

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

## ZÁŘÍ BAKALÁŘSKÉHO PROJEKTU

pro pana ŠTĚPANKA

číslo: (23-81-7) Strojnická

speciální Výtahová

Petr Štěpánek

## ULOŽENÍ HLAVNÍHO KOLA PODVOZKU

Bakalářský projekt

1998

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra : výrobních systémů

Školní rok : 1997/98

## ZÁDÁNÍ BAKALÁŘSKÉHO PROJEKTU

pro Petra Š T Ě P Á N K A

obor: ( 23 - 81 - 7 ) Strojírenství

zaměření: Výrobní systémy

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č.172/1990 Sb. o vysokých školách a ve smyslu studijních předpisů pro bakalářské studium určuje toto zadání bakalářského projektu:

**Název tématu:** Uložení hlavního kola podvozku

### Zásady pro vypracování :

1. Úvod, specifikace zadání.
2. Výkres konstrukčního řešení sestavy .
3. Statický a pevnostní výpočet dle specifikací.
4. Technologický postup, výběr nástrojů a řezných podmínek pro zadanou součást.
5. CNC program pro výrobu této součásti.

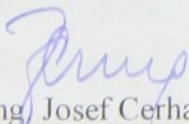
**Rozsah průvodní zprávy:** cca 20 stran

### Seznam odborné literatury :

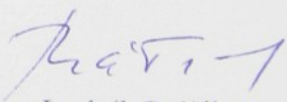
- 1/ Vytlačil.M.: Technologie automatizovaných výrob
- 2/ Vališ,L.: Návod na programování CNC soustruhu E 120 / E 120 P - EMCO
- 3/ KCS: Přednášky a cvičení - AutoCAD

**Konsultant:** Ing. Radek Kratochvíl

**Termín odevzdání bakalářského projektu:** 29.5.1998

  
Doc. Ing. Josef Cerha, CSc.  
Vedoucí katedry

V Liberci dne 31.10.1997

  
Doc. Ing. Ludvík Prašil, CSc.  
Děkan



KCS/VŠ  
28.5.1998  
L. Prašil

1802/98 Sborník

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: (23-81-7) Strojírenství

Zaměření: Výrobní systémy

## **Uložení hlavního kola podvozku**

KVS-VS-029

Petr Štěpánek

Vedoucí práce: Doc.Ing. Přemysl Pokorný Csc., KVS

Konzultant: Ing. Miroslav Hájek, KVS

Zpracovatel: TU v Liberci - KVS

Dokončeno: 1998

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 28

Počet příloh: 1

Počet obrázků: 2

Počet výkresů: 9

Datum: 27.5.1998



TÉMA: ULOŽENÍ HLAVNÍHO KOLA PODVOZKU

ANOTACE: Zpráva ukazuje postup návrhu uchycení kola ultralehkého letadla. Jejím obsahem je pevnostní výpočet, technologický postup, volba nástrojů, výpočet řezných podmínek a kompletní výkresová dokumentace. Výsledkem práce je CNC program pro CNC soustruh s řídicím systémem EMCOTronic TM02.

THEME: THE CONSTRUCTION OF THE HEAD CLAMPING WHEEL

ANOTATION: The report showed the procedure of the wheel clamping of an ultralight aircraft. The report contains the stress analysis, technologic all procedure, selection of tools, calculation of cutting conditions and a complex drawing documentation. The work focuses on the result CNC program for a programme-controlled lathe EMCOTronic TM02 .

Deset. třídění: DT 621.9

Klíčová slova: PODVOZEK, LETADLO, ŘEZNÉ PODMÍNKY, CNC PROGRAM, TECHNOLOGICKÝ POSTUP, VÝKRES, SOUSTRUŽENÍ

Zpracovatel: TU v Liberci - KVS

Dokončeno: 1998

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 28

Počet příloh: 1

Počet obrázků: 2

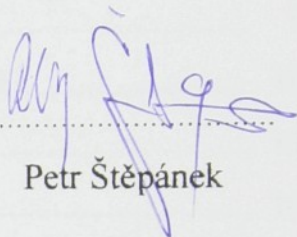
Počet výkresů: 9



## MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářský projekt vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Liberci, 27.5. 1998



Petr Štěpánek

## Obsah

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Seznam použitých symbolů a značek.....             | 6  |
| 1. Úvod a specifikace zadání.....                  | 7  |
| 2. Teorie.....                                     | 8  |
| 2.1 Přistávací zařízení letadel.....               | 8  |
| 2.2 Typy podvozků.....                             | 8  |
| 2.3 Konstrukce přistávacího zařízení.....          | 9  |
| 2.4 Tlumení a odpružení přistávacích zařízení..... | 10 |
| 2.5 Podvozková kola.....                           | 12 |
| 2.6 Letecké pneumatiky.....                        | 13 |
| 3. Statický a pevnostní výpočet.....               | 13 |
| 4. Technologický postup.....                       | 14 |
| 5. Výběr nástrojů, obsazení nástrojové hlavy.....  | 18 |
| 6. Stanovení řezných podmínek.....                 | 18 |
| 7. CNC program.....                                | 22 |
| 7.1 Stavba CNC programu.....                       | 22 |
| 7.2 Seznam použitých příkazů.....                  | 23 |
| 7.3 CNC program na výrobu čepu kola.....           | 24 |
| 8. Závěr.....                                      | 27 |
| Seznam použité literatury.....                     | 28 |

## Přílohy

Popis stroje EMCOTronic TM02

Rendering podvozku

Rendering sestavy

Výkres sestavy

Výkres svařence

Výrobní výkres výstuh, čepu, desky, pouzder a příruby

## Přehled použitých symbolů a značek

| SYMBOL        | JEDNOTKA       | NÁZEV                                  |
|---------------|----------------|----------------------------------------|
| $F$           | N              | síla na kolo                           |
| $F_{\max}$    | N              | max. přistávací síla v těžišti letadla |
| $F_b$         | N              | brzdná síla                            |
| $F_q$         | N              | síla předpětí ve šroubu                |
| $G$           | $\text{m/s}^2$ | gravitační zrychlení                   |
| $M$           | kg             | hmotnost                               |
| $v_k$         | m/s            | rychlost klesání letadla               |
| $f$           | [1]            | třecí koeficient                       |
| $f_b$         | [1]            | třecí koeficient brzd                  |
| $S_3$         | $\text{mm}^2$  | min. průřez šroubu                     |
| $d_3$         | mm             | min. průměr šroubu                     |
| $\sigma_o$    | MPa            | napětí v ohybu                         |
| $\sigma_{Dt}$ | MPa            | dovolené napětí v ohybu                |
| $M_o$         | Nm             | ohybový moment                         |
| $W_o$         | $\text{m}^3$   | průřezový modul v ohybu                |
| $R_m$         | MPa            | mez pevnosti v tahu                    |
| $r$           | $\text{mm}^2$  | rameno síly $F$                        |
| $r_e$         | mm             | poloměr špičky nože                    |
| $h$           | mm             | hloubka třísky                         |
| $v$           | m/min          | řezná rychlost                         |
| $v_s$         | m/min          | skutečná řezná rychlost                |
| $T$           | min            | trvanlivost břitu nástroje             |
| $VB$          | mm             | max. otupení hřbetu nástroje           |
| $b$           | mm             | šířka upichovacího nože                |
| $P$           | mm             | stoupání závitu                        |
| $k_{VL}$      | [1]            | opravný koeficient řezné rychlosti     |
| $n$           | ot/min         | otáčky vřetena soustruhu               |
| SK            |                | slinutý karbid                         |



# 1. Úvod a specifikace zadání

Postupná změna poptávky na trhu způsobila, že hromadná a velkosériová výroba, která byla hlavním znakem předchozích let se postupně mění. Jednotlivý výrobci se snaží pružně reagovat na požadavky zákazníka. Cílem výroby již nejsou velké objemové dávky ale kusová výroba včas a vpožadované kvalitě, při zachování nízkých výrobních nákladů.

Stálým zvyšováním nároků na rychlost, hospodárnost a kvalitu se v strojírenské výrobě prosazují číslicově řízené stroje. Ty tvoří silný nástroj pro splnění specifických výrobních zakázek. Změna výroby se děje pouze změnou programu NC nebo CNC stroje, bez nutnosti zásadních změn ve výrobě.

Mým úkolem bylo navrhnout uložení kola pro ultralehké letadlo s plochou hlavní podvozkovou nohou. Součástí této zprávy je pevnostní výpočet návrhu, výpočet řezných podmínek, volba nástrojů, technologický postup a také CNC program pro výrobu na CNC soustruhu E120/120P s řídícím systémem EMCOTronic TM02.

Chtěl bych poděkovat Ing. Miroslavu Hájkovi za odbornou pomoc a užitečné rady.

## 2. Teorie

### 2.1 Přistávací zařízení letadel

Účel podvozku:

- umožňovat letounu pohyb na zemi, sněhu nebo vodní hladině
- tlumit náraz a absorbovat část energie která vznikne při dosednutí letounu a dále tlumit rázy, které mohou vzniknout při pohybu po nerovném terénu

Dále se požaduje, aby podvozek zajistil letounu:

- dobrou stabilitu a řiditelnost při pohybu po zemi nebo vodní hladině
- zabránit vzniku neřiditelného zatáčení (hodiny)

Rozeznáváme 3 základní druhy přistávacích zařízení:

- podvozek se zád'ovým (ostruhovým) kolem
- podvozek s příd'ovým kolem
- podvozek s příd'ovým kolem a se třemi hlavními podvozkovými nohami

### 2.2 Typy podvozků

#### **Podvozek se zád'ovým (ostruhovým) kolem**

Tato koncepce je velmi rozšířena hlavně u malých letounů (ultralehké, sportovní, cestovní a menší dopravní letouny s vrtulovým pohonem). Charakteristickým znakem tohoto řešení je, že hlavní podvozkové nohy jsou umístěny před těžištěm letounu. Třetím bodem je ostruha resp. ostruhové kolo, které je uloženo ve velké vzdálenosti od těžiště.

podvozky tohoto typu mohou být řešeny jako pevné nebo zatahovací.

#### **Podvozek se příd'ovým kolem**

Velmi rozšířená koncepce hlavně díky rozvoji proudových motorů. Charakteristickým znakem tohoto typu podvozku je, že hlavní podvozkové nohy jsou uloženy za těžištěm a příd'ové kolo relativně daleko před těžištěm.



## **Podvozek s příďovým kolem a s více hlavními nohami**

Tuto konstrukci si vyžádali postupem doby rostoucí vzletové a přistávací hmotnosti letadel. To vedlo ke stále se zvětšujícímu zatížení podvozku jako celku. Aby se tyto hodnoty udrželi na přijatelných číslech, zvětšoval se kromě zesílení celé konstrukce také počet kol a vznikl tzv. vozíkový podvozek, který byl vybaven více koly. Postupem vývoje se stalo u velkokapacitních letadel jako optimální použití čtyř hlavních podvozkových noh v kombinaci s příďovým podvozkem. Tímto způsobem je řešen např. podvozek letounu Boeing 747 Jumbo Jet.

## **Konstrukce přistávacího zařízení**

Konstrukce podvozků u letounů s příďovým kolem nebo ostruhovým kolem se ve svém principu liší poměrně málo a u menších letadel se ustálily dva možné způsoby řešení:

- podvozky teleskopického typu
- podvozky pákového typu
- pružinový podvozek

### **Podvozky teleskopického typu**

Tyto podvozky mají tu výhodu, že vlastní noha je tvořena teleskopickým tlumičem a hmotnost tedy poměrně nízká.

Jako nevýhoda se ale jeví poměrně malá životnost těsnících manžet. Další nevýhodou je to, že tento typ konstrukce špatně tlumí nárazy přicházející ve vodorovném směru.

### **Podvozky pákového typu**

Tento typ má tlumič umístěn mimo vlastní podvozkovou nohu a nevýhody teleskopického podvozku se u něj nevyskytují. Síly, které na tlumič působí jsou výhradně axiální, takže nevýhoda zvýšeného opotřebení manžet pístnice odpadá.



Aby bylo zaručeno, že síla kterou tlumič přenáší byla vždy axiální, je tlumič uložen ve výkyvných ložiskách.

### **Pružinový podvozek**

Je velmi jednoduché konstrukce a pro jeho nízkou hmotnost našel uplatnění u ultralehkých letadel. Je tvořen ocelovou nebo titanovou pružinou, která je na jedné straně vetknuta do trupu letadla a na druhé nese bržděné podvozkové kolo. Výhodou je snadná údržba, nevýhodou pak snížená tlumicí schopnost ve srovnání s podvozky vybavenými olejopneumatickými tlumiči.

## **2.4 Tlumení a odpružení přistávacích zařízení**

Sestup letadla se děje určitou klesací rychlostí a při dosednutí na přistávací plochu dochází k „dopadu“ letadla na zem, byť jeho účinek je snížen dopřednou rychlostí. Znamená to, že vlivem klesací rychlosti bude letadlo představovat soustavu, která má ve svislém směru jistou pohybovou energii, jež je možno fyzikálně definovat vztahem

$$E_p = m \cdot v_k^2 / 2$$

kde  $m$  je hmotnost letadla a  $v_k$  je klesací rychlost letounu. To prakticky znamená, že kinetická energie poroste s druhou mocninou rychlosti. Je tedy nutné vybavit podvozek letounu zařízením, které bude schopné část této energie pohltit, aby se zabránilo poškození konstrukce křídla nebo trupu. Tuto úlohu právě plní tlumiče podvozku. Jsou to:

- gumové špalky
- gumové provazce
- pružinové tlumiče
- hydro-pneumatické tlumiče
- pružinový podvozek

## **Gumové špalky**

Používali se převážně u předválečných bezmotorových letounů a vkládaly se mezi přistávací lyži a do míst pod trupovými přepážkami. Tento systém se udržel až do šedesátých let. Později byl nahrazen kombinací lyžového podvozku a odpruženého podvozku uloženého v trupu.

## **Gumové provazce**

Tento způsob je jednoduchý, levný a velmi účinný. Princip spočívá v tom, že dvě části podvozku např. vzpěry, které při dosednutí letounu na zem vlivem působících sil mají tendenci se od sebe vzdalovat, jsou několika gumovými provazci k sobě stále přitahovány.

Tato konstrukce je právě velmi rozšířená u ultralehkých letadel. Nevýhodou je ale puchření gumových vláken a náchylnost na poškození benzínem. Proto je nutná častá kontrola.

## **Pružinové tlumiče**

Principem jsou podobné tlumičům s gumovými provazci, jejich výhodou je ta skutečnost, že pružina nepodléhá časovým změnám jako je tomu u gumy a nereaguje s benzínem.

## **Hydropneumatické tlumiče**

Jsou zařízením, které ze všech uvedených způsobů tlumení vykazují největší schopnost tlumit energii letounu a proto je tento systém v letectví nejrozšířenější. Princip práce spočívá v tom, že kapalina je protlačována malými otvory, kde se třením kapaliny o stěnu otvorů mění kinetická energie v teplo. Pružné prostředí zde tvoří zpravidla vzduch. K tlumení energie může probíhat buď při pohybu pístu vzhůru (kompresní zdvih) nebo při pohybu dolů (expanzní zdvih), případně jejich kombinace.



## **Pružinový podvozek**

Je tvořen listovým perem, které nese podvozkové kolo. Při dotyku letadla se zemí nebo při pohybu po zemi se podvozková noha deformuje a pohlcuje tak část energie.

## **2.5 Podvozková kola**

Používají se dva typy podvozkových kol:

- kola nebržděná
- kola bržděná

### **Kola nebržděná**

Vyrábí se jako kola disková. V některých případech se vyskytují i kola drátěná. Pro stavbu amatérských letadel se často používá zářových kol sportovních letounů, která slouží jako hlavní podvozková kola ultralehkých letadel.

Diskové kolo je rozděleno na dvě poloviny, které jsou spolu spojeny několika svorníky. Tato úprava umožňuje snadnou a rychlou výměnu pneumatiky. Jako materiál je zde použit elektron nebo dural.

### **Kola bržděná**

Významným způsobem snižují délku nutné přistávací dráhy. Dále pak zvyšují manévrovací schopnost letounu při pohybu po zemi.

Konstrukce disků je shodná jako u kol nebržděných, navíc zde musí být prostor pro uložení brzdy. Hlavním požadavkem je, aby byl zamezen přestup tepla z brzdy na pneumatiku (přehřátí a prasknutí). Tento problém je řešen oddělením ráfku od brzdového bubnu.

## 2.6 Letecké pneumatiky

Jsou elementy konstrukce, které podle typu jsou schopny také absorbovat část kinetické energie letounu pro přistání.

Dnes se ve většině případů používají pneumatiky, které se skládají z pláště a ze vzdušnice. Tento typ se používá u lehkých a ultralehkých letadel. U větších a těžších letadel se používají pneumatiky bezdušové.

## 3. Statický a pevnostní výpočet

Zadané hodnoty:

hmotnost letadla  $m = 450\text{kg}$

rameno působící síly  $r = 0,057\text{m}$

maximální přetížení ve svislém směru  $3G$

třecí koeficient v brzdách  $f = 0,8$

Maximální působící síla při přisání:

$$F = F_{\max} \cdot 3 \cdot g = 450 \cdot 3 \cdot 9,81 = 13\,245\text{N}$$

Brzdná síla:

$$F_N = m \cdot g = 450 \cdot 9,81 = 4415\text{N}$$

$$F_b = F_N \cdot f = 4415 \cdot 0,8 = 3532\text{N}$$

Síla na kolo:

$$F = (\sqrt{F^2 + F_b^2})/2 = 6854\text{N}$$

Kontrola čepu na ohyb:

$$\sigma_o = M_o / W_o$$

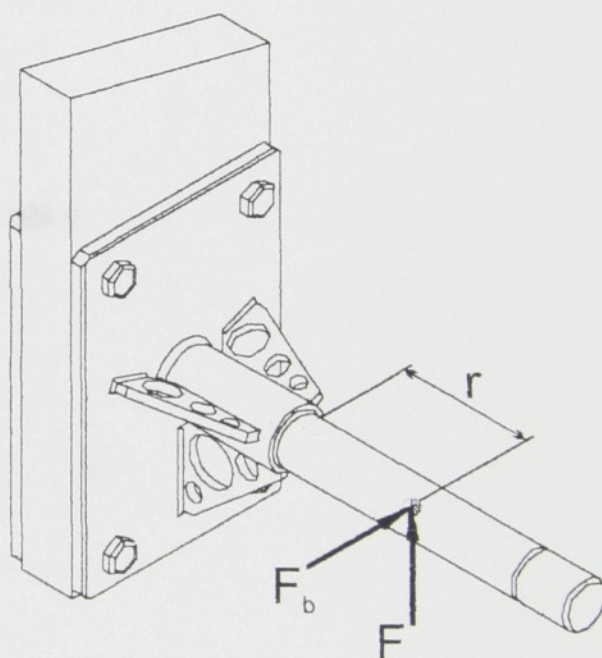
$$M_o = F \cdot r = 6854 \cdot 0,057 = 390\,678\text{Nmm}$$

$$W_o = \pi \cdot D^3 / 32 \quad (\text{ØD zvolen } 17\text{mm})$$

$$W_o = \pi \cdot 17^3 / 32 = 482,3\text{mm}^3$$

$$\sigma_o = 390678 / 482,3 = 810\text{MPa}$$

pro zvolený materiál 15 230 je  $R_e = 850\text{MPa}$





$810\text{MPa} < 850\text{MPa} \Rightarrow$  čep vyhovuje

Kontrola šroubového spoje:

$f_t = 0,5$  (třecí koeficient mezi laminátovou nohou a uložením kola)

$$F = F_Q \cdot f$$

$$F_Q = F/f_t = 6854/0,5 = 13\,708\text{N}$$

pro materiál šroubu 11 600 je  $\sigma_{Dt} = 200\text{MPa}$

$$\sigma_{Dt} = F_Q / (4 \cdot S_3)$$

$$S_3 = F_Q / (4 \cdot \sigma_{Dt}) = 13708 / (4 \cdot 200) = 17,1\text{mm}^2$$

$$S_3 = \pi \cdot D_3^2 / 4$$

$$D_3 = \sqrt{(4 \cdot S_3 / \pi)} = \sqrt{(4 \cdot 17,1 / \pi)} = 4,6\text{mm} \quad \text{zvolen šroub M6}$$

#### 4. Technologický postup

Počátek souřadného systému x,z je na čele obrobku.

1. upnutí polotovaru  $\varnothing 25\text{mm}$
2. posun počátku na čelo obrobku  
nastavení otáček  $S = 1000\text{ ot/min}$   
nastavení posuvu  $F = 0,2\text{ mm/ot}$   
nastavení směru otáčení vřetena M03  
volba nástroje: hrubovací nůž levý T0101  
G54 S1000 F200 M03 T0101  
G92 X0.000 Z130.000  
G59
3. odjezd nástroje do výchozí polohy  
G00 X30.000 Z2.000
4. hrubování na  $\varnothing 18\text{mm}$  v délce 115mm cyklem  
G00 X23.000 Z2.000  
G84 X18.000 Z-115.000 P0=0 P2=0 D0=0.5 D2=0 D3=1000 F200
5. odjezd nástroje do výchozí polohy  
G00 X30.000 Z-115.000

G00 X30.000 Z2.000

6. volba nástroje: hladicí nůž levý T0202

změna otáček S= 1330 ot/min

změna posuvu F=0,12 mm/ot

T0202 S1330 F120

7. hlazení na Ø17mm v délce 115mm

G01 X17.000 Z-115.000

G00 X17.000 Z-115.000

8. odjezd nástroje do výchozí polohy

G00 X30.000 Z-115.000

G00 X30.000 Z2.000

9. hlazení na Ø16mm v délce 20mm

G00 X16.000 Z2.000

G01 X16.000 Z-20.000

10. volba nástroje: ubírací nůž levý ohnutý T0303

T0303

11. sražení čela 1x45°

G00 X30.000 Z2.000

G00 X18.000 Z1.000

G01 X12.000 Z1.000

12. odjezd nástroje do výchozí polohy

G00 X30.000 Z2.000

13. volba nástroje: závitový nůž pravý T0404

vypnutí korekce G40

změna otáček S= 360 ot/min

T0404 G40 S360

14. soustružení závitu M16 v délce 20mm

G85 X16.000 Z-20.000 F2000 P=-2 D3=2 D4=1 D5=60 D6=2454 D7=7

15. odjezd nástroje do výchozí polohy

G00 X30.000 Z2.000

16. zrušení posunutí nulového bodu



G53 G56

17. konec programu pro pravou stranu obrobku

M30

19. manuální otočení obrobku

20. upnutí polotovaru na  $\varnothing 17\text{mm}$

21. posun počátku na čelo obrobku

nastavení otáček  $S = 1000 \text{ ot/min}$

nastavení posuvu  $F = 0,2 \text{ mm/ot}$

nastavení směru otáčení vřetena M03

volba nástroje: hrubovací nůž levý T0101

G54 S1000 F200 M03 T0101

G92 X0.000 Z63.000

G59

22. odjezd nástroje do výchozí polohy

G00 X30.000 Z2.000

23. hrubování na  $\varnothing 18\text{mm}$  v délce 45mm cyklem

G00 X23.000 Z2.000

G84 X18.000 Z-45.000 P0=0 P2=0 D0=0.5 D2=0 D3=1000 F200

24. hrubování na  $\varnothing 22\text{mm}$  v délce 45mm až 90mm cyklem

G00 X23.000 Z-42.000

G84 X22.000 Z-90.000 P0=0 P2=0 D0=0.5 D2=0 D3=1000 F200

25. odjezd nástroje do výchozí polohy

G00 X30.000 Z-45.000

G00 X30.000 Z2.000

26. volba nástroje: hladicí nůž levý T0202

změna otáček  $S = 1330 \text{ ot/min}$

změna posuvu  $F = 0,12 \text{ mm/ot}$

T0202 S1330 F120

27. hlazení na  $\varnothing 17\text{mm}$  v délce 45mm

G01 X17.000 Z-45.000

G00 X17.000 Z-45.000

28. odjezd nástroje do výchozí polohy  
G00 X30.000 Z-45.000  
G00 X30.000 Z2.000
29. hlazení na  $\varnothing 16\text{mm}$  v délce 14mm  
G00 X16.000 Z2.000  
G01 X16.000 Z-14.000
30. volba nástroje: ubírací nůž levý ohnutý T0203  
T0303
31. sražení čela  $1 \times 45^\circ$   
G00 X30.000 Z2.000  
G00 X18.000 Z1.000  
G01 X12.000 Z1.000
32. odjezd nástroje do výchozí polohy  
G00 X30.000 Z2.000
33. volba nástroje: závitový nůž pravý T0404  
vypnutí korekce G40  
změna otáček  $S = 360 \text{ ot/min}$   
T0404 G40 S360
34. soustružení závitu M16 v délce 10mm  
G85 X16.000 Z-10.000 F2000 P=-2 D3=2 D4=1 D5=60 D6=2454 D7=7
35. odjezd nástroje do výchozí polohy  
G00 X30.000 Z2.000
36. zrušení posunutí nulového bodu  
G53 G56
37. konec programu  
M30

Poznámka: Z konstrukčního důvodu soustruhu E120/120P je nutné vrtání díry  $\varnothing 14\text{mm}$  v délce 62mm provést na jiném soustruhu.



## 5. Výběr nástrojů, obsazení nástrojové hlavy

Pro danou součást jsme použili standardní nástroje s břity ze slinutého karbidu.

| Pozice v držáku | Číslo nástroje | Název                   | Označení dle ČSN |
|-----------------|----------------|-------------------------|------------------|
| 1               | T0101          | hrubovací nůž levý      | 22 3717          |
| 2               | T0202          | hladící nůž levý        | 22 3137          |
| 3               | T0303          | ubírací nůž levý ohnutý | 22 3712          |
| 4               | T0404          | závitový nůž levý       | 22 3531          |

## 6. Stanovení řezných podmínek

Ke stanovení řezných podmínek jsme vycházeli z normativů pro CNC soustruhy. Jako řezný materiál nástroje byl použit slinutý karbid P20. Vzhledem k rozměrům součásti, zvolené hloubce třísky a použitého nástroje jsou operace prováděny bez chlazení.

Hrubování  $\varnothing 25\text{mm}$  na  $\varnothing 23\text{mm}$  v délce 115mm

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

$$v = 157\text{ m/min}$$

$$T = 30\text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 157 \cdot 0,5 = 78,5\text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 78,5 \cdot 10^3 / (\pi \cdot 23) = 1000\text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 23\text{mm}$  na  $\varnothing 21\text{mm}$  v délce 115mm

$$h = 1\text{mm}$$

$$v = 157\text{ m/min}$$

$$T = 30\text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 78,5\text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1100\text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 21\text{mm}$  na  $\varnothing 19\text{mm}$  v délce 115mm

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

$$v = 162 \text{ m/min}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 85 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1350 \text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 19\text{mm}$  na  $\varnothing 18\text{mm}$  v délce 115mm

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

$$v = 175 \text{ m/min}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 87,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1550 \text{ ot/min}$$

Soustružení načisto  $\varnothing 18\text{mm}$  na  $\varnothing 17\text{mm}$  v délce 115mm

$$h = 2\text{mm} \quad R_a = 1,6\mu\text{m}$$

$$v = 175 \text{ m/min}$$

$$s = 0,12\text{mm/ot}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 87,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1650 \text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 17\text{mm}$  na  $\varnothing 16\text{mm}$  v délce 20mm

$$h = 1\text{mm}$$

$$v = 175 \text{ m/min}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 87,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1550 \text{ ot/min}$$



Soustružení závitu M16 v délce 20mm

$P = 2\text{mm}$  (stoupání závitu)

$R_a = 6,3\mu\text{m}$

$v = 38\text{m/min}$

$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 19\text{ m/min}$

počet záběrů: 6 hrubovacích

3 dokončovacích

$T = 25\text{ min}$

$VB = 0,4\text{mm}$  (maximální otupení břitu)

$n = (3 \cdot v_{sk}) / (2 \cdot \pi \cdot D) = 1010\text{ ot/min}$

Otočení a upnutí součástí součástí

Hrubování  $\varnothing 25\text{mm}$  na  $\varnothing 23\text{mm}$  v délce 45mm až 90mm

$h = 2\text{mm}$

$v = 157\text{ m/min}$

$T = 30\text{ min}$

$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 78,5\text{ m/min}$

$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1000\text{ ot/min}$

Hrubování  $\varnothing 23\text{mm}$  na  $\varnothing 21\text{mm}$  v délce 45mm až 90mm

$h = 1\text{mm}$

$v = 157\text{ m/min}$

$T = 30\text{ min}$

$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 78,5\text{ m/min}$

$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1100\text{ ot/min}$

Hrubování  $\varnothing 21\text{mm}$  na  $\varnothing 19\text{mm}$  v délce 45mm

$h = 2\text{mm}$

$v = 162\text{ m/min}$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 85 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1350 \text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 19\text{mm}$  na  $\varnothing 18\text{mm}$  v délce 45mm

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

$$v = 175 \text{ m/min}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 87,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1550 \text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 25\text{mm}$  na  $\varnothing 23\text{mm}$

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

$$v = 157 \text{ m/min}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 78,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1000 \text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 23\text{mm}$  na  $\varnothing 22\text{mm}$

$$h = 1\text{mm}$$

$$v = 157 \text{ m/min}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 78,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1100 \text{ ot/min}$$

Soustružení načisto  $\varnothing 18\text{mm}$  na  $\varnothing 17\text{h6}$  v délce 45mm

$$h = 2\text{mm} \quad R_a = 1,6\mu\text{m}$$

$$v = 175 \text{ m/min}$$

$$s = 0,12\text{mm/ot}$$

$$T = 30 \text{ min}$$



$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 87,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1650 \text{ ot/min}$$

Hrubování  $\varnothing 17\text{mm}$  na  $\varnothing 16\text{mm}$  v délce 14mm

$$h = 1\text{mm}$$

$$v = 175 \text{ m/min}$$

$$T = 30 \text{ min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 87,5 \text{ m/min}$$

$$n = v_{sk} / (\pi \cdot D) = 1550 \text{ ot/min}$$

Soustružení závitu M16 délce 14mm

$$P = 2\text{mm (stoupání závitu)}$$

$$R_a = 6,3\mu\text{m}$$

$$v = 38\text{m/min}$$

$$v_{sk} = v \cdot k_{vL} = 19 \text{ m/min}$$

počet záběrů: 6 hrubovacích

3 dokončovací

$$T = 25 \text{ min}$$

$$VB = 0,4\text{mm (maximální otupení břitu)}$$

$$n = (3 \cdot v_{sk}) / (2 \cdot \pi \cdot D) = 1010 \text{ ot/min}$$

poznámka: Výsledné hodnoty jsou zaokrouhleny na nejbližší celá čísla.

## 7. CNC program

### 7.1 Stavba CNC programu

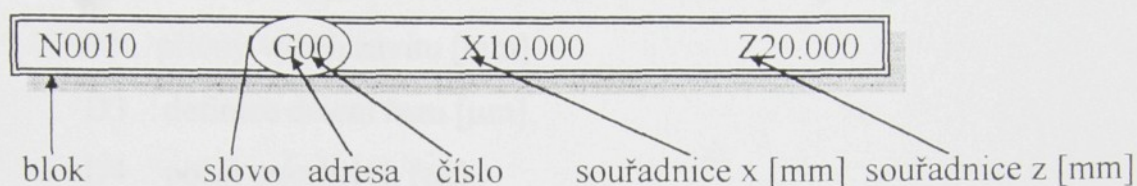
složení :

- číslo programu
- přípravná část (technologické údaje, posun nulového bodu)
- obsahová část (údaje potřebné k zhotovení výrobku)

- závěrečná část

členění programu:

- program se stává z bloků
- bloky ze slov
- slova z adresy a čísla



## 7.2 Seznam použitých příkazů

G54... vyvolání posunutí nulového bodu pod registrem 1

G92... uložení posunutí nulového bodu pod registrem 5 do paměti

G59... vyvolání posunutí nulového bodu pod registrem 5

G53... zrušení posunutí provedené funkcemi G54 a G55

G56... zrušení posunutí provedené funkcemi G57, G58 a G59

M03... roztočení vřetena po směru hodinových ručiček

G00... pracovní posuv z místa, kde se nůž nachází na místo o souřadnicích x,z

G01... pracovní posuv místa kde se nůž nachází, na místo o souřadnicích x,z

Nxxxx G00 Xxx.xxx Zxx.xxx Fxxx

S... .. nastavení otáček vřetena v ot/min

F... .. nastavení posuvu v  $\mu\text{m}/\text{ot}$

T... .. číslo zásobníku nástroje

G84... cyklus čelního a podélného soustružení

Nxxxx G84 Xxx.xxx Zxx.xxx P0=xx.xxx P2=xx.xxx D0=xxx D2=xxx

D3=xxx Fxxx

P0... kuželová míra v ose x [mm]

P2... kuželová míra v ose z [mm]

D0... přídavek na opracování v ose x [ $\mu\text{m}$ ]

D2... přídavek na opracování v ose z [ $\mu\text{m}$ ]



D3... hloubka řezu [ $\mu\text{m}$ ]

G58... cyklus na soustružení závitů

Nxxxx G58 Xxx.xxx Zxx.xxx P2xxx D3xxx D4xxx D5xxx D6xxx

D7xxx Fxxx

X,Z...souřadnice koncového bodu závitu K nebo N [mm]

P2... příčný výběh závitu [mm]

D3... definice dělení řezu [ $\mu\text{m}$ ]

D4... počet prázdných řezů

D5... úhel profilu závitu [ $^{\circ}$ ]

D6... hloubka závitu [ $\mu\text{m}$ ]

D7... parametr průřezu třísky

F.....stoupání závitu

G41,G42... korekce dráhy nástroje

G40... zrušení korekce dráhy nástroje

M30... konec programu s návratem na začátek, vypnutí chlazení, zastavení  
vřetena, zrušení dráhové korekce

System EMCOTronic umožňuje programování dráhy nástroje v absolutních souřadnicích x,z , přírůstkových u,v nebo ve smíšených.

## 7.4 CNC program pro výrobu čepu

- obrábění pravé části obrobku

N0000 G54 M03 S1000 T0101 F200

N0010 G92 X0.000 Z130.000

N0020 G59

N0030 G00 X30.000 Z2.000

N0040 G00 X23.000 Z2.000

N0050 G84 X18.000 Z-115.000 P0=0 P2=0 D0=0.5 D2=0 D3=1000 F200

N0060 G00 X30.000 Z-115.000  
 N0070 G00 X30.000 Z2.000  
 N0080 T0202 S1330 F120  
 N0090 G01 X17.000 Z-115.000  
 N0100 G00 X17.000 Z-115.000  
 N0110 G00 X30.000 Z-115.000  
 N0120 G00 X30.000 Z2.000  
 N0130 G00 X16.000 Z2.000  
 N0140 G01 X16.000 Z-20.000  
 N0150 T0303  
 N0160 G00 X30.000 Z2.000  
 N0170 G00 X18.000 Z1.000  
 N0180 G01 X12.000 Z1.000  
 N0190 G00 X30.000 Z2.000  
 N0200 T0404 G40 S360  
 N0210 G85 X16.000 Z-20.000 F2000 P=-2 D3=2 D4=1 D5=60 D6=2454 D7=7  
 N0220 G00 X30.000 Z2.000  
 N0230 G53 G56  
 N0240 M30

- otočení obrobku a upnutí do skličidla
- obrábění levé části obrobku

N0000 G54 M03 S1000 T0101 F200  
 N0010 G92 X0.000 Z130.000  
 N0020 G59  
 N0030 G00 X30.000 Z2.000  
 N0040 G00 X23.000 Z2.000  
 N0050 G84 X18.000 Z-45.000 P0=0 P2=0 D0=0.5 D2=0 D3=1000 F200  
 N0060 G00 X23.000 Z-42.000  
 N0070 G84 X22.000 Z-90.000 P0=0 P2=0 D0=0.5 D2=0 D3=1000 F200



N0080 G00 X30.000 Z-45.000  
N0090 G00 X30.000 Z2.000  
N0100 T0202 S1330 F120  
N0110 G01 X17.000 Z-45.000  
N0120 G00 X17.000 Z-45.000  
N0130 G00 X30.000 Z-45.000  
N0140 G00 X30.000 Z2.000  
N0150 G00 X16.000 Z2.000  
N0160 G01 X16.000 Z-14.000  
N0170 T0303  
N0180 G00 X30.000 Z2.000  
N0190 G00 X18.000 Z1.000  
N0200 G01 X12.000 Z1.000  
N0210 G00 X30.000 Z2.000  
N0220 T0404 G40 S360  
N0230 G85 X16.000 Z-10.000 F2000 P=-2 D3=2 D4=1 D5=60 D6=2454 D7=7  
N0240 G00 X30.000 Z2.000  
N0250 G53 G56  
N0260 M30

## 8. Závěr

Při přistávání ultralehkého letadla působí na podvozkovou část velké zatížení, které někdy dosahuje vysokých hodnot (až 3G). Tyto v konečném důsledku způsobují vylomení nebo praskání přistávacích noh.

V této práci se nám podařilo vyřešit pevnostní hledisko tohoto problému. Změnily jsme konstrukci a použili materiálů s vysokou pevností. Provedené úpravy také umožnily snížit hmotnost celé konstrukce, která je u těchto letadel prioritní.

V případě dalších inovací by jsem však doporučoval řešení v komplexnějším pohledu. Navrhoval bych vzít v úvahu i vlastní podvozkovou nohu, která má velký vliv na tlumení kritických sil při dosednutí kol na přistávací plochu. Jako vhodnou by bylo řešení metodou konečných prvků (FEM).



## Seznam použité literatury

VALIŠ L. : Návod na programování CNC soustruhu E120/120P s řídicím systémem

EMCOtronic TM02, Brno 1992

VÁVRA P. : Strojnické tabulky, Praha 1984

BENEŠ L. a kol. : Učebnice pilota, Praha 1992

NC soustruhy hrotové-poloautomatické-revolverové, Praha 1992

World Wide Web

## **Základní charakteristika obráběcího stroje E120/120P**

Stroj je vybaven revolverovou hlavou pro celkem osm nástrojů s řídící logikou, chlazením nástrojů, šikmým ložem pro snadný odvod třísek a doplňkovým příslušenstvím. Dále pak souvislým řízením dráhy ve dvou osách se stálou zpětnou polohovou vazbou a synchronizací posuvových pohonů. Pohon sklíčidla a koníku je realizován pneumaticky.

Svou konstrukcí je vhodný pro obrábění malých členitých součástí z kovů a plastů.

### **Technické a provozní parametry**

#### Pracovní rozsah

- Největší průměr obrobku.....90 mm
- Největší soustružená délka.....160 mm
- Oběžný průměr nad příčným suportem.....75 mm
- Oběžný průměr nad ložem.....180 mm

#### Revolverová hlava

- Maximální průměr stopky vrtáku.....12 mm
- Počet míst pro nástroje v revolverové hlavě.....8 ks

#### Pracovní vřeteno

- Vrtání vřetena.....20,7 mm
- Rozsah otáček.....150-400 Nm

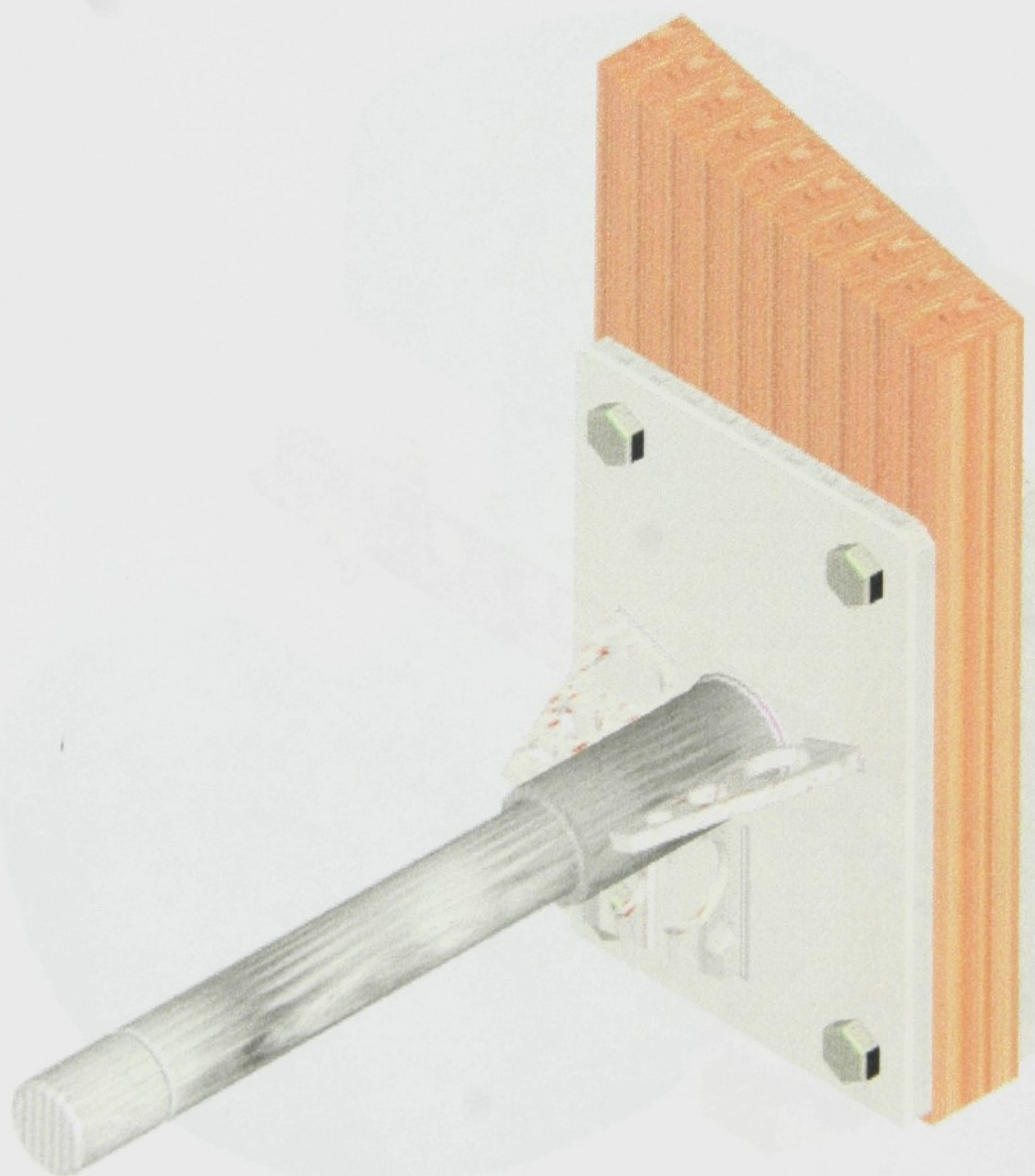
#### Posuvové pohony

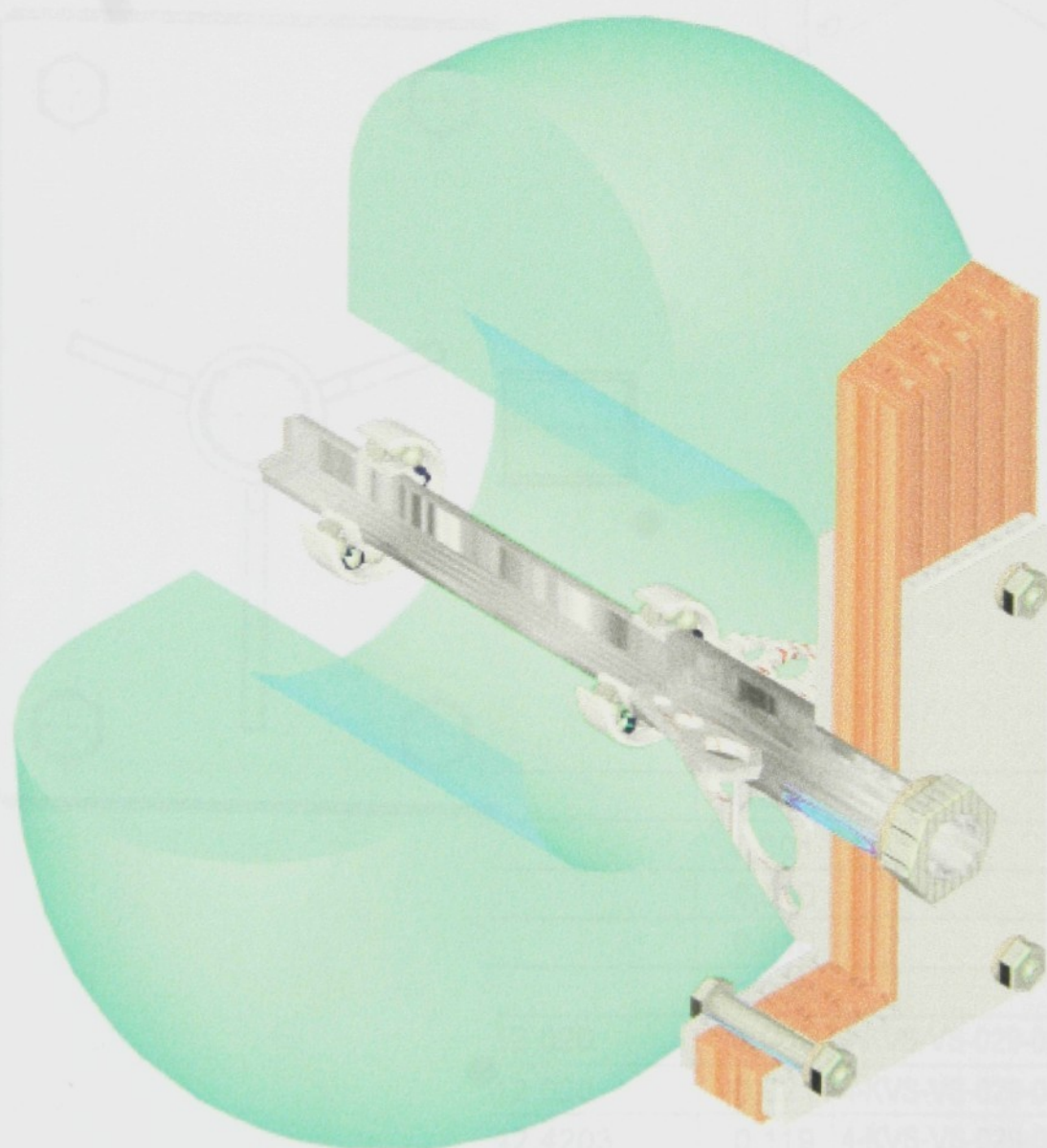
- Posuvová síla.....2000 N
- Rychloposuv.....3 m/min
- Posuv v osách X a Z.....1-2000 mm/min

#### Hlavní pohon

- Výkon stejnosměrného pohonu.....2,2-4 kW
- Maximální krouticí moment.....23 Nm







12 4203

0,119

4-KVS-VS-029-01-01

2

12 020

0,852

3-KVS-VS-029-01-01

1

MATERIAL

MOUNTING

REMARKS

DATE

TU LIBEREC

MOUNTING

DATE

REMARKS

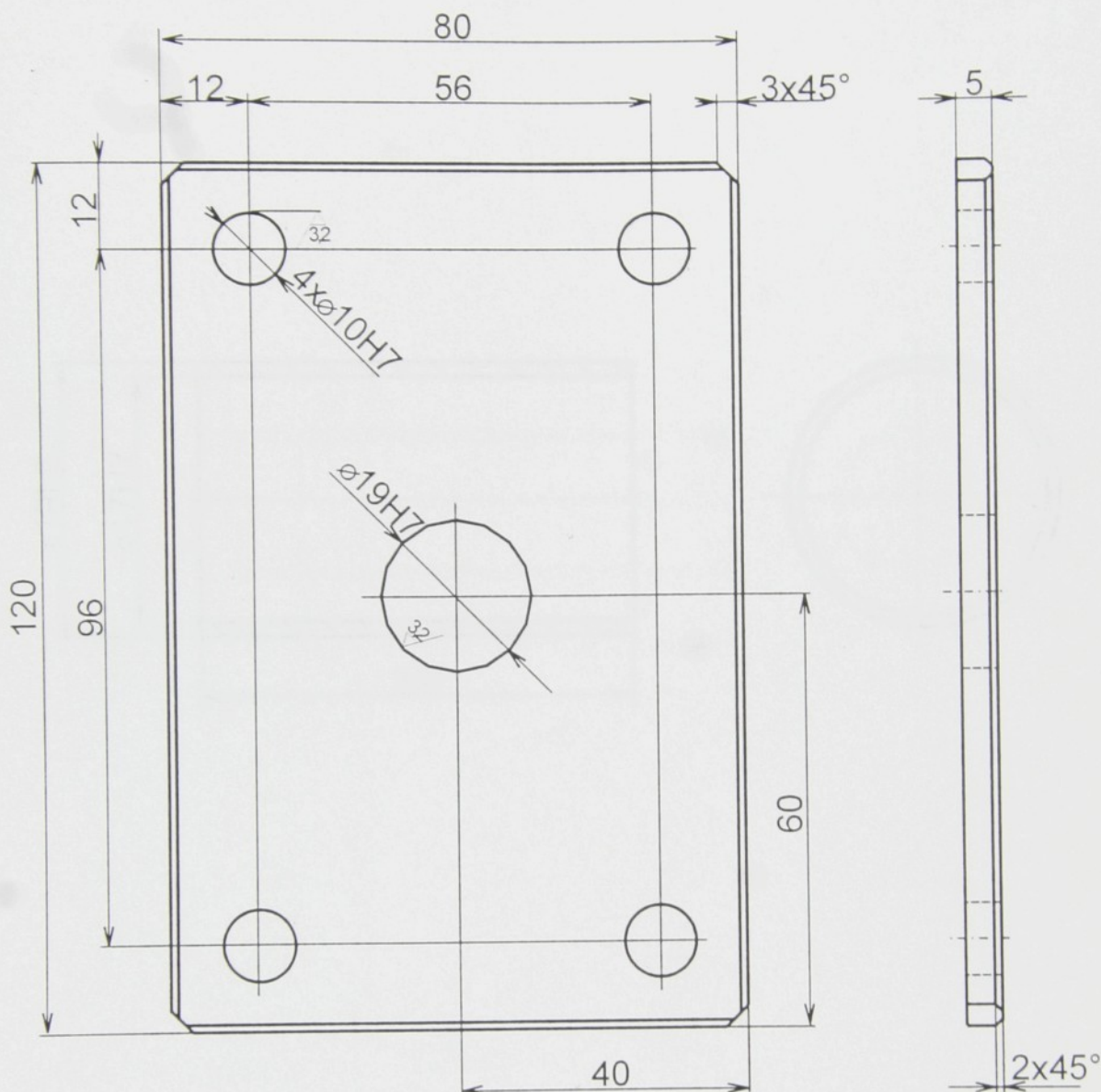
DATE

TOP

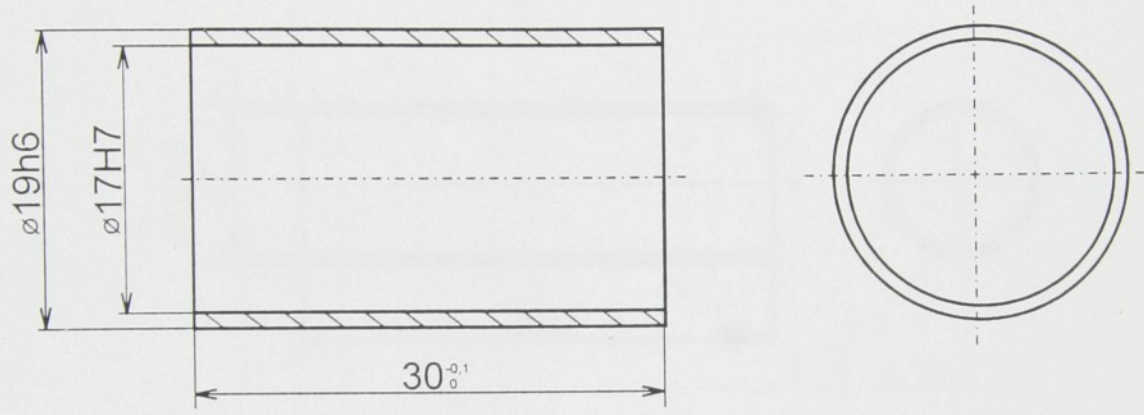
3-KVS-VS-029-01

11/09



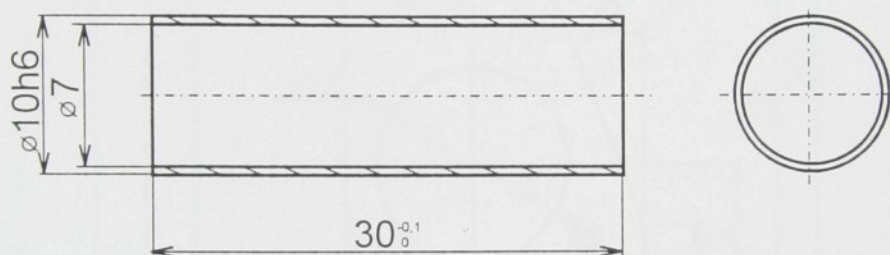


|                  |  |                         |  |                    |  |             |  |
|------------------|--|-------------------------|--|--------------------|--|-------------|--|
| ZMENA            |  | DATUM                   |  | PODPIS             |  | TU LIBEREC  |  |
| ERIAL 42 4203    |  | KRESLIL <i>Stěpánek</i> |  | HMOTNOST 0,119     |  | MĚŘÍTKO 1:1 |  |
| OTOVAR P5-120x80 |  | DNE 18.5.1998           |  | TYP                |  | SKUPINA     |  |
| RMA ČSN 42 7302  |  |                         |  |                    |  |             |  |
| EV               |  | DESKA                   |  | 4-KVS-VS-029-01-02 |  |             |  |
| Listů 1          |  |                         |  |                    |  |             |  |
| List 1           |  |                         |  |                    |  |             |  |
|                  |  |                         |  |                    |  |             |  |

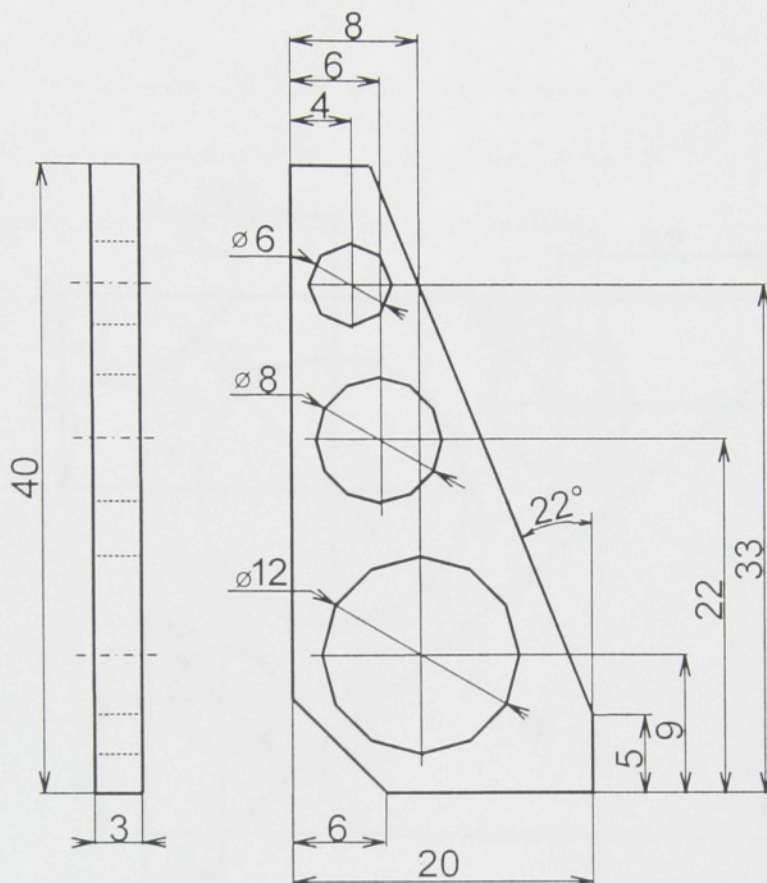


|                 |  |                         |  |                    |  |             |  |
|-----------------|--|-------------------------|--|--------------------|--|-------------|--|
| ZMENA           |  | DATUM                   |  | PODPIS             |  | TU LIBEREC  |  |
| TERIÁL 12 020   |  | KRESLIL <i>Stěpánek</i> |  | HMOTNOST 0,021     |  | MĚŘÍTKO 2:1 |  |
| LOTOVAR ø 20x32 |  | DNE 18.5. 1998          |  | TYP                |  | SKUPINA     |  |
| RMA ČSN 42 6510 |  |                         |  |                    |  |             |  |
| ZE V            |  |                         |  | 4-KVS-VS-029-01-03 |  |             |  |
| POUZDRO VELKÉ   |  |                         |  | Listů 1            |  |             |  |
|                 |  |                         |  | List 1             |  |             |  |



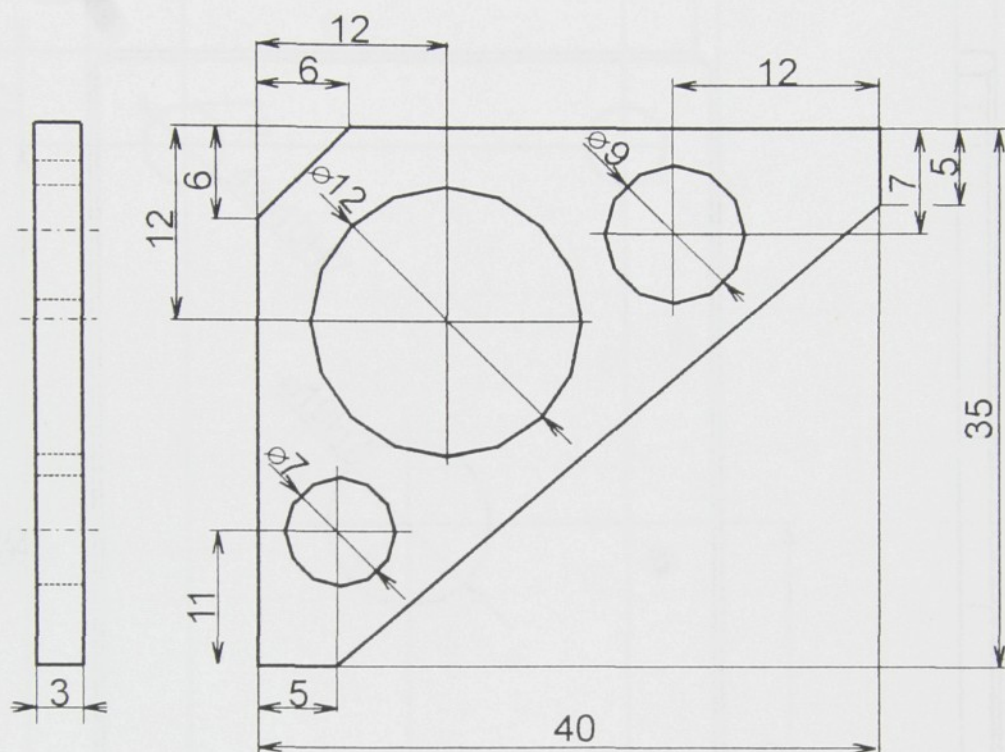


|                                   |  |                         |        |                    |             |
|-----------------------------------|--|-------------------------|--------|--------------------|-------------|
| ZMENA                             |  | DATUM                   | PODPIS | TU LIBEREC         |             |
| MATERIÁL 12 020                   |  | KRESLIL <i>Stěpánek</i> |        | HMOTNOST 0,009     | MĚŘÍTKO 2:1 |
| OTOVAR $\varnothing 11 \times 32$ |  | DNE 18.5.1998           |        | TYP                | SKUPINA     |
| RMA ČSN 42 6510                   |  |                         |        |                    |             |
| POUZDRO MALÉ                      |  |                         |        | 4-KVS-VS-029-01-04 |             |
|                                   |  |                         |        | Listů 1            | List 1      |



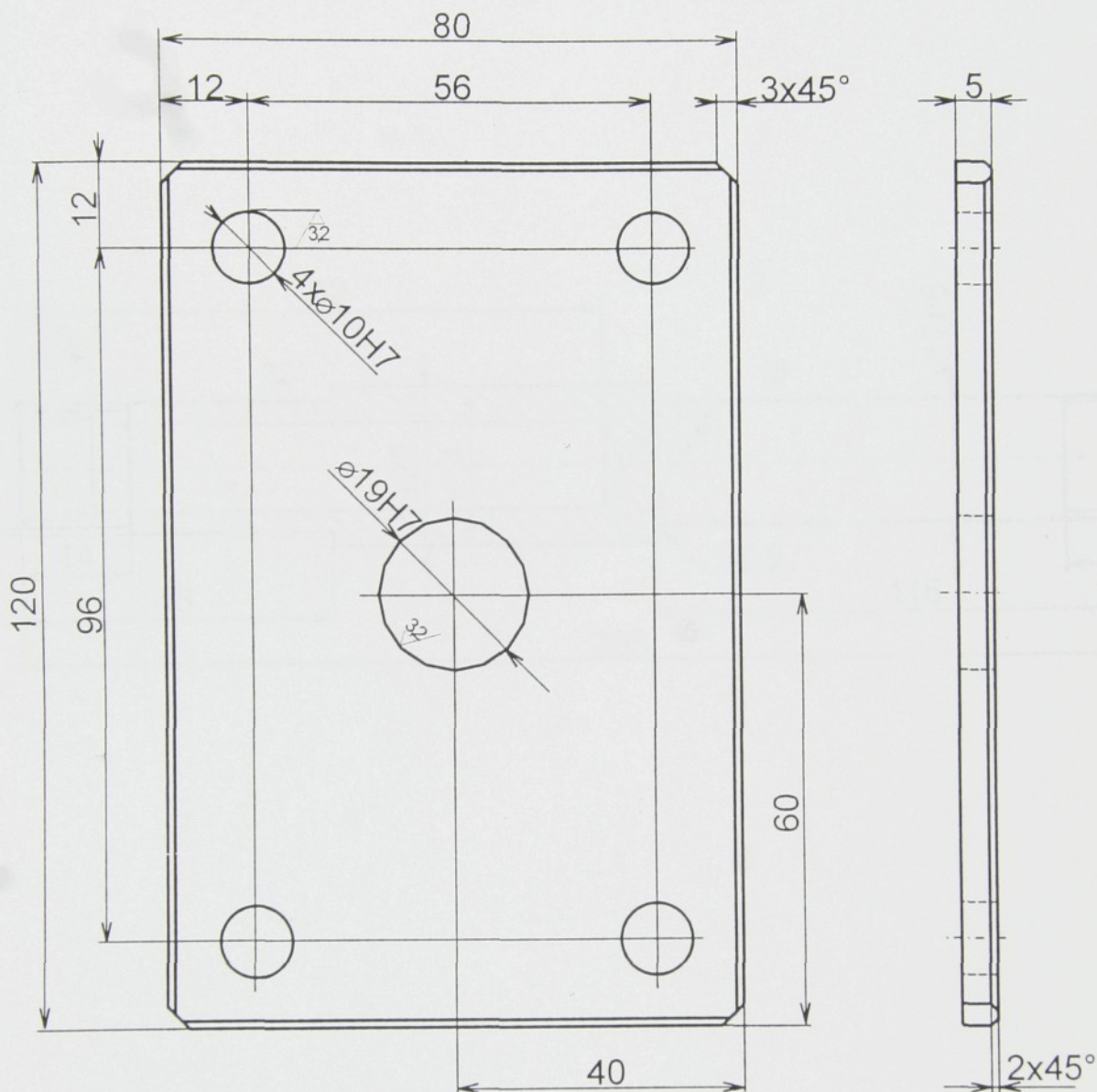
|                  |  |                         |  |                       |  |             |  |
|------------------|--|-------------------------|--|-----------------------|--|-------------|--|
| ZMENA            |  | DATUM                   |  | PODPIS                |  | TU LIBEREC  |  |
| MATERIÁL 12 024  |  | KRESLIL <i>Stěpánek</i> |  | HMOTNOST 0,009        |  | MĚŘÍTKO 2:1 |  |
| LOTOVAR P3-40x35 |  | DNE 18.5.1998           |  | TYP                   |  | SKUPINA     |  |
| RMA ČSN 42 5310  |  |                         |  |                       |  |             |  |
| VÝSTUHA MALÁ     |  |                         |  | 4-KVS-VS-029-01-01-11 |  |             |  |
|                  |  |                         |  | Listů 1               |  |             |  |
|                  |  |                         |  | List 1                |  |             |  |





|                 |                         |        |                       |             |
|-----------------|-------------------------|--------|-----------------------|-------------|
| ZMENA           | DATUM                   | PODPIS | TU LIBEREC            |             |
| ERIAL 12 024    | KRESLIL <i>Štěpánek</i> |        | HMOTNOST 0,010        | MĚŘITKO 2:1 |
| OTOVAR P3-40x35 | DNE 18.5.1998           |        | TYP                   | SKUPINA     |
| MA ČSN 42 5310  |                         |        |                       |             |
| VÝSTUHA VELKÁ   |                         |        | 4-KVS-VS-029-01-01-12 |             |
|                 |                         |        | Listů 1 List 1        |             |

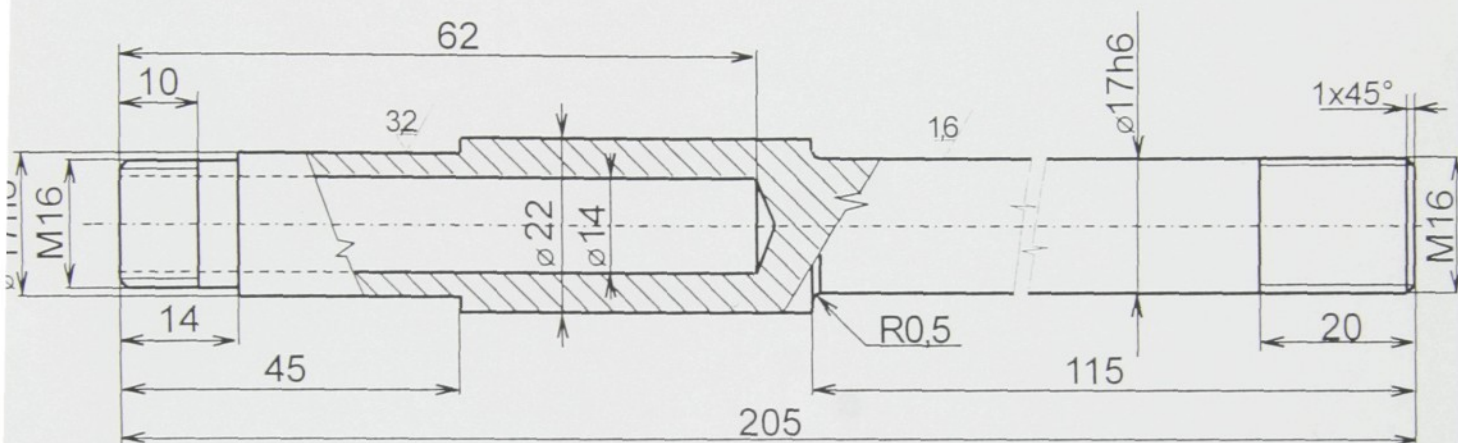
6,3/ (✓/)



|                    |  |                         |                       |                |             |
|--------------------|--|-------------------------|-----------------------|----------------|-------------|
| ZMĚNA              |  | DATUM                   | PODPIS                | TU LIBEREC     |             |
| MATERIÁL 12 024    |  | KRESLIL <i>Stěpánek</i> |                       | HMOTNOST 0,346 | MĚŘÍTKO 1:1 |
| OZNAČENÍ P5-120x80 |  | DNE 18.5.1998           |                       | TYP            | SKUPINA     |
| NORMA ČSN 42 5310  |  |                         |                       |                |             |
| PŘÍRUBA            |  |                         | 4-KVS-VS-029-01-01-13 |                |             |
|                    |  |                         | Listů 1               |                |             |
|                    |  |                         | List 1                |                |             |



6,3/ (✓)



|                  |  |                         |  |                       |  |             |  |
|------------------|--|-------------------------|--|-----------------------|--|-------------|--|
| ZMENA            |  | DATUM                   |  | PODPIS                |  | TU LIBEREC  |  |
| MATERIÁL 15 230  |  | KRESLIL <i>Stěpánek</i> |  | HMOTNOST 0,289        |  | MÉRITKO 1:1 |  |
| OLOTOVAR ø25-207 |  | DNE 18.5. 1998          |  | TYP                   |  | SKUPINA     |  |
| ORMA ČSN 42 6510 |  |                         |  |                       |  |             |  |
| ČEP              |  |                         |  | 4-KVS-VS-029-01-01-14 |  |             |  |
|                  |  |                         |  | Listů 1               |  |             |  |