \cdot Y_{F1} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta = \frac{11,7}{5} \cdot 1,98 \cdot 0,625 \cdot 1 = 2,9 \text{ MPa}$ <p>Pro kolo:</p> $\sigma_{F2} = \frac{F_{Ft}}{m} \cdot Y_{F2} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta = \frac{11,7}{5} \cdot 1,98 \cdot 0,625 \cdot 1 = 2,9 \text{ MPa}$ <p>- Časová pevnost v ohybu paty zubu: <math>\sigma_{FD}</math>  z tabulek volím: <math>\sigma_{FC1} = \sigma_{FC2} = 155</math> – časová pevnost v ohybu  <math>Y_{R1} = 1,03</math> – souč. drsnosti v oblasti paty  <math>Y_S = 1</math> – souč. vrubu v oblasti paty</p> <p>Pro pastorek:</p> $\sigma_{FD1} = \sigma_{FC1} \cdot Y_{R1} \cdot Y_S = 155 \cdot 1,03 \cdot 1 = 159,65 \text{ MPa}$ <p>Pro kolo:</p> $\sigma_{FD2} = \sigma_{FC2} \cdot Y_{R1} \cdot Y_S = 155 \cdot 1,03 \cdot 1 = 159,65 \text{ MPa}$	<p><math>K_1 = 1</math>  <math>K_v = 1</math>  <math>K_{F\alpha} = 1,5</math></p> <p><math>F = 351,7 \text{ N}</math>  <math>\varepsilon_\alpha = 1,6</math>  <math>F_{Ft} = 11,7 \text{ Nmm}^{-1}</math></p> <p><math>Y_{F1} = Y_{F2} = 1,98</math>  <math>Y_\varepsilon = 0,625</math>  <math>Y_\beta = 1</math></p> <p><math>\sigma_{F1} = 94,9 \text{ Mpa}</math>  <math>\sigma_{F2} = 144,5 \text{ MPa}</math>  <math>\sigma_{FC1} = \sigma_{FC2} = 295</math></p> <p><math>Y_{R1} = 1,03</math>  <math>Y_S = 1</math>  <math>\sigma_{FD1} = 303,85 \text{ MPa}</math>  <math>\sigma_{FD2} = 303,85 \text{ MPa}</math></p>

<b>Kontrolní výpočet</b>	Hodnoty
<p>- Bezpečnost proti únavovému lomu:</p> $k_{F1} \geq \frac{\sigma_{FD1}}{\sigma_{F1}}; = \frac{159,65}{2,9} = \underline{\underline{55 \geq 1,7}}$ <p style="text-align: right;">Vyhovuje pro převod s neomezenou životností !</p> $k_{F2} \geq \frac{\sigma_{FD2}}{\sigma_{F2}}; = \frac{159,65}{2,9} = \underline{\underline{55 \geq 1,7}}$	
<p>2.2 Kontrola dotykové únosnosti boku zubů</p> <p>- Směrodatná obvodová síla: <math>F_{Ht}</math>  z tabulek volím: <math>K_{H\alpha} = 1</math> – souč.podílu zatížení jednotlivých zubů</p> $Z_{\epsilon} = \sqrt{\frac{4 - \epsilon_{\alpha}}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,6}{3}} = \underline{\underline{0,89}}$ $F_{Ht} = \frac{F}{b} \cdot K_1 \cdot K_v \cdot K_{H\alpha} = \frac{351,7}{45} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = \underline{\underline{9,4 \text{ Nmm}^{-1}}}$	<p><math>K_{H\alpha} = 1</math></p> <p><math>Z_{\epsilon} = 0,89</math></p> <p><math>F_{Ht} = 9,4 \text{ Nmm}^{-1}</math></p>
<p>- Srovnávací Hertzův (dotykový) tlak: <math>\sigma_H</math>  z tabulek volím: <math>Z_H = 1,35</math> – souč.tvaru zubu  <math>Z_M = 272</math> – souč.materiálu  <math>Z_{\epsilon} = 0,89</math> – souč.délky stykových čar boků zubů</p> $\sigma_H = \sqrt{\frac{F_{Ht}}{D_1} \cdot \frac{i+1}{i}} \cdot Z_H \cdot Z_M \cdot Z_{\epsilon} = \sqrt{\frac{9,4}{55} \cdot \frac{1+1}{1}} \cdot 1,35 \cdot 272 \cdot 0,89 = \underline{\underline{191 \text{ MPa}}}$	<p><math>Z_H = 1,35</math></p> <p><math>Z_M = 272</math></p> <p><math>Z_{\epsilon} = 0,89</math></p> <p><math>\sigma_H = 191 \text{ MPa}</math></p>
<p>- Časová pevnost v dotyku boku zubu: <math>\sigma_{HD}</math>  z tabulek volím: <math>\sigma_{HC1} = \sigma_{HC2} = 530</math>  <math>Z_{R1} = Z_{R2} = 0,95</math> – souč.drsnosti boku zubů  <math>K_L = 1</math> - souč.maziva</p> <p>Pr o pastorek i kolo :</p> $\sigma_{HD12} = \sigma_{HC12} \cdot Z_{R12} \cdot K_L = 530 \cdot 0,95 \cdot 1 = \underline{\underline{503,5 \text{ MPa}}}$	<p><math>\sigma_{HC1} = \sigma_{HC2} = 530</math></p> <p><math>Z_{R1} = Z_{R2} = 0,95</math></p> <p><math>K_L = 1</math></p> <p><math>\sigma_{HD12} = 503,5 \text{ MPa}</math></p>
<p>- bezpečnost proti tvorbě pittigů:</p> $k_H \geq \frac{\sigma_{HD12}}{\sigma_H}; = \frac{503,5}{191} = \underline{\underline{2,6 \geq 1,4}}$ <p style="text-align: right;">Vyhovuje pro převod s neomezenou životností !</p>	
<p>Pozn.: Při výpočtech byli použity Strojírenské tabulky (P.Vávra a kol; SNTL 1982)</p>	

# Výkresová dokumentace

Počet listů	Název:	Datum	Jméno
12	<i>Zubové čerpadlo</i>	10.02.05	Kracík a Ševc



A-A

B

B

B-B

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15

Poz.	Název	Č.výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
	213x148x131 mm							Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101
Materiál výroby:								
Materiál konečný:								
Polotovary:								
Číslo výkresu sestavy:								
Poznámka:								
<b>Patkové čerpadlo</b>								
<b>SOC - 2/1</b>								
Kreslil: Kracik a Ševc			Dne: 10.02.05		Měřítko: 1:2		Počet listů: 2	
								Číslo výkresu:
								List č.: 1

1.	Ozubené kolo	SOC - 2 - 01			11 600.8	Ø75 ČSN 42 5510.1	2	
2.	Zpětná klapka	SOC - 2/2					1	
3.	Vstupní hřídel	SOC - 2 - 03			11 600	Ø38 ČSN 42 5510.1	1	
4.	Nosná hřídel	SOC - 2 - 04			11 600	Ø38 ČSN 42 5510.1	1	
5.	Kluzné ložisko	B 12/18x25			42 3016	ČSN 02 3481	4	
6.	Vložka	SOC - 2 - 06			42 2420	Odlitek VI. 42 2420	1	
7.	Zadní víko	SOC - 2 - 07			42 2420	Odlitek VII. 42 2420	1	
8.	Víko	SOC - 2 - 08			42 2420	Odlitek VIII. 42 2420	1	
9.	Těsnicí vložka	SOC - 2 - 09			15 313.5	155x5 ČSN 42 6522	2	
10.	Pero	3 e7x3x20	0,0025		11 110	ČSN 02 2562	1	
11.	Kolík	Ø3x54	0,0023		11 500.1	ČSN 02 2102	2	
12.	Podložka	Ø6,4	0,00099			ČSN 02 1702	6	
13.	Šroub M6x67		0,0163		11 600	ČSN 02 1143	6	
14.	Kroužkové těsnění	12 x 16			Polyuretan	ČSN 02 9310	3	
15.	Víčko	SOC - 2 - 15			10 340.0	Ø20 ČSN 42 5510.1	1	
Poz.	Název	Č.výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka

Rozměr: 213x148x131 mm

Materiál výchozí:  
Materiál konečný:



Střední průmyslová škola  
a střední odborné učiliště  
Trutnov, Školní 101

Polotovar:

ISO 2768 -

Název výkresu:

Číslo výkresu  
sestavy:

Tolerováno ANO  
ISO 8015 NE

**Patkové čerpadlo**

Poznámka:

Číslo výkresu:

**SOC - 2/1**

Kreslil: Kracík a Ševc

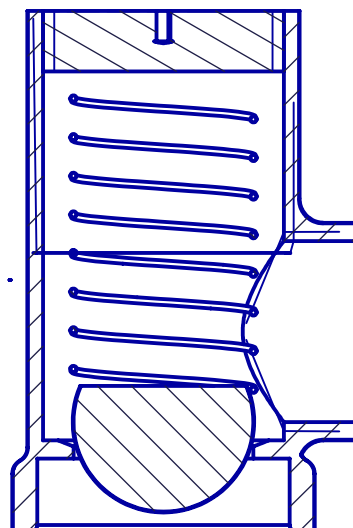
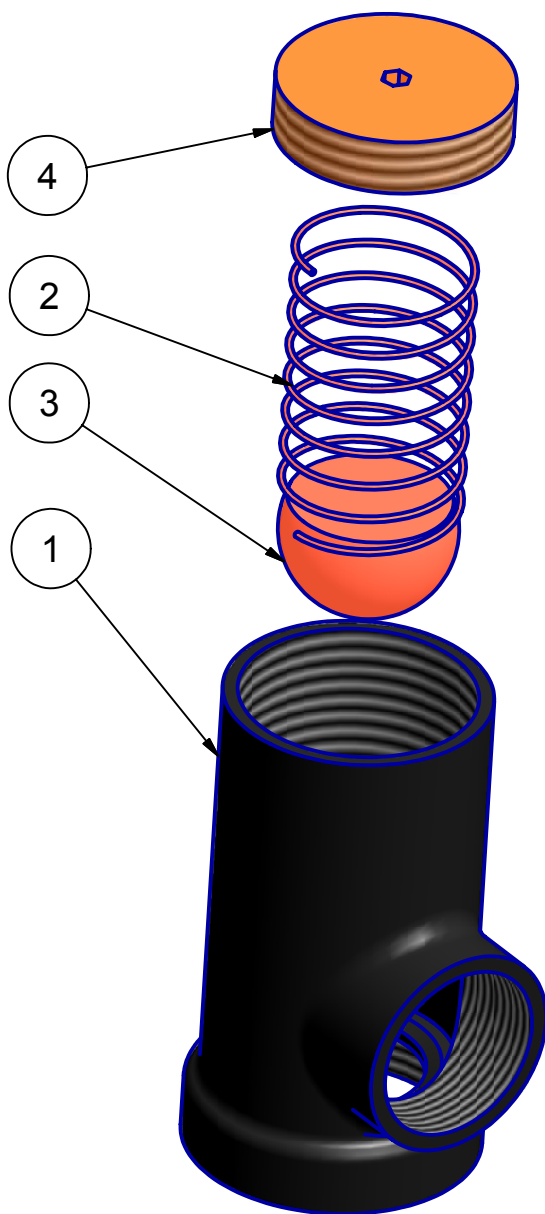
Dne: 10.02.05

Měřítko: 1:2

Počet listů: 2

List č.: 2

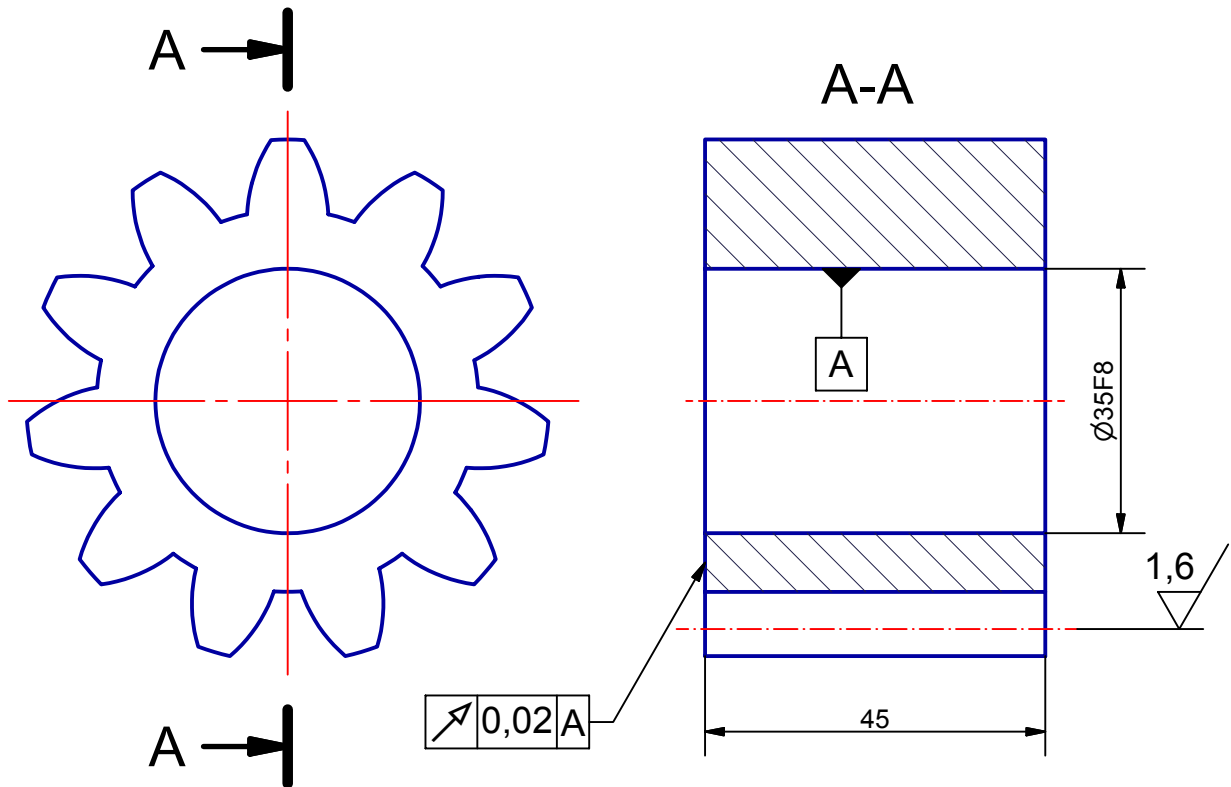




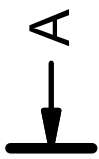
4.	Víčko	SPS -1-2-03/04			11 600	Ø42 ČSN 42 5510.1	1	
3.	Kulička	SPS -1-2-03/04			11 600	Ø38 ČSN 42 5510.1	1	
2.	Pružina	SPS -1-2-02/04			12 071	Ø1 ČSN 02 6003	1	
1.	Tělo	SPS-1-2-01/04			42 2420	Odlitek 2-I	1	
Poz.	Název	Č.výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr:					<p style="text-align: center;">Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101</p>			
Materiál výchozí: Materiál konečný:								
Polotovar:			ISO 2768 -		Název výkresu:			
Číslo výkresu sestavy:			Tolerováno ANO ISO 8015 NE		<b>Zpětná klapka</b>			
Poznámka:			Číslo výkresu:					
			<b>SOC - 2/2</b>					
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1	

3,2 (✓)

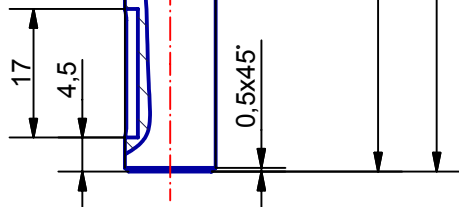
Modul	m	5
Počet zubů	z <sub>1</sub>	11
Normální základní profil		ČSN 01 4607
Úhel sklonu boční křivky zubu	β	-
Smysl stoupání boční křivky zubů	-	-
Jednotkové posunutí	x <sub>1</sub>	0,8
Stupeň přesnosti podle		9-8-8-C ČSN 01 4607
Spoluzabírající kolo	Počet zubů	Z <sub>2</sub> 11
	Posunutí	x <sub>2</sub> 0,8
	Vzdálenost os	a 55
Modul	m	5
Průměr hlavové kružnice	D <sub>a</sub>	63
Průměr roztečné kružnice	D	55
Průměr patní kružnice	D <sub>f</sub>	46,5



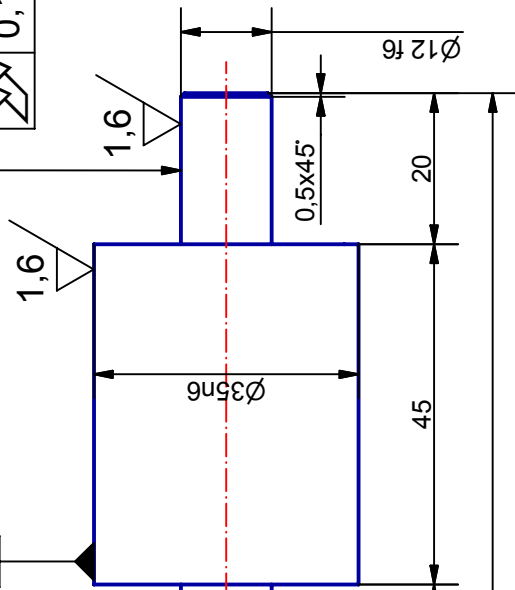
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: $\phi 75 \times 50$					<p style="text-align: center;">Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101</p>			
Materiál výchozí: 11 600.8 Materiál konečný: 11 600.8								
Polotovár: $\phi 75$ ČSN 42 5510.1			ISO 2768 -		<p style="text-align: center;">Název výkresu: <b>Ozubené kolo</b></p>			
Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 2/1</b>			Tolerováno ISO 8015 ANO NE					
Poznámka:					<p style="text-align: center;">Číslo výkresu: <b>SOC - 2 - 01</b></p>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítka: 1:1	Počet listů: 1		List č.: 1		



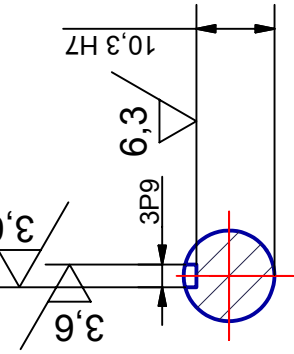
⊙	0,05	A
↗	0,1	



A



⊙	0,05	A
↗	0,1	

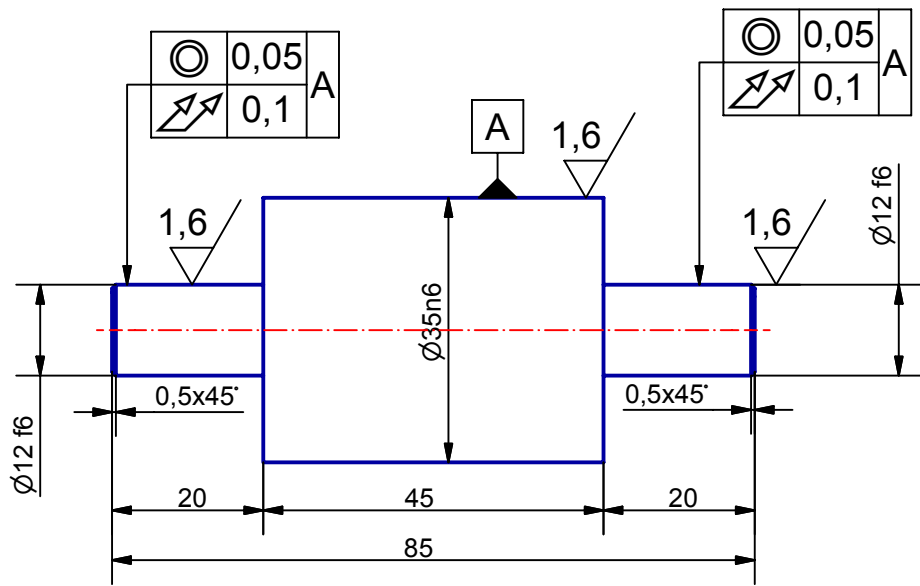


A-A



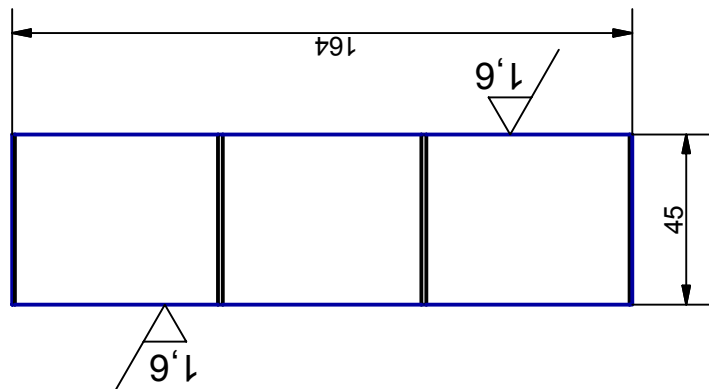
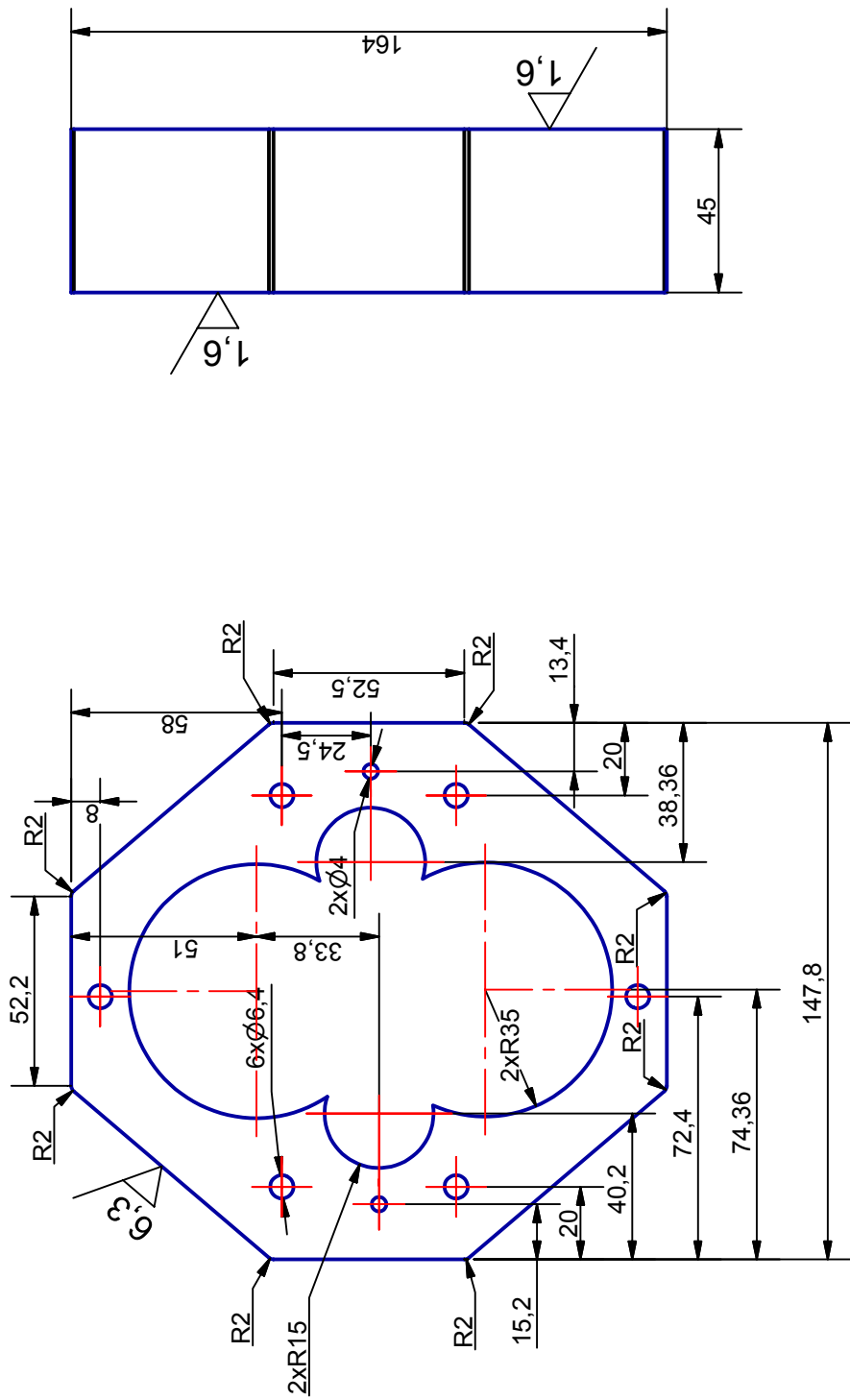
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
	<b>Ø35 x 140</b>					<b>Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště</b>		
	Materiál výchozí: 11 600					Trutnov, Školní 101		
	Materiál konečný: 11 600.1							
	Polotovár: Ø38 ČSN 42 5510.1		ISO 2768 -					Název výkresu:
	Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 2/1</b>		Tolerováno ISO 8015	ANO NE				
	Poznámka:							Číslo výkresu:
	Kreslil: Kracík a Ševc	Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:1					Počet listů: 1
								<b>SOC - 2 - 03</b>
								List č.: 1

6,3 (✓)



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: $\varnothing 35 \times 85$ Materiál výchozí: 11 600 Materiál konečný: 11 600.1					Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101			
Polotovar: $\varnothing 38$ ČSN 42 5510.1 Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 2/1</b>			ISO 2768 - Tolerováno ANO ISO 8015 NE		Název výkresu: <b>Nosná hřídel</b>			
Poznámka:					Číslo výkresu: <b>SOC - 2 - 04</b>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:1		Počet listů: 1		List č.: 1	

6,3 (✓)



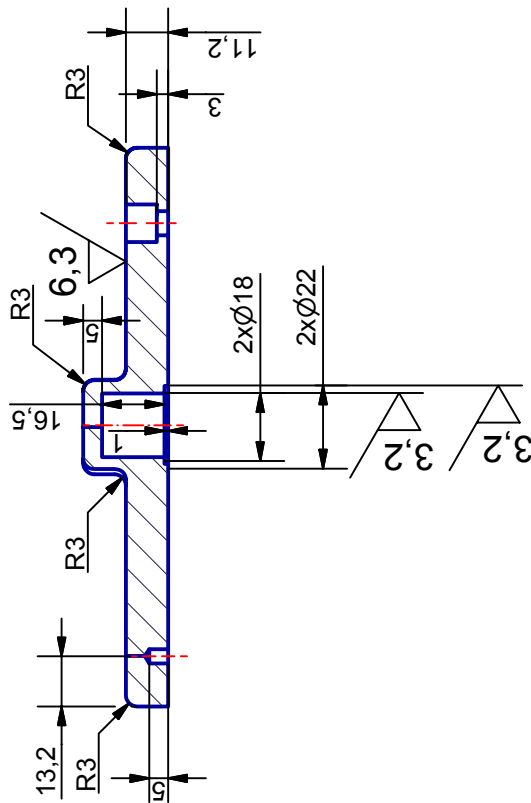
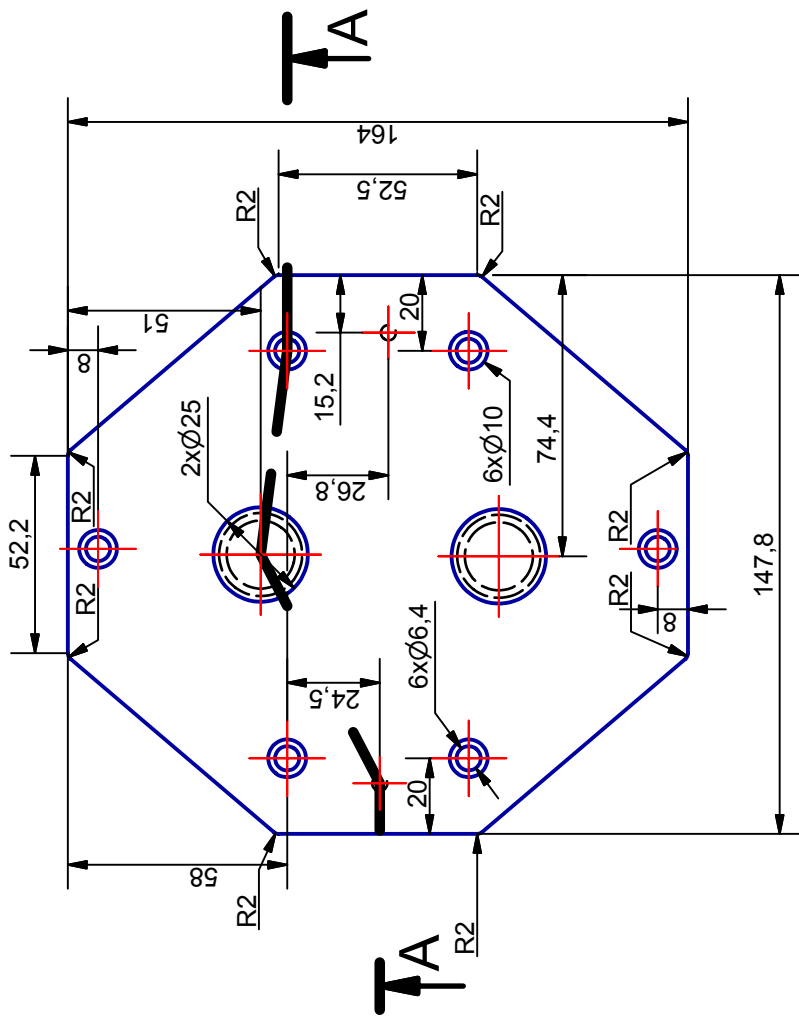
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: 165 x 150 x 50						Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101		
Materiál výchozí: 42 2420								
Materiál konečný: 42 2420								
Polotovary: Odlitek VI. 42 2420						Název výkresu:		
Číslo výkresu sestavy: SOC - 2/1						ISO 2768 -		
Poznámka:						Tolerováno ISO 8015		
Kreslili: Kracík a Ševc						ANO NE		
Dne: 10.02.05								
Měřítko: 1:2								
Číslo výkresu:								
Počet listů: 1								

SOC - 2 - 06

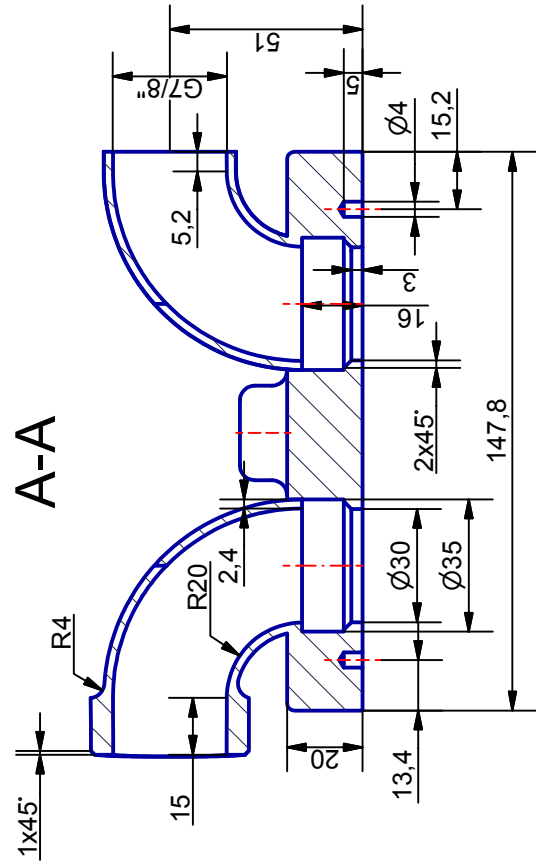
Vložka

List č.: 1

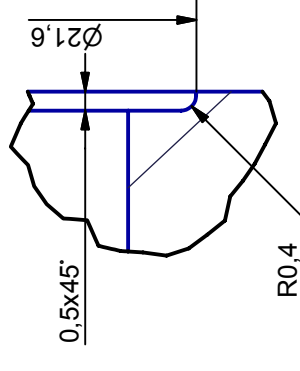
A-A



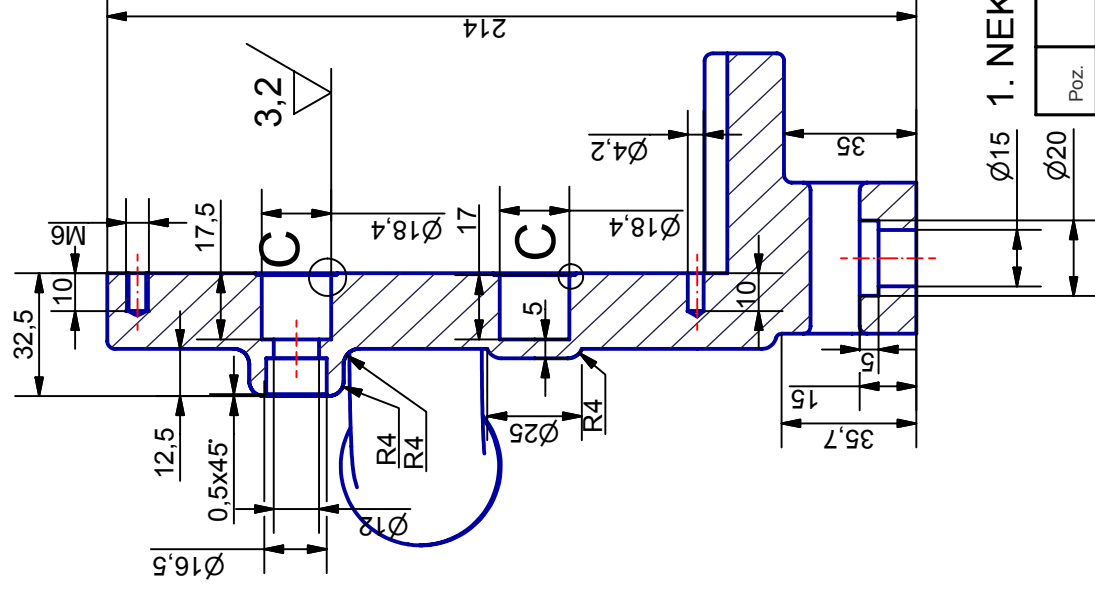
Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
Rozměr: 150 x 165 x 25						Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101		
Materiál výchozí: 42 2420 Materiál konečný: 42 2420								
Polotovary: Odlitek VII. 42 2420						Název výkresu:		
Číslo výkresu sestavy: SOC - 2/1								
Poznámka:								
Kreslil: Kracik a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:2					
						Číslo výkresu:		
						Počet listů: 1		
								List č.: 1



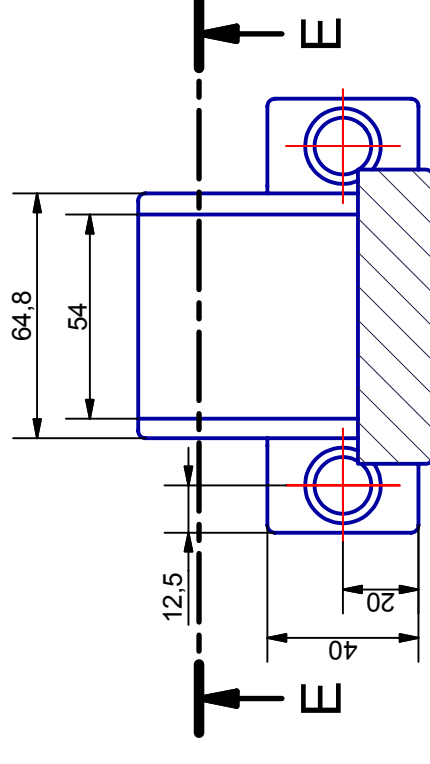
C (5:1)



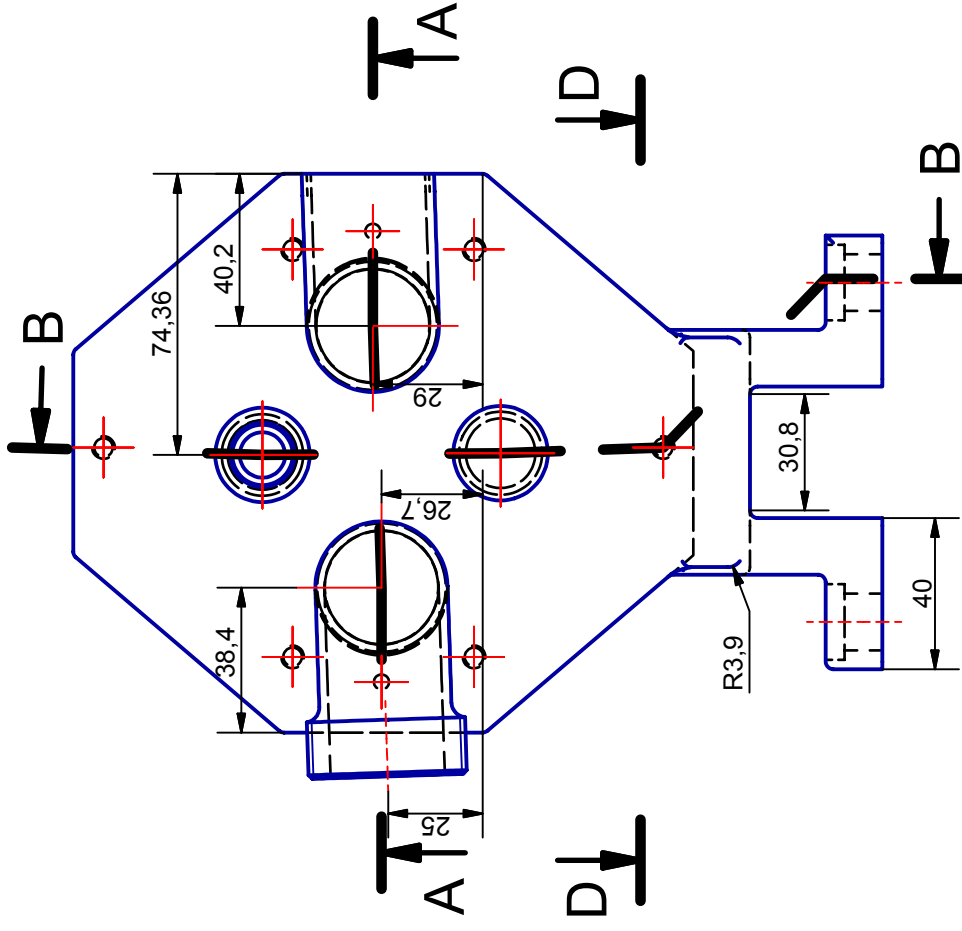
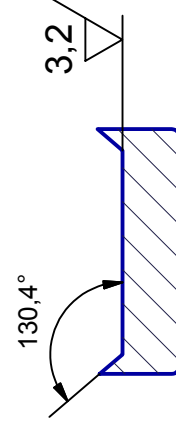
B-B



D-D



E-E



### 1. NEKÓTOVANÉ POLOMĚRY R2

Poz.	Název	Č.výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
1	147,8 x 164 x 23,5							
2	42 2420							
3	42 2420							
4	Odlietek VIII. 42 2420							
5	SOC - 2/1							
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								

Střední průmyslová škola  
a střední odborné učiliště  
Trutnov, Školní 101

Víko

SOC - 2 - 08

List č.: 1

Počet listů: 1

Měřítko: 1:2

Dne: 10.02.05

Kreslí: Křáček a Ševc

Číslo výkresu: 1

Počet výkresů: 1

Číslo výkresu: 1

Počet výkresů: 1

Číslo výkresu: 1

Počet výkresů: 1

Číslo výkresu: 1

Počet výkresů: 1

Číslo výkresu: 1

Počet výkresů: 1

Číslo výkresu: 1

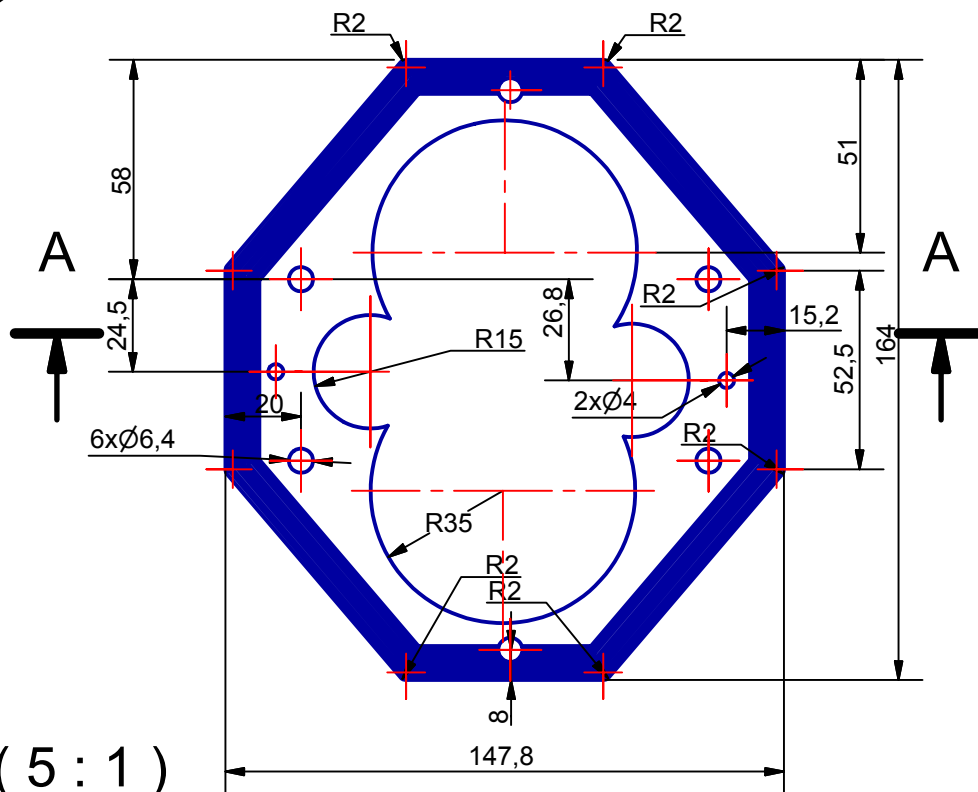
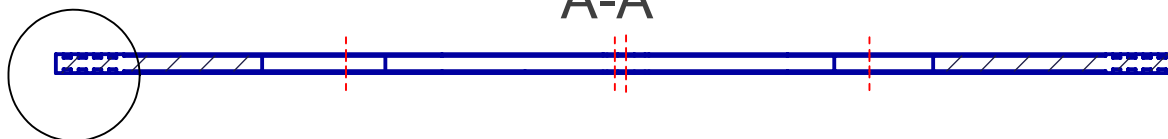
Počet výkresů: 1

Číslo výkresu: 1

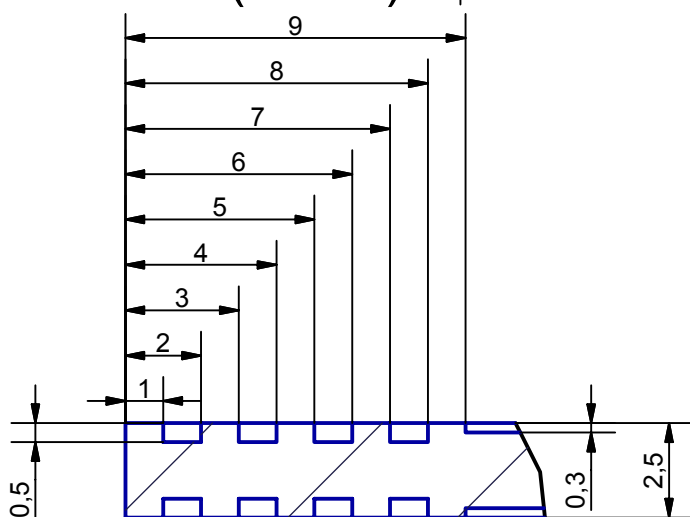
Počet výkresů: 1

B-B

A-A

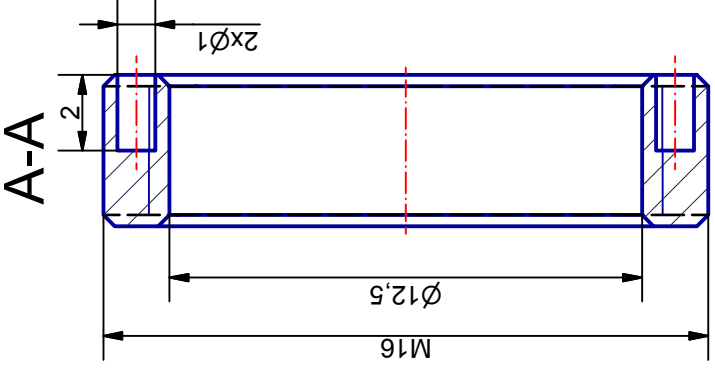
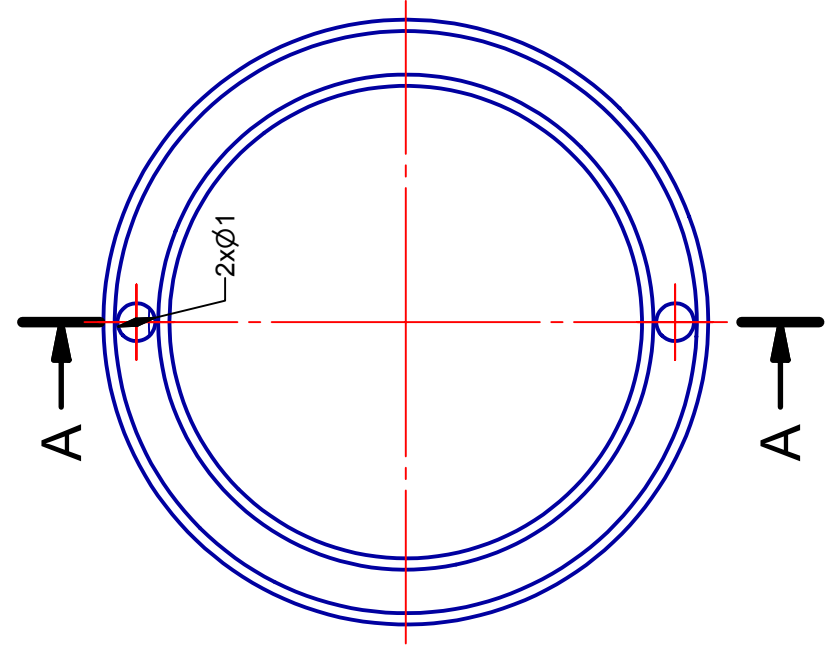


B-B (5 : 1)



Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiálu	Množ.	Poznámka
Rozměr: 147,8 x 164 x 23,5					Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101			
Materiál výchozí: 15 313.5 Materiál konečný: 15 313.5								
Polotovar: 155x5 ČSN 42 6522			ISO 2768 -		Název výkresu:  <b>Těsnící vložka</b>			
Číslo výkresu sestavy: SOC - 2/1			Tolerováno ISO 8015 ANO NE					
Poznámka:					Číslo výkresu:  <b>SOC - 2 - 09</b>			
Kreslil: Kracík a Ševc		Dne: 10.02.05	Měřítko: 1:2	Počet listů: 1		List č.: 1		





6,3

### 1. NEKÓTOVANÉ ZKOSENÍ 0,4x45°

Poz.	Název	Č. výkresu normy	Čistá hmotnost v kg	Hrubá hmotnost v kg	Materiál	Rozměr-norma materiál	Množ.	Poznámka
	<b>Rozev: Ø16x4</b>							
	Materiál výchozí: 10 340.0							
	Materiál konečný: 10 340.0							
	Polotovary: Ø20 ČSN 42 5510.1		ISO 2768 -					
	Číslo výkresu sestavy: <b>SOC - 2/1</b>		Tolerováno ISO 8015	ANO NE				
	Poznámka:							
	Kreslil: Kracik a Ševc	Dne: 10.02.05	Měřítko: 5:1					
					Číslo výkresu:	Sřřední průmyslová škola a střední odborné učiliště Trutnov, Školní 101		
					Číslo výkresu:	<b>VÍČKO</b>		
					Číslo výkresu:	<b>SOC - 2 - 15</b>		
					Počet listů: 1	List č.: 1		

## **Závěr**

Naše práce je určena nejen studentům SPŠ strojních a učitelům odborných strojírenských předmětů, ale může být inspirující i pro studenty nestrojírenských středních škol ( elektrotechnické obory s výukou základů strojírenství, gymnázia, technická lycea aj. ). Snažili jsme se přispět k popularizaci strojírenství, strojírenských výpočtů, strojírenské počítačové grafiky, grafického produktu Inventor společnosti Autodesk a Windows Movie Maker společnosti Microsoft.

Budeme rádi, pokud vzbudíme zájem začátečníků a zvědavost pokročilých.

Na závěr chceme touto cestou poděkovat Ing. Milanu Finkovi za odbornou pomoc.

AUTOŘI

## **Použitá literatura**

Pavel Vávra a kol., Strojnické tabulky, SNTL – Nakladatelství 1983

J.Leinveber, J.Švercl a kol., Technické kreslení a základy deskriptivní geometrie, Scientia 1999, ISBN 80 – 7183 – 162 – X

K.Mičkal, Technická mechanika I, nakladatelství Informatorium 1997 ISBN, 80–86073-06-8

S.Hosnedl a J.Krátký, Příručka strojního inženýra (obecné strojní části 2), nakladatelství Omputer Press Praha 2000, ISBN 80 – 7226 – 202 – 5

J.Leinveber a P.Vávra, Strojnické tabulky, nakladatelství ALBRA 2003 ISBN 80-86490-74-2

Ing. Svatopluk Černoch, Strojně technická literatura, nakladatelství SNTL v roce 1968, ISBN 04 – 224 – 68

## **Příloha I.**

### **Scénáře**

Vnější ozubení - ČSN

Způsob výpočtu geometrie: Osová vzdálenosti dle modulu, počtu zubů, korekce a sklonu zubů

Rozdělení korekcí: Vlastní

Způsob výpočtu zatížení: Z příkonu a otáček vstupní moment

Způsob pevnostního výpočtu: Pevnostní kontrola

### **Základní parametry**

Požadovaný převodový poměr		1
Skutečný převodový poměr		1
Úhel záběru	$\alpha$	20°
Výška hlavy zubu	ha*	1 (= 5 mm)
Hlavová vůle	c*	0.25 (= 1.25 mm)
Zaoblení paty		0.38 (= 1.9 mm)
Výška hlavy nástroje		1.25 (= 6.25 mm)
Úhel sklonu zubů	$\beta$	0°
Modul	m	5 mm
Vzdálenost os	aw	61.088 mm
Roztečná vzdálenost os	a	55 mm
Celková jednotková korekce		1.6
Provozní úhel záběru	$\alpha_w$	32.2156°
Normální rozteč	p	15.708 mm
Základní rozteč	ptb	14.761 mm
Součinitel trvání záběru		0.9087 (0.9087 + 0)
Označení přesnosti		6-6-6-Dd/III
Zaručená boční vůle	jnmin	0.046 mm
Mezní úchylka sklonu zubu	Fb	0.009 mm
Mezní úchylka rovnoběžnosti os	fx	0.009 mm
Mezní úchylka rovnoběžnosti os	fy	0.0045 mm

	Kolo 1	Kolo 2
Počet zubů	11	11
Jednotkové posunutí	0.8	0.8
Roztečný průměr d	55 mm	55 mm
Průměr základní kružnice db	51.683 mm	51.683 mm
Hlavový průměr da	69.175 mm	69.175 mm
Patní průměr df	50.5 mm	50.5 mm
Pracovní roztečný průměr dw	61.088 mm	61.088 mm

Tloušťka zubu s	10.766 mm	10.766 mm
Šířka hlavy zubu	0.665 (= 3.3252 mm)	0.665 (= 3.3252 mm)
Šířka ozubení	35 mm	35 mm
Šířkový poměr	0.6364	0.6364
Tloušťka zubu na těživě sk	9.506 -0.033 mm	9.506 -0.033 mm
Rozměr přes zuby W	25.647 -0.031 mm	25.647 -0.031 mm
Rozměr přes válečky (kuličky) M	66.749 -0.075 mm	66.749 -0.075 mm
Průměr válečku (kuličky) dw	7 mm	7 mm
Virtuální počet zubů zv	11	11
Mezní obvodové házení ozubení Fr	0.028 mm	0.028 mm
Mezní úchylka čelní rozteče fpt	0.013 mm	0.013 mm
Mezní úchylka základní rozteče fpb	0.012 mm	0.012 mm

### Zatížení

		Kolo 1	Kolo 2
Výkon	P	1 kW	0.97 kW
Účinnost	$\eta$	0.97	
Otáčky	n	1000 min <sup>-1</sup>	1000 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	Mk	9.5493 Nm	9.2628 Nm
Obvodová síla	Ft	347.2471 N	
Radiální síla	Fr	218.8051 N	
Osová síla	Fa	0 N	
Normální síla	Fn	410.4342 N	
Obvodová rychlost	v	2.8798 m/s	
Rezonanční otáčky	nE1	43091.24 min <sup>-1</sup>	-

### Pevnostní výpočet dle ČSN 01 4686:1988

Trvanlivost	Lh	10000 hod
-------------	----	-----------

### Materiálové hodnoty

		Kolo 1	Kolo 2
Mez únavy v dotyku	$\sigma_{Hlim}$	420 MPa	420 MPa
Mez únavy v ohybu	$\sigma_{Flim}$	360 MPa	360 MPa
Mez pevnosti v tahu		588 MPa	588 MPa

Mez kluzu v tahu		314 MPa	314 MPa
Tvrdoost v jádře zubu		175 HV	175 HV
Tvrdoost na boku zubu		0 HV	0 HV
Bázový počet zatěžovacích cyklů v dotyku [ $10^6$ ]		50	50
Bázový počet zatěžovacích cyklů v ohybu [ $10^6$ ]		3	3
Exponent Wöhlerovy křivky pro dotyk		10	10
Exponent Wöhlerovy křivky pro ohyb		6	6
Modul pružnosti v tahu [ $10^3$ ]		206 MPa	206 MPa
Poissonovo číslo		0.3	0.3
Zpracování materiálu		0	0

### Součinitelé pro dotyk

		Kolo 1	Kolo 2
Vnějších dynamických sil	KA	1.2	
Vnitřních dynamických sil	KHv	1.027	
Nerovnoměrnosti zatížení zubů po šířce	KHb	1.578	
Podílu zatížení jednotlivých zubů	KHa	1	
Celkový	KH	1.944	
Jednorázového přetížení	KAS	1	
Mechanických vlastností materiálu	Ze	189.812	
Tvaru spoluzabírajících zubů	Zh	1.896	
Délky dotykových křivek	Zeps	1.015	
Jednopárového záběru	ZB	1.151	1.151
Životnosti	Zn	1	1
Maziva	Zl	1	
Výchozí drsnosti zubů	Zr	1	
Obvodové rychlosti	Zv	0.987	
Sklonu zubu	Zb	1	
Velikosti	Zx	1	1
Párování materiálu	Zw	1	

### Součinitelé pro ohyb

		Kolo 1	Kolo 2
Vnějších dynamických sil	KA	1.2	
Vnitřních dynamických sil	KFv	1.027	
Nerovnoměrnosti zatížení zubů po šířce	KFb	1.381	
Podílu zatížení jednotlivých zubů	KFa	1	
Celkový	KF	1.701	
Jednorázového přetížení	KAS	1	
Tvaru zubu	YFa	1.535	1.535
Koncentrace napětí	YSa	1.529	1.529

Přídavného vrubu v patě zubu	YSarel	1	1
Sklonu zubu	Yb	1	
Vlivu záběru profilu	Yeps	1.08	
Střídavého zatížení	Ya	1	1
Technologie výroby	Yt	1	1
Životnosti	Yn	1	1
Vrubové citlivosti	Yd	1.164	1.164
Velikosti	Yx	1	1
Drsnosti povrchu	Yr	1	

### Výsledky

		Kolo 1	Kolo 2
Koeficient bezpečnosti v dotyku	SH	1.177	1.177
Koeficient bezpečnosti v ohybu	SF	48.955	48.955
Statická bezpečnost v dotyku	SHst	2.498	2.498
Statická bezpečnost v ohybu	SFst	105.126	105.126
Pevnostní kontrola		<b>Vyhovuje</b>	