

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
Ústav automobilního a dopravního
inženýrství

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
Institute of Automotive Engineering

Stohovací zařízení

Stacking machine

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VOJTĚCH KOPECKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá vývojem stohovacího zařízení, které je součástí dopravní linky německého výrobce kompresorů.

Obsahuje nejen samotnou konstrukční, ale i její výpočtovou část. Cílem je zajistit maximální spokojenost uživatele.

Annotation

This thesis deal with a construction development Stacking machine which contains conveyor line German's producer of blower machines.

The description not includes only design but also computational part. My tendency is satisfy users in a maximum way.

Klíčová slova: Stohovací zařízení, rám, válečkový dopravník, vývoj

Klíčová slova-anglicky: Stacking machine, frame, roller conveyor, development

Bibliografická citace mé práce:

KOPECKÝ, V. *Stohovací zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce pana Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a Ing. Petra Korečka a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 23.05.2008

Vojtěch Kopecký
podpis

Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Maláškoví, Ph.D., a také konzultantovi ve firmě TMT Chrudim s.r.o panu Ing. Petru Korečkovi. Dále chci poděkovat svým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

Obsah:

Seznam použitých symbolů

1. Úvod.....	7
1.1 Použití daného zařízení v dané oblasti	7
2. Přehled stávajících systémů	8
2.1 První varianta možného řešení	8
2.2 Druhá varianta možného řešení.....	9
2.3 Schéma stohovacího zařízení	10
2.4 Popis jednotlivých částí stroje.....	11
3. Výpočty	15
3.1 Výpočet a návrh nosné packy.....	15
3.2 Výpočet a návrh čepu packy	16
3.3 Výpočet a návrh pohyblivého rámu	16
3.4 Výpočet a návrh nosného rámu.....	18
3.4.1 Kontrola průhybu na pohyblivém rámu	18
3.4.2 Zkroucení tyče pohyblivého rámu.....	22
3.4.3 Kontrola svaru pohybového rámu	22
3.4.4 Kontrola na otlačení v závitech noh stroje	23
3.4.5 Kontrola na tah držáku pístu	23
4. Závěr.....	24
5. Seznam příloh.....	25
6. Seznam použitých symbolů.....	26
7. Seznam použité literatury	27
7.1 Internetové odkazy	27

1 Úvod

1.1 Použití daného zařízení v dané oblasti

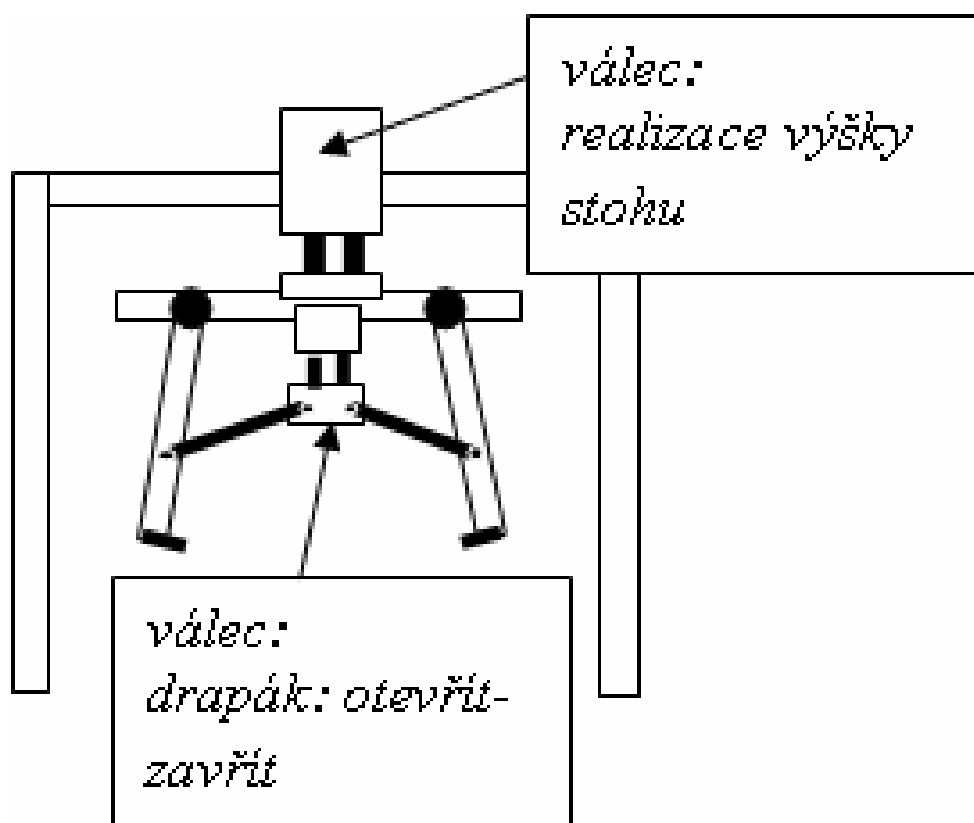
Stohovací zařízení je jeden z mnoha strojů na dopravní lince. Zařízení je umístěno na válečkovém dopravníku po kterém se pohybují rámy se součástkami kompresorů.

Rám, který přijede po dopravníku stroj sám zastaví, srovná, poté jej zvedne a počká na druhý. Ten opět zastaví, srovná a na něj položí první rám. Takto srovnané rámy putují dál po lince a tento proces se neustále opakuje.

2 Použití daného zařízení v dané oblasti

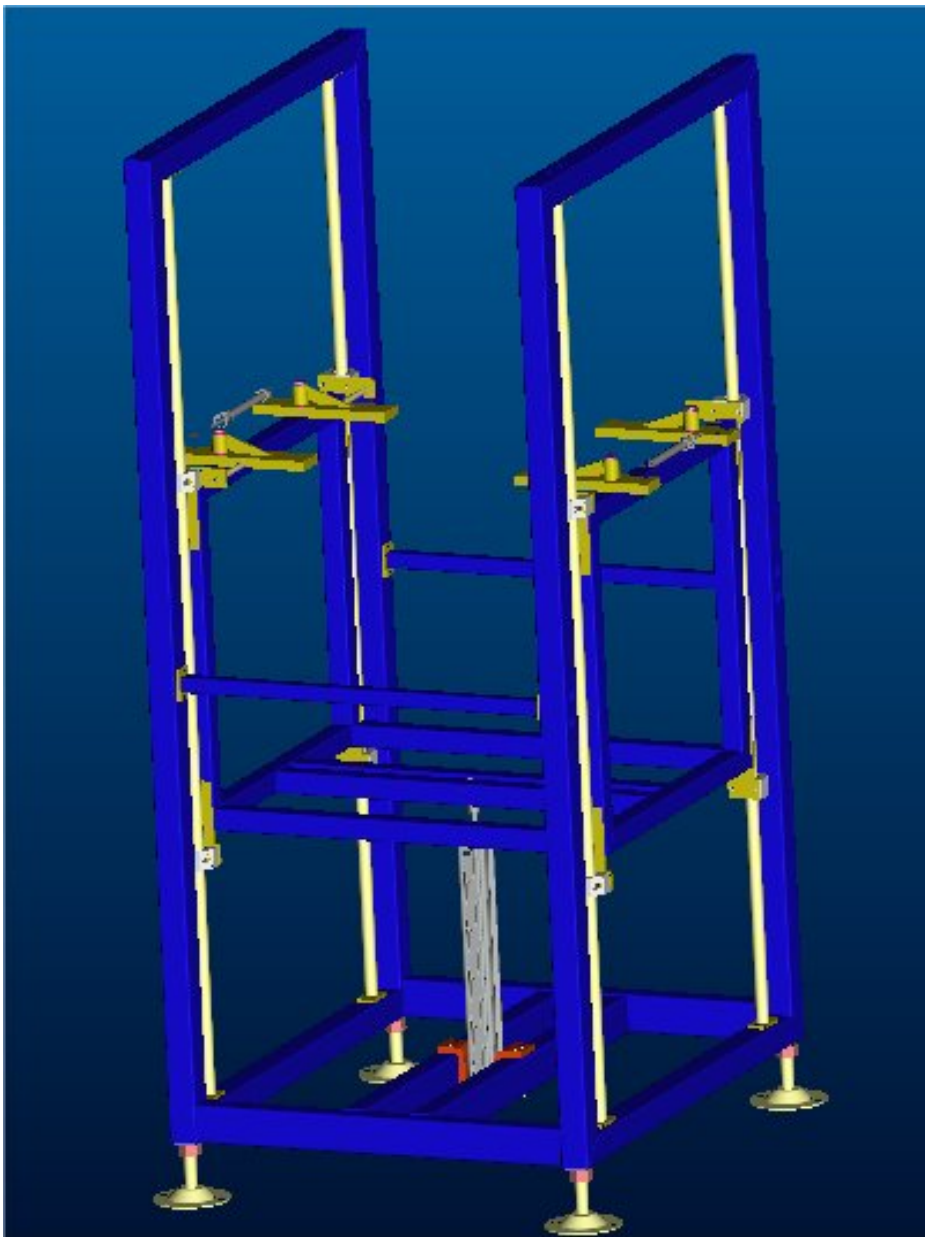
Stohovací zařízení slouží k stohování ocelových ráků se součástkami kompresorů. Do stroje jsou dopravovány ráky po gravitačním válečkovém dopravníku. Pohyby stroje jsou realizovány prostřednictvím pneumatických válců. Abychom zabránili nadměrnému opotřebení pohyblivých součástí používáme ložiska. Na čepech pacek jsou použity bez údržbová kluzná ložiska společnosti Sankyo Oil a na pohyblivém rámu, který vykonává přímočarý vratný pohyb jsou použity lineární kuličková ložiska a vodící tyče společnosti SKF.

2.1 První varianta možného řešení



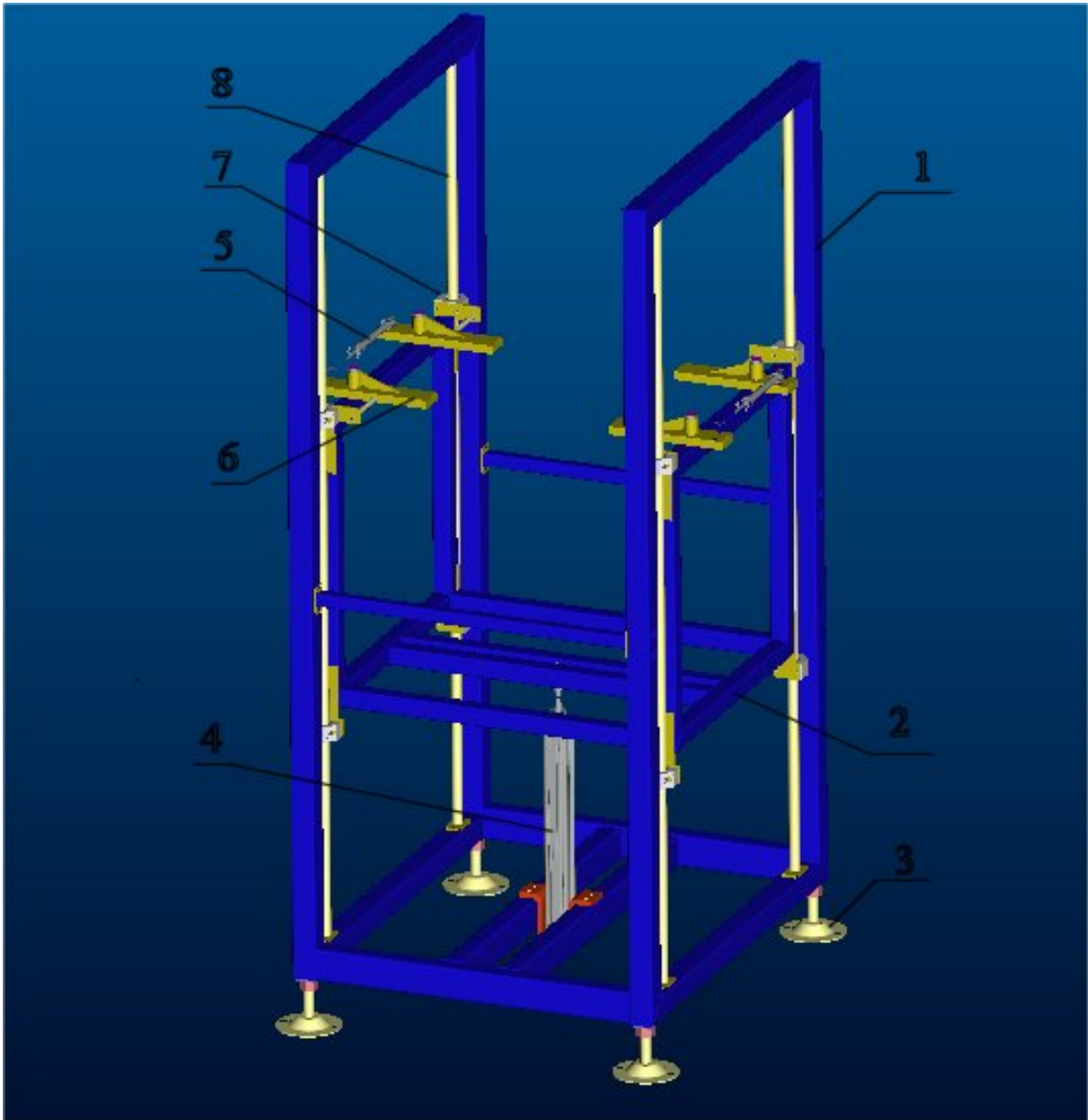
Tato varianta představuje jakési kleště, které zachytí rám. Jsou ovládány pneumatickým válcem (zdvih do 100mm). Tyto kleště i s rámem zvedá jiný pneumatický píst, který musí mít zdvih více než 300mm. Nevýhodou tohoto řešení je nízká pevnost.

2.2 Druhá varianta možného řešení



Druhé konstrukční řešení má čtyři packy, které jsou umístěny na pohyblivém rámu z nichž vždy dvě jsou ovládané pneumatickým válcem, který má zdvih 100mm. Tyto packy uchopují rámy. Realizaci vertikálního pohybu vykonává píst se zdvihem 320mm. Výhodou této konstrukce je vyšší pevnost.

2.3 Schéma stohovacího zařízení



Legenda:

- 1) Statický rám
- 2) Pohyblivý rám
- 3) Patka
- 4) Hlavní pneumatický válec
- 5) Vedlejší pneumatické válce (2 kusy)
- 6) Packy
- 7) Kuličková lineární ložiska (8 kusů)
- 8) Vodící tyče (4 kusy)

2.4 Popis jednotlivých částí stroje

Statický rám:

Statický rám je vyroben z tyčí čtvercového průřezu z materiálu se zaručenou svařitelností. Má za úkol bezproblémově přenést veškerá silová zatížení působící na stroj.

Pohyblivý rám:

Je vyroben z tyčí čtvercového průřezu z materiálu se zaručenou svařitelností. Pohyblivý rám musí přenést síly od břemene a od hlavního pneumatického válce.

Patka:

Patka je součást, která nese celý stroj a pevně jej spojuje s podložkou. Výrobce je TMT Chrudim s.r.o..

Hlavní pneumatický válec:

Pohybuje s pohyblivým rámem. Jedná se o typ DNCB 32x320 PPV-A společnosti Festo. Z toho vyplývá průměr pístnice 32mm a zdvih 320mm s nastavitelným tlumením na obou stranách. Pneumatický válec pracuje s pracovním tlakem 0,6 bar.

Vedlejší pneumatické válce:

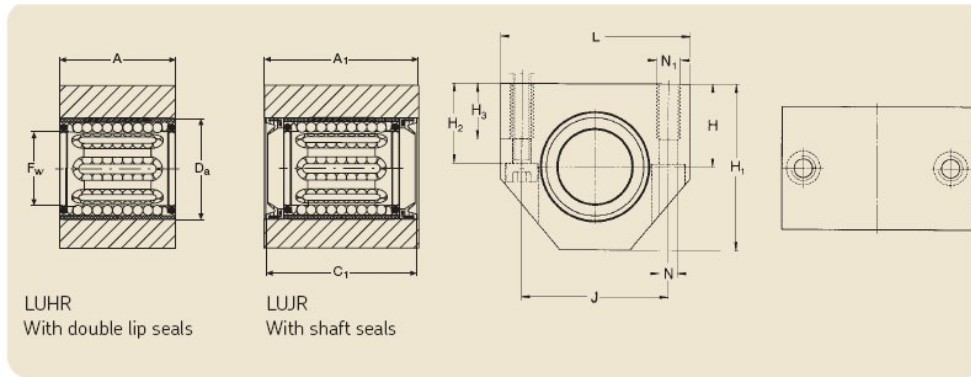
Vedlejší pneumatické válce pohybují packami. Označení výrobce Festa je DSNU-12-100-P-A. Jedná se o pneumatický válec pracující s pracovním tlakem 0,6bar. Průměr pístnice 12mm a zdvih 100mm. Pneumatický válec nemá tlumení.

Packy:

Jedná se o svařenec ocelových pásů plechu a ocelové bezešvé trubky. Patka je nosný prvek břemen. V trubce jsou vloženy bez údržbová kluzná ložiska společnosti Sankyo Oil s označením bm1510 a bm1512.

Kuličková lineární ložiska:

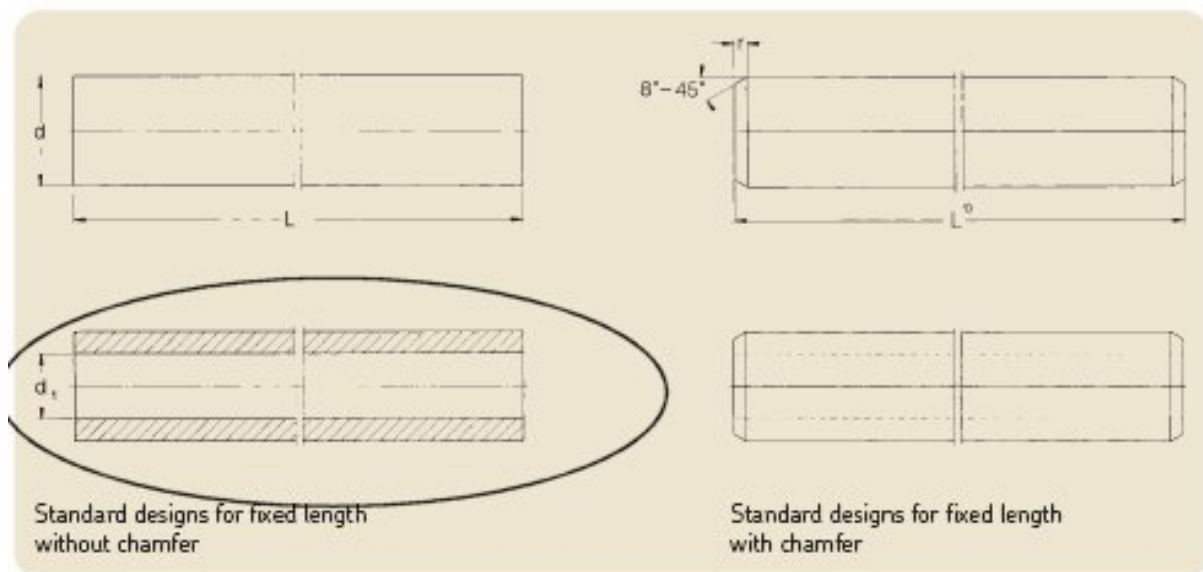
Mají za úkol snížit odpory pohyblivého rámu při přímočarém vratném pohybu. Požity byli LUHR 20 od společnosti SKF.



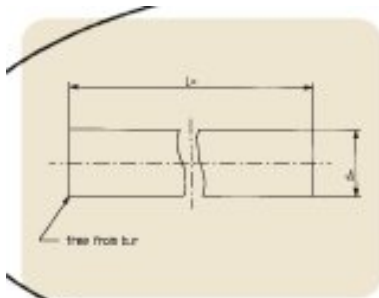
Dimensions														Basic load ratings		Mass		Designations		
F_w	A	A_1	C_1	D_a	H <small>$\pm 0,01$</small>	H_1	H_2	H_3	L	J	N^1	N_2^{21}	dyn. C	stat. C_0	Design LUHR LUJR	Linear bearing unit without seal	with double lip seal	with shaft seals		
mm														N		kg				
12	28	35	34	19	17	33	16	11	40	29	4,3	M 5	695	510	0,08	0,10	LUHR 12	LUHR 12-2LS	LUJR 12	
16	30	37	36	24	19	38	18	11	45	34	4,3	M 5	930	630	0,10	0,12	LUHR 16	LUHR 16-2LS	LUJR 16	
20	30	39	38	28	23	45	22	13	53	40	5,3	M 6	1 160	800	0,14	0,18	LUHR 20	LUHR 20-2LS	LUJR 20	
25	40	49	48	35	27	54	26	18	62	48	6,6	M 8	2 120	1 560	0,25	0,30	LUHR 25	LUHR 25-2LS	LUJR 25	
30	50	59	58	40	30	60	29	18	67	53	6,6	M 8	3 150	2 700	0,37	0,44	LUHR 30	LUHR 30-2LS	LUJR 30	
40	60	71	70	52	39	76	38	22	87	69	8,4	M 10	5 500	4 500	0,74	0,86	LUHR 40	LUHR 40-2LS	LUJR 40	
50	70	81	80	62	47	92	46	26	103	82	10,5	M 12	6 950	6 300	1,19	1,37	LUHR 50	LUHR 50-2LS	LUJR 50	

Vodící tyče:

Vodící tyče si vyžádala Lineární kluzná ložiska. Objednávací kód výrobce SKF je LJT 20x1500 ESSC1. Tyč jsem volil dutou pro snížení hmotnosti celého stroje a zakončení typu ESSC1 pro snížení nákladů.

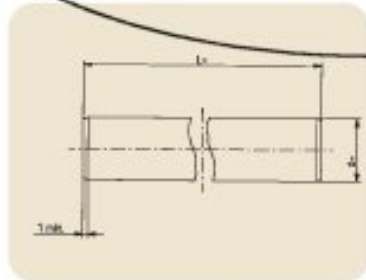


Dimension			Mass		Moment of inertia		Cross sectional area		Designations				
d	d ₁	T _{min}	Solid shaft	Hollow shaft	Solid shaft	Hollow shaft	Solid shaft	Hollow shaft	Solid shafts of precision steel	Solid shafts of stainless steel X90CrMoV18 X46Cr13	Solid shafts with high grade steel hard chromium plated	Hollow shaft high grade steel	
			kg/m	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	mm ²	mm ²					
3	—	0,4	0,06	—	0,0004	—	7,1	—		LJM 3			
4	—	0,4	0,1	—	0,0013	—	12,6	—		LJM 4			
5	—	0,8	0,15	—	0,0031	—	19,6	—	LJM 5	LJM 5	LJM 5	LJM 5	
6	—	0,8	0,22	—	0,0064	—	28,3	—	LJM 6	LJM 6	LJM 6	LJM 6	
8	—	0,8	0,39	—	0,020	—	50,3	—	LJM 8	LJM 8	LJM 8	LJM 8	
10	—	0,8	0,62	—	0,049	—	78,5	—	LJM 10	LJM 10	LJM 10	LJM 10	
12	4	1	0,89	0,79	0,102	—	113	—	LJM 12	LJM 12	LJM 12	LJM 12	LJT 12
14	—	1	1,21	—	0,189	—	154	—	LJM 14	LJM 14	LJM 14	LJM 14	
16	7	1	1,58	1,28	0,322	0,310	201	163	LJM 16	LJM 16	LJM 16	LJM 16	LJT 16
20	14	1,5	2,47	1,25	0,785	0,597	314	160	LJM 20	LJM 20	LJM 20	LJM 20	LJT 20
25	16	1,5	3,86	2,35	1,92	1,64	491	305	LJM 25	LJM 25	LJM 25	LJM 25	LJT 25
30	18	1,5	5,55	3,5	3,98	3,46	707	453	LJM 30	LJM 30	LJM 30	LJM 30	LJT 30
40	28	2	9,86	4,99	12,6	9,96	1 260	685	LJM 40	LJM 40	LJM 40	LJM 40	LJT 40
50	30	2	15,4	9,91	30,7	27,7	1 960	1 350	LJM 50	LJM 50	LJM 50	LJM 50	LJT 50
60	36	2,5	22,2	14,2	63,6	57,1	2 830	1 920	LJM 60	LJM 60	LJM 60	LJM 60	LJT 60
80	57	2,5	39,5	19,43	201	153	5 030	2 565	LJM 80		LJM 80	LJM 80	LJT 80



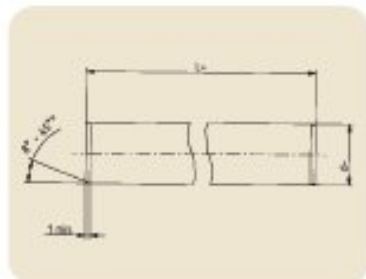
ESSC 1

- cut with no chamfer only deburr
- length tolerance according to ISO 2768 medium class (see page 53)



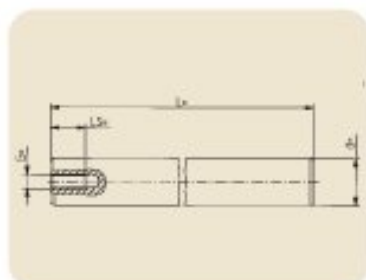
ESSC 2

- cut with chamfer
- length tolerance as ESSC 1



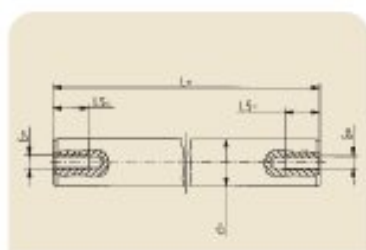
ESSC 3

- cut with machined 25° chamfer and 90° front surfaces for limited length tolerance or chamfer according to customer specification
- length tolerance +/- 0,1 mm up to 3 000 mm total length



ESSC 4

- cut with machined 25° chamfer, 90° front surfaces and one axial hole
- length tolerance as ESSC 3



ESSC 5

- as ESSC 4 with two axial holes

Dimensions of front side thread (ESSC 4 & ESSC 5)

Ø (d)	Thread (G)	Depth (L5)
5	-	-
8	M4	10
10	M4	10
12	M5	12,5
14	M5	12,5
16	M6	15
20	M8	20
25	M10	25
30	M10	25
40	M12	30
50	M16	40
60	M20	50
80	M24	60

3 Výpočty

3.1 Výpočet a návrh nosné packy

Provozní zatížení:

$$F_B = m_B \cdot g \quad (1)$$

$$F_B = 15.9,81 = 147,15$$

$$\underline{F_B = 147,15N}$$

Zatížení na jednu packu:

$$F_{PAC} = \frac{m_B}{4} \quad (2)$$

$$F_{PAC} = \frac{147,15}{4} = 36,8$$

$$\underline{F_{PAC} = 36,8N}$$

Rozměry packy:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \cdot k \leq \sigma_{DO} \quad (3)$$

$$\sigma_o = \frac{F_{PAC} \cdot 0,015 \cdot a}{\frac{b \cdot h^2}{6}} \cdot k$$

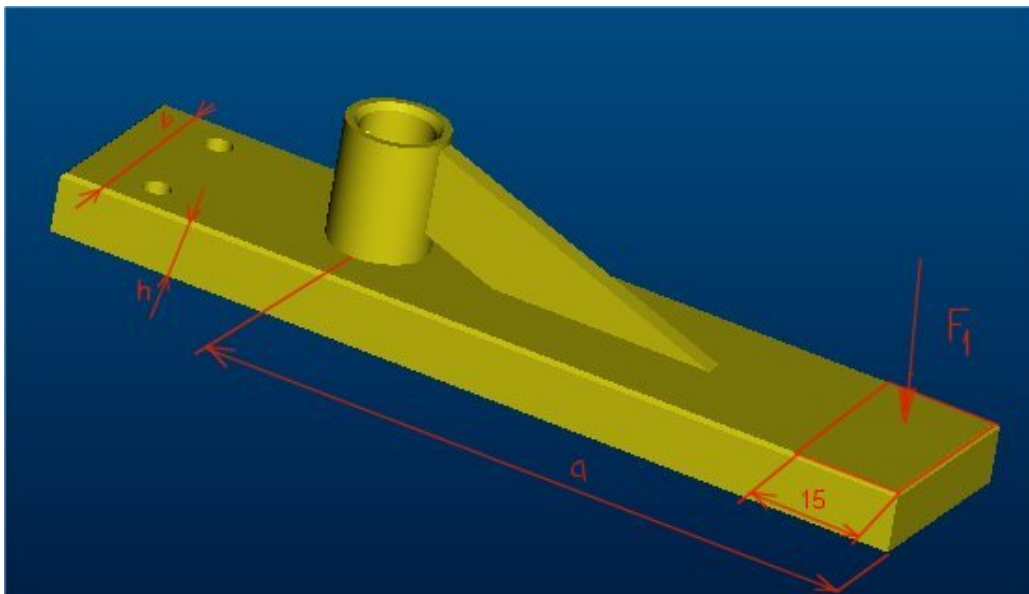
$$\sigma_o = \frac{6 \cdot F_{PAC} \cdot 0,015 \cdot a}{b \cdot h^2} \cdot k$$

a=150mm, b=50mm, h=15mm...volím

$$\sigma_o = \frac{6 \cdot 36,8 \cdot 0,015 \cdot 0,15}{0,05 \cdot 0,015^2} \cdot 0,5 = 220800$$

$$\sigma_o = \underline{0,22MPa} \leq 70MPa \dots \text{vyhovuje}$$

Dle literatury [1] $\sigma_{DO} = 70MPa$ viz str.52



3.2 Výpočet a návrh čepu packy

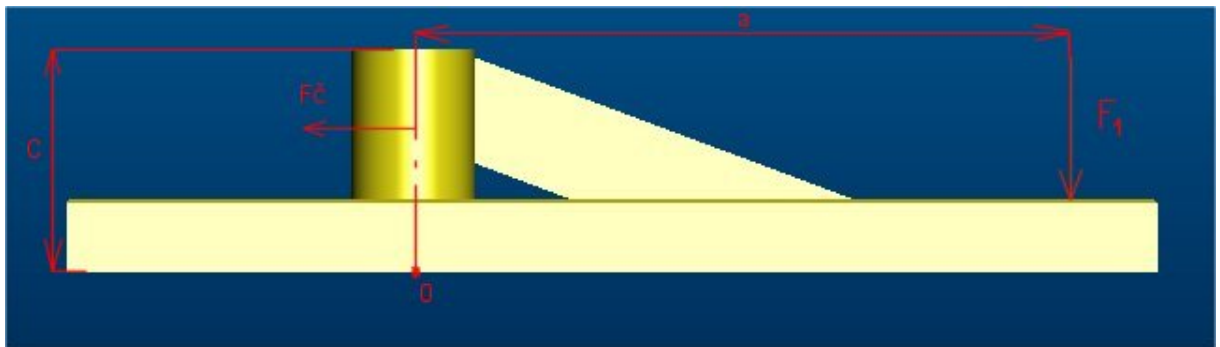
$$\Sigma M_i = 0$$

$$F_{PAC} \cdot \left(a - \frac{0,015}{2} \right) \cdot k = F_{\dot{c}} \cdot \left(\frac{c}{2} \right)$$

$$F_{\dot{c}} = \frac{2 \cdot F_{PAC} \cdot 0,015 \cdot \left(a - \frac{0,015}{2} \right)}{0,045} \cdot k$$

$$F_{\dot{c}} = \frac{2 \cdot 36,8 \cdot 0,015 \cdot \left(0,15 - \frac{0,015}{2} \right)}{0,045} \cdot 5 = 17,48$$

$$\underline{F_{\dot{c}} = 17,5N}$$



Kontrola na otláčení čepu:

$$p = \frac{F_{\dot{c}}}{S} \leq p_D$$

$$p = \frac{17,5}{0,045 \cdot 0,015} = 25896,3$$

$$\underline{p = 0,025896MPa \leq 110MPa \dots \text{vyhovuje}}$$

Dle literatury [1] $p_D = 70MPa$ viz str.52

průměr čepu $D_{\dot{c}} = 15mm$

3.3 Čep v pohyblivém rámu:

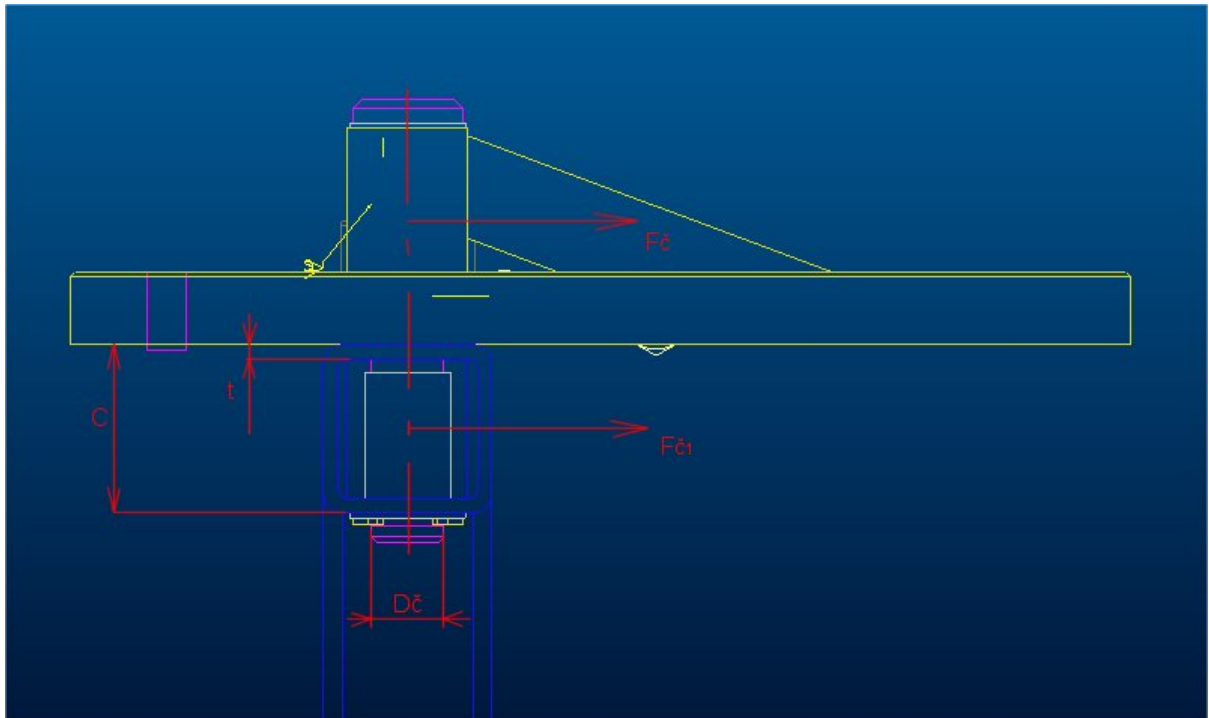
$$\Sigma M_i = 0$$

$$F_{\dot{c}} \cdot \frac{c}{2} \cdot k = F_{\dot{c}1} \cdot \frac{D_{\dot{c}}}{2}$$

$$F_{\dot{c}1} = \frac{F_{\dot{c}} \cdot c}{D_{\dot{c}}} \cdot k$$

$$F_{\dot{c}1} = \frac{17,5 \cdot 0,045}{0,035} \cdot 5 = 112,5$$

$$\underline{F_{\dot{c}1} = 112,5N}$$



Kontrola na otláčení pohyblivého rámu:

$$p = \frac{F_{\check{c}1}}{2 \cdot t \cdot \pi \cdot D_{\check{c}}} \leq p_D \quad (7)$$

$$p = \frac{112,5}{2 \cdot 0,003 \cdot \pi \cdot 0,015} = 397887,36$$

$$p = 0,4 \text{ MPa} \leq 70 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Dle literatury [1] $p_D = 70 \text{ MPa}$ viz str.52

Kontrola na otláčení nosného rámu:

$$p = \frac{F_{PIST}}{4,3 \cdot \pi \cdot d_{\check{c}P} \cdot \frac{2}{2}} \leq p_D \quad (8)$$

$$p = \frac{281,39}{4,3 \cdot \pi \cdot 0,01 \cdot \frac{2}{2}} = 1492,8$$

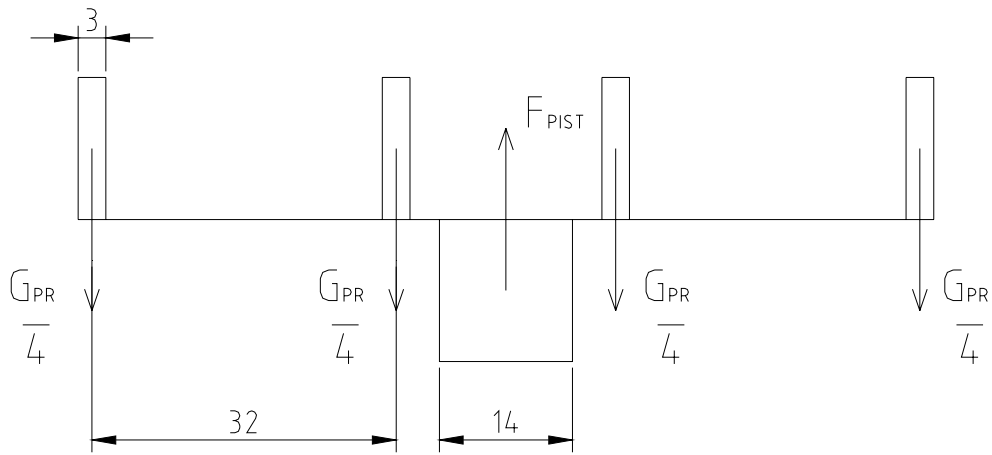
$$F_{PIST} = G_{PR} = m_{PR} \cdot g = 28,684 \cdot 9,81 = \underline{281,39 \text{ N}}$$

$$d_{\check{c}P} = 10 \text{ mm} = \underline{0,01 \text{ m}}$$

$$p = 0,0015 \text{ MPa} \leq 70 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Dle literatury [1] $p_D = 70 \text{ MPa}$ viz str.52

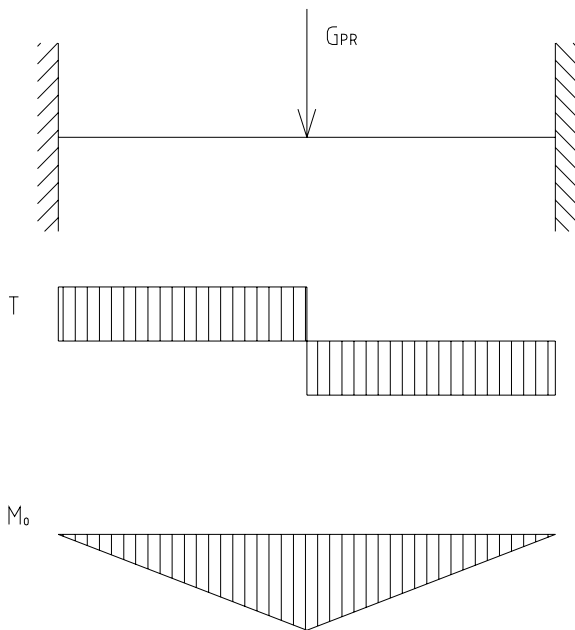
Pozn.: Kontrola na otláčení se neprovádí z důvodu, kvalitnějšího materiálu čepu a skutečnosti, že síly působící na větší ploše.



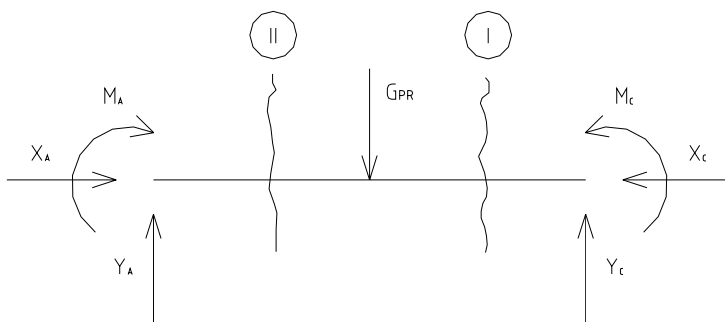
3.4 Výpočet a návrh pohyblivého rámu

3.4.1 Kontrola průhybu na pohyblivém rámu

Průběh VVÚ:



Úplné uvolnění:

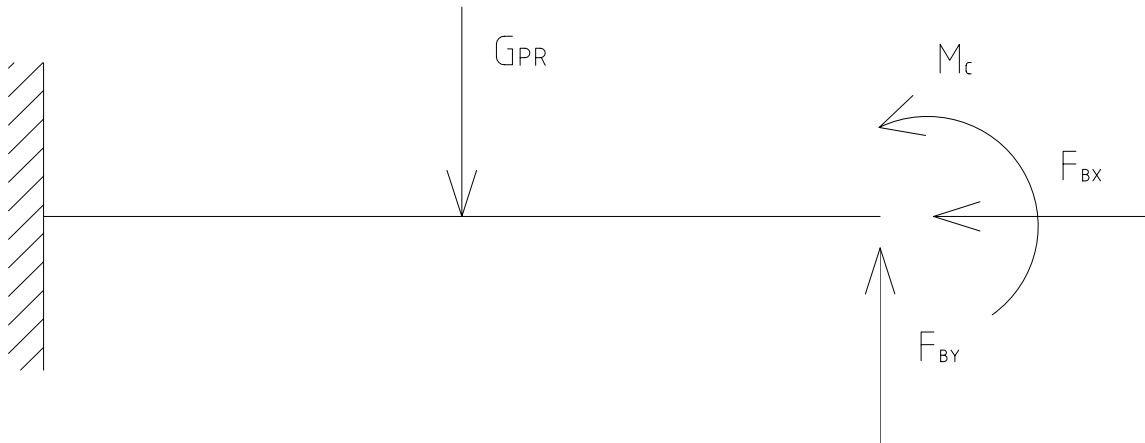


$$\sum F_{iy} = 0$$

$$Y_A + Y_C = G_{PR} \rightarrow Y_A = Y_C \Rightarrow 2Y_A = G_{PR}$$

$$Y_A = \frac{G_{PR}}{2}$$

Částečné uvolnění:



Statický rozbor:

$$\mu = 3$$

$$\nu = 3$$

$$s = \mu - \nu = 3 - 3 = \underline{0}$$

Vazbové síly:

$$\sum F_X : F_{AX} - F_{BX} = 0 \Rightarrow F_{AX} = F_{BX}$$

$$\sum F_Y : F_{AY} + F_{BY} - G_{PR} = 0 \Rightarrow F_{AY} = G_{PR} - F_{BY}$$

$$F_{BY} = \frac{G_{PR} \cdot l}{2 \cdot l}$$

$$F_{AY} = G_{PR} - \left(\frac{G_{PR} \cdot l}{2 \cdot l} \right)$$

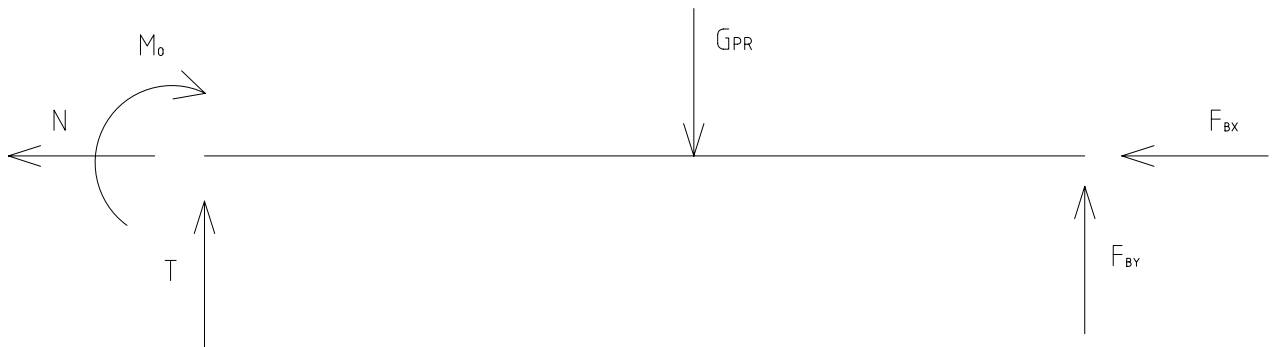
Metoda řezu:

① $x \in \langle 0; l \rangle$



$$\begin{aligned} N &= -F_{BX} \\ T &= -F_{BY} \\ M_0 &= -F_{B \cdot x} \end{aligned}$$

② $x \in \langle 0; l \rangle$



$$\begin{aligned} N &= -F_{BX} \\ T &= -F_{BY} + G_{PR} \\ M_0 &= G_{PR} \cdot x - F_{BY} \cdot (x+l) \end{aligned}$$

Kvadratický moment průřezu:

$$J_y = \frac{D^3 E - d^3 e}{12} = \frac{0,035^3 \cdot 0,035 - 0,029^3 \cdot 0,029}{12} = \underline{6,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4}$$

Výpočet F_{BY} :

$$w_B = \frac{\partial w_{M_0}}{\partial F_{BY}} = 0$$

(9)

$$w_B = \frac{1}{E \cdot 2 \cdot J_y} \left[\int_0^l (-F_{BY} \cdot x)(-x) dx + \int_0^l (G_{PR} \cdot x - F_{BY} \cdot (x+l))(-x-l) dx \right] =$$

$$= \frac{1}{E \cdot 2 \cdot J_y} \left[\int_0^l F_{BY} \cdot x^2 dx + \int_0^l -G_{PR} x^2 - G_{PR} xl + F_{BY} x^2 + 2F_{BY} lx + F_{BY} l^2 dx \right] =$$

$$= \frac{1}{E \cdot 2 \cdot J_y} \left[(F_{BY} l^3) + \left(-G_{PR} \frac{l^3}{3} - G_{PR} \frac{l^3}{2} + F_{BY} \frac{l^3}{3} + 2F_{BY} \frac{l^3}{2} + F_{BY} \frac{l^3}{3} \right) \right] \rightarrow F_{BY}$$

$$F_{BY} l^3 + F_{BY} \frac{l^3}{3} + 2F_{BY} \frac{l^3}{3} + F_{BY} \frac{l^3}{3} = G_{PR} \frac{l^3}{3} + G_{PR} \frac{l^3}{2}$$

$$F_{BY} \left(l^3 + \frac{l^3}{3} + 2\frac{l^3}{3} + \frac{l^3}{3} \right) = G_{PR} \frac{l^3}{3} + G_{PR} \frac{l^3}{2}$$

$$F_{BY} = \frac{G_{PR} \frac{l^3}{3} + G_{PR} \frac{l^3}{2}}{l^3 + \frac{l^3}{3} + 2\frac{l^3}{3} + \frac{l^3}{3}} = \frac{281,39 \frac{0,615^3}{3} + 281,39 \frac{0,615^3}{2}}{0,615^3 + \frac{0,615^3}{3} + 2 \cdot \frac{0,615^3}{3} + \frac{0,615^3}{3}} = 101$$

$$\underline{F_{BY} = 101N}$$

=

$$= \frac{1}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,6 \cdot 6,10^{-8}} \left[\frac{281,39 \cdot 0,615^3}{12} + \frac{281,39 \cdot 0,615^3}{2} - \frac{281,39 \cdot 0,615^3}{6} - \frac{281,39 \cdot 0,615^3 + \frac{281,39 \cdot 0,615^3}{3}}{2} - \frac{2 \cdot 281,39 \cdot 0,615^2 + \frac{281,39 \cdot 0,615^2}{2}}{2} \right] =$$

$$= \frac{1}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,6 \cdot 6,10^{-8}} \cdot (-83,94) = 3 \cdot 10^{-3} m = \underline{3mm}$$

Výpočet průhybu:

$$w_C = \frac{\partial w_{M_0}}{\partial G_{PR}} \tag{10}$$

$$w_C = \frac{1}{E \cdot 2 \cdot J_y} \left[\int_0^l (-F_{BY} \cdot x) \cdot 0 dx + \int_0^l (G_{PR} \cdot x - F_{BY} \cdot (x+l)) \cdot x dx \right] =$$

$$= \frac{1}{E \cdot 2 \cdot J_y} \left[\int_0^l (G_{PR} \cdot x^2 - F_{BY} \cdot x^2 - F_{BY} lx) dx \right] = \frac{1}{E \cdot 2 \cdot J_y} \left(G_{PR} \cdot \frac{l^3}{3} - F_{BY} \cdot \frac{l^3}{3} - F_{BY} \cdot \frac{l^3}{2} \right) =$$

$$= \frac{1}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,6 \cdot 6,10^{-8}} \left(281,39 \cdot \frac{0,615^3}{3} - 101 \cdot \frac{0,615^3}{3} - 101 \cdot \frac{0,615^3}{2} \right) = 9 \cdot 10^{-5}$$

$$\underline{w_C = 0,09mm}$$

Kontrolní výpočet průhybu:

$$v_C = \frac{G_{PR} l^3}{192 \cdot E \cdot J_y} \quad (11)$$

$$v_C = \frac{281,39 \cdot 0,615^3}{192 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,6 \cdot 6 \cdot 10^{-8}} = 1,2 \cdot 10^{-5}$$

$$\underline{v_C = 0,01mm}$$

Dle literatury [1] Vzorec pro v_C .

Pozn.: $w_C - v_C = 0,09 - 0,01 = \underline{0,08mm}$...malý rozdíl výsledků → výpočet je správně.

Maximální napětí:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{O_{\max}}}{W_O} \leq \sigma_{DO} \quad (12)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{G_{PR} \cdot l}{\frac{D^3 E - d^3 e}{6D}}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{6,035 \cdot 281,39 \cdot 0,615}{0,035^3 \cdot 0,035 - 0,029^3 \cdot 0,029} = 45808020,86$$

$$\underline{\underline{\sigma_{\max} = 45MPa \leq 70MPa \dots \text{vyhovuje}}}$$

Dle literatury [1] $\sigma_{DO} = 70MPa$ viz str.52

Bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti:

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma_{\max}} \quad (13)$$

$$k = \frac{70}{45} = \underline{1,5}$$

Dle literatury [3] Postup výpočtu průhybu.

3.4.2 Zkroucení tyče pohyblivého rámu

$$\hat{\varphi} = \frac{M_K \cdot l}{G \cdot I_p} \quad (14)$$

$$\hat{\varphi} = \frac{G_{PR} \cdot l^2}{\frac{3}{8} \cdot E \cdot I_p}$$

$$\hat{\varphi} = \frac{8 \cdot 281,39 \cdot 0,615^2}{3,2 \cdot 1 \cdot 10^{11} \cdot 9,17 \cdot 10^{-8}} = 0,0147$$

$$\underline{\underline{\hat{\varphi} = 0,015rad}}$$

Dle literatury [4] $I_p = 9,17cm^4$

3.4.3 Kontrola svaru pohybového rámu

$$\tau_{\perp} = \frac{M_O}{W_{OSV}} = \frac{3M_O}{a \cdot l^2} \leq \alpha_{\perp} \frac{\sigma_D}{n} \quad n=(1,5 \text{ až } 3) \dots \text{volím } n=2 \quad (15)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{3 \cdot G_{PR} \cdot l}{a' \cdot (D - 2 \cdot a')}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{3 \cdot 281,39 \cdot 0,615}{0,003 \cdot (0,035 - 2 \cdot 0,003)} = 5967408,6$$

$\alpha_{\perp} = 0,9 \dots$ pro elektrodu E 44,83

$$\tau_{\perp} = 6 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{70}{2}$$

$$\tau_{\perp} = 6 \text{ MPa} < 31,5 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Dle literatury [1] Postup výpočtu str. 720 až 725

3.4.4 Kontrola na otláčení v závitech noh stroje

$$p = \frac{G_{PR} + m_{PISTU} \cdot g + m_{SR}}{4} \leq p_D \tag{16}$$

$$\frac{\pi}{4} (d^2 - d_3^2) i$$

$$p = \frac{281,39 + 0,53 \cdot 9,81 +}{4} = 0,054$$

$$\frac{\pi}{4} (0,02^2 - 0,01816^2) \cdot 24$$

$$m_{PISTU} = m_{VÁLCE} + m_{KL.HLAVICE}$$

$$m_{PISTU} = 0,46 + 0,07 = 0,53 \quad i = \frac{H}{P} = \frac{36}{1,5} = 24$$

$$m_{PISTU} = 0,53 \text{ kg}$$

$$p = 54134,32 \text{ Pa} < 5 \cdot 10^6 \text{ Pa} \dots \text{vyhovuje}$$

Dle literatury [1] $p_D = 5 \text{ MPa}$ viz str.52

3.4.5 Kontrola na tah držáku pístu

$$\sigma_t = \frac{G_{PR} + m_{PISTU} \cdot g}{2 \cdot t_{DP} \cdot b_{DP}} \leq \sigma_{Dt} \tag{17}$$

$$\sigma_t = \frac{281,39 + 0,53 \cdot 9,81}{2 \cdot 10 \cdot 50} = 0,29$$

$$\sigma_t = 0,3 \text{ Pa} < 65 \cdot 10^6 \text{ Pa} \dots \text{vyhovuje}$$

Dle literatury [1] $\sigma_{Dt} = 65 \text{ MPa}$ viz str.52

4. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zkonstruovat stohovací zařízení. Součástí práce jsou pevnostní i kontrolní výpočty a výkresová dokumentace. Těmito body jsem splnil podmínky zadání. Při výpočtech jsem čerpal z níže uvedených literatur.

Při konstrukci jsem použil nákupních komponent v rámci Evropy.

5. Seznam příloh

Sestavy a podsestavy:

STOHOVAČ	C-3P22-000
STATICKÝ RÁM CELEK	C-3P22-000-M1
STATICKÝ RÁM	C-3P22-000-M2
POHYBLIVÝ RÁM CELEK	D-3P22-000-M3
POHYBLIVÝ RÁM SVAREK	D-3P22-000-M4
PACKA SVAŘENEC	E-3P22-000-M5
PÍST PACEK	E-3P22-000-M6
STATICKÁ SPOJNICE	E-3P22-000-M7
VODÍCÍ TYČ	E-3P22-000-M8

Výrobní výkresy:

ČEP PÁKY	E-3P22-001
ČEP OKA	E-3P22-002
ČEP HLAVNÍHO PÍSTU	E-3P22-003
ČEP PÍSTU	E-3P22-004
DRŽÁK PÍSTU	E-3P22-005

6. Seznam použitých symbolů

Název	Označení	Jednotka
Délka páky	a	[m]
Velikost svaru	a'	[m]
Šířka páky	b	[m]
Šířka držáku pístu	b_{DP}	[m]
Výška packy	c	[m]
Vnější průměr závitu	d	[m]
Vnitřní průměr závitu	d_3	[m]
Vnější rozměry tyče čtvercového průřezu	D, E	[m]
Vnitřní rozměry tyče čtvercového průřezu	d, e	[m]
Průměr čepu packy	$D_{\check{C}}$	[m]
Průměr čepu v pístním oku	$d_{\check{C}P}$	[m]
Modul průřezu v ohybu	E	[Pa]
Provozní zatížení	F_B	[N]
Vazbová síla	F_{BY}	[N]
Síla zatěžující čep	$F_{\check{C}}$	[N]
Síla zatěžující pohybliví rám	$F_{\check{C}1}$	[N]
Součet sil	$\Sigma F_i = 0$	[N]
Zatížení na jednu packu	F_{PAC}	[N]
Síla vyvozená pneumatickým válcem	F_{PIST}	[N]
Tíhové zrychlení	g	[ms ⁻²]
Tíha pohyblivého rámu	G_{PR}	[N]
Výška matice	H	[m]
Výška páky	h	[m]
Počet závitů	i	[-]
Polární kvadratický moment	I_p	[m ⁴]
Kvadratický moment průřezu	J_Y	[m ⁴]
Součinitel bezpečnost	k	[-]
Délka příčné tyče pohybového rámu	l	[m]
Bezpečná délka svaru	l'	[m]
Hmotnost plného rámu	m_B	[kg]
Ohybový moment	M_O	[Nm]
Ohybový moment ve vazbě C	M_{OC}	[Nm]
Hmotnost kloubové hlavice	$m_{KL.HLAVICE}$	[kg]
Hmotnost pístu	m_{PISTU}	[kg]
Hmotnost pohyblivého rámu	m_{PR}	[kg]
Statického rámu	m_{SR}	[kg]
Hmotnost válce	$m_{VÁLCE}$	[kg]
Součinitel bezpečnosti svarového spoje	n	[-]
Stoupání závitu	P	[m]
Napětí v tlaku	p	[Pa]
Dovolené napětí v tlaku	p_D	[Pa]

Tloušťka pohyblivého rámu	t	[m]
Tloušťka držáku pístu	t_{DP}	[m]
Průhyb nosného rámu v C	v_C	[m]
Průhyb nosného rámu v B	w_B	[m]
Průhyb nosného rámu v C (integrální metodou výpočtu)	w_C	[m]
Kvadratický moment průřezu v ohybu	W_O	[m ³]
Kvadratický moment průřezu svaru	W_{Osv}	[m ³]
Vazbové síly v ose x	X_A, X_C	[N]
Vazbové síly v ose y	Y_A, Y_C	[N]
Převodní součinitel svarového spoje	α_{\perp}	[-]
Úhel zkroucení	$\hat{\varphi}$	[rad]
Dovolené napětí v ohybu	σ_{DO}	[Pa]
Dovolené napětí v tahu	σ_{Dt}	[Pa]
Napětí v ohybu	σ_O	[Pa]
Napětí v tahu	σ_t	[Pa]
Součet momentů	$\Sigma M_i = 0$	[Nm]
Normálové napětí kolmé na směr svaru	τ_{\perp}	[-]

7. Seznam literatury

- [1] LEINVEBER, Jan; ŘASA, Jaroslav; VÁVRA, Pavel. *Strojírenské tabulky*. Praha 6: Scientia, ISBN 80-7183-164-6
- [2] USTAV KONSTRUOVÁNÁ; Přednáška č.5-*Šrouby a šroubové spoje*, Konstruování strojů -strojní součásti.
- [3] JANÁČEK, Přemysl; FLORIÁN, Zdeněk. *Mechanika těles-Úlohy z pružnosti a pevnost*. Final tisk s.r.o Olomoučany, ISBN 80-214-2655-1
- [4] RHS; WARMGEWALZTE. *Hohlprofile*
- [5] SVOBODA, Pavel; BRANDEJS, Jan; PROKEŠ, František. *Základy konstruování*. Final tisk s.r.o Olomoučany, ISBN 80-7204-405-2

7.1 Internetové odkazy

www.skf.com

Dodavatel lineárních kuličkových ložisek a vodících tyčí

www.festo.cz

Dodavatel pneumatiky