



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

Návrh hydraulického dílenského lisu

Design of a hydraulic workshop press

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Ladislav MALINA

Studijní program: B 2341 STROJÍRENSTVÍ
Studijní obor: 3901R051 Konstruování podporované počítačem
Vedoucí práce: Ing. Štádler Marek

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Návrh hydraulického dílenského lisu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Marka Štádlera a s použitím odborné literatury uvedené v seznamu na konci mé bakalářské práce.

V Praze:

.....

Ladislav Malina

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu práce Ing. Markovi Štádlrovi za cenné rady, konzultace, připomínky a za zodpovězení všech mých dotazů. V neposlední řadě patří poděkování mé rodině za podporu při studiu.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora: Ladislav Malina
Název BP: Návrh hydraulického dílenského lisu
Anglický název: Design of a hydraulic workshop press
Rok: 2019
Studijní program: B 2341 Strojírenství
Obor studia: 3901R051 Konstruování podporované počítačem
Ústav: Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP: Ing. Štádler Marek
Bibliografické údaje: počet stran: 39
počet obrázků: 42
počet tabulek: 8
počet příloh: 4
Klíčová slova: dílenský lis, svařovaný rám, ruční naviják
Keywords: workshop press, welded frame, hand winch
Anotace: Rešerše shrnuje přehled lisů na trhu a rozděluje lisy dle konstrukce. Praktická část se zabývá samostatným návrhem dílenského lisu.
Abstract: The research summarizes market research of hydraulic workshop presses. The practical part deals with the individual design of the hydraulic workshop press

Obsah

1. Nabídka komerčních lisů na trhu.....	3
1.1. Carmax hydraulický lis 20T	4
1.2. Geko hydraulický lis 20T	5
1.3. Dílenský lis Holzmann WP 20PLUS.....	5
1.4. Carmax hydraulický lis 20T dvourychlostní	6
1.5. Hydraulický lis OMCN 156/ML na 20 t	7
1.6. Dílenský a montážní lis CDCR.....	8
2. Konstrukce lisů.....	9
2.1. Stojan.....	9
2.1.1. Otevřené rámy.....	10
2.1.2. Uzavřené rámy.....	10
2.1.3. Materiál stojanu	12
2.1.4. Podle technologie výroby stojanu.....	12
3. Vlastní návrh rámu.....	12
3.1. Výpočet vrchní části rámu.....	14
3.2. Spojení vrchního příčnicku a stojen.....	17
3.2.1. První způsob rozložení svarů	17
3.2.2. Druhý způsob rozložení svarů	19
3.2.3. Třetí způsob rozložení svarů	19
3.3. Výpočet spodního nosníku	21
3.4. Spojení spodního příčnicku a stojen pomocí tyčí	23
3.4.1. Momentové průběhy na tyč	24
3.4.2. Návrh průměru tyče	25
3.5. Ustavení rámu na patkách	26
4. Kontrola rámu v MKP	26
4.1. Simulace vrchní části rámu v MKP	26
4.2. Simulace spodního nosníku v MKP	28
4.3. Kontrola tyče ustavující spodní příčník v MKP.....	29
5. Návrh usazení pro přímočarý hydromotor.....	30
5.1. Kontrola desky v MKP	30
5.2. Posuvné uchycení	31
6. Polohování spodního příčnicku	32
6.1. Naviják.....	32
6.2. Lana	33
6.2.1. Výpočet síly zatížení svislého lana	33
6.2.1. Délky lan	33
7. Hydraulický obvod	34
8. Závěr	36
Seznam použité literatury.....	37
Seznam obrázků	38
Seznam tabulek.....	39

Seznam příloh	40
---------------------	----

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Popis
a	[mm]	délka horního příčnicku
F	[N]	zatížení lisovací silou
B	[mm]	délka stojny
R	[N]	reakční síla
U	[mm]	posunutí do směru x
γ	[mm]	obecná souřadnice
β	[mm]	obecná souřadnice
M_o	[N·mm]	ohybový moment
σ	[N·mm ⁻²]	napětí normálové
k	[-]	bezpečnost
T	[N]	tečná síla
x	[mm]	obecná souřadnice
τ	[N·mm ⁻²]	napětí
h	[mm]	šířka pasu
a	[mm]	účinný rozměr svaru
c	[mm]	vzdálenost od zatížení
l	[mm]	vzdálenost přesah
α	[-]	součinitel svaru
J	[mm ⁴]	kvadratický moment
β	[°]	uhel
c	[mm]	délka mezi uloženími
e	[mm]	vzdálenost těžiště od vnějších hran ramen
b	[mm]	vzdálenost od těžiště na konec tyče
W_o	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
d	[mm]	průměr tyče
P	[MPa]	tlak
Re	[MPa]	mez kluzu



MKP		metoda konečných prvků
$S_{red\ max\ 2}^{HMH}$	[MPa]	redukované napětí
G	[N]	gravitační síla
g	[m·s ⁻²]	gravitační zrychlení (9,81...)
r	[mm]	poloměr kladky
M	[N·mm]	moment
z	[-]	počet zubů
i	[-]	převod
η	[-]	účinnost
l	[mm]	délka kličky
L	[mm]	délka lana

1. Úvod

Hydraulický dílenský lis představuje univerzální přístroj, které je potřeba v téměř každém autoservisu a dílně. Využívá se například kromě lisování ložisek, pouzder a dalších uložení s přesahem také k rovnání, ohýbání, tlačení a další činnosti, při kterých je třeba vyvinout vysoký tlak.

Cílem této práce je návrh hydraulického lisu se silou lisování 20 tun. Konstrukce je provedena s ohledem na nízkou výrobní cenu a spolehlivou konstrukci. Jsou vypracovány návrhové výpočty zařízení, dále kontrolní výpočty vybraných uzlů v MKP. V programu Solid Works je vytvořen model lisu a výkresová dokumentace sestavy hydraulického lisu.

2. Nabídka komerčních lisů na trhu

Po průzkumu nabídky dílenských hydraulických lisů, dostupných na našem trhu, jsem pro porovnání vybral lisy rozdílných cenových nabídek.

2.1. Carmax hydraulický lis 20T

Jednorychlostní dílenský lis jednoduché rámové konstrukce patří mezi nejlevnější na našem trhu. Jako zdroj lisovací síly je použitý hydraulický zdvihák. Zdvih je prováděn užitím pístové pumpy, která je ovládána rukou pomocí páky, zpětné stlačení je provedeno povolením ventilu a pomocí dvou pružin. Stojiny a příčnice jsou vyrobeny z u UPE profilů. Nastavení pracovní výšky lisu je možné odjistěním pohyblivého příčnicku a přesunutí dvou podpěrných kolíků do jiné pozice.

[1]

Tab. 1: Parametry lisu Carmax [1]

Pracovní rozsah:	0 - 870 mm
Vnější rozměry:	
Šířka pístu:	30 mm
Zdvih pístu:	170 mm
Šířka:	600 mm
Hloubka:	690 mm
Výška	1510 mm
Hmotnost:	cca 85 kg
Rozměry podstavce:	
Celková šířka:	200 mm
Šířka vnitřního otvoru:	95 mm
Cena s DPH:	4900 Kč



Obr. 1: Carmax hydraulický lis [1]

2.2. Geko hydraulický lis 20T

Rámová konstrukce s bočně instalovaným pneumatickým motorem pohánějícím hydraulickou jednotku, přičemž se lisovací síly mohou ovládat manuálně pomocí páky.

Stojiny lisu jsou vyrobeny U profilů podobně jako příčníky. Pracovní délka se nastavuje pomocí dvou tyčí. V balení jsou také dvě litinové plotny.

[2]

Tab. 2: Parametry lisu Geko [2]

Pracovní rozsah:	0 - 1035mm
Vnější rozměry	
Šířka pístu:	30 mm
Zdvih pístu:	170 mm
Šířka:	500 mm
Hloubka:	690 mm
Výška	1800 mm
Hmotnost:	90 kg
Celková šířka:	200 mm
Šířka vnitřního otvoru:	95 mm
Cena s DPH:	7500 Kč



Obr. 2: GEKO hydraulický válec [2]

2.3. Dílenský lis Holzmann WP 20PLUS

Jako zdroj tlaku je použito ruční hydraulické čerpadlo. Lisování je prováděno užitím pístové pumpy ovládané ruční i nožní pákou. Píst se automaticky zasouvá při vyšroubování ventilu. Stojiny jsou vyrobeny ze dvou plochých ocelových tyčí a příčníky jsou svařeny

z válcovaných plechů. Upravení výšky pracovního prostoru lisu je možné odjištěním pohyblivého příčnicku a přesunutí dvou podpěrných kolíků do jiné pozice.

[3]

Tab. 3: Parametry lisu Holzman [3]

Výška zdvihu zařízení	58-1080 mm
Zdvih pístu:	145 mm
Hmotnost:	102 kg
Rozměry balení	270 x 725 x 1740 mm
cena s DPH:	12 185Kč



Obr. 3: Dílenský lis holzmann WP 20PLUS [3]

2.4. Carmax hydraulický lis 20T dvourychlostní

Jako zdroj tlaku je použito ruční hydraulické čerpadlo. Lisování je prováděno užitím pístové pumpy, pomocí ruční páky, která má dvě různé rychlosti. Píst se automaticky zasouvá při vyšroubování ventilu. Stojiny lisu jsou vyrobeny UPE profilů podobně a příčnický z plochých tyčí. Upravení výšky pracovního prostoru lisu je možné odjištěním pohyblivého příčnicku a přesunutí dvou podpěrných kolíků do jiné pozice.

Tab. 4 Parametry dvourychlostního lisu Carmax 20T [4]

Tlak:	20 tun
Pracovní rozsah:	0 - 1020 mm
Šířka pístu:	45 mm
Zdvih pístu:	185 mm
Vnější rozměry	
Šířka:	820 mm
Hloubka:	700 mm

Výška:	1510 mm
Hmotnost:	cca 100 kg



Obr. 4: Carmax hydraulický lis 20T dvourychlostní [4]

2.5. Hydraulický lis OMCN 156/ML na 20 t

Dílenský lis rámové konstrukce. Stojiny jsou vyrobeny ze dvou plochých ocelových tyčí a příčníky jsou svařeny z válcovaných plechů, jehož pracovní výška se nastavuje pomocí dvou kolíků. Hydraulický pohon je elektrický a k ovládání pístnice se používá rozvaděč, což velice usnadňuje práci. Tento lis je však vhodnější do podniků, kde by byl více vytížen, a to kvůli vysokým pořizovacím nákladům.

[5]

Tab. 5: Parametry lisu OMCN 156/ML [5]

Max. zdvih pístu:	285 mm
Pohon hydrauliky:	elektrické čerpadlo
Počet rychlostí pístu:	1 / jednoruční ovládání
Rychlost:	420 mm / min.
Pracovní prostor:	510 x 1000 mm (š x v)
Základní rozměry:	1110 x 1960 x 500 mm
Hmotnost:	190 kg
Napájení - příkon:	400 V - 1,5 kW
Cena s DPH:	78 698 Kč



Obr. 5: Hydraulický lis OMCN 156/ML na 20 t [5]

2.6. Dílenký a montážní lis CDCR

Posledním představitelem hydraulického lisu s otevřeným C rámem je rovnací lis CDCR 13 – TOS RAKOVNÍK. Rám lisu je svařovaný z válcovaných plechů. Pracovní prostor umožňuje přístup ze tří stran, což je výhoda při lisování rozměrnějších dílů. Hydraulický agregát je přizpůsoben pro ruční, nebo nožní ovládání. Ustavení lisu je na patky základního rámu.

Tab. 6 Parametry lisu CDCR

Šířka rámu:	380mm
Max. lisovací síla	80 - 300kN
Zdvih:	200 - 300mm
Rychlost zdvihu	do 30mm/s



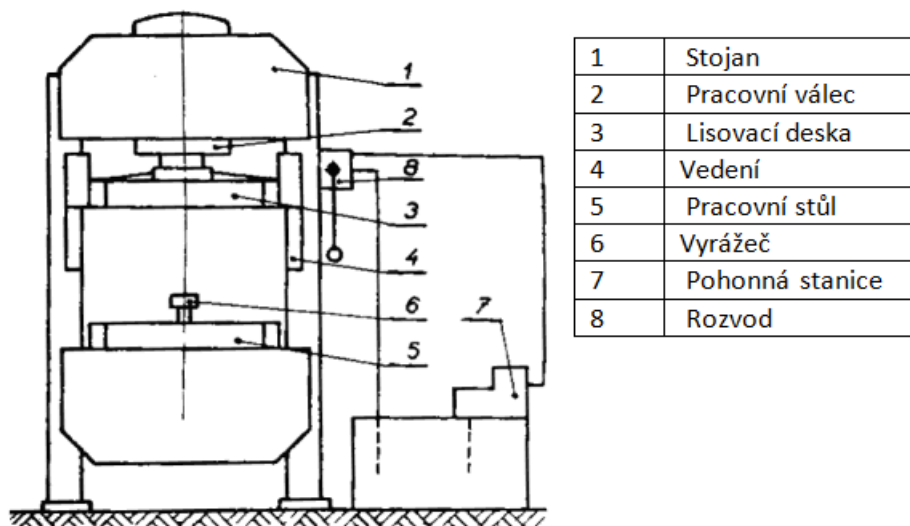
Obr. 6: Dílenský a montážní lis CDCR - TOS RAKOVNÍK

3. Konstrukce lisů

Úkolem je navrhnout dílenský lis o lisovací síle 20tun, tato síla bude nejvýrazněji ovlivňovat konstrukci celého lisu

Dílenské lisy rozdělujeme podle lisovací síly a také dle konstrukce jejich hlavních částí, proto je vhodné určit tyto základní části lisu (obr. 7)

[7]



Obr. 7: Základní schéma lisu [7]

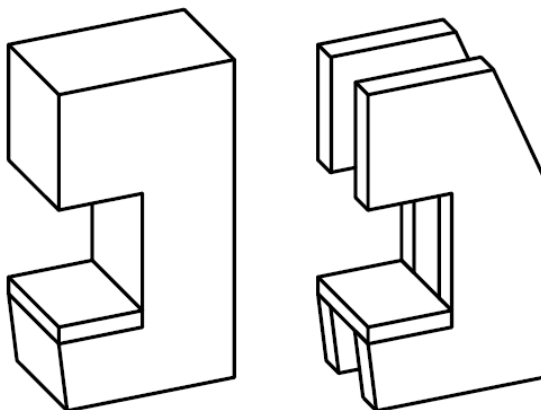
3.1. Stojan

Podle provedení stojanu dělíme lisy na lisy s otevřeným a uzavřeným rámem. Podle uspořádání mohou být vertikální a horizontální.

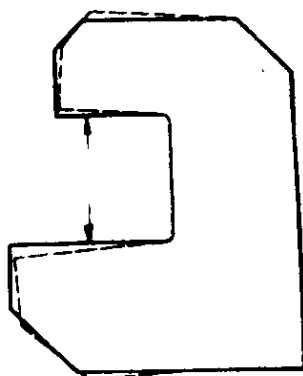
3.1.1. Otevřené rámy

Stojany s otevřeným rámem se nejčastěji svařují z postranic a žeber, které se vyrábí z ocelových plechů. Jejich hlavní výhodou je velký přístup pro manipulování u pracovního stolu. Používají se však pouze lisů s menšími pracovními tlaky, protože je namáhán na ohyb, proto jeho lisovací síla působí šikmo (obr. 8).

[7,8]



Obr. 8: Otevřené rámy jedno a dvou-stojanový [8]

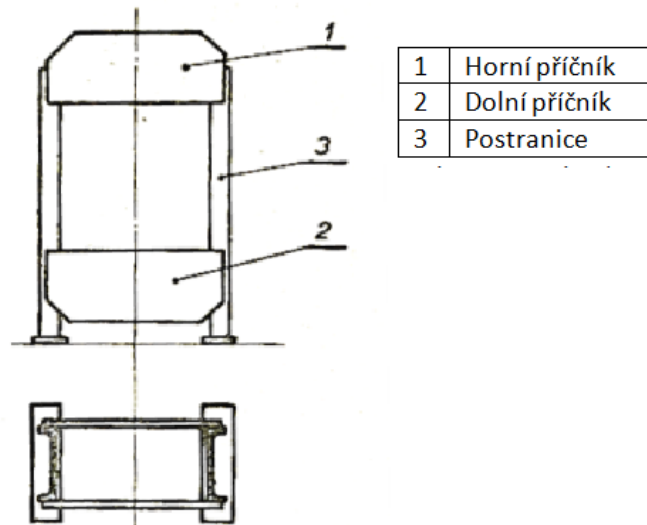


Obr. 9: Zkroucení otevřeného rám při lisování [7]

3.1.2. Uzavřené rámy

Rozdělujeme na rámy se sloupy a rámy bez sloupů (stojanové)

- **Rámy bez sloupů**

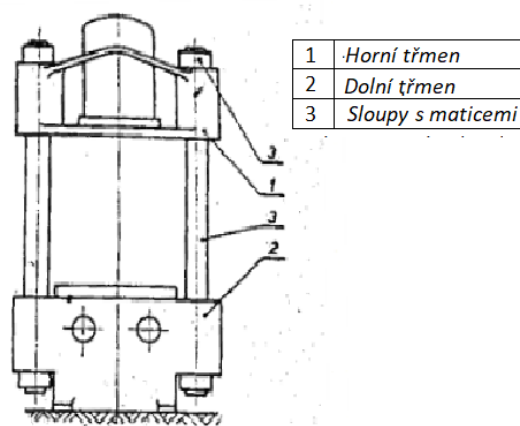


Obr. 10: Bez sloupků (stojanové) [7]

Lisy bez sloupků se skládá z horního příčníku, na kterém je obvykle připevněn válec, dolního příčníku, jenž nese stůl lisu a postranic. Jako materiál jednotlivých částí se obvykle používají válcované profily. Zatížení rámu se při výpočtu uvažuje, jako tuhý rám staticky neurčitý. Přestože mají menší pracovní prostor než otevřené rámy, tak našli uplatnění díky vyšší tuhosti a právě možnosti využití vyšších lisovacích sil.

[7]

- **Rámy se sloupy**



Obr. 11: Rám se sloupy [7]

Horní třmen se u menších lisů může společně s válcem odlít z jednoho kusu. Jeho velikost ovlivňuje velikost lisovací desky a počet válců a požadované tuhosti v ohybu, kterou je i namáhán. Spodní třmen současně tvoří stůl lisu, jinak je obdobný jako horní. Vzájemně jsou tyto třmeny spojeny sloupy se závity na konci, kde se maticemi uchycují k třmenům. Sloupy dále vedou lisovací desky a kontrolujeme se pouze jejich zatížení v tahu a závity matic na otláčení a stříh a ohyb.

[7, 8]

3.1.3. Materiál stojanu

Na materiál jsou kladeny následující požadavky

- Odolnost proti namáhání různým namáhání, závisí na druhu rámu.
- Měrná hmotnost materiálu.
- Tlumící účinky materiálu - dynamické chování.
- Součinitel tření, tvrdost (tření a velikost opotřebení pokud se jedná o vodící plochy).
- Velikost vnitřního pnutí v součásti - geometrická stabilita.
- Součinitel tepelné roztažnosti.
- Cena materiálu
- Možnosti průmyslové výroby
- Možnosti zpracování
- Technologie svařování nebo lití (s litím spojená výroba forem)

[8]

3.1.4. Podle technologie výroby stojanu

- Z jednoho kusu
- Dělené (předepjaté, skládané, ...)

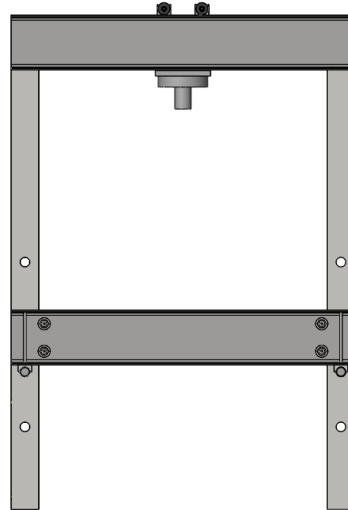
Tyto rámy mohou být dle technologie vyrobeny:

- Svařováním – válcované a kované profily, odlévané části
- Odléváním – litá ocel, litina, konstrukční beton, kompozit, ...

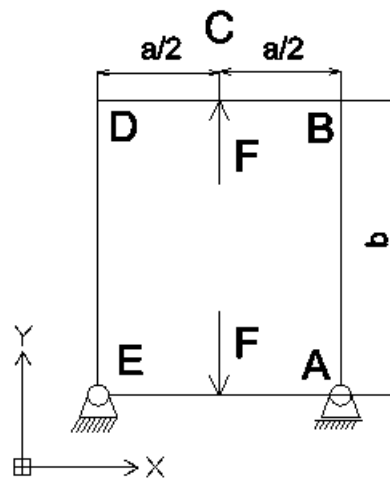
[8]

4. Vlastní návrh rámu

Rám, ve kterém bude přenášena lisovací síla, rozdělím na dvě stejné části a tu si převedu do mechanické soustavy, kdy ustavovací kolíky uvažuji jako rotačně posuvné vazby. Přímočarý hydromotor uvažuji jako zdroj síly.

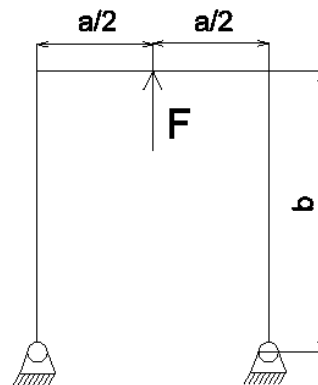


Obr. 12: Model rámu

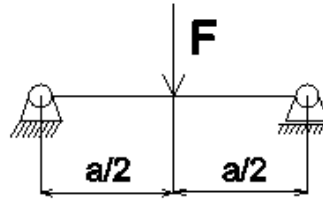


Obr. 13: Mechanické schéma rámu

Rám pro zjednodušení budu počítat, jako dvě různé součásti. Vrchní díl budu uvažovat jako křivý prut a spodní díl jako obyčejný nosník.



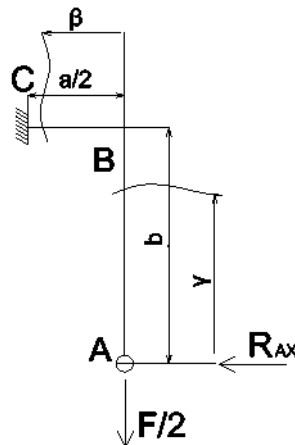
Obr. 14: Vrchní schéma rámu



Obr. 15: Spodní schéma rámu

4.1. Výpočet vrchní části rámu

Tato část rámu je jedenkrát staticky neurčitá, protože kloubové podpěry odebírají po dvou stupních volnosti, ale rovinný křivý prut má jen 3 stupně volnosti ($3-2-2=-1$). Díky symetrii prutu stačí řešit pouze jeho jednu polovinu a tuto polovinu v ose symetrie vetknout (bod C) a v kloubové podpěře uvolnit (bod A), nahradit uvolněnou vazbu staticky neurčitým účinkem a doplnit deformační podmínku. Reakce do směru y vycházejí přímo ze symetrie:



Obr. 16: Vrchní rám uvažovaný, jako symetrický křivý prut

Hydromotor vyvodí sílu dvacet tun, to je 196200N, ale kvůli uvažování poloviny rámu bude tato síla poloviční, tedy 98100N

Výpočet reakcí v uchycení rámu:

$$R_{AY} = R_{EY} = \frac{F}{2} = \frac{98100}{2} = 49050N \quad (1)$$

Bod A v základní staticky určité soustavě se může libovolně pohybovat ve vodorovném směru, ale původní soustava se ideálně vodorovně pohybovat nesměla. Tento fakt musí zajistit deformační podmínka:

$$u_A = 0$$

Zde je deformace u_A vyvolána pouze silovými účinky: $u_A = f(F; R_{AX})$.

Pro výpočet deformace použijeme Mohrův integrál v polích A - B a B - C.

Tab. 7: Průběhy momentů vkrřivém prutu

pole	$ds _{\text{dolní}}^{\text{horní}}$	$M_o(s)$	$m_o^{(u_A)}(s)$
A - B	$d\gamma _0^b$	$R_{AX} \cdot \gamma$	„1“ · γ
B - C	$d\beta _0^{a/2}$	$R_{AX} \cdot b + \frac{F}{2} \cdot \beta$	„1“ · a

Základní rovnice Mohrova integrálu pro vyjádření posuvu:

$$u_A = \frac{1}{E \cdot J} \int_{(s)} M_o(s) \cdot m_o^{(u_A)}(s) ds \quad (2)$$

$$u_A = \frac{1}{E \cdot J} \left\{ \int_0^b [R_{AX} \cdot \gamma] \cdot [„1“ \cdot \gamma] d\gamma + \int_0^{a/2} \left[R_{AX} \cdot b + \frac{F}{2} \cdot \beta \right] \cdot [„1“ \cdot a] d\beta \right\} = 0 \quad (3)$$

$$u_A = \frac{1}{E \cdot J} \cdot \left(R_{AX} \cdot \frac{b^3}{3} + R_{AX} \cdot \frac{a^2}{2} \cdot b + \frac{F}{2} \cdot \frac{a^3}{8} \right) = 0 \quad (4)$$

$$R_{AX} \cdot \frac{b^3}{3} + R_{AX} \cdot \frac{a^2}{2} \cdot b + \frac{F}{16} \cdot a^3 = 0 \quad (5)$$

$$R_{AX} \cdot \left(\frac{b^3}{3} + \frac{a^2}{2} \cdot b \right) = -\frac{F}{16} \cdot a^3 \quad (6)$$

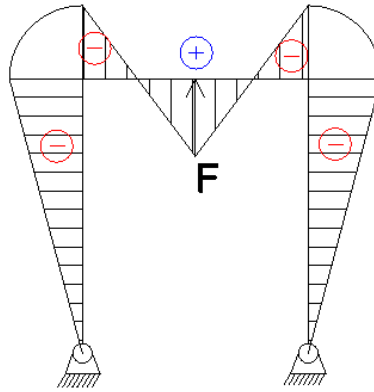
$$R_{AX} = -\frac{F \cdot a^3}{16 \cdot \left(\frac{b^3}{3} + \frac{a^2 \cdot b}{2} \right)} = -\frac{98100 \cdot 1250^3}{16 \cdot \left(\frac{1500^3}{3} + \frac{1250^2 \cdot 1500}{2} \right)} = -5213,65N \quad (7)$$

$$M_{O_{A-B}} = -\frac{F \cdot a^3 \cdot b}{16 \cdot \left(\frac{b^3}{3} + \frac{a^2 \cdot b}{2} \right)} \quad (8)$$

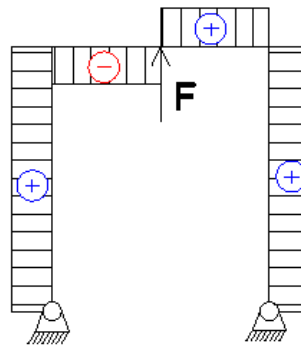
$$M_{O_{A-B}} = -\frac{98100 \cdot 1250^3 \cdot 1500}{16 \cdot \left(\frac{1500^3}{3} + \frac{1250^2 \cdot 1500}{2} \right)} = -7820471N \cdot \text{mm} \quad (9)$$

$$M_{O_{B-C}} = -\frac{F \cdot a^3 \cdot b}{16 \cdot \left(\frac{b^3}{3} + \frac{a^2}{2} \right)} + \frac{F \cdot a}{4} \quad (10)$$

$$M_{OB-C} = -\frac{98100 \cdot 1250^3 \cdot 1500}{16 \cdot \left(\frac{1500^3}{3} + \frac{1250^2 \cdot 1500}{2}\right)} + \frac{98100 \cdot 1250}{4} = 22835778,06N \cdot mm \quad (11)$$



Obr. 17: Momentové průběhy vrchní části



Obr. 18 Průběhy posouvajících sil

Horní příčka je zatížena ohybovým napětím.

Ohybové napětí v příčce potom je:

$$\sigma_{OHP} = \frac{M_{OB-C}}{W_{OB-C}} = \frac{22835778,06N}{191000} = 119,56N \cdot mm^{-2} \quad (12)$$

Vypočítaná bezpečnost horní příčky:

$$k = \frac{\sigma_{OHP}}{\sigma_{Smax}} = \frac{225}{119,56} = 1,97 \quad (13)$$

Zvolená horní příčka profilu UPE 200 z materiálu S235JR splňuje podmínky pro použití s bezpečností 1,97.

Stojina je zatížena kombinací tahu a ohybu. Maximální napětí je pak na vnitřní straně stojiny, kde dochází k součtu normálního napětí od tahu i ohybu (oboje ve směru podélné osy stojiny). Výpočty napětí pro plochou ocel 150x20.

Ohybové napětí ve stojně:

$$\sigma_{oS} = \frac{M_{oA-B}}{W_{oA-B}} = \frac{|-7820471|}{\frac{20 \cdot 150^2}{6}} = 104,3MPa \quad (14)$$

Tahové napětí ve stojně:

$$\sigma_{tS} = \frac{R_{AY}}{S_{A-B}} = \frac{49050}{20 \cdot 150} = 16,35MPa \quad (15)$$

Kombinace tahového a ohybového napětí ve stejně se vypočítá jako kombinace normálových složek:

$$\sigma_{Smax} = \sigma_{tS} + \sigma_{oS} = \frac{R_{AY}}{S_{A-B}} + \frac{M_{oA-B}}{W_{oA-B}} \quad (16)$$

Kombinace po dosazení:

$$\sigma_{Smax} = \frac{49050}{20 \cdot 150} + \frac{|-7820471|}{\frac{20 \cdot 150^2}{6}} = 120,65MPa \quad (17)$$

Výpočet bezpečnosti s porovnáním meze kluzu materiálu:

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma_{Smax}} = \frac{225}{120,65} = 1,86 \quad (18)$$

Stojina z ploché oceli S235JR+AR o rozměrech profilu 150x20 splňuje podmínky pro použití s bezpečností 1,86

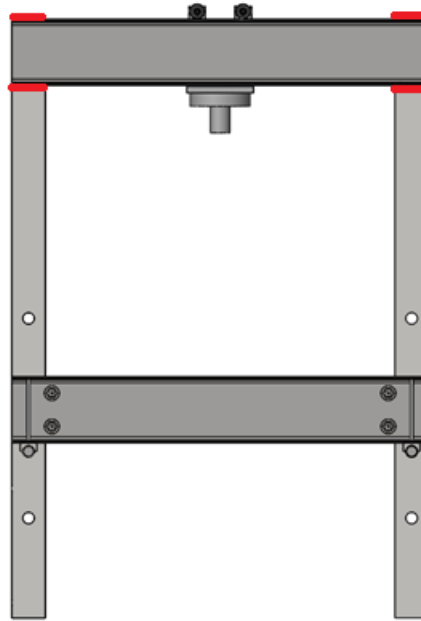
4.2. Spojení vrchního příčnicku a stojen

Pro toto spojení je technologicky a finančně nejvýhodnější spojení svařováním metodou MIG.

Podle silového rozložení budu muset uvažovat namáhání na ohyb a smyk.

4.2.1. První způsob rozložení svarů

Toto spojení je zajištěno dvěma vodorovně umístěnými koutovými svary.



Obr. 19 Rám s vyznačenou první variantou svaru

Ohyb:

$$\tau_0 = \frac{F}{2} \cdot c = \frac{196200}{4} \cdot 625 = 364,96 \quad (19)$$

Smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{4} = \frac{196200}{4} = 58,39 \quad (20)$$

Celkové napětí:

$$\tau_V = \sqrt{\left(\frac{\tau_0}{\alpha_{\tau_1}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_s}{\alpha_{\tau_{\perp}}}\right)^2} \quad (21)$$

Celkové napětí po dosazení:

$$\tau_V = \sqrt{\left(\frac{\tau_0}{\alpha_{\tau_1}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_s}{\alpha_{\tau_{\perp}}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{364,96}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{58,39}{0,75}\right)^2} = 566,84 > \sigma_D \quad (22)$$
$$= 235 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

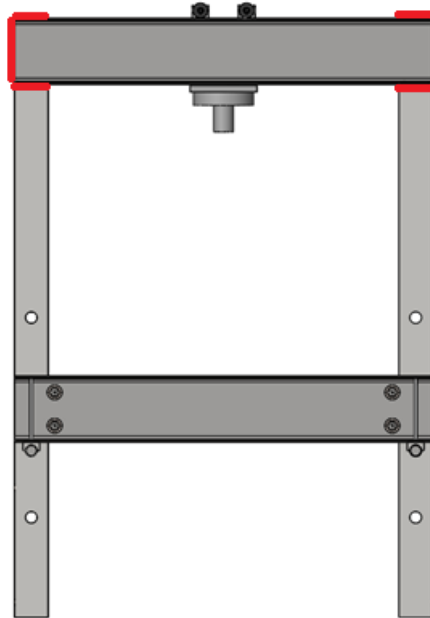
Bezpečnost varianty svaru:

$$k = \frac{\sigma_D}{\tau_V} = \frac{235}{566,84} = 0,41 \quad (23)$$

Tato varianta nesplňuje požadavky bezpečnost, proto musím stanovit jinou variantu svaru.

4.2.2. Druhý způsob rozložení svarů

Toto spojení má navíc oproti předchozí variantě svislý koutový svár na pravé straně.



Obr. 20 Spojení koutovým svarem kolem všech třech předních stran.

Pro tento svar je použita metoda výpočtu „členění momentu na složky“

$$\tau_o = \frac{\frac{F}{4} \cdot c}{\left(a \cdot l \cdot h + \frac{1}{6} \cdot a \cdot h^2\right)} = \frac{\frac{196200}{4} \cdot 625}{3 \cdot 140 \cdot 200 + \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot 200^2} = 294,77 \leq \tau_D \quad (24)$$

Výpočet dovoleného napětí:

$$\tau_D = \alpha_{\tau_1} \cdot \sigma_D = 0,65 \cdot 235 = 152,75 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (25)$$

[2]

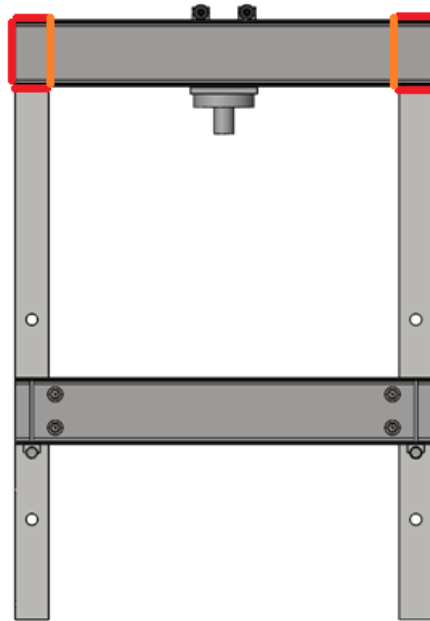
Bezpečnost varianty svaru:

$$k = \frac{\tau_D}{\tau_o} = \frac{152,75}{294,77} = 0,52 \quad (26)$$

Tato varianta má sice jen lepší bezpečnost, než předchozí, ale stále nesplňuje požadavky bezpečnost, proto musím stanovit jinou variantu svaru.

4.2.3. Třetí způsob rozložení svarů

Spojení koutovým svarem kolem všech stran.



Obr. 21 Spojení koutovým svarem kolem všech stran.

Pro výpočet tohoto svaru je použita „metoda polárního momentu setrvačnosti.“

Polární moment setrvačnosti svarového obrazce:

$$J_P = \sqrt{J_x^2 + J_y^2} \quad (27)$$

Moment setrvačnosti k ose x:

$$J_x = \frac{b}{12} \cdot [(b + 2 \cdot a)^3 - h^3] + \frac{1}{6} \cdot a \cdot h^3 \quad (28)$$

Moment setrvačnosti k ose x po dosazení:

$$J_x = \frac{147}{12} \cdot [(147 + 2 \cdot 3)^3 - 200^3] + \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot 200^3 = -50125681 \text{mm}^4 \quad (29)$$

Moment setrvačnosti k ose y:

$$J_y = \frac{h}{12} \cdot [(b + 2 \cdot a)^3 - b^3] + \frac{1}{6} \cdot a \cdot b^3 \quad (30)$$

Moment setrvačnosti k ose y po dosazení:

$$J_y = \frac{200}{12} \cdot (147 + 2 \cdot 3)^3 - 147^3 = 8339161,5 \text{mm}^4 \quad (31)$$

Polární moment setrvačnosti svarového obrazce po dosazení:

$$J_{P=} = \sqrt{(-50125681)^2 + (8339161,5)^2} = 50814619,06 \text{mm}^4 \quad (32)$$

Výpočtové napětí od ohybu:

$$\tau_{max} = \frac{M}{J_P} \cdot r = \frac{F}{4} \cdot c = \frac{196200}{4} \cdot 625 = \frac{196200 \cdot 625}{50814619,06} \cdot \sqrt{100^2 + 75^2} = 75,41 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (33)$$

Rozklad napětí na složky:

$$\text{tg}\beta = \frac{h}{2 \cdot c} = \frac{200}{2 \cdot 75} = \frac{4}{3} \quad (34)$$

$$\beta = 53,13^\circ \quad (35)$$

Napětí rovnoběžné:

$$\tau_{OI} = \tau_o \cdot \sin\beta = 75,41 \cdot \sin(53,13^\circ) = 60,32 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (36)$$

Napětí kolmé:

$$\tau_{O\perp} = \tau_o \cdot \cos\beta = 75,41 \cdot \cos(53,13^\circ) = 45,25 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (37)$$

Pevnostní podmínka svaru:

$$\tau_V = \sqrt{\left(\frac{\tau_{O\perp}}{\alpha_{\tau\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{OI}}{\alpha_{\tau I}}\right)^2} \leq \sigma_D \quad (38)$$

Pevnostní podmínka svaru po dosazení:

$$\tau_V = \sqrt{\left(\frac{45,25}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{60,32}{0,65}\right)^2} = 110,68 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 235 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (39)$$

[10]

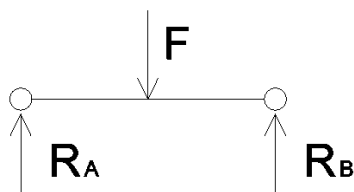
Bezpečnost varianty svaru s porovnáním meze kluzu materiálu:

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma_{Smax}} = \frac{235}{110,68} = 2,12 \quad (40)$$

Tato varianta splňuje požadavky bezpečnost s dostatečnou rezervou a není proto nutné mít různé výšky svaru, což umožní jednodušší výrobu.

4.3. Výpočet spodního nosníku

Ve výpočtovém modelu připojím místo podpěr A a B reakční účinky R_A a R_B . (obr. 22). Které použiji v momentových rovnicích.



Obr. 22: Uvolněný nosník

Momentová rovnice k bodu B:

$$\Sigma M_B: R_A \cdot a - F \cdot \frac{a}{2} = 0 \quad (41)$$

Momentová rovnice k bodu A:

$$\Sigma M_A: R_B \cdot a - F \cdot \frac{a}{2} = 0 \quad (42)$$

Z nich stanovíme jejich velikost.

$$R_A = R_B = \frac{F}{2} = \frac{98100}{2} = 49050N \quad (43)$$

Pro další řešení rozdělíme nosník na dvě pole:

I: zleva $x \in \langle 0; \frac{a}{2} \rangle$:

Silové zatížení v prvním poli:

$$T_I(x) = R_A = \frac{F}{2} \quad (44)$$

Momentové zatížení v prvním poli:

$$M_{OI}(x) = R_A \cdot x = \frac{F}{2} \cdot x \quad (45)$$

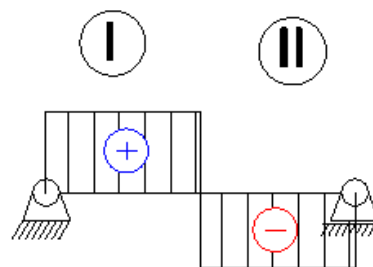
II: zprava $\bar{x} \in \langle 0; \frac{a}{2} \rangle$:

Silové zatížení v druhém poli:

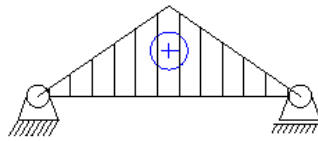
$$T_{II}(\bar{x}) = -R_B \quad (46)$$

Momentové zatížení v prvním poli:

$$M_{OI}(\bar{x}) = -R_B \cdot \bar{x} \quad (47)$$



Obr. 23 Průběhy sil



Obr. 24: Momentové průběhy spodní části

Maximální moment bude přesně uprostřed nosníku:

$$M_{OMax} \left(\frac{a}{2} \right) = R_A \cdot \frac{a}{4} = 49050 \cdot \frac{1250}{2} = 30656250 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (48)$$

Dolní příčník je zatížen ohybem a smyky, podobně jako tomu bylo u horního příčníku.

Ohybové napětí v příčce profilu UPN200 potom je:

$$\sigma_{oDP} = \frac{M_{o1}}{W_{o1}} = \frac{30656250}{191000} = 160,5 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (49)$$

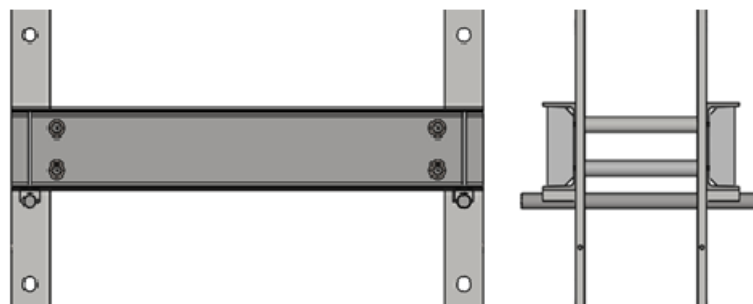
Vypočítaná bezpečnost v příčce s porovnáním meze kluzu materiálu:

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma_{Smax}} = \frac{235}{160,5} = 1,46 \quad (50)$$

Zvolená horní příčka profilu UPE 200 z materiálu S235JR splňuje podmínky pro použití s bezpečností 1,46.

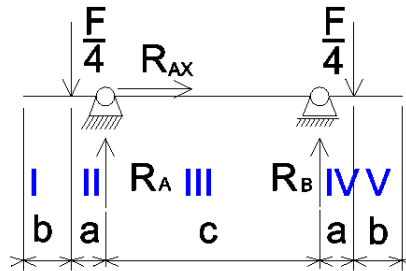
4.4. Spojení spodního příčníku a stojen pomocí tyčí

Zde je zvoleno místo svaření pouhé podepření dvěma tyčemi. Výhodou tohoto spojení je umožnění nastavování výšky lisovacího prostoru.



Obr. 25 Nárys a bokorys spodního příčníku

4.4.1. Momentové průběhy na tyči



Obr. 26 Schéma spojení spodního příčniku s tyčí

Vyjádření momentových rovnic k podpěrám

$$M_A: R_B \cdot c - \frac{F}{4} \cdot (c + a) + \frac{F}{4} \cdot a = 0 \quad (51)$$

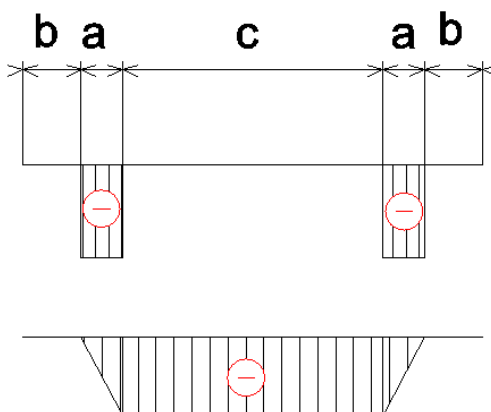
$$M_B: R_A \cdot c - \frac{F}{4} \cdot (c + a) + \frac{F}{4} \cdot a = 0 \quad (52)$$

Z momentových rovnic vyjádřím R_A a R_B :

$$R_A = R_B = \frac{F}{4} \quad (53)$$

Tab. 8: Průběhy momentů a sil

Pole	I	II	III	IV	V
	$\langle 0; b \rangle$	$\langle b; b + a \rangle$	$\langle b + a; b + a + c \rangle$	$\langle b + a + c; b + 2a + c \rangle$	$\langle b + 2a + c; 2b + 2a + c \rangle$
(x)	0	$-\frac{F}{4}$	$-\frac{F}{4} + \frac{F}{4} = 0$	$-\frac{F}{4}$	0
(x)	0	$-\frac{F}{4} \cdot (x - b)$	$\frac{F}{4} a$	$-\frac{F}{4} \cdot (x - b)$	0



Obr. 27 Průběh momentů a sil

4.4.2. Návrh průměru tyče

Napětí v tyči:

$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} \leq \sigma_{DO} \quad (54)$$

Průřezový modul tyče v ohybu:

$$W_o = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \quad (55)$$

Minimální průměr tyče pro materiál C45 :

$$D_{tyče} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{o\max}}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{F}{4} a}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{196200}{4} \cdot 25,6}{\pi \cdot 325}} = 34,01mm \quad (56)$$

Volím průměr tyče 35mm

- **Kontrola tyče na smyk**

Dovolené statické napětí pro smyk:

$$\tau_{DS} = 110 - 130$$

[10]

$$\tau_S = \frac{F}{S_{tyče}} \leq \tau_{SD} \quad (57)$$

Pro průměr 35mm:

$$\tau_S = \frac{\frac{F}{4}}{\frac{\pi \cdot d_{tyče}^2}{4}} = \frac{\frac{196200}{4}}{\frac{\pi \cdot 35_{tyče}^2}{4}} = 50,98N \cdot mm^{-2} \quad (58)$$

$$\tau_S = 50,98 \leq 100 - 150$$

Tyč splňuje kontrolu na smyk.

- **Kontrola tyče na otláčení**

Dovolené otláčení $p_D = 100 - 150 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ [10]

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D \quad (59)$$

Pro průměr 35mm

$$p = \frac{F}{d_c \cdot t} = \frac{196200}{35 \cdot 20} = 70,1 \text{ MPa} \quad (60)$$

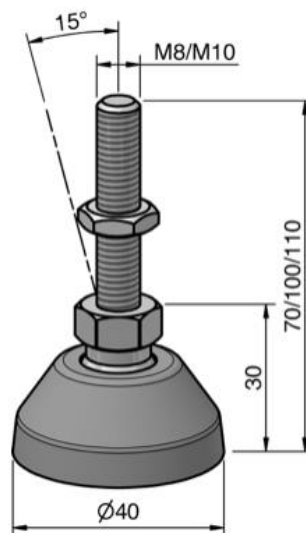
$$p = 70,1 \leq 100 - 150$$

Tyč splňuje kontrolu na otláčení.

4.5. Ustavení rámu na patkách

Z důvodu umístění lisu přímo na betonovou podlahu, je třeba použít ustavovací patky.

Celková váha i s předpokládaným lisovacím tělesem bude přibližně 605Kg, celková síla na patky bude 5935,1N a na jednu paku 1483,7N. Z tohoto důvodu volím patku Stellfus 40 M10X100, jejíž maximální únosná síla je 1800N



Obr. 28 Použitá patka Stellfus 40 M10X100

5. Kontrola rámu v MKP

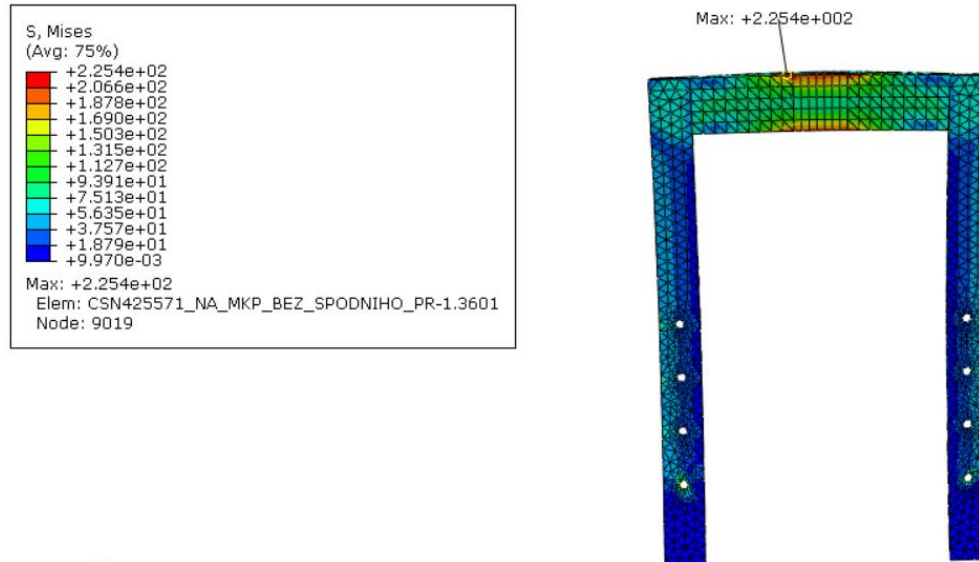
Pro kontrolu všech výpočtů v metodě konečných prvků jsem použil program Abaqus CAE 6.14-5

5.1. Simulace vrchní části rámu v MKP

Zde jsem namodeloval celou vrchní sestavu i s dírami na čepy, které jsem v předchozích výpočtech neuvažoval. Pro zjednodušení jsem zde neuvažoval svary. Rám jsem uchytil ve spodních dírách uložení spodního příčnicku a sílu jsem aplikoval požitím funkce

continuum distributing coupling, simulující přenos lisovací síly přes desku držící přímočarý hydromotor.

Výpočet simuloval polohu hydromotoru v prostřední poloze příčniku v oblasti elastického namáhání.



Obr. 29 Velikost redukovaných napětí, při umístění hydromotoru uprostřed

Největší redukované napětí dosahuje 225,4MPa vzniká na vrchní straně UPE v krajní úrovni desky přenášející sílu hydromotoru.

Profily, ze kterých je rám svařen se vyrábí kromě oceli S235JR, ještě z oceli S355J, která při daných profilech vykazuje minimální mez kluzu $R_e = 345\text{MPa}$.

Posouzení z hlediska meze kluzu, při umístění hydromotoru uprostřed s porovnáním mezí kluzu pro materiál S235JR vychází bezpečnost:

$$k = \frac{R_e}{S_{\text{red max 2}}^{HMH}} = \frac{225}{2,254 \cdot 10^2} = 0,98 \quad (61)$$

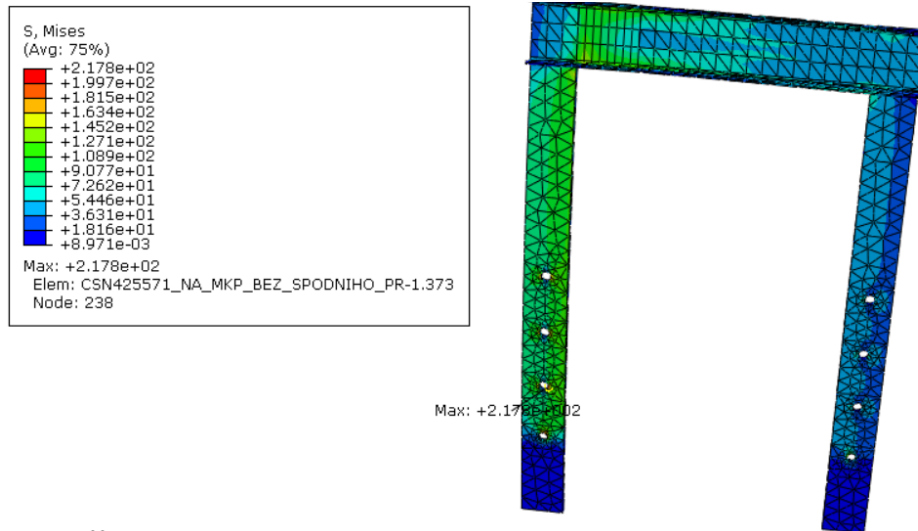
Bezpečnost vůči i kluzu pro prosté zatěžování má bezpečnost 0,98 a nevyhovuje.

Posouzení bezpečnosti při použití materiálu S355JR:

$$k = \frac{R_e}{S_{\text{red max 2}}^{HMH}} = \frac{345}{2,254 \cdot 10^2} = 1,53 \quad (62)$$

Pro materiál S355 nebude dosaženo mezi kluzu. Výsledná bezpečnost pro materiál S355JR je 1,53 a splňuje tak požadavek na funkčnost.

Kvůli použití posuvné pístnice jsem simuloval lisování v krajní poloze.



Obr. 30 Velikost redukovaných napětí, při umístění hydromotoru uprostřed

Největší redukované napětí dosahuje 217,8MPa vzniká stejně v oblasti díry pro uchycení stojiny.

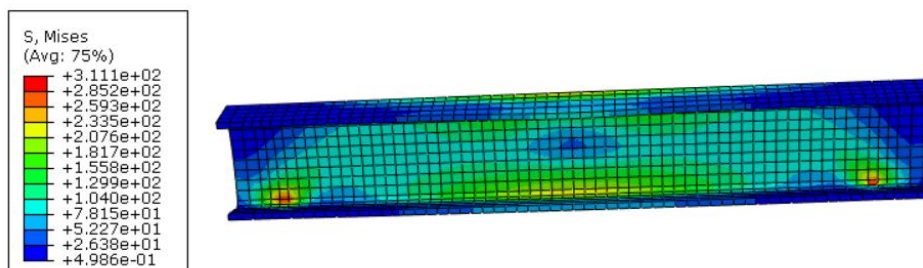
Posouzení z hlediska meze kluzu, při umístění hydromotoru na kraj s porovnáním mezí kluzu pro materiál S355JR vychází bezpečnost:

$$k = \frac{R_e}{S_{red\ max\ 2}^{HMH}} = \frac{345}{2,178 \cdot 10^2} = 1,58 \quad (63)$$

Pro materiál S355 nebude dosaženo mezi kluzu. Výsledná bezpečnost pro materiál S355JR je 1,58 a splňuje tak požadavek na funkčnost.

5.2. Simulace spodního nosníku v MKP

Jako model jsem použil samotný profil UPE, který jsem uchytil za kontaktní plochy sedla pro ustavovací tyče. Sílu jsem aplikoval požitím funkce coupling, simulující přenos lisovací síly přes desku držící přímočarý hydromotor. Výpočet simuloval polohu hydromotoru v prostřední poloze příčnicku.



Obr. 31 Velikost redukovaných napětí spodního příčnicku, při umístění hydromotoru uprostřed

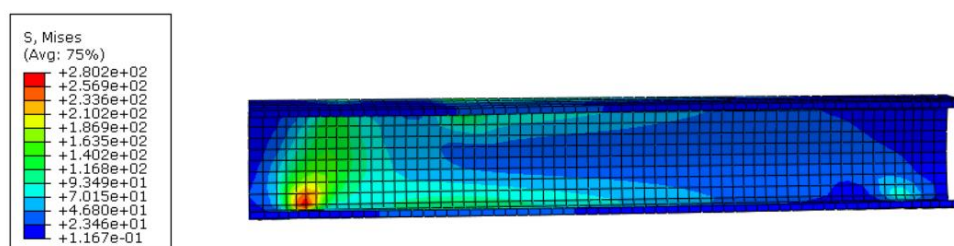
Největší redukované napětí dosahuje 311,1MPa a vzniká na dotyku sedel. Z důvodu vysokých napětí je třeba opět použít materiál S355J, aby nebylo dosaženo mezi kluzu materiálu.

Posouzení bezpečnosti při umístění hydromotoru uprostřed za použití materiálu S355JR:

$$k = \frac{Re}{S} = \frac{345}{3.111 \cdot 10^2} = 1,11 \quad (64)$$

Výsledná bezpečnost pro materiál S355JR je 1,11 a splňuje tak požadavek na funkčnost.

Dále jsem simuloval polohu hydromotoru v krajní poloze příčnicku. v oblasti elastického namáhání.



Obr. 32 Velikost redukovaných napětí spodního příčnicku, při umístění hydromotoru na kraji

Největší redukované napětí dosahuje 280,2MPa vzniká na dotyku sedla na straně uložení hydromotoru. Z důvodu vysokých napětí je třeba opět použít materiál S355J, aby materiál součásti nedosáhl meze kluzu.

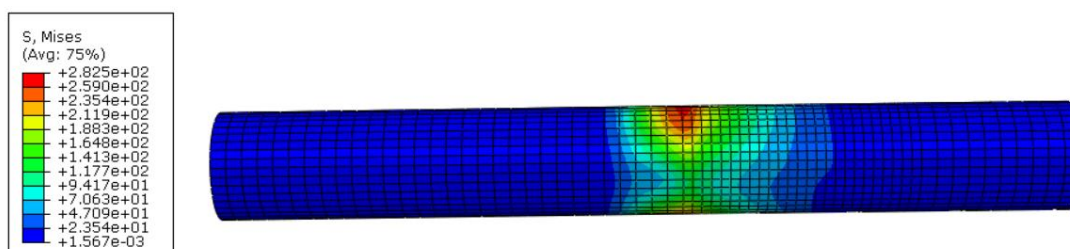
Posouzení bezpečnosti při umístění hydromotoru uprostřed pro materiál S355J:

$$k = \frac{Re}{S} = \frac{345}{2,802 \cdot 10^2} = 1,66 \quad (65)$$

Pro materiál S355 nebude dosaženo mezi kluzu. Výsledná bezpečnost pro materiál S355JR je 1,66 a splňuje tak požadavek na funkčnost.

5.3. Kontrola tyče ustavující spodní příčník v MKP

Jako model jsem použil polovinu samostatné tyče válcového profilu, kterou jsem uchytil za kontaktní plochy pomocí coupling typu continuum distributing. Sílu jsem vyvolal požitím funkce coupling, simulující přenos lisovací síly od spodního příčnicku přes sedla pro ustavovací tyče.



Obr. 33 Velikost redukovaných napětí tyče

Největší redukované napětí dosahuje 282,5MPa a vzniká na vnější straně stojny. Při použití materiálu C45 napětí součásti nepřekročí mez kluzu.

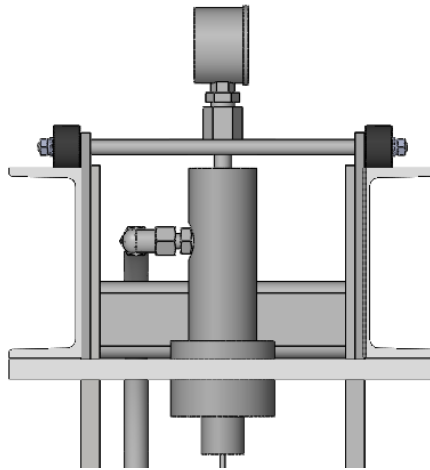
Posouzení bezpečnosti pro materiál C45:

$$k = \frac{R_e}{S_{red \max 2}^{HMH}} = \frac{325}{2,825 \cdot 10^2} = 1,15 \quad (66)$$

Pro materiál C45 nebude dosaženo mezi kluzu. Výsledná bezpečnost je 1,15 a splňuje tak požadavek na funkčnost.

6. Návrh usazení pro přímočarý hydromotor

Pro přímočarý hydromotor, byla hlavní podmínkou snadná polohovatelnost v ose šířky stroje. Polohovatelnost hydromotoru ulehčuje práci s nadměrnými dílci, jejichž prvky k lisování nejsou symetricky uloženy, a tudíž jsou obtížně dostupné. Ta se docílila opřením na válečky o U profily při zasunutí poloze přímočarého hydromotoru. Při lisování se válečky nadzdvihnou a veškerou lisovací sílu na U profil přenáší deska, na které je hydromotor uchycen.

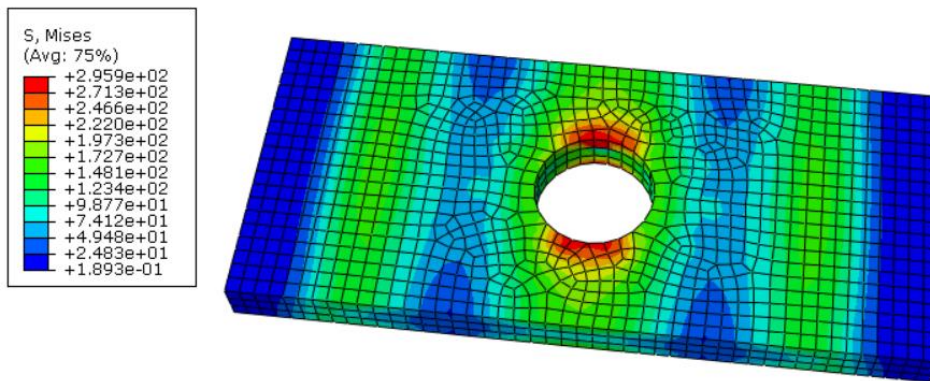


Obr. 34 Bokorys uchycení přímočarého hydromotoru

6.1. Kontrola desky v MKP

Deska bude přenášet veškerou lisovací sílu z hydromotoru do U profilu, proto bylo nutné zjistit její deformační vlastnosti. Nasimuloval jsem její hlavní část přenášející lisovací sílu o různých tloušťkách v programu Abaqus. Pro materiál desek jsem použil ocel S355J2, která má minimální mez kluzu 355MPa.

Jako vhodná varianta se ukázala deska tloušťce 30mm.



Obr. 35 Simulace desky o tloušťce 30mm

Největší redukované napětí dosahuje 295,9MPa a nachází se na kontaktu s hydromotorem.

Pro desku o tloušťce 30mm s porovnáním mezi kluzu vychází bezpečnost:

$$k = \frac{Re}{S_{red}^{HMH}} = \frac{345}{2,959 \cdot 10^2} = 1,17 \quad (67)$$

Pro desku o materiálu S355J2 nebude dosaženo mezi kluzu. Výsledná bezpečnost je 1,17 a splňuje tak požadavek na funkčnost.

6.2. Posuvné uchycení

Posuvné uchycení je navrženo tak, aby bylo snadno ovladatelné bez velkých odporů a nevyžadovalo pravidelnou údržbu a to i po dlouhodobé odstávce stroje. Toho se docílilo použitím samomazných kluzných pouzder vyrobené z materiálu iglidur® M250 místo klasických ložisek.

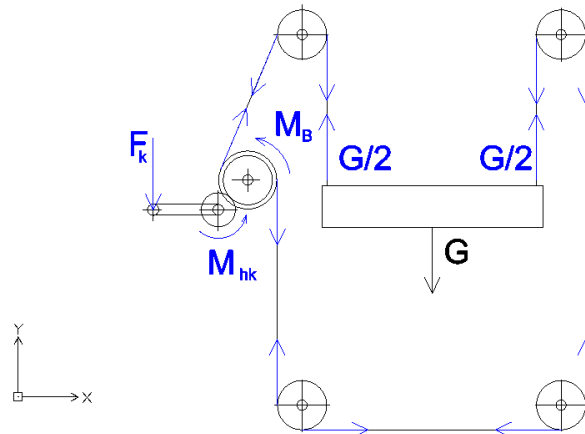


Obr. 36 Sestava vrchní části posuvného uchycení

7. Polohování spodního příčnicku

7.1. Naviják

Je potřeba zkontrolovat zda lze pohybovat pomocí ručního navijáku spodním příčnickem, který v lisovací poloze drží na ustavovacích čepech. Příčnick by se měl ideálně rovnoměrně zvedat pomocí dvou lan.



Obr. 37 Mechanické schéma navíjecího systému

Tíhová síla závaží:

$$F_Z = G = m \cdot g = 70 \cdot 9,81 = 686,7N \quad (68)$$

Moment na bubnu navijáku uvažuji, pokud by bylo lano namotané skoro celé, kvůli největšímu momentu.

$$M_B = G \cdot r = 686,7 \cdot 136 = 93391,2 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (69)$$

Klička je na samostatné hřídeli a je propojena s navíjecím bubnem přímočarými ozubenými koly. Na hřídeli bubnu je 44 zubů a na hřídeli kličky 15 zubů.

Převodový poměr mezi kličkou a bubnem:

$$i_p = \frac{z_b}{z_k} = \frac{44}{15} = 2,9333 \quad (70)$$

Moment působící na hřídel kličky:

$$M_{hk} = \frac{M_B}{i_p \cdot \eta_P} = \frac{93391,2}{2,933 \cdot 0,98} = 32491,35 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (71)$$

Síla potřebná na točení kličky:

$$F_k = \frac{M_{hk}}{l} = \frac{32491,35}{255} = 127,41N \quad (72)$$

7.2. Lana

7.2.1. Výpočet síly zatížení svislého lana

Maximální zatížení lana uvažuji lano 2 (Obr. 38):

$$F = \frac{m \cdot g}{n \cdot \eta_{kl}} = \frac{70 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,98^3} = 364,8N \quad (73)$$

Minimální únosnost lana:

$$F_{min} = k \cdot F = 4 \cdot 350,4 = 1459,2N \quad (74)$$

Volím šestipramenné lano 6x19M – FC ČSN EN 12385-4 o jmenovitém průměru 5 mm a jmenovité pevnosti drátů 1770MPa.

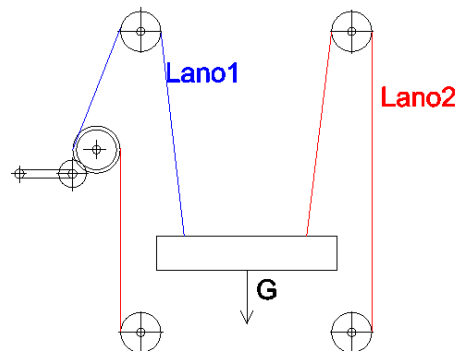
Kontrola lana na únosnost:

$$F_{min} = 1459,2N \geq F_u = 15540N$$

Podmínka je splněna, minimální spočtená únosnost lana je menší než jmenovitá únosnost lana určená z tabulek.

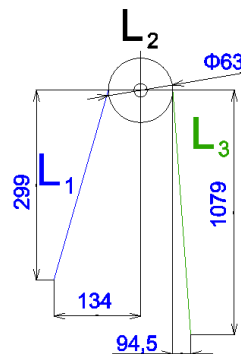
7.2.1. Délky lan

Pro zvedací systém spodního příčnicku je potřeba zvolit správné délky lan.



Obr. 39 Schéma rozmístění lan

Lano 1



Obr. 40 Lano 1

Délka prvního lana

$$L_{C1} = L_1 + L_2 + L_3 + L_0 + 300 \quad (75)$$

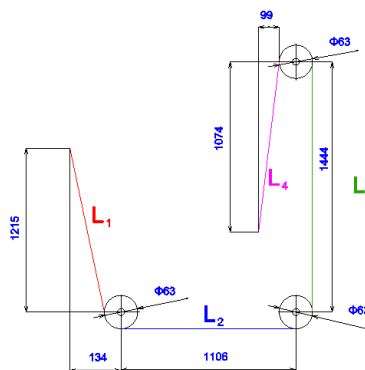
L_0 je délka potřebná pro vytvoření oka pro uchycení příčnicku.

K celkové délce lana přidávám 300mm pro snadné uchycení v navijáku, navinutí rezervy pro zajištění lana a kompenzování navíjení lana do boku.

$$L_{C1} = \sqrt{\left(134 - \frac{63}{2}\right)^2 + 229^2} + \pi \cdot \frac{63}{2} + \sqrt{1079^2 + \left(94,5 - \frac{63}{2}\right)^2} + 140 + 300 \quad (76)$$

$$L_{C1} = 1870\text{mm}$$

- Lano 2



Obr. 41 Lano 2

$$L_{C2} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_0 \quad (77)$$

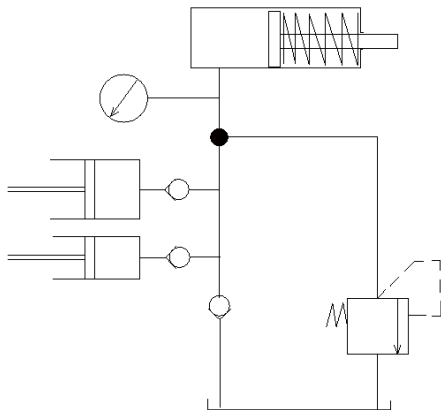
K celkové délce lana přidávám 300mm pro snadné uchycení v navijáku, navinutí rezervy pro zajištění lana a kompenzování navíjení lana do boku.

$$L_{C1} = \sqrt{\left(134 - \frac{63}{2}\right)^2 + 1215^2} + 44,7^2 + 1106 + 1444 + \sqrt{1074^2 + \left(99 - \frac{63}{2}\right)^2} + \pi \cdot \frac{63}{2} + 140 + 300 \quad (78)$$

$$L_{C1} = 5480\text{mm}$$

8. Hydraulický obvod

Pro tento dílenský lis byl z důvodu malé pracovní vytiženosti zvolen set od firmy Carmax, který obsahuje dvoustupňové ruční čerpadlo, přímočarý hydraulický motor, hadici na propojení a manometr. Tato varianta je oproti elektrickým ručním agregátům mnohonásobně levnější i zástavbově menší.



Obr. 42 Schéma obvodu



9. Závěr

V úvodní části je vytvořena rešerše dílenských hydraulických lisů na trhu o lisovací síle 20 tun. Dále je vytvořen rozbor možných konstrukcí lisu a následuje vlastní konstrukce lisu podle zvolených parametrů, ke které byly vytvořeny návrhové výpočty a vybrané uzly byly simulovány v programu Abaqus. Podle všech těchto výpočtů byl zhotoven model dílenského hydraulického lisu v programu Solid Works a vytvořena jeho výkresová dokumentace sestavy. Lis se podařilo navrhnout podle cílů práce.

Seznam použité literatury

- [1] HYDRAULICKÝ LIS 20T. In: Profigaraz.cz [online]. [cit. 2019-06-06]. Dostupné z: <https://www.profigaraz.cz/hydraulicke-lisy/hydraulicky-lis-20t/>
- [2] GEKO HYDRAULICKÝ LIS 20T S MANOMETREM. In: Profigaraz.cz [online]. [cit. 2019-06-06]. Dostupné z: <https://www.profigaraz.cz/jednorychlostni/hydraulicky-lis-20t-s-manometrem-geko/>
- [3] Hydraulický lis Holzmann WP20PLUS. In: Holzmann-zipper.cz [online]. [cit. 2019-06-06]. Dostupné z: <http://www.holzmann-zipper.cz/hydraulicky-lis-holzmann-wp20plus->
- [4] HYDRAULICKÝ LIS 20T - DVOURYCHLOSTNÍ PUN·MM–2. In: Profigaraz.cz [online]. [cit. 2019-06-06]. Dostupné z: <https://www.profigaraz.cz/hydraulicke-lisy/hydraulicky-lis-20t-dvourychlostni-puN·mm-2/>
- [5] Hydraulický lis OMCN 156/ML na 20 t. In: Technology-garage.cz [online]. [cit. 2019-06-06]. Dostupné z: <http://www.technology-garage.cz/hydraulicky-lis-omcn-156ml-20-t>
- [6] RAKOVNICKÉ TVÁŘECÍ STROJE s.r.o. *Dílenské a montážní lisy*. [online]. [cit. 2019-06-06]. Dostupné z: http://www.tosrakovnik.cz/article-dilenske_lisy
- [7] PROKEŠ, Josef. *Lysi: Část II*. 1956. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. ISBN 117040.
- [8] ČECHURA, Milan, Jan HLAVÁČ a Jiří STANĚK. *Konstrukce tvářecích strojů: Učební texty pro bakalářské i navazující magisterské studium*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní knihovna Odd. vydavatelství a tiskových služeb, 2015. ISBN 978-80-261-0513-8.
- [9] ŠVEC, V.: *Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací*. Praha: ČVUT, 2008.
- [10] LEINVEBER, Jan, Pavel VÁVRA a Jaroslav ŘASA. *Strojnické tabulky*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-123-9.

Seznam obrázků

Obr. 1: Carmax hydraulický lis [1]	4
Obr. 2: GEKO hydraulický válec [2].....	5
Obr. 3: Dílenský lis holzmann WP 20PLUS [3]	6
Obr. 4: Carmax hydraulický lis 20T dvourychlostní [4].....	7
Obr. 5: Hydraulický lis OMCN 156/ML na 20 t [5]	8
Obr. 6: Dílenský a montážní lis CDCR - TOS RAKOVNÍK	9
Obr. 7: Základní schéma lisu [7]	9
Obr. 8: Otevřený rám jedno a dvou-stojanový [8]	10
Obr. 9: Zkroucení otevřeného rám při lisování [7]	10
Obr. 10: Bez sloupků (stojanové) [7]	11
Obr. 11: Rám se sloupy [7]	11
Obr. 12: Model rámu.....	13
Obr. 13: Mechanické schéma rámu	13
Obr. 14: Vrchní schéma rámu	13
Obr. 15: Spodní schéma rámu.....	14
Obr. 16: Vrchní rám uvažovaný, jako symetrický křivý prut.....	14
Obr. 17: Momentové průběhy vrchní části	16
Obr. 18 Průběhy posouvajících sil	16
Obr. 19 Rám s vyznačenou první variantou svaru	18
Obr. 20 Spojení koutovým svarem kolem všech třech předních stran.....	19
Obr. 21 Spojení koutovým svarem kolem všech stran	20
Obr. 22: Uvolněný nosník.....	21
Obr. 23 Průběhy sil	22
Obr. 24: Momentové průběhy spodní části	23
Obr. 25 Nárys a bokorys spodního příčnicku	23
Obr. 26 Schéma spojení spodního příčnicku s tyčí.....	24
Obr. 27 Průběh momentů a sil	25
Obr. 28 Použitá patka Stellfus 40 M10X100.....	26
Obr. 29 Velikost redukovaných napětí, při umístění hydromotoru uprostřed	27
Obr. 30 Velikost redukovaných napětí, při umístění hydromotoru uprostřed	28
Obr. 31 Velikost redukovaných napětí spodního příčnicku, při umístění hydromotoru uprostřed.....	28
Obr. 32 Velikost redukovaných napětí spodního příčnicku, při umístění hydromotoru na kraji	29
Obr. 33 Velikost redukovaných napětí tyče	29
Obr. 34 Bokorys uchycení přímočarého hydromotoru	30
Obr. 35 Simulace desky o tloušťce 30mm	31
Obr. 36 Sestava vrchní části posuvného uchycení	31
Obr. 37 Mechanické schéma navíjecího systému	32
Maximální zatížení lana uvažují lano 2 (Obr. 38):	33
Obr. 39 Schéma rozmístění lan	33
Obr. 40 Lano 1	33
Obr. 41 Lano 2	34
Obr. 42 Schéma obvodu	35

Seznam tabulek

Tab. 1: Parametry lisu Carmax [1]	4
Tab. 2: Parametry lisu Geko [2]	5
Tab. 3: Parametry lisu Holzman [3]	6
Tab. 4 Parametry dvourychlostního lisu Carmax 20T [4]	6
Tab. 5: Parametry lisu OMCN 156/ML [5]	7
Tab. 6 Parametry lisu CDCR	8
Tab. 7: Průběhy momentů v křivém prutu	15
Tab. 8: Průběhy momentů a sil	24



Seznam příloh

Příloha č. 1: Výkres sestavy (BP-2019-00)

Příloha č. 1: Kusovník (BP-2019-00-K)