



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

BAKALÁŘSKÝ PROJEKT

Kabinová sestava směrového zdvojeného řízení

Květen 1996

Jiří Härtl

Fakulta strojní

Katedra: výrobních systémů

Školní rok: 1995/96

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉHO PROJEKTU

pro Jiřího H Ä R T L A

obor: 23 - 81 - 7 Strojírenství

zaměření: výrobní stroje

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: Kabinová sestava směrového zdvojeného řízení

Zásady pro vypracování: Projekt musí obsahovat:

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 součásti

Rozsah průvodní zprávy: cca 20 stran

Seznam odborné literatury:

Vytlačil,M.: Technologie automatizovaných výrob

Vališ,L.: Návod na programování CNC soustruhu E 120/E120P-EMCO

KCS: Přednášky a cvičení - AutoCAD

Konzultant: Ing.Miroslav Hájek

Termín odevzdání bakalářského projektu: 24.5.1996

Doc.Ing.Přemysl Pokorný,CSc.

Vedoucí katedry



Prof.Ing.Jaroslav Exner,CSc.

Děkan

V Liberci dne 31.10.1995

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Univerzitní knihovna
Voroněžská 1329, Liberec 1
PSČ 461 17

KVS/VS
39 s., 1 s. příl., 15 rol. příl.

V 127/96 Sb

VZOROVÝ POSTUP NÁVRHU A PŘÍPRAVY VÝROBY SOUČÁSTI METODOU CAD-CAM

Obsahem této práce je návrh konstrukce směrového řízení ultralehkého letounu, metodou CAD a výroby zvolené součásti pro CNC soustruh E 120P s řídicím systémem Emcotronic TM02, metodou CAM. Tvorba programu CNC soustruhu je ruční.

Zpracovatel: TU Liberec, KVS

Dokončeno: 1996

Počet stran:	40
Počet příloh:	4
Počet obrázků:	19
Počet tabulek:	2

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

V Liberci, 24.5.1996



Seznam použitých zkratek a symbolů:

σ_O - napětí v ohybu	(Mpa)
σ_D - dovolené napětí v ohybu	(Mpa)
W_O -průřezový modul v ohybu	(mm ³)
M_O - ohybový moment	(Nm)
F - síla	(N)
F_X - smyková síla	(N)
R_A, R_B - reakce	(N)
k - bezpečnost	(-)

CAD - Computer Aided Design.

CAD systémy slouží ke grafickému návrhu tvaru budoucího výrobku.

CNC - Computer Numeric Control (pružný programovatelný stroj).

CL - Cutter Location (poloha nástrojů).

Jedná se o obecný soubor dat, standartizován pro všechny programy, ve kterém jsou zahrnuty např. pohyby nástrojů.

PP - Post Processing (následné zpracování).

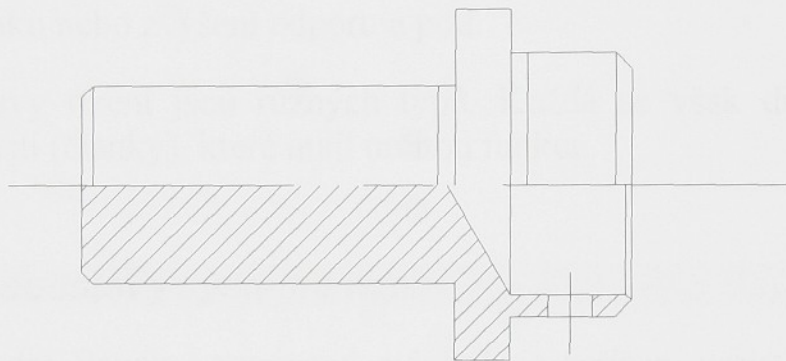
Jedná se o software (Postprocessor), který přeloží CL data do NC formátu určitého řídicího systému stroje.

Obsah:	strana
1. Úvod	8
2. Teorie řízení	9
2.1. Obsah soustavy systému řízení	9
2.1.1. Podskupiny řízení	9
2.1.2. Požadavky na soustavu řízení	10
2.2. Přímé řízení	10
2.3. Konstrukce nožního řízení	12
2.3.1. Řízení pákové	12
2.3.2. Řízení pedálové	13
2.3.3. Dvojité nožní řízení	15
3. Návrh a výpočet směrového zdvojeného řízení	17
3.1. Návrh varianty řešení	17
3.2. Návrh a výpočet jednotlivých dílů konstrukce	18
3.2.1. Únosnost pedálu	18
3.2.2. Návrh pedálu	19
3.2.3. Únosnost hřídele	20
3.2.4. Návrh hřídele	21
3.2.5. Výpočet únosnosti nýtů	23
4. Výkres konstrukce směrového zdvojeného řízení v AutoCADu	24
5. Technologický postup	25
5.1. Základní parametry pro tvorbu výrobního postupu	25
5.1.1. Technická příprava	26

5.2. Technologický postup výroby součásti	26
5.2.1. Stanovení řezných podmínek	29
5.2.2. Uspořádání nožů v nástrojové hlavě	32
6. CNC program	33
6.1. Ruční programování	33
6.2. Automatizované programování (metodou CAD-CAM)	33
6.2.1. Struktura CNC programu	34
6.2.2. Tvorba a kontrola CNC programu v simulačním programu EMCOTRONIC TM02	34
6.2.3. Program pro tvorbu polotovaru	35
6.2.4. Výpis CNC programu	37
6.2.5. Kontrola CNC programu	39
7. Závěr	39
Literatura	40
seznam příloh	40

1. Úvod

Cílem této práce je návrh konstrukce směrového řízení ultralehkého letounu, na základě poznatků z teorie a výběru z několika variant konstrukcí, dále na pevnostním výpočtu jednotlivých součástí, výběru materiálu a pod. Na veškerou výkresovou dokumentaci užít metodu CAD a na výrobu součástí (obr.1) užít metody CAM pro CNC soustruh E120P. Jedná se o ruční zadávání programu .



Obr.1 Výkres součásti

2. Teorie řízení

Řízení letounů umožňuje jeho ovládání ve vzduchu, pomocí pohyblivých částí draku letounu, které pilot ovládá z kabiny. Všechna zařízení, která slouží k ovládání letounů se dělí na dvě skupiny:

1. Vlastní řízení - slouží k přímému ovládání letounu kolem jeho os pomocí kormidel.
2. Pomocné řízení - slouží k vyvažování plošek zařízení pro zvýšení vztlaku nebo zvýšení odporu a pod.

Soustavy řízení jsou různých typů. Každá se však dá rozdělit na jednotlivé části (články), které mají určitou funkci.

2.1 Obsah soustavy systému řízení

- a) základní článek - nazývaný ovladač, je zařízení umístěné v kabině (řídící páka, nožní pedály, ...)
- b) spojovací článek (převody řízení) - zajišťují propojení od ovladače k výkonnému orgánu řízení (táhla, lana, páky, vahadla).
- c) výkonný článek - je to přímo řízení (kormidla, vztlakové klapky).
- d) kontrolní článek - signalizuje správnou polohu výkonného orgánu v kabině.

Podle ovládací síly, která působí na základní článek, tedy ovladač, je možné soustavy dělit na dvě skupiny:

1. Soustavy řízení ovládaných člověkem (pilotem).
2. Soustavy řízení letadel bezpilotních (pozn. tyto soustavy nepoužívají lehké letouny).

2.1.1 Podskupiny řízení

Soustavy řízení letadel ovládaných pilotem možno rozdělit na dvě podskupiny:

- a) Přímé řízení, kde pilot působí na ovladač a prostřednictvím spojovacího článku (převodu řízení) ovládá výkonný článek (kormidlo).

b) Nepřímé řízení - kde pilotova síla od řídicího orgánu v kabině je zesílena a touto silou je pak ovládáno kormidlo.

Podle ovládání se dělí řízení na :

1. Ruční - pohybem příčné páky se řídí příčné řízení (balanční křídélka), nebo kormidla podélného řízení (výškové kormidlo , plovoucí stabilizátor).
2. Nožní - vychylováním nožní řídicí páky je ovládan letoun kolem svislé osy pomocí směrového řízení (směrovým kormidlem, plovoucí kýlovou plochou).

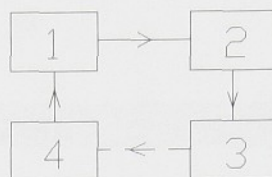
2.1.2 Požadavky na soustavu řízení:

- stálost funkce při možných deformacích konstrukce.
- minimální vůle ve spojích jednotlivých článků - velké vůle mohou být příčinou kmitání celé soustavy.
- minimální tření ve spojích a vedeních od základního článku až k orgánu řízení (velikost tření může nepříznivě ovlivnit velikost sil na řídicí orgány v kabině).
- zajištění potřebných vychylek kormidel řízení.

Musí se dbát na to , aby síly ve spojích jednotlivých článků neměnily za provozu letounu takový směr, který by byl příčinou možné deformace konstrukce. Dále musí být zabráněno působení velkých sil napříč táhel, které by mohly vyvolat jejich ohyb pro zmenšení tření se používá ve spojích táhel , pák, vahadel, v uložení hřídelů kladek, valivých ložisek apod. Pro vyloučení vůle lana se používá předpětí lana , které nesmí být závislé na pohybu převodu. Táhlá v tuhém převodu mívají stavitelné koncovky, v uložení hřídelů bývá osová vůle. V lanovém převodu má každá větev napínáky, které slouží k požadovanému předpětí lan a umožňují také stavitelnost lan.

2.2 Přímé řízení

Přímé řízení je takový druh řízení, kde pilot působí vlastní silou na řídicí orgány v kabině a přes mechanické převody ovládá přímo kormidla.



Obr.2 Blokové schéma přímého řízení

1. Základní článek (orgán řízení v kabině).
2. Spojovací článek (mechanický převod řízení).
3. Výkonový článek (kormidlo).
4. Kontrolní článek (ukazatel v kabině).

U přímého řízení se docílí ovládání kormidel, pomocí ručního a nožního řízení, umístěného v kabině. Úhel, vychýlení kormidel je volen podle potřebné hodnoty momentů vzhledem k ose letounu.

U současných letounů se volí úhly vychýlení zpravidla v rozmezí těchto hodnot:

balanční křídélka:	15 - 20 ° na obě strany
výškové kormidlo:	nahoru 26 - 32°, dolů 15 - 20°
plovací stabilizátor	
náběžná hrana:	nahoru 7 - 13°, dolů 15 - 28°
směrové kormidlo:	25 - 30° na obě strany

Úhel vychýlení řídicí páky je dán prostorem v kabině letounu a volí se tak, aby páky byly dobře ovladatelné pilotem a to ve všech polohách. Úhly vychýlení pák se volí takto:

ruční řídicí páka :	sobě 18 - 26 ° , od sebe 12 - 16 °
nožní řídicí páka :	70-100 mm chodu dopředu i dozadu (od neutrální osy)

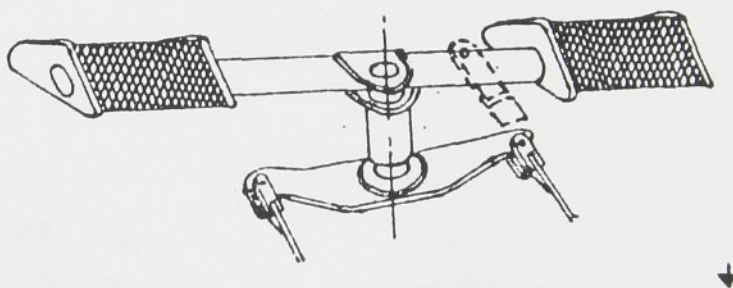
2.3 Konstrukce nožního řízení

Nožním řízením je ovládáno směrové kormidlo, proto je také nazýváno řízením směrovým. Často je s ním spojeno i ovládání brzd hlavních podvozkových kol a někdy i ovládání natáčení kola předního podvozku. Pilot ovládá směrové řízení nohama přibližně tak, že jedna noha se pohybuje dopředu a druhá dozadu, přičemž společně otáčejí pákou nožního řízení nebo vychylují pedály.

Nožní řízení může být konstrukčně řešeno jako :

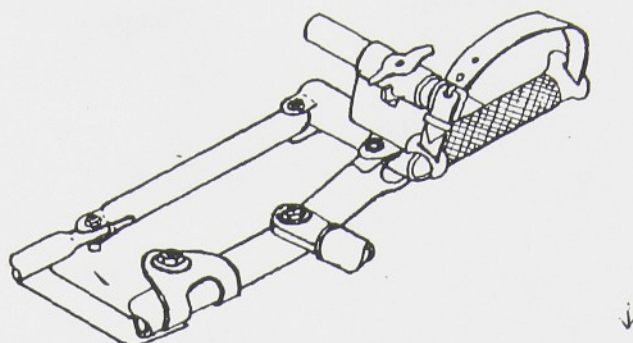
- řízení pákové
- řízení pedálové

2.3.1 Řízení pákové



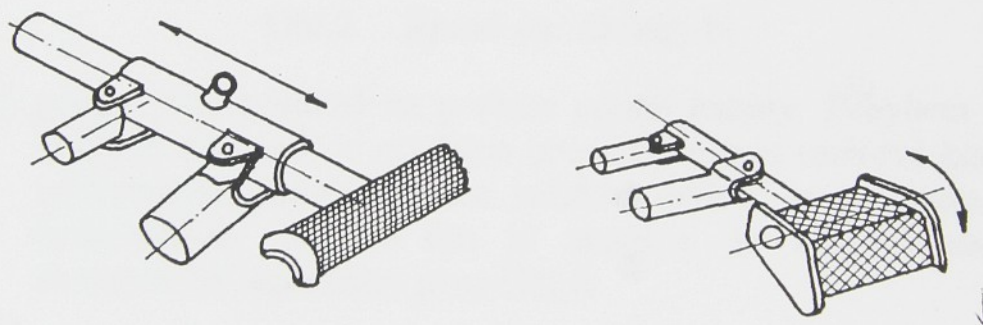
Obr.3 Řízení pákové

Páka má na koncích šlapky pro nohy a je otočná kolem svislé osy. Pohyb z ní je odveden ke kormidlu pomocí lanového, nebo tuhého převodu. Nevýhodou tohoto jednoduchého uspořádání je nutnost pohybu nohou po kružnici, přičemž mohou nohy klouzat ze šlapek. Tuto nevýhodu může odstranit uspořádání na Obr.4.



Obr. 4. vylepšené pákové řízení

Zde je použito dvou pák, spojených táhly v kloubový čtyřúhelník - paralelogram, na který jsou stavitelně přichyceny šlapky. Šlapky při otáčení paralelogramem zůstávají rovnoběžně s neutrální polohou (pohybují se rovnoběžně v rovině). Poloha nohy ve šlapce bývá navíc zajištěna bočními opěrkami, nebo třemenem. Aby mohli piloti různého vzrůstu ovládat letoun, bývá nožní řízení stavitelné. Příklady konstrukčního provedení stavění pákového řízení jsou na Obr. 5.

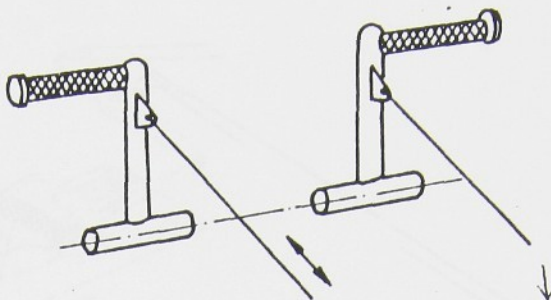


Obr. 5. Stavění pákového řízení

2.3.2 Řízení pedálové

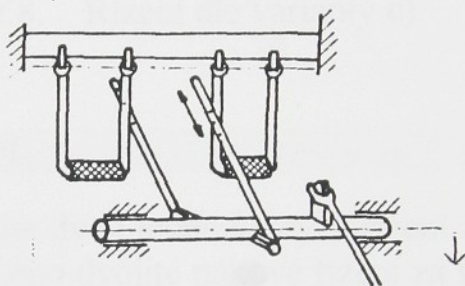
Používá se častěji u dopravních letounů. Konstrukční uspořádání pedálového řízení je trojího druhu :

- a) pedály jsou otočně zavěšeny na horním konci a pohybují se při působení síly od nohou dopředu a dozadu Obr. 6.



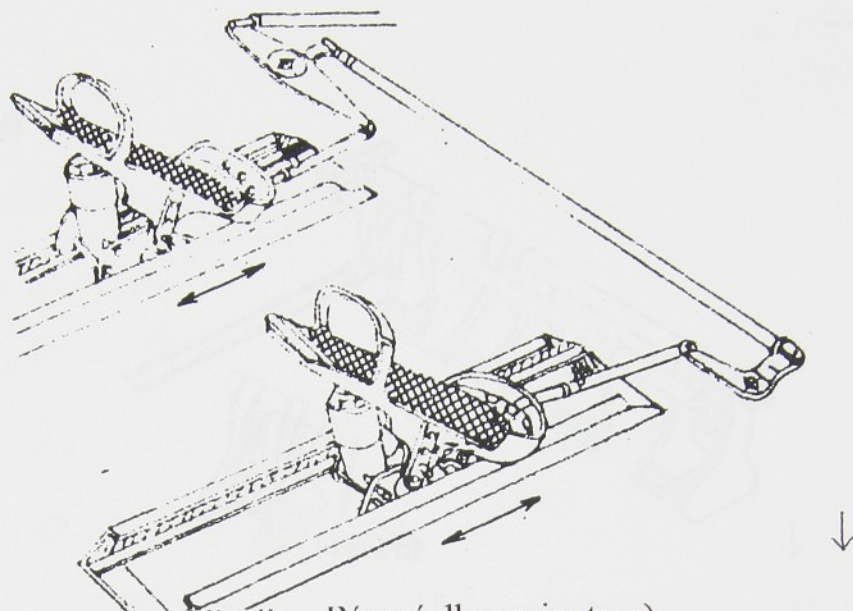
Obr.6. Řízení dle varianty a)

- b) pedály jsou otočně uloženy spodním koncem a pohyb z nich je sprostředkován ohebným převodem např. ocelovými lany Obr.7.



Obr.7. Řízení dle varianty b)

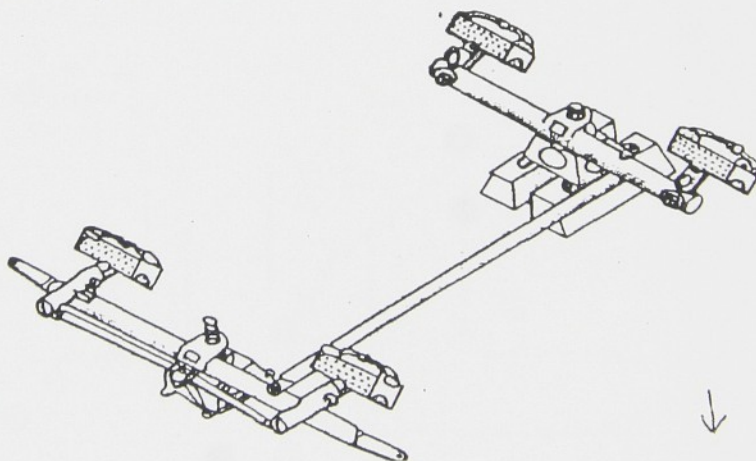
- c) pedály jsou posuvné na podlaze pilotní kabiny. Pohybem pedálů dopředu a dozadu je ovládáno pomocí převodu směrové kormidlo, sešlapováním horního konce každého pedálu, je stlačován píst v hydraulickém válci a tím je uváděna do činnosti soustava. Konstrukční uspořádání je na Obr.8.



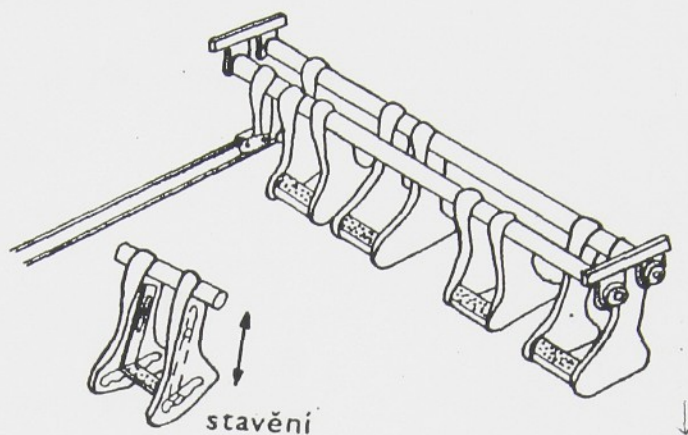
Obr.8. Řízení dle varianty c)

2.3.3 Dvojité nožní řízení

Je vytvořeno spojením dvou jednoduchých řízení za sebou nebo vedle sebe. Na Obr.9. je znázorněno dvojité pákové řízení za sebou, vhodné např. pro cvičný letoun, na Obr.10. je dvojité uspořádání řízení vedle sebe - s pedály otočně zavěšenými na horním konci.



Obr.9. Dvojité pákové řízení za sebou



Obr.10. Dvojité řízení pedálové vedle sebe

3. Návrh a výpočet směrového zdvojeného řízení

Úkolem je navrhnout zařízení k ovládání směrového řízení letounu kolem jeho svislé osy. Návrh je určen pro dopravní ultralehký letoun, dvoumístný, s posazením vedle sebe.

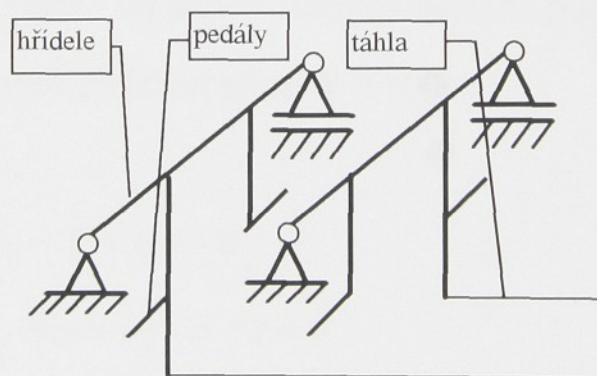
Požadavky na konstrukci jsou následující:

- malá hmotnost
- spolehlivost
- mechanické vlastnosti
- snadná smontovatelnost a pod.

Vzhledem k požadavku na malou hmotnost, jsou všechny hřídele a pedály zkonstruovány z trubek a dimenzovány na únosnost meze pevnosti, tak aby byly funkční i v kritických situacích letu.

3.1 Návrh varianty řešení

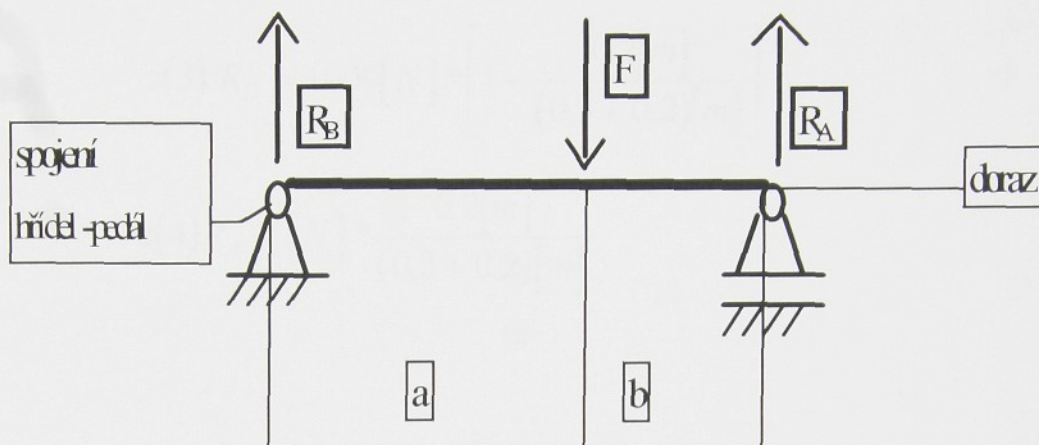
Pedály jsou otočně uloženy horním koncem a pohyb z nich je zprostředkován převodem, pomocí ocelových lan (viz Obr.10. z teorie řízení).



Obr.11. schéma konstrukce:

3.2 Návrh a výpočet jednotlivých dílů konstrukce

3.2.1 Únosnost pedálů



Obr.12. Schéma pedálu

Popis: Pedál je zde schématicky znázorněn jako nosník o dvou podporách, v místě B je spojení pedálu s hřídelem a v místě A s dorazem. Nosník počítáme na průhyb, tedy při maximální poloze vychýlení pedálu.

- vzdálenost šlapky od hřídele $a = 300$ mm
- vzdálenost šlapky od dorazu (umístněného na podlaze) $b = 200$ mm
- síla působící na pedál od pilota $F = 1000$ N

rovnováha sil:

$$R_A - F + R_B = 0 \quad (1)$$

$$M_{(B)}: R_A \cdot (a + b) - F \cdot b = 0 \quad (2)$$

z rovnice (2) vypočítáme reakci R_A

$$z(2): R_A = F \cdot \frac{b}{a + b} \quad (3)$$

z rovnice (1) nám výjde reakce R_B

$$z(1): R_B = F * \left(1 - \frac{b}{a+b}\right) \quad (4)$$

$$z(3): R_B = 1000[N] * \left[1 - \frac{0,2[m]}{(0,3 + 0,2)[m]}\right]$$

$$z(4) R_A = [N] * \frac{0,2[m]}{(0,3 + 0,2)[m]}$$

3.2.2 Návrh pedálu

pevnostní rovnice pro ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_D \quad (5)$$

maximální ohybový moment M_o

$$M_o = \frac{F * a * b}{a + b} \quad (6)$$

$$M_o = \frac{1000[N] * 200[mm] * 300[mm]}{200[mm] + 300[mm]}$$

$$M_o = 1,2 * 10^5 [Nmm]$$

vyhledáme z tab. dovolené napětí na mezi pevnosti pro materiál ČSN 11373

$$R_m = 200 \div 400 MPa$$

volím $R_m = 350 MPa$

pro výpočet budeme uvažovat bezpečnost : $k=1,5$

Zvolíme si rozměry trubky $\varnothing D$, $\varnothing d$ a vypočítáme průřezový modul W_o v ohybu pro trubku, který má tvar:

$$W_o = \frac{\pi * D^3}{32} * \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] \quad (7)$$

takto námi vypočítaný průřezový modul vložíme do pevnostní ohybové rovnice (5) a zkontrolujeme σ_o jestli vyhovuje bezpečnosti k

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma_o} \quad (8)$$

Volím trubku TR $\varnothing 28 * 1$ ČSN 425715.01-11373

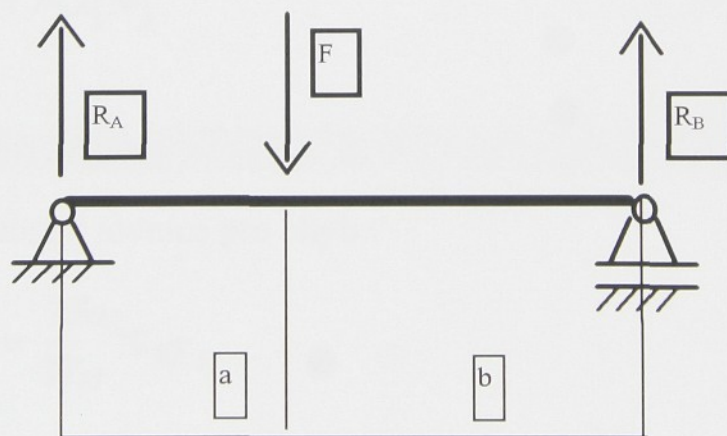
$$\sigma_o = 217,05 \text{ MPa}$$

$$W_o = 552.86 \text{ mm}^3$$

$$\varnothing D = 28 \text{ mm}$$

$$\varnothing d = 26 \text{ mm}$$

3.2.3 Únosnost hřídele



Obr.13. Schéma hřídele

Popis: Zde provedeme obdobný postup jako při návrhu pedálu, hřídel je uložen ve valivých ložiskách ČSN 02 3495, síla F se rovná reakci R_B z rovnice (4), vyvozené od pedálu.

$$F=400\text{N}$$

$$a=167\text{mm}$$

$$b=733\text{mm}$$

$$R_A - F + R_B = 0 \quad (9)$$

$$M_{(B)}: R_A * (a + b) - F * b = 0 \quad (10)$$

$$z(10): R_A = \frac{F * b}{a + b} \quad (11)$$

$$R_A = \frac{400[N] * 0,733[m]}{(0,167 + 0,733)[m]}$$

$$z(9): R_B = F - R_A \quad (12)$$

$$R_B = 400[N] - 325,8[N]$$

$$R_A = 325,8[N]$$

$$R_B = 74,2[N]$$

3.2.4 Návrh hřídele

pevnostní rovnice pro ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_D \quad (13)$$

maximální ohybový moment M_o :

$$M_o = \frac{F * a * b}{a + b} \quad (14)$$

$$M_o = \frac{400[N] * 167[mm] * 733[mm]}{167[mm] + 733[mm]}$$

$$M_o = 5,4 * 10^4 [Nmm]$$

dále vyhledáme z tab. dovolené napětí na mezi pevnosti pro materiál
ČSN42 4201

$$R_m = 360 - 400 MPa$$

volím $R_m = 360 \text{ Mpa}$

pro výpočet budeme uvažovat bezpečnost : $k=1,5$

Zvolíme si rozměry trubky $\varnothing D$, $\varnothing d$ a vypočítáme průřezový modul W_o v ohybu pro trubku, který má tvar:

$$W_o = \frac{\pi * D^3}{32} * \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] \quad (15)$$

takto námi vypočítaný průřezový modul vložíme do pevnostní ohybové rovnice (13) a zkontrolujeme σ_o , jestli vyhovuje bezpečnosti $\underline{k}$

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma_o} \quad (16)$$

Volím trubku TR $\varnothing 28 * 2$ ČSN 427710.22-424001

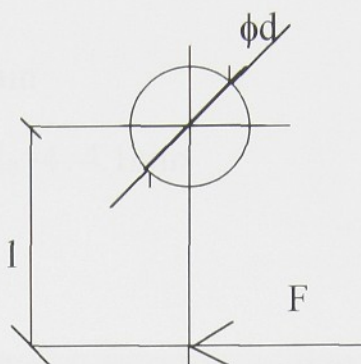
$$\sigma_o = 54,468 MPa$$

$$W_o = 991,36 [mm^3]$$

$$\varnothing D = 28 \text{ mm}$$

$$\varnothing d = 24 \text{ mm}$$

3.2.5 Výpočet únosnosti nýtů



Obr.14. Schéma konstrukce

Popis: Nýty jsou namáhány na střih a to na ϕd , spoje hřídele a pedálu.

F - působící síla na pedál

$$F = 1000 \text{ N}$$

F_X - smyková síla působící na nýty

ϕd - průměr na kterém působí smyková síla F_X

$$\phi d = 28 \text{ mm}$$

l - délka ramene působící síly F

$$l = 300 \text{ mm}$$

ekvivalentní rovnice soustavy sil:

$$F * l = F_X * \frac{d}{2} \quad (17)$$

z rovnice (17) si můžeme vyjádřit smykovou sílu

$$\Rightarrow F_X = \frac{2 * F * l}{d} \quad (18)$$

$$F_X = \frac{2 * 1000 [N] * 300 [mm]}{28 [mm]}$$

$$F_X = 21428.571 [N]$$

tuto smykovou sílu podělíme počtem nýtů, které svírají spoj, tak si zjistíme sílu působící na jeden nýt a provedeme volbu

Volím nýt BS - 0317 - 3908

$$F_{X/n}=1421 \text{ N}$$

průměr nýtu $d_1=\varnothing 4\text{mm}$

průměr díry pronýt $d_0=4\div 4.1\text{mm}$

počet nýtů $n=8$

4. Výkres konstrukce směrového řízení v AutoCADu

Sestava konstrukce nožního směrového řízení je v příloze, vzhledem k rozměrům a osy symetrie, je sestava zakreslena z poloviny. Výrobní výkresy jednotlivých součástí této konstrukce jsou také v příloze.

- označení: sestava FS - BAK III - 001 příloha č. I.
- výrobní výkres FS - BAK III - 002 příloha č. II.
- výrobní výkres FS - BAK III - 003 příloha č. III.

5. Technologický postup

5.1 Základní parametry pro tvorbu výrobního postupu

Na počátku přípravy výroby každé součásti je nutné stanovit některé základní parametry. Je dán tvar součásti (viz Obr.1, nebo výkres FS-BAK-002) a CNC stroj, na kterém bude součást vyráběna. Jedná se CNC soustruh E120p s řídicím systémem EMCOTRONIC TM02, s následujícími parametry:

Výkon stejnosměrného motoru	4kW
Maximální kroutící moment	23Nm
Posuv v osách X a Z	1-200 mm/min
Rychloposuv	3 m/min
Posuvová síla	2000 N
Rozsah otáček	150-4000 ot/min
Největší průměr obrobku	90 mm
Největší soustružená délka	160 mm
Počet míst v revolverové hlavě	8

Další informace, ze kterých vychází technologický postup je materiál a rozměr polotovaru. Polotovar musí být volen tak, aby se jeho tvar a rozměry co nejvíce přibližovaly rozměrům a tvaru součásti. Tím se sníží náklady na výrobu (menší odpad, kratší výrobní časy, nižší hmotnost polotovaru a pod.).

Pro náš případ výroby, kde se počítá s výrobou jedné součásti, byl zvolen normalizovaný polotovar kruhového průřezu. Pokud by byla součást vyráběna ve větších sériích, musel by být polotovar volen s ohledem na upínání tak, aby byl odpad co nejmenší (např. průchozí sklíčidlo).

Vnější maximální rozměry obráběné součásti jsou - $\varnothing 32 \times 52$ mm. Jako přídavek na opracování byly přidány 2 mm na délce, přídavek na průměru se nebude připočítávat, protože se bude obrábět do průměru.

Jako polotovar byla zvolena ocelová tyč z materiálu ČSN 11500.0 válcovaná za tepla, s třídou obrobiteľnosti 15b.

Norma polotovaru: Ø32 ČSN 42 5510.1-11 500.0

5.1.1 Technická příprava:

Technologickému postupu, předchází technologická příprava výroby. Základním podkladem je konstrukční výkres. Ten ukazuje součást jako celek ,ale také prvky na součásti co se týče rozměrů, tvarů, drsnosti a přesnosti.

Naše součást obsahuje zápichy, díry. Musí se doržet předepsaná tolerance pro uložení čep - ložisko.

5.2 Technologický postup výroby součásti

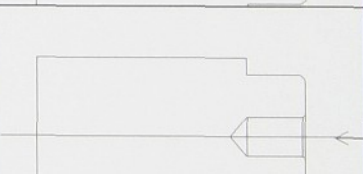
Existuje mnoho druhů technologických postupů, v našem případě byl zpracován technologický postup tak, aby co nejvíce vyhovoval danému typu výroby a účelu této práce. Protože se jedná o vzorový postup výroby součásti, je technologický postup zpracován tak, aby mohlo být provedeno srovnání technologického postupu s programem. Jelikož se jedná o výrobu na CNC soustruhu, není zde rozhodující počet úkonů a postup je členěn podle použití nástrojů s popisem vykonaných operací. Pro názornost jsou uvedeny obrázky po jednotlivých operacích obráběné součásti.

Technologický postup je rozdělen na dvě části , na pravou stranu sočásti a po otočení součásti, na levou s ohledem na programování.

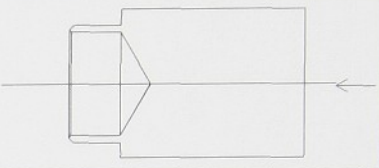
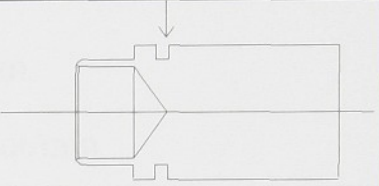
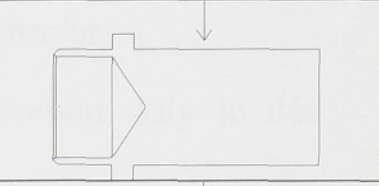
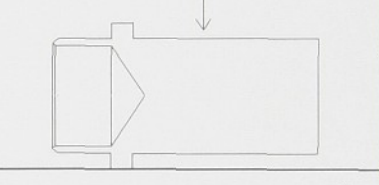
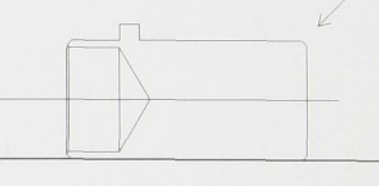
Pozn.: obrázek součásti je vyobrazen v úvodu, nebo na výkrese

FS-BAK III-003.

Tab.č.1- Technologický postup pravé strany součásti

Op.	nástroj	otáčky vřetena ot/min	posuv mm/ot	popis činnosti	schema
10.	Čelní nůž pravý ČSN223714	2865	0.120	Zarovnání čela (zapnuto chlazení)	
20.	Zapichovací nůž ČSN223550	895	0.125	Zápich (zapnuto chlazení)	
30.	Hrubovací nůž levý	1350	0.350	Soustružení na Ø24.5 mm (zapnuto chlazení)	
40.	Hladicí nůž levý ČSN223720	2122	0.220	Soustružení na Ø24 mm (zapnuto chlazení)	
50.	Hladicí nůž levý ČSN223720	2122	0.220	Sražení hrany na Ø24 mm	
60.	Středící vrták Ø4 mm	1980	0.80	Středící důlek Ø4 mm	
70.	Vrták Ø8 mm ČSN 221140	1010	0.110	Vrtání Ø8 mm	
80.	Vrták Ø14 mm ČSN 221140	550	0.170	Vrtání Ø14 mm	
90.	Vrták Ø20 mm ČSN 221140	370	0.230	Vrtání Ø20mm	

Tab.č.2-Technologický postup levé strany součásti

Op.	nástroj	otáčky vřetena ot/min	posuv mm/ot	popis činnosti	schema
10.	Čelní nůž pravý ČSN223714	2865	0.120	Upnutí do sklíčidla Zarovnání čela (zapnuto chlazení)	
20.	Zapichovací nůž ČSN223550	895	0.125	Zápich (zapnuto chlazení)	
30.	Hrubovací nůž levý	830	0.350	Soustružení na Ø18.5 mm (zapnuto chlazení)	
40.	Hladící nůž levý ČSN223514	1350	0.220	Soustružení na Ø18 mm	
50.	Hladící nůž levý ČSN223514	1350	0.220	Sražení hrany na Ø18 mm	

5.2.1 Stanovení řezných podmínek

Materiály břitových destiček všech řezných nástrojů jsou slinuté karbidy P20. Pro stanovení řezných podmínek, byly použity normativy pro obráběcí stroj SM 16 A, který má tyto parametry:

Oběžný průměr nad ložem	160 mm
Výkon elektromotoru	3 kW
Otáčky motoru	3 000 ot/min.
Rozsah otáček vřetena	71 - 3 150 ot/min.
Rozsah posuvů	0,02 - 315 mm/ot

Pozn: stanovení řezných podmínek bylo provedeno volbou, kdy je dán obráběcí stroj, ke kterému hledáme řezné podmínky.

a) Vnější soustružení nahrubo - podélné

hloubka řezu	$h = 1,5 \text{ mm}$
řezná rychlost	$v = 135 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
posuv	$s = 0,35 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$
trvanlivost břitu	$T = 30 \text{ min.}$
maximální otupení hřbetu	$VB = 0,8 \text{ mm}$
otáčky:	

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{135}{\pi \cdot 0,032} \approx 1350 \text{ min}^{-1}$$

- D - oběžný průměr obrobku (m)

b) Vnější soustružení načisto - podélné. Řezná rychlost v normativech je uváděná pro materiál s třídou obrobiteľnosti 14 b. Pro jiné obrobiteľnosti musí být rychlost vynásobena koeficientem k_{v1} .

hloubka řezu	$h = 0,5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m}$
řezná rychlost (pro Ra 3.2)	$v = 175 * k_{v1} \approx 220 \text{ m} * \text{min}^{-1}$
posuv (pro Ra 3.2)	$s = 0,22 \text{ mm} * \text{ot}^{-1}$
trvanlivost břitu	$T = 45 \text{ min.}$
maximální otupení hřbetu	$VB = 0,4 \text{ mm}$
otáčky:	

$$n = \frac{v}{\pi * (D + 2 * h)} = \frac{220}{\pi * (0.032 + 2 * 0.0005)} \approx 2122 \text{ min}^{-1}$$

- D - oběžný průměr obrobku (m)

c) Vnější soustružení načisto - čelní

hloubka řezu	$h = 1 \text{ mm}$
řezná rychlost (pro Ra 3.2)	$v = 143 * k_{v1} \approx 180 \text{ m} * \text{min}^{-1}$
posuv (pro Ra 3.2)	$s = 0,12 \text{ mm} * \text{ot}^{-1}$
trvanlivost břitu	$T = 45 \text{ min.}$
maximální otupení hřbetu	$VB = 0,4 \text{ mm}$
otáčky:	

$$n = \frac{v}{\pi * \frac{2D + d}{3}} = \frac{180}{\pi * \frac{2 * 0.032 + 0}{3}} \approx 2865 \text{ min}^{-1}$$

d) Zapichování

šířka břitu nože	$\text{š} = 5 \text{ mm}$
řezná rychlost (pro Ra=3.2)	$v = 70 * k_{v1} \approx 90 \text{ m} * \text{min}^{-1}$
posuv (pro Ra=3.2)	$s = 0,125 \text{ mm} * \text{ot}^{-1}$
maximální otupení hřbetu	$VB = 0,4 \text{ mm}$

otáčky:

$$n = \frac{v}{\pi * D} = \frac{90}{\pi * 0.032} \approx 895 \text{ min}^{-1}$$

- D - oběžný průměr obrobku (m)

e) Vrtání

středící důlek:	průměr vrtáku	D=4 mm
	posuv	s=0.08 mm*ot ⁻¹
	otáčky	n=1980 min ⁻¹
	řezná rychlost	v=31.2 m*min ⁻¹
	trvanlivost bříty	T=13 min
	otupení	VB=0.20 mm

vrták ϕ 8 mm:	průměr vrtáku	D=8 mm
	posuv	s=0.11 mm*ot ⁻¹
	otáčky	n=1010 min ⁻¹
	řezná rychlost	v=25.4 m*min ⁻¹
	trvanlivost bříty	T=21.5 min
	otupení	VB=0.25 mm

vrták ϕ 14 mm:	průměr vrtáku	D=14 mm
	posuv	s=0.17 mm*ot ⁻¹
	otáčky	n=550 min ⁻¹
	řezná rychlost	v=24.1 m*min ⁻¹

	trvanlivost břitu	$T=39 \text{ min}$
	otupení	$VB=0.40 \text{ mm}$
vrták $\phi 20 \text{ mm}$:	průměr vrtáku	$D=20 \text{ mm}$
	posuv	$s=0.23 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$
	otáčky	$n=370 \text{ min}^{-1}$
	řezná rychlost	$v=23.2 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
	trvanlivost břitu	$T=56.5 \text{ min}$
	otupení	$VB=0.5 \text{ mm}$

5.2.2 Uspořádání nožů v nástrojové hlavě

Musíme dbát na uspořádání nožů tak, aby jejich výměna byla v co nejkratší době, tím je lépe využita kapacita stroje, což se hlavně projeví v sériové výrobě.

	1-čelní nůž	ČSN 223714
2 - zapichovací nůž	ČSN 223550	
3 - hrubovací nůž levý	ČSN 223514	
4 - hladící nůž levý	ČSN 223720	
5 - středící vrták	ČSN 221110	
6 - vrták $\phi 8 \text{ mm}$	ČSN 221140	
7 - vrták $\phi 14 \text{ mm}$	ČSN 221140	
	8 - vrták $\phi 20 \text{ mm}$	ČSN 221140

(polohy nástrojů v revolverové hlavě soustruhu)

Obr.15. Obsazení nástrojové hlavy:

6. CNC program

Zhlediska způsobu programování CNC soustruhu lze programování rozdělit na zadávání:

1. ruční
2. automatizované

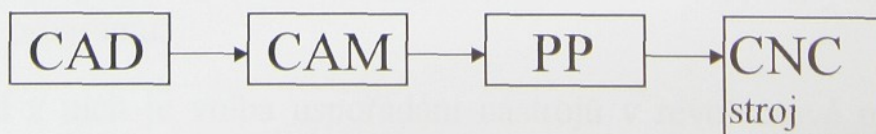
6.1 Ruční programování

Tento způsob zadávání programu pro CNC soustruh je vhodný pouze pro tvarově jednoduché součásti. Programování tvarově složitých součástí vyžaduje již zkušeného programátora, ale i při zadávání jednoduchých součástí je nutná dostatečná praxe, protože při ručním programování může lehce dojít k chybě a tím k poškození obráběné součásti, nebo k poškození nástroje. Správnost formy zadávání kontroluje CNC stroj po potvrzení každé zadávané věty CNC programu.

Dalším důvodem omezení ručního zadávání je poměrně dlouhá doba programování, a tedy vznik prostojů ve výrobě a z toho vyplývajících finančních ztrát. Napsáním programu do nějakého textového editoru, je možno eliminovat tento problém, do CNC stroje ho můžeme přenést pomocí diskety. Při programování tímto stylem je nutné dodržet přesný zápis, aby jej CNC stroj dokázal přečíst.

6.2 Automatizované programování (metodou CAD-CAM)

Tento způsob tvorby programu pro CNC stroj je velmi pohodlný a rychlý. Tvorba CNC programu vychází z výkresu vytvořeného v CADovém programu. Pomocí CAM programu je vytvořen universální CNC program, který pak musí být převeden pomocí postprocessoru pro daný CNC stroj (obr.16). Každý stroj má jiný způsob zápisu programu, a proto má i svůj postprocessor.

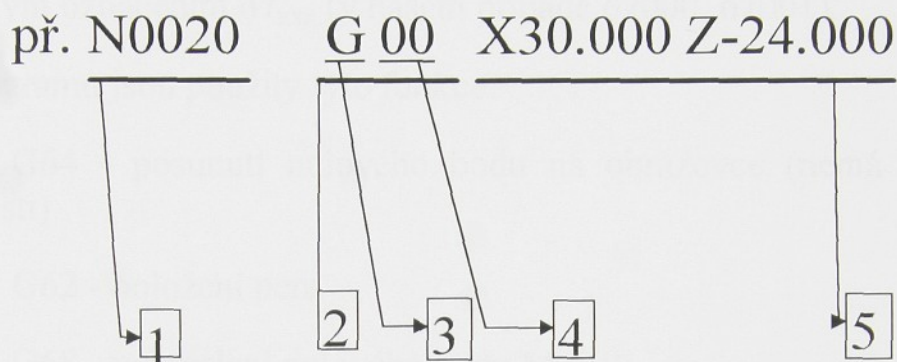


Obr.16. Schéma automatizovaného programování

6.2.1 Struktura CNC programu

Program pro CNC stroje musí obsahovat podrobný soubor všech technologických, geometrických a pomocných informací. Tyto informace vytvářejí řídicí program, který je složen z jednotlivých bloků (vět).

Struktura bloku je zobrazena na obr.17



Obr.17. Struktura bloku

1. blok (věta)
2. slovo
3. adresa
4. číslo
5. geometrická informace

6.2.2 Tvorba a kontrola CNC programu v simulačním programu EMCOTRONIC TM02

Postup zadávání a tvorba CNC programu v simulačním programu EMCOTRONIC TM02 je téměř shodný, jako při zadávání CNC programu přímo do CNC stroje. Zadává se pomocí ovládacího panelu, který je shodný, jako ovládací panel na CNC stroji.

Existují pouze 2 větší odlišnosti, které se však netýkají přímo samotného programu.

První z nich je volba uspořádání nástrojů v revolverové nástrojové hlavě. K tomu slouží program TOOLS, který umožňuje libovolné uspořádání v nástrojové hlavě a tvorbu nástrojů. Tvorba nástrojů spočívá v pojmenování nástroje, zadání jeho základních parametrů, korekcí a v

grafickém znázornění. Takto vytvořené nástroje jsou uloženy v databázi, ze které jsou pak vybírány do nástrojové hlavy. V nástrojové hlavě jsou nástroje zaznamenány pod číslem, které je použito v CNC programu.

Druhou odlišností je zadávání tvaru polotovaru, které při zápisu programu do CNC stroje není potřebné, neboť v CNC stroji se nachází skutečný polotovar. Tvar polotovaru se zadává jako CNC program pod číselným označením o7_{xxx} (v našem případě o7000, o7001).

V programu jsou použity tyto funkce:

G64 - posunutí nulového bodu na obrazovce (nemá vliv na tvar součásti)

G62 - položení pera

G68 - vykreslení nulového bodu M !!!!!

G65, G66 - mezi těmito funkcemi se polotovar vybarví

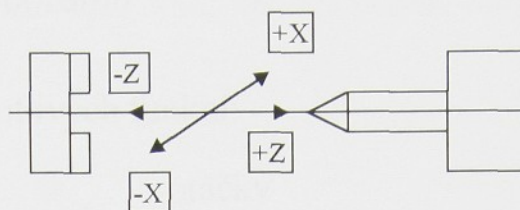
G01 - kreslení

M30 - konec programu

6.2.3 Program pro tvorbu polotovaru:

```
%7000 !*  
N0000 G64 X0.000 Z40.000  
N0010 G62 X0.000 Z0.000  
N0020 G68  
N0030 G65  
N0040 G01 X-31.000 Z0.000  
N0050 G01 X-31.000 Z60.000  
N0060 G01 X31.000 Z60.000  
N0070 G01 X31.000 Z0.000  
N0080 G01 X0.000 Z0.000  
N0090 G66  
N0100 M30
```

Při programování pracujeme se souřadným systémem stroje, který je znázorněn na obr.. V souřadném systému stroje jsou umístěny vztažné body, ke kterým je celé programování vztaženo. Rozmístění vztažných bodů je znázorněno na obr..18.



Obr.18. Souřadný systém

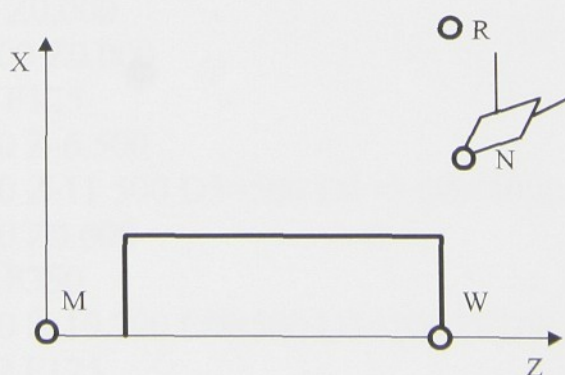
Jednotlivé body značí:

R - REFERENČNÍ BOD - slouží k synchronizaci měřicího systému. Při zapnutí stroje je nutno nejprve najet na tento referenční bod, neboť teprve po nastavení tohoto bodu je CNC řízení schopno určit polohu nástroje.

M - NULOVÝ BOD STROJE - je počátkem souřadného systému a je pevně stanoven od výrobce stroje. Leží v ose rotace na čelní straně vřetena. Tento počátek souřadného systému je možno posunout do námi zvolené polohy.

W - NULOVÝ BOD OBROBKU - zvolí a programuje programátor.

N - NULOVÝ BOD NÁSTROJE - slouží jako počátek pro určování polohy nástrojů. Leží na čelní straně revolvérové hlavy v ose otvoru pro upínání nástrojů pro vnitřní soustružení. Referenční nástroj je součástí příslušenství stroje.



Obr.19. Řídící body

6.2.4 Výpis CNC programu

Stručný přehled jednotlivých funkcí:

Sxxxx	otáčky
Fxxx	posuv
Txx xx	nástroj
G00	rychloposuv
G01	řezný posuv
G8x	příkaz cyklu
M04 0(M03)	smysl otáčení
M08	chlazení
M30	konec programu

1)část:(program pro obrábění pravé strany součásti)

```
%1972 !*
N0000 G54 M04 S2865 T0121 F125 M08
N0010 G92 X0.000 Z50.000
N0020 G59
N0021 G00 X40.000 Z 0.000
N0022 G01 X0.000 Z -0.500
N0023 G01 X0.000 Z0.000
N0024 G00 X32.5000 Z0.000
N0025 S550 T0216 F125
N0030 G00 X40.000 Z-6.500
N0040 G86 X23.750 Z-11.500 D3=500 D4=5 D5=4000
N0050 G00 X40.000 Z0.000
N0060 S830 T0301 F350
N0070 G84 X24.500 Z-10.700 D0=500 D3=1000 F100
N0071 S2865 T0402 F125
N0075 G00 X24.000 Z1.000
N0076 G01 X24.000 Z-10.000
```

N0080 G00 X40.000 Z0.000
N0090 G00 X23.000 Z0.000
N0100 G01 X24.000 Z-1.000
N0110 G00 X40.000 Z0.000
N0120 T0513
N0130 G00 X35.000 Z 1.000
N0135 G00 X0.000 Z1.000
N0140 G01 X0.000 Z -3.000
N0150 G00 X0.000 Z3.000
N0160 T0514
N0170 G87 Z-11.000 D3=5 D4=100 D5=20 D6=1000
N0200 T0717
N0210 G87 Z-11.000 D3=5 D4=100 D5=20 D6=1000
N0220 T0818
N0230 G87 Z-11.000 D3=5 D4=100 D5=20 D6=1000
N1000 M30

2) část - (program pro obrábění levé strany součásti)

%1973 !*

N0000 G54 M03 S2865 T0121 F350 M08
N0010 G92 X0.000 Z50.000
N0020 G59
N0030 G00 X32.500 Z0.000
N0040 G01 X0.000 Z0.000
N0050 G00 X40.000 Z0.000
N0060 T0216
N0061 G00 X40.000 Z-28.000
N0070 G86 X16.750 Z-34.000 D3=500 D4=5 D5=4000
N0080 G00 X40.000 Z0.000
N0090 T0301 S 850 F350
N0100 G00 X32.000 Z0.000
N0110 G84 X18.000 Z-30.000 D0=500 D3=1000 F100
N0111 T0402 S2865 F125
N0112 G00 X18.000 Z1.000
N0113 G01 X18.000 Z-32.000
N0114 G00 X18.500 Z1.000
N0120 G00 X17.000 Z0.000
N0130 G01 X18.000 Z-1.000
N0140 G00 X40.000 Z0.000
N0150 M30

6.2.5 Kontrola CNC programu

Funkčnost CNC programu si ověříme jeho spuštěním, protože máme možnost sledovat grafické znázornění celého procesu obrábění. Po spuštění simulace jsou zobrazeny veškeré pohyby nástrojů, takže můžeme zjistit případné kolize nástroje s obrobkem nebo se strojem. Pro dokonalejší představu je možné při spuštění CNC programu spustit i program s tvarem polotovaru. Údaje o probíhajících procesech jsou znázorněny na monitoru.

Během simulace obrábění jsou na obrazovce znázorněny údaje o smyslu otáčení vřetena, rychlosti otáček a posuvu, chlazení, výměně nástroje, názvu právě použitého nástroje a bloku programu, který je právě prováděn (viz příloha č.IV).

7.Závěr

Návrh směrového zdvojeného řízení, byl tvořen s ohledem na Teorii řízení, která pomohla vytvořit ucelený pohled na celou problematiku konstrukce. Specifické součásti byly dimenzovány na únosnost maximálního napětí, které mohou nastat při kritických situacích letu. Veškerá výkresová dokumentace je provedena metodou CAD.

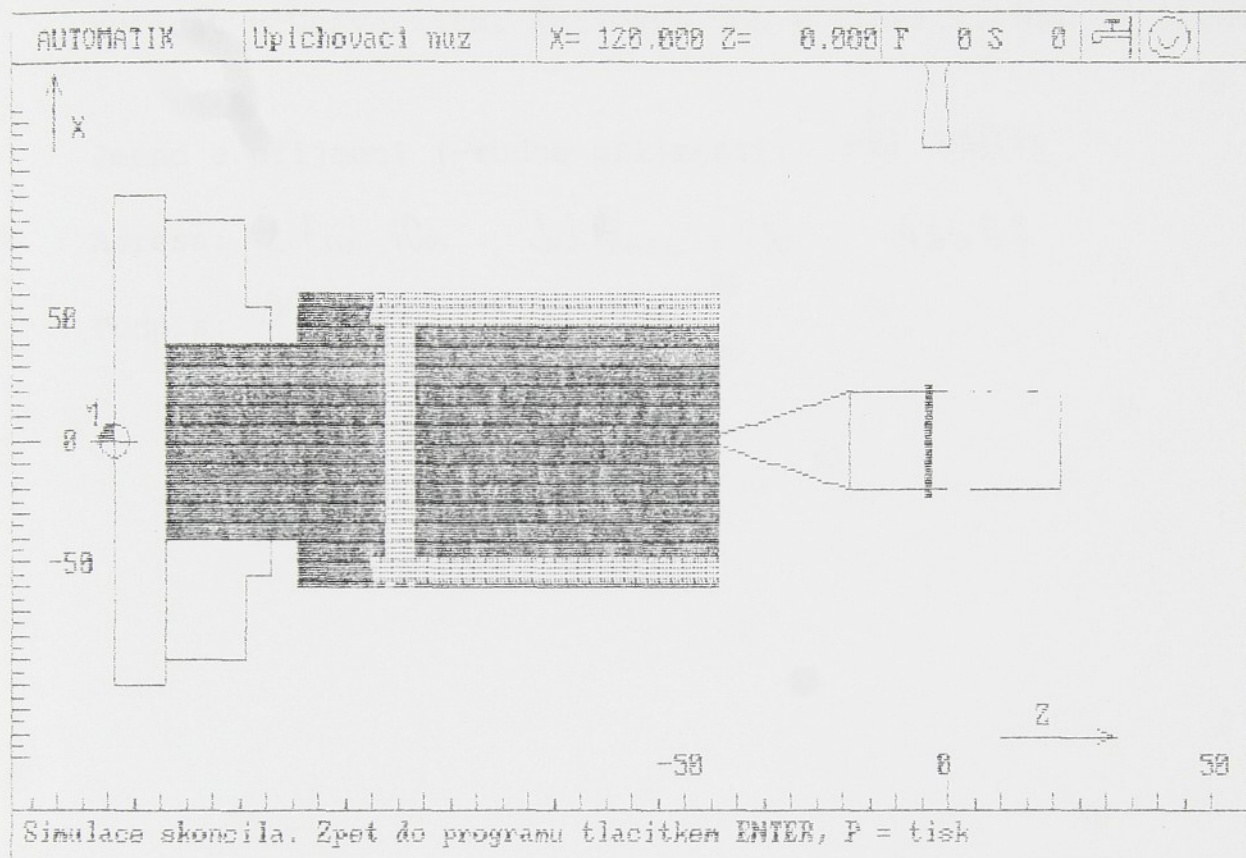
Postup přípravy výroby vybrané součásti, byl tvořen s ohledem na metodu CAM, to znamená, že technologický postup byl tvořen na CNC soustruh E 120/P-EMCO. CNC program byl vytvořen a zkontrolován v simulačním programu EMCOTRONIC TM02.

Seznam literatury:

1. Vytlačil, M. a kol.: Technologie automatizovaných výrob, 1. vyd. Liberec 1990
2. Vališ, L.: Návod na programování CNC soustruhu E 120/120P s řídicím systémem EMCOTRONIC TM02, 1. vyd. Brno 1992
3. Federální ministerstvo všeobecného strojírenství, Federální ministerstvo hutnictví a těžkého strojírenství: Soustruhy s oběžným průměrem do 500 a 800 mm, Praha 1978.
4. Dráb, V. a kol.: Technologie I, 1. vyd. Liberec 1979.
5. Říčka, J. a kol.: Technologie obrábění a montáže, 3. vyd. Brno 1985.
6. Kocman, K. a kol.: Speciální technologie II, Základy optimalizace a technologie obrábění na NC strojích, Návod do cvičení, 2. vyd. Brno 1987.
7. KCS: Přednášky a cvičení - AutoCAD.
8. KVS: Přednášky a cvičení - Trendy rozvoje strojírenských oborů.
9. Fendrich, J. a kol.: Konstrukce letounů, 1. vyd. Liberec 1985.

Seznam příloh:

- | | | |
|------|---|----------------|
| I. | Sestava směrového zdvojeného řízení | FS-BAK III-001 |
| II. | Výkres sočasti | FS-BAK III-002 |
| III. | Výkres současti | FS-BAK III-003 |
| IV. | obrazovka simulačního prgramu EMCOTRONIC TM02 | |



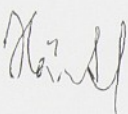
Prohlášení k využívání výsledků DP:

Jsem si vědom(a) toho, že diplomová práce je majetkem školy a že s ní nemohu sám (sama) bez svolení školy disponovat, a že diplomová práce může být zapůjčena či objednána (kopie) za účelem využití jejího obsahu.

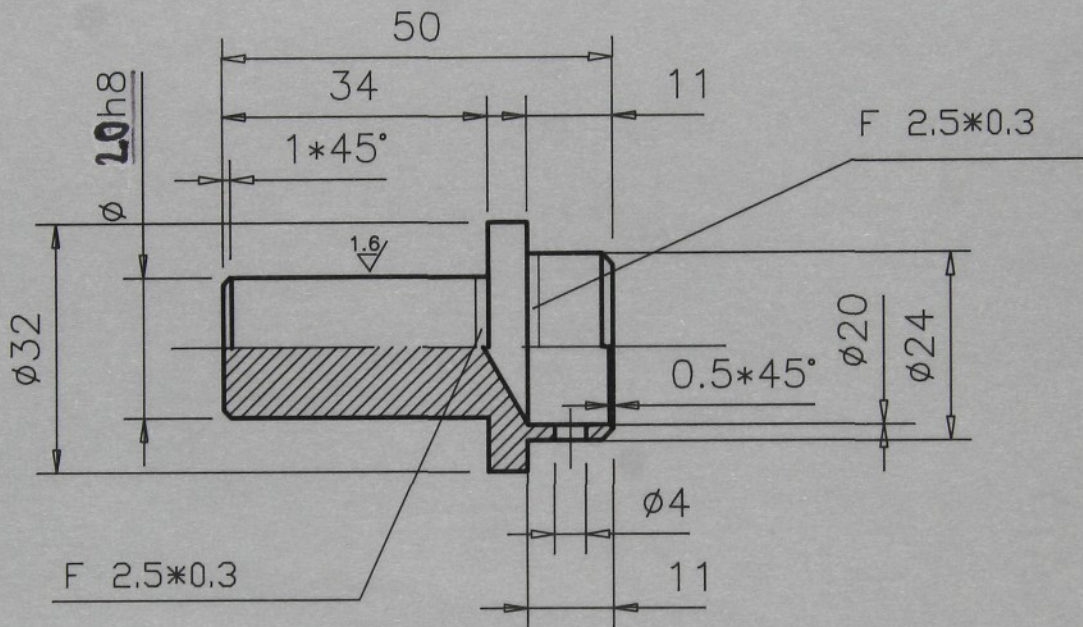
Beru na vědomí, že po 5ti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně TUL v Liberci, kde je uložena.

Jméno a příjmení (-rodné příjmení): JIŘÍ HARTL

Adresa: Žitná 10a Jablonec n/N 466 01

Podpis: 

3.2/ (✓)



NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768m

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Technická univerzita v Liberci	
MATERIÁL	11 500	T.O.	001	HMOTNOST kg	MĚŘÍTKO 1:1
POLOTOVAR	ČSN 42 55 10-1			Č.SE.	TR.Č.
NORMA				POZN.	Č.KUSOVNÍKU
KRESLIL	Härtl J.	NORMAL.		STARÝ V.	Č.V.
PŘEZKOUSEL		SCHVÁLIL			
TECHNOLOG		DNE			
NÁZEV:	ČEP			FS-BAKIII-002	
				Listů	List

A-A

145

92

54

20

26

25

50

36°

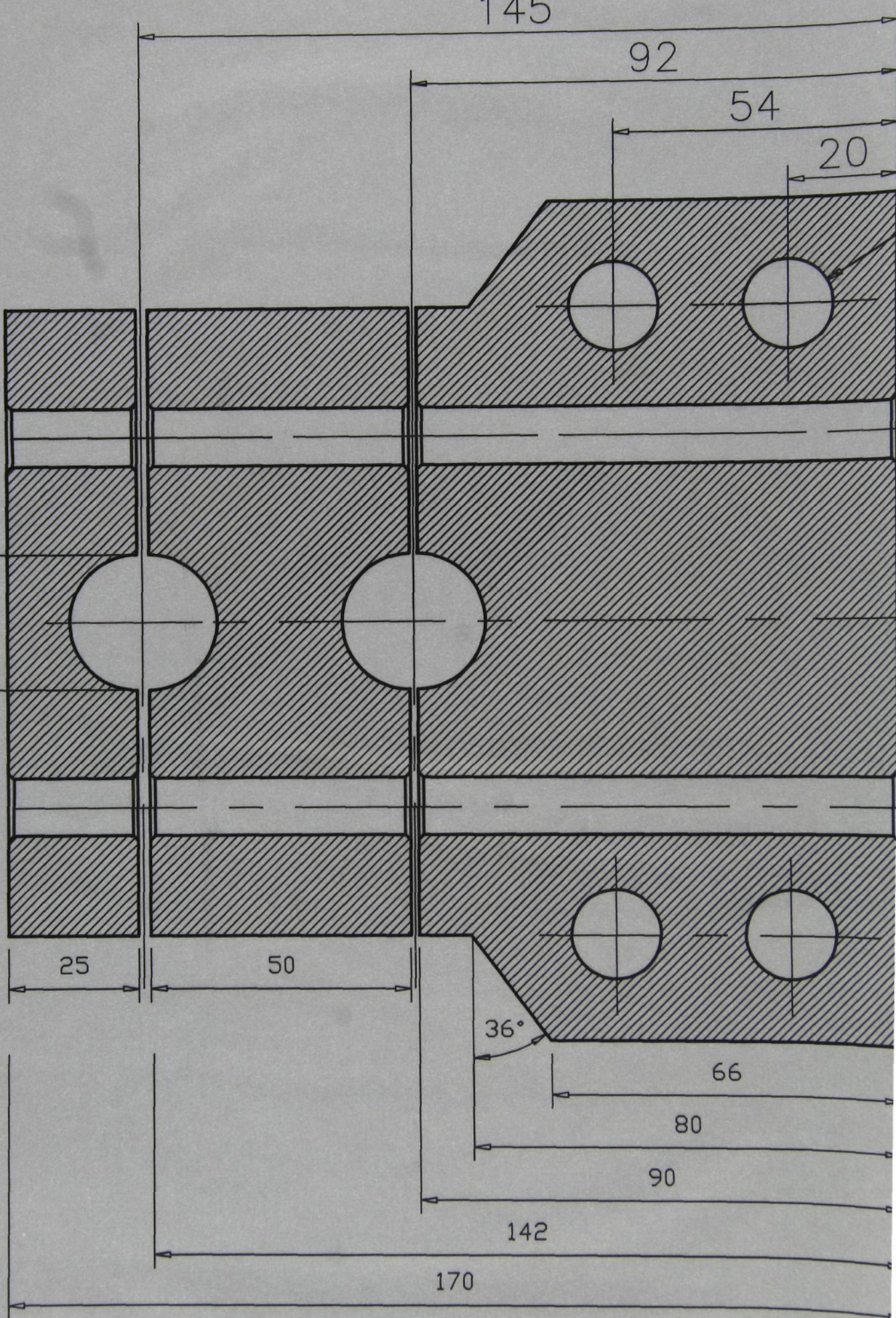
66

80

90

142

170

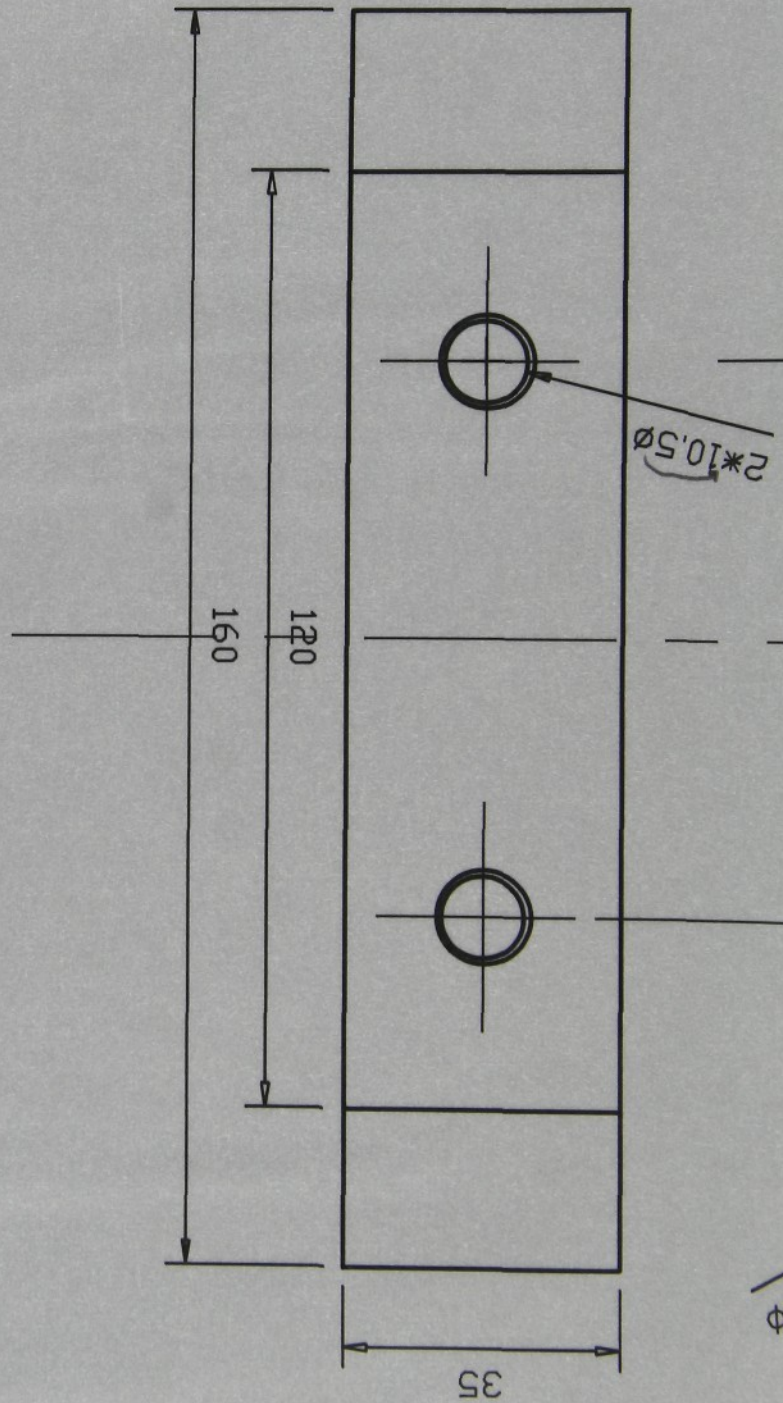


NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768m

INDEX
ZMĚNA
DATUM
PODPIS

Technická univerzita v Liberci

MATERIAL Polyformaldehyd POM		T.O.		HMOTNOST kg		MĚŘÍTKO 1:1	
POLOTOVAR				Č.SE.		TR.Č.	
NORMA				POZN.		Č.KUSOVNIKU	
KŘESLÍ HÄTİ J.		NORMAL.					
PŘEZKOUSEL		SCHVÁLIL					
TECHNOLÓG		DNE		STARÝ V.		Č.V.	
NÁZEV: TĚLESO				Listo FS-BAKIII-003 List			


$$\left(\bigwedge \right) \Delta_{6.3}$$

