

# VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Školní rok: 1990 - 91

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Jiřího J I R K O V C E

obor (23-19-8) výrobní systémy s průmyslovými roboty a  
manipulátory

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Unifikace transformačního bloku mechanických  
úchopných hlavíc**

### Zásady pro vypracování:

Mechanické úchopné hlavice (MUH) jsou nejčastěji používaným typem efektorů průmyslových robotů. Jejich výroba je však většinou individuální. Unifikace MUH by umožnila nejen pokrytí různých požadavků průmyslové praxe, ale též jejich efektivní výrobu. V diplomové práci proveďte

- 1) studii skladby MUH a různých typů kinematických struktur transformačního bloku s ohledem na otočné a posuvné čelisti,
- 2) teoretický rozbor vybraných struktur,
- 3) konstrukci MUH, resp. transformačních bloků s otočnými a posuvnými čelistmi,
- 4) technicko-ekonomické zhodnocení podaného řešení.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
PSC 461 17

V 162/91 S

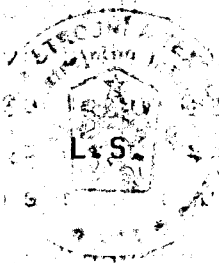
KVS / VSPRM

Rozsah grafických prací: **podle potřeby**  
Rozsah průvodní zprávy: **40 - 50 stran**  
Seznam odborné literatury:

- Volner, J. : Industrieroboter - Entwicklung. VEB Verlag Technik, Berlin 1983**  
**Chvála, B. - Matička, R. - Talácko, J. : Průmyslové roboty a manipulátory. SNTL, Praha 1990**  
**Kaprasová, J. : Studie unifikace úchopných hlavíc průmyslových robotů. /Diplomová práce/. VŠST, Liberec 1988.**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Josef Cerha, CSc.**  
Konzultant:

Zadání diplomové práce: **31.10.1990**  
Termín odevzdání diplomové práce: **3.6.1991**



*J. Cerha*  
**Doc. Ing. Josef Cerha, CSc.**  
Vedoucí katedry

*Zdeněk Kovář*  
**Prof. Ing. Zdeněk Kovář, CSc.**  
Děkan

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

Fakulta strojní

obor 23-19-08.

Výrobní systémy s průmyslovými roboty a manipulátory

Katedra výrobních systémů

# Unifikace transformačního bloku mechanických úchopných hlavíc

Jiří Jirkovec

KVS-VSPRM-5

Vedoucí práce: Doc. Ing. Josef Cerha, Csc.

Počet stran .....50

Počet příloh / listů .....3/10

Počet obrázků .....19

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA  
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146077032

Datum: 3.6.1991

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci  
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci 3.června 1991

Jiří JIRKOVEC

*Jirkovec Jiří*

# OBSAH

Seznam použitých symbolů	2
1 Úvod	4
2 Pracovní hlavice	6
2.1. Funkční uspořádání pracovních hlavíc	6
2.2. Úchopné hlavice	7
2.3. Požadavky na konstrukci úchopné hlavice	10
3 Mechanické úchopné hlavice	11
3.1. Aktivní mechanické hlavice s transformačním blokem	12
4 Teoretický rozbor transformačního bloku	17
4.1. Řešení kinematiky obecného mechanismu	17
4.2. Řešení hlavice s otočnými čelistmi	20
4.3. Řešení hlavice s posuvnými čelistmi	26
5 Návrh parametrů hlavíc	29
5.1. Program pro mechanismy	29
5.2. Aplikace programu	30
6 Navržené konstrukce	34
6.1. Popis navržené konstrukce	34
6.2. Pevnostní kontrola stěžejních částí	37
6.2.1. Kontrola na stříh	39
6.2.2. Kontrola na otláčení	40
7 Technicko - ekonomické zhodnocení	42
7.1. Rozbor technologičnosti konstrukce	42
7.3. Počet různých druhů součástí z hlediska tvaru a materiálu	44
7.4. Výpočet a zhodnocení ukazatelů	45
8 Závěr	47
Použitá literatura, seznam příloh	49

## Seznam použitých značek

a	[m]	šířka páky
b	[m]	šířka páky
c	[m]	výška zubu
d	[m]	průměr čepu
e	[m]	excentricita
$F_c$	[N]	síla v čepu
$F_k$	[N]	koncová síla
$F_L$	[N]	síla v podélném vedení
$F_M$	[N]	síla od motoru
$F_P$	[N]	síla kolmá na otočnou páku
$F_R$	[N]	síla v ojnici
$F_u$	[N]	úchopná síla
$F_v$	[N]	síla v příčném vedení
h	[m]	rozteč zubů
l	[m]	délka ojnice
n	[m]	pomocná délka
p	[m]	délka ramene
$p_a, p_b, p_c$	[Mpa]	tlaky na šířkách a, b, c
r	[m]	délka kliky
t	[m]	tloušťka kamene
u	[m]	pomocná šířka
$U_{am}$		ukazatel počtu druhů použitých materiálů
$U_n$		ukazatel použití normalizovaných součástí
$U_u$		ukazatel unifikace
v	[m]	pomocná výška

$x, y$	[m]	dráhy ve směrech $x, y$
$\dot{x}, \dot{y}$	[m/s]	rychlosti ve směrech $x, y$
$\ddot{x}, \ddot{y}$	[m/s <sup>2</sup> ]	zrychlení ve směrech $x, y$
$\dot{y}, \ddot{y}$		první a druhý převod
$\alpha$		úhel výkyvu ojnice
$\beta$		pomocný úhel
$\tau$		pomocný úhel
$\delta$		úhel natočení ramene
$\varnothing$		konstrukční úhel otočné páky
$\mu$		transformační úhel
$\sigma$		úhel natočení klíky
$\sigma_{\text{dov}}$		dovolené napětí v tlaku
$\tau$		dovolené napětí ve smyku

# 1. Úvod

Do struktury automatizovaného výrobního procesu jsou v poslední době perspektivně zařazovány průmyslové roboty a manipulátory. Automatizovaný výrobní systém je tvořen zpravidla subsystemy technologickým, transportním a manipulačním, skladovacími prostředky a tzv. periferními prvky a zařízeními. Mezi posledně uváděné také patří pracovní hlavice manipulátorů a robotů.

Vzhledem k tomu, že jsou pracovní hlavice vytvářeny účelově, je před problém jejich tvorby zatím v převážné míře postaven uživatel. Nepříznivým dopadem této skutečnosti je, že kvalita konstrukce pracovní hlavice výrazně ovlivňuje provozní parametry nejen manipulátoru samého, ale v podstatě i celého výrobního systému.

Nejrozšířenějšími oblastmi využití průmyslových robotů ve strojírenské výrobě je svařování, nanášení ochranných nátěrů a v posledních letech se věnuje velká pozornost montáži. V oblasti průmyslové výroby se tedy roboty a manipulátory podílejí na realizaci těchto operací :

- 1) Vkládání objektů do pracovního prostoru výrobních zařízení a jejich vyjímání.
- 2) Mezioperační manipulace.
- 3) Technologické operace
- 4) Kontrolní operace

ad 1) Při obsluze výrobního zařízení mohou být přenášeny polotovary, hotové součásti, ale také nástroje při jejich automatické výměně.



ad 2) Mezioperační manipulací se rozumí přímá spolupráce manipulátoru s výrobním zařízením při technologických operacích. Například otočení výkovku při kování, změna polohy součástí při obrábění, přemístění výlisku v postupovém lisovacím nástroji apod. V uvedených případech je manipulátor nebo průmyslový robot vybaven tzv. úchopnou hlavicí.

ad 3), 4) Při realizaci technologických a kontrolních operací je na výstupu pohybového systému robotu umístěn příslušný nástroj nebo měřidlo.

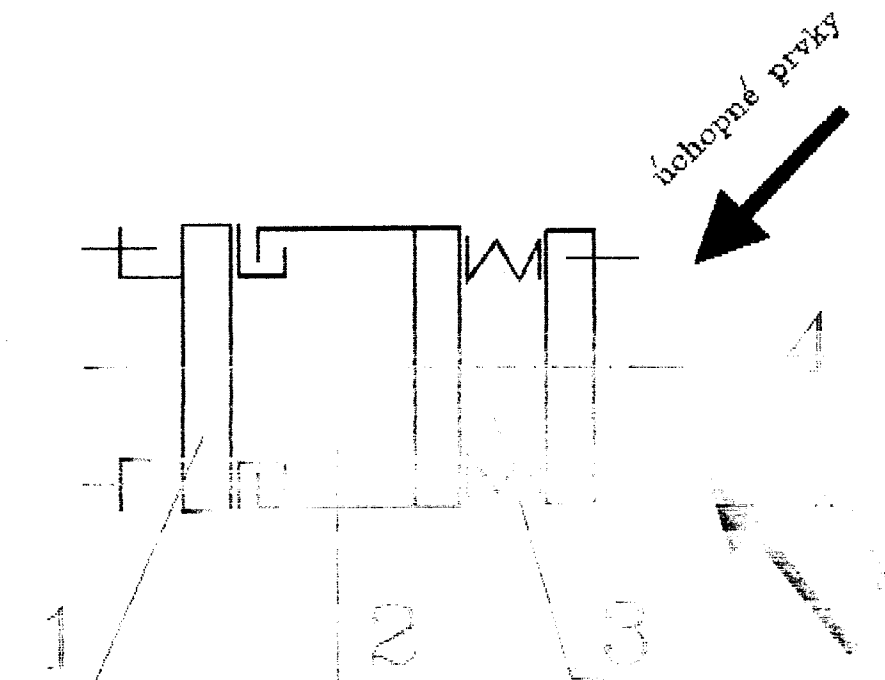
Pracovní hlavice lze tedy rozdělit podle charakteru činnosti manipulátoru nebo robotu na jehož výstupním zařízení se nachází. Známe tedy pracovní hlavice :

- 1) Technologické.
- 2) Úchopné.
- 3) Měřicí a kontrolní.

Projektování pracovních hlavic představuje závažnou činnost v rámci projektování automatizovaného výrobního systému. Vedle účelově konstruovaných hlavic je třeba věnovat větší pozornost typizaci jejich funkčních částí, přičemž typizaci lze pokládat do jisté míry za spojovací článek k univerzálním typům hlavic, které jsou v současné době zatím na přijatelné úrovni nákladů většinou nevýhodné.

## 2. Pracovní hlavice

### 2.1 Funkční uspořádání pracovních hlavic



Obr. 1.

Konstrukce pracovní hlavice je obecně znázorněna na obr. 1. a tvoří ji zpravidla tyto části :

- 1 - Montážní díl pro připojení k vlastnímu výstupu pohybového systému robotu nebo manipulátoru. Tato část slouží k přizpůsobení hlavice a výstupu. U automatické výměny pracovních hlavic tuto část tvoří upínací modul pro jednoznačné ustavení a upnutí hlavice.

- 2 - Pohybový systém pracovní hlavice, rozšiřuje manipulační možnosti základní konstrukce manipulátoru nebo robotu.
- 3 - Mechanický kompenzátor polohy a orientace, zabezpečuje vyrovnání nepřesností při nastavování polohy a orientace při spolupráci s jiným zařízením ( výrobním strojem, jiným manipulátorem nebo robotem, přípravkem apod. ).
- 4 - Pracovní část, uchopná, technologická nebo kontrolní.

Konkrétní konstrukce pracovních hlavic nemusí v plném rozsahu obsahovat všechny uvedené funkční bloky. Konfigurace struktury pracovní hlavice je závislá na dané aplikaci a na typu použitého robotu nebo manipulátoru.

## 2.2 Úchopné hlavice

Při uchopení přenášeného předmětu úchopnou hlavicí jsou v rovnováze vnější síly působící na objekt. Síly které drží objekt nazýváme úchopnými silami. Úchopení objektu je doprovázeno mechanickým stykem hlavice s povrchem objektu a je zpravidla realizováno dvěma způsoby :

- 1) Oboustranným mechanickým stykem s hlavicí.
- 2) Jednostranným mechanickým stykem s hlavicí.

První případ se technicky realizuje úchopnou hlavici s mechanickými čelistmi. Při uchopení s jednostranným mechanickým stykem s hlavici se využívá působení gravitačních, magnetických nebo podtlakových sil.

Do přímého styku s předmětem přicházejí tzv. úchopné prvky. Můžeme je rozdělit na :

1) aktivní

2) pasivní

Pasivní úchopné prvky umožňují zachytit objekty při manipulaci, ale jejich funkci (uchopení, uvolnění) není možné přímo ovládat řídicím systémem. Naproti tomu funkce aktivních úchopných prvků může být ovládána řídicím systémem bezprostředně.

Při konstrukci úchopných hlavíc lze uvažovat tyto úchopné prvky :

1) Mechanické - **pasivní** (pevné opěry, odpružené čelisti ...)

- **aktivní** (pohyblivé čelisti s pohonem). Je to nejrozšířenější řešení, které je použitelné pro různé tvary objektů bez zřetele na materiál a rozměry.

2) Podtlakové - **pasivní** (deformační přísavky). Jsou vhodné pro manipulaci s lehčími předměty s hladkým povrchem .

- **aktivní** (podtlakové komory s vyvozením podtlaku ejektory nebo vývěvou). Vhodné pro manipulaci s předměty s hladkým povrchem např. skleněné desky, tabule plechu ...

3) Magnetické - **pasivní** (permanentní magnety). Pro manipulaci s menšími předměty z feromagnetických materiálů.

**aktivní** (elektromagnety). Podmínkou je předmět z feromagnetického materiálu.

Podle počtu úchopných prvků se rozlišují úchopné hlavice na :

- 1) jednoprvkové
- 2) víceprvkové

Počet prvků úchopné hlavice je závislý na charakteru objektu. Typ úchopných prvků a jejich počet určuje základní strukturu úchopné hlavice.

Mezi základní parametry úchopné hlavice patří především :

- 1) Typ hlavice, její struktura.
- 2) Úchopná síla.
- 3) Přesnost polohy objektu při uchopení, změna polohy objektu v závislosti na změně rozměrů objektu.
- 4) Pracovní rozsah hlavice vyjádřený rozsahem rozměrů objektů.
- 5) Hmotnost hlavice.

## 2.3 Požadavky na konstrukci úchopných hlavíc

### 1) Minimální hmotnost.

Úchopná hlavice se spolu s objektem podílí na zatížení konstrukce manipulátoru nebo robotu.

### 2) Minimální rozměry.

Rozměry úchopné hlavice, a to především v příčných rovinách, ovlivňují manipulační schopnosti v prostorově omezených částech pracoviště (např. vkládání součástí do stroje).

### 3) Spolehlivá činnost.

Spolehlivost většinou jednoúčelově konstruovaných hlavíc může výrazně ovlivnit spolehlivost celého pracoviště. Je to jeden z důvodů pro přednostní uplatnění co nejjednodušších koncepcí hlavíc.

### 4) Bezpečnost při provozu.

Řešení úchopné hlavice musí v co největší míře vyloučit možnost zranění osob, popřípadě poškození zařízení v okolí pracovního prostoru.

### 3. Mechanické úchopné hlavice

U mechanických úchopných hlavíc tvoří úchopný prvek čelist. Čelisti jsou opatřeny stykovými plochami, jejichž tvar je přizpůsoben příslušnému objektu. Základním principem činnosti těchto hlavíc je silové působení na čelisti při uchopení objektu. Takováto hlavice musí obsahovat minimálně dva prvky (čelisti), a alespoň jeden z nich musí být pohyblivý.

**Pasivní mechanické hlavice** se vyznačují konstrukční jednoduchostí a používají se při manipulaci s lehčími předměty. Jsou sestaveny z pevných a z odpružených prvků bez pohonu. Někdy jsou tyto hlavice doplněny pneumatickými nebo elektromechanickými vyhazovači. Ve fázi uchopení je hlavice pasivní a při uvolňování je aktivní.

**Aktivní mechanické úchopné hlavice** jsou někdy označovány jako mechanická chapadla. Jsou vybaveny ovládanými pohyblivými čelistmi. Při jejich konstrukci je třeba vzít v úvahu, že lidská ruka, která je schopna vykonávat lidská ruka, je zjištěno, že se převážně vystačí se třemi prsty. Velká část těchto úkonů je bezvýznamná pro potřebu technické praxe. Při běžné manipulaci s objekty v rámci výroby se nejvíce uplatňují úchopné hlavice se dvěma aktivními prvky.

Aktivní mechanické hlavice obsahují alespoň jeden pohyblivý prvek s vlastním pohonem. Přitom lze uvažovat v podstatě tyto možnosti vazby pohonu a úchopného prvku :

1) S transformačním blokem (mechanický převod).

2) Bez transformačního bloku.

3) Pohon splývá s úchopným prvkem.

ad 1) Zařazením transformačního bloku se sleduje :

- společné ovládání několika čelistí
- změna druhu pohybu ve vztahu pohon - čelist
- změna smyslu pohybu ve vztahu pohon - čelist
- transformace parametrů (síla, kroutící moment, zdvih, rychlost)
- určité prostorové uspořádání hlavice.

ad 2) U hlavic bez transformačního bloku je výstup motoru přímo spojen s úchopným prvkem. Toto řešení má význam především u hlavic s jedním aktivním prvkem (obtížná synchronizace pohonů u víceprvkových hlavic).

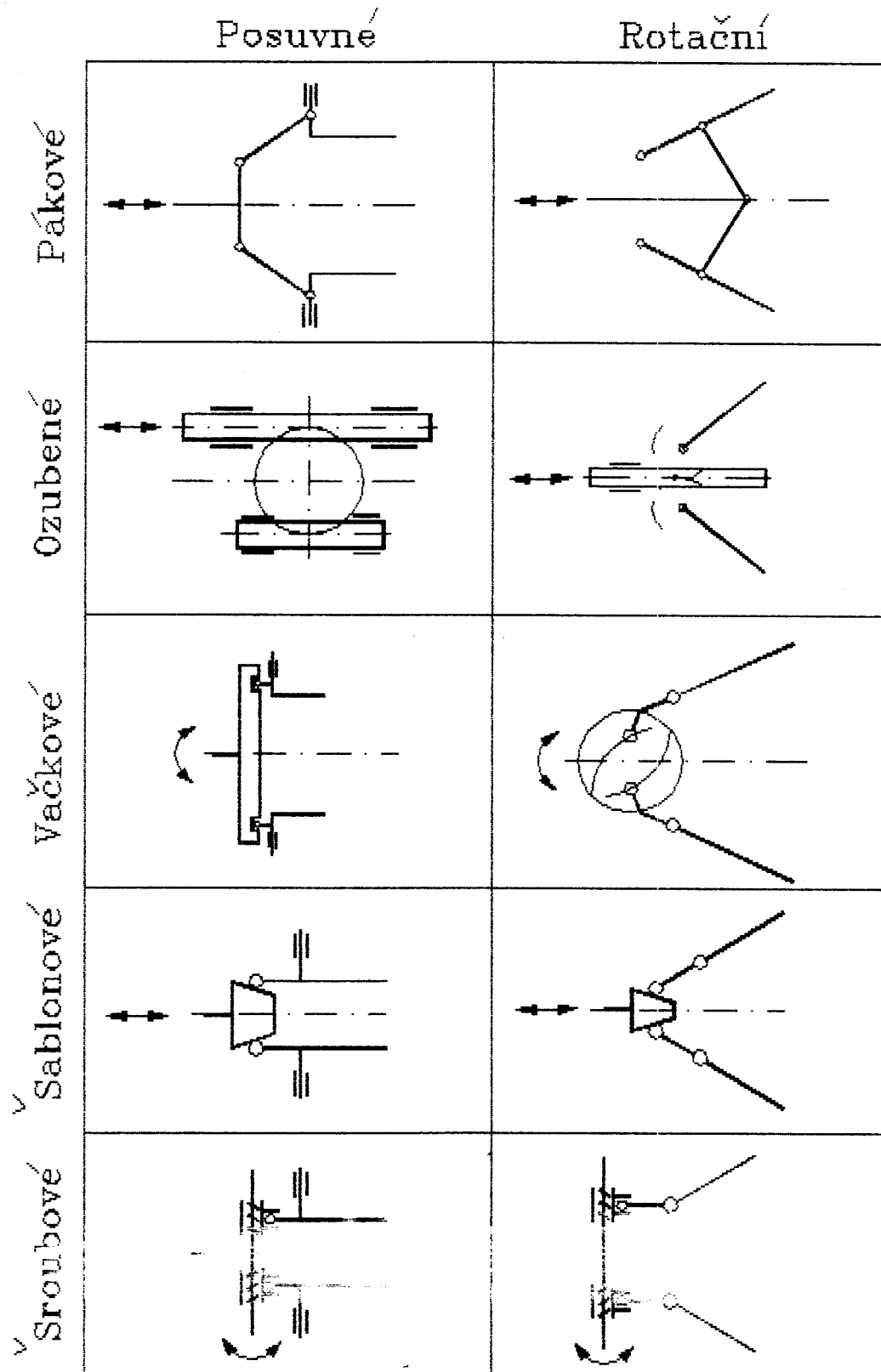
ad 3) V tomto případě nelze oddělit pohon od úchopného prvku, neboť spolu splývají. Jde o prvky speciálně vyvinuté pro konstrukce úchopných hlavic, můžeme je tedy označit za nekonvenční.

### 3.1 Aktivní mechanické hlavice s transformačním blokem

Základními parametry transformačních bloků jsou :

- převodová funkce  $f(p)$
- počet čelistí  $n$





Obr. 2.

Charakteru převodové funkce je třeba při konstrukci věnovat velkou pozornost, neboť přímo ovlivňuje velikost síly přenášené od pohonu na čelisti. Podle průběhu hodnoty převodu transformačního bloku na jeho poloze můžeme transformační bloky rozdělit na dvě skupiny :

- 1)  $f(p) = \text{konst.}$  (převod je nezávislý na poloze)
- 2)  $f(p) \neq \text{konst.}$  (převod je závislý na poloze)

Podle způsobu, jakým realizují převodovou funkci, rozlišujeme tyto druhy transformačních bloků viz obr. (2) :

- pákové :  $f(p) \neq \text{konst.}$   $n = 2, 3, 4, \dots$
- ozubené :  $f(p) = \text{konst.}$   $n = 2, 3, 4$
- vačkové :  $f(p) \neq \text{konst.}$   $n = 2, 3, 4$
- šablonové :  $f(p) \neq \text{konst.}$   $n = 2, 3, 4, \dots$
- šroubové :  $f(p) = \text{konst.}$   $n = 2$

Pozn. : u transformačních bloků pákových, vačkových, šablonových lze vhodnou volbou parametrů docílit konstantní průběh převodové funkce viz dále.

S pákovými převody se u úchopných hlavíc setkáváme nejčastěji. Jsou konstrukčně jednoduché, spojení pák čepy zaručuje dostatečnou přesnost funkce s minimálními vůlemi.

Ozubené převody jsou ve srovnání s pákovými převody většinou hmotnější a méně přesné. Z těchto důvodů se konstrukčně řeší tak, že se používají místo ozubených kol jen segmenty a tam, kde se vyžaduje větší přesnost, používá se

převodů s vymezením vůlí.

Předností vačkových převodů je možnost přesného přizpůsobení průběhu převodové funkce. Pro vačkové převody je charakteristický otáčivý pohyb na vstupu.

Šablonové převody mají obdobné vlastnosti jako jako převody vačkové, rozdíl je v charakteru pohybu na vstupu, který je posuvný.

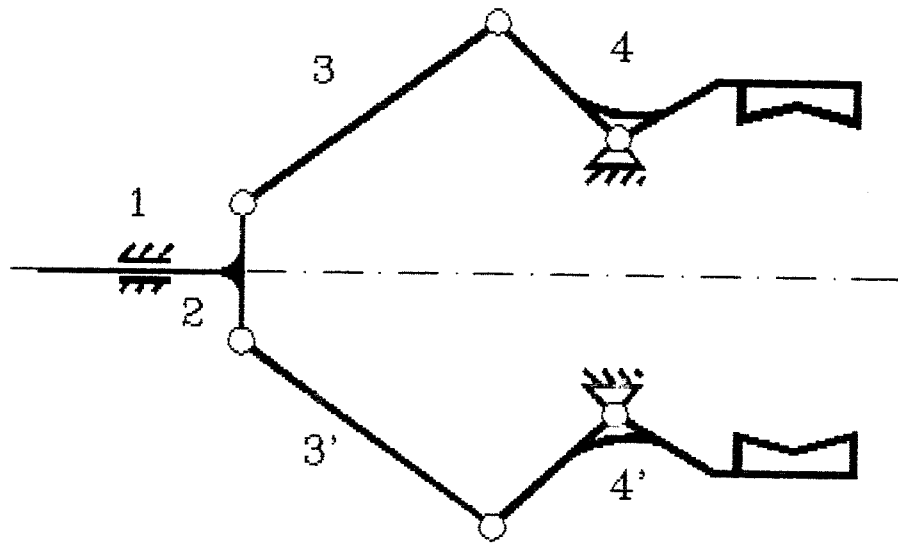
Šroubové transformační bloky se uplatňují, je-li třeba dosáhnout vysokých hodnot převodu mezi pohonem a čelistmi, zejména pro manipulaci s těžkými objekty ve spojení s rotačními elektromotory.

Podle pohybu čelistí v transformačním bloku lze mechanické úchopné hlavice dále rozdělit na :

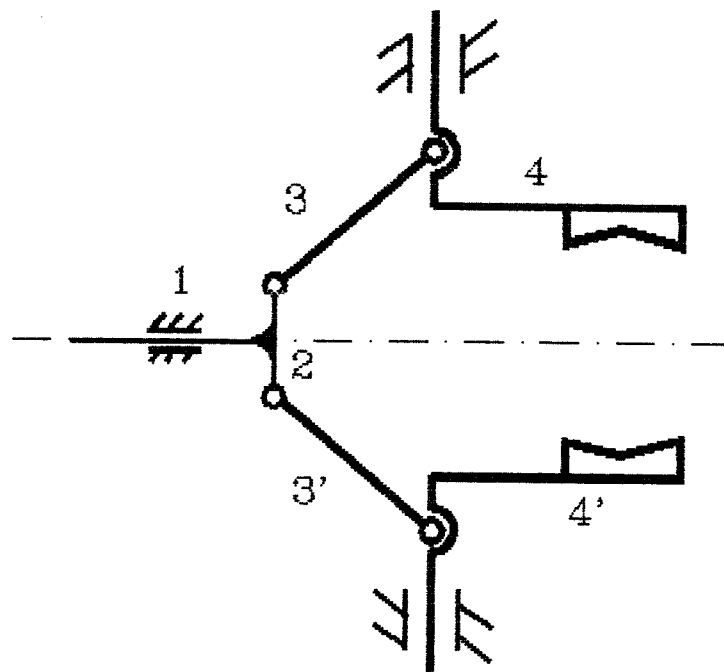
- 1) rotační
- 2) posuvné

ad 1) Jsou ve srovnání s posuvnými čelistmi konstrukčně jednodušší a většinou i lehčí. Nevýhodné je, že se se změnou velikosti uchopované součásti mění její poloha vůdčí hlavici.

ad 2) Hlavní předností je, že se nemění poloha součásti se změnou její velikosti.



Obr. 3.



Obr. 4.

## 4. teoretický rozbor transformačního bloku

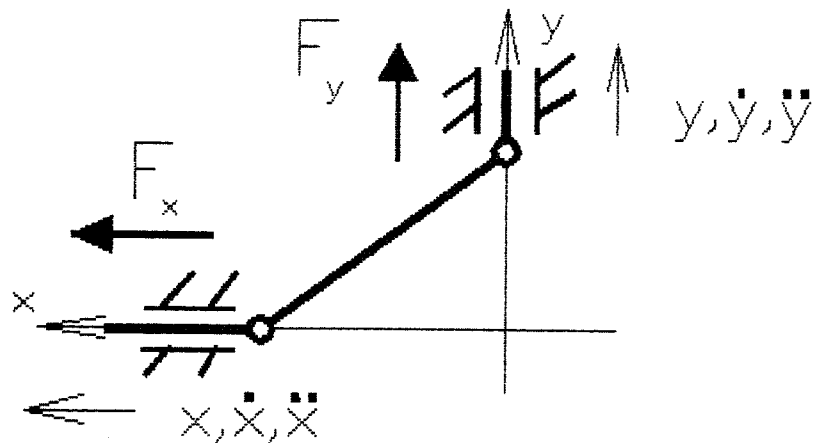
Z předcházejících kapitol vyplývá, že pro splnění správné funkce úchopné hlavice je důležitá její jednoduchost. To ovšem platí pro jakoukoliv konstrukci, protože čím méně prvků sestava obsahuje tím menší je pravděpodobnost poruchy.

Pro řešení problému unifikace a typizace úchopných hlavíc jsem zvolil dva typy, které jsou znázorněny na obr. 3. a obr. 4. . Jedná se mechanické aktivní úchopné hlavice s transformačním blokem s pákovým převodem. Přičemž jedna z nich má otočné čelisti a druhá posuvné. Přednosti a nevýhody obou konfigurací jsou naznačeny výše.

Cílem bude navrhnout konstrukčně uspořádání tak, aby měli obě konfigurace co možná nejvíce společných prvků. Získáme tak při zachování výhod obou nákladově jednu hlavici.

### 4.1 Řešení kinematiky obecného mechanismu

Na obr. 4. je znázorněn dvoukloubový mechanismus se dvěma posuvy. Jako vstupní parametry pro jeho řešení budeme uvažovat základní polohu  $x$ , rychlost  $\dot{x}$ , zrychlení  $\ddot{x}$  a sílu  $F_x$ . Výstupními parametry jsou poloha  $y$ , rychlost  $\dot{y}$ , zrychlení  $\ddot{y}$  a síla  $F_y$ .



Obr. 5.

Podle obr. 5. :

Odvození vztahu pro výpočet výstupní rychlosti :

$$\dot{y}$$

$$\frac{\dot{y}}{\dot{x}} = \frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}} = \frac{dy}{dx} \Rightarrow \dot{y} = \frac{dy}{dx} \dot{x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{y} = \dot{y} \dot{x}$$

(1)

Vztah pro výstupní zrychlení :

$$\ddot{y}$$

$$\ddot{y} = \frac{d\dot{y}}{dt} = \frac{d\left(\frac{dy}{dx} \dot{x}\right)}{dt} = \frac{d^2y}{dx dt} \dot{x} + \frac{dy}{dx} \frac{d\dot{x}}{dt} =$$

$$= \frac{d^2y}{dx \, dt} \frac{dx}{dx} \dot{x} + \dot{y} \ddot{x} = \frac{d^2y}{dx^2} \frac{dx}{dt} \dot{x} + \dot{y} \ddot{x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{\ddot{y} = \dot{y}' \dot{x}^2 + \dot{y} \ddot{x}} \quad (2)$$

Výstupní síla :

$F_y$

$$F_x \dot{x} + F_y \dot{y} = 0$$

$$F_x \dot{x} + F_y \dot{y} \dot{x} = 0$$

$$F_x + F_y \dot{y} \dot{x} = 0 \Rightarrow F_y = - \frac{1}{\dot{y}} F_x \quad (3)$$

Výstupní poloha  $y$  je u každého mechanismu individuální a závislá na geometrických poměrech. Proto jí zde nebudeme uvádět.

Ze vztahu ( 1 ) je zřejmé, že výstupní rychlost  $\dot{y}$  je závislá na vstupní rychlosti  $\dot{x}$  a na tzv. prvním převodu  $\dot{y}$ , který je dán první derivací výstupní polohy  $y$  podle vstupní polohy  $x$ .

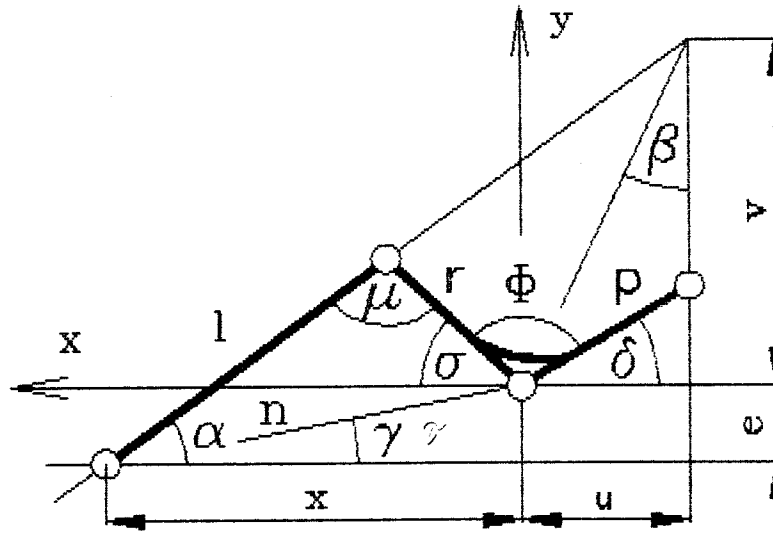
Dále ze vztahu ( 2 ) vyplývá, že výstupní zrychlení  $\ddot{y}$  je závislé na vstupní rychlosti  $\dot{x}$ , vstupním zrychlení  $\ddot{x}$ , prvním převodu  $\dot{y}$  a na tzv. druhém převodu  $\dot{y}'$ , který je dán druhou derivací výstupní polohy  $y$  podle vstupní polohy  $x$ .

Ze vztahu ( 3 ) je vidět, že výstupní síla  $F_y$  je závislá na vstupní síle  $F_x$  a na prvním převodu  $\dot{y}$ .

Z výše uvedeného vyplývá, že pro zjištění výstupních parametrů  $y$ ,  $\dot{y}$ ,  $\ddot{y}$ ,  $F_y$  je třeba znát první a druhý převod.

## 4.2. Řešení hlavice s otočnými čelistmi

Při řešení této hlavice viz obr. 3. vycházím z toho, že hlavice je souměrná podle hlavní podélné osy. Z toho vyplývá, že stačí řešit pouze polovinu mechanismu. Ve výpočtu se změří pouze velikost vstupní síly od motoru  $F_M$  na  $F_M / 2$ .



Obr. 6.

Podle obr. 6. :

Pomocné parametry :

$\tau$

$$\operatorname{tg}(\tau) = \frac{e}{x} \Rightarrow \tau = \operatorname{arctg}\left(\frac{e}{x}\right) \quad (4)$$

$n$

$$n = \sqrt{(e^2 + x^2)} \quad (5)$$

$u$

$$u = p \cos(\delta) \Rightarrow u = p \cos(180 - \varphi - \sigma) \Rightarrow \\ \Rightarrow u = -p \cos(\varphi + \sigma) \quad (6)$$



v

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{v + e}{(x + u)} \Rightarrow \underline{v = \operatorname{tg}(\alpha) (x + u) - e} \quad (7)$$

Úhel natočení kliky':

$\sigma$

$$l^2 = r^2 + n^2 - 2 r n \cos(\sigma + \tau)$$

$$\cos(\sigma + \tau) = \frac{r^2 + n^2 - l^2}{2 r n}$$

$$\sigma + \tau = \arccos\left(\frac{r^2 + n^2 - l^2}{2 r n}\right) \Rightarrow$$

Po dosazení z (4) a (5) :

$$\sigma = \arccos\left(\frac{r^2 + e^2 + x^2 - l^2}{\sqrt{(e^2 + x^2)}}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{e}{x}\right) \quad (8)$$

Úhel výkyvu ojnice :

$\alpha$

$$\frac{\sin(\alpha - \tau)}{r} = \frac{\sin(\sigma - \tau)}{l}$$

$$\sin(\alpha - \tau) = \frac{r}{l} \sin(\sigma + \tau)$$

$$\alpha - \tau = \arcsin\left(\frac{r}{l} \sin(\sigma + \tau)\right) \Rightarrow$$

Po dosazení z (4) :

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{r}{l} \sin\left(\sigma + \operatorname{arctg}\left(\frac{e}{x}\right)\right)\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{e}{x}\right) \quad (9)$$

Pomocný úhel :

$\beta$

$$\operatorname{tg}(\beta) = \frac{u}{v}$$

Po dosazení z (6) a (7) :

$$\beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{-p \cos(\varphi + \sigma)}{\operatorname{tg}(\alpha) (x - p \cos(\varphi + \sigma)) - e}\right) \quad (10)$$

Transformační úhel :

$\mu$

$$n^2 = l^2 + r^2 - 2 l r \cos(\mu)$$

$$\cos(\mu) = \frac{l^2 + r^2 - n^2}{2 l r} = \frac{l^2 + r^2 - e^2 - x^2}{2 l r} \Rightarrow$$

$$\mu = \operatorname{arccos}\left(\frac{l^2 + r^2 - e^2 - x^2}{2 l r}\right) \quad (11)$$

První převod :

$\sigma$

$$l^2 = (x - r \cos(\sigma))^2 + (e + r \sin(\sigma))^2$$

Po derivaci :

$$0 = 2 (x - r \cos(\sigma)) (dx + r \sin(\sigma) d\sigma) + 2 (e + r \sin(\sigma)) r \cos(\sigma) d\sigma$$

$$0 = x dx + x r \sin(\sigma) d\sigma - r \cos(\sigma) dx - r^2 \sin(\sigma) \cos(\sigma) d\sigma + e r \cos(\sigma) d\sigma + r^2 \sin(\sigma) \cos(\sigma) d\sigma$$

- 22 -

$$0 = dx (x - r \cos(\sigma)) + d\sigma (x r \sin(\sigma) + e r \cos(\sigma))$$

$$\frac{d\sigma}{dx} = \sigma = \frac{r \cos(\sigma) - x}{x r \sin(\sigma) + e r \cos(\sigma)} \quad (12)$$

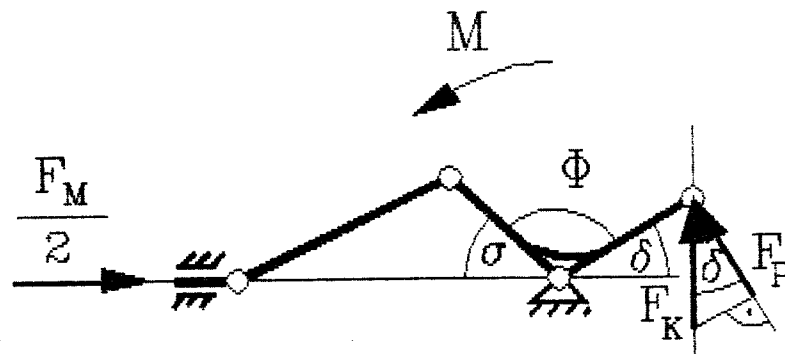
M



Po vykrácení :

$$0 = dx (x - r \cos(\sigma)) + d\sigma (x r \sin(\sigma) + e r \cos(\sigma))$$

$$\frac{d\sigma}{dx} = \dot{\sigma} = \frac{r \cos(\sigma) - \dot{x}}{x r \sin(\sigma) + e r \cos(\sigma)} \quad (12)$$



Obr. 7.

Podle obr. 7. :

Koncová síla :

$F_K$

$$\frac{F_M}{2} \dot{x} + M \dot{\sigma} = 0$$

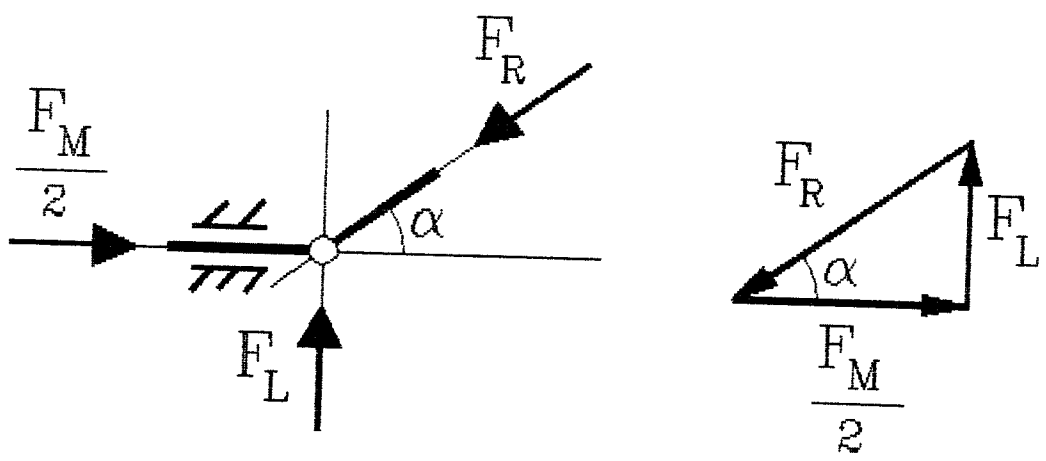
$$\frac{F_M}{2} \dot{x} + F_P p \dot{\sigma} = 0$$

$$\frac{F_M}{2} \dot{x} + F_K \cos(\delta) p \dot{\sigma} = 0$$

$$\frac{F_M}{2} \dot{x} + F_K \cos(180 - \sigma - \phi) p \dot{\sigma} = 0 \Rightarrow$$

$$F_K = - \frac{\dot{x}}{\sigma} \frac{1}{\cos(180 - \sigma - \varphi) p} \frac{F_M}{2}$$

$$F_K = \frac{1}{\sigma} \frac{1}{\cos(\sigma + \varphi) p} \frac{F_M}{2} \quad (13)$$



Obr. 8.

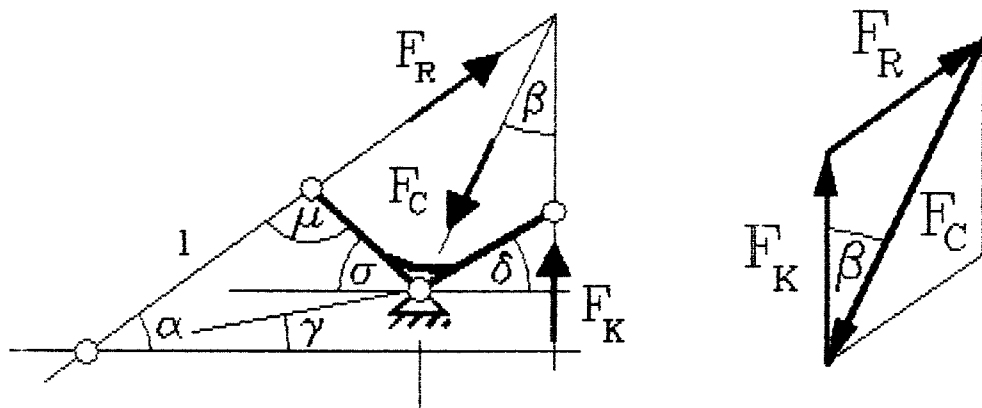
Podle obr. 8. :

$F_R$

$$\cos(\alpha) = \frac{\frac{F_M}{2}}{F_R} \Rightarrow F_R = \frac{F_M}{2 \cos(\alpha)} \quad (14)$$

$F_L$

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{F_L}{\frac{F_M}{2}} \Rightarrow F_L = F_M \operatorname{tg}(\alpha) \quad (15)$$



Obr. 9.

Podle obr. 9. :

$F_C$

$$F_R^2 = F_K^2 + F_C^2 - 2 F_K F_C \cos(\beta)$$

$$F_C^2 - 2 F_K \cos(\beta) F_C + F_K^2 - F_R^2 = 0$$

Řešíme-li jako kvadratickou rovnicí pak :

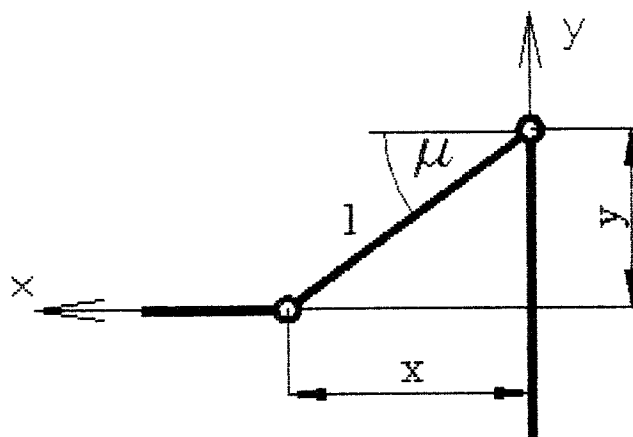
$$D = 4 F_K^2 \cos^2(\beta) - 4 (F_K^2 - F_R^2)$$

$$F_C = \frac{2 F_K \cos(\beta) + 2 \sqrt{(F_K^2 (\cos^2(\beta) - 1) + F_R^2)}}{2}$$

$$\underline{F_C = F_K \cos(\beta) + \sqrt{(F_L^2 \sin^2(\beta) + F_R^2)}} \quad (16)$$

### 4.3 Řešení hlavice s posuvnými čelistmi

Stejně jako v předchozím případě stačí řešit pouze polovinu mechanismu.



Obr. 10.

Podle obr. 10. :

Výška kloubu :

$$\boxed{y} \quad l^2 = x^2 + y^2 \Rightarrow \underline{y = \sqrt{l^2 - x^2}} \quad (17)$$

Transformační úhel :

$$\boxed{\mu} \quad \text{tg}(\mu) = \frac{y}{x} \Rightarrow \underline{\mu = \text{arctg}\left(\frac{y}{x}\right)} \quad (18)$$

První převod :

$$\boxed{\dot{y}} \quad \begin{aligned} l^2 &= x^2 + y^2 \\ 0 &= 2x \, dx + 2y \, dy \\ 0 &= x \, dx + y \, dy \end{aligned}$$

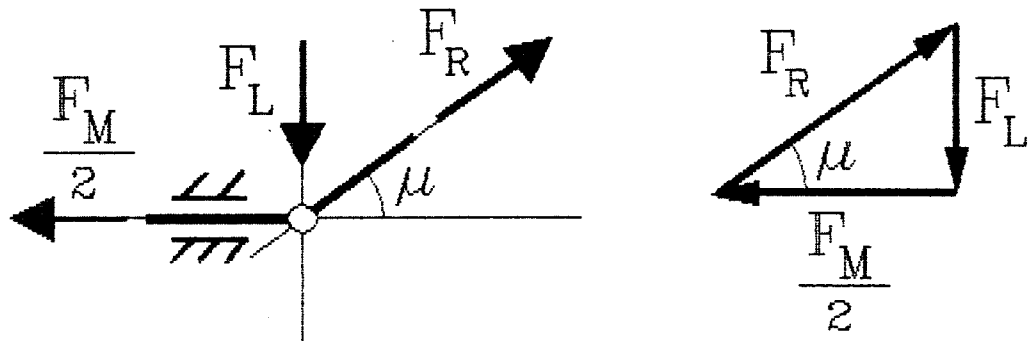
$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \Rightarrow \dot{y} = -\frac{x}{y} \quad (19)$$

Koncová síla :

$F_K$

Podle (3) můžeme psát :

$$F_K = -\frac{1}{y} \frac{F_M}{2} \quad (20)$$



Obr. 11.

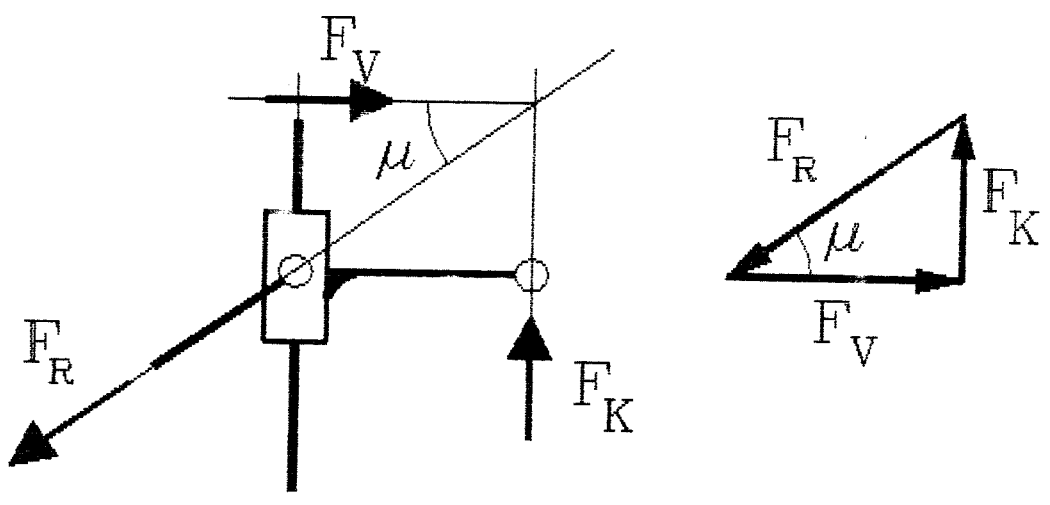
Podle obr. 11. :

$F_R$

$$\cos(\mu) = \frac{\frac{F_M}{2}}{F_R} \Rightarrow F_R = \frac{F_M}{2 \cos(\mu)} \quad (21)$$

$F_L$

$$\operatorname{tg}(\mu) = \frac{\frac{F_L}{2}}{\frac{F_M}{2}} \Rightarrow F_L = \operatorname{tg}(\mu) \frac{F_M}{2} \quad (22)$$



Obr. 12.

Podle obr. 12. :

$F_V$

$$\operatorname{tg}(\mu) = \frac{F_K}{F_V} \Rightarrow F_V = \frac{F_K}{\operatorname{tg}(\mu)} \quad (23)$$



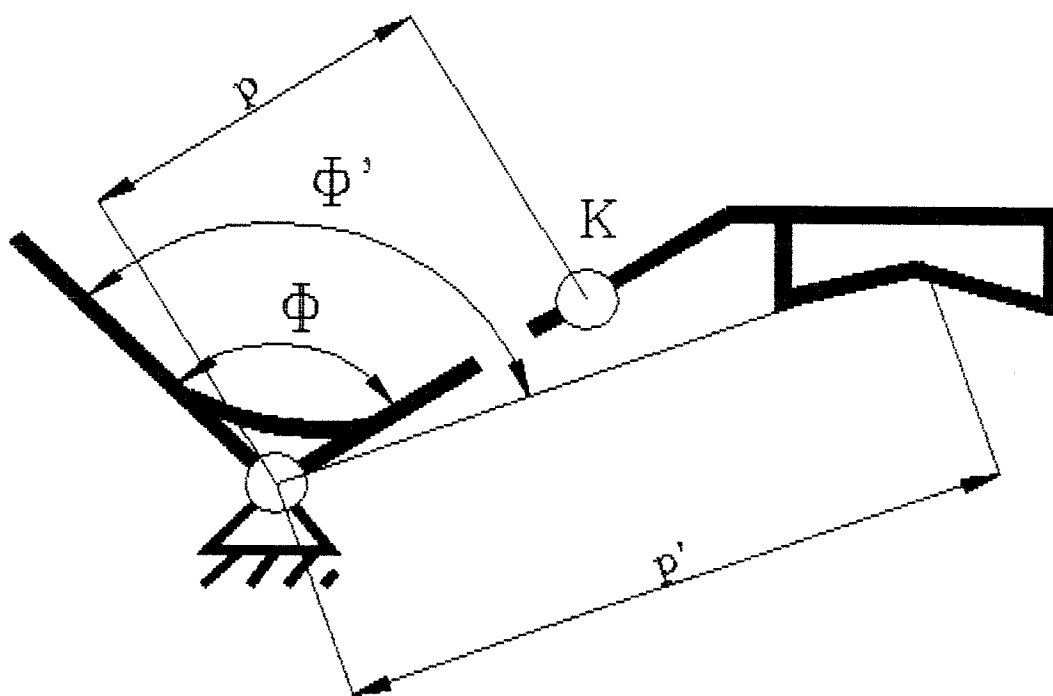
## 5. Návrh parametrů hlavic

V kapitole 4. je vytvořen nezbytný teoretický základ pro návrh parametrů hlavic. Jak naznačuje kapitola 3.1. je nutno věnovat pozornost především převodové funkci. Ta ovlivňuje průběh úchopné síly a tím i funkci celé hlavice. Průběh převodové funkce může být konstantní nebo proměnný. U zvoleného typu transformačního bloku se dá tento průběh očekávat proměnný.

### 5.1. Program pro mechanismy

Pro snadnější zjištění průběhu převodové funkce a úchopné síly jsem sestavil program. Tento program uživateli umožňuje zjištění všech poloh mechanismu během činnosti (mechanismus je nakreslen na obrazovce a geometrické rozměry jsou vypsány). Dále zjišťuje úchopnou sílu a síly v čepech.

V úvodu této kapitoly bych se chtěl zmínit o tom, že tzv. úchopná síla je zde vztažena ke koncovému bodu čelistí a je i v kapitole 4. označována  $F_k$ . Z obr. (13). je patrné proč. Předmětem této diplomové práce byla analýza transformačního bloku a ten končí úchopnými čelistmi. Za těmito úchopnými čelistmi následují ještě úchopné prvky a ty změni parametry úchopné síly  $F_u$ . Mimoto mohou být použity různé úchopné prvky pro stejný transformační blok. Z tohoto plyne to, že případný uživatel úchopné hlavice si musí po připojení konkrétních úchopných prvků přepočítat skutečnou hodnotu úchopné síly. Toto mu program obsažený v této práci umožní.



Obr. 13.

Program umožňuje nejen zjišťovat okamžité hodnoty geometrických veličin a sil, ale i zjišťovat jejich průběhy. Výsledky pak zobrazuje do grafů. Je možné zjišťovat závislosti např. síly  $F_K$  na dráze, ale také závislost jiné síly na transformačním úhlu nebo jiné veličině.

## 5.2. Aplikace programu

Program jsem použil ve dvou případech. V prvním případě při navrhování vhodných parametrů geometrie mechanismů. A ve druhém při pevnostní kontrole již navržených mechanismů.

Pro navrhování vhodné geometrie mechanismů jsem postupoval tak, že jsem vyloučil variantu B pro návrh. Důvod je ten, že se u tohoto typu mechanismu průběh koncové respektive úchopné síly nedá změnou geometrie ovlivnit. Délku ojnice 1 jsem nakonec převzal z varianty A. Jak již bylo řečeno je u transformačního bloku důležitý průběh úchopné síly v závislosti na zdvihu motoru. Ten byl také hlavním kritériem pro návrh.

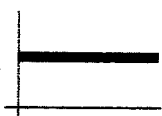

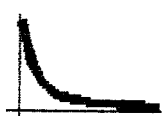
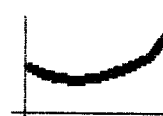
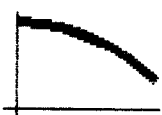
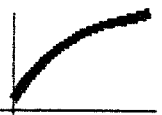


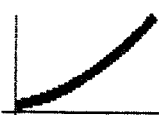
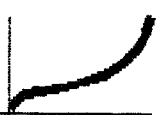


Budeme tedy zkoumat mechanismus varianty A. Jeho teoretický rozbor je proveden výše a vyplývá z něho, že na průběh koncové síly mají parametry  $r, l, e, \phi, p$  přičemž parametr  $p$  se jen podílí nepřímo úměrně na průběh síly  $F_K$ . Pro další rozbor ho tedy zanedbáme.

Na obr. 14. jsou znázorněny přibližné průběhy síly  $F_K$  pro vyznačené geometrické poměry. Je třeba zdůraznit, že na ose  $x$  ve směru doprava klesá dráha. Důvod je ten, že u schematu mechanismu přirůstá hodnota dráhy směrem doleva, a pro snazší orientaci v grafech jsem tento opačný smysl zachoval.

V zásadě jsou možné tyto tři druhy průběhů :

- 1) Stoupající - se zvětšujícím se sevřením se zvětšuje úchopná síla.
- 2) Konstantní - velikost síly se se sevřením nemění.
- 3) Klesající - síla má při větším sevření menší velikost.

Průběh síly  $F_K$

	$\Phi=90$	$\Phi>90$	$\Phi<90$	$e>0$
$l = r$				
$l > r$				
$l < r$				

Obr. 14.

Pro náš účel je nejvýhodnější klesající průběh síly  $F_K$ . Tzn., že při větším sevření je i menší síla  $F_K$ . V praxi to znamená, že pro větší uchopované součásti je větší síla, což je výhodné protože pro větší, tedy i hmotnější součást je třeba větší úchopné síly.

Tento případ nastává většinou při poměrech  $l > r$ , jedině při úhlu  $\varphi > 90^\circ$  je průběh stoupající. Pro náš případ se, ale toto uspořádání nehodí, protože se zvětšující se hodnotou ojnice  $l$  se i u varianty B zvětšuje příčný rozměr, což je samozřejmě nevýhodné. Klesající charakter je ještě při

poměrech  $l = r$  a  $\varphi < 90^\circ$ , toto uspořádání je zase nevýhodné zdůvodň, že je při něm úhel  $\delta$  velký a tak by se dali uchopovat pouze velké součásti.

Zvláštním případem je, že je síla v celém průběhu zdvíhu konstantní. Tento případ nastává za parametrů  $l = r$  a  $\varphi = 90^\circ$ . Dalo by se toho využít, ale musely by být skutečně zachovány tyto parametry, protože při změně kteréhokoliv ze čtyř parametrů tento jev mizí, viz obr. 13.

V příloze I. jsou uvedeny nejzajímavější alternativy mechanismů. Je zde vždy náčrt mechanismu výpis parametrů a okamžitých hodnot výstupních hodnot (geometrických, silových). Tentýž pohled je vidět na obrazovce při chodu programu. Následují grafy průběhů nejdůležitějších veličin pro parametry uvedené u náčrtu mechanismu.

Pro návrh hlavice pro unifikaci jsem se rozhodl pro variantu kdy  $l = r = 40$  mm a  $\varphi = 109^\circ$ ,  $e$  lze měnit skokem na  $e = 0$ ,  $e = 7$  mm a  $e = 14$  mm. Získáme tím sice stoupající charakter síly  $F_k$ , ale geometricky výhodnou alternativu. Charakteristiky obou navržených hlavice jsou v příloze II.

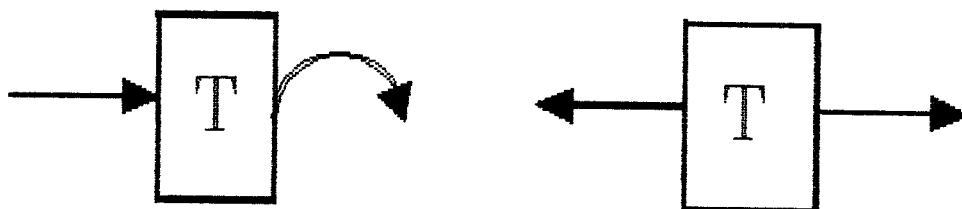
## 6. Navržené konstrukce

### 6.1 Popis navržené konstrukce

Popis obou úchopných hlavíc se bude vztahovat k výkresům 2-KVS-VSPRM-5-01 varianta A a 2-KVS-VSPRM-5-02 varinata B. Jak je ostatně cílem celé práce jsou obě hlavice navrženy tak, aby obsahovaly co možná nejvíc společných prvků. Obě varianty se od sebe liší jen nepatrně viz technicko - ekonomické hodnocení (kapitola 7.) .

Při řešení jsem vycházel ze zásad pro konstrukci úchopných hlavíc naznačených v kapitole 2.3 . Tzn. pokud možno co nejmenší rozměry, hmotnost a velká spolehlivost.

U varianty A se transformuje přímočarý pohyb od motoru na otočný pohyb čelistí. U varianty B se transformuje přímočarý pohyb na přímočarý pohyb kolmý k pohybu motoru. Schema je na obr. 15. Ze shemat je vidět, že obě varianty mají různý smysl pohonu. U varianty A, s otočnými čelistmi dojde ke sevření čelistí při pohybu motoru doprava. U varianty B se čelisti budou svírat při pohybu otoru směrem doleva.



Obr. 15.

Nosnou částí celé konstrukce jsou dvě desky (pozice 1 a 2), které jsou vyfrézovány z plechu o tloušťce 15 mm. Vhodnější by byl výkovek, ale při předpokládané kusové výrobě by byl nákladově nevhodný. K motoru úchopné hlavice je transformační blok připojen přes desku (pozice 15). Tato deska je přišroubována čtyřmi šrouby M 8. Vlastní transformační blok je do desky zasunut pomocí vedení (viz výkresy). Proti pohybu je v tomto vedení zajištěn klínem (pozice 13).

Vlastní aplikace transformačního bloku k motoru by tedy probíhala asi následovně. Nejdříve by se transformační blok sestavil mimo pracoviště robotu nebo manipulátoru do potřebné konfigurace, a to včetně úchopných prvků. Potom by se již sestavená hlavice dopravila na pracoviště. Při montáži stačí zasunout jeden z klínů a nasunout transformační blok na začátek vedení. Pak je třeba mezi deskami nastavit vysunutou pístnici (pozice 17) s připevněným těčkem (pozice 16) tak, aby po zasunutí zapadlo těčko do výřezu v křížáku (pozice 18).

Po úplném zasunutí transformačního bloku se klín vysune, tlačem perem (pozice 14) do výchozí polohy a tím fixuje transformační blok v pracovní poloze. Při zasouvání je jedno, kterou stranou na desce budeme transformační blok zasouvat, protože celá úchopná hlavice je souměrná podle podélné osy.

Konstrukce transformačního bloku byla ztížena tím, že varianta A i B mají jiné charakteristické rozměry. U varianty A je převládající rozměr délkový. Tzn., že délka je větší než šířka. U varianty B je tomu právě naopak. Z toho vyplývá i charakteristický rozměr výsledné konstrukce, který je čtvercový (viz výkresy). Nepříjemný je zvláště příčný rozměr zaviněný variantou B.

Příčné vedení v základních deskách je u varianty A využito ke změně excentricity a tím i změny vlastností. Ve vedení je posuvný kámen (pozice 4) zajištěn kamenem (pozice 11). Toto uspořádání umožňuje rychlou změnu excentricity.

Přípevnění úchopných prvků je navrženo dvěma šrouby a stavícím perem, které zajistí předepsanou polohu úchopných prvků vůči čelistem.



## 6.2 Pevnostní kontrola stěžejních částí

Pevnostní kontrola je provedena pouze u částí, kde se dá předpokládat porucha. Jsou to především čepy (pozice 7 a 12) a kámen (pozice 11). Kontrola bude prováděna na stříh a na otlačení.

Po prozkoumání všech sil a jejich průběhů u obou variant viz příloha II. a to včetně uvažování užití excentricity u varianty A jsem stanovil tyto maximální síly na jednotlivých čepích :

Čep I - je namáhán maximálně silou  $F_R = 2800 \text{ N}$

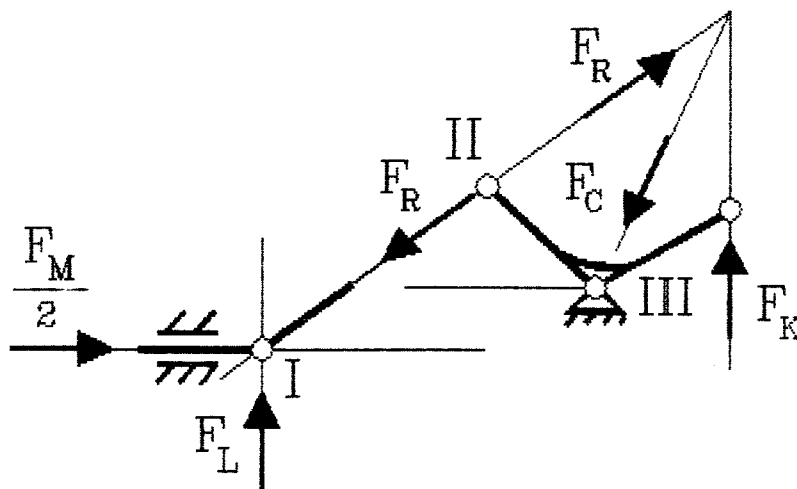
Čep II - je namáhán maximálně silou  $F_R = 2800 \text{ N}$

Čep III - je namáhán maximálně silou  $F_C = 5600 \text{ N}$

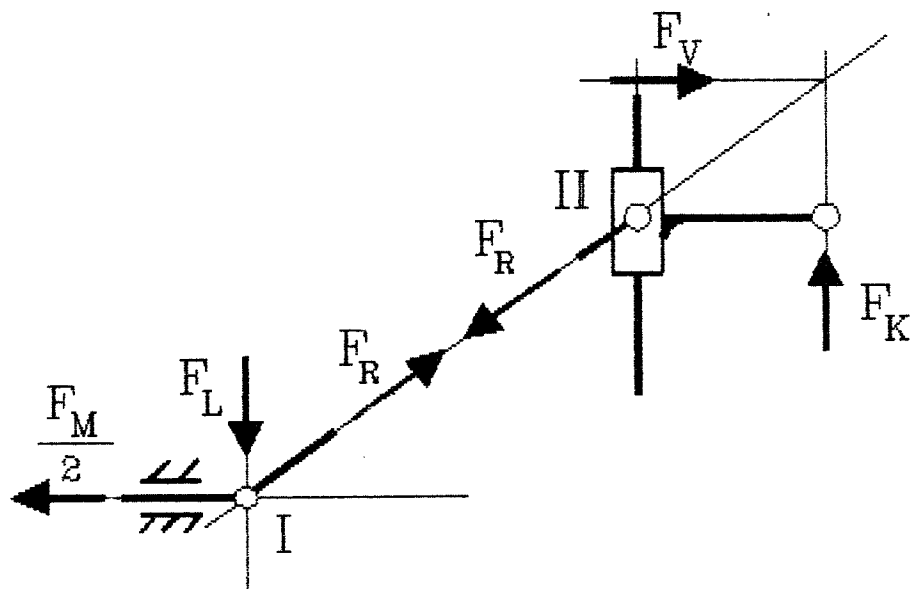
Kámen - je namáhán maximálně silou  $F_C = 5600 \text{ N}$

Tyto hodnoty jsou stanoveny pro sílu od motoru

$F_M = 1200 \text{ N}$  .



Obr. 16.



Obr. 17.

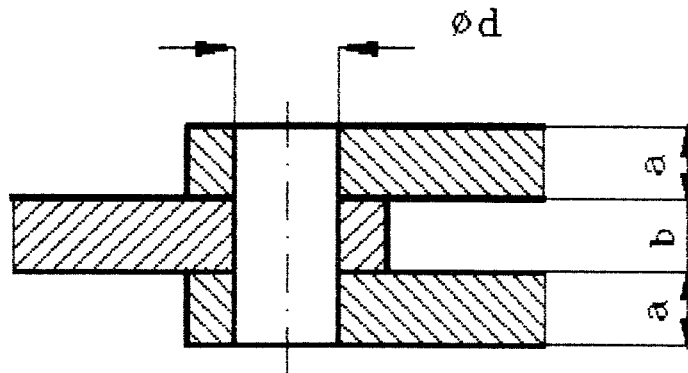
Na obr. 15, 16. jsou znázorněny čepy I, II (pozice 7) a čep III (pozice 12). Všechny tři mají shodný průměr a to 8 mm. Je to z konstrukčních důvodů, protože čep III se využívá pro obě varianty (musí mít stejný průměr jako čep II).

Čepy jsou vyrobeny z oceli 11 500 pro kterou platí tato dovolená napětí :

$$\sigma_{aov} = 210 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{aov} = 125 \text{ Mpa}$$

## 6.2.1 Kontrola na střiž



Obr. 18.

Podle obr. 18. :

Čep I

$$\tau = \frac{F_R}{\frac{2 \pi d^2}{4}} = \frac{2 F_R}{\pi d^2} = \frac{2 \cdot 2800}{\pi \cdot 8^2} = 28 \text{ Mpa}$$

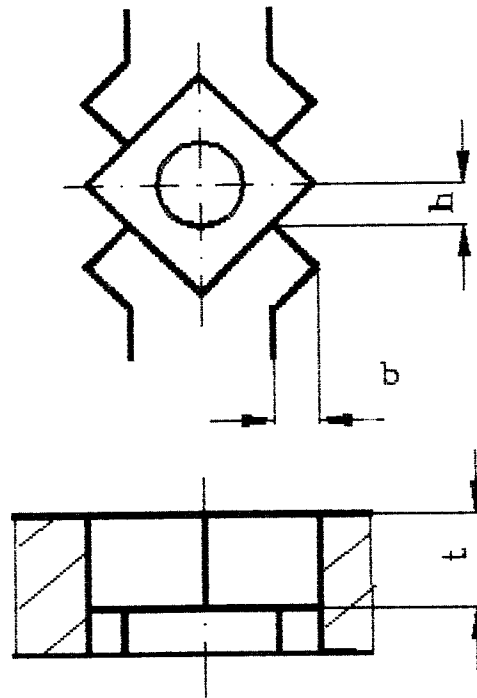
$$\tau = < \tau_{\text{dov}} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Čep II

Pro čep II platí stejné hodnoty jako pro čep I.

Čep III

$$\tau = \frac{F_C}{\frac{2 \pi d^2}{4}} = \frac{2 F_C}{\pi d^2} = \frac{2 \cdot 5600}{\pi \cdot 8^2} = 56 \text{ Mpa}$$



Obr. 19.

Podle obr. 19. :

Kámen

$$\tau = \frac{F_c}{4 t h} = \frac{5600}{477} = 29 \text{ Mpa}$$

$$\tau < \tau_{\text{aov}} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 6.2.2 Kontrola na otláčení

Podle obr. 18. :

Čep I

$$p_a = \frac{F_R}{2 a d} = \frac{2800}{238} = 58 \text{ Mpa}$$

$$p_a < \sigma_{\text{aov}} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$p_b = \frac{F_R}{b d} = \frac{2800}{4 \cdot 8} = 88 \text{ Mpa}$$

$$p_b < \sigma_{\text{aov}} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Čep II

Pro čep II platí stejné hodnoty jako pro čep I.

### Čep III

$$p_a = \frac{F_c}{2 a d} = \frac{5600}{2 \cdot 12 \cdot 8} = 29 \text{ Mpa}$$

$$p_a < \sigma_{\text{aov}} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$p_b = \frac{F_c}{b d} = \frac{5600}{10 \cdot 8} = 88 \text{ Mpa}$$

$$p_b < \sigma_{\text{aov}} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Podle obr. 19 :

### Kámen

$$p_c = \frac{F_c}{4 t c} = \frac{5600}{4 \cdot 7 \cdot 3} = 29 \text{ Mpa}$$

$$p_c < \sigma_{\text{aov}} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 7. Technicko - ekonomické zhodnocení

Konstrukční návrhy obou typů mechanických úchopných hlavíc byly řešeny s ohledem na unifikaci součástí transformačního bloku. ✓

Vzhledem k tomu, že se v Československu nevyrábějí uchopné hlavice sériově, ale pouze kusově, není reálné provést srovnání s jiným typem. Z tohoto důvodu je v této kapitole posouzení těch vlastností navržených transformačních bloků, u kterých je to možné.

### 7.1 Rozbor technologičnosti konstrukce

Obecně je technologičnost konstrukcí dána souhrnem vlastností technicko - ekonomického charakteru, které mají zajistit optimální podmínky nejen z hlediska funkce, spolehlivosti, životnosti výrobku a jeho součástí, ale musí také v plné míře respektovat hledisko efektivnosti výroby. To znamená dosáhnout minimální spotřeby hmotných zdrojů a energie a maximálního využití výrobních prostředků.

Technologičnost je však relativní vlastností výrobku, protože je vždy ovlivněna konkrétními podmínkami výrobního procesu.

Za technologicky správně pojatou konstrukcí lze považovat takovou, jejíž provedení přihlíží zejména k zásadám :

- 1) konstrukčním - pozornost musí být zaměřena na funkci, pevnostní, materiálové a další příbuzné

vlastností.

- 2) technologickým - konstrukce musí dovolit co největší využití výrobního zařízení, musí umožnit výrobu při minimální pracnosti a minimálních výrobních nákladech ve všech stupních výroby.
- 3) provozním - jde především o řešení otázek spolehlivosti, životnosti, pořizovacích a provozních nákladů.

V současném stádiu řešení problému lze posoudit úroveň technologičnosti konstrukce obou variant transformačních bloků ve fázi návrhu.

V rozboru je přihlíženo zejména :

- 1) k jednoduchosti a účelnosti konstrukce (spolehlivost, životnost).
- 2) k minimálnímu počtu různých součástí z hlediska tvaru a materiálu.

## 7.2 Jednoduchost a účelnost konstrukce

Z výkresů 2-KVS-VSPRM-5-01 varianta A a 2-KVS-VSPRM-5-02 varianta B je zřejmé konstrukční provedení. Celková koncepce návrhu vycházela z předpokladu, že výroba jednotlivých součástí bude zajišťována z běžně vyráběných polotovarů obráběním.

- 1) Konstrukce obou transformačních bloků je navržena s ohledem na co možná nejvíc společných prvků obou typů. Z toho vyplývá možná trochu složitější tvar některých prvků.

- 2) Návrh byl také podřízen co možná nejkratšímu času výměny jedné hlavice za druhou. Transformační blok je uchycen na motoru přes pomocnou desku. Tento způsob umožňuje zaměnit hlavici přímo na pracovišti bez zbytečný prostoje.
- 3) Také montáž transformačního bloku je jednoduchá a rychlá. Vlastní mechanismus je uložen mezi dvěma základními deskami a umožňuje změnu vlastností transformačního bloku (u varianty A je možné měnit tzv. excentricitu).

Vzhledem k jednoduchosti konstrukce se dá usuzovat na její spolehlivost při vlastním provozu a to vše při dostatečné variantnosti možných konfigurací.

### 7.3 Počet různých druhů součástí z hlediska tvaru a materiálu

Rozbor technologičnosti konstrukce z hlediska využití materiálu, druhů materiálu atd. se provádí pomocí různých ukazatelů. V dalším jsou uvedeny ukazatele, které nevyužívají relativního srovnání s jiným typem výrobku a to z důvodů, které jsou uvedeny v úvodu této kapitoly.

- 1) Ukazatel počtu druhů použitých materiálů při konstrukci výrobku vychází z kusovníků obou variant. Značná různorodost materiálů se může nepříznivě projevit při objednávání, skladování i při vlastním



zpracování.

$$U_{am} = \frac{\text{počet součástí celkem}}{\text{počet druhů materiálů}} \quad (23)$$

2) Ukazatel využití normalizovaných součástí a konstrukčních prvků.

$$U_n = \frac{\text{počet druhů normal. souč.}}{\text{počet druhů vyráběných s.}} \quad (24)$$

3) Ukazatel unifikace (sjednocení).

$$U_u = \frac{\text{počet druhů stálých souč.}}{\text{celkový počet druhů součástí}} \quad (25)$$

## 7.4 Výpočet a zhodnocení ukazatelů

1) Podle (23) :

Pro všechny součásti :

Varianta A :

$$U_{am} = \frac{56}{5} = 11.2$$

Varianta B :

$$U_{am} = \frac{57}{5} = 11.4$$

Čím větší je tento ukazatel, tím menší je různorodost použitých materiálů.

Pro vyráběné součásti :

Varianta A :

$$U_{am} = \frac{22}{5} = 4.4$$

Varianta B :

$$U_{am} = \frac{25}{5} = 5.0$$

Pro vyráběné součásti je tento ukazatel horší. Jeho zlepšení by se dosáhlo při hromadnější výrobě.

2) Podle (24) :

Varianta A :

$$U_n = \frac{34}{22} = 1.5$$

Varianta B :

$$U_n = \frac{32}{25} = 1.3$$

Tento ukazatel nám říká jak bylo při konstrukci využito normalizovaných součástí. Jeho hodnota kolem 1.5 není špatná, ale dala by se ještě vhodnými zásahy zlepšit.

3) Podle (25) :

Varianta A :

$$U_u = \frac{50}{56} = 0.89$$

Varianta B :

$$U_u = \frac{50}{57} = 0.88$$

Ideálním případem by bylo  $U_u = 1$ . Jak je vidět pro dané řešení vychází okolo 0.9. Vzhledem k tomu, že unifikace prvků byla cílem této práce, dá se říci, že z tohoto hlediska je navržené řešení příznivé.

## 8. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo sjednotit (unifikovat) dva transformační bloky tak, aby měly co nejvíce společných součástí. Získáme tím dvě různé hlavice při výrobní náročnosti jako na jednu. Výsledkem je sestava možného konstrukčního řešení. Jde pouze o jednu možnost konstrukčního řešení, která se snaží respektovat zadání. Při větším časovém prostoru by se dala ještě vylepšit. Například příčný rozměr by se dal zmenšit.

Snažil jsem se při konstrukci i to, aby byla možná co nejrychlejší výměna transformačního bloku přímo na pracovišti robotu. Tomuto cíli je uzpůsobeno uchycení k motoru, který tvoří nosnou část celé hlavice. Motor může tedy být společný pro několik transformačních bloků, čímž se získá značná pružnost výsledné úchopné hlavice. Také změnou excentricity u varianty A se dají velice snadno měnit vlastnosti tohoto transformačního bloku. Jak vyplývá z přílohy II. Zvýší se při excentricitě velikost úchopné síly.

Program, který jsem použil v této práci umožňuje jak analýzu tak i syntézu vlastně libovolného mechanismu. Pro zpracování je nutné zadat matematické závislosti požadovaných výstupních veličin (např. síly, úhly ale třeba i tolerance), na vstupních veličinách (např. rozměry mechanismu). Dále je potřeba zadat krajní polohy do kterých by se mechanismus neměl dostat. A nakonec způsob zobrazování mechanismu (tj. které

části a jakým způsobem chceme zobrazit).

Myslím si, že otázka unifikace a typizace úchopných hlavic je stále otevřená a při podrobnějším studiu této problematiky by se dala úspěšně vyřešit.

## Použitá literatura

- /1/ CHVÁLA, B. - MATIČKA, R. - TALÁCKO, J. : Průmyslové manipulátory a roboty. SNTL Praha 1990
- /2/ LUBOJACKÝ, O. : Základy robotiky. (Skripta). VŠST Liberec 1990
- /3/ VÁVRA, P. : Strojnické tabulky. SNTL Praha 1983
- /4/ KOLEKTIV. : Průmyslové manipulátory a roboty V. Stavba strojů. DT ČSVTS Praha
- /5/ BARTSCH, H. : Matematické vzorce. SNTL Praha 1983
- /6/ CHVÁLA, B. - NEDBAL, J. - DUNAY, G. : Automatizace. SNTL Praha 1990
- /7/ KAPRASOVÁ, J. : Studie unifikace úchopných hlavíc průmyslových robotů. (Diplomová práce). Liberec 1988

## Seznam příloh

Příloha I - ukázka průběhu výstupních parametrů na různých vstupních parametrech

Příloha II - průběhy výstupních parametrů pro navržené transformační bloky

Příloha III - konstrukční výkresy 2-KVS-VSPRM-5-01  
2-KVS-VSPRM-5-02  
kusovníky 2-KVS-VSPRM-5-03  
2-KVS-VSPRM-5-04

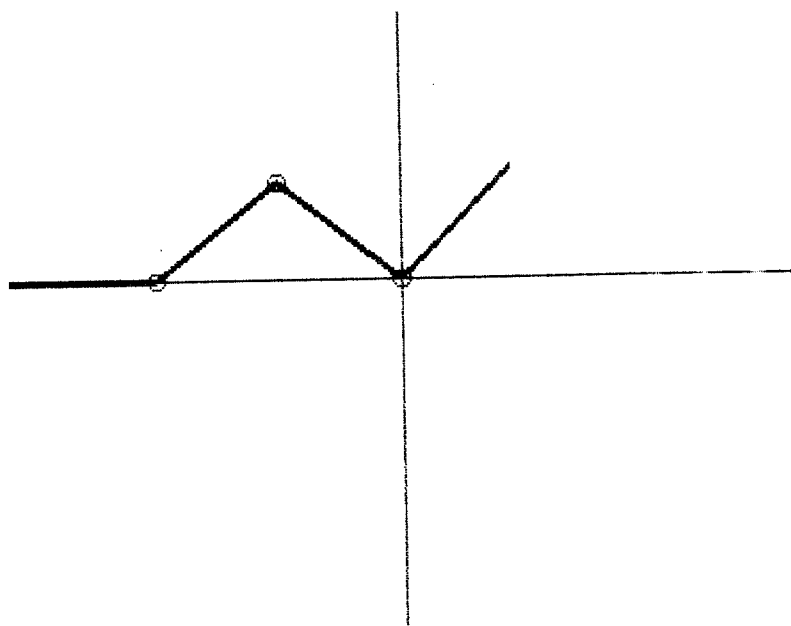
Závěrem bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Josefu Cerhovi, CSc. za vhodné usměrnění a zároveň ponechání volné ruky při mé práci.

Dále bych chtěl oděkovat Ing. Zdeňkovi Kolocovi, CSc. za osvětlení problémů řešení kinematiky mechanismů.

V Liberci 5.června 1991

Jiří JIRKOVEC

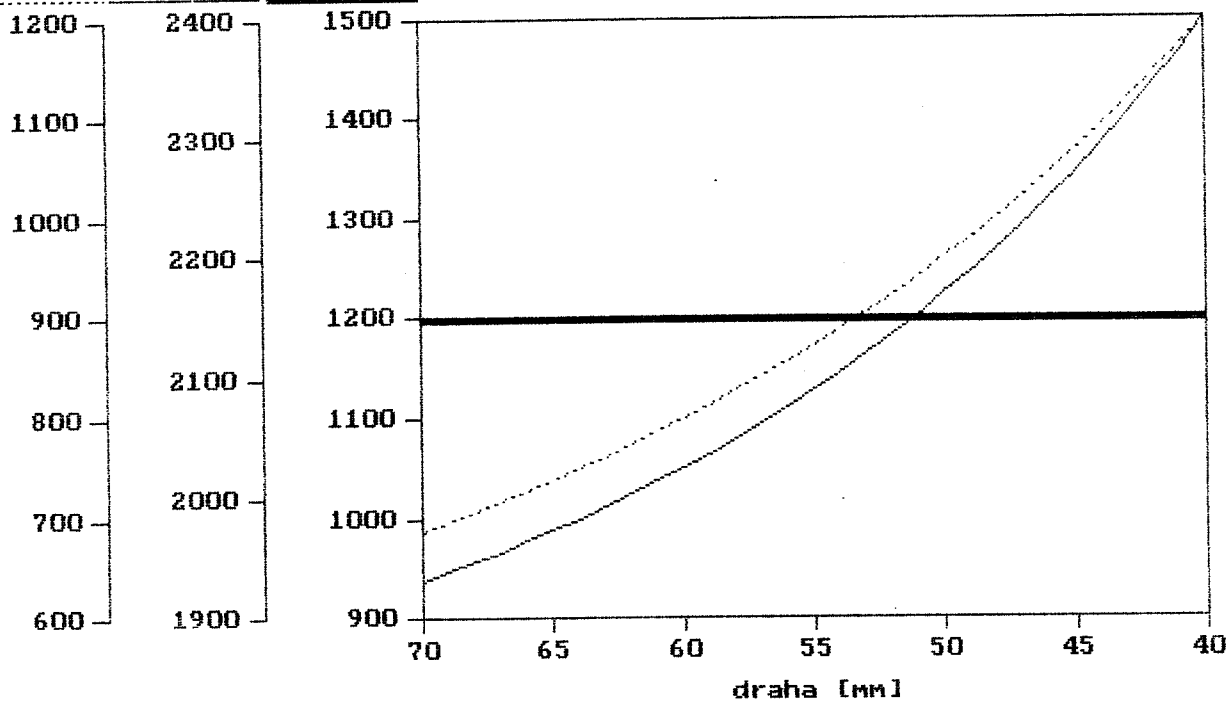


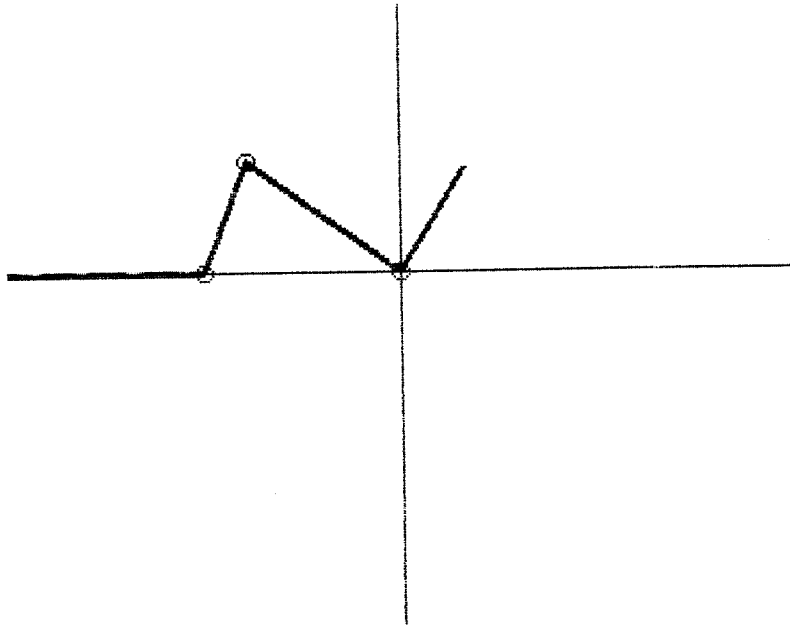


$r$  [mm] = 40  
 $l$  [mm] = 40  
 $e$  [mm] = 0.0  
 $p$  [mm] = 40  
 $\psi$  = 90  
 $F_m$  [N] = 1200

$\text{draha}$  [mm] = 60.0  
 $y$  [mm] = 30.0  
 $\tau$  = 41.4  
 $\alpha$  = 41.4  
 $\beta$  = 19.1  
 $n_i$  = 97.2  
 $f_i$  = 48.6  
 $F_k$  [N] = 1200  
 $F_r$  [N] = 800  
 $F_c$  [N] = 2025  
 $F_l$  [N] = 529

Fr [N]    Fc [N]    Fk [N]

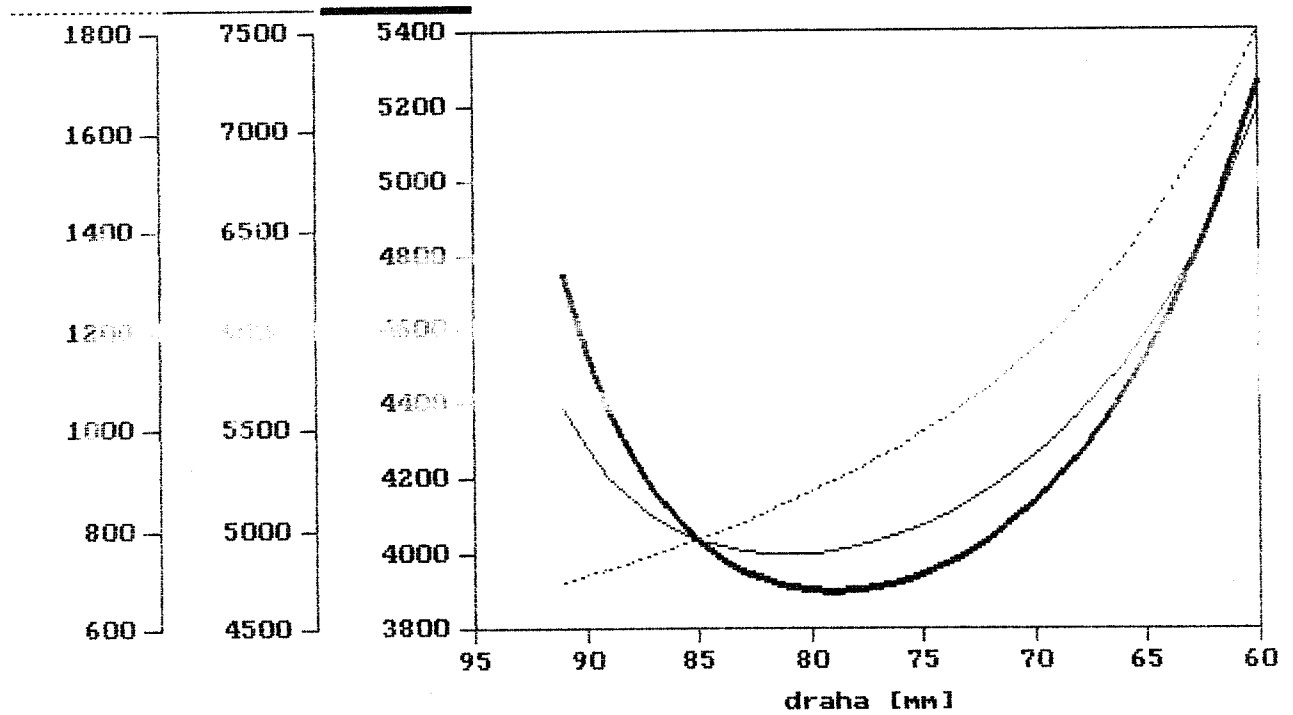




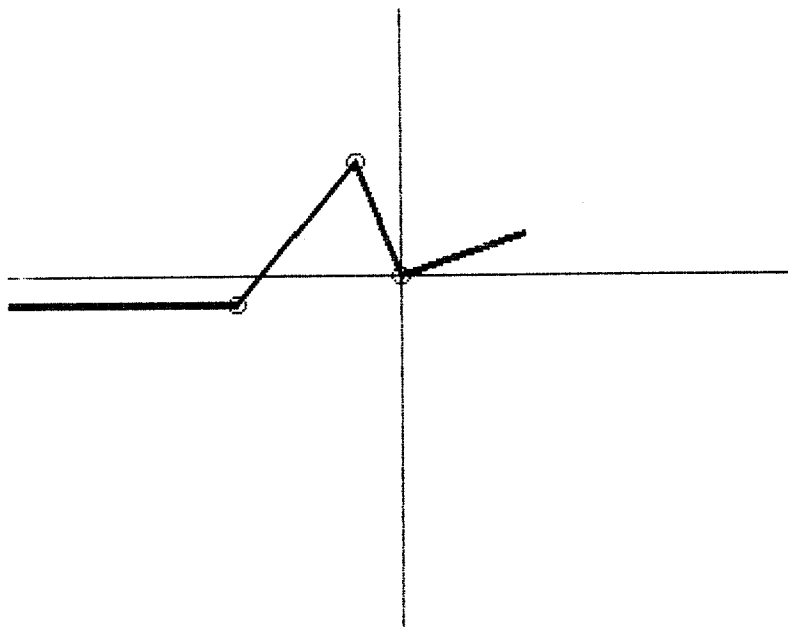
$r$  [mm] = 60  
 $l$  [mm] = 40  
 $e$  [mm] = 0.0  
 $p$  [mm] = 40  
 $\psi$  = 80  
 $F_m$  [N] = 1200

$\text{draha}$  [mm] = 60.0  
 $y$  [mm] = 35.0  
 $\tau$  = 38.9  
 $\alpha$  = 70.5  
 $\beta$  = 4.9  
 $n_i$  = 70.5  
 $f_i$  = 61.1  
 $F_k$  [N] = 5260  
 $F_r$  [N] = 1800  
 $F_c$  [N] = 7097  
 $F_l$  [N] = 1697

$F_r$  [N]     $F_c$  [N]     $F_k$  [N]



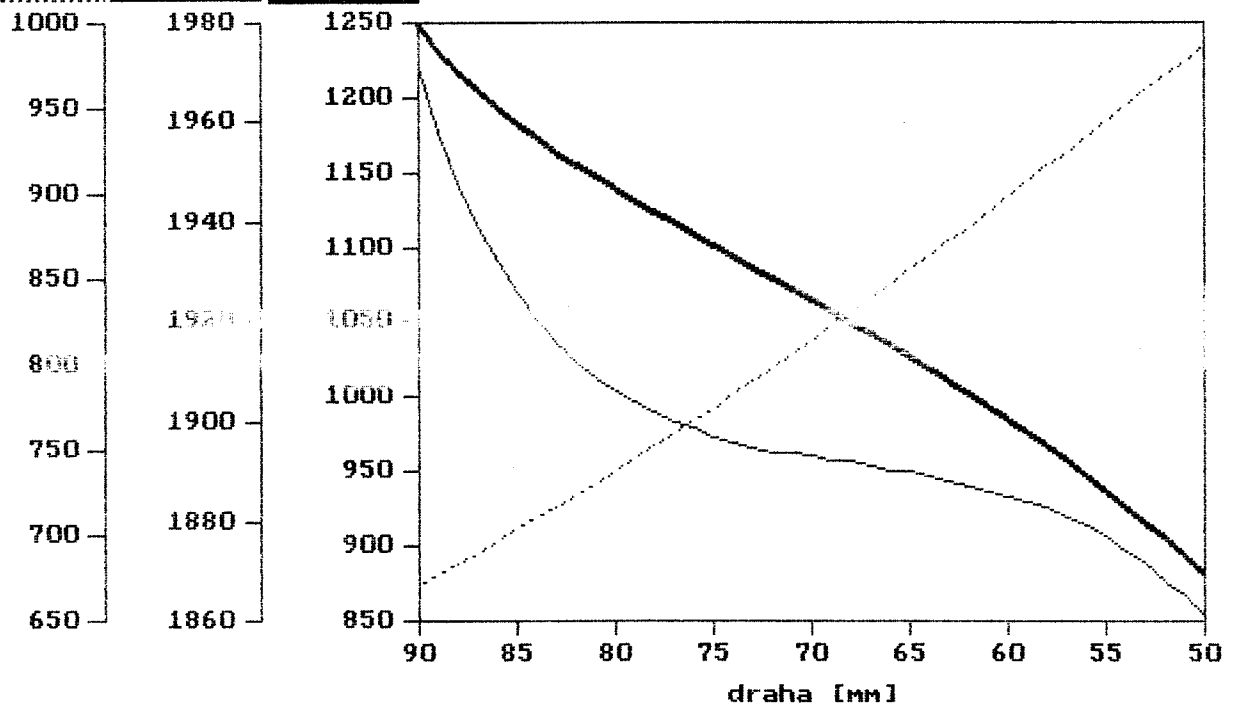


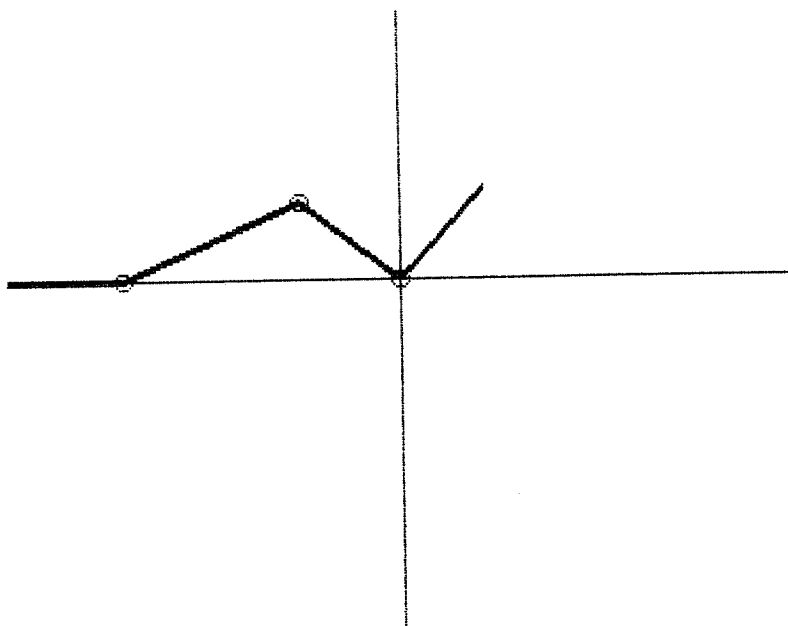


$r$  [mm] = 40  
 $l$  [mm] = 60  
 $e$  [mm] = 10.0  
 $p$  [mm] = 40  
 $\psi$  = 90  
 $F_m$  [N] = 1200

$draha$  [mm] = 50.0  
 $y$  [mm] = 13.5  
 $\tau$  = 70.2  
 $\alpha$  = 52.6  
 $\beta$  = 19.8  
 $n_i$  = 57.2  
 $f_i$  = 19.8  
 $F_k$  [N] = 882  
 $F_r$  [N] = 987  
 $F_c$  [N] = 1861  
 $F_l$  [N] = 784

$F_r$  [N]     $F_c$  [N]     $F_k$  [N]

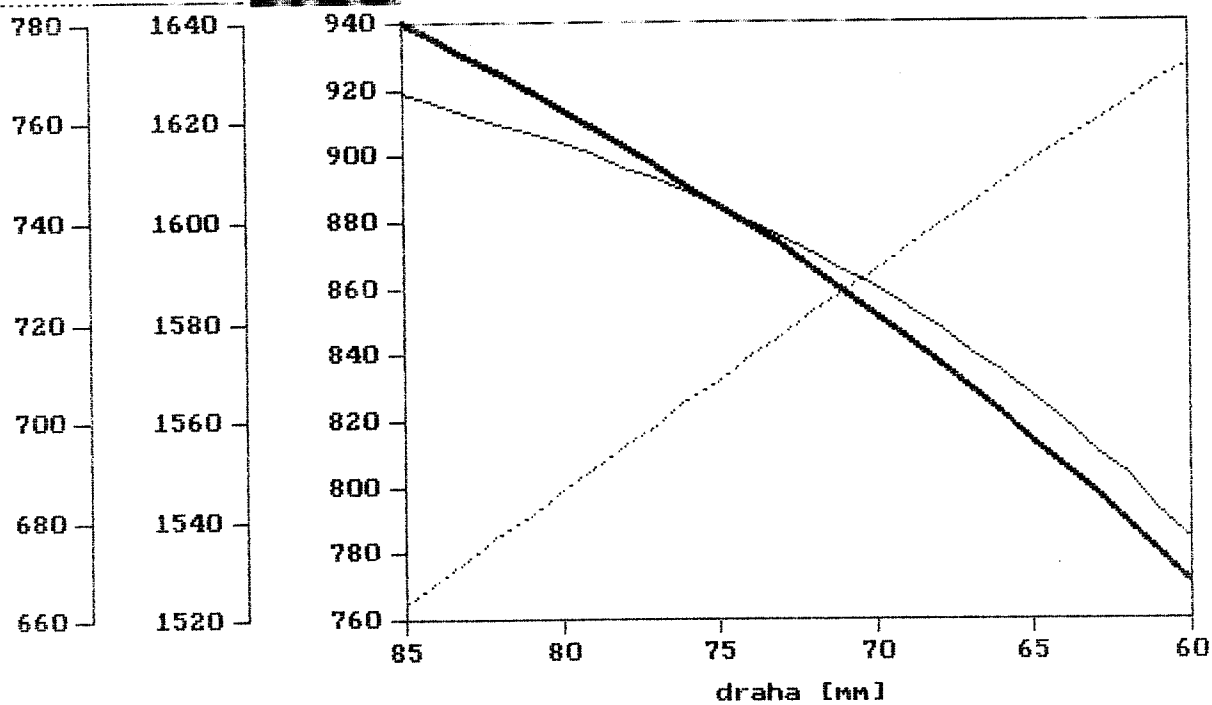


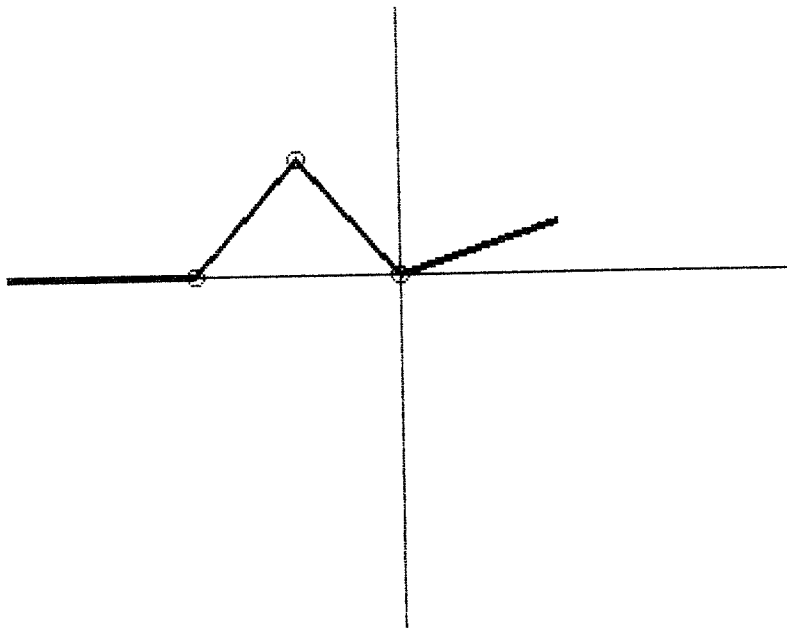


$r$  [mm] = 40  
 $l$  [mm] = 60  
 $e$  [mm] = 0.0  
 $p$  [mm] = 40  
 $\psi$  = 90  
 $F_n$  [N] = 1200

$draha$  [mm] = 85.0  
 $y$  [mm] = 30.7  
 $\tau$  = 39.8  
 $\alpha$  = 25.3  
 $\beta$  = 26.1  
 $n_i$  = 115  
 $f_i$  = 50.2  
 $F_k$  [N] = 940  
 $F_r$  [N] = 663  
 $F_c$  [N] = 1626  
 $F_l$  [N] = 283

Fr [N]    Fc [N]    Fk [N]

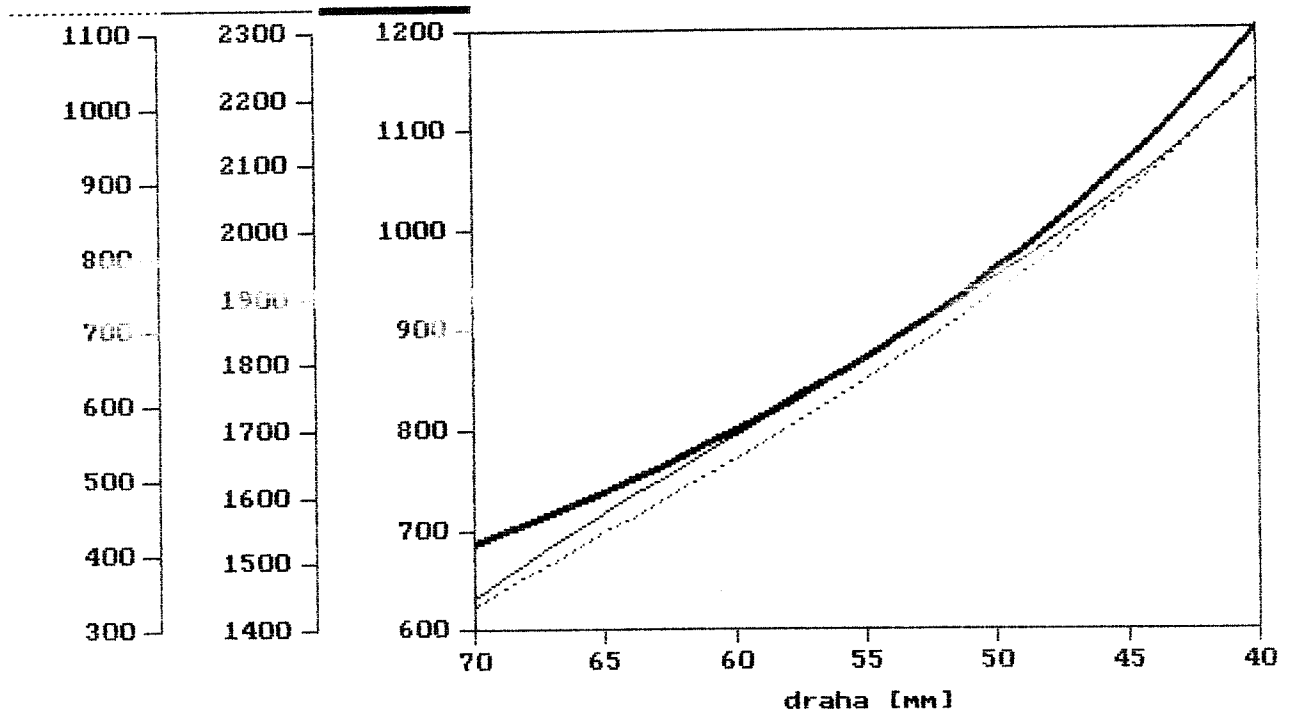




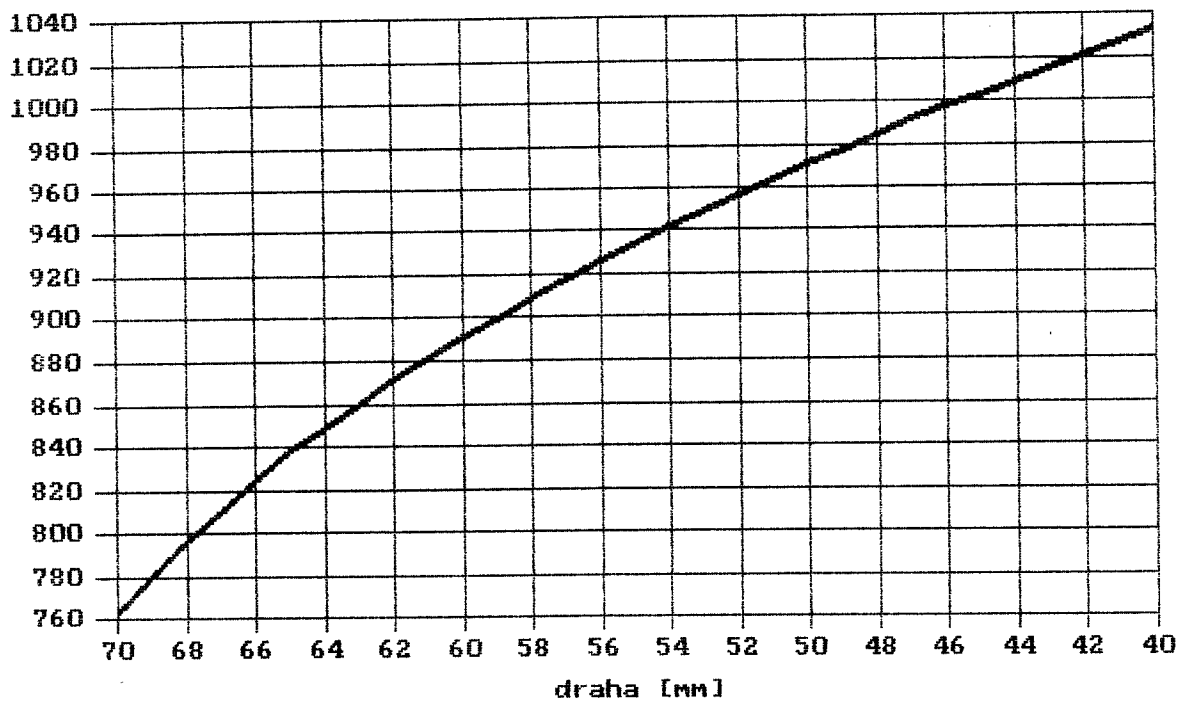
$r$  [mm] = 40  
 $l$  [mm] = 40  
 $e$  [mm] = 0.0  
 $p$  [mm] = 41  
 $\psi$  = 109  
 $F_n$  [N] = 1200

$\text{draha}$  [mm] = 50.0  
 $y$  [mm] = 13.8  
 $\tau$  = 51.3  
 $\alpha$  = 51.3  
 $\beta$  = 19.2  
 $\eta$  = 77.4  
 $f_i$  = 19.7  
 $F_k$  [N] = 971  
 $F_r$  [N] = 960  
 $F_c$  [N] = 1928  
 $F_l$  [N] = 749

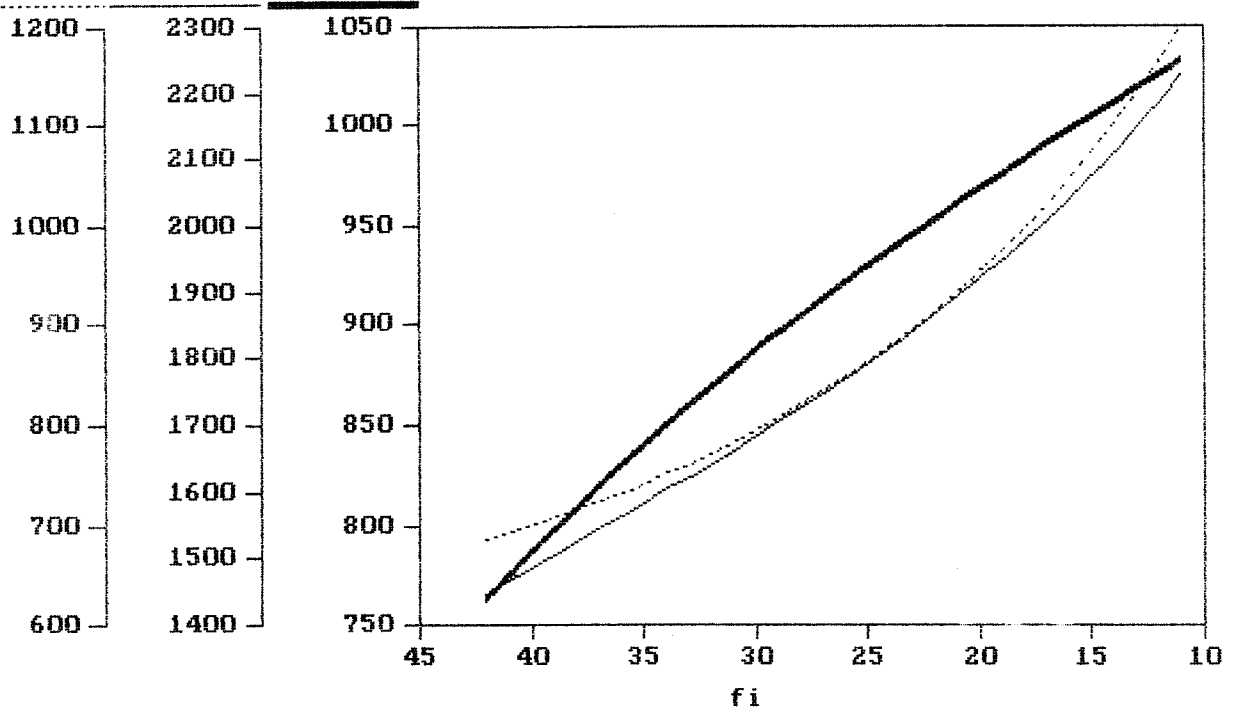
$F_l$  [N]     $F_c$  [N]     $F_r$  [N]



Fk [N]

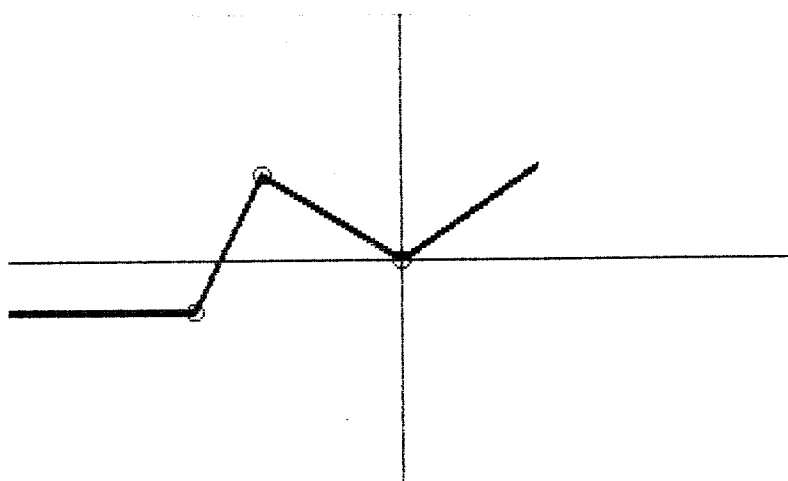


Fr [N]    Fc [N]    Fk [N]



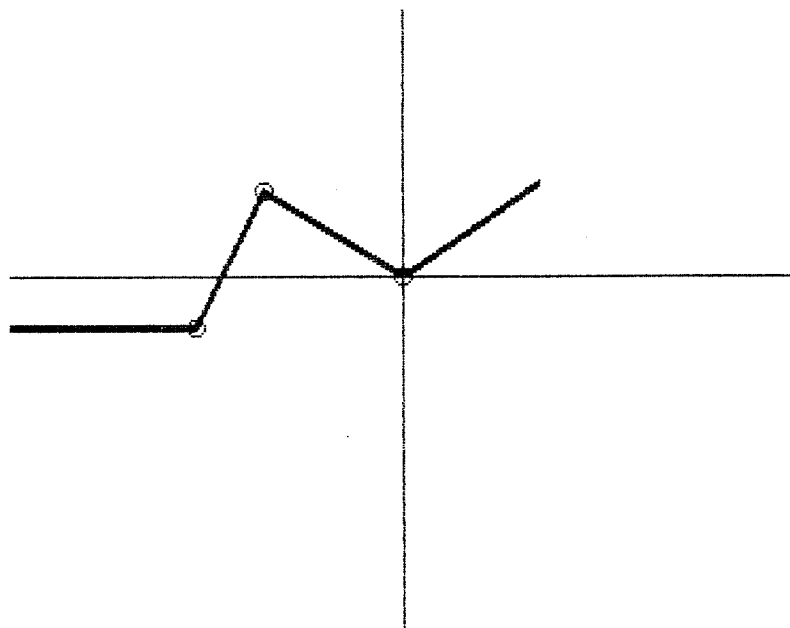
Příloha II

list 2



e [mm] = 14  
 p [mm] = 41  
 psi = 109  
 Fm [N] = 1200

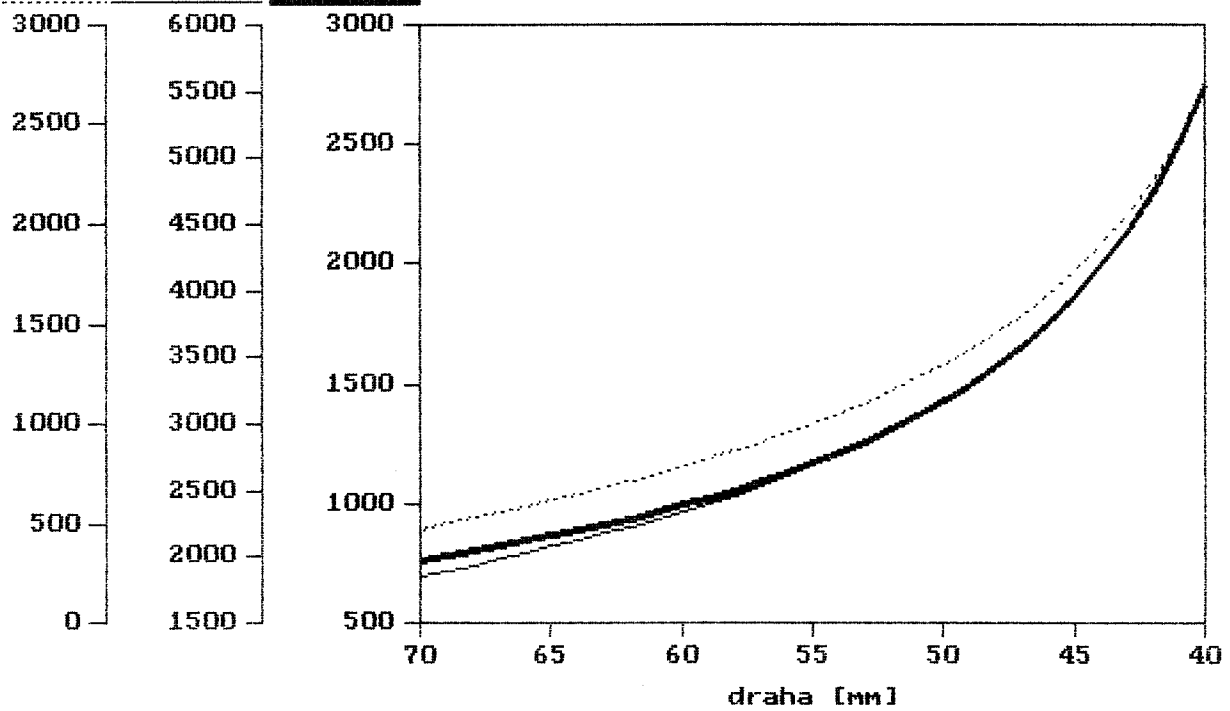
draha [mm] = 50.0  
 y [mm] = 24.7  
 tau = 33.9  
 alfa = 65.2  
 beta = 11.2  
 ni = 80.9  
 fi = 37.1  
 Fk [N] = 1728



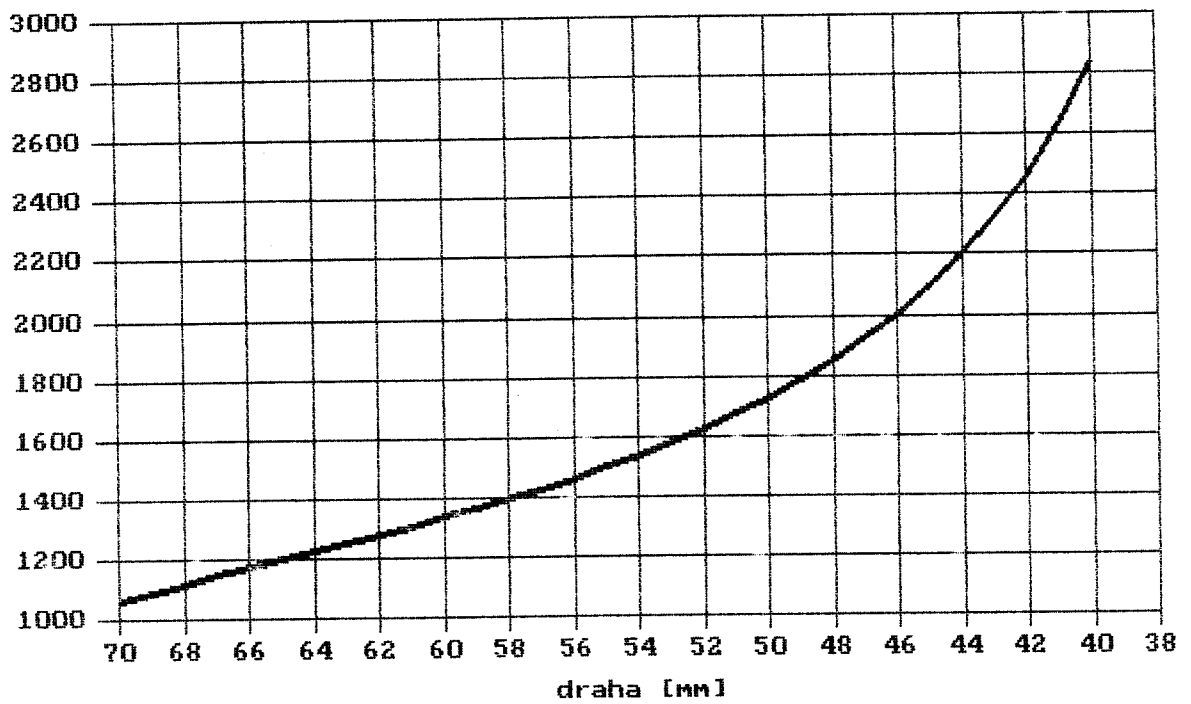
$r$  [mm] = 40  
 $l$  [mm] = 40  
 $e$  [mm] = 14  
 $p$  [mm] = 41  
 $\psi$  = 109  
 $F_n$  [N] = 1200

$\text{draha}$  [mm] = 50.0  
 $y$  [mm] = 24.7  
 $\tau$  = 33.9  
 $\alpha$  = 65.2  
 $\beta$  = 11.2  
 $n_i$  = 80.9  
 $f_i$  = 37.1  
 $F_k$  [N] = 1728  
 $F_r$  [N] = 1431  
 $F_c$  [N] = 3165  
 $F_l$  [N] = 1299

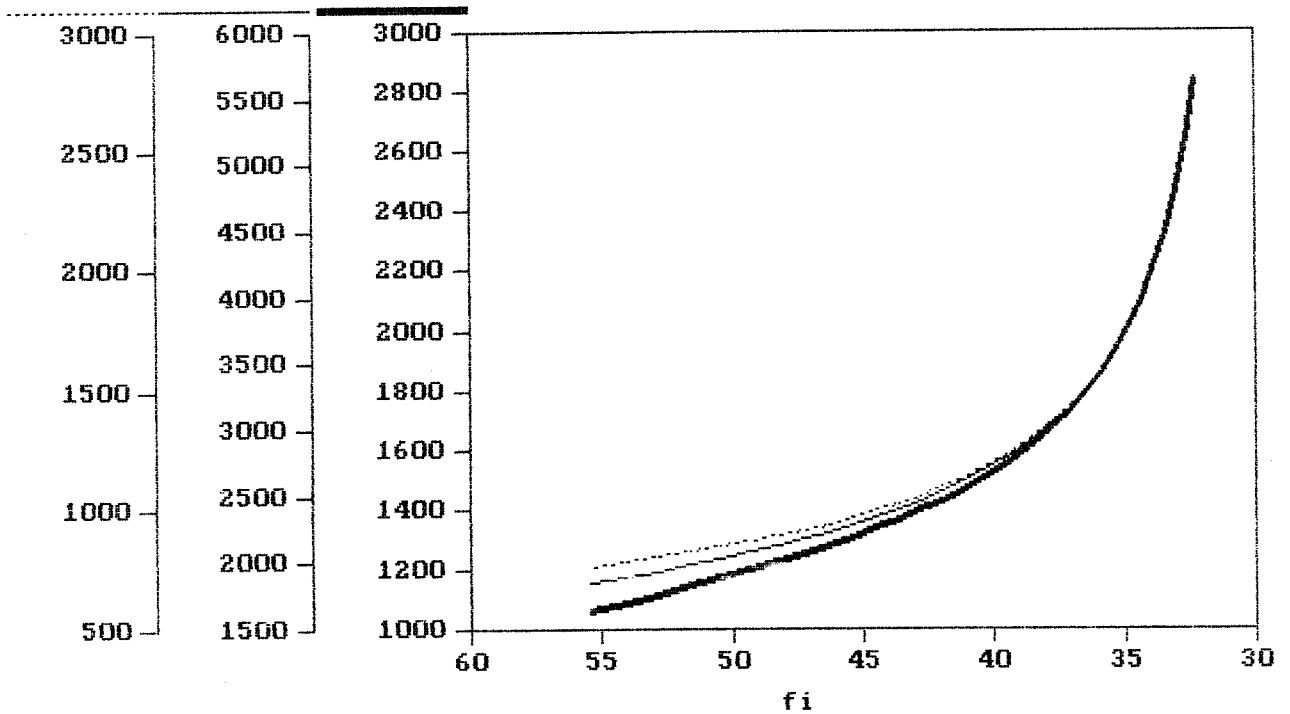
$F_l$  [N]     $F_c$  [N]     $F_r$  [N]

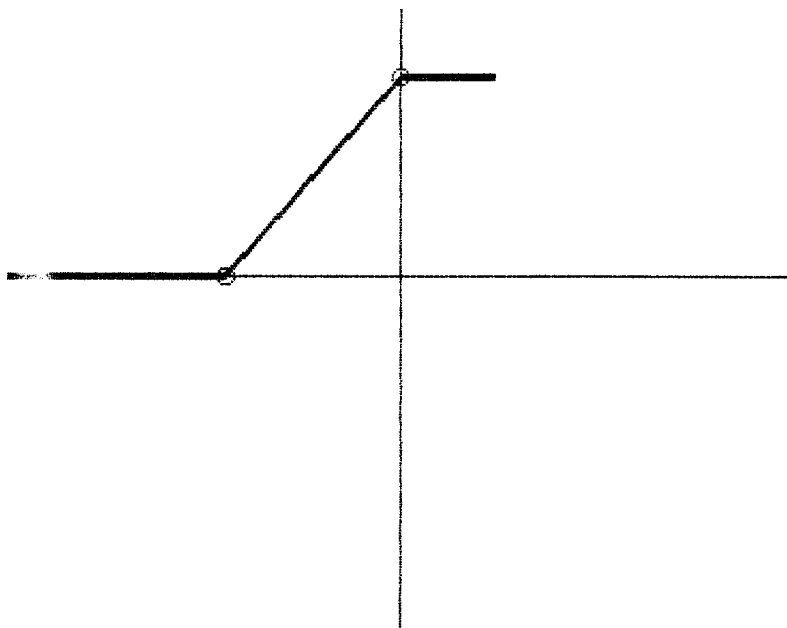


Fk [N]

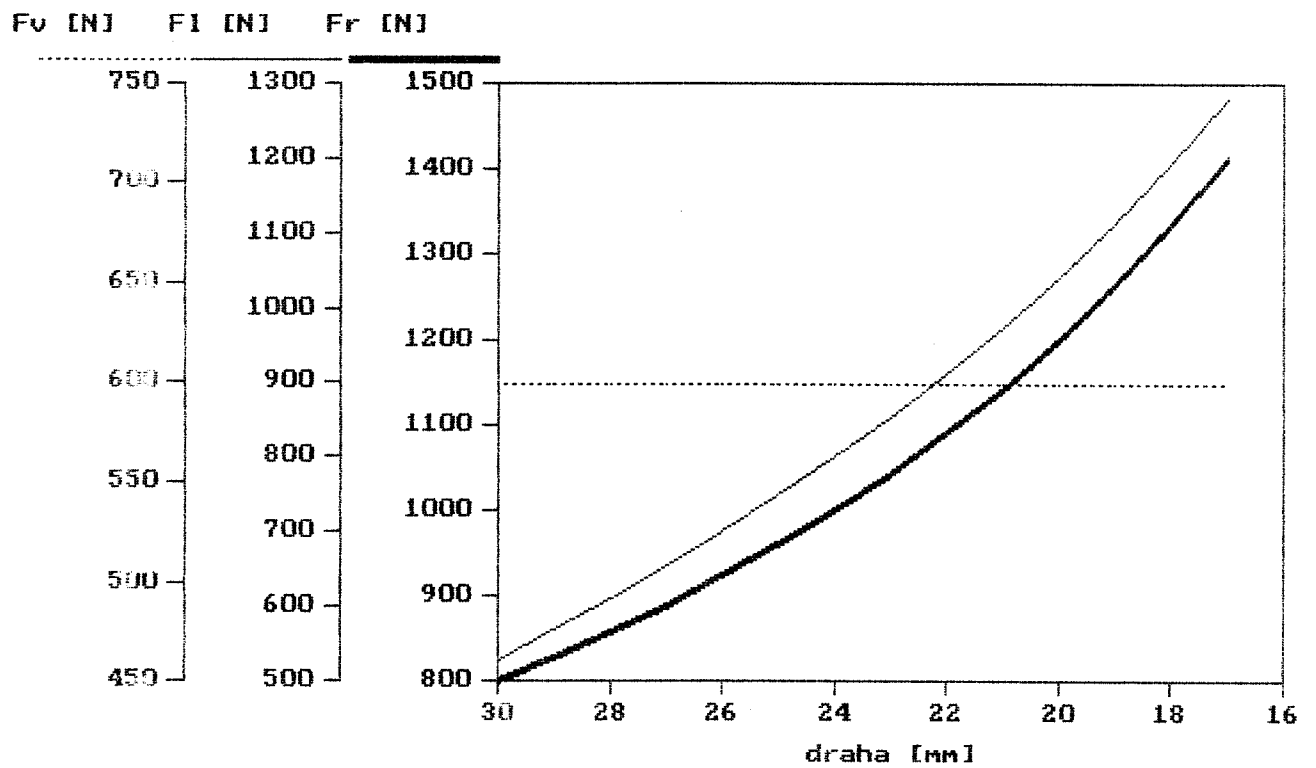


Fr [N]    Fc [N]    Fk [N]

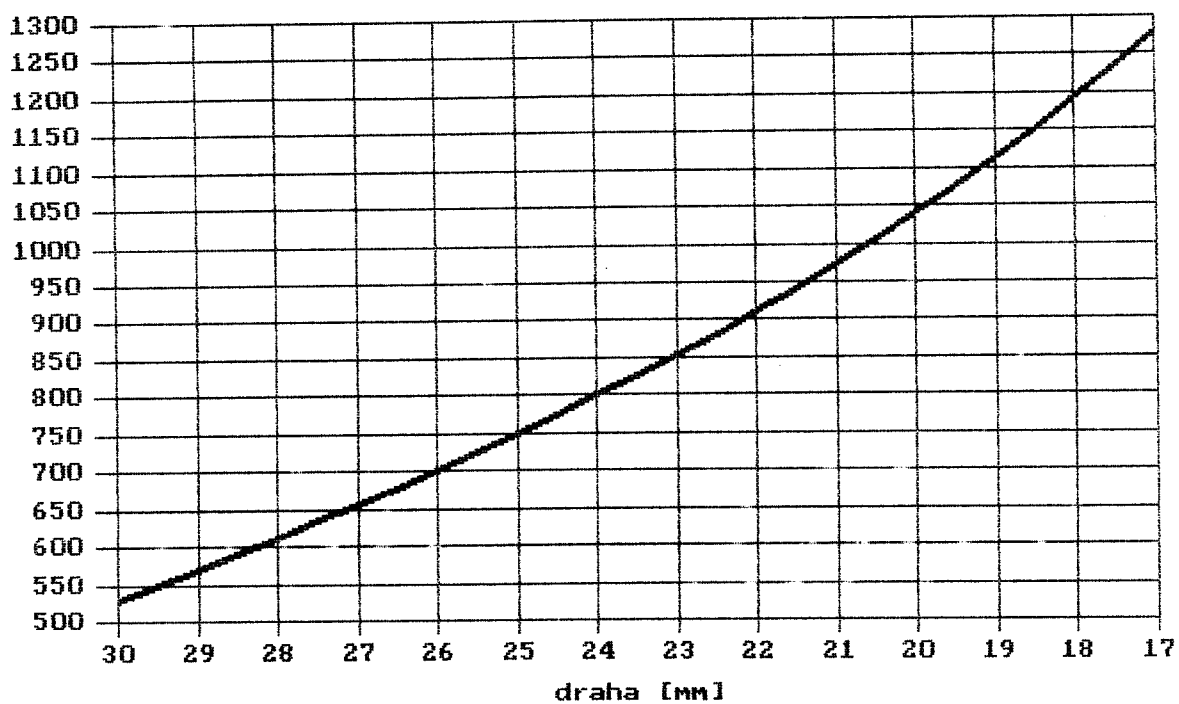




$l$  [mm] = 40  
 $F_m$  [N] = 1200  
  
 draha [mm] = 25.0  
 vyska [mm] = 31.2  
 $n_i$  = 51.3  
 $F_k$  [N] = 749  
 $F_r$  [N] = 960  
 $F_l$  [N] = 749  
 $F_v$  [N] = 600



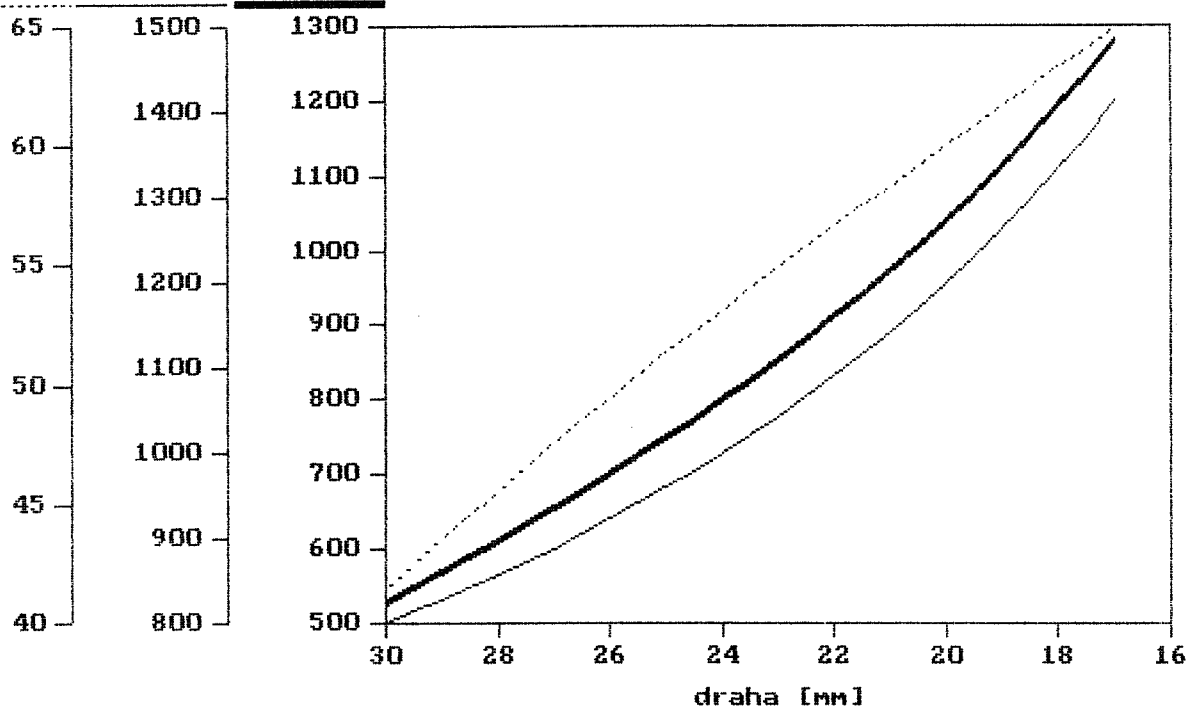
Fk [N]



ni

Fr [N]

Fk [N]





POZ.	NÁZEV-ROZMĚRY	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	Rám 1 120×140-15	ČSN 42 5310	11 500		1	
2	Rám 2 120×140-15	ČSN 42 5310	11 500		1	
3	Otočná páka 70×50-15	ČSN 42 5310	11 500		2	
4	Posuvný kámen 35×30 15	ČSN 42 5310	12 020		2	
5	Sloupek Ø16-50	ČSN 42 5510	11 500		2	
6	Šroub M8-15	ČSN 02 1143			4	
7	Čep kr. 8-16	ČSN 02 2102			4	
8	Podložka 4	ČSN 02 1708			12	
9	Šroub M4-10	ČSN 02 1022			12	
10	Páka 55×15-4	ČSN 42 5301	11 500		2	
11	Kámen 15×15-10	ČSN 42 5310	11 500		4	
12	Čep dl. 8-56	ČSN 02 2102			2	
13	Klín 50×15-10	ČSN 42 5310	11 500		2	
14	Pero 50×9-1.5	ČSN 42 5301	13 180		2	
15	Deska 80×80-15	ČSN 42 5310	11 373		1	
16	Téčko 20×20-40	ČSN 42 5520	11 500		1	
17	Přístnice Ø 16-50	ČSN 42 5510	12 020		1	
18	Křížák 50×50-35	ČSN 42 5520	11 500		1	
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
ZN. MAT.			T.O.	HMOTNOST kg	MĚŘ.
ROZM.-POLOT.				Č. SN.	TR. Č.
Č. POM. ZAŘ.				POZN.	Č.KUSOVNÍKU
VYPR. Jirkovec, J.			NORM. REF.	STARÝ V.	Č.V. 2-KVS-VSPRM-5-01
PŘEZK.			SCHVÁLIL	<b>4-KVS-VSPRM-5-03</b> Listá List	
TECHN.					
NÁZEV			<b>HLAVICE 1</b>		

POZ.	NÁZEV-ROZMĚRY	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	Rám 1 120×140-15	ČSN 42 5310	11 500		1	
2	Rám 2 120×140-15	ČSN 42 5310	11 500		1	
3						
4	Posuvný kámen 35×30-15	ČSN 42 5310	12 020		2	
5	Sloupek Ø16-50	ČSN 42 5510	11 500		2	
6	Šroub M8-15	ČSN 02 1143			4	
7	Čep kr. 8-16	ČSN 02 2102			2	
8	Podložka 4	ČSN 02 1708			12	
9	Šroub M4-10	ČSN 02 1022			12	
10	Páka 55×15-4	ČSN 42 5301	11 500		2	
11						
12	Čep dl. 8-56	ČSN 02 2102			2	
13	Klín 50×15-10	ČSN 42 5310	11 500		2	
14	Pero 50×9-1.5	ČSN 42 5301	13 180		2	
15	Deska 80×80-15	ČSN 42 5310	11 373		1	
16	Téčko 20×20-40	ČSN 42 5520	11 500		1	
17	Přstnice Ø16-50	ČSN 42 5510	12 020		1	
18	Křížák 50×50-35	ČSN 42 5520	11 500		1	
19	Doraz 12×8-50	ČSN 42 5310	11 373		4	
20	Kroužek Ø16-2	ČSN 42 5301	11 373		4	
21	Spojka Ø16-40	ČSN 42 5510	11 500		1	
22						
23						
24						
25						

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
ZN. MAT.	T.O.		HMOTNOST kg	MĚŘ.	
ROZM.-POLOT.			Č. SN.	TR. Č.	
Č. POM. ZAŘ.			POZN.	Č.KUSOVNÍKU	
VYPR. Jirkovec, J.	NORM. REF.		STARÝ V.	Č.V. 2-KVS-VSPRM-5-02	
PŘEZK. TECHN.	SCHVÁLIL				
NÁZEV	HLAVICE 2		4-KVS-VSPRM-5-04		
			Listů		
			List		