

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ,  
SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES,  
SYSTEMS AND ROBOTICS

## ŘEZAČKA ROHOŽÍ MAT ROLL CUTTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS


AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAL ŠRÁMEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. BRONISLAV FOLLER, Ph.D.

BRNO 2008

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **Anotace/ abstrakt**

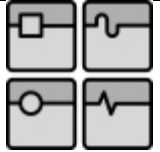
Michal Šrámek

#### *Řezačka rohoží*

Diplomová práce, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

Tato diplomová práce z oblasti textilních strojů řeší stroj pro příčné řezání netkaných textilií z polymerních nebo skleněných vláken v rozsahu plošné gramáže 100-500 g/m<sup>2</sup>, při maximální šíři role 2000 mm a maximální hmotnosti role 150 kg. Stroj má být navržen tak, aby bylo možné řezat ruly rohože v jakémkoli místě.

**Klíčová slova:** příčná, řezačka, netkaná, textilie, skleněná vlákna

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **Annotation/ abstrakt**


Michal Šrámek

*Mat roll cutter*

Diploma thesis, Institute of Production Machines, Systems and Robotice, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology


The diploma thesis deals with the construction of a textile machine. More specifically, it deals with the construction of a vertical cutter of non-woven fabrics that are made of polymeric fibres or fibre glass. The surface density of the material used ranges from 100 – 500 g/m<sup>2</sup>, the width of a role is 2000 mm and the weight is 150 kg. The machine is supposed to be designed in such a way so that the mat roles could be cut in any point.

**Key words:** cross, cutter, unwoven, textile, fibre glass

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **Bibliografická citace**

ŠRÁMEK, M. *Řezačka rohoží*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 64 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Bronislav Foller, Ph.D.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	


### **Místopřísežné prohlášení**

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením svého vedoucího diplomové práce Ing. Bronislava Follera, Ph.D. a s použitím uvedené odborné literatury. Ustanovení předpisů pro vypracování diplomové práce jsem vzal na vědomí a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude vedoucím diplomové práce moje práce přijata.“

V Brně dne 13.5. 2008

.....

Šrámek Michal

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Bronislavu Follerovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a cenné rady, které mi byly během tvorby diplomové práce velmi prospěšné. Dále bych chtěl poděkovat zástupci firmy Bibus Ing. Filipu Marešovi a zástupci firmy TOS ZNOJMO a.s. Jiřímu Konvalinovi za vstřícný přístup a rady při řešení této diplomové práce.

## 1 OBSAH

<b>1</b>	<b>OBSAH</b> .....	10
<b>2</b>	<b>ÚVOD</b> .....	12
2.1	Popis funkce řezačky.....	12
2.2	Předběžný návrh vzhledu řezačky.....	12
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	13
<b>4</b>	<b>PATENTOVÁ REŠERŠE</b> .....	15
<b>5</b>	<b>NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ KONSTRUKČNÍCH UZLŮ STROJE</b> .....	16
5.1	Možnosti lineárního vedení.....	16
5.2	Možnosti náhonu pneumatické rozpínací hřídele.....	18
<b>6</b>	<b>VOLBA KOMPONENT</b> .....	19
6.1	Volba komponent potřebných pro lineární vedení.....	19
6.1.1	Nepředepnutá válcová matice s přírubou (KSK Kuřim).....	19
6.1.2	Kuličkový šroub (KSK Kuřim).....	20
6.1.3	Radiální ložiskové pouzdro s radiálním ložiskem (KSK Kuřim).....	21
6.1.4	Radiální ložiskové pouzdro s radiálně-axiálním ložiskem pro uložení naháněného konce hřídele (KSK Kuřim).....	22
6.1.5	Upínací kostka přírubové matice (KSK Kuřim).....	23
6.1.6	Volba rolen (TeaTechnik)-4ks.....	24
6.1.7	Volba čepu (TeaTechnik)-4ks.....	25
6.1.8	Volba vodící kolejnice (TeaTechnik)-2ks.....	26
6.1.9	Volba servomotoru (SIEMENS).....	28
6.1.10	Volba svěrné spojky (ToolFlex).....	29
6.2	Volba komponent pro ovládání a roztočení rule rohože.....	30
6.2.1	Volba elektropřevodovky (TOS ZNOJMO).....	30
6.2.2	Volba frekvenčního měniče (SIEMENS).....	31
6.2.3	Volba pneumatické rozpínací hřídele (VORWALD).....	32
6.2.4	Návrh rotačního přívodu k rozpínací pneumatické hřídeli (DEUBLIN).....	33
6.3	Volba pilového listu (ROBEX DK, s.r.o).....	34
6.4	Volba tlačné plynové pružiny (BANSBACH).....	35
6.5	Volba koncového spínače (HONEYWELL).....	36
<b>7</b>	<b>NÁVRH RÁMU STROJE</b> .....	37

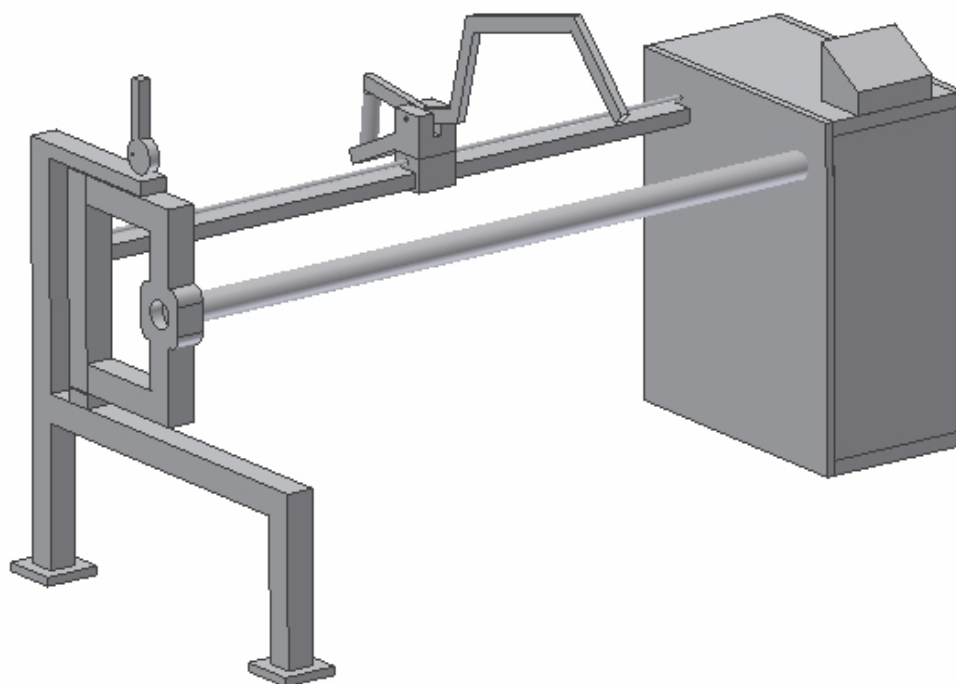
<b>8</b>	<b>VÝPOČTY</b> .....	38
8.1	Výpočet kuličkového šroubu .....	38
8.2	Výpočet trvanlivosti kuličkových ložisek.....	39
8.3	Výpočet momentového zatížení rolen.....	41
8.4	Výpočet servomotoru .....	42
8.5	Výpočet asynchronního motoru.....	46
8.6	Návrh a kontrola těsného pera .....	47
<b>9</b>	<b>TRIBOTECHNIKA UZLŮ</b> .....	48
<b>10</b>	<b>ANALÝZA RIZIK</b> .....	50
<b>11</b>	<b>ANLÝZA SHODY</b> .....	51
<b>12</b>	<b>EKONOMICKÁ ANALÝZA VÝROBY STROJE</b> .....	54
<b>13</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	55
<b>14</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	57
<b>15</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH INTERNETOVÝCH STRÁNEK</b> .....	58
<b>16</b>	<b>SOUPIS POUŽITÝCH NOREM</b> .....	59
<b>17</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ</b> .....	61
<b>18</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	64
<b>19</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	66
<b>20</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	67

## 2 ÚVOD


### 2.1 Popis funkce řezačky

Na pneumatickou rozpínací hřídel je nasazena rule rohože pomocí zdvižného zařízení. Uzavírající zařízení tvoří pohyblivá branka s excentrickým upínačem. Po správném usazení a zajištění je do pneumatické rozpínací hřídele přiveden vzduch, pomocí kterého dojde k pevnému upnutí rule rohože. Pneumatická rozpínací hřídel je roztočena elektromotorem s převodovkou, který je řízen frekvenčním měničem. Podélný pojezd rámu pily pracuje pomocí lineárního vedení. Po najetí rámu pily do požadované vzdálenosti rule rohože je manuálně rám tlačěn do řezu. Po uříznutí rohože se rám pily vrátí do základní zvednuté polohy pomocí tlačné plynové pružiny. Podélným pojezdem rám pily přestavíme do jiné požadované polohy a proces se může opakovat. Po rozřezání rule rohože na požadované kusy je pneumatická rozpínací hřídel poháněná elektromotorem zastavena a vzduch vypuštěn. Excentrické upínací zařízení je povoleno a branka může být otevřena. Poté se může rozřezaná rule rohože vyjmout.

### 2.2 Předběžný návrh vzhledu řezačky



Obrázek 1. Předběžný návrh vzhledu stroje

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

#### Cíl literární rešerše:

Prozkoumání celosvětového trhu a rozšíření informací a vědomostí co se týče zadaného řešeného problému.

#### Prohledávaná místa:

- [www.google.com](http://www.google.com)
- Katalogy firmy Pultrex

#### Klíčová slova-česká:

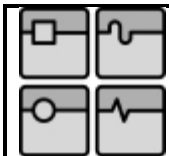
- Příčná
- Řezačka
- Netkaná
- Textilie
- Skleněná vlákna

#### Klíčová slova-anglická:

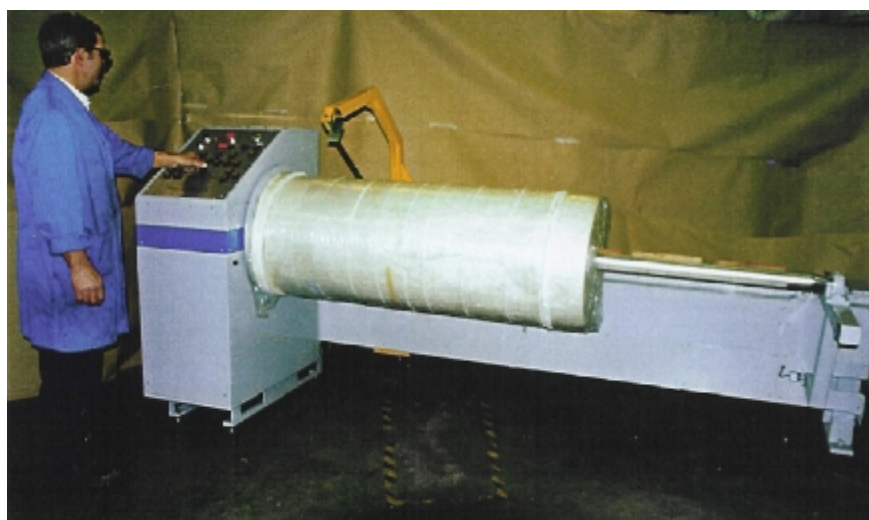
- Gross
- Cutter
- Unwoven
- Textile
- Fibre glass

#### Výsledek literární rešerše:


V prohledávaných internetových databázích a katalozích byly nalezeny pouze 2 obrázky již existujících řezaček rohoží (textilií). Jsou to stroje od firmy Pultrex a Strongwell, které podle obrázku pracují na podobném principu jako stroj v této diplomové práci.



Obrázek 2. Řezací stroj firmy Pultrex



Obrázek 3. Řezací stroj firmy Strongwell

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 4 PATENTOVÁ REŠERŠE

Cíl patentové rešerše:

Ověření, zda naše stávající konstrukční řešení není již patentováno.

Klíčová slova-anglická:

- Mat roll cutter
- Mat roll chipping machina
- Gross cutter
- Horizontál mat roll cutter
- Board cutter
- Rag chopper
- Strip cutter
- Fibre cutting machina
- Seam master

Klíčová slova-česká:

- Řezačka rohoží
- Příčná řezačka
- Řezačka podlahových povrchů
- Vodorovná řezačka rohoží
- Řezání pilovým listem

Prohledávaná místa:

- DEPATISNET.DE (Německý patentový úřad)
- UPV.CZ (Český patentový úřad)
- GOOGLE.COM/PATENTS
- USPTO.GOV (patentový úřad Spojených států amerických)

Výsledek patentové rešerše:

Na žádném prohledávaném místě nebyl nalezen patent, který by byl stejný, nebo podobný konstrukčnímu provedení této řezačky rohoží.

## 5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ KONSTRUKČNÍCH UZLŮ STROJE

### 5.1 Možnosti lineárního vedení

#### 1. Lineární motor

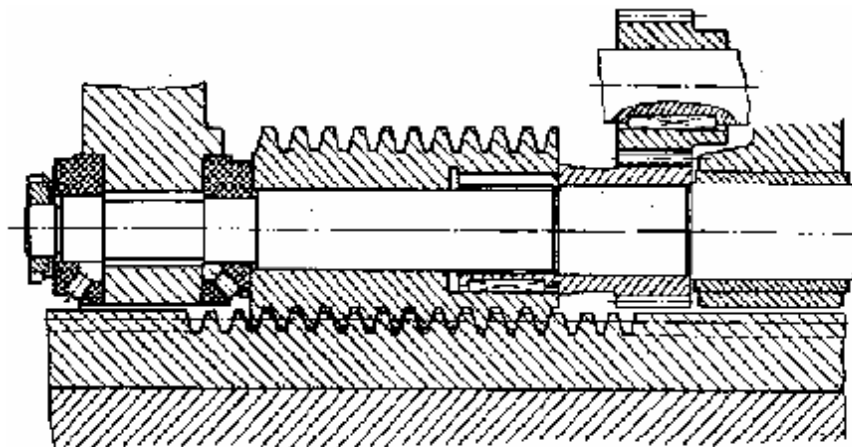
Lineární motory se používají hlavně u strojů pro HSC (vysoko rychlostní obrábění). Konstrukce těchto motorů je uzpůsobena tak, že nemají žádný vložený převod. Posuvovou sílu vyvozují přímo působením elektromagnetických sil na support stroje.



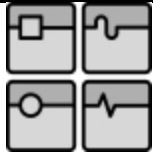
Obrázek 4. Lineární motor

#### 2. Šnek a šnekový hřeben

Šnek a šnekový hřeben jsou vhodné pro posuvové soustavy s vysokou hodnotou převodu, zejména u velkých obráběcích strojů pro pohon posuvů pracovních stolů. Výhody spočívají zejména v minimálním tření a vysoké tuhosti.



Obrázek 5. Šnek a šnekový hřeben



### 3. Pastorek a hřeben

Tohoto konstrukčního řešení se používá u strojů s dlouhými zdvihy. Má oproti KŠM (viz dále) menší převod, lepší účinnost a menší tuhost. Díky vůli mezi hřebenem a pastorkem je nutné provést její vymezení. Hlavní nevýhodou této kinematické dvojice je nesamosvornost, což vyžaduje většinou aplikaci brzdy.



Obrázek 6. Pastorek a hřeben

### 4. Kuličkový šroub a matice

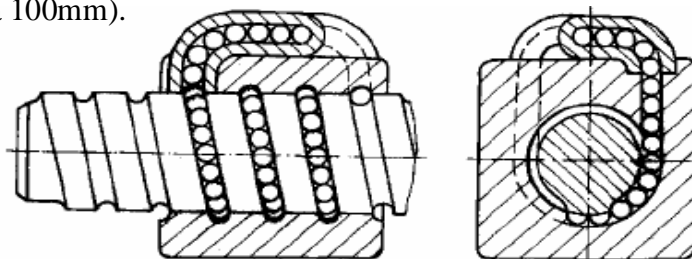
Hlavní přednosti kuličkového šroubu a matice (KŠM) je vysoká účinnost, minimální oteplování během provozu, možnost úplného odstranění vůle a možnost vytvoření předpětí, malé opotřebení a tím i velká životnost, potlačení trhavých pohybů. Využíváme-li náhon kuličkovým šroubem a maticí, vyvozuje motor rotační pohyb, který je přes kuličkový šroub transformován na přímočarý pohyb. Účinnost KŠM je okolo 90%. Šroub a matice bývají z pravidla ocelové, povrchy závitů kalené a broušené. Zavity jsou vyrobeny s velkou přesností (např. dovolená úchylka stoupání 0,002mm na 100mm).

Vyskytují se dva hlavní druhy:

Provedení A – šroub se otáčí a matice stojí

Provedení B – matice se otáčí a šroub stojí

Účinnost KŠM je okolo 90%. Šroub a matice bývají z pravidla ocelové, povrchy závitů kalené a broušené. Zavity jsou vyrobeny s velkou přesností (např. dovolena úchylka stoupání 0,002mm na 100mm).



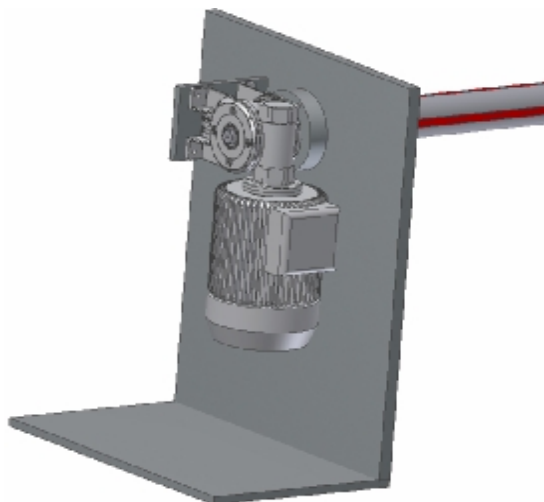
Obrázek 7. Kuličkový šroub a matice

#### Zhodnocení variant:

Pro lineární pohyb řezací části stroje byl zvolen kuličkový šroub a matice z důvodu potřebné přesnosti, vhodnosti pro tento případ, jednoduché realizovatelnosti a nikterak vysoké ceně, neboť nám bude postačovat kuličkový šroub s válcovaným závitem a stupněm přesnosti IT 7.

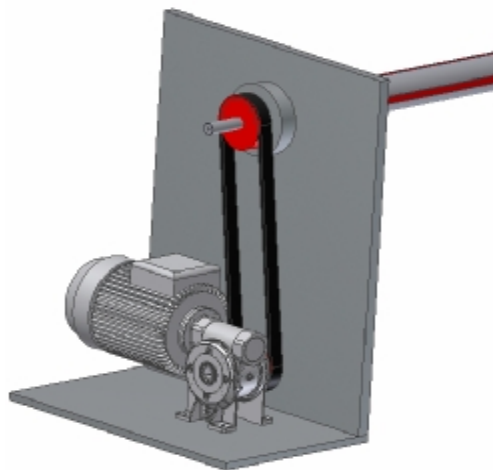
## 5.2 Možnosti náhonu pneumatické rozpínací hřídele

### 1. Elektropřevodovka přímo nasazená na pneumatické rozpínací hřídeli



Obrázek 8. První varianta

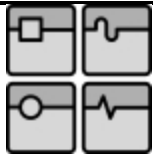
### 2. Elektropřevodovka spojena s pneumatickou rozpínací hřídelí ozubeným řemenem



Obrázek 9. Druhá varianta

#### **Zhodnocení variant:**

Pro náhon pneumatické rozpínací hřídele byla zvolena elektropřevodovka nasazená napřímo. Velkou výhodou této varianty je konstrukční jednoduchost, velmi nízká cena z důvodu odpadnutí komponent potřebných k řemenovému převodu. Pokud by byla použita varianta s řemenovým převodem, museli bychom řešit přesnou osovou vzdálenost, napínání řemene a rovnoběžnost obou řemenic. Při použití varianty přímo nasazené elektropřevodovky nám tyto starosti odpadají.

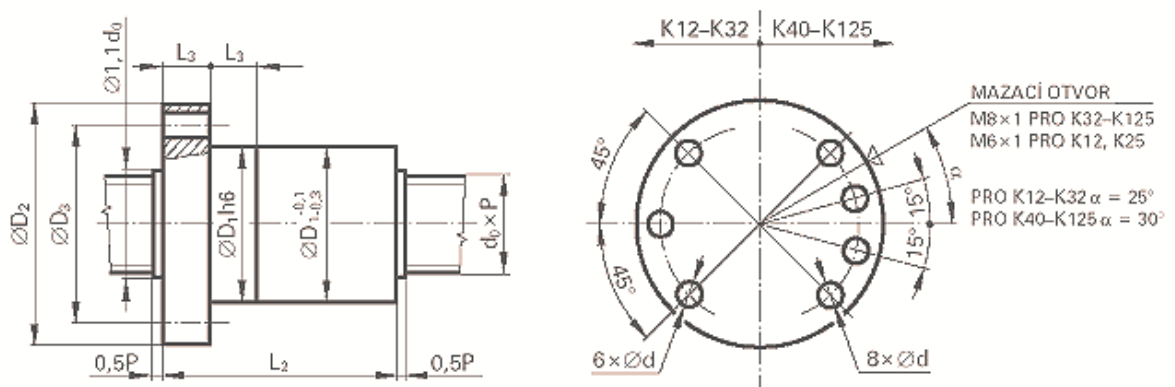


## 6 VOLBA KOMPONENT

### 6.1 Volba komponent potřebných pro lineární vedení

#### 6.1.1 Nepředepnutá válcová matice s přírubou (KSK Kuřim)

Válcová matice slouží pro převod rotačního pohybu na přímočarý.




Obrázek 10. Válcová matice s přírubou

Tabulka 1. Rozměry nepředepnuté válcové matice s přírubou

VELIKOST	ZÁKLADNÍ ROZMĚRY							ZÁKLADNÍ NOSNOST		SOUČINITEL TUHOSTI K [N/μm <sup>3/2</sup> ]	NORMA
	$i$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$L_1 \pm 1,0$	$L_3$	$d$	STATICKÁ $C_0$ [N]	DYNAMICKÁ $C_a$ [N]		
K 12x3	2	22	18	12	5	1,3	2	5 400	3 100	90	KSK
	3		21					8 100	4 200	120	
K 12x4	2	24	23	12	5	1,3	2	6 300	3 800	80	KSK
	3		27					9 400	5 500	110	
K 12x5	2	24	25	12	5	1,3	2	6 500	3 900	75	KSK
	3		23					11 400	4 900	127	
K 16x3	3	27	21	12	5	1,3	3	11 400	4 900	127	KSK
	4		23					15 200	6 300	169	
K 16x4	3	29	25	16	5	1,3	3	13 600	6 500	110	KSK
	4		29					18 100	8 300	145	
K16x5	2	32	27	16	5	1,3	3	10 800	6 000	125	KSK
	3		32					16 000	8 400	150	
K 20x3	3	36	21	12	5	1,3	3	14 700	5 500	160	KSK
	4		23					19 600	7 000	214	
K 20x4	3	36	25	16	5	1,3	3	17 800	7 300	141	KSK
	4		29					23 700	9 400	188	
K 20x5	3	36	35	20	5	1,3	3	24 000	11 000	102	DIN
	4		41					32 000	14 300	136	
K 25x3	3	40	21	12	5	1,3	3	19 000	6 700	206	KSK
	4		23					25 300	8 600	274	

- Zvolena nepředepnutá válcová matice s přírubou **K20x5-3/AP**

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### 6.1.2 Kuličkový šroub (KSK Kuřim)

Kuličkové šrouby jsou konstrukční prvky pohybových ústrojí převádějící s vysokou účinností rotační pohyb na přímočarý, vyznačující se vysokou tuhostí, přesností a trvanlivostí. Kuličkové šrouby vyžadují přesné a tuhé uložení s rovnoběžností kuličkového šroubu a vodičích ploch do 0,02 mm/1000 mm. Rovněž uložení maticové jednotky musí zajišťovat její kolmost k podélné ose šroubu do 0,02 mm/1000 mm. Maticové jednotky mohou být zatěžovány pouze v axiálním směru. U dlouhých a štíhlých kuličkových šroubů musí být konstrukcí pohybového ústrojí vhodně eliminován průhyb hřídele vzniklý jeho hmotností.



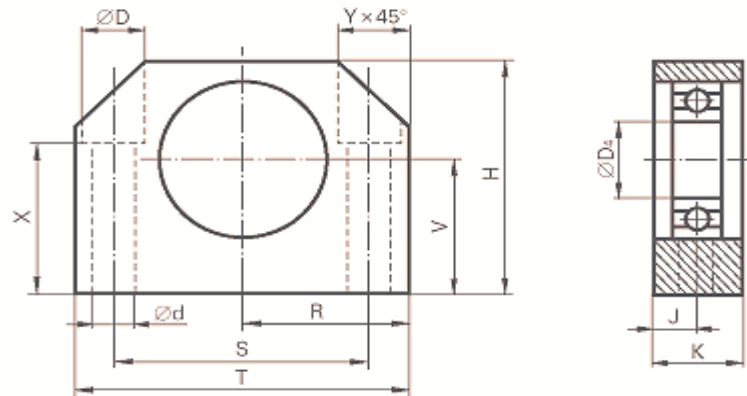
Obrázek 11. Kuličkový šroub

- Zvolen kuličkový šroub pro matici K20x5-3/AP s válcovaným závitem a stupněm přesnosti IT 7, což je pro tento případ plně dostačující.



### 6.1.3 Radiální ložiskové pouzdro s radiálním ložiskem (KSK Kuřim)

Ložiskové pouzdro slouží pro uložení konce kuličkového hřídele.



Obrázek 12. Radiální ložiskové pouzdro 1

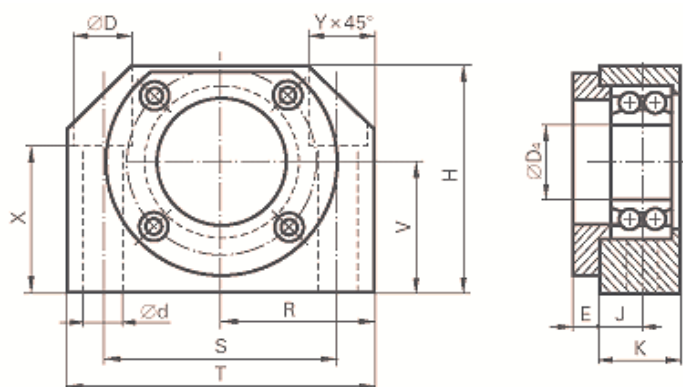
Tabulka 2. Rozměry prvního radiálního ložiskového pouzdra

OZNAČENÍ	ZÁKLADNÍ ROZMĚRY												LOŽISKO
	$D_4$	D	d	H	J	K	R	S	T	V	X	Y	
LPC 15	15	15	8,4	56	12,0	24	41	60	82	30	32,5	18	6202
<b>LPC 17</b>	17	18	10,5	63	13,5	27	46	68	92	35	37	18	6203
LPC 20	20	18	10,5	72	13,5	27	49	75	98	40	42,5	20	6204
LPC 25	25	18	10,5	78	13,5	27	51,5	80	103	45	47,5	22	6205
LPC 30	30	20	13,0	88	15,5	31	59	90	118	50	53	26	6206
LPC 35	35	20	13,0	100	17,5	35	65	100	130	55	66	26	6207
LPC 40	40	26	17,0	110	18,0	36	75	118	150	60	65	30	6208

- Zvoleno radiální ložiskové pouzdro s radiálním ložiskem **LPC 17**

### 6.1.4 Radiální ložiskové pouzdro s radiálně-axiálním ložiskem pro uložení naháněného konce hřídele (KSK Kuřim)

Ložiskové pouzdro slouží k uložení a zajištění proti axiálnímu pohybu kuličkového šroubu.



Obrázek 13. Radiální ložiskové pouzdro 2

Tabulka 3. Rozměry druhého radiálního ložiskového pouzdra

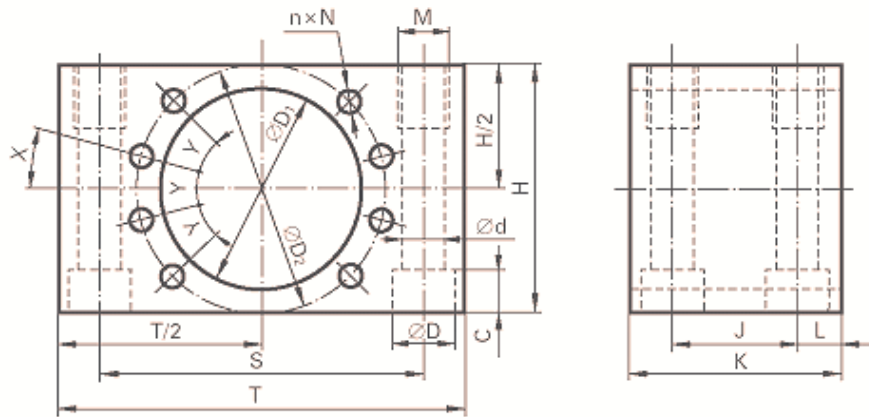
OZNAČENÍ	ZÁKLADNÍ ROZMĚRY												LOŽISKO
	D <sub>4</sub>	D	d	H	J	K	R	S	T	V	X	Y	
LPC 15	15	15	8,4	56	12,0	24	41	60	82	30	32,5	18	6202
LPC 17	17	18	10,5	63	13,5	27	46	68	92	35	37	18	6203
LPC 20	20	18	10,5	72	13,5	27	49	75	98	40	42,5	20	6204
LPC 25	25	18	10,5	78	13,5	27	51,5	80	103	45	47,5	22	6205
LPC 30	30	20	13,0	88	15,5	31	59	90	118	50	53	26	6206
LPC 35	35	20	13,0	100	17,5	35	65	100	130	55	66	26	6207
LPC 40	40	26	17,0	110	18,0	36	75	118	150	60	65	30	6208

- Zvoleno radiální ložiskové pouzdro **LPC 20**



### 6.1.5 Upínací kostka přírubové matice (KSK Kuřim)

Upínací kostka slouží k uložení kuličkové matice.



Obrázek 14. Upínací kostka

Tabulka 4. Rozměry upínací kostky přírubové matice

OZNAČENÍ	ZÁKLADNÍ ROZMĚRY															
	C	d	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	H	J	K	L	M	n	N	S	T	x	Y
<b>MK 2036</b>	9	8,4	15	36	47	50	30	50	10	M10	6	M6	68	88	0	45
MK 2540	9	8,4	15	40	51	52	34	54	10	M10	6	M6	72	92	0	45
MK 2545	9	8,4	15	45	58	58	34	54	10	M10	6	M6	80	100	0	45
MK 3250	11	10,5	18	50	65	66	38	60	11	M12	6	M8	90	112	0	45
MK 3256	11	10,5	18	56	71	70	38	60	11	M12	6	M8	95	118	0	45
MK 4063	13	13	20	63	78	78	40	66	13	M16	8	M8	102	128	15	30
MK 4070	13	13	20	70	85	80	40	66	13	M16	8	M8	108	134	15	30
MK 5075	17,5	17	26	75	93	90	48	80	16	M20	8	M10	124	156	15	30
MK 5085	17,5	17	26	85	103	96	48	80	16	M20	8	M10	132	164	15	30

- Zvolena upínací kostka přírubové matice **MK 2036**

### Lineární vedení pomocí rolen

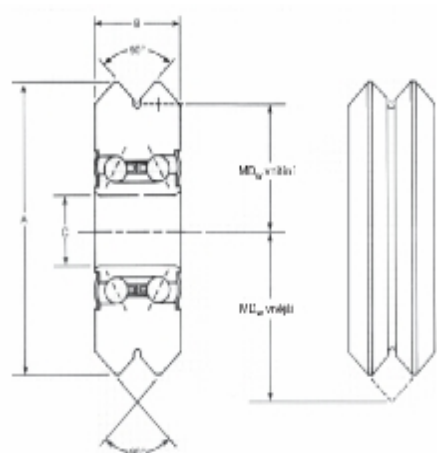


Obrázek 15. Komplet rolen

#### 6.1.6 Volba rolen (TeaTechnik) – 4 ks

##### Vlastnosti a možnosti rolen:

- § Broušená dvouřadá ložiska s kosoúhlým stykem ABEC-1, předmazaná, zvenku lehce naolejovaná
- § Tvrdost 60-62 HRC
- § FR Vodící rolna s krycím plechem
- § FR\_D Vodící rolna s těsnící pryží

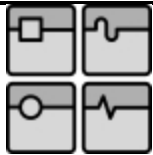


Obrázek 16. Rozměry rolny

Tabulka 5. Rozměrové údaje rolen

Objednací číslo		A	B	C	MD <sub>w</sub> vnitřní	MD <sub>w</sub> vnější	Radiální zatížení na rolnu [N]	Axiální zatížení na rolnu [g]	Hmotnost [g]
Krycí plech	Těsnící pryž	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]			
FR-1	FR-1D	19,6	7,9	4,8	8,0	11,9	1260	297	12,0
FR-2	FR-2D	30,7	11,1	9,5	12,7	18,3	2730	632	40,0
FR-3	FR-4D	45,8	15,9	12,0	19,1	27,0	6166	1448	136,0
FR-4	FR-4D	59,9	19,1	15,0	25,4	34,9	9991	2313	285,0

- Zvoleny rolny **FR-2**



### 6.1.7 Volba čepu (TeaTechnik) – 4 ks

Čepy slouží k upevnění roln do potřebného místa a také k vymezení vůle na vedení.

Existují čepy:

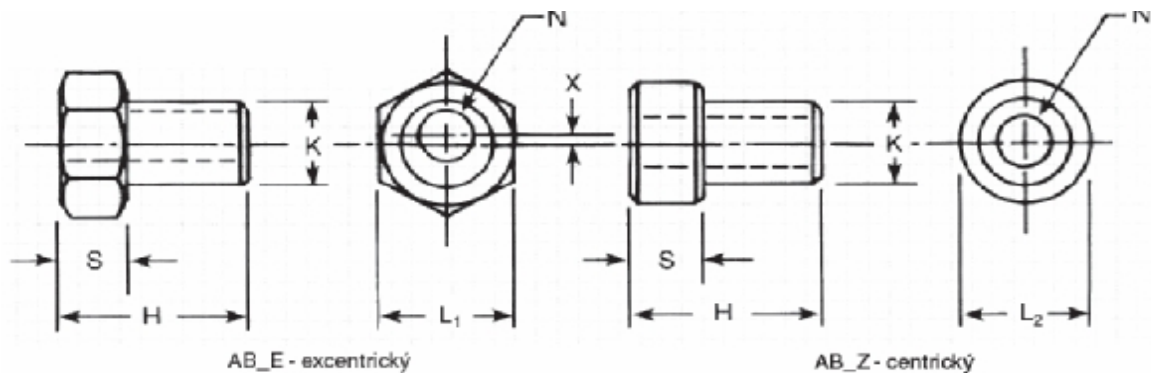
§ Excentrické čepy AB\_E

Otáčením tohoto čepu lze vymežit vůli mezi vodící rolnou a vodící kolejnicí.

Materiál – nerezová ocel.

§ Centrické čepy AB\_Z

Hlavní zatížení by měly přenášet centrické čepy. Materiál – nerezová ocel.



Obrázek 17. Označení rozměrů čepů

Tabulka 6. Rozměrové údaje čepů

Objednací číslo	H [mm]	K [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	L <sub>2</sub> [mm]	N [mm]	X* [mm]	S [mm]	Velikost šroubu	Hmotnost [g]
AB-1E AB-1Z	13,8	4,76	12,0	11,2	3,96	0,25	6,2	3,5	5
<b>AB-2E AB-2Z</b>	17,5	9,52	14,0	14,2	6,00	0,61	6,7	6,0	11
AB-3E AB-3Z	25,1	11,99	19,0	19,1	8,00	1,07	9,5	8,0	26
AB-4E AB-4Z	29,9	15,00	22,0	22,4	10,00	1,52	11,1	10,0	45

- Zvoleny čepy **AB-2E**

### 6.1.8 Volba vodící kolejnice (TeaTechnik) – 2 ks

Vodící kolejnice slouží k přesnému vedení rolen.

Vlastnosti vodících kolejníc:

§ Břity kolejnice jsou tvrzené na min. 53 HRC, spodní část je měkká, aby se dala při montáži vrtat

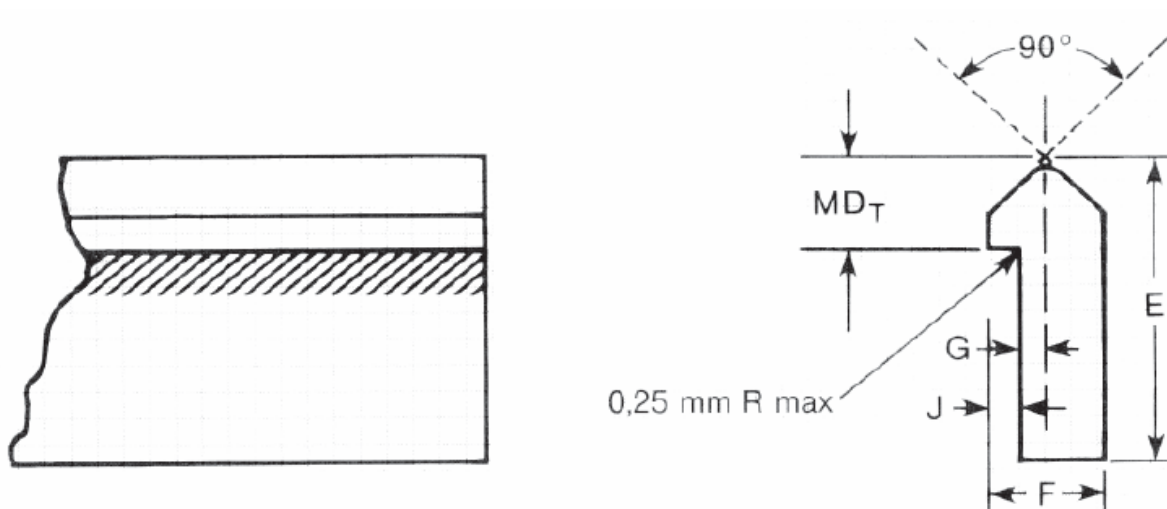
§ Materiál vodící kolejnice - uhlíková ocel tažená za studena

§ Standardní délka kolejníc je 4 m, maximální délka 6 m

§ Vrtání kolejnice na poptávku



Obrázek 18. Vodící kolejnice




Obrázek 19. Označení rozměrů kolejnice

Tabulka 7. Rozměrové údaje vodící kolejnice

Objednací číslo	E [mm]	F [mm]	G [mm]	J [mm]	MD <sub>T</sub> [mm]	Hmotnost [kg/m]
FS1	11,1	4,7	0,8	1,6	3,2	0,270
<b>FS2</b>	15,9	6,4	0,8	2,4	4,7	0,510
FS3	22,2	8,7	1,6	2,8	6,4	1,030
FS4	27,0	11,1	2,4	3,2	7,9	1,640

- Zvoleny vodící kolejnice **FS2**

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 27
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **Montáž a provoz rolen.**

*„Citováno“ z katalogu TeaTechnik*

*1. Přesnost systému závisí na přesnosti obrobení plochy, na kterou se bude kolejnice montovat. Ve většině případů stačí použít tyče nebo desky tvářené za studena nebo protlačované. Nejvyšší přesnosti se dosáhne použitím materiálu, který je na montážních plochách broušen naplocho a rovnoběžně. Hrana pro montáž vodící kolejnice by měla být zkosena na asi 0,5 mm x 45° aby zachytila lehký poloměr na vnitřní straně montážního osazení vodící kolejnice.*

*2. Vodící kolejnice s kalenými břity jsou vhodné při velkém zatížení a těžkém dlouhodobém provozu.*

*3. U lineárních vedení, kde je délka vodících kolejnic větší než 4 m, by měly být spoje paralelních vodících kolejnic přesunuty, aby se dosáhlo větší přesnosti a hladšího chodu.*

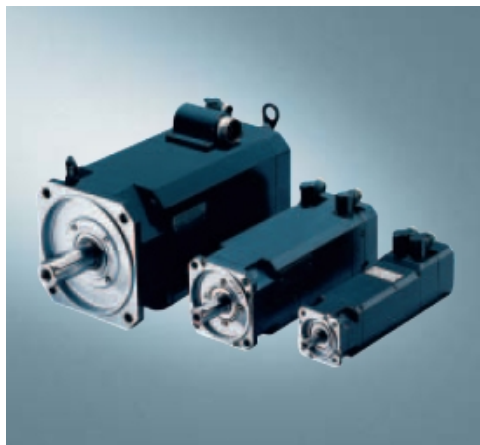
*4. Jelikož je obvod vodící rolny na vnějším průměru větší než na menším průměru rolny, probíhá na vodící kolejnici neustálé působení otěru a tím samočištění. Pro dosažení dlouhé životnosti by měla být na kontaktní plochu vodící kolejnice nanesena tenká vrstva mazacího tuku. Když se tvrdost znečišťujících látek blíží tvrdosti vodící kolejnice a vodících rolen, vzrůstá míra opotřebení.*

*5. Centrické čepy rolny určují vyrovnání systému. Měly by pojmout hlavní zátěž.*

*6. Excentrické čepy slouží k vymezení vůle. Excentrický čep by se měl utáhnout do té míry, aby bylo možné vodící rolnu rukou protočit. Když se excentrický čep utáhne příliš silně, může dojít k překročení únosnosti vodící rolny.*

### 6.1.9 Volba servomotoru (SIEMENS)

V tomto případě je servomotor používán k pohánění kuličkového šroubu, přes který je uskutečněn posuv řezací části. Servomotor s kuličkovým šroubem je spojen svěrnou spojkou.

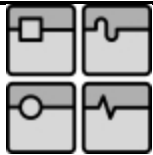


Obrázek 20. Ukázka servomotoru

Tabulka 8. Technické údaje servomotoru

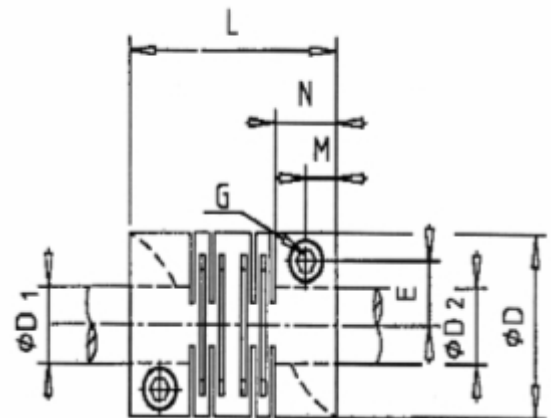
Bemesungsdrehzahl	Achshöhe	Bemesungsleistung	Bemesungsdrehmoment <sup>1)</sup>	Bemesungsstrom	Stillstands-drehmoment	Servomotoren 1FT6 Selbstkühlung	Polpaarzahl	Rotor-Trägheitsmoment (ohne Bremse)	Gewicht (ohne Bremse)
$n_N$	AH	$P_N$ bei $\Delta T = 100\text{ K}$	$M_N$ bei $\Delta T = 100\text{ K}$	$I_N$ bei $\Delta T = 100\text{ K}$	$M_0$ bei $\Delta T = 100\text{ K}$	Bestell-Nr. Standardtyp		$J$	
$\text{min}^{-1}$		kW	Nm	A	Nm			$10^{-4}\text{ kgm}^2$	kg
6000	28	0,19	0,3	1,1	0,4	1FT6 021 – 6AK7 1 – ■■■■	3	0,21	1,2
		0,31	0,5	0,9	0,8	1FT6 024 – 6AK7 1 – ■■■■	3	0,34	2,1
36	36	0,47	0,75	1,2	1	1FT6 031 – 4AK7 1 – ■■■■	2	0,65	3,1
		0,88	1,4	2,1	2	1FT6 034 – 4AK7 1 – ■■■■	2	1,1	4,4
48	48	1,1	1,7	2,4	2,6	1FT6 041 – 4AK7 1 – ■■■■	2	2,9	6,6
		1,9	3	4,1	5	1FT6 044 – 4AK7 1 – ■■■■	2	5,1	8,3
63	63	1,3	2,1	3,1	4	1FT6 061 – 6AK7 ■ – ■■■■	3	6	8
		1,3	2,1	3,2	6	1FT6 062 – 6AK7 ■ – ■■■■	3	6,5	9,5
		1,3	2,1	3,5	9,5	1FT6 064 – 6AK7 ■ – ■■■■	3	13	12,5
80	80	2,9	4,6	7,7	8	1FT6 081 – 8AK7 ■ – ■■■■	4	21	12,5
		3,5	5,5	9,1	13	1FT6 082 – 8AK7 ■ – ■■■■	4	30	15
		4,1	6,5	9,2	20	1FT6 084 – 8AK7 ■ – ■■■■	4	48	20,5

- Zvolen servomotor **1FT6 034**



### 6.1.10 Volba svěrné spojky (ToolFlex)

Svěrné spojky slouží pro vyrovnávání osových odchylek dvou hřídelí. Jsou vyrobeny z jednoho kusu lehké duralové slitiny s dutinou uvnitř. Osově otvory jsou předvrtány na menší průměr, aby si je uživatel mohl přizpůsobit průměrům konkrétních hřídelí. Spojky mají vysokou torzní tuhost a malý moment setrvačnosti. Výhodou je rovněž snadná montáž.



Obrázek 21. Ukázka svěrné spojky

Tabulka 9. Rozměrové údaje svěrné spojky

<b>EVK-</b>	<b>020</b>	<b>025</b>	<b>030</b>	<b>040</b>	<b>050</b>	<b>060</b>	<b>070</b>	<b>080</b>
<b>D (mm)</b>	20	25	30	40	50	60	70	80
<b>L (mm)</b>	28	28	40	48	65	80	95	100
<b>M (mm)</b>	4	4	5,5	5,5	9,5	12,5	12,5	12,5
<b>N (mm)</b>	8	8	11	11	19	25	25	25
<b>E (mm)</b>	6,5	9	10,5	14	18,5	24	25	29
<b>G</b>	M2,5x8	M3x10	M4x10	M5x14	M6x16	M8x18	M8x25	M8x25
<b>počet šroubů</b>	2	2	2	2	2	2	4	4
<b>D1,D2 (mm) :</b> - předvrtáno - rozsah (H7)	2,5 3-8	3,5 6-12	5,5 6-14	5,5 6-18	7,5 10-26	8,5 10-30	18,5 19-35	19,5 20-40

- Zvolena svěrná spojka **EKV 040**

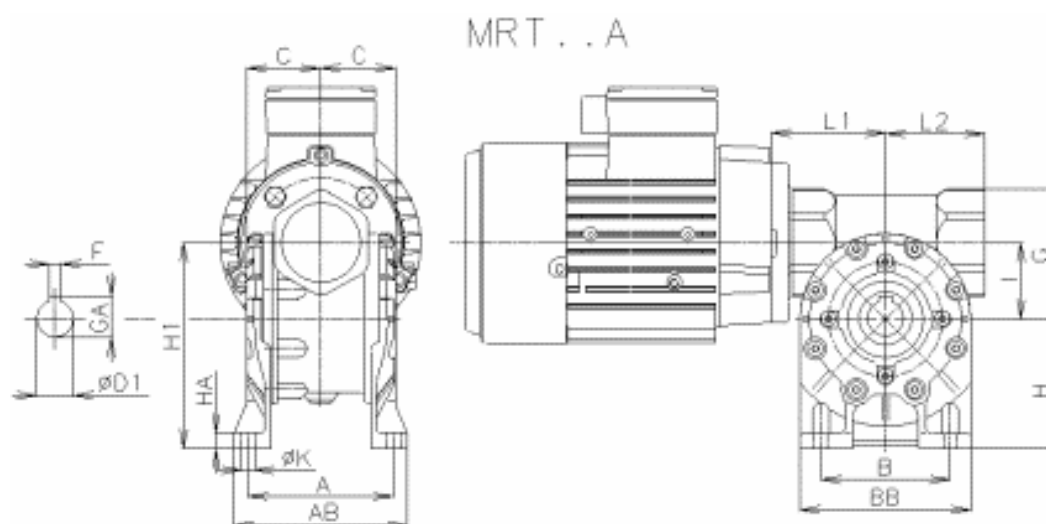
## 6.2 Volba komponent pro ovládání a roztočení rule rohože

### 6.2.1 Volba elektropřevodovky (TOS ZNOJMO)

Po konzultaci se zástupcem firmy TOS ZNOJMO byla zvolena pro tento případ elektropřevodovka v přírubovém řešení MRT 80 s elektromotorem od firmy SIEMENS 1LA7 130-2AA a přírubou F80M(130). Slouží k pohonu pneumatické rozpínací hřídele.

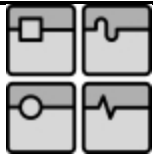
Tabulka 10. Údaje elektropřevodovky

5.5kW		$n_1=2800 \text{ [min.}^{-1}\text{]}$		132-2p	St. mot. příruba
$n_2$	i	M2	Sf	velikost	
$[\text{min.}^{-1}]$	[-]	$[\text{Nm}]$	[-]	-	
560	5	88	1,8	MRT 80	F80M(130)
373	7,5	129	2,1	MRT 100	F100M(165)
373	7,5	131	1,3	MRT 80	F80M(130)
373	7,5	132	3,4	MRT 120	F120M(165)
280	10	169	1,7	MRT 100	F100M(165)
280	10	173	0,9	MRT 80	F80M(130)
280	10	175	3,1	MRT 120	F120M(165)
224	12,5	211	0,9	MRT 80	F80M(130)
224	12,5	213	1,7	MRT 100	F100M(165)
224	12,5	216	2,7	MRT 120	F120M(165)



Obrázek 22. Ukázka elektropřevodovky

- Zvolena elektropřevodovka **MRT 80**



### 6.2.2 Volba frekvenčního měniče (SIEMENS)

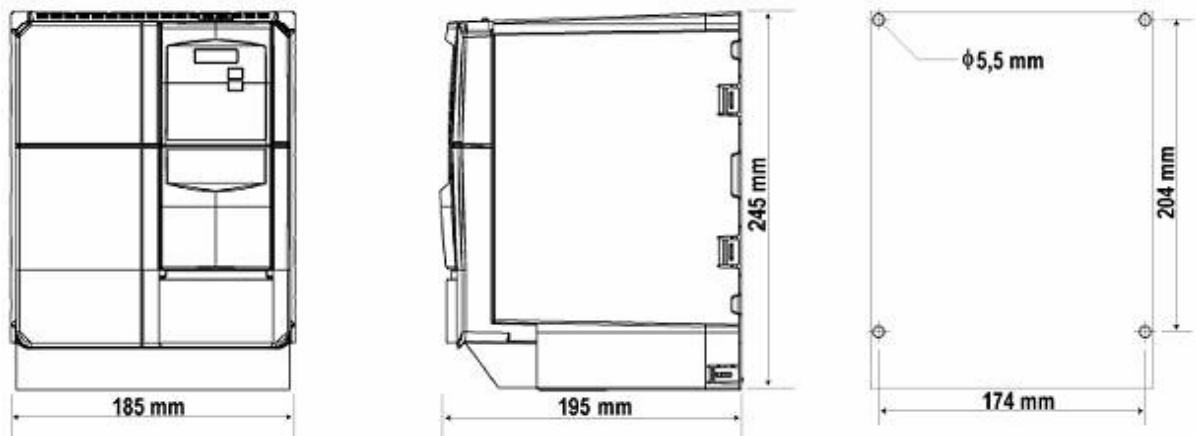
Frekvenční měnič SIEMENS MICROMASTER 420 je vybaven základními funkcemi pro regulaci otáček asynchronních motorů. Měniče lze použít k regulaci otáček. Ovládání měničů je řešeno pro plynulou regulaci otáček a nastavení stavu START/STOP motoru.



Výkon (kW) pro 4-pól. motor	5,50
Vstupní napětí (V)	3x 380-480V +/-10%
Max. výstupní napětí U <sub>max</sub> (V)	3x 480V
Max. výstupní proud (A)	13,2
Kmitočet min-max (Hz)	0-650
Vstupy digital/analog (počet)	3-4 / 1
Výstupy digital/analog (počet)	1 / 1
Přetížitelnost (%/čas)	150% / 60 sec.
Modulační kmitočet (kHz)	2-16
Brzdě režimy	DC, kompaudní
Sady parametrů (počet)	1
Řízení výstupu - lineární	ANO
Řízení výstupu - FCC	ANO
Řízení výstupu - vektorové	NE
technologický regulátor	PID
zabudovaný odrušovací filtr	ANO - třída A

Obrázek 23. Ukázka a parametry frekvenčního měniče

Rozměry frekvenčního měniče

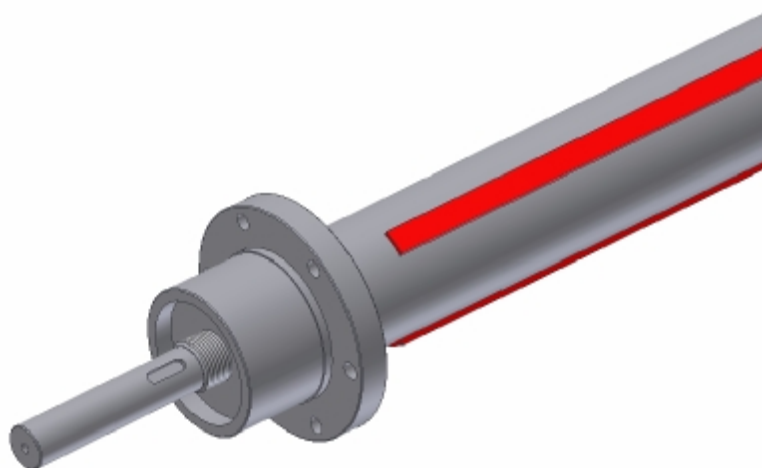


Obrázek 24. Rozměry frekvenčního měniče

- Zvolen frekvenční měnič **MICROMASTER MM420 6SE6420- 2AD25-5CA1**

### 6.2.3 Volba pneumatické rozpínací hřídele (VORWALD)

Na základě konzultací se specialistou obchodní firmy BIBUS inženýrem Filipem Marešem na pneumatické rozpínací hřídele zastupující na českém trhu firmu Vorwald byla navrhnutá touto firmou pneumatická rozpínací hřídel přímo pro řešenou aplikaci.



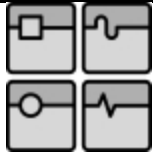
Obrázek 25. Pneumatická rozpínací hřídel

- Typ: 309 L (d = 98 mm; L=2310 mm)
- Pneumaticky rozpínaný hřídel se třemi plochými upínacími segmenty
- Vstup vzduchu: axiálně na straně pohonu hřídele
- Nosná trubka: průměr 98 mm; materiál: ocel
- Upínací segmenty: 3 segmenty 15 x 2000 mm; materiál: polyuretan
- Upínací rozsah: průměr 98 – 104 mm
- Ukončení hřídele: čep
  - A) válcový; čep
  - B) válcový včetně příruby s ložisky s axiálním vstupem pro vzduch
- Celková délka: cca 2310 mm
- Zátěžová data:

Průhyb 0,1 mm na šířce role 2000 mm (s podepřeným čepem A) při hmotnosti role 150 kg

Průhyb 6,7 mm na šířce role 2000 mm (bez podepřeného čepu A) při hmotnosti role 150 kg

- Nezbytný pracovní tlak vzduchu: 0,6 Mpa (6 bar)
- Vypočtená hmotnost hřídele: 140 kg

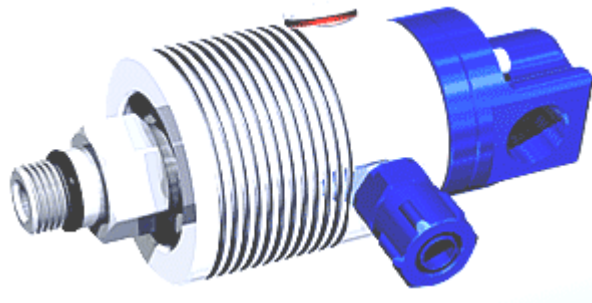


#### 6.2.4 Návrh rotačního přívodu k rozpínací pneumatice hřídeli (DEUBLIN)

Na základě konzultace se specialistou obchodní firmy BIBUS inženýrem Filipem Marešem byl navržen rotační přívod podle nezbytného pracovního tlaku vzduchu pro pneumatiku rozpínací hřídel, podle velikosti připojovacích rozměrů a prostředí, ve kterém bude stroj pracovat.

##### Vlastnosti rotační příruby:

- Médium vzduch
- Tlak do 10 bar
- Otáčky do 30 000 min<sup>-1</sup>
- Počet kanálů 2
- Světlost 3/8"
- Připojovací závit pravý



Obrázek 26. Rotační přívod vzduchu

- Zvolen rotační přívod **MODEL 57 STD 57-130-094**

### 6.3 Volba pilového listu (ROBEX DK, s.r.o.)

Na základě konzultace s vedoucím diplomové práce byl pro řezání netkaných textilií z polymerních nebo skleněných vláken zvolen pilový konkávní list.



Obrázek 27. Pilový list

#### Příslušné rozměry pilového listu:

- Délka  $l = 800 \text{ mm}$
- Výška  $h = 25 \text{ mm}$
- Tloušťka  $t = 0.8 \text{ mm}$
- Rozteč zubů  $s = 15 \text{ mm}$
- Typ ostří jednostranné
- Tvar ostří konkávní

Pilový list má z důvodu vyšší životnosti zakaleny zuby v celé jejich výšce. Při montáži je potřeba pilový list důkladně napnout, aby nenastal průhyb a nechtěné vlnění. Pokud by nebyl řádně napnut, vyskytly by se značné nepřesnosti v uřezaných částech materiálu.



#### 6.4 Volba tlačné plynové pružiny (BANSBACH)

Tlačná plynová pružina bude v tomto případě použita pro nadzvedávání řezacího rámu s pilovým listem. Plynová pružina je tvořena válcem, který je natlakován dusíkem, výsuvnou pístnicí, pístem a dokonalým těsněním, které musí umožnit hladký výsuv pístnice za vnitřního tlaku až 300 bar. Základní výhodou plynových pružin oproti klasickým je rozdílná charakteristika průběhu síly v závislosti na zdvihu.



Obrázek 28. Tlačná plynová pružina

##### Příslušné parametry tlačné plynové pružiny:

- Průměr pístnice  $d = 8 \text{ mm}$
- Průměr válce  $d = 19 \text{ mm}$
- Zdvih  $z = 75 \text{ mm}$
- Délka pružiny  $l = 180 \text{ mm}$
- Síla  $F = 30 - 700 \text{ N}$

## 6.5 Volba koncového spínače (HONEYWELL)

Koncové spínače budou namontovány na obou stranách lineárního vedení z důvodu bezpečnosti. Pokud vozíček, který pojezdí po lineárním vedení, dojede do koncové “hraniční” polohy, koncový snímač vypne pohon lineárního vedení a tím zabrání jakékoliv kolizi. První snímač bude také fungovat jako nulový bod, od kterého se bude odměřovat vzdálenost řezacího ústrojí.

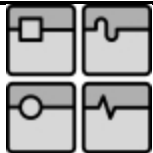


Obrázek 29. Koncový spínač

### Příslušné parametry koncového snímače:

- Rozměry pouzdra 95x40x40 mm
- Stupeň krytí IP 67
- Připojení kabelů PG 13,5
- Vzdálenost montážních otvorů 30,2 /58,7 mm

Zvolen koncový spínač základní řady **LS**

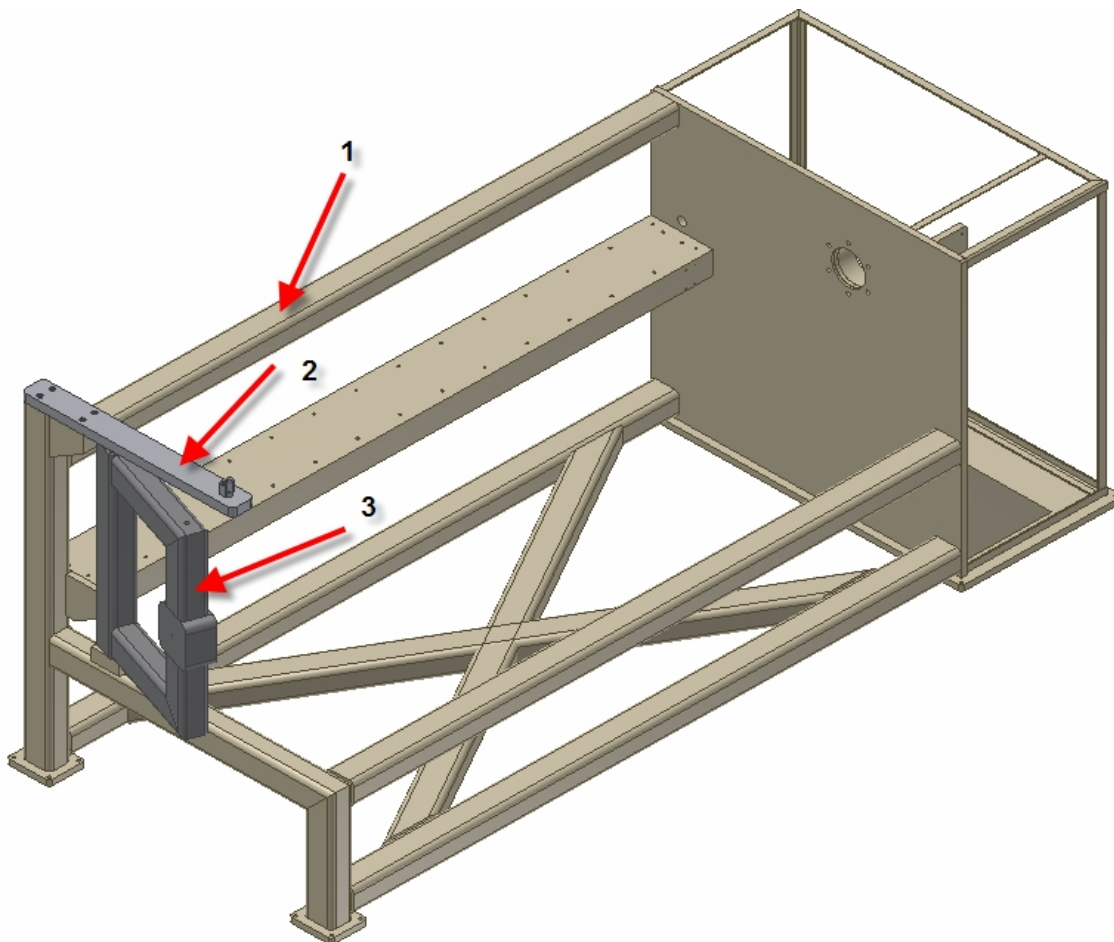


## 7 NÁVRH RÁMU STROJE

Rám stroje je navržen jako sestava tří svařovaných konstrukcí z ocelových profilů. Při konstruování bylo vycházeno z požadavku na vysokou tuhost stroje, aby bylo zamezeno možnosti nežádoucího kmitání.

Části rámu:

- 1. Hlavní část rámu:** Slouží k upevnění všech komponent na stroji.
- 2. Držák branky:** Je přišroubován k hlavní části rámu čtyřmi šrouby. Slouží jako výztuha pohyblivé branky a také je na něm navařena konstrukce pro upnutí excentrického upínače.
- 3. Pohyblivá branka:** Slouží k upevnění a vycentrování pneumatické rozpínací hřídele. Brankou jde pohybovat o 90° od stroje a tím je umožněno bezpečné a nenáročné zasouvání role rohože na pneumatickou rozpínací hřídel.



Obrázek 30. Rám stroje

## 8 VÝPOČTY

### 8.1 Výpočet kuličkového šroubu

Zvolené a zadané parametry (koeficienty a výpočty podle katalogu KSK Kuřim)

- Průměr šroubu  $d_0 = 20 \text{ mm}$
- Stoupání  $S = 5 \text{ mm}$
- Počet chodů  $i_C = 3$
- Délka matice  $L_6 = 63 \text{ mm}$
- Průměr hřídele pro ložisko  $d_l = 17 \text{ mm}$
- Vliv jakosti materiálu  $f_m = 1,25$
- Koeficient uložení hřídele  $f_n = 29$
- Vzdálenost podpor  $L_8 = 2000 \text{ mm}$
- Rychlost posuvu  $v = 5 \text{ m/min}$
- Zrychlení  $a = 3 \text{ m/s}^2$
- Statická únosnost  $C_0 = 11\,000 \text{ N}$
- Hmotnost řezacího ustrojí  $m_{\text{ŘÚ}} = 12,58 \text{ kg}$
- Hmotnost kuličkové matice  $m_{\text{KM}} = 0,493 \text{ kg}$
- Hmotnost upínací kostky  $m_{\text{UK}} = 1,364 \text{ kg}$

**Maximální otáčky kuličkového šroubu**

- **Z hlediska otáčkového faktoru**

$$(1) \quad n_{\max} = \frac{100000}{d_0} = \frac{100000}{20} = 5000 \text{ ot/min}$$

- **Z hlediska uložení hřídele**

$$(2) \quad n_{kr} = \frac{10^7 \cdot f_n \cdot d_0}{L_8^2} = \frac{10^7 \cdot 29 \cdot 20}{2000^2} = 1450 \text{ ot/min}$$

$$(3) \quad n_{\max} = 0,8 \cdot n_{kr} = 0,8 \cdot 1450 = 1160 \text{ ot/min}$$

**Výpočet kuličkového šroubu v závislosti jeho stoupání a požadované rychlosti**

- **Otáčky hřídele při maximálním posuvu**

$$(4) \quad n_{pos} = \frac{v}{S_t} = \frac{5}{0,005} = 1000 \text{ ot/min}$$

### Síla působící od zrychlení

$$(5) \quad F_{ZR} = (m_{R\dot{U}} + m_{KM} + m_{UK}) \cdot a = (12,58 + 0,493 + 1,364) \cdot 3 = 43,311 N$$

### Vnitřní axiální zatížení na matici

$$(6) \quad F_V = 0,1 \cdot C_0 = 0,1 \cdot 11000 = 1100 N$$

$$(7) \quad Fa = F_V \cdot \left(1 + \frac{F_{ZR}}{2,38 \cdot F_V}\right) = 1100 \cdot \left(1 + \frac{43,311}{2,38 \cdot 1100}\right) = 1102,73 N$$

### Životnost kuličkového šroubu

$$(8) \quad L_{HOD} = \left(\frac{C_0 \cdot f_m}{Fa}\right) \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{11000 \cdot 1,25}{1102,73}\right) \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1000} = 32310,8 \text{ hod} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 8.2 Výpočet trvanlivosti kuličkových ložisek

### Radiální jednořadé ložisko (SKF 62 03)

#### Zvolené a zadané parametry (koeficienty a výpočty podle SKF katalogu)

- Vzdálenost ložisek  $l_{lož} = 2100 \text{ mm}$
- Otáčky při posuvu  $n = 1000 \text{ ot/min}$
- Statická únosnost  $C_0 = 4,75 \text{ kN}$
- Dynamická únosnost  $C = 9,56 \text{ kN}$
- Konstanta kuličkového ložiska  $a = 3$
- Délka šroubu  $l = 2200 \text{ mm}$
- Hustota oceli  $\rho = 7830 \text{ kg/m}^3$

#### Hmotnost hřídele

$$(9) \quad m_{H\dot{R}} = r \cdot \frac{p \cdot d^2}{4} \cdot l = 7830 \cdot \frac{p \cdot 0,02^2}{4} \cdot 2,2 = 5,41 \text{ kg}$$

#### Síla působící od hřídele

$$(10) \quad F_{H\dot{R}} = m_{H\dot{R}} \cdot g = 5,41 \cdot 9,81 = 53,1 N$$

#### Radiální síla od hřídele

$$(11) \quad F_{H\dot{R}A} = \frac{F_{H\dot{R}}}{2} = \frac{53,1}{2} = 26,55 N$$

### Ekvivalentní zatížení

$$(12) \quad F_E = F_{H\dot{R}A} = 26,55 \text{ N}$$

### Trvanlivost ložiska

$$(13) \quad L_{HOD} = \left( \frac{C}{F_E} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left( \frac{9560}{26,55} \right)^3 \cdot \frac{10^3}{60 \cdot 1000} = 778088237 \text{ hod} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Dvouřadé kuličkové ložisko (SKF 42 03 ATN9)

### Zvolené a zadané parametry (koeficienty a výpočty podle katalogu SKF)

- Otáčky při posuvu  $n = 1000 \text{ ot/min}$
- Statická únosnost  $C_0 = 4,75 \text{ kN}$
- Dynamická únosnost  $C = 9,56 \text{ kN}$
- Konstanta kuličkového ložiska  $a = 3$
- Součinitel zatížení ložiska  $X = 0,56$
- Součinitel zatížení ložiska  $Y = 2,3$

### Radiální síla od hřídele

$$(14) \quad F_{H\dot{R}B} = F_{HRA} = 26,55 \text{ N}$$

### Celková hmotnost

$$(15) \quad m_C = m_{\dot{R}\dot{U}} + m_{KM} + m_{UK} = 12,58 + 0,493 + 1,364 = 14,437 \text{ kg}$$

### Síla působící od zrychlení

$$(16) \quad F_{ZR} = (m_{\dot{R}\dot{U}} + m_{KM} + m_{UK}) \cdot a = (12,58 + 0,493 + 1,364) \cdot 3 = 43,311 \text{ N}$$

### Axiální síla

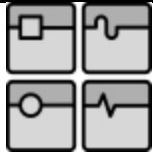
$$(17) \quad Fa_B = F_{ZR} = 43,311 \text{ N}$$

### Ekvivalentní zatížení

$$(18) \quad F_E = F_{H\dot{R}B} \cdot X + Fa_B \cdot Y = 26,56 \cdot 0,56 + 43,311 \cdot 2,3 = 114,5 \text{ N}$$

### Trvanlivost ložiska

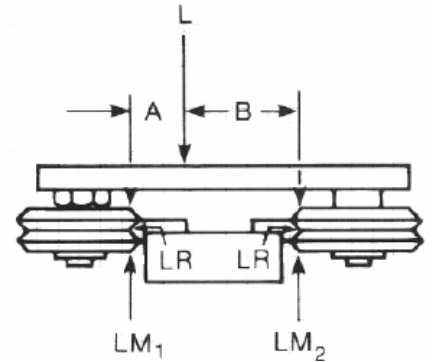
$$(19) \quad L_{HOD} = \left( \frac{C}{F_E} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left( \frac{1480}{114,5} \right)^3 \cdot \frac{10^3}{60 \cdot 1000} = 35992949 \text{ hod} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$



### 8.3 Výpočet momentového zatížení roln

Zvolené a zadané parametry (koeficienty a výpočty podle katalogu T.E.A. Technik)

- Vzdálenost rolny od zátěžné síly  $A = 47,6 \text{ mm}$
- Vzdálenost rolny od zátěžné síly  $B = 47,6 \text{ mm}$
- Faktor použití  $F_s = 1$
- Hmotnost řezacího ustrojí  $m_{\text{ŘÚ}} = 12,58 \text{ kg}$
- Hmotnost kuličkové matice  $m_{\text{KM}} = 0,493 \text{ kg}$
- Hmotnost upínací kostky  $m_{\text{UK}} = 1,364 \text{ kg}$
- Hmotnost hřídele  $m_{\text{HŘ}} = 5,41 \text{ kg}$



Obrázek 31.

Výpočtový model roln

#### Zatížení roln

$$(20) \quad L = m_c \cdot 10 = (m_{\text{ŘÚ}} + m_{\text{KM}} + m_{\text{UK}} + m_{\text{HŘ}}) \cdot 10 = \\ = (12,58 + 0,493 + 1,364 + 5,41) \cdot 10 = 198,47 \text{ N}$$

#### Momentové zatížení na vodící rolny

$$(21) \quad L_{M1} = \frac{L \cdot B}{A + B} = \frac{198,47 \cdot 47,6}{47,6 + 47,6} = 99,235 \text{ N}$$

#### Zatížení na jednu rolnu

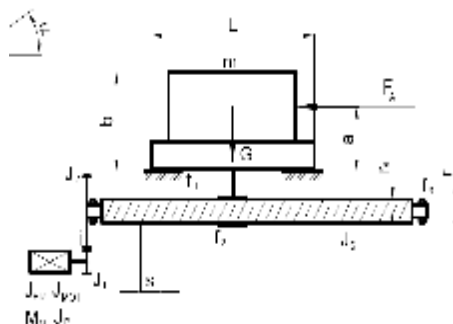
$$(22) \quad L_M = \frac{L_{M1}}{4} = \frac{99,235}{4} = 24,8 \text{ N} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 8.4 Výpočet servomotoru

### STATICKÉ HLEDISKO

#### Zvolené a zadané parametry

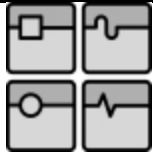
- Účinnost ložisek  $\eta_L = 0,97$
- Účinnost převodovky  $\eta_P = 1$
- Účinnost šroubu  $\eta_\xi = 0,92$
- Účinnost vedení  $\eta_V = 0,98$
- Počet ložisek v jednom bloku  $j = 2$
- Axiální síla od řezného procesu  $F_A = 0 \text{ N}$
- Před. síla v matici kul.šroubu  $F_P = 0 \text{ N}$
- Délka vedení  $L = 0,1 \text{ mm}$
- Součinitel tření ve vedení  $f_1 = 0,004$
- Souč. tření v matici kul. šroubu  $f_2 = 0,004$
- Součinitel tření v ložisku  $f_3 = 0,02$
- Tíha tělesa (hmotnosti m)  $G = 144,4 \text{ N}$
- Sklon  $\alpha = 0^\circ$
- Převodový poměr  $i = 1$
- Stoupání  $S = 5 \text{ mm}$
- Vzdálenost síly  $F_A$  od vedení  $a = 0,05 \text{ mm}$
- Střední poloměr kul.šroubu  $r_S = 0,01 \text{ mm}$



Obrázek 32. Výpočtový model pro návrh servomotoru

#### Celková účinnost

$$(23) \quad h_C = h_\xi \cdot h_V \cdot h_L' \cdot h_p = 0,92 \cdot 0,98 \cdot 0,97^2 \cdot 1 = 0,83$$

**Třecí síla ve vedení**

$$(24) \quad F_{TV} = \frac{3 \cdot F_A \cdot a}{L} \cdot f_1 + G \cdot f_1 \cdot \cos a = \frac{3 \cdot 0 \cdot 0,05}{0,1} \cdot 0,004 + 144,4 \cdot 0,004 \cdot 1 = 0,58 \text{ N}$$

**Pasivní moment od síly  $F_A$** 

$$(25) \quad M_F = \frac{F_{TV} \cdot s}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_s \cdot h_L^j \cdot h_p} = \frac{0,58 \cdot 0,005}{2 \cdot p \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,97^2 \cdot 1} = 5,45 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}$$

**Moment pasivního odporu v kuličkovém šroubu a matici**

$$(26) \quad M_{KSM} = \frac{F_P \cdot s \cdot (1 - h_s)}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_p} + \frac{F_A \cdot r_s \cdot f_2}{i \cdot h_p} + \frac{G \cdot \sin a \cdot r_s \cdot f_2}{i \cdot h_p}$$

protože  $F_P$ ,  $F_A$  i  $\alpha$  se rovnají nule  $M_{KSM} = 0 \text{ Nm}$

**Moment od pasivních odporů v ložiskách od axiální síly**

$$(27) \quad M_L = \frac{F_A \cdot r \cdot f_3}{i h_p}$$

protože  $F_A$  se rovná nule  $M_L = 0 \text{ Nm}$

**Moment zátěže od třecích sil ve vedení**

$$(28) \quad M_G = \frac{G \cdot f_1 \cdot s \cdot \cos a}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_s \cdot h_L^j \cdot h_p} = \frac{144,4 \cdot 0,004 \cdot 0,005 \cdot 1}{2 \cdot p \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,97^2 \cdot 1} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}$$

**Moment od tíhové složky při skloněném vedení**

$$(29) \quad M_{GT} = \frac{G \cdot s \cdot \sin a}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_C}$$

protože  $\alpha$  se rovná nule  $M_{GT} = 0 \text{ Nm}$

**Moment zátěže redukováný na hřídel servomotoru**

$$(30) \quad M_{ZRHM} = M_{GT} + M_G + M_L + M_{KSM} + M_F = \\ = 0 + 5,4 \cdot 10^{-4} + 0 + 0 + 5,45 \cdot 10^{-4} = 1,085 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$$

**Výpočet momentu servomotoru**

$$(31) \quad M_M = \frac{F_A \cdot s}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_L^j \cdot h_p} + M_{ZRHM} = \frac{0 \cdot 0,005}{2 \cdot p \cdot 1 \cdot 0,97^2 \cdot 1} + 1,085 \cdot 10^{-3} = 1,085 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$$

### KINEMATICKÉ HLEDISKO

#### Zvolené a zadané parametry

- Rychlost posuvu  $v = 5 \text{ m/min}$
- Zrychlení  $a = 3 \text{ m/s}^2$
- Celková dráha pojezdu  $S_C = 2000 \text{ mm}$
- Převodový poměr  $i = 1$
- Stoupání  $S = 5 \text{ mm}$

#### Čas rozběhu

$$(32) \quad t_R = \frac{v}{a \cdot 60} = \frac{5}{3 \cdot 60} = 0,027 \text{ s}$$

#### Čas zpoždění

$$(33) \quad t_Z = t_R = 0,027 \text{ s}$$

#### Čas běhu

$$(34) \quad t_B = \frac{S_C - a \cdot t_R^2}{\frac{v}{60}} = \frac{2 - 3 \cdot 0,027^2}{\frac{5}{60}} = 24 \text{ s}$$

#### Celkový čas

$$(35) \quad t_C = t_R + t_B + t_Z = 0,027 + 24 + 0,027 = 24,054 \text{ s}$$

#### Podíl celkového času

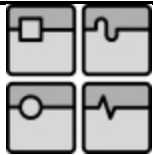
$$(36) \quad X_t = \frac{t_R}{t_C} = \frac{0,027}{24,054} = 1,12 \cdot 10^{-3}$$

#### Úhlové zrychlení šroubu

$$(37) \quad e_s = \frac{a \cdot 2 \cdot p}{S} = \frac{3 \cdot 2 \cdot p}{0,005} = 3769,9 \text{ rad/s}^2$$

#### Úhlové zrychlení servomotoru

$$(38) \quad e = e_s \cdot i = 3769,9 \text{ rad/s}^2$$



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

## DYNAMICKÉ HLEDISKO

## Zvolené a zadané parametry

- Účinnost ložisek  $\eta_L = 0,97$
- Účinnost převodovky  $\eta_P = 1$
- Účinnost šroubu  $\eta_S = 0,92$
- Celková účinnost  $\eta_C = 0,92$
- Tíha tělesa (hmotnosti m)  $G = 144,4 \text{ N}$
- Sklon  $\alpha = 0^\circ$
- Převodový poměr  $i = 1$
- Stoupání  $S = 5 \text{ mm}$
- Před. síla v matici kul.šroubu  $F_P = 0 \text{ N}$
- Střední průměr kul.šroubu  $d_S = 0,01 \text{ mm}$
- Hmotnost řezacího ustrojí  $m_{RÚ} = 12,58 \text{ kg}$
- Hmotnost kuličkové matice  $m_{KM} = 0,493 \text{ kg}$
- Hmotnost upínací kostky  $m_{UK} = 1,364 \text{ kg}$
- Celková hmotnost pojezdu  $m_C = 14,437 \text{ kg}$
- Délka šroubu  $l = 2200 \text{ mm}$
- Hustota oceli  $\rho = 7830 \text{ kg/m}^3$
- Moment setrvačnosti motoru  $J_{MOT} = 0,00011 \text{ kg m}^2$

## Tíhový moment zátěže

$$(39) \quad M_{GT} = \frac{G \cdot \sin a \cdot s}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_C}$$

protože  $\alpha$  se rovná nule  $M_{GT} = 0 \text{ Nm}$


## Moment pasivních odporů matice a kuličkového šroubu při rozběhu

$$(40) \quad M_{KSM} = \frac{F_P \cdot s \cdot (1 - h_S^2)}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_P} + \frac{G \cdot f_1 \cdot d_S \cdot f_2 \cdot \sin a}{2 \cdot i \cdot h_P}$$

protože  $F_P$  i  $\alpha$  se rovnají nule  $M_{KSM} = 0 \text{ Nm}$

## Moment pasivního odporu při rozběhu

$$(41) \quad M_G = \frac{G \cdot f_1 \cdot \cos a \cdot s}{2 \cdot p \cdot i \cdot h_S \cdot h_P \cdot h_L^j} = \frac{144,4 \cdot 0,004 \cdot 1 \cdot 0,005}{2 \cdot p \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 0,97^2} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}$$

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### Celkový moment zátěže redukováný na hřídel servomotoru

$$(42) \quad M_{ZRHM} = M_{GT} + M_G + M_{KSH} = 0 + 5,4 \cdot 10^{-4} + 0 = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}$$

### Moment setrvačnosti všech posouvaných hmot redukované do osy šroubu

$$(43) \quad J_M = m_C \cdot \left( \frac{S}{2 \cdot p} \right)^2 = 14,437 \cdot \left( \frac{0,005}{2 \cdot p} \right)^2 = 9,14 \cdot 10^{-6} \text{ kg m}^2$$

### Moment setrvačnosti kuličkového šroubu

$$(44) \quad J_S = \frac{1}{2} \cdot m_{HR} \cdot \left( \frac{d_0}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 5,41 \cdot \left( \frac{0,02}{2} \right)^2 = 2,705 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

### Celkový moment setrvačnosti redukováný na hřídel servomotoru

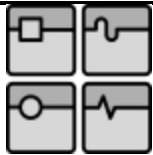
$$(45) \quad J_{RHM} = J_S + J_M + J_{MOT} = 2,705 \cdot 10^{-4} + 9,14 \cdot 10^{-6} + 1,1 \cdot 10^{-4} = 3,896 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

### Potřebný kroutící moment servomotoru

$$(46) \quad M_M^D = J_{RHM} \cdot e + M_{ZRHM} = 3,896 \cdot 10^{-4} \cdot 3769,9 + 5,4 \cdot 10^{-4} = 1,47 \text{ Nm}$$

## 8.5 Výpočet asynchronního motoru

Na základě konzultací s firmou Sint-Gobein/Vertex (dříve Vertex Litomyšl), která je výrobcem skleněných netkaných textilií (rohoží), byl stanoven potřebný kroutící moment na proces řezání  $M_K = 150 \text{ Nm}$ .



## 8.6 Návrh a kontrola těsného pera

### Zvolené a zadané parametry

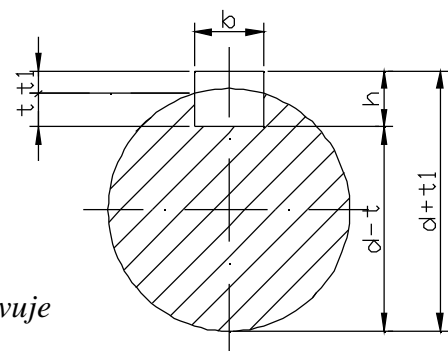
- Průměr konce rozpínací hřídele  $d = 35 \text{ mm}$
- Dovolený tlak  $p_D = 90 \text{ MPa}$
- Kroutící moment  $M_K = 170 \text{ Nm}$
- Výška pera  $h = 8 \text{ mm}$
- Šířka pera  $b = 10 \text{ mm}$
- Výška drážky v náboji  $t_1 = 3,3 \text{ mm}$
- Výška drážky v hřídeli  $t = 4,7 \text{ mm}$

### Výpočet potřebné délky pera

$$(47) \quad l = \frac{4 \cdot M_K}{(d \cdot h \cdot p_D)} = \frac{4 \cdot 170000}{(35 \cdot 8 \cdot 90)} = 26,98 \text{ mm}$$


### Kontrola na otláčení pera v náboji

$$(48) \quad p = \frac{2 \cdot M_K}{(l \cdot t_1 \cdot d)} = \frac{2 \cdot 170000}{(35 \cdot 3,3 \cdot 35)} = 84 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$



Obrázek 33. Označení rozměrů hřídele a pera

- Zvoleno PERO 10e7 x 8 x 35 ČSN 02 2562

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 9 TRIBOTECHNIKA UZLŮ

### MAZÁNÍ KULIČKOVÝCH ŠROUBŮ

Mazání kuličkových šroubů se provádí olejem nebo tukem. Způsob mazání je obdobný jako u valivých ložisek.

#### OLEJOVÉ MAZÁNÍ

Všeobecně se pro mazání kuličkových šroubů používají stejné oleje jako pro mazání valivých ložisek, tj. převodové minerální oleje s minimální viskozitou  $50 \text{ mm}^2/\text{s}$  při  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Množství použitého oleje závisí na podmínkách provozu. V případě horizontální polohy kuličkového šroubu musí hladina oleje dosahovat alespoň středu nejnižše položené kuličky v matici.

#### TUKOVÉ MAZÁNÍ

Pro kuličkové šrouby jsou doporučeny tuky dle stupně 2 DIN 51825:

- KLÜBER Isoflex NBU 15
- OPTIMOL OPTITEMP TT1


Po dobu záběhu stroje je nutné mazivo doplnit každé 2 až 3 měsíce. Při běžném provozu stroje musí být tuk doplněn za 6 až 10 měsíců. Během provozu se nesmí tuky s odlišnými vlastnostmi míchat.

- Zvoleno olejové mazání a minerální olej Tonna Oil T68 (Shell)

### MAZÁNÍ VODÍCÍCH ROLEN

Vodící rolny jsou přesně broušená dvouřadá radiální kuličková ložiska se zesíleným vnějším kroužkem. Jsou namazána pro celou dobu životnosti a utěsněna. Jelikož je obvod vodící rolny na vnějším průměru větší než na menším průměru rolny, probíhá na vodící kolejnici neustálé působení otěru a tím samočištění. Pro dosažení dlouhé životnosti by měla být na kontaktní plochu vodící kolejnice nanesena tenká vrstva mazacího tuku. Když se tvrdost znečišťujících látek blíží tvrdosti vodící kolejnice a vodících rolen, vzrůstá míra opotřebení.

- Zvolen mazací tuk LV 2-M

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### MAZÁNÍ ELEKTROPŘEVODOVKY

Mazání šnekových převodovek řady RT/MRT je zajištěno broděním šnekového kola nebo šneku v oleji v kombinaci s rozstříkem oleje. To za běžných podmínek spolehlivě zabezpečuje správnou funkci, životnost a účinnost převodovky. U velikostí typového označení převodovek 30 až 80 je z hlediska mazání možné použití libovolné pracovní polohy převodovky. U převodovek velikostí 100 až 180 jsou s ohledem na umístění odvodu zátky přípustné pouze některé polohy, pro které je převodovka určena, a případnou změnu pracovní polohy je potřeba konzultovat. Převodovky RT/MRT jsou standardně dodávány včetně olejové náplně - ÖMV PG 460EP, což je syntetický olej zajišťující za normálních podmínek během provozní životnosti převodovky bezúdržbový chod bez nutnosti výměny oleje. Je-li nutné zvolit jiné mazivo, např. z důvodů ztížených podmínek (vyšší provozní teplota, vysoké otáčky), je nutné dbát na to, aby aditiva obsažená mazivu nenapadala bronz a olejové těsnění. Doporučujeme volit syntetické oleje, které zaručují vysokou životnost, stabilitu a dynamickou účinnost šnekového převodu. Při použití minerální olejové náplně je po určité době nutná její výměna. V případě použití tuku je třeba počítat se zhoršením odvodu tepla, snížením účinnosti, horším promazáním všech součástí a tím s větším opotřebením převodovky.

- Zvolena olejová náplň dodávaná výrobcem ÖMV PG 460EP

### MAZÁNÍ LOŽISEK V PNEUMATICKÉ ROZPÍNAČÍ HŘÍDELI


Ložisko mezi přírubou a pneumatickou rozpínací hřídelí i ložisko pod válcovým čepem na konci pneumatické rozpínací hřídele jsou mazány doživotní tukovou náplní, čili obě dvě jsou bezúdržbové.

### MAZÁNÍ LOŽISEK SKF POUŽITÝCH NA KULIČKOVÉM ŠROUBU

SKF LGMT 2 je plastické mazivo na bázi minerálního oleje a lithného mýdla. Toto vysoce kvalitní univerzální mazivo je vhodné pro širokou škálu průmyslových a automobilových aplikací. Plastické mazivo SKF LGMT 2 se v doporučeném rozmezí provozních teplot vyznačuje mimořádnou teplotní stabilitou.

Plastické mazivo musí být v určitých časových intervalech daných výrobcem manuálně vtlačováno do ložiska

- Zvoleno plastické mazivo doporučené výrobcem SKF LGMT 2

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 50
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	


## 10 ANALÝZA RIZIK

Pro navrhované zařízení byla provedena analýza rizik (viz příloha).

Bylo bráno v potaz:

- NV 616/2006 Sb., směrnice 2004/108/ES – elektromagnetická kompatibilita
- NV 17/2003 Sb., směrnice 2006/95/ES – bezpečnost elektrických zařízení nízkého napětí
- NV 24/2003 Sb., směrnice 98/37/ES – strojní zařízení
- NV 9/2002 Sb., směrnice 2000/14/ES – požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku

I přes aplikovaná bezpečnostní opatření přetrvává riziko hlavně v době seřizování. Je proto nutné provádět bezpečnostní školení pracovníků obsluhující zařízení.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 51
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 11 ANALÝZA SHODY

Vypsané a definované veškeré pojmy, které souvisejí s tímto strojem a které musejí splňovat dané požadavky z důvodu bezpečnosti práce u strojního zařízení.

„Citováno“ ze SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2006/42/ES

### **Osvětlení**

*Strojní zařízení musí být dodáváno s vestavěným osvětlením vhodným pro dané operace v případě, že je pravděpodobné, že by nedostatek světla, i přes celkové osvětlení o běžné intenzitě, mohl způsobit riziko. Strojní zařízení musí být navrženo a konstruováno tak, aby se nevyskytovaly žádné oblasti rušivého stínu nebo nepříjemného oslnění, ani žádný nebezpečný stroboskopický jev na pohyblivých částech způsobený osvětlením. Vnitřní části, které vyžadují častou kontrolu a seřizování, a místa pro údržbu musí být vybaveny vhodným osvětlením.*

### **Ergonomie**


*Při předpokládaných podmínkách používání musí být nepohodlí, únava a fyzická a psychická zátěž obsluhy snížena na co nejmenší míru, přičemž se vezmou v úvahu tyto ergonomické zásady:*

- *umožnit přizpůsobení se tělesným rozměrům, síle a výdrži obsluhy,*
- *poskytnout dostatečný prostor pro pohyb všech částí těla obsluhy,*
- *vyhnout se tempu práce, které udává stroj,*
- *vyhnout se kontrolním činnostem, které vyžadují dlouhou pozornost,*
- *přizpůsobit rozhraní člověk-stroj předvídatelným vlastnostem obsluhy.*

### **Bezpečnost a spolehlivost ovládacích systémů**

*Ovládací systémy musí být navrženy a konstruovány tak, aby nedocházelo k nebezpečným situacím. Zejména musí být navrženy a konstruovány tak, aby:*

- *snesly zátěž běžného používání a odolávaly vnějším vlivům,*
- *závada v technickém nebo programovém vybavení ovládacího systému nevedla k nebezpečným situacím,*
- *chyby v logice ovládacího systému nevedly k nebezpečným situacím,*
- *důvodně předvídatelná lidská chyba při ovládní nevedla k nebezpečným situacím.*

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

*Zvláštní pozornost je nutno věnovat těmto bodům:*

- *strojní zařízení nesmí být uvedeno do chodu neočekávaně,*
- *nesmí být zabráněno zastavení stroje, pokud k tomu již byl vydán povel,*
- *žádná pohybující se část strojního zařízení nebo předmět, který je ve strojním zařízení držen, nesmí vypadnout nebo být vymrštěny,*
- *nesmí být zabráněno automatickému nebo ručnímu zastavení jakýchkoli pohyblivých částí,*
- *ochranná zařízení musí zůstat plně funkční nebo vydat povel k zastavení,*
- *části ovládacího systému související s bezpečností musí působit na celek souboru strojního zařízení nebo neúplného strojního zařízení soudržně.*

*U dálkového ovládnání musí být aktivováno automatické zastavení, pokud nejsou obdrženy správné ovládací signály, včetně případu výpadku spojení.*


#### ***Výpadek dodávky energie***

*Přerušeni, obnova po přerušeni nebo jakékoli změny v dodávce energie do strojního zařízení nesmějí vést k nebezpečným situacím. Zvláštní pozornost je nutno věnovat zejména těmto bodům:*

- *strojní zařízení nesmí být uvedeno do chodu neočekávaně,*
- *parametry strojního zařízení se nesmějí měnit nekontrolovaně, pokud takováto změna může vést k nebezpečným situacím,*
- *nesmí být zabráněno zastavení strojního zařízení, pokud k tomu již byl vydán povel,*
- *žádná pohybující se část strojního zařízení nebo předmět, který je ve strojním zařízení držen, nesmí vypadnout nebo být vymrštěn,*
- *nesmí být zabráněno automatickému nebo ručnímu zastavení jakýchkoli pohyblivých částí,*
- *ochranná zařízení musí zůstat plně funkční nebo vydat povel k zastavení.*

#### ***Riziko ztráty stability***

*Strojní zařízení, jeho součásti a příslušenství musí být dostatečně stabilní bez rizika převrácení, pádu nebo nečekaného pohybu během dopravy, montáže, demontáže a jiné činnosti týkající se strojního zařízení. Jestliže tvar samotného strojního zařízení nebo jeho předpokládaná instalace neposkytují dostatečnou stabilitu, musí být v návodu k používání zahrnutý a vyznačeny vhodné způsoby upevnění.*

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 53
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### ***Rizika způsobená padajícími nebo vymrštěnými předměty***

*Musí se učinit opatření, aby se zabránilo rizikům způsobeným padajícími nebo vymrštěnými předměty.*

#### ***Ochranné kryty a ochranná zařízení***

- *musí mít robustní konstrukci,*
- *musí být bezpečně upevněny na místě,*
- *nesmějí způsobovat žádné další riziko,*
- *nesmějí být navrženy tak, aby je bylo snadné odstranit nebo aby se staly neúčinnými,*
- *musí být umístěny v přiměřené vzdálenosti od nebezpečného prostoru,*
- *musí co nejméně bránit v pohledu na výrobní proces a*
- *musí umožňovat základní práce prováděné při instalaci nebo při výměně nástrojů a rovněž při údržbě, jeli to možné bez vyřazení ochranných krytů nebo ochranného zařízení, přičemž přístup musí být omezen výlučně na prostor nutný pro pracovní činnost.*

*Kromě toho musí ochranné kryty pokud možno chránit před vymrštěním nebo padáním materiálu nebo předmětů a proti emisím ze strojního zařízení.*

#### ***Hluk***

*Strojní zařízení musí být navrženo a konstruováno tak, aby rizika způsobená emisí hluku šířícího se vzduchem byla snížena na nejnižší úroveň, přičemž je třeba brát v úvahu technický rozvoj a dostupnost prostředků ke snižování hluku, zvláště u zdroje.*

*- Úroveň emisí hluku lze posoudit s přihlédnutím ke srovnávacím údajům o emisích pro podobné strojní zařízení.*

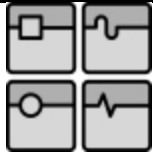
#### ***Vibrace***

*Strojní zařízení musí být navrženo a konstruováno tak, aby rizika způsobená vibracemi strojního zařízení byla snížena na nejnižší úroveň, přičemž je třeba brát v úvahu technický rozvoj a dostupnost prostředků ke snižování vibrací, zvláště u zdroje.*

*- Úroveň vibrací lze posoudit s přihlédnutím ke srovnávacím údajům o vibracích pro podobné strojní zařízení.*

## 12 EKONOMICKÁ ANALÝZA VÝROBY STROJE

Rozpínací pneumatická hřídel	110 000 Kč
Kuličkový šroub	6000 Kč
Frekvenční měnič	20 500 Kč
Elektropřevodovka	13 500 Kč
Koncové čidlo (2x)	500 Kč
Uložení kuličkového šroubu (4x)	8000 Kč
Servomotor	6000 Kč
Zesilovač servomotoru	12 000 Kč
Svěrná spojka	800 Kč
Plynová pružina	1500 Kč
Ovládací panel	12 000 Kč
Rozvaděč ovládacího panelu	25 000 Kč
Program ovládacího panelu (TG Drives)	15 000 Kč
Rolny (4x)	4000 Kč
Vodící kolejnice (2x)	500 Kč
Pilový list	300 Kč
Rotační přívod	3000 Kč
Spojovací materiál	1000 Kč
Materiál svařované konstrukce + povrchová úprava	35 000 Kč
Montáž stroje	60 000 Kč
Konstrukce	120 000 Kč
Revize el. spotřebiče	1500 Kč
Certifikace SZÚ Brno	45 000 Kč
	.....
Celková cena	501 100 Kč

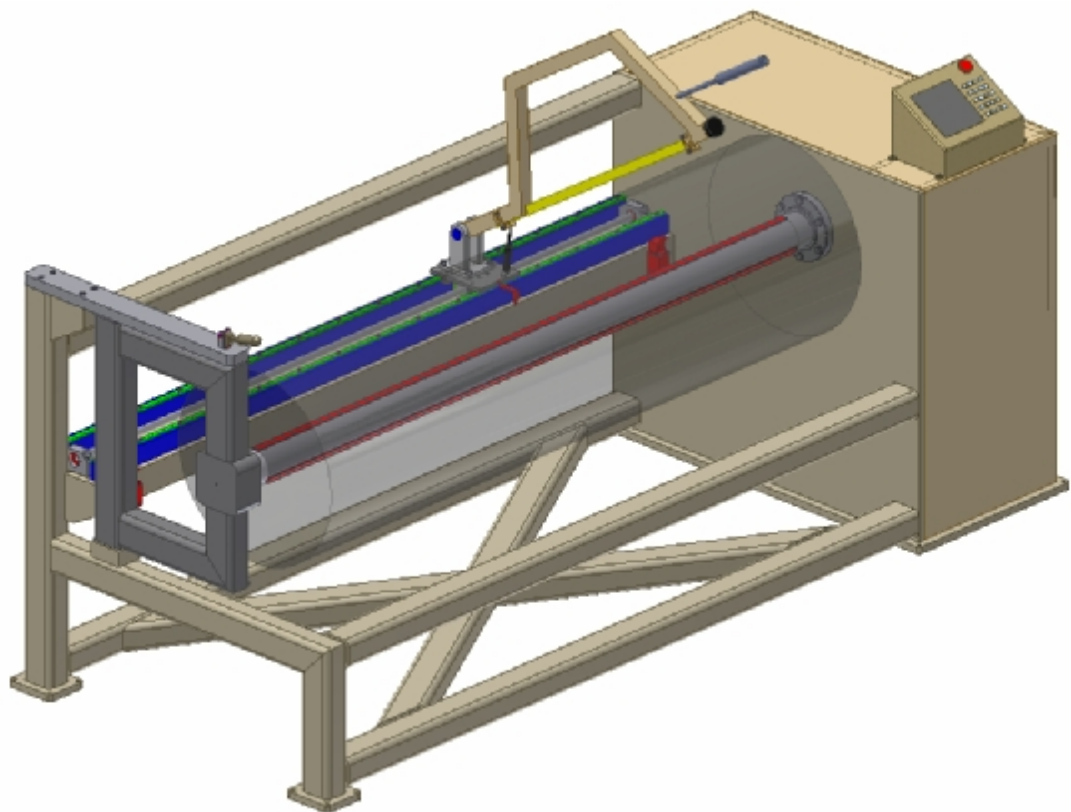


### 13 ZÁVĚR

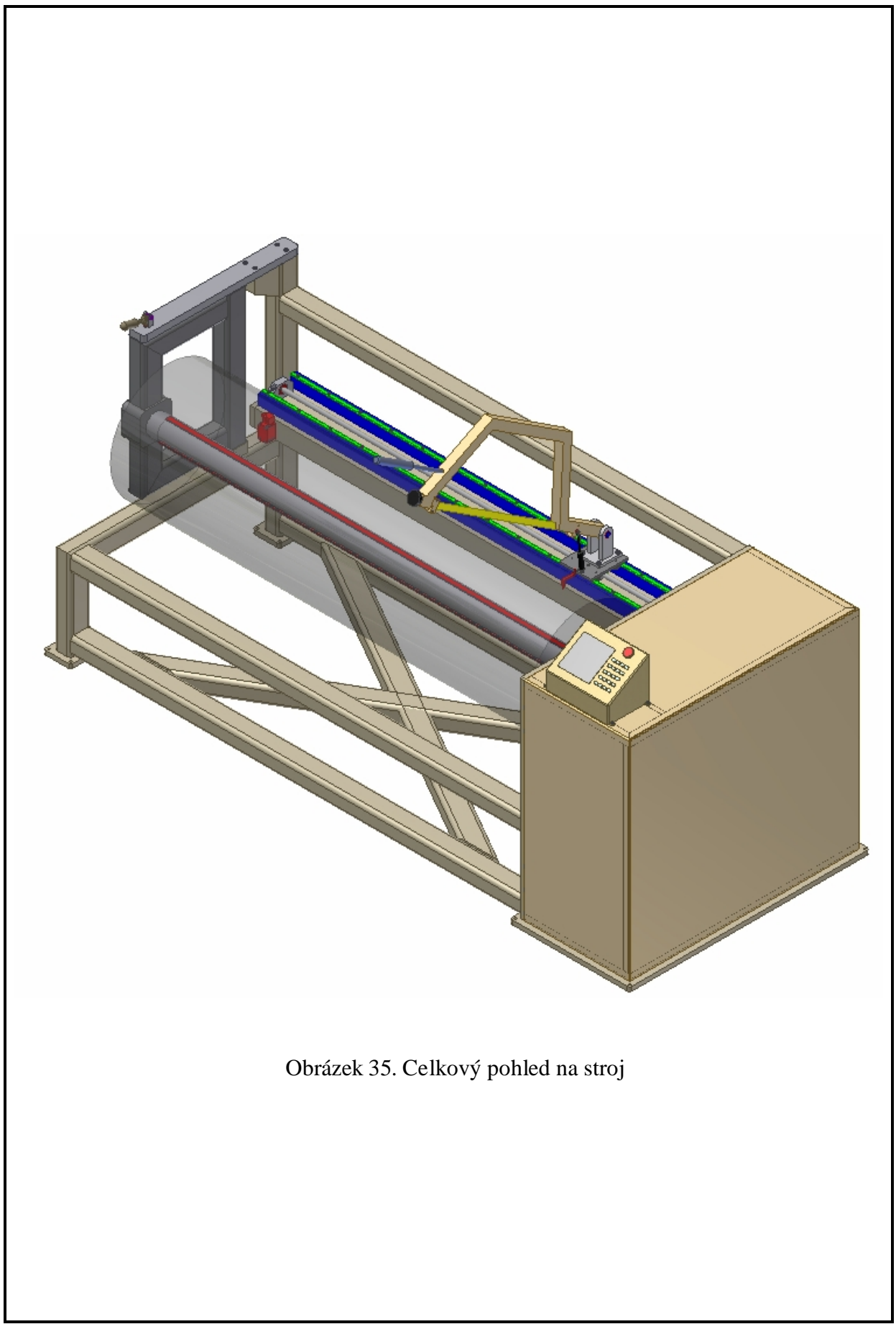
Cílem této diplomové práce bylo navrhnout řezačku rohoží. Navržené zařízení splňuje požadavky dané v zadání. Při konstrukci mělo být dbáno převážně na konstrukční jednoduchost, z čehož vyplývá i příznivá cena výroby stroje oproti strojům firmy Pultrex a Strongwell. Pro srovnání cena stroje na řezání rohoží řešený v této diplomové práci by byla přibližně 500 000 Kč, cena stroje firmy Pultrex je 1 300 000 Kč a stroje firmy Strongwell 1 500 000 Kč.

Rám stroje je navržen převážně jako svařenec z ocelových profilů. Lineární vedení pro podélný posuv je nakonstruováno pomocí kuličkového šroubu, na kterém je uchycen kompletně celý konstrukční uzel řezacího ústrojí. K náhonu a přesnému polohování tohoto podélného posuvu slouží servomotor. K roztočení pneumatické rozpínací hřídele je použit asynchronní motor se šnekovou převodovkou řízený frekvenčním měničem. Příčný posuv do řezu se musí provádět manuálně, pouze pohyb z řezu je řízen tlačnou plynovou pružinou.


Tento stroj není složitý na obsluhu, ale měl by ho obsluhovat proškolený personál, aby nedošlo k zbytečné újmě na zdraví.



Obrázek 34. Celkový pohled na stroj




Obrázek 35. Celkový pohled na stroj

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 57
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 14 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Marek, J.: Konstrukce CNC obráběcích strojů, Kuřim, 2006
- [2] Leinveber, Řasa, Vávra : Strojnické tabulky, Praha 6, 1999
- [3] Svoboda, Brandejs, Kovařík, Sobek : Základy konstruování (Výběr z norem), FSI VUT, Brno, 2001
- [4] Katalogy firmy Bibus s.r.o., Brno
- [5] Katalog firmy Vorwald
- [6] Katalog firmy Spanntec

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 58
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 15 SEZNAM POUŽITÝCH INTERNETOVÝCH STRÁNEK

<http://www.google.com>

<http://www.ferona.cz>

<http://www.vyhledavace.wz.cz>

<http://www.altavista.com>

<http://www.skf.com>

<http://www.ks-kurim.cz>

<http://www.tos-znojmo.cz>

<http://w1.siemens.com>

<http://www.teatechnik.cz>

<http://www.delex.se/toolflex/index.html>

<http://www.bibus.cz>

<http://www.deublin.com>

<http://www.vorwald.de>

<http://www.depatisnet.de>

<http://www.upv.cz>

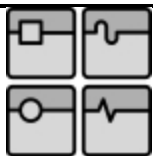
<http://www.uspto.gov>

<http://sensing.honeywell.cz>

## 16 SOUPIS POUŽITÝCH NOREM

Číslo normy	Název normy	Obsah normy
ČSN EN 1088	Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu.	Norma určuje zásady pro konstrukci a volbu – nezávisle na povaze zdroje energie – blokovacích zařízení spojených s ochrannými kryty. Norma také zahrnuje požadavky speciálně určené pro elektrická blokovací zařízení. Norma zahrnuje části ochranných krytů, které působí na blokovací zařízení. Požadavky na ochranné kryty jsou uvedeny v prEN 953. Zpracování signálu od blokovacího zařízení k zastavení a klidu stroje je uvedeno v prEN 954-1.
ČSN EN ISO 4063	Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování	Tato mezinárodní norma stanovuje přehled metod svařování a příbuzných metod a jejich číselné značení. Každá metoda je označena číslem. Tato mezinárodní norma zahrnuje hlavní skupiny metod (jedna číslice), skupiny (dvě číslice) a podskupiny (tři číslice). Číslo jakékoliv metody má maximálně tři číslice. Tento systém je uvažován jako pomůcka pro počítačové zpracování, výkresy, pracovní podklady, stanovení postupů svařování atd.
ČSN ISO 6432	Pneumatika.	Tato mezinárodní norma stanovuje metrické řady montážních rozměrů zajišťujících vyměnitelnost společně používaných pneumatických válců s maximálním pracovním tlakem 1,0 MPa

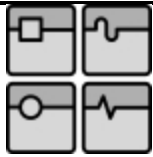
<p>ČSN EN ISO 14555</p>	<p>Svařování – Obloukové přivařování svorníků z kovových materiálů</p>	<p>Tato norma obsahuje způsoby obloukového přivařování svorníků z kovových materiálů vystavených statickému i dynamickému zatížení. Stanovuje požadavky zvláště na přivařování svorníků ve vztahu k odborným technickým znalostem, požadavkům na jakost svařování, specifikaci postupu svařování, schválení postupu svařování, zkouškám svářečů a ke zkoušení vyrobených svarů. Tato norma je vhodná v případě, kdy smlouva mezi zúčastněnými stranami vyžaduje použití normy nebo předepisuje požadavky pro prokázání schopnosti výrobce vyrábět svařované konstrukce stanovené jakosti.</p>
<p>ČSN 02 1010</p>	<p>Výchozí materiál pro šrouby a matice</p>	<p>Tato norma stanoví výchozí materiál pro hromadnou výrobu normalizovaných šroubů a matic v závislosti na požadovaných mechanických vlastnostech hotových výrobků a použité technologii.</p>
<p>ČSN EN ISO 4759-1</p>	<p>Tolerance spojovacích součástí – Část 1: Šrouby a matice – Výrobní třída A, B a C</p>	<p>ČSN EN ISO 4759-1 Tato část ISO 4759 stanoví výběr tolerancí šroubů a matic s metrickým závitem ISO a výrobních tříd A, B a C a šroubů se závitem do plechu výrobní třídy A.</p>



## 17 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

$a$	$[m/s^2]$	Zrychlení
$a$	$[-]$	Konstanta kuličkového ložiska
$A$	$[mm]$	Vzdálenost rolny od zátěžné síly z leva
$b$	$[mm]$	Šířka pera
$B$	$[mm]$	Vzdálenost rolny od zátěžné síly z prava
$C$	$[N]$	Dynamická únosnost
$C_0$	$[N]$	Statická únosnost
$d$	$[mm]$	Průměr konce rozpínací hřídele
$d_0$	$[mm]$	Průměr šroubu
$d_1$	$[mm]$	Průměr hřídele pro ložisko
$d_s$	$[mm]$	Střední průměr kuličkového šroubu
$f_1$	$[-]$	Součinitel tření ve vedení
$f_2$	$[-]$	Součinitel tření v matici kuličkového šroubu
$f_3$	$[-]$	Součinitel tření v ložisku
$F_a$	$[N]$	Vnitřní axiální zatížení na matici
$F_A$	$[N]$	Axiální síla od řezného procesu
$F_E$	$[N]$	Ekvivalentní zatížení
$F_{HŘ}$	$[N]$	Síla působící od hřídele
$F_{HŘ A}$	$[N]$	Radiální síla od hřídele
$F_{HŘ B}$	$[N]$	Radiální síla od hřídele
$f_m$	$[-]$	Vliv jakosti materiálu
$f_n$	$[-]$	Koeficient uložení hřídele
$F_P$	$[N]$	Před. síla v matici kul.šroubu
$F_s$	$[-]$	Faktor použití
$F_{TV}$	$[N]$	Třecí síla ve vedení
$F_{ZR}$	$[N]$	Síla působící od zrychlení
$g$	$[m/s^2]$	Gravitační zrychlení
$G$	$[kg]$	Tíha tělesa (hmotnosti $m$ )
$h$	$[mm]$	Výška pera

i	[-]	Počet chodů
i	[-]	Převodový poměr
j	[-]	Počet ložisek v jednom bloku
$J_M$	[kg m <sup>2</sup> ]	Moment set. všech pos. hmot red. do osy šroubu
$J_{MOT}$	[kg m <sup>2</sup> ]	Moment setrvačnosti motoru
$J_{RHM}$	[kg m <sup>2</sup> ]	Celkový moment setrvačnosti red. na hř. motoru
$J_S$	[kg m <sup>2</sup> ]	Moment setrvačnosti kuličkového šroubu
l	[mm]	Délka šroubu
L	[N]	Zatížení rolen
$L_6$	[mm]	Délka matice
$L_8$	[mm]	Vzdálenost podpor
$L_{HOD}$	[hod]	Trvanlivost
$l_{lož}$	[mm]	Vzdálenost ložisek
$L_M$	[N]	Zatížení na jednu rolnu
$L_{M1}$	[N]	Momentové zatížení na vodící rolny
$m_C$	[kg]	Celková hmotnost pohyblivé části lin. vedení
$M_F$	[Nm]	Pasivní moment od řezné síly
$M_G$	[Nm]	Moment zátěže od třecích sil ve vedení
$M_G^D$	[Nm]	Moment pasivního odporu ve vedení při rozběhu
$M_{GT}$	[Nm]	Moment od tíhové složky při skloněném vedení
$M_{GT}^D$	[Nm]	Tíhový moment zátěže
$m_{HŘ}$	[kg]	Hmotnost hřídele
$M_K$	[Nm]	Kroutící moment
$m_{KM}$	[kg]	Hmotnost kuličkové matice
$M_{KSM}$	[Nm]	Moment pasivního odporu v kuličkovém šroubu
$M_{KSM}^D$	[Nm]	Moment pasivního odporu matice a kul. šr. při rozběhu
$M_L$	[Nm]	Moment od pasivních odporů v ložiskách
$M_M$	[Nm]	Moment motoru
$M_M^D$	[Nm]	Moment motoru
$m_{ŘÚ}$	[kg]	Hmotnost řezacího ustrojí
$m_{UK}$	[kg]	Hmotnost upínací kostky
$M_{ZRHM}$	[Nm]	Moment zátěže redukováný na hřídel motoru







## DIPLOMOVÁ PRÁCE

$n_{kr}$	[ot/min]	Kritické otáčky kuličkového šroubu
$n_{max}$	[ot/min]	Maximální otáčky kuličkového šroubu
$n_{pos}$	[ot/min]	Otáčky kuličkového šroubu při maximálním posuvu
$p$	[MPa]	Vypočítaný tlak
$p_D$	[MPa]	Dovolený tlak
$r_s$	[mm]	Střední poloměr kuličkového šroubu
$S$	[mm]	Stoupání
$t$	[mm]	Výška drážky v hřídeli
$t_l$	[mm]	Výška drážky v náboji
$t_B$	[s]	Čas běhu
$t_C$	[s]	Celkový čas přejetí celé délky lin. vedení
$t_R$	[s]	Čas rozběhu
$t_Z$	[s]	Čas zpoždění
$v$	[m/min]	Rychlost posuvu
$X$	[-]	Součinitel zatížení ložiska
$X_t$	[-]	Podíl celkového času
$Y$	[-]	Součinitel zatížení ložiska
$\alpha$	[°]	Sklon
$\varepsilon$	[rad/s <sup>2</sup> ]	Úhlové zrychlení motoru
$\varepsilon_s$	[rad/s <sup>2</sup> ]	Úhlové zrychlení šroubu
$\eta_C$	[-]	Celková účinnost
$\eta_L$	[-]	Účinnost ložisek
$\eta_P$	[-]	Účinnost převodovky
$\eta_S$	[-]	Účinnost šroubu
$\eta_V$	[-]	Účinnost vedení
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Hustota

## 18 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Předběžný návrh vzhledu stroje.....	12
Obrázek 2. Řezací stroj firmy Pultrex .....	14
Obrázek 3. Řezací stroj firmy Strongwell.....	14
Obrázek 4. Lineární motor .....	16
Obrázek 5. Šnek a šnekový hřeben.....	16
Obrázek 6. Pastorek a hřeben.....	17
Obrázek 7. Kuličkový šroub a matice .....	17
Obrázek 8. První varianta.....	18
Obrázek 9. Druhá varianta.....	18
Obrázek 10. Válcová matice s přírubou .....	19
Obrázek 11. Kuličkový šroub .....	20
Obrázek 12. Radiální ložiskové pouzdro 1 .....	21
Obrázek 13. Radiální ložiskové pouzdro 2 .....	22
Obrázek 14. Upínací kostka .....	23
Obrázek 15. Komplet rolen .....	24
Obrázek 16. Rozměry rolny .....	24
Obrázek 17. Označení rozměrů čepů.....	25
Obrázek 18. Vodící kolejnice.....	26
Obrázek 19. Označení rozměrů kolejnice .....	26
Obrázek 20. Ukázka servomotoru.....	28
Obrázek 21. Ukázka svěrné spojky.....	29
Obrázek 22. Ukázka elektropřevodovky .....	30
Obrázek 23. Ukázka a parametry frekvenčního měniče.....	31
Obrázek 24. Rozměry frekvenčního měniče.....	31
Obrázek 25. Pneumatická rozpínací hřídel.....	32
Obrázek 26. Rotační přívod vzduchu .....	33
Obrázek 27. Pilový list .....	34
Obrázek 28. Tlačná plynová pružina .....	35
Obrázek 29. Koncový spínač .....	36
Obrázek 30. Rám stroje .....	37
Obrázek 31. Výpočtový model rolen .....	41

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Obrázek 32. Výpočtový model pro návrh servomotoru .....	42
Obrázek 33. Označení rozměrů hřídele a pera .....	47
Obrázek 34. Celkový pohled na stroj.....	55
Obrázek 35. celkový pohled na stroj.....	56

## 19 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Rozměry nepředepnuté válcové matice s přírubou.....	19
Tabulka 2. Rozměry prvního radiálního ložiskového pouzdra.....	21
Tabulka 3. Rozměry druhého radiálního ložiskového pouzdra .....	22
Tabulka 4. Rozměry upínací kostky přírubové matice.....	23
Tabulka 5. Rozměrové údaje rolen .....	24
Tabulka 6. Rozměrové údaje čepů.....	25
Tabulka 7. Rozměrové údaje vodící kolejnice.....	26
Tabulka 8. Technické údaje servomotoru .....	28
Tabulka 9. Rozměrové údaje svěrné spojky.....	29
Tabulka 10. Údaje elektropřevodovky .....	30

## 20 SEZNAM PŘÍLOH

**Výkresy:** 08-A0-OS-1000  
08-A2-OS-1001  
08-A2-OS-1002-001  
08-A2-OS-1000-001

**Kusovníky:** K-08-A4-OS-1000 (list 1)  
K-08-A4-OS-1000 (list 2)  
K-08-A4-OS-1000 (list 3)  
K-08-A4-OS-1000 (list 4)  
K-08-A4-OS-1000 (list 5)

**Protokol o stanovení a omezení rizikovosti:**

**CD-ROM:**

Digitální podoba diplomové práce