



Středoškolská technika 2019

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

ZÁVĚSNÁ PLOŠINA

Ondřej Zedník, Petr Bužga, Jindřich Třaskoš

Střední průmyslová škola, Ostrava - Vítkovice, příspěvková organizace
Zengrova 1, 703 00 Ostrava - Vítkovice

Požadavky

Jako tým jsme si stanovili požadavky, které jsme se snažili dodržet nebo se k nim co nejvíce přiblížit.

Hmotnost

Přestože byla zadaná maximální hmotnost koše 3500 kilogramů, snažili jsme se docílit co nejnižší hmotnosti při zachování stanovené nosnosti 750 kg, jelikož bude nutno klec často přemísťovat. S použitím dutých hliníkových profilů a plechů jsme dosáhli celkové hmotnosti 420 kg. Díky této nízké hmotnosti je možno klec naložit i do dodávky a převézt kam je potřeba.

Snadná vyrobiteľnosť

Rozhodli jsme se používat co nejvíce normalizovaných částí, jak kvůli bezpečnosti, tak také pro jejich praktičnosť. Přehled použitých norem naleznete níže. Při konstruování jsme dbali na to, aby výroba nebyla příliš komplikovaná a náročná na použití strojních zařízení.

Velikost

Při konstruování klece jsme předpokládali o jejím využití dvěma pracovníky s veškerým potřebným náradím a měřicími přístroji. Zároveň jsme chtěli, aby byla kompaktní. Určili jsme si proto kompromis: šířku klece 1 metr a délku klece 2 metry.

Bezpečnosť

U závěsných košů je velmi důležité klást důraz na bezpečnosť. Jelikož norma, která se problematikou závěsných košů zabývá, ČSN EN 14502-1 (270138) Jeřáby - Zařízení pro zdvihání osob - Část 1: Závěsné koše, je pro nás nedostupná, postupovali jsme podle našeho nejlepšího uvážení, tak aby bylo používání koše maximálně bezpečné. Všechny součásti jsou dimenzovány s desetinásobnou bezpečností. Klec je dále vybavena vnitřním madlem, nesmekavou úpravou podlahy i zajištěním při použití vysokozdvíhacích vozíků (viz. 5.10 Oko k navařování). Klec má také střechu, jako ochranu pracovníků proti padajícím předmětům.

Parametry klece

Hmotnosť

Hmotnosť všech komponentů \cong 420 kg

Hmotnosť bez řetězů \cong 408 kg

Vnější rozměry

Výška \cong 2460 mm

Výška s řetězy \cong 3700mm

Délka \cong 2020mm

Šířka \cong 1020 mm

Užitná plocha

pracovní plocha \cong 1,3 m³

vyvýšení pracovní plochy od země \cong 255 mm

Světlá výška pracovního prostoru \cong 2200 mm

Nosnost

Nosnost s bezpečností 10 = **750 kg**

Materiály:

Materiál klece

Jako materiál hlavní klece byl zvolen hliník *EN AW-6082 T6* hlavně díky jeho hmotnosti, korozivzdornosti a výborné svařitelnosti. Jelikož má napětí na mezi elasticity 260 MPa je také velice pevný materiál. Byl proto velmi vhodným pro použití v naší kleci.

Tabulka 1 - složení materiálu EN AW-6082 T6

Hustota	Si		Fe	Cu	Mn		Mg		Cr	Zn	Ti	Ostatní
g/cm ³	Min	Max	Max	Max	Min	Max	Min	Max	Max	Max	Max	Min
2,7	0,7	1,3	0,5	0,1	0,4	1	0,6	1,2	0,25	0,2	0,1	0,15

Materiál slzičkového plechu

Slzičkový plech se vyrábí z hliníku *EN AW-5754*. Má vysokou odolnost vůči korozi a je vhodný ke svařování.

Tabulka 2 - složení materiálu EN AW-5754

Hustota	Si	Fe	Cu	Mn		Mg	Cr	Zn	Ti	
g/cm ³	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Max	Max	Max	Min
2,68	0,4	0,4	0,1	0,5	2,6	3,6	0,3	0,2	0,15	0,15

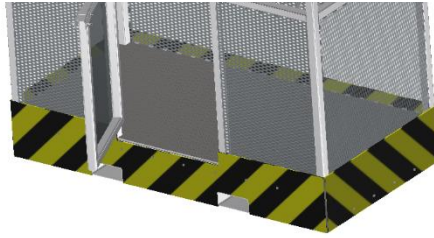
Materiál nosníků a plechů

Nosníky a plechy jsou vyrobeny z materiálu 11 523. Materiál nosníků byl volen podle strojírenských tabulek norma ČSN 42 5553. Má zaručenou svařitelnost a je vhodný pro mostní konstrukce.

Tabulka 3 - složení materiálu ČSN 11 523

hustota	c	Mn	Si	P	S	Al
g/cm ³	max.	max.	max.	max.	max.	max.
7,2	0,2	1,6	0,55	0,05	0,045	0,015

Pro ochranu proti korozi doporučujeme úpravu povrchu, například nátěr, nebo pozinkování.



Obrázek 1

Materiál závěsu

Zvolili jsme uhlíkovou konstrukční ocel 11 800, která je vhodná na strojní součásti s požadovanou vyšší pevností. Materiál byl zvolen kvůli vysoké mezi elasticity (345MPa) a jelikož bude součást obráběna na CNC, zvolili jsme tento materiál, protože má dobrou obrobiteľnosť 11b. Doporučujeme povrchovú úpravu kvôli ochrane proti korozi.

Materiály šroubů, matek a podložek



Kvôli odolnosti proti korozi *Obrázek 2*
volíme součásti

s povrchovou úpravou

- Šrouby se šestihrannou hlavou s částečným závitem - pozinkované DIN 931
- Podložky ploché DIN 125A nerez A2
- Matice DIN 934 nerez A2

Materiál distančních trubek

Zvolili jsme z oceli 11 353.1.

Doporučená povrchová úprava kvůli ochraně proti korozi.

Doporučené hodnoty svařovacích a dalších parametrů

Metoda svařování	TIG/WIG
Materiál	Hliník
Tloušťka materiálu	5 mm
Střídavý proud (AC)	165-195 A
Typy elektrod	WP - ZELENÁ, WZ3 -

	HNĚDÁ
Průměr elektrody	3,2 mm
Druh ochranného plynu	Argon
Průtok plynu	10 l/min
Počet vrstev sváru	1
Rychlost svařování	0,17 (m/min/vrstva)

Výpočty:

Výpočet nosníku na ohyb

Kvůli malé vzdálenosti mezi nosníky (100 mm) počítáme s dvojnásobným průřezovým modulem v ohybu

$$\sigma_0 = \frac{M_o}{2 \cdot W_o}$$

$$\sigma_{Do} = \sigma_{Dt} = \frac{Re}{i} * C_{II}$$

$$W_o = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H}$$

$$M_o = \frac{F \cdot l}{4}$$

Materiál 11 523

Re = 312 MPa

C_{III} (Oceli) = 0,65

I = 10

l = 2000 mm

F = 7500 N

B = 82 mm

H = 160 mm

b = 77 mm

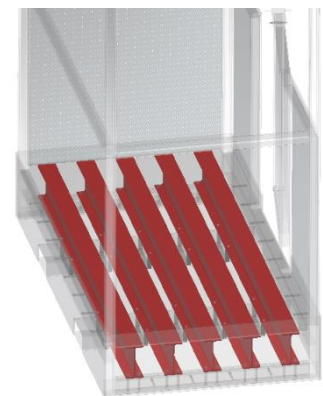
h = 145 mm

$$W_o = \frac{82 \cdot 160^3 - 77 \cdot 145^3}{6 \cdot 160} = 105341.5 \text{ mm}^3$$

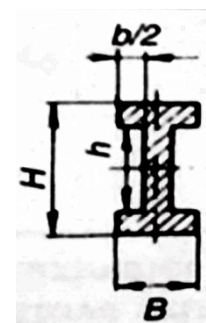
$$M_o = \frac{7500 \cdot 2000}{4} = 3750000 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_0 = \frac{105341.5}{2 \cdot 3750000} \cong 17,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Do} = \frac{312}{10} * 0,65 = 20,28 \text{ MPa}$$



Obrázek 3



Obrázek 4

Výpočet sloupků na tah

$$\sigma_t = \frac{F}{S}$$
$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{i} * C_{III}$$

Materiál EN AW-6082

$R_e = 260 \text{ MPa}$

$C_{III} \text{ (hliník)} = 0,50$

$i = 10$

$F = 7500 \text{ N}$

$S = 900 \text{ mm}^2$

$$\sigma_t = \frac{7500}{900} \cong 8,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{260}{10} * 0,5 = 13 \text{ Mpa}$$



Obrázek 5

Výpočet ohýbaných plechů

Materiál ocel 11 504

$R_e = 300 \text{ MPa}$

$F = 7500 \text{ N}$

$l = 1000 \text{ mm}$

$b = 7 \text{ mm}$

$h = 320 \text{ mm}$

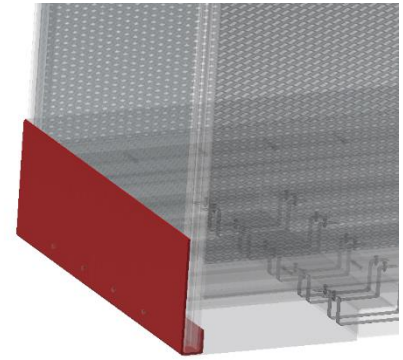
$$W_o = \frac{7 \cdot 320^2}{6} = 119466,6 \text{ mm}^3$$

$$M_o = \frac{7500 \cdot 1000}{4} = 1875000 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_o = \frac{1875000}{124918,5} \cong 15,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Do} = \frac{300}{10} * 0,65 = 19,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Do} > \sigma_o$$



Obrázek 6

Výpočet šroubů na smyk

$$\tau_s = \frac{F}{S * i}$$
$$S = \frac{\pi * d^2}{4} * a$$
$$\tau_{Ds} = 0,6 * \sigma_{Dt}$$

Materiál šroubu 8.8.

$$F = 7500N$$

$$D_3 = 6,4 \text{ mm}$$

$$e = 4$$

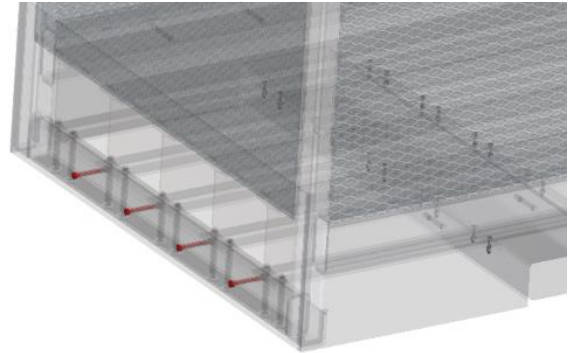
$$R_e = 640\text{Mpa}$$

$$S = \frac{\pi * 8^2}{4} * 4 \cong 128,5 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{7500}{128,5 * 4} \cong 14,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{640}{10} * 0,65 = 41,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ds} = 0,6 * 41,6 = 24,96 \text{ MPa}$$



Obrázek 7

Výpočet svaru

Z důvodu zjednodušení výpočtu si rozdělíme svary tak jako by byl plech uprostřed rozříznut a každý namáhán poloviční zátěží (3750 N)

Pevnostní výpočet koutového svaru konzoly zatížené kombinovaně

a) Smykové napětí rovnoběžné s průřezem svaru

$$T_{II} = \frac{F}{S_{SV}}$$

$$S_{SV} = 2 * a * l$$

b) Napětí kolmé průřezu svaru

$$T_{\perp} = \frac{Mo}{Wo}$$

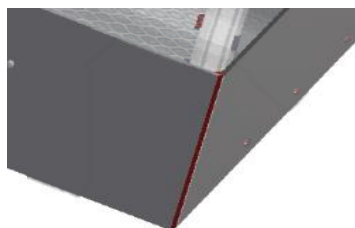
$$Mo = F * e$$

$$Wo = 2 * \frac{a * l^2}{6}$$

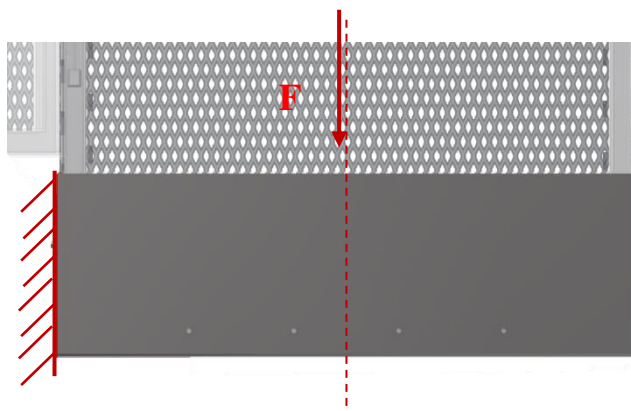
c) Napětí výsledné

$$T = \sqrt{T_{II}^2 + T_{\perp}^2}$$

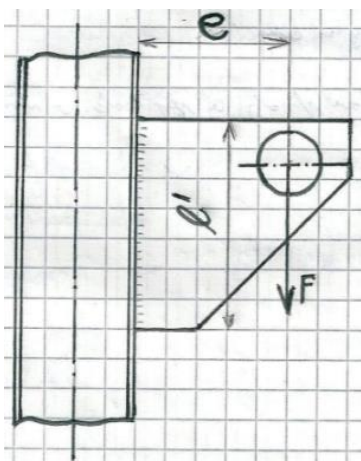
$$\tau_{DSV} = \alpha \cdot \sigma_D$$



Obrázek 8



Obrázek 9



$$\begin{aligned}F &= 3750 \text{ N} \\l &= 320 \text{ mm} \\a &= 5 \text{ mm} \\e &= 500 \text{ mm} \\\alpha &= 0,65 \\R_e &= 300 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$S_{sv} = 2 * 5 * 320 = 3200 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{II} = \frac{3750}{3200} \cong 1,17 \text{ MPa}$$

$$M_o = 3750 * 500 = 1875000 \text{ Nmm}$$

$$W_o = 2 * \frac{5 * 320^2}{6} \cong 170667 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{\perp} = \frac{1875000}{170667} \cong 11 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Sv} = \sqrt{1,17^2 + 11^2} = 11,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{DSv} = 0,65 * \frac{300}{10} * 0,65 = 12,675 \text{ MPa}$$

Výpočet kritického průřezu oka držáku na řetěz

$$\sigma_t = \frac{F}{S}$$

Materiál 11800

$R_e = 345 \text{ MPa}$

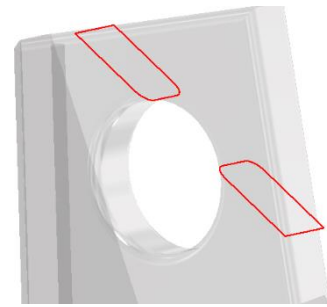
$S = 345 \text{ mm}^2$

$F = 7500 \text{ N}$

$i = 10$

$$\sigma_t = \frac{7500}{345} \cong 22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{360}{10} * 0,65 = 23,4 \text{ MPa}$$



Obrázek 10

Výpočet otláčení jeklu u závěsu

$$\sigma_o = \frac{F}{i * S}$$

$$S = d * t$$

$$i = 5$$

Materiál EN AW-6082

$$d = 12\text{mm}$$

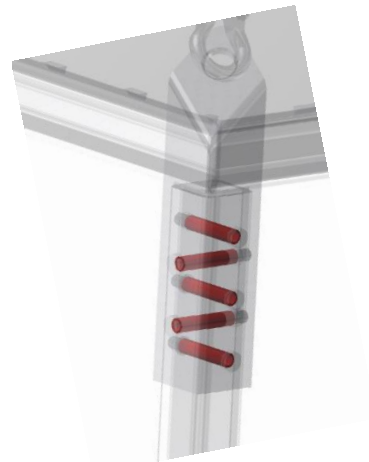
$$t = 2 * 5 = 10\text{mm}$$

$$F = 75000\text{N}$$

$$S = 12 * 10 = 120\text{mm}^2$$

$$\sigma_o = \frac{75000}{5 * 120} = 12,5\text{MPa}$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{260}{10} * 0,5 = 13\text{ Mpa}$$



Obrázek 11

Historie výpočtů

- σ_o = Napětí v ohybu [MPa]
 σ_{Do} = Napětí dovolené v ohybu [MPa]
 W_o = Moment průřezu v ohybu [mm³]
 M_o = Moment ohybu [Nmm]
 Re = mez kluzu [MPa]
 i = počet komponentů [1]
 l = délka [mm]
 F = síla [N]
 σ_t = napětí v tahu [MPa]
 σ_{Dt} = dovolené napětí v tahu [MPa]
 S = obsah plochy [mm²]
 τ_s = smykové namáhání [MPa]
 τ_{Ds} = Dovolené namáhání ve smyku [MPa]
 e = počet šroubů [1]
 τ_{sv} = smykové namáhání rovnoběžné s průřezem [MPa]
 \bar{S}_{sv} = obsah plochy svaru [mm²]
 T_{\perp} = smykové namáhání kolmé k průřezu [MPa]
 T_{\perp} = výsledné namáhání [MPa]
 T_{\perp} = dovolené výsledné namáhání [MPa]
 τ_{DSV} = koeficient zatížení [1]

Cenová kalkulace

Tabulka 4

řetěz	700 Kč
spojovací člen	1 900 Kč
závěsný člen	300 Kč
slzičkový plech	3 500 Kč
šrouby	1 200 Kč
matice	300 Kč
podložky	100 Kč
klec	9 400 Kč
držáky řetězů	3 000 Kč
elektroda 1500-d3,2mm	1 200 Kč
celkové mzdové náklady	10 000 Kč
ztráty 10%	3 500 Kč
Celková cena	35 000 Kč

Závěr

Po dlouhodobé práci, manipulaci a zatěžování může dojít k narušení styčných ploch. Z tohoto důvodu doporučujeme provádět revizi styčných ploch nesusoudých materiálů minimálně 1x za 2 roky a vizuální kontrolu všech styčných ploch nesusoudých materiálů před každým použitím.

Tento projekt byl časově náročný, ale i přes to jsme velmi rádi za účast v této soutěži. Závěsná klec byla složitá na vyprojektování, a to z důvodu, námi zvolené, desetinásobné bezpečnosti. Ale i přes tuto část zkoušek a kontrol jsme se přenesli a dokázali udělat plnohodnotnou sestavu závěsné klece, která je univerzálně použitelná pro jeřáby, závěsy bagrů ale i ližiny vysokozdvizných vozíků. Závěsná klec nám přinesla spoustu nových zkušeností a to hlavně v projektové dokumentaci.