



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

# DIFERENCIÁLNÍ KLADKOSTROJ

DIFFERENTIAL TACKLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

STANISLAV RADA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Stanislav Rada

kteřý/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Diferenciální kladkostroj**

v anglickém jazyce:

#### **Differential tackle**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte samosvorný diferenciální kladkostroj včetně nosné konstrukce dle zadaných parametrů.

Výška zdvihu            7000mm

Nosnost                    300kg

Cíle bakalářské práce:

Navrhnout samosvorný diferenciální kladkostroj s posouzením mezí a bezpečnosti samosvornosti. Navrhnout nosnou konstrukci, provést důležité pevnostní výpočty při zohlednění ruční obsluhy. Vypracovat technickou zprávu a nakreslit sestavný výkres zařízení včetně důležitých detailů.

Seznam odborné literatury:

1. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992.
2. Gere J.M. and Timoshenko: Mechanics of materials. Chapman and Hall. Third SI Edition, 1989, ISBN 55-503-79.
3. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004.
4. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.
5. Julina M., Řeřábek A.: Mechanika statika pro školu a praxi. Scientia s.r.o. Praha 2000. ISBN 80-7183-188-3.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 19.11.2012

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.

Děkan



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí samosvorného diferenciálního kladkostroje, který bude mít nosnost 300 kg a jeho maximální výška zdvihu bude 7000 mm. Náplní této práce je návrh samosvorného kladkostroje s posouzením mezí a bezpečnosti samosvornosti. Obsahuje provedení důležitých pevnostních výpočtů při zohlednění ruční obsluhy. K práci je přiložena výkresová dokumentace dle zadání.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Diferenciální kladkostroj, svařovaný řetěz, řetězové kolo, samosvornost, nosný rám

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design and construction of self-locking differential tackle, which will have a capacity of 300 kg and its Maximum lift height is 7000 mm. The aim of this work is to design self-locking tackle with an assessment of the limits of safety and self-locking. It contains important design strength calculations with special look on manual handling. Design documentation is included in this thesis.

## **KEYWORDS**

Differential tackle, welded chain, sprocket, self-locking, frame of tackles



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

RADA, S. *Diferenciální kladkostroj*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 44 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2013

.....

Stanislav Rada



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a nejbližším za podporu během mého studia.



## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| Úvod.....                                     | 10 |
| 1 Cíle práce.....                             | 11 |
| 2 Definice kladkostroje.....                  | 11 |
| 2.1 Rozdělení kladkostrojů.....               | 11 |
| 3 Diferenciální kladkostroj.....              | 12 |
| 3.1 Princip diferenciálního kladkostroje..... | 13 |
| 4 Konstrukce vlastního kladkostroje.....      | 14 |
| 4.1 Volba řetězu.....                         | 14 |
| 4.2 Řetězová kola.....                        | 14 |
| 4.2.1 Dvojité kolo.....                       | 15 |
| 4.2.2 Kladnice.....                           | 15 |
| 4.3 Čepy.....                                 | 15 |
| 4.3.1 Čep řetězového dvojkola.....            | 15 |
| 4.3.2 Čep kladnice.....                       | 16 |
| 4.3.3 Čep háku.....                           | 16 |
| 4.4 Ložiska.....                              | 16 |
| 4.4.1 Ložisko řetězového dvojkola.....        | 16 |
| 4.4.2 Ložisko kladnice.....                   | 17 |
| 4.5 Distanční kroužky.....                    | 17 |
| 4.6 Rám kladkostroje.....                     | 18 |
| 4.6.1 Horní díl rámu.....                     | 18 |
| 4.6.2 Spodní díl rámu.....                    | 18 |
| 4.7 Další prvky kladkostroje.....             | 19 |
| 4.7.1 Závěsný šroub s okem.....               | 19 |
| 4.7.2 Otočný hák.....                         | 19 |
| 5 Nosná konstrukce.....                       | 20 |
| 5.1 Otočné stěnové rameno.....                | 20 |
| 5.2 Úchyt.....                                | 20 |
| 6 Výpočet kladek.....                         | 21 |
| 6.1 Výpočet řetězového dvojitého kola.....    | 21 |
| 6.2 Výpočet řetězového kola kladnice.....     | 24 |
| 7 Řetěz.....                                  | 26 |
| 7.1 Délka řetězu.....                         | 26 |
| 7.2 Hmotnost řetězu.....                      | 26 |
| 7.3 Zatížení řetězu.....                      | 26 |





|      |  |    |
|------|--|----|
| 8    | Posouzení mezí a bezpečnosti samosvornosti ..... | 27 |
| 8.1  | Účinnost kladek .....                            | 27 |
| 8.2  | Podmínka samosvornosti .....                     | 28 |
| 8.3  | Bezpečnost samosvornosti .....                   | 28 |
| 8.4  | Ovládací síly .....                              | 29 |
| 8.5  | Účinnost kladkostroje .....                      | 29 |
| 8.6  | Silová rovnováha .....                           | 30 |
| 8.7  | Převodový poměr .....                            | 30 |
| 9    | Pevnostní kontrola čepů .....                    | 31 |
| 9.1  | Čep dvojitého kola .....                         | 32 |
| 9.2  | Čep kladnice .....                               | 33 |
| 9.3  | Čep 3 háku .....                                 | 35 |
| 10   | Pevnostní kontrola rámu kladkostroje .....       | 37 |
| 10.1 | Nosná část horního dílu .....                    | 37 |
| 10.2 | Nosná část spodního dílu .....                   | 38 |
|      | Závěr .....                                      | 40 |
|      | Seznam použitých zkratk a symbolů .....          | 42 |
|      | Seznam příloh .....                              | 44 |



## ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá diferenciálním kladkostrojem, který se svojí konstrukcí liší od klasických kladkostrojů. Jeho největší předností je samosvornost, která dává kladkostroji možnost zastavit během zdvihání břemene, které pak nezačne klesat. Tato vlastnost je důležitá pro bezpečnost práce. Samosvornost je podmíněna správnou konstrukcí a dodržením podmínek při návrhu. Na začátku mé práce je obecně definován kladkostroj. Dále práce pokračuje konstrukcí diferenciálního kladkostroje, jednotlivých částí a nakonec návrhem nosné konstrukce.



## 1 CÍLE PRÁCE

Navrhnout samosvorný diferenciální kladkostroj s posouzením mezí a bezpečnosti samosvornosti.

Navrhnout nosnou konstrukci.

Provést důležité pevnostní výpočty při zohlednění ruční obsluhy.

Vypracovat technickou zprávu.

Nakreslit sestavný výkres zařízení včetně důležitých detailů.

## 2 DEFINICE KLADKOSTROJE

Kladkostroj je mechanické zařízení, které pomocí dvou nebo i více kladek, umožňuje zvedat těžká břemena pomocí elektrické energie nebo ruční síly.

### 2.1 ROZDĚLENÍ KLADKOSTROJŮ

Podle konstrukce:

- a) Násobné (potenciální)
- b) Diferenciální (Westonův)
- c) Šroubové

Podle hnacího prvku:

- a) Lanové
- b) Řetězové

Podle ovládání:

- a) Ruční
- b) Elektrické



### 3 DIFERENCIÁLNÍ KLADKOSTROJ

Zvedací zařízení používané pro zvedání těžkých břemen. Kladkostroj používá uzavřený článkový řetěz, který je zároveň řetězem nosným, tak i poháněcím. V horní zavěšené kladnici je řetězová dvojitá kladka s různými průměry. V jeho spodní kladnici je pouze jedna kladka, která nemá ozubení. Může být ovládán jak lidskou silou, tak elektrickým pohonem. [1]



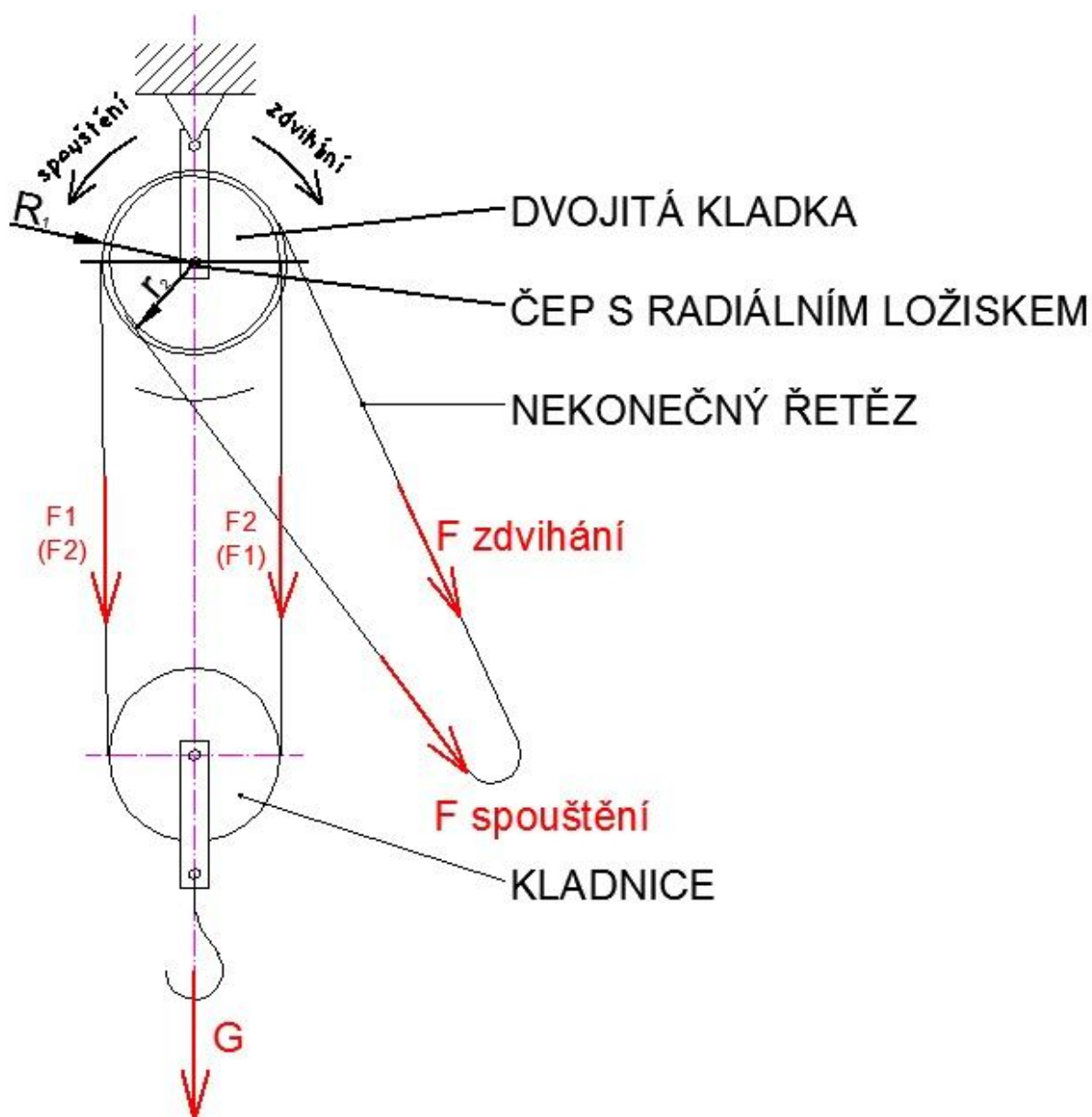
*Obr. 3.1: Diferenciální kladkostroj.*

### 3.1 PRINCIP DIFERENCIÁLNÍHO KLADKOSTROJE

Dvojitá kladka, která se otáčí jako jeden celek je složena z větší kladky o poloměru  $R_1$  s počtem zubů  $z_1$  a menší kladky o poloměru  $r_2$  a počtem zubů  $z_2$ .

Zatáhneme-li ve směru síly  $F$  o dráhu  $s = 2\pi R_1$ , dvojkladka se pootočí o  $360^\circ$  a oblouk lana, na kterém visí kladnice se zkrátí o  $2\pi R_1 - 2\pi r_2$ .

Protože jsou nosné průřezy lana dva, břemeno  $G$  se zvedne o  $\frac{1}{2}(2\pi R_1 - 2\pi r_2)$ . [2]



Obr. 3.2: Schéma kladkostroje s popisem.



## 4 KONSTRUKCE VLASTNÍHO KLADKOSTROJE

### 4.1 VOLBA ŘETĚZU

ŘETĚZ 6×18 – ČSN EN 818 – 2

Jedná se o řetěz pro účely zdvihání jakosti 80. Řetěz je dlouhý 30,4 m a je provedený jako nekonečná smyčka. Řetěz plní úlohu nosnou, tak i ovládací. Výrobce řetězu je firma Řetězárna a.s.

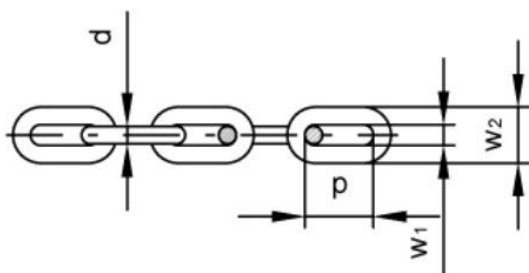
Parametry řetězu: tloušťka článku řetězu  $d_t = 6$  mm

rozteč řetězu  $p = 18$  mm

šířka řetězu  $b = 22,2$  mm

horní úchylka rozteče řetězu  $\Delta p = 0,5$  mm

hmotnost řetězu na jeden metr  $m_{f1} = 0,8$  kg



Obr. 4.1: Schéma řetězu [6]

| Řetězy pro účely zdvihání ČSN EN 818-2, jakost 80 |        |         |        |          |         |          |        |
|---|--------|---------|--------|----------|---------|----------|--------|
| tloušťka  | rozteč | šířka   |        | hmotnost | nosnost | zatížení |        |
|   |        | vnitřní | vnější |          |         | zkušební | trhací |
| d   | p      | w1 min  | w2 max | kg/m     | kg      | kN       | kN     |
| mm  | mm     | mm      | mm     | kg/m     | kg      | kN       | kN     |
| 6   | 18     | 7,8     | 22,2   | 0,8      | 1 120   | 28,3     | 45,2   |

Obr. 4.2: Tabulka hodnot k řetězu [6]

### 4.2 ŘETĚZOVÁ KOLA



Obr. 4.3: Dvojité kolo.



Obr. 4.4: Kladnice.



#### 4.2.1 DVOJITÉ KOLO

Řetězové dvojkolo pro svařované řetězy bylo spočítáno dle ČSN 01 4805 z hodnot zvoleného řetězu a počtu zubů. Počet zubů jednotlivých kol byl volen s ohledem na dodržení samosvornosti. Řetězové dvojitě kolo je vyrobeno odléváním ze šedé litiny.

Materiál dvojitěho kola: 0.6020 (ČSN 42 2420)

Počet zubů: větší kolo  $z_A = 20$

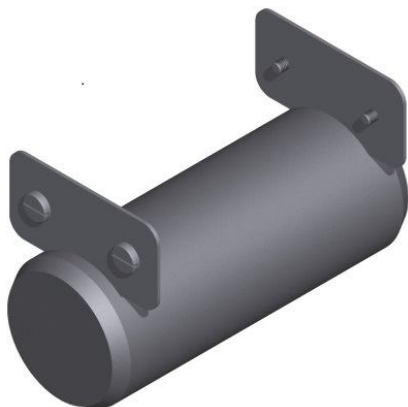
menší kolo  $z_B = 19$

#### 4.2.2 KLADNICE

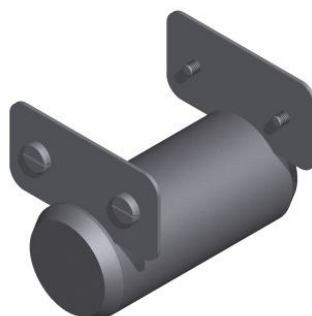
Řetězové kolo kladnice je bez zubů a rovněž je vyrobeno odléváním ze šedé litiny.

Materiál kola: 0.6020 (ČSN 42 2420)

### 4.3 ČEPY



Obr. 4.5: Čep dvojkola.



Obr. 4.6: Čep kladnice.



Obr. 4.7: Čep háku.

#### 4.3.1 ČEP ŘETĚZOVÉHO DVOJKOLA

ČEP 40×100 A ISO 2340

Čep spojuje horní díl kladkostroje s dvojitým kolem. Je vybaven dvěma drážkami a dvěma destičkami se čtyřmi šrouby M3×4 ČSN EN ISO 1207 pro aretaci čepu proti pootočení i vysunutí.

Materiál: 10S20 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0721 dle ČSN EN 10 027-2 (automatová ocel)

Parametry čepu: průměr  $d_{\text{č1}} = 40$  mm

délka 100 mm



### 4.3.2 ČEP KLADNICE

ČEP 30×65 A ISO 2340

Čep spojuje spodní díl kladkostroje s kladnicí. Rovněž je vybaven dvěma drážkami, dvěma destičkami a čtyřmi šrouby M3×4 ČSN EN ISO 1207 pro aretaci čepu proti pootočení i vysunutí.

Materiál: 10S20 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0721 dle ČSN EN 10 027-2 (automatová ocel)

Parametry čepu: průměr  $d_{\epsilon 2} = 30$  mm

délka 65 mm

### 4.3.3 ČEP HÁKU

ČEP 20×40 A ISO 2341

Čep slouží k upevnění háku na spodním dílu kladkostroje. Je vybaven drážkou pro pojistný kroužek a pojistným kroužkem 20 ČSN 02 2930 pro axiální zajištění čepu.

Materiál: 10S20 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0721 dle ČSN EN 10 027-2 (automatová ocel)

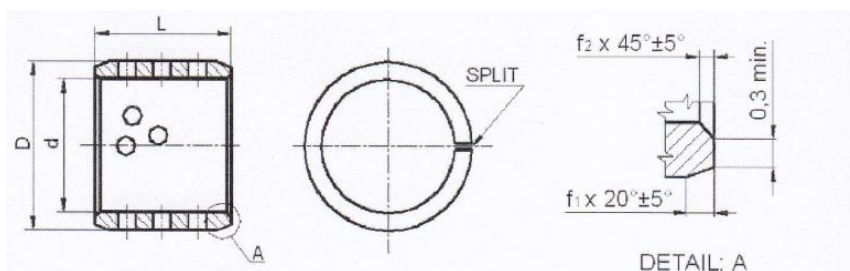
Parametry čepu: průměr  $d_{\epsilon 2} = 20$  mm

délka 40 mm

## 4.4 LOŽISKA

Celobronzová zakružovaná pouzdra s otvory.

Materiál: CuSn8



Obr. 4.8: Schéma pouzdra.[7]



Obr. 4.9: Pouzdro.[7]

### 4.4.1 LOŽISKO ŘETĚZOVÉHO DVOJKOLA

B92 – 4060

Ložisko zajišťuje rotaci dvojkola na čepu, který je pevně uložen v horním dílu kladkostroje.

Parametry ložiska: vnitřní průměr 40 mm

vnější průměr: 44 mm

délka: 60 mm





#### 4.4.2 LOŽISKO KLADNICE

B92 – 3030

Ložisko zajišťuje rotaci kladnice na čepu, který je pevně uložen ve spodním dílu kladkostroje.

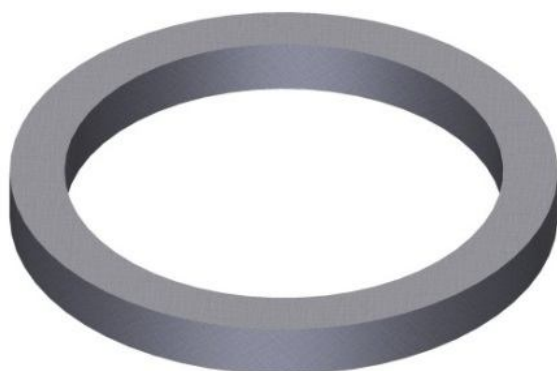
Parametry ložiska: vnitřní průměr 30 mm

vnější průměr: 34 mm

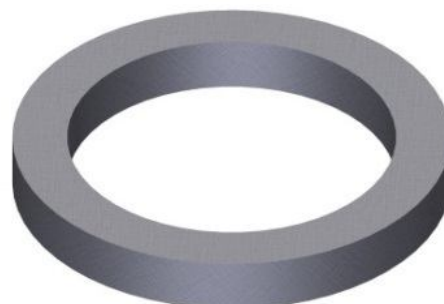
délka: 30 mm

#### 4.5 DISTANČNÍ KROUŽKY

Úkolem distančních kroužků je vymezení vůlí a ustředění kladek v rámu kladkostroje. Větší kroužek je do horního dílu a menší do spodního dílu kladkostroje. Distanční kroužky jsou zhotoveny laserovým vypalováním do plechu ČSN 42 5310 o tloušťce 5 mm.



*Obr. 4.10: Větší kroužek.*



*Obr. 4.11: Menší kroužek.*

Materiál: S235JRD1 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0028 dle ČSN EN 10 027-2

Parametry většího kroužku: vnitřní průměr 40 mm

vnější průměr 50 mm

tloušťka 5 mm

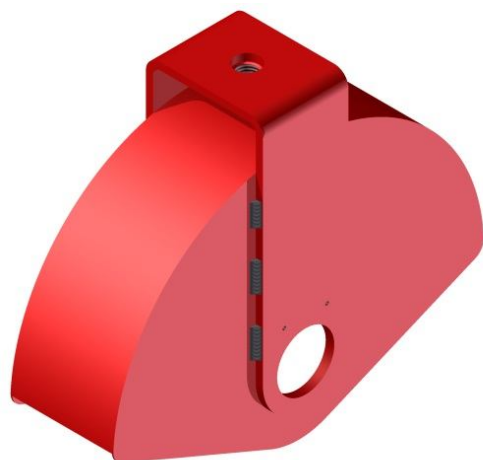
Parametry menšího kroužku: vnitřní průměr 30 mm

vnější průměr 40 mm

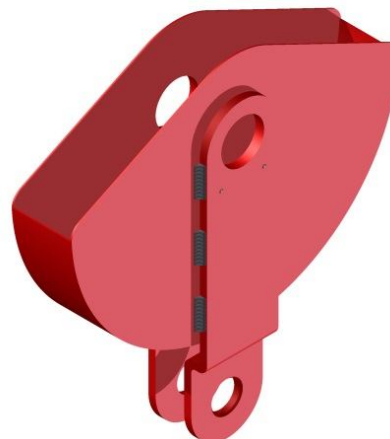
tloušťka 5 mm



## 4.6 RÁM KLADKOSTROJE



Obr. 4.12: Horní díl rámu.



Obr. 4.13: Spodní díl rámu.

### 4.6.1 HORNÍ DÍL RÁMU

Horní rám byl navržen jako svařenec skládající se z nosné části a krytování, jejímž účelem je zabránění vyskočení řetězu z dvojitého kola a ochrana před nečistotami. Dále byla k rámu přivařena matice M24×2 ČSN EN ISO 4034 pro upevnění závěsného šroubu s okem. Oko se zajistí proti povolení lepením. V rámu jsou čtyři díry se závity M3 pro aretaci čepu. Svařitelnost materiálu rámu je zaručena. Jednotlivé části svařence se vyrobí laserovým vypalováním a následným ohýbáním.

Materiál: S235JRD1 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0028 dle ČSN EN 10 027-2

Nosná část: Plech ČSN 42 5310 o tloušťce 5mm

Krytování: Plech ČSN 42 5301 o tloušťce 1mm

### 4.6.2 SPODNÍ DÍL RÁMU

Spodní rám byl navržen stejně jako horní díl kladkostroje. Skládá se z nosné části a krytování. V nosné části je díra pro čep na hák s okem. V rámu jsou rovněž čtyři díry se závity M3 pro aretaci čepu kladnice. Spodní díl je ze stejného materiálu jako horní díl a shodná je i technologie výroby.

Materiál: S235JRD1 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0028 dle ČSN EN 10 027-2

Nosná část: Plech ČSN 42 5310 o tloušťce 5mm

Krytování: Plech ČSN 42 5301 o tloušťce 1mm



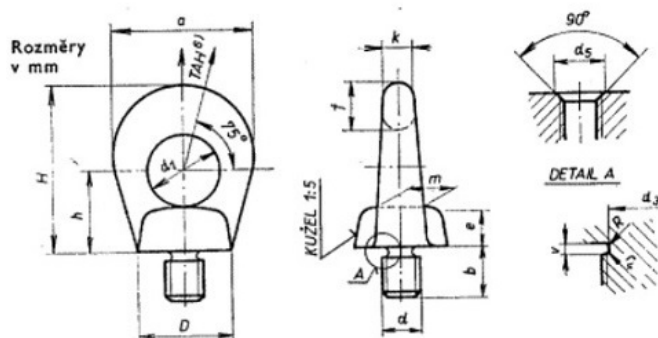
## 4.7 DALŠÍ PRVKY KLADKOSTROJE

### 4.7.1 ZÁVĚSNÝ ŠROUB S OKEM

ŠROUB M24 ČSN 02 1369

Závěsný šroub s okem je umístěn v horním dílu kladkostroje. Slouží k zavěšení celého kladkostroje na nosné konstrukci. Šroub je zajištěn lepením proti povolení.

Maximální zatížení závěsného šroubu: 900 kg



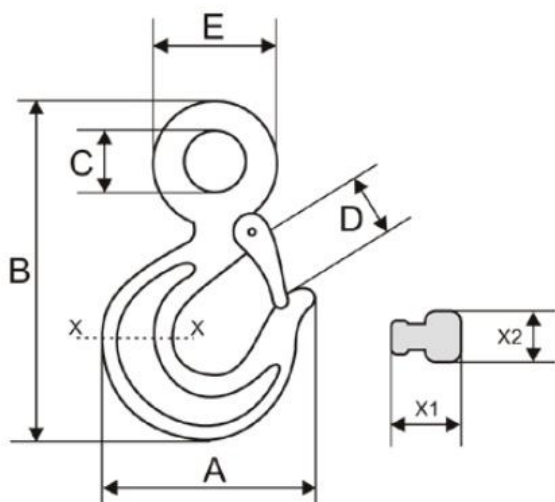
Obr. 4.14: Schéma šroubu s okem. [8]

### 4.7.2 OTOČNÝ HÁK

Pro kladkostroj byl zvolen kovaný hák s okem a pojistkou proti vyháknutí břemene. Hák je umístěn ve spodním dílu kladkostroje a slouží k zavěšování břemen.

Označení háku: 1,0

Maximální zatížení háku: 1000 kg



| Hák s okem a pojistkou T5 |                   |              |     |    |    |    |                |            |
|---------------------------|-------------------|--------------|-----|----|----|----|----------------|------------|
| Označení                  | Označení pojistky | Rozměry v mm |     |    |    |    | Hmotnost kg/ks | Nosnost kg |
|                           |                   | A            | B   | C  | D  | E  |                |            |
| 0,8                       | #05               | 75           | 110 | 19 | 27 | 38 | 0,28           | 800        |
| 1,0                       | #15               | 81           | 126 | 23 | 28 | 46 | 0,39           | 1 000      |

Obr. 4.15: Schéma otočného háku. [6]

Obr. 4.16: Tabulka hodnot pro otočný hák. [6]



## 5 NOSNÁ KONSTRUKCE

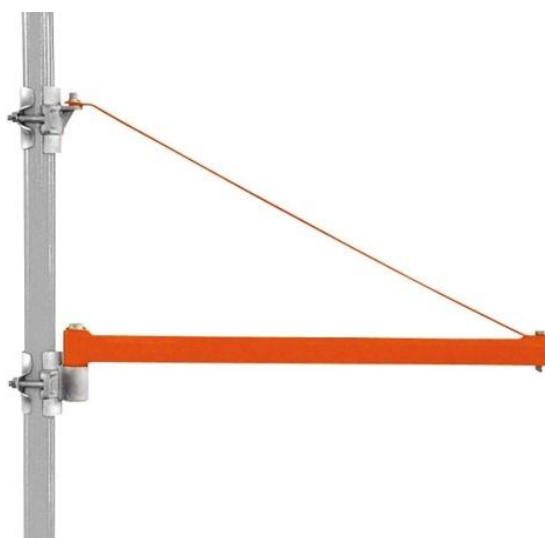
### 5.1 OTOČNÉ STĚNOVÉ RAMENO

Zvolil jsem jednoduché otočné rameno s uchycením na trubku od firmy Unicraft. Rameno s kladkostrojem se například může používat na stavbách, protože lze jednoduše upnout na lešení nebo jakoukoli jinou trubku. Lze na něj upnout jakýkoliv ruční nebo elektrický kladkostroj.

Model: WSA 1000-750

Maximální zatížení ramene: 1000 kg

Délka ramene: 750 mm



*Obr. 5.1: Otočné stěnové rameno. [9]*

### 5.2 ÚCHYT

K upnutí kladkostroje na otočné stěnové rameno poslouží úchyt na trubku s karabinou.



*Obr. 5.2: Úchyt na trubku.[10]*



## 6 VÝPOČET KLADEK

### 6.1 VÝPOČET ŘETĚZOVÉHO DVOJITÉHO KOLA

Výpočet proveden dle ČSN 01 4805 [5]

Průměr roztečné kružnice D: pro větší kolo  $D_A$

pro menší kolo  $D_B$

$$D = \sqrt{\left(\frac{p}{\sin\left(\frac{90^\circ}{z}\right)}\right)^2 + \left(\frac{d_t}{\cos\left(\frac{90^\circ}{z}\right)}\right)^2} \text{ [mm]} \quad (6.1)$$

$$D_A = \sqrt{\left(\frac{18}{\sin\left(\frac{90^\circ}{20}\right)}\right)^2 + \left(\frac{6}{\cos\left(\frac{90^\circ}{20}\right)}\right)^2}$$

$$D_A = 229,5 \text{ mm}$$

$$D_B = \sqrt{\left(\frac{18}{\sin\left(\frac{90^\circ}{19}\right)}\right)^2 + \left(\frac{6}{\cos\left(\frac{90^\circ}{19}\right)}\right)^2}$$

$$D_B = 218,1 \text{ mm}$$

Průměr hlavové kružnice  $D_1$ : pro větší kolo  $D_{1A}$

pro menší kolo  $D_{1B}$

$$D_1 = D + 1,5 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.2)$$

$$D_{1A} = 229,5 + 1,5 \cdot 6$$

$$D_{1A} = 238,5 \text{ mm}$$

$$D_{1B} = 218,1 + 1,5 \cdot 6$$

$$D_{1B} = 227,1 \text{ mm}$$

Vzdálenost lůžka od středu kola k: pro větší kolo  $k_A$

pro menší kolo  $k_B$

$$k = 0,5 \cdot \left( p \cdot \cot \frac{90^\circ}{z} - d_t \cdot \tan \frac{90^\circ}{z} \right) - 0,5 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.3)$$



$$k_A = 0,5 \cdot \left( 18 \cdot \cot \frac{90^\circ}{20} - 6 \cdot \tan \frac{90^\circ}{20} \right) - 0,5 \cdot 6$$

$$k_A = 111,1 \text{ mm}$$

$$k_B = 0,5 \cdot \left( 18 \cdot \cot \frac{90^\circ}{19} - 6 \cdot \tan \frac{90^\circ}{19} \right) - 0,5 \cdot 6$$

$$k_B = 105,4 \text{ mm}$$

Dolní průměr drážky  $D_2$ : pro větší kolo  $D_{2A}$

pro menší kolo  $D_{2B}$

$$D_2 = (2 \cdot k) - b \text{ [mm]} \quad (6.4)$$

$$D_{2A} = (2 \cdot 111,1) - 22,2$$

$$D_{2A} = 200 \text{ mm}$$

$$D_{2B} = (2 \cdot 105,4) - 22,2$$

$$D_{2B} = 188,6 \text{ mm}$$

Vzdálenost středů oblouků lůžka  $h$ : pro větší kolo  $h_A$

pro menší kolo  $h_B$

$$h = p + (2 \cdot d_t) - b \text{ [mm]} \quad (6.5)$$

$$h_A = 18 + (2 \cdot 6) - 22,2$$

$$h_A = 7,8 \text{ mm}$$

$$h_B = 18 + (2 \cdot 6) - 22,2$$

$$h_B = 7,8 \text{ mm}$$

Vůle v lůžku  $v$ : pro větší kolo  $v_A$

pro menší kolo  $v_B$

$$v = 3 \cdot \Delta p \text{ [mm]} \quad (6.6)$$

$$v_A = 3 \cdot 0,5$$

$$v_A = 1,5 \text{ mm}$$

$$v_B = 3 \cdot 0,5$$

$$v_B = 1,5 \text{ mm}$$



Šířka drážky  $c$ : pro větší kolo  $c_A$

pro menší kolo  $c_B$

$$c = 1,25 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.7)$$

$$c_A = 1,25 \cdot 6$$

$$c_A = 7,5 \text{ mm}$$

$$c_B = 1,25 \cdot 6$$

$$c_B = 7,5 \text{ mm}$$

Šířka věnce  $s$ : pro větší kolo  $s_A$

pro menší kolo  $s_B$

$$s = b + (1,2 \text{ až } 2) \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.8)$$

$$s_A = 22,2 + (1,2 \text{ až } 2) \cdot 6$$

$$s_A = 29,4 \text{ až } 34,2 \text{ mm}$$

$$s_A = 30 \text{ mm}$$

$$s_B = 22,2 + (1,2 \text{ až } 2) \cdot 6$$

$$s_B = 29,4 \text{ až } 34,2 \text{ mm}$$

$$s_B = 30 \text{ mm}$$

Poloměr oblouků lůžka  $R_1$ : pro větší kolo  $R_{1A}$

pro menší kolo  $R_{1B}$

$$R_1 = 0,5 \cdot (b - d_t) + v \text{ [mm]} \quad (6.9)$$

$$R_{1A} = 0,5 \cdot (22,2 - 6) + 1,5$$

$$R_{1A} = 9,6 \text{ mm}$$

$$R_{1B} = 0,5 \cdot (22,2 - 6) + 1,5$$

$$R_{1B} = 9,6 \text{ mm}$$

Patní poloměr zubu  $R_2$ : pro větší kolo  $R_{2A}$

pro menší kolo  $R_{2B}$

$$R_2 = 0,5 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.10)$$



$$R_{2A} = 0,5 \cdot 6$$

$$R_{2A} = 3 \text{ mm}$$

$$R_{2B} = 0,5 \cdot 6$$

$$R_{2B} = 3 \text{ mm}$$

Hlavový poloměr zubu  $R_3$ : pro větší kolo  $R_{3A}$

pro menší kolo  $R_{3B}$

$$R_3 = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot z} - (1,5 \cdot d_t + 2 \cdot v) [\text{mm}] \quad (6.11)$$

$$R_{3A} = \frac{\pi \cdot 229,5}{2 \cdot 20} - (1,5 \cdot 6 + 2 \cdot 1,5)$$

$$R_{3A} = 6 \text{ mm}$$

$$R_{3B} = \frac{\pi \cdot 218,1}{2 \cdot 19} - (1,5 \cdot 6 + 2 \cdot 1,5)$$

$$R_{3B} = 6 \text{ mm}$$

## 6.2 VÝPOČET ŘETĚZOVÉHO KOLA Kladnice

Roztečný průměr kladnice zvolen  $D_{KL}$

$$D_{KL} = 200 \text{ mm}$$

Průměr hlavové kružnice kladnice  $D_{1KL}$

$$D_1 = D + 1,5 \cdot d_t [\text{mm}] \quad (6.2)$$

$$D_{1KL} = 200 + 1,5 \cdot 6$$

$$D_{1KL} = 209 \text{ mm}$$

Vzdálenost lůžka od středu kola  $k_{KL}$

$$k_{KL} = \frac{D_{kl} - d_t}{2} [\text{mm}] \quad (6.3)$$

$$k_{KL} = \frac{200 - 6}{2}$$

$$k_{KL} = 97 \text{ mm}$$





Dolní průměr drážky kladnice  $D_{2KL}$

$$D_2 = (2 \cdot k) - b [mm] \quad (6.4)$$

$$D_{2KL} = (2 \cdot 97) - 22,2$$

$$D_{2KL} = 171,8mm$$

Vůle v lůžku kladnice  $v_{KL}$

$$v = 3 \cdot \Delta p [mm] \quad (6.5)$$

$$v_{KL} = 3 \cdot 0,5$$

$$v_{KL} = 1,5mm$$

Šířka drážky  $c_{KL}$

$$c_{KL} = 1,25 \cdot d_t [mm] \quad (6.6)$$

$$c_{KL} = 1,25 \cdot 6$$

$$c_{KL} = 7,5mm$$

Šířka věnce  $s_{KL}$

$$s = b + (1,2 \text{ až } 2) \cdot d_t [mm] \quad (6.7)$$

$$s_{KL} = 22,2 + (1,2 \text{ až } 2) \cdot 6$$

$$s_{KL} = 29,4 \text{ až } 34,2 \text{ mm}$$

$$s_{KL} = 30 \text{ mm}$$



## 7 ŘETĚZ

### 7.1 DÉLKA ŘETĚZU

Výška zdvihu

$$h_1 = 7000 \text{ mm}$$

Délka řetězu  $l_{\check{r}}$

$$l_{\check{r}} = (4 \cdot h_1) + \left[ \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \left( 2 \cdot \pi \frac{D_A}{2} \right) \right] [m] \quad (7.1)$$

$$l_{\check{r}} = (4 \cdot 7) + \left[ \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \left( 2 \cdot \pi \frac{229,5}{2} \right) \right]$$

$$l_{\check{r}} = 30,4 \text{ m}$$

### 7.2 HMOTNOST ŘETĚZU

Hmotnost řetězu  $m_{\check{r}}$

$$m_{\check{r}} = l_{\check{r}} \cdot m_{\check{r}1} [kg] \quad (7.2)$$

$$m_{\check{r}} = 30,4 \cdot 0,8$$

$$m_{\check{r}} = 24,3 \text{ kg}$$

### 7.3 ZATÍŽENÍ ŘETĚZU

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost řetězu

$$m_{\check{r}} = 24,3 \text{ kg}$$

Hmotnost spodního dílu kladkostroje

$$m_s = 6,9 \text{ kg}$$

Síla na řetěz  $F_{\check{r}}$

$$F = m \cdot g [N] \quad (7.3)$$

$$F_{\check{r}} = g \cdot (m + m_{\check{r}} + m_s) [N]$$

$$F_{\check{r}} = 9,81 \cdot (300 + 24,3 + 6,9)$$

$$F_{\check{r}} = 3247,9 \text{ N}$$



## 8 POSOUZENÍ MEZÍ A BEZPEČNOSTI SAMOSVORNOSTI

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Součinitel tření kluzného              | $f = 0,1$                        |
| Součinitel čepového tření              | $f_{\check{c}} = 0,08$           |
| Průměr řetězu                          | $d_t = 6 \text{ mm}$             |
| Poloměr čepu dvojité kladky            | $r_{\check{c}1} = 20 \text{ mm}$ |
| Poloměr čepu kladnice                  | $r_{kl} = 15 \text{ mm}$         |
| Poloměr roztečné kružnice většího kola | $R_A = 115 \text{ mm}$           |
| Poloměr roztečné kružnice menšího kola | $R_B = 109 \text{ mm}$           |
| Poloměr roztečné kružnice kladnice     | $R_{KL} = 100 \text{ mm}$        |

### 8.1 ÚČINNOST KLADEK

Účinnost dvojkola: pro větší kolo  $\eta_{1A}$

pro menší kolo  $\eta_{1B}$

$$\eta_{1A} = \frac{R}{R + f \cdot d_t + 2 \cdot f_{\check{c}} \cdot r} [-] \quad (8.1)$$

$$\eta_{1A} = \frac{115}{115 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 0,08 \cdot 20}$$

$$\eta_{1A} = 0,966$$

$$\eta_{1B} = \frac{109}{109 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 0,08 \cdot 20}$$

$$\eta_{1B} = 0,968$$

Účinnost dvojkladky  $\eta_1$

Výpočet účinnosti dvojkladky je nepřesný z důvodu dvojího výskytu čepového tření na jedné kladce. Pro naše účely však dostačující.

$$\eta_1 = \eta_{1A} \cdot \eta_{1B} [-] \quad (8.2)$$

$$\eta_1 = 0,966 \cdot 0,968$$

$$\eta_1 = 0,935$$



Účinnost kladnice  $\eta_{kl}$

$$\eta_{kl} = \frac{R}{R + f \cdot d_t + 2 \cdot f_{\xi} \cdot r} [-] \quad (8.1)$$

$$\eta_{kl} = \frac{100}{115 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 0,08 \cdot 15}$$

$$\eta_{kl} = 0,971$$

## 8.2 PODMÍNKA SAMOSVORNOSTI

$$\eta_1 \cdot \eta_{1kl} \leq \frac{z_B}{z_A} \quad (8.2)$$

$$0,935 \cdot 0,971 \leq \frac{19}{20}$$

$$0,908 \leq 0,95$$

Podmínka samosvornosti splněna, kladkostroj je samosvorný.

## 8.3 BEZPEČNOST SAMOSVORNOSTI

Bezpečnost samosvornosti  $k_s$

$$k_s = \frac{\sqrt{\frac{z_B}{z_A}}}{\sqrt{\frac{11}{12}}} [-] \quad (8.3)$$

$$k_s = \frac{\sqrt{\frac{19}{20}}}{\sqrt{\frac{11}{12}}}$$

$$k_s = 1.018$$

Bezpečnost vyšla malá, ve výpočtu nejsou zahrnuty ztráty třením. Ve skutečnosti je bezpečnost vyšší.



## 8.4 OVLÁDACÍ SÍLY

Teoretická síla zvedání beze ztrát  $F_{ZT}$

$$F_{ZT} = \frac{F_{\check{r}}}{2} \cdot \left(1 - \frac{R_B}{R_A}\right) [N] \quad (8.4)$$

$$F_{ZT} = \frac{3247,9}{2} \cdot \left(1 - \frac{109}{115}\right)$$

$$F_{ZT} = 81 \text{ N}$$

Skutečná síla zvedání  $F_Z$

$$F_Z = \frac{F_{\check{r}}}{2} \cdot \frac{\eta_1}{1 + \eta_1} \cdot \left(\frac{\eta_1}{\eta_1^2} - \frac{R_B}{R_A}\right) [N] \quad (8.5)$$

$$F_Z = \frac{3247,9}{2} \cdot \frac{0,935}{1 + 0,935} \cdot \left(\frac{0,935}{0,935^2} - \frac{109}{114,8}\right)$$

$$F_Z = 93,4 \text{ N}$$

Spouštěcí síla  $F_S$

$$F_S = \frac{F_{\check{r}}}{2} \cdot \frac{\eta_1}{1 + \eta_1} \cdot \left(\frac{\eta_1}{\eta_1^2} - \frac{R_A}{R_B}\right) [N] \quad (8.6)$$

$$F_S = \frac{3247,9}{2} \cdot \frac{0,935}{1 + 0,935} \cdot \left(\frac{0,935}{0,935^2} - \frac{114,8}{109}\right)$$

$$F_S = 71,1 \text{ N}$$

## 8.5 ÚČINNOST KLDKOSTROJE

$$\eta = \frac{F_{ZT}}{F_Z} (-) \quad [8.7]$$

$$\eta = \frac{81}{93,4}$$

$$\eta = 0.867$$



## 8.6 SILOVÁ ROVNOVÁHA

Síla v prvním navíjeném pramenu řetězu  $F_1$

$$F_1 = \frac{F_{\check{r}}}{1 + \eta_1} [N] \quad (8.8)$$

$$F_1 = \frac{3247,9}{1 + 0,935}$$

$$F_1 = 1678,5 [N]$$

Síla v druhém odvíjeném pramenu řetězu  $F_2$

$$F_2 = \frac{F_{\check{r}} \cdot \eta_1}{1 + \eta_1} [N] \quad (8.9)$$

$$F_2 = \frac{3247,9 \cdot 0,935}{1 + 0,935}$$

$$F_2 = 1569,4 \text{ N}$$

## 8.7 PŘEVODOVÝ POMĚR

Převodový poměr  $i_K$

$$i_K = \frac{F_{\check{r}}}{F_{ZT}} = \frac{2 \cdot D_A}{D_A - D_B} [-] \quad (8.10)$$

$$i_K = \frac{3247,9}{81} = \frac{2 \cdot 229,5}{229,5 - 218,1}$$

$$i_K = 40,1$$



## 9 PEVNOSTNÍ KONTROLA ČEPŮ

Mez pevnosti

$$R_m = 375 \text{ MPa}$$

Mez kluzu

$$R_e = 216 \text{ MPa}$$

Bezpečnost vzhledem k ruční obsluze

$$k_n = 4$$

Míjivé zatížení

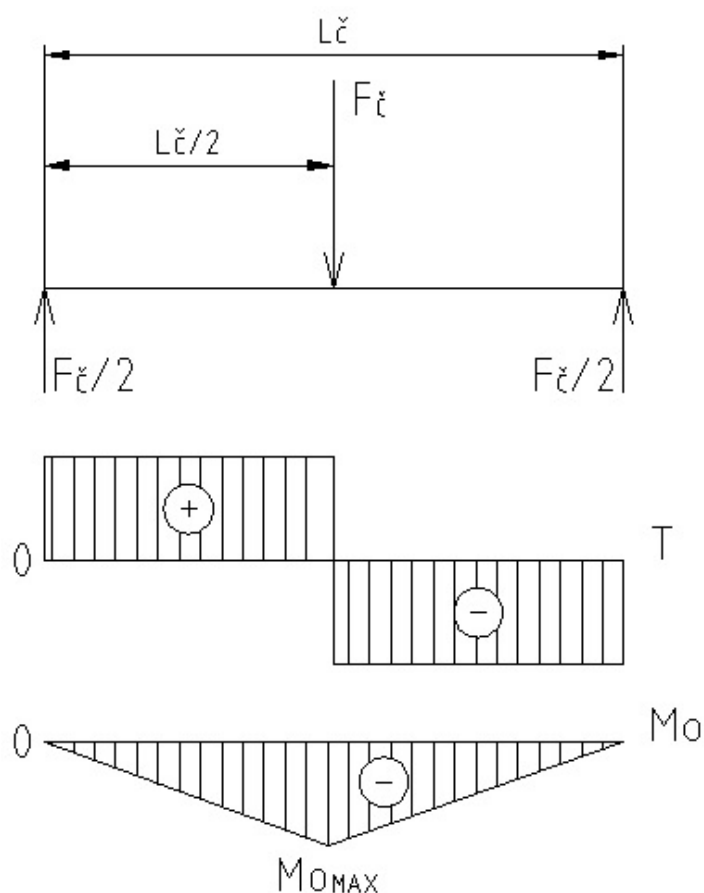
$$c_{II} = 0,8$$

Dovolené napětí v tlaku  $\sigma_{Dd}$

$$\sigma_{Dd} = \frac{0,6 \cdot R_m}{k_n} \cdot c_{II} [\text{MPa}] \quad (9.1)$$

$$\sigma_{Dd} = \frac{0,6 \cdot 375}{4} \cdot 0,8$$

$$\sigma_{Dd} = 45 \text{ MPa}$$



Obr. 9.1: Průběh posouvajících sil a ohybového momentu u čepů



## 9.1 ČEP DVOJITÉHO KOLA

Průměr čepu  $d_{\check{c}1} = 40 \text{ mm}$

Výpočtová délka čepu  $l_{\check{c}1} = 77 \text{ mm}$

Síla na čep  $F_{\check{c}1}$

Nosnost kladkostroje  $m = 300 \text{ kg}$

Hmotnost řetězu  $m_{\check{r}} = 24,3 \text{ kg}$

Hmotnost spodního dílu kladkostroje  $m_s = 6,9 \text{ kg}$

Hmotnost dvojitého kola  $m_d = 9,5 \text{ kg}$

$$F = m \cdot g \text{ [N]} \quad (7.3)$$

$$F_{\check{c}1} = g \cdot (m + m_{\check{r}} + m_s + m_d) \text{ [N]}$$

$$F_{\check{c}1} = 9,81 \cdot (300 + 24,3 + 6,9 + 9,5)$$

$$F_{\check{c}1} = 3341 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment  $M_{O_{MAX1}}$

$$M_{O_{MAX1}} = \frac{F_{\check{c}}}{2} \cdot \frac{l_{\check{c}}}{2} \text{ [Nm]} \quad (9.2)$$

$$M_{O_{MAX1}} = \frac{3341}{2} \cdot \frac{0,077}{2}$$

$$M_{O_{MAX1}} = 64,314 \text{ Nm}$$

Napětí v ohybu  $\sigma_{o1}$

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot M_{O_{MAX1}}}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} \text{ [MPa]} \quad (9.3)$$

$$\sigma_{o1} = \frac{32 \cdot 68,49}{\pi \cdot 0,04^3}$$

$$\sigma_{o1} = 10,236 \text{ MPa}$$





Bezpečnost  $k_{k1}$

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_o} [-] \quad (8.3)$$

$$k_{k1} = \frac{216}{10,236}$$

$$k_{k1} = 21,1$$

Napětí v tlaku  $\sigma_{D1}$

$$\sigma_D = \frac{F_{\check{c}}}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t} [MPa] \quad (9.4)$$

$$\sigma_{D1} = \frac{3341}{2 \cdot 0,04 \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{D1} = 8,352 \text{ MPa}$$

Kontrola podmínky na otláčení

$$\sigma_{D1} \leq \sigma_{Dd} \quad (9.5)$$

$$8,352 \text{ MPa} \leq 45 \text{ MPa}$$

Kontrola na otláčení vyhovuje.

## 9.2 ČEP KLADNICE

Průměr čepu

$$d_{\check{c}2} = 30 \text{ mm}$$

Výpočtová délka čepu

$$l_{\check{c}2} = 47 \text{ mm}$$

Síla na čep  $F_{\check{c}2}$

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost spodního rámu

$$m_{r2} = 2,5 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot g [N] \quad (7.3)$$

$$F_{\check{c}2} = g \cdot (m_{r2} + m) [N]$$

$$F_{\check{c}2} = 9,81 \cdot (2,5 + 300)$$

$$F_{\check{c}2} = 3035 \text{ N}$$



Maximální ohybový moment  $M_{OMAX2}$

$$M_{oMAX} = \frac{F_{\check{c}}}{2} \cdot \frac{l_{\check{c}}}{2} [Nm] \quad (9.2)$$

$$M_{oMAX2} = \frac{3035}{2} \cdot \frac{0,047}{2}$$

$$M_{oMAX2} = 35,663 \text{ Nm}$$

Napětí v ohybu  $\sigma_{o2}$

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot M_{oMAX}}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} [MPa] \quad (9.3)$$

$$\sigma_{o2} = \frac{32 \cdot 35,663}{\pi \cdot 0,03^3}$$

$$\sigma_{o2} = 13,454 \text{ MPa}$$

Bezpečnost  $k_{k2}$

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_o} [-] \quad (8.3)$$

$$k_{k2} = \frac{216}{13,454}$$

$$k_{k2} = 16,1$$

Napětí v tlaku  $\sigma_{D2}$

$$\sigma_D = \frac{F_{\check{c}}}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t} [MPa] \quad (9.4)$$

$$\sigma_{D2} = \frac{3341}{2 \cdot 0,03 \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{D2} = 10,117 \text{ MPa}$$

Kontrola podmínky na otláčení

$$\sigma_{D2} \leq \sigma_{Dd} \quad (9.5)$$

$$10,117 \text{ MPa} \leq 45 \text{ MPa}$$

Kontrola na otláčení vyhovuje.



### 9.3 ČEP 3 HÁKU

Průměr čepu

$$d_{\check{c}3} = 20 \text{ mm}$$

Výpočtová délka čepu

$$l_{\check{c}3} = 25 \text{ mm}$$

Síla na čep 3  $F_{\check{c}3}$

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost háku

$$m_h = 0,69 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot g \text{ [N]} \quad (7.3)$$

$$F_{\check{c}3} = g \cdot (m_h + m) \text{ [N]}$$

$$F_{\check{c}3} = 9,81 \cdot (0,69 + 300)$$

$$F_{\check{c}3} = 2949 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment  $M_{OMAX3}$

$$M_{OMAX} = \frac{F_{\check{c}}}{2} \cdot \frac{l_{\check{c}}}{2} \text{ [Nm]} \quad (9.2)$$

$$M_{OMAX3} = \frac{2949}{2} \cdot \frac{0,025}{2}$$

$$M_{OMAX3} = 18,43 \text{ Nm}$$

Napětí v ohybu  $\sigma_{03}$

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot M_{OMAX}}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} \text{ [MPa]} \quad (9.3)$$

$$\sigma_{03} = \frac{32 \cdot 18,43}{\pi \cdot 0,02^3}$$

$$\sigma_{03} = 23,465 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti  $k_{k3}$

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_o} \text{ [-]} \quad (8.3)$$

$$k_{k3} = \frac{216}{28,159}$$

$$k_{k3} = 9,2$$



Napětí v tlaku  $\sigma_{D3}$

$$\sigma_D = \frac{F_{\check{c}}}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t} [MPa] \quad (9.4)$$

$$\sigma_{D3} = \frac{2949}{2 \cdot 0,02 \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{D3} = 14,744 \text{ MPa}$$

Kontrola podmínky na otláčení

$$\sigma_{D3} \leq \sigma_{Dd} \quad (9.5)$$

$$14,744 \text{ MPa} \leq 45 \text{ MPa}$$

Kontrola na otláčení vyhovuje.



## 10 PEVNOSTNÍ KONTROLA RÁMU KLADKOSTROJE

Mez pevnosti  $R_m = 320 \text{ MPa}$

Mez kluzu  $R_e = 180 \text{ MPa}$

### 10.1 NOSNÁ ČÁST HORNÍHO DÍLU

Šířka nosné části horního dílu  $w_{r1} = 60 \text{ mm}$

Tloušťka rámu  $t_{r1} = 5 \text{ mm}$

Zatěžující síla v tahu  $F_{r1}$

Nosnost kladkostroje  $m = 300 \text{ kg}$

Hmotnost řetězu  $m_{\dot{r}} = 24,3 \text{ kg}$

Hmotnost spodního dílu kladkostroje  $m_s = 6,9 \text{ kg}$

Hmotnost dvojitého kola  $m_d = 9,5 \text{ kg}$

Hmotnost čepu 1  $m_{\check{c}1} = 0,98 \text{ kg}$

$$F = m \cdot g \text{ [N]} \quad (7.3)$$

$$F_{r1} = g \cdot (m + m_{\dot{r}} + m_s + m_d + m_{\check{c}1}) \text{ [N]}$$

$$F_{r1} = 9,81 \cdot (300 + 24,3 + 6,9 + 9,5 + 0,98)$$

$$F_{r1} = 3351 \text{ N}$$

Nominální napětí v tahu  $\sigma_{NOM1}$

$$\sigma_{NOM} = \frac{F_r}{2 \cdot (w_r - d_{\check{c}}) \cdot t_r} \text{ [MPa]} \quad (10.1)$$

$$\sigma_{NOM1} = \frac{3351}{2 \cdot (0,06 - 0,04) \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{NOM1} = 16,753 \text{ MPa}$$

Tvarový součinitel  $\alpha_1$  [3]

$$\frac{d_{\check{c}1}}{w_{r1}} = \frac{40}{60} = 0,667 \rightarrow z \text{ grafu} \rightarrow \alpha_1 = 2,1 \quad (10.2)$$



Maximální napětí v tahu  $\sigma_{MAX1}$

$$\sigma_{MAX} = \alpha \cdot \sigma_{NOM} [MPa] \quad (10.3)$$

$$\sigma_{MAX1} = 2,1 \cdot 16,753$$

$$\sigma_{MAX1} = 35,181 MPa$$

Bezpečnost  $k_{k4}$

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_{MAX}} [-] \quad (8.3)$$

$$k_{k4} = \frac{180}{35,181}$$

$$k_{k4} = 5,1$$

## 10.2 NOSNÁ ČÁST SPODNÍHO DÍLU

Šířka nosné části horního dílu

$$w_{r2} = 60 mm$$

Tloušťka rámu

$$t_{r2} = 5 mm$$

Zatěžující síla v tahu  $F_{r2}$

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 kg$$

Hmotnost háku

$$m_h = 0,69 kg$$

Hmotnost čepu 3

$$m_{\check{c}3} = 0,123 kg$$

$$F = m \cdot g [N] \quad (7.3)$$

$$F_{r2} = g \cdot (m + m_h + m_{\check{c}3}) [N]$$

$$F_{r2} = 9,81 \cdot (300 + 0,69 + 0,123)$$

$$F_{r2} = 2950 N$$

Nominální napětí v tahu  $\sigma_{NOM2}$

$$\sigma_{NOM} = \frac{F_r}{2 \cdot (w_r - d_{\check{c}}) \cdot t_r} [MPa] \quad (10.1)$$

$$\sigma_{NOM2} = \frac{2950}{2 \cdot (0,05 - 0,03) \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{NOM1} = 14,75 MPa$$



Tvarový součinitel  $\alpha_2$  [3]

$$\frac{d_{\check{c}2}}{w_{r2}} = \frac{30}{50} = 0,6 \rightarrow z \text{ grafu} \rightarrow \alpha_1 = 2,12 \quad (10.2)$$

Maximální napětí v tahu  $\sigma_{MAX2}$

$$\sigma_{MAX} = \alpha \cdot \sigma_{NOM} [MPa] \quad (10.3)$$

$$\sigma_{MAX2} = 2,12 \cdot 14,75$$

$$\sigma_{MAX2} = 31,27 \text{ MPa}$$

Bezpečnost  $k_{k5}$

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_{MAX}} [-] \quad (10.4)$$

$$k_{k5} = \frac{180}{31,27} [-]$$

$$k_{k4} = 5,8$$



## ZÁVĚR

Diferenciální kladkostroj byl navržen podle požadavků zadání. Na začátku byl zvolen řetěz, pomocí jehož parametrů a počtů zubů, dle podmínky samosvornosti, bylo vypočítáno dvojité kolo a kladnice. Poté byly navrženy čepy a kluzná pouzdra pro kola tak, aby byla splněna podmínka samosvornosti a běžné ovládací síly. Následovalo navržení nosných rámu kladkostroje podle potřeby zatížení. Pak bylo vybráno závěsné oko pro uchycení kladkostroje a hák pro zavěšení břemene. Jako nosnou konstrukci jsem vybral otočné stěnové rameno z důvodu jednoduché konstrukce a nízké ceny. Nakonec byl vytvořen výkres sestavení celého zařízení včetně důležitých detailů.





## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] REMPTA, KUPKA, DRAŽAN a A KOL. *Jeřáby*. Druhé. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1974.
- [2] MALÁŠEK, J. DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ. Skripta „Elektronické vydání Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010
- [3] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. První vydání. Brno: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0
- [4] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *STROJNICKÉ TABULKY: Čtvrté doplněné vydání*. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] Norma ČSN ISO 01 4805: 1969. Řetězová kola pro svařované řetězy – kalibrované krátkočlánkové a dlouhočlánkové – Výpočet a konstrukce profilu zubů. Praha: Český normalizační institut, 1971. 9s

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE Z INTERNETU

- [6] Řetězárna a.s. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.retezarna.cz/>.
- [7] Ložiska Jihlava. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.loziskajihlava.com/>
- [8] Československá státní norma. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: [http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html\\_nahledy/02/00242/00242\\_nahled.htm](http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/02/00242/00242_nahled.htm)
- [9] Unicraft. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.unicraft.de/>
- [10] Visimpex. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.wintech.cz/>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

|               |                     |  |
|---------------|---------------------|--|
| b             | [mm]                | Šířka článku řetězu                        |
| c             | [mm]                | šířka drážky dle indexu                    |
| $c_{II}$      | [-]                 | míjivé zatížení                            |
| D             | [mm]                | průměr roztečné kružnice dle indexu        |
| $D_1$         | [mm]                | průměr hlavové kružnice dle indexu         |
| $D_2$         | [mm]                | dolní průměr drážky dle indexu             |
| $d_{\xi}$     | [mm]                | průměr čepu dle indexu                     |
| $d_t$         | [mm]                | tloušťka článku řetězu                     |
| f             | [-]                 | součinitel tření za pohybu                 |
| $F_1$         | [N]                 | síla v prvním navíjeném pramenu řetězu     |
| $F_2$         | [N]                 | síla v druhém odvíjeném pramenu řetězu     |
| $f_{\xi}$     | [-]                 | součinitel čepového tření                  |
| $F_{\xi}$     | [N]                 | síla na čep dle indexu                     |
| $F_r$         | [N]                 | síla na rám dle indexu                     |
| $F_{\dot{r}}$ | [N]                 | síla na řetěz                              |
| $F_S$         | [N]                 | spouštěcí síla břemene                     |
| $F_Z$         | [N]                 | skutečná síla zvedání                      |
| $F_{ZT}$      | [N]                 | teoretická síla zvedání bez ztrát          |
| g             | [m/s <sup>2</sup> ] | gravitační zrychlení                       |
| h             | [mm]                | vzdálenost středů oblouků lůžka dle indexu |
| $h_1$         | [mm]                | výška zdvihu kladkostroje                  |
| $i_k$         | [-]                 | převodový poměr                            |
| k             | [mm]                | vzdálenost lůžka od středu kola dle indexu |
| $k_k$         | [-]                 | výsledná bezpečnost dle indexu             |
| $k_n$         | [-]                 | návrhový koeficient bezpečnosti            |
| $k_s$         | [-]                 | bezpečnost samosvornosti                   |
| $l_{\xi}$     | [mm]                | výpočtová délka čepu                       |
| $l_{\dot{r}}$ | [mm]                | délka řetězu                               |
| m             | [kg]                | nosnost kladkostroje                       |
| $m_{\xi}$     | [kg]                | hmotnost čepu                              |
| $m_d$         | [kg]                | hmotnost dvojitého kola                    |
| $m_h$         | [kg]                | hmotnost háku                              |



|                       |       |  |
|-----------------------|-------|--|
| $M_{\text{omax}}$     | [Nm]  | maximální ohybový moment dle indexu    |
| $m_f$                 | [kg]  | hmotnost řetězu                        |
| $m_{f1}$              | [kg]  | hmotnost řetězu na jeden metr          |
| $m_s$                 | [kg]  | hmotnost spodního dílu kladkostroje    |
| $p$                   | [mm]  | rozteč řetězu                          |
| $R$                   | [mm]  | poloměr roztečné kružnice              |
| $R_1$                 | [mm]  | poloměr oblouků lůžka dle indexu       |
| $R_2$                 | [mm]  | patní poloměr zubů dle indexu          |
| $R_3$                 | [mm]  | hlavový poloměr zubů dle indexu        |
| $r_\zeta$             | [mm]  | poloměr čepu dle indexu                |
| $R_e$                 | [MPa] | mez kluzu                              |
| $R_m$                 | [MPa] | mez pevnosti                           |
| $s$                   | [mm]  | šířka věnce dle indexu                 |
| $t_r$                 | [mm]  | tloušťka nosné části rámu              |
| $v$                   | [mm]  | vůle lůžka dle indexu                  |
| $w_r$                 | [mm]  | šířka nosné části rámu dle indexu      |
| $z$                   | [-]   | počet zubů řetězového kola dle indexu  |
| $\alpha$              | [-]   | tvarový součinitel                     |
| $\Delta p$            | [mm]  | horní úchylka rozteče řetězu           |
| $\eta$                | [-]   | účinnost kladkostroje                  |
| $\eta_1$              | [-]   | účinnost kladky při zvedání dle indexu |
| $\sigma_D$            | [MPa] | napětí v tlaku dle indexu              |
| $\sigma_{Dd}$         | [MPa] | dovolené napětí v tlaku                |
| $\sigma_{\text{MAX}}$ | [MPa] | Maximální napětí v tahu dle indexu     |
| $\sigma_{\text{NOM}}$ | [MPa] | nominální napětí v tahu dle indexu     |
| $\sigma_o$            | [MPa] | napětí v ohybu dle indexu              |



## SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

|   |        |
|---|--------|
| Sestava diferenciálního kladkostroje    | 0-DK01 |
| Sestava svarků horního dílu rámu        | 1-DK02 |
| Výrobní výkres ozubeného dvojitého kola | 2-DK01 |