

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2302T019 Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční návrh dílenského lisu 60kN s hydraulickým pohonem.

Autor: **Bc. Miloš Badal**

Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Duník**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miloš BADAL**
Osobní číslo: **S12N0050K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Konstrukční návrh dílenského lisu 60 kN s hydraulickým pohonem.**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Navrhněte sestavu hydraulického lisu s C rámem pro drobné lisovací práce ve školních dílnách. Pracovní prostor stroje musí být přístupný při funkčním zdvihu lisu. Použijte běžně dostupné materiály a zařízení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Kompletní návrh plunžru se šroubem.
2. Základní výpočet rámu, kontrola navržené varianty.
3. Výkresová dokumentace sestavy rámu a sestavy plunžru.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého lisu.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje - základy výpočtů a konstrukce.* **Praha: SNTL Praha, 1982**

Přednášky z předmětu - KKS/KTS


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Vilém Čejka**
SPŠSE České Budějovice

Datum zadání diplomové práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Třašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

Miloš Badal

Poděkování

Při této příležitosti bych chtěl poděkovat Ing. Miroslavu Duníkovi, vedoucímu mé diplomové práce, za trpělivost, cenné připomínky a rady, které mi v průběhu práce ochotně poskytl.

Dále bych chtěl poděkovat svému konzultantovi, Ing. Vilémovi Čejkovi ze SPŠSE Č. B., za dobré rady a praktické připomínky k návrhu lisu.

Děkuji také všem, kteří mi radou a cennými zkušenostmi umožnili dokončit tuto diplomovou práci.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | | | | |
|----------------------|--|------------------------------|---------------------------------|--|
| AUTOR | Příjmení Badal | | Jméno Miloš | |
| STUDIJNÍ OBOR | 2302T019 „Stavba výrobních strojů a zařízení.“ | | | |
| VEDOUCÍ PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Ing. Duník | | Jméno Miroslav | |
| PRACOVISŤE | ZČU - FST - KKS | | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte | |
| NÁZEV PRÁCE | Konstrukční návrh dílenského lisu 60kN s hydraulickým pohonem. | | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | Strojní | KATEDRA | KKS | ROK ODEVZD. | 2014 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|
| CELKEM | 62 | TEXTOVÁ ČÁST | 58 | GRAFICKÁ ČÁST | 4 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|

| | |
|---|---|
| <p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p> | <p>V této diplomové práci byl popsán konstrukční návrh malého dílenského lisu pro drobné lisovací práce s možností ruční manipulace lisovaného předmětu při pracovním zdvihu. Byly provedeny základní výpočty pro dimenzování rámu a pracovního válce. Zvolené řešení bylo zkontrolováno pomocí softwaru NX8,5.</p> |
| <p>KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p> | <p>Dílenský hydraulický lis, nožní hydraulický pohon, C rám lisu, pracovní válec.</p> |

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

| | | | |
|--------------------------|--|------------------|-----------------------------------|
| AUTHOR | Surname Badal | Name Miloš | |
| FIELD OF STUDY | 2302T019 “Design of Manufacturing Machines and Equipment “ | | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Duník | Name Miroslav | |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KKS | | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Engineering design of the press machine (60kN) with a hydraulic drive. | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Department of Machine Design | SUBMITTED IN | 2014 |
|----------------|------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|
| TOTALLY | 62 | TEXT PART | 58 | GRAPHICAL PART | 4 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|

| | |
|---|--|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | In this thesis it was described the design of s small press for pressing fine work. This press allows manual manipulation of the press during the working stroke of the press. Basic calculations were made for the dimensioning of the frame and the working cylinder. The chosen solution was checked by software NX 8,5 by SIEMENS. |
| KEY WORDS | Workshop hydraulic press, foot hydraulic drive, C-shaped open frame, working cylinder. |

Obsah

| | |
|--|----|
| Obsah | 1 |
| Seznam obrázků | 2 |
| Seznam tabulek | 3 |
| Seznam grafů | 3 |
| Přehled použitých symbolů a jednotek | 3 |
| 1 Úvod | 5 |
| 1.1 Téma diplomové práce | 5 |
| 1.2 Zadavatel diplomové práce | 5 |
| 1.2.1 Historie školy | 5 |
| 1.2.2 Současnost | 6 |
| 2 Zadání technických parametrů lisu | 9 |
| 3 Nabídka komerčních lisů na trhu | 9 |
| 3.1 Lis s ručním pohonem PROMA AP-5 [8] | 9 |
| 3.2 Lis HOLZMANN WP 10 H [6] | 10 |
| 3.3 Stolní hydraulický lis CMS 6,3 DM [7] | 11 |
| 3.4 Stolní hydraulický lis CDCR 13 [9] | 12 |
| 3.5 Výběr vhodné varianty | 13 |
| 4 Návrh stolního hydraulického lisu | 15 |
| 5 Návrh šroubu výsuvu | 15 |
| 5.1 Výpočet malého průměru šroubu d_3 | 15 |
| 5.2 Samosvornost šroubu | 16 |
| 5.3 Vzpěr pohybového šroubu | 16 |
| 6 Výpočet matice | 19 |
| 6.1 Určení velikosti styku matice šroubu s pístnicí | 19 |
| 7 Kontrola potřebného průměru plunžru | 20 |
| 8 Výběr trubky pro hydraulické válce | 21 |
| 8.1 Výběr trubky | 21 |
| 8.2 Určení tlaku pro vybranou trubku | 22 |
| 8.3 Určení délky závitu trubky pro přední čelo | 23 |
| 9 Tvar předního čela | 24 |
| 10 Sestava hydraulického válce | 26 |
| 11 Předběžný návrh stojanu lisu | 28 |
| 11.1 Určení kvadratických momentů řezů | 28 |
| 11.1.1 Kvadratický moment řezu 1 (obr. 18) | 30 |
| 11.2 Řešení rámu | 31 |
| 11.3 Výpočet deformace | 32 |
| 11.3.1 Nové řešení rámu | 33 |
| 11.4 Kontrola napětí v rámu | 35 |
| 12 Porovnání analytického řešení se simulací v programu SIEMENS NX 8,5 | 36 |
| 13 Návrh hydraulického pohonu a ovládání lisu | 42 |
| 13.1 Návrhové hydraulické schéma pohonu | 42 |
| 13.2 Těsnící a vodící prvky hydraulického válce | 45 |
| 13.2.1 Určení šířky a typu vodícího pásu | 45 |
| 13.2.2 Určení stíracího kroužku | 46 |
| 13.2.3 Těsnění plunžru | 46 |
| 13.2.4 Statické těsnění čela válce | 46 |

| | |
|---|----|
| 14 Návrh vratných pružin..... | 47 |
| 14.1 Rozměry pružiny..... | 48 |
| 14.1.1 Návrh průměru drátu a vnějšího rozměru..... | 48 |
| 14.1.2 Výpočet sil a deformací..... | 49 |
| 14.1.3 Ostatní parametry pružiny..... | 49 |
| 14.1.4 Kontrola napětí pružiny..... | 50 |
| 14.2 Návrh trnu pružiny na tah..... | 51 |
| 14.2.1 Nákržek proti vytažení trnu s držáku matice..... | 51 |
| 14.2.2 Matice seřizování předpětí pružin..... | 52 |
| 15 Sestava lisu a vizualizace..... | 52 |
| 16 Ekonomické zhodnocení..... | 56 |
| 17 Závěr..... | 57 |
| 18 Knižní publikace..... | 58 |
| 19 Skripta..... | 58 |
| 20 Publikace na internetu..... | 58 |
| 21 přílohy..... | 59 |

Soubor výkresů.

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obr. 1 Škola v Resslově ulici v roce 1913 (SPŠ Stavební)..... | 6 |
| Obr. 2 SPŠ SE v Českých Budějovicích, Dukelská 13..... | 7 |
| Obr. 3 Studentské pracoviště PLC Siemens..... | 8 |
| Obr. 4 Konstrukce manipulátoru..... | 8 |
| Obr. 5 Ruční stolní lis PROMA AP-5..... | 9 |
| Obr. 6 Stolní hydraulický lis HOLZMANN WP 10 H..... | 10 |
| Obr. 7 Lis CMS 6,3 DM - HŠV stroje a.s..... | 11 |
| Obr. 8 Hydraulický lis TOS RAKOVNÍK - CDCR 13..... | 13 |
| Obr. 9 Samosvornost šroubu..... | 16 |
| Obr. 10 Vzpěr prutu..... | 17 |
| Obr. 11 Vybočení šroubu - simulace NX 8,5..... | 18 |
| Obr. 12 Matice výsuvu..... | 20 |
| Obr. 13 Vedení plunžru..... | 21 |
| Obr. 14 Přední čelo hydraulického válce..... | 25 |
| Obr. 15 Zaslepení plunžru (vedení oleje pod vodící kroužek)..... | 26 |
| Obr. 16 Sestava hydraulického válce..... | 27 |
| Obr. 17 Hlavní návrhové rozměry rámu..... | 28 |
| Obr. 18 Kvadratický moment, řez 1. (Výstup z NX8,5)..... | 29 |
| Obr. 19 Náhradní řešení rámu..... | 31 |
| Obr. 20 Momentové plochy od vnějšího zatížení [4]..... | 31 |
| Obr. 21 Průběhy momentů od jednotkových zatížení ($H = 1$, $V = 1$, $M = 1$) [4]..... | 32 |
| Obr. 22 Kvadratický moment upravený, řez 1..... | 33 |
| Obr. 23 Napětí v rámu lisu..... | 35 |
| Obr. 24 Úprava lisu k simulaci..... | 37 |
| Obr. 25 Posunutí v ose z, sestava lisu..... | 38 |
| Obr. 26 Posunutí v ose z, rám lisu..... | 39 |

| | | |
|---------|-------------------------------------|----|
| Obr. 27 | Posunutí v ose y, rám lisu..... | 39 |
| Obr. 28 | Posunutí v ose y, sestava lisu..... | 40 |
| Obr. 29 | Rotace v ose x, sestava lisu. | 41 |
| Obr. 30 | Hydraulické schéma lisu..... | 43 |
| Obr. 31 | Funkce bezpečnostního ventilu. | 44 |
| Obr. 32 | Nožní čerpadlo YALE - FPS-2/05..... | 44 |
| Obr. 33 | Návrhový diagram pružiny..... | 47 |
| Obr. 34 | Rozměry navrženého lisu A. | 53 |
| Obr. 35 | Rozměry navrženého lisu B..... | 54 |
| Obr. 36 | Vizualizace dílenského lisu. | 55 |

Seznam tabulek

| | | |
|--------|--|----|
| Tab. 1 | Technické parametry lisu CMS 6,3 DM..... | 12 |
| Tab. 2 | Výběr vhodné varianty dílenského lisu. | 14 |
| Tab. 3 | Kvadratický moment, řez 1. | 30 |
| Tab. 4 | Kvadratický moment upravený, řez 1..... | 34 |
| Tab. 5 | Výsledná porovnání řešení deformací lisu. | 42 |
| Tab. 6 | Legenda diagramu pružiny. | 48 |

Seznam grafů

| | | |
|--------|-------------------------------------|----|
| Graf 1 | Vhodnost variant. | 14 |
| Graf 2 | Rozložení štíhlostních poměrů. | 17 |

Přehled použitých symbolů a jednotek

| | |
|----------------|---|
| t | jednotka váhy |
| kg | jednotka váhy |
| kN | jednotka síly |
| MPa | jednotka tlaku |
| l | délka [mm] |
| F | síla [kN] |
| p | tlak [MPa] |
| M_o | ohybový moment [Nm] |
| W_o | modul průřezu v ohybu [m ³] |
| J | kvadratický moment průřezu [mm ⁴] |
| E | modul pružnosti v tahu [Pa] |
| R_m | mez pevnosti v tahu [MPa] |
| R_e | mez kluzu v tahu [MPa] |
| σ_{dov} | dovolené napětí [MPa] |

| | |
|----------------|-----------------------|
| σ_r | radiální napětí [MPa] |
| σ_t | tečné napětí [MPa] |
| $\tan \varphi$ | třecí úhel |
| H, V, M | jednotkové zatížení |

1 Úvod.

1.1 *Téma diplomové práce.*

Tato diplomová práce ukazuje konstrukční návrh malého dílenského hydraulického lisu pro drobné lisovací práce ve školních dílnách.

Omezením pro návrh jsou některé požadavky zadavatele – přístup do pracovního prostoru lisu i při funkčním zdvihu lisu, možnost přestavení beranu lisu bez použití náradí a bezpečnost obsluhy. V tomto konstrukčním návrhu budou použity běžně dostupné materiály, popřípadě běžné nakupované díly a součásti.

1.2 *Zadavatel diplomové práce.*

Zadavatelem diplomové práce je STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNÍ A ELEKTROTECHNICKÁ, České Budějovice, Dukelská 13.

1.2.1 **Historie školy**

Škola má bohatou a dlouhou historii. Původní stavbu financovala Obchodní a průmyslová komora v Českých Budějovicích. Slavnostně byla otevřena v roce 1910 jako česká Odborná škola pro zpracování kovů v Resslerově ulici, nynější Střední průmyslová škola Stavební (obr. 1).

Na podnět německé části radnice byla započata stavba nové budovy školy v Dukelské ulici. Školy, česká a německá, byly úzce propojeny, nikdy si ale nekonkurovaly. Stavba byla započata v roce 1912 a trvala 1 rok. Byla postavena za tehdejších 440 000,- korun. Výuka průmyslových oborů byla přenesena do této budovy.

Úvodní pedagogická rada se konala v nové budově školy 6. října 1913 a při zahájení asistoval tehdejší starosta města Dr. Josef Taschek a české zájmy zastupoval Dr. Augustin Zátka. V listopadu 1914 byla škola zařazena do sítě škol s českým a německým oddělením.

Za 2. světové války (1939) se osamostatnilo německé oddělení pod názvem „Staatsgewerkeschule“. Tato část byla po válce spolu s ostatními německými školami zrušena.

Česká část školy pokračovala ve struktuře - dvouletá Mistrovská škola strojnická, jejíž součástí byla též Odborná škola pokračovací, s oddělením pro strojní zámečníky, kováře a pro elektrotechniky.

Výrazný předěl ve vývoji školy nastal v roce 1951, kdy byly otevřeny první dvě třídy vyšší průmyslové školy strojnické a od roku 1953 i třídy elektrotechnických oborů. Studium bylo čtyřleté a bylo zakončeno maturitou. V roce 1956 až 1958 byla za plného

provozu školy postavena další přístavba s novými učebnami, posluchárnou, tělocvičnou a rozšířil se prostor odborných dílen.



Obr. 1 Škola v Resselově ulici v roce 1913 (SPŠ Stavební).

1.2.2 Současnost.

Postupným vývojem prošla SPŠ do dnešní podoby (obr. 2). V současnosti je studium na této škole zakončeno maturitou a vyučují se dva základní obory – strojírenství a elektrotechnika [5].

SPŠ v současnosti významně spolupracuje s předními podniky v strojírenském i elektrotechnickém oboru.

Partneři školy jsou:

- Skupina ČEZ – rozšířená výuka v předmětech elektroenergetika, automatizace, elektrické stroje a přístroje, elektrotechnická měření a JADERNÁ MATURITA na elektrárně Temelín.
- Společnost SIEMENS – odborná pomoc při výuce, přednášky odborníků společnosti Siemens a školicí středisko Siemens pobočka při SPŠ SE Č.B.
- Teplárna České Budějovice a.s. – exkurze a přednášky.



Obr. 2 SPŠ SE v Českých Budějovicích, Dukelská 13.

Spolu s partnery školy byly vybudovány nové odborné učebny. Jedná se zejména o současnou automatizační a řídicí techniku (obr. 3, obr. 4) a inteligentní bytové rozvody.

Také v oblasti třískového obrábění je zřízena učebna se systémem CNC Heidenhain. Škola je vybavena školním CNC soustruhem a CNC Frézkuou.



Obr. 3 Studentské pracoviště PLC Siemens.



Obr. 4 Konstrukce manipulátoru.

2 Zadání technických parametrů lisu.

Technické parametry dílenského lisu požadované zadavatelem jsou:

| | |
|--------------------|------------------------|
| Pracovní síla: | 60 kN |
| Pracovní rozsah: | 150 až 350 (400) mm |
| Vyložení pístu: | 250 mm |
| Rozměry základny: | otočná deska D300 mm |
| Hydraulický pohon: | ruční / nožní čerpadlo |

Vlastní lis musí být přístupný ze 3 stran a musí umožnit lisování mikro zdvihem.

3 Nabídka komerčních lisů na trhu.

Po průzkumu nabídky malých hydraulických lisů, dostupných na našem trhu, jsou pro porovnání vybrány lisy pro drobné a údržbářské lisovací práce.

3.1 Lis s ručním pohonem PROMA AP-5 [8].



| | |
|----------------------|--------------|
| Kapacita | 5 t |
| Max. výška dílce | 450 mm |
| Rozměr tlačné tyče | 50x50 mm |
| Délka tlačné tyče | 645 mm |
| Délka páky | 880 mm |
| Celková výška lisu | 820 mm |
| Šířka drážky v zákl. | 100 mm |
| Vyložení lisu | 245 mm |
| Rozměr základny | 650 x 280 mm |
| Hmotnost | 154 kg |

Obr. 5 Ruční stolní lis PROMA AP-5.

Pro základní ukázkou je vybrán typický představitel ručně ovládaného stolního lisu AP-5 (Proma) obr. 5. Lis je určen pro drobné lisovací práce s maximální silou lisování 5 t. Lis je dobře přístupný a velmi dobře vyhovuje pro opravářské práce, zejména pro výměnu pouzder a ložisek, pro ohýbání a rovnání.

Tento lis umožňuje přidržení lisovaného dílu jednou rukou a druhou rukou se ovládá páka lisu. V případě jemných pohybů beranu a přesného nastavení lisovaného dílu není zaručena přesná poloha dílu (přidržení pouze jednou rukou).

3.2 Lis HOLZMANN WP 10 H [6].



| | |
|--------------------|------------------|
| Hmotnost | 80 kg |
| Rozměry balení | 160x765x550 mm |
| Max. lisovací tlak | 10 tun |
| Rozměry | 700x1070 mm |
| Šířka rámu | 380 mm |
| Zdvih | 150 mm |
| Model | Holzmann WP 10 H |
| Pracovní rozsah | 0-340 mm |

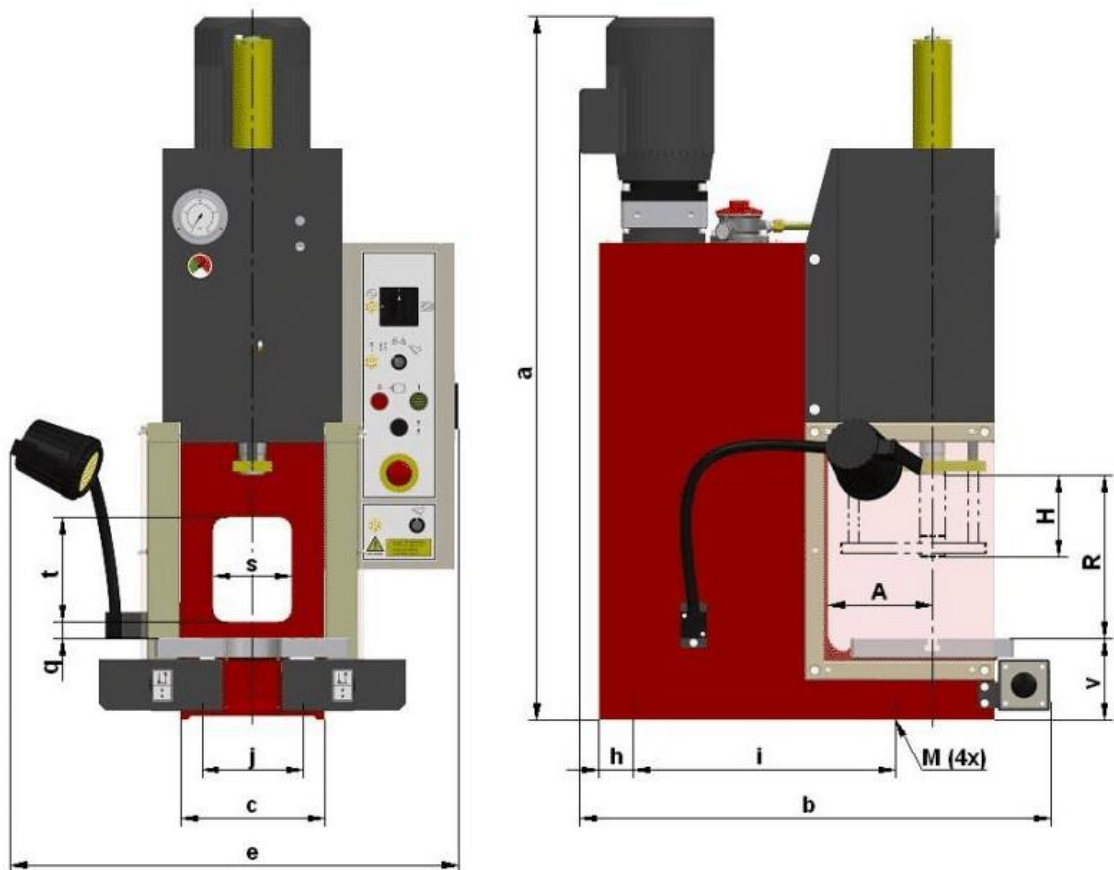
Obr. 6 Stolní hydraulický lis HOLZMANN WP 10 H.

Na další ukázkce (obr. 6) je stolní lis jednoduché rámové konstrukce a je běžně dostupný na našem trhu. Technická data jsou uvedena v obr. 6. Jako zdroj tlaku je použito ruční hydraulické čerpadlo. Umístění čerpadla je voleno tak, aby obsluha při pracovním zdvihu byla z boku lisu. Lis je určen pro méně náročné práce – ohýbání, děrování a lisování v malých provozech. Přestavení pracovního lisu je možné odjištěním pohyblivého příčnicku a přesunutím podpěrných kolíků do jiné pozice.

Bohužel pracovní prostor lisu je omezen rámem a je tedy přístupný pouze ze dvou stran. Výhodou je naopak poměrně pevné uložení pohyblivého příčnicku – toto zmenšuje možnost posunutí lisovaného kusu.

3.3 Stolní hydraulický lis CMS 6,3 DM [7].

Typickým představitelem moderních kompaktních stolních hydraulických lisů je lis CMS 6,3 DM (obr. 7).



Obr. 7 Lis CMS 6,3 DM - HŠV stroje a.s.

Konstrukce lisu umožňuje třístranný přístup do pracovního prostoru (klasický C rám). Tento lis je určen zejména pro standardní lisovací práce – demontáž, montáž a rovnání.

Lis je ovládán dvouručně (popřípadě šlapkou) a umožňuje přepínání na tipování, dvouruční ovládání, nebo nožní ovládání. Pracovní cyklus je poloautomatický a skládá

se z pracovního pohybu a návratu do horní polohy. Horní polohu je možné nastavit narážkou a tím zkrátit pohyby lisu při opakovaných pracích. Nastavení tlaku a rychlosti pohybu beranu je možné v rozsahu 5% až 100% jmenovité hodnoty. Pro sériové lisovací práce je lis vybaven počítadlem zdvihů.

| Parametr | Jedn. | 6,3 DM | Parametr | Jedn. | 6,3 DM | | |
|------------------|----------|--------|-----------------|---------------------|--------|-------|--------|
| Jmenovitá síla | kN | 63 | Propad ve stole | d | mm | 80 | |
| Jmenovitý tlak | MPa | 20 | Šířka lisu | e | mm | 690 | |
| Jmenovitý příkon | kW | 2,7 | T-drážka | | mm | 14 | |
| Rychlost beranu | lisování | mm/s | 5 až 40 | Připojovací rozměry | h | mm | 53 |
| | návrat | mm/s | 9 až 65 | | i | mm | 460 |
| Rozevření | R | mm | 250 | | j | mm | 155 |
| Zdvih beranu | H | mm | 125 | | M | mm | M12 |
| Vyložení | A | mm | 160 | Průchod v rámu | q | mm | 27 |
| Rozměry stolu | A1 | mm | 250 | | s | mm | 120 |
| | B1 | mm | 300 | | t | mm | 180 |
| Rozměry beranu | Ø D1 | mm | Ø 25H7 | Výška stolu | v | mm | 190 |
| | Ø D2 | mm | Ø 57 | Hmotnost | | kg | 210 |
| | L | mm | 50 | Objem nádrže | | litr | 16 |
| Výška | a | mm | 1200 | Hlučnost | | dB(A) | max 85 |
| Hloubka | b | mm | 800 | | | | |
| Šířka stojanu | c | mm | 220 | | | | |

Tab. 1 Technické parametry lisu CMS 6,3 DM.

3.4 Stolní hydraulický lis CDCR 13 [9].

Posledním představitelem hydraulického lisu s otevřeným C rámem je rovnací lis CDCR 13 – TOS RAKOVNÍK (obr. 8). Rám lisu je svařovaný. Pracovní prostor umožňuje přístup ze tří stran – výhoda zakládání rozměrnějších dílů.

Lis je určen pro klasické dílenské lisování – montážní a demontážní práce, děrování, nýtování, ohýbání a s přídavným stolem pro rovnání. Lis má minimální

požadavky na základní údržbu a je přizpůsoben pro ruční, nebo nožní ovládání. Ustavení lisu je na patky základního rámu.



| | |
|--------------------|----------------------|
| Konstrukce rámu | rám C (svařenec) |
| Šířka rámu | 380 mm |
| Max. lisovací síla | 80 kN až 300 kN |
| Zdvih | 200 mm až 300 mm |
| Rychlost zdvihu | do 30 mm/s |
| Model | CDCR 13 |
| Příslušenství | prizmata a přípravky |

Obr. 8 Hydraulický lis TOS RAKOVNÍK - CDCR 13.

3.5 Výběr vhodné varianty.

Pro správné rozhodnutí o koupi, nebo vlastní výrobě dílenského lisu je potřeba, z dostupných informací, vytvořit diagram vhodnosti řešení. Na základě tohoto diagramu bude rozhodnuto o dalším postupu – nákup, nebo vlastní návrh konstrukce.

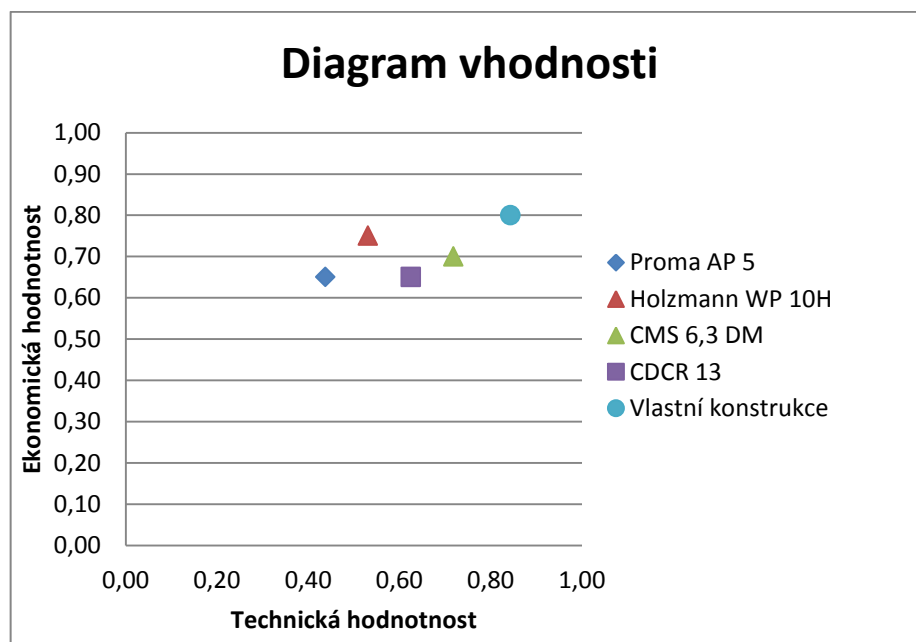
Stupnice hodnocení pro tab. 2:

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| 0 – nevyhovuje | 1 – postačuje |
| 2 – vyhovuje dostatečně | 3 – vyhovuje dobře |
| 4 – vyhovuje velmi dobře | |

Vybraná varianta pro dílenský lis je vlastní konstrukce.

| Kritéria na ose x | Proma AP 5 | Holzmann WP 10H | CMS 6,3 DM | CDCR 13 | Vlastní konstrukce | Ideální stav |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|
| Rozměry pracovního prostoru | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| Nožní ovládání | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 4 |
| Přesnost vedení nástroje | 0 | 0 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| Vyměnitelnost lisovacího nástroje | 0 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Přístupnost pracovního prostoru | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Bezpečnost | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Bez elektroniky | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 |
| Σ | 14 | 17 | 23 | 20 | 27 | 32 |
| Technická hodnota -x | 0,44 | 0,53 | 0,72 | 0,63 | 0,84 | 1,00 |
| Kritéria na ose y | Proma AP 5 | Holzmann WP 10H | CMS 6,3 DM | CDCR 13 | Vlastní konstrukce | Ideální stav |
| Pořizovací náklady | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| pořizovací cena lisovacích nástrojů | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Návratnost investic | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| Náklady na servis | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| Ergonomie a produktivita | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Σ | 13 | 15 | 14 | 13 | 16 | 20 |
| ekonomická hodnota - y | 0,65 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,80 | 1,00 |

Tab. 2 Výběr vhodné varianty dílenského lisu.



Graf 1 Vhodnost variant.

4 Návrh stolního hydraulického lisu.

Z ukázky dostupnosti hydraulických lisů vyplývá, že výběr na našem trhu je dostatečný pro běžné využití. Vzhledem k pořizovací ceně lisu, ke specifikám používání lisu ve školních dílnách a k zajištění bezpečnosti studentů při práci na lisu jsem zvolil vlastní výrobu hydraulického lisu. Konstrukční návrh a realizace výroby lisu může být použit jako učební pomůcka v dílnách školy.

Z důvodu přístupnosti lisovacího prostoru jsem zvolil konstrukci lisu s rámem typu C, který bude řešen jako svařenec. Konstrukce je uzpůsobena tak, aby všechny vyráběné díly byly vyrobitelné v dílnách naší školy. Části hydraulického obvodu budou řešeny nákupem běžně dostupných hydraulických komponent. Konstrukce lisu bude řešena s ohledem na jednoduchost, dostatečnou tuhost rámu, snadnou a bezpečnou obsluhu.

5 Návrh šroubu výsuvu.

Pro zajištění základního požadavku zadavatele na pracovní rozsah lisu (150 až 300 mm) a omezení výsuvu hydraulického válce na 200 mm, musí být použit šroub výsuvu.

Jedná se o určení rozměrů šroubu, od kterého budou odvozovány ostatní konstrukční rozměry lisu:

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| Jmenovitá síla lisu: | $F = 60$ [kN] |
| Max. pracovní zdvih šroubu: | $l = 300$ [mm] |
| Vzpěrná bezpečnost: | $k_{vz.} = 2,5$ |

5.1 Výpočet malého průměru šroubu d_3 .

Materiál šroubu: 11 600 $\sigma_{dov} = 190$ MPa (statický tlak 150÷230 MPa)

$$\sigma = \frac{k \cdot F}{S} = \frac{k \cdot F}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \leq \sigma_{dov} \qquad d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot k \cdot F}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5 \cdot 60000}{\pi \cdot 190}}$$

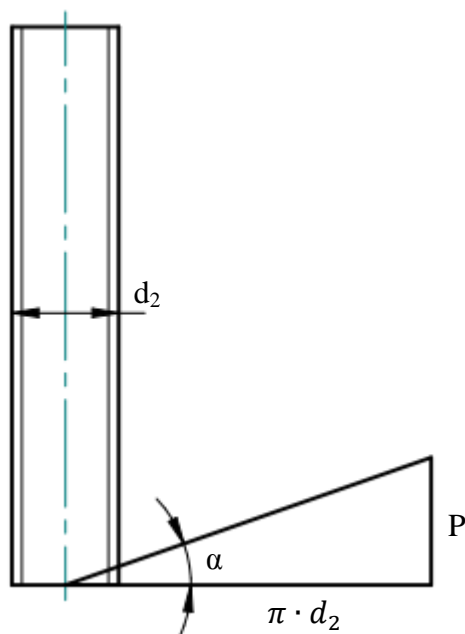
$$d_3 = 31,7 \text{ mm}$$

Vzhledem k nutnosti malého stoupání šroubu (podmínka samosvornosti) volím závit šroubu výsuvu z tabulek – Tr 36x3.

TR 36x3

| Jmenovitý D | Rozteč P | d | D ₄ | d ₂ = D ₂ | d ₃ | D ₁ |
|-------------|----------|-------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|
| 36 | 3 | 36,00 | 36,50 | 34,50 | 32,50 | 33,00 |

5.2 Samosvornost šroubu.



Součinitel tření ocel – ocel:
 $\text{tg } \varphi = f = 0,08$

Třecí úhel musí být větší než úhel stoupání vybraného závitu (obr. 9).

$$\tan \alpha = \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \frac{3}{\pi \cdot 34,5} \leq \tan \varphi$$

$$\tan \alpha = 0,0277 \leq 0,08 = \tan \varphi$$

Kontrola stoupání na samosvornost vyhovuje.

Obr. 9 Samosvornost šroubu.

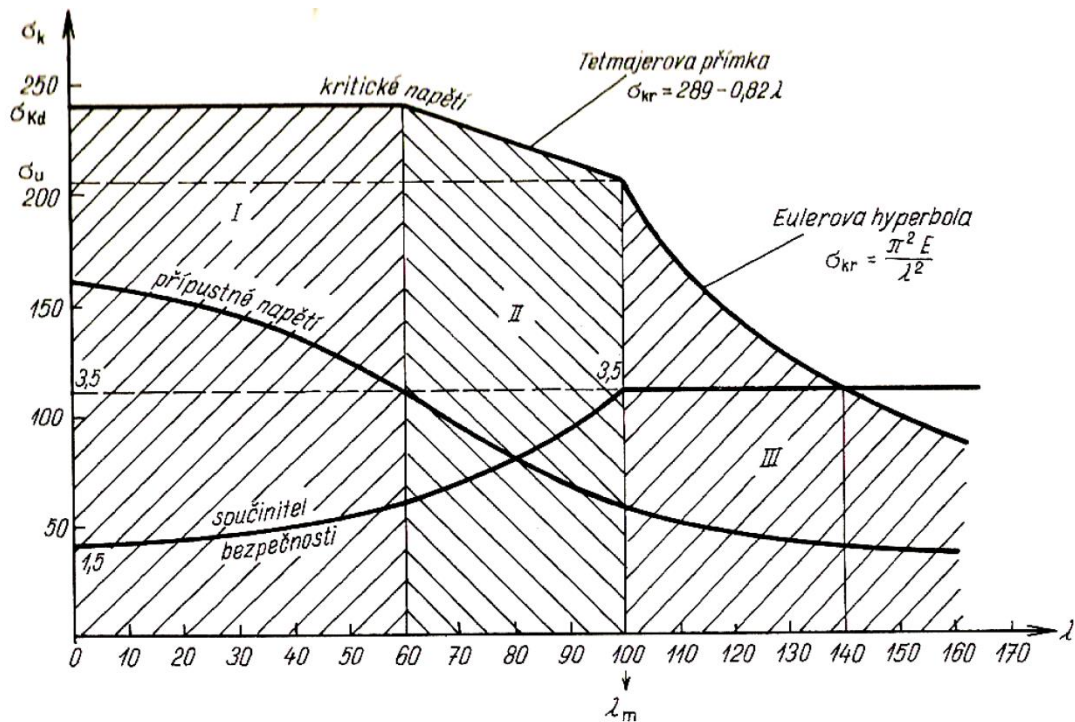
5.3 Vzpěr pohybového šroubu.

Jedná se o kontrolu na vybočení (porušení stability) při zatížení šroubu. Uložení je typu I (obr. 10). V případě většího vybočení může celková deformace sestavy lisu být větší než ta, která byla stanovená zadavatelem (0,3 mm).

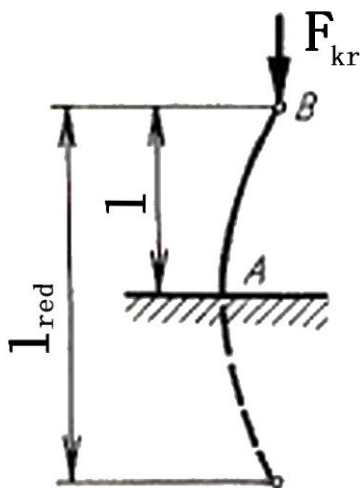
Vybočení šroubu ovlivňuje průřez kontrolovaného šroubu. Zejména umístění a rozměry vodící drážky.

Určení v jaké části vzpěru provedeme výpočet, nám pomůže graf 2.

- I. V této oblasti dojde k deformaci před porušením stability. Součástí se štíhlostním poměrem $\lambda \leq 60$ řešíme pouze na tlak.
- II. Tuto oblast již musíme řešit jako nepružný vzpěr (Tetmajer).
- III. Oblast s pružným vzpěrem (řešíme dle Eulera).



Graf 2 Rozložení štíhlostních poměrů.



Obr. 10 Vzpěr prutu.

Délka vysunutí šroubu: *max.* 300 mm
Délka šroubu red.: $l_{red} = 2 \cdot l = 600$ [mm]
Malý průměr šroubu: $d_3 = 32,5$ [mm]
Materiál šroubu. 11 600
Napětí na mezi úměrnosti: $\sigma_u = 210$ [MPa]
Youngův modul pružnosti: $E = 2,1 \cdot 10^5$ [MPa]

Určení štíhlostního poměru pro kruhový průřez šroubu:

$$\lambda = \frac{l_{red}}{i_x} = \frac{l_{red}}{\frac{d_3}{4}} = \frac{4 \cdot l_{red}}{d_3}$$

$$\lambda = \frac{4 \cdot 600}{32,5} = 73,85 \approx 74$$

Určení mezního štíhlostního poměru:

$$\lambda_{mez} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_u}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{210}} = 99,346 \approx 100$$

Porovnání štíhlostních poměrů:

$$\lambda < \lambda_{mez} \quad 74 < 100$$

Pro navržený malý průměr šroubu tedy Eulerova teorie neplatí.

Kritickou sílu na šroub musíme počítat podle Tetmajerovi teorie.

$$\frac{F_{kr}}{S} = a - b \cdot \lambda$$

Konstanty nepružného vzpěru:

pro materiál 11 500 ze ST: $a = 335$, $b = 0,62$ (pro $\lambda = 60$ až 100)

$$F_{kr} = S \cdot (a - b \cdot \lambda) = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot (335 - 0,62 \cdot 74) = 239847,25 \text{ N} \cong \mathbf{240 \text{ kN}}$$

Porovnání skutečné a kritické síly na navržený malý průměr šroubu:

$F = 60 \text{ kN}$, F_{kr} (nepružný vzpěr) = 240 kN,
Vzpěrná bezpečnost $k_{vz} = 2,5$

$$F_{sk} = F \cdot k = 60 \cdot 2,5 = 150 \text{ kN}$$

$$F_{kr.Tet.} = 240 \text{ kN}$$

$$F_{sk} < F_{kr.Tet.}$$

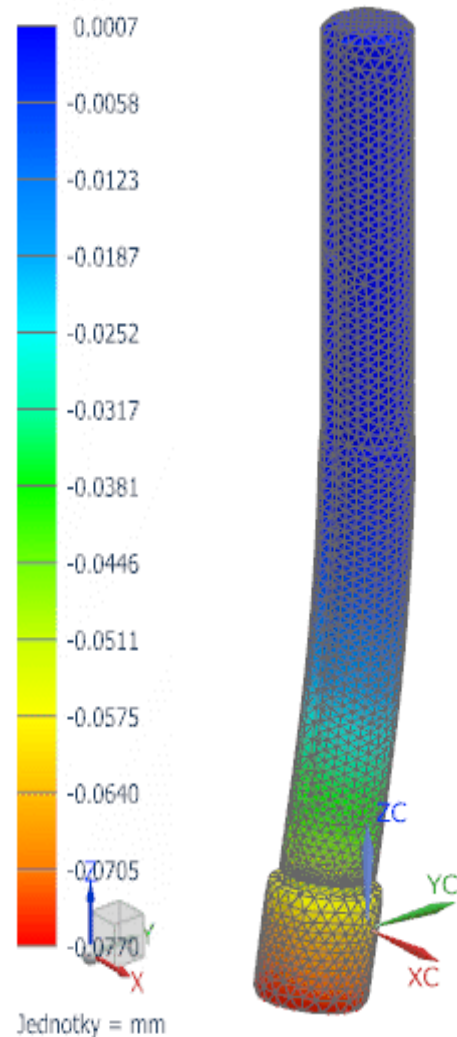
$$150 < 240 \text{ [kN]}$$

koeficient bezpečnosti

$$k = \frac{F_{kr.tet.}}{F} = \frac{240}{60} = \mathbf{4}$$

Zatěžující síla (60 kN) je menší než síla kritická dle Tetmajera (240 kN), tedy **šroub na vzpěr vyhovuje s bezpečností $k = 4$.**

Sroub_beranu_Tr36_par_sim1 : Solution 1 Result
Subcase - Static Loads 1, Statický krok 1
Posuv - Uzlový, Y
Min : -0.0770, Max : 0.0007, Jednotky = mm
Deformace : Posuv - Uzlový Hodnota



Obr. 11 Vybočení šroubu - simulace NX 8,5.

Na obr. 11 je ukázka simulace vybočení šroubu výsuvu lisu. Je jasně vidět, že vybočení je směrem do drážky šroubu (-y). Toto nám ve skutečnosti může pomoci při maximálních deformacích rámu, protože drážka šroubu bude natočena směrem od obsluhy. Tímto může být eliminována deformace až cca o 0,08 mm.

6 Výpočet matice.

Potřebný počet závitů matice.

Použitá matice je ocel 11 523 $Re = 284$ [MPa] $\sigma_{Dt} = 142$ [MPa]
 $p_{dov} = 0,2 \cdot \sigma_{dov} = 0,2 \cdot 142 = 28,4 \cong 28$ MPa (vliv nerovnoměrnosti závitů)
(šroub ocel – matice ocel, při nerovnoměrném zatížení závitů).

$$H_1 = 0,5 \cdot P = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ mm}$$

$$z = \frac{F}{p_{dov} \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1} = \frac{60000}{28 \cdot \pi \cdot 34,5 \cdot 1,5} = 13,18 \Rightarrow \mathbf{14 \text{ závitů}}$$

Výška matice.

$$h = z \cdot P = 14 \cdot 3 = \mathbf{42 \text{ mm}}$$

Volím výšku matice 45 mm.

Kontrola.

$$p = \frac{F \cdot P}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot h} \leq p_{dov} \qquad p = \frac{60000 \cdot 3}{\pi \cdot 34,5 \cdot 1,5 \cdot 45} = 24,6 \text{ MPa}$$

$$p \leq p_{dov} \\ \mathbf{24,6 \leq 28} \text{ [MPa]}$$

Matice z mat. 11 523 o výšce 45 mm s 15 závity vyhovuje. Matice se v okamžiku lisování neotáčí.

6.1 Určení velikosti styku matice šroubu s pístitnicí.

Pro učení průměru pístitnice musíme vycházet z dovoleného otláčení čela pístitnice s čelem matice šroubu. Rozhodující je vždy p_{dov} materiálu s menším dovoleným zatížením ve styku. Při vlastním lisování se matice a pístitnice nepohybují.

Materiál matice:

$$\text{Ocel 11 523} \quad \sigma_{kt} = 284 \text{ [MPa]} \quad \sigma_{dov} = 142 \text{ [MPa]}$$

Materiál pístnice:

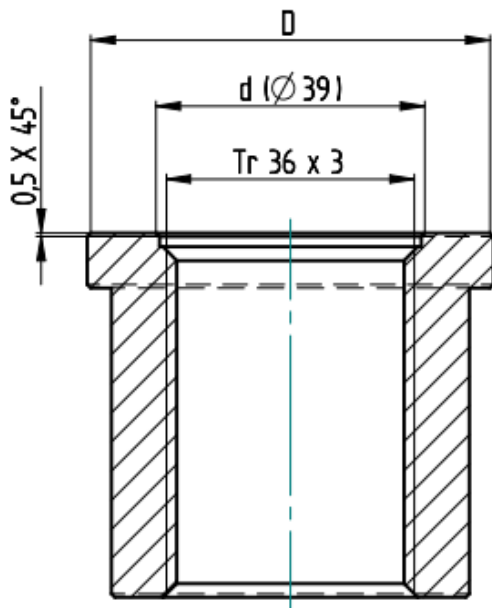
Chromovaná pístní tyč - ocel 20MnV6 (příloha 1).

Určení p_{dov} .

Pro určení použiji materiál matice – 11 523;

$$p_{dov} = (0,7 \div 0,9) \cdot \sigma_{Dt} = 0,8 \cdot 142 = 113,8 \cong \mathbf{110 \text{ MPa}}$$

Určení stykové plochy.



$$p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} \leq p_{dov}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{p_{dov} \cdot \pi} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 60000}{110 \cdot \pi} + 39^2}$$

$$D = 47,07 \text{ [mm]}$$

Volím D = 48 mm

kontrola:

$$p = \frac{4 \cdot 60000}{\pi \cdot (48^2 - 39^2)} = 97,56 \leq 110 \text{ MPa}$$

D = 48 mm vyhovuje.

Obr. 12 Matice výsuvu.

Vzhledem k použití polotovaru plunžru (pístnice) i válce, volím **dutý plunžr D = 55, d = 35** (příloha 2).

7 Kontrola potřebného průměru plunžru.

Vzhledem k nutnosti přesného vedení plunžru musím volit vedení vodičím kroužkem ve válci (obr. 13).

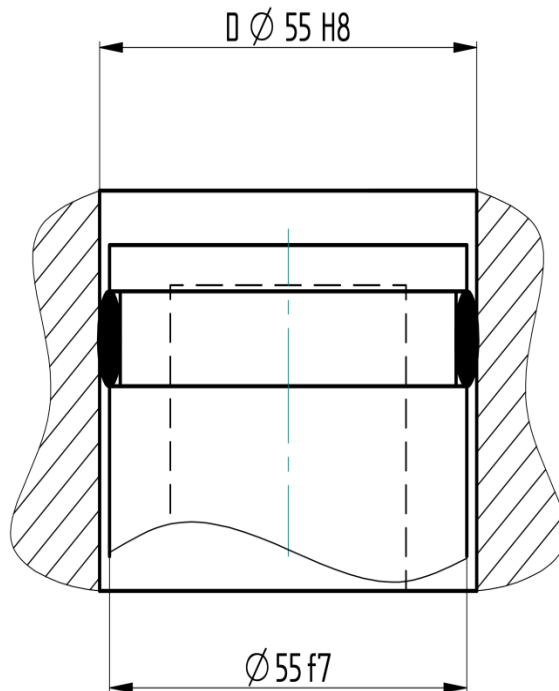
Provozní tlak nožního hydraulického čerpadla:

$$p_{max} = 70 \text{ [MPa]} \text{ (jde regulovat } 0 \div 70 \text{ MPa)}$$

Výpočtová síla lisu:

$$F = 60 \text{ [kN]}; \text{ Ztráty třením a silou pružin} = 2\% F$$

$$\text{Výpočtová síla } F_v = F \cdot 1,02 = 60 \cdot 1,02 = 61,2 \text{ kN}$$



$$p = \frac{4 \cdot F_v}{\pi \cdot D^2} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_v}{p_{max} \cdot \pi}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 61200}{70 \cdot \pi}} = 33,36 \text{ mm}$$

Vzhledem k nutnosti použití plunžru s dutinou pro zasunutí šroubu Tr 36x3 je volba pístnice o průměru 55 mm správná.

Obr. 13 Vedení plunžru.

Plunžr má podle příloha 2. vnitřní dutinu o průměru 35 mm, tato musí být vystružena na průměr **36 H8**. Dutina vede šroub výsuvu a při deformaci plunžru od tlaku ve válci bude šroub výsuvu zpevněn.

8 Výběr trubky pro hydraulické válce.

Jak bylo uvedeno v úvodu konstrukčního návrhu – polotovary trubky bude nakoupen. Trubku pro hydraulický válec vybírám z prodejního katalogu firmy HYDRAULICS s.r.o. [10]. V tomto katalogu jsou také mechanické vlastnosti použitých materiálů (příloha 3, příloha 4).

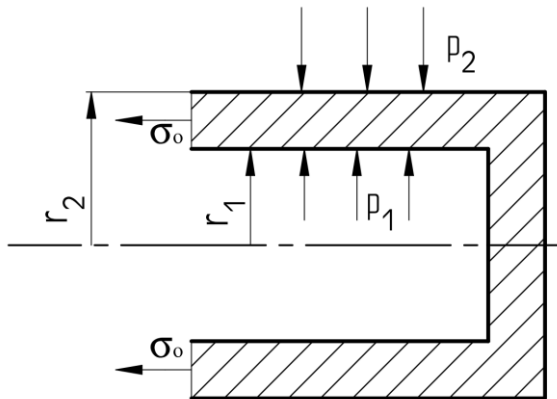
8.1 Výběr trubky.

Trubku volím s ohledem na nutnost vyříznutí závitu a utěsnění v dolním čele trubky.

| Rozměrová a materiálová řada přesných trubek | | | | | | |
|--|------------------|-------------------|---------------|--|---|---|
| Vnitřní průměr tolerance H8 | Vnější průměr mm | Tloušťka stěny mm | Hmotnost Kg/m | Provedení - tažená trubka bezešvá přesná, materiál ST52 BK+S DIN2391, vnitřní průměr válečkovaný | Provedení - trubka bezešvá válcovaná za tepla, materiál ST52 DIN2448, vnitřní průměr honovaný | Provedení - trubka svařovaná, materiál ST52 BK+S DIN2393, s přesným tolerovaným vnitřním průměrem |
| 55 | 70 | 7,5 | 11,55 | o | | . |

8.2 Určení tlaku pro vybranou trubku.

Při dané tloušťce stěny rozhoduje o vnitřním tlaku hypotéza - τ_{\max} pro materiál trubky. Redukované napětí u hydraulických trubek je určeno napětím na mezi kluzu použitého materiálu



Dovolené namáhání:

$$\sigma_{dov} = \frac{R_{e0,2}}{2} = \frac{450}{2} = 225 \text{ MPa}$$

Vnější tlak: $p_2 = 0$; vnitřní tlak: $p_1 = ?$

Podmínky:

$$\sigma_{r(r_1)} = -p_1$$

$$\sigma_{t(r_1)} + \sigma_{r(r_1)} = 2 \cdot \sigma_o \Rightarrow \sigma_{t(r_1)} = 2 \cdot \sigma_o - \sigma_{r(r_1)}$$

Poloměry: $r_1 = 27,5 \text{ mm}$ $r_2 = 35 \text{ mm}$

Osové napětí:

$$\sigma_o = \frac{p_1 \cdot r_1^2 - p_2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$\sigma_{t(r_1)} = 2 \cdot \frac{p_1 \cdot r_1^2 - p_2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} - (-p)$$

$$\sigma_{t(r_1)} = \frac{2 \cdot p_1 \cdot r_1^2 + p_1 \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{2 \cdot p_1 \cdot r_1^2 + p_1 \cdot r_2^2 - p_1 \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$\sigma_{t(r_1)} = \frac{p_1 \cdot (2 \cdot r_1^2 + r_2^2 - r_1^2)}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$\sigma_{t(r_1)} = \frac{p_1 \cdot (r_1^2 + r_2^2)}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{dov}}{2} = \frac{\sigma_{t(r_1)} - \sigma_{r(r_1)}}{2}$$

$$\sigma_{dov} \geq \frac{p_1 \cdot (r_1^2 + r_2^2)}{r_2^2 - r_1^2} - (-p_1) = \frac{p_1 \cdot (r_1^2 + r_2^2)}{r_2^2 - r_1^2} + p_1$$

$$\sigma_{dov} = \frac{\cancel{p_1 \cdot r_1^2} + p_1 \cdot r_2^2 + p_1 \cdot r_2^2 - \cancel{p_1 \cdot r_1^2}}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$\sigma_{dov} \geq \frac{2 \cdot p_1 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$p_1 \leq \frac{\sigma_{dov} \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{2 \cdot r_2^2}$$

$$p_1 \leq \frac{225 \cdot (35^2 - 27,5^2)}{2 \cdot 35^2} = \mathbf{43,05 \text{ MPa}}$$

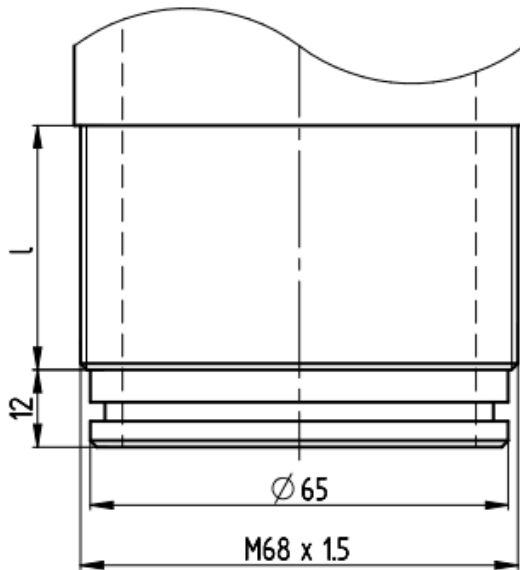
Protože tlak potřebný pro vyvození jmenovité síly lisu ($F_v = 61,2 \text{ kN}$) při $D = 55 \text{ mm}$ je:

$$p = \frac{4 \cdot F_v}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 61200}{\pi \cdot 55^2} = 25,76 \text{ MPa}$$

Tedy vybraná trubka válce s tloušťkou stěny 7,5 mm vyhovuje.
 Na tento tlak bude seřízeno nožní hydraulické čerpadlo.

8.3 Určení délky závitu trubky pro přední čelo.

Jedním z nejdůležitějších stavebních prvků pístu je čelo. Za přírubu tohoto čela bude píst uchycen v C rámu. Vzhledem k montáži do lisu bude přední příruba soustružená a frézovaná na potřebný rozměr pro nasunutí do rámu zdola.



Vypočtený maximální dovolený tlak pro trubku:

$$p_1 = 43,05 \text{ MPa}$$

Výpočtová síla na čelo:

$$F_{vč} = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$F_{vč} = 4,05 \frac{\pi \cdot 68^2}{4} = 156344 \text{ N}$$

Předpokládaný závit:

M68 x 1,5

$d_2 = 67,026 \text{ mm}$

$H_1 = 0,8119 \text{ mm}$

Počet závitů:

$$z = \frac{F_{vč}}{p_1 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1} = \frac{156344}{43,05 \cdot \pi \cdot 67,026 \cdot 0,8119} = 21,243 = 22 \text{ závitů}$$

Délka závitu:

$$l = z \cdot p = 22 \cdot 1,5 = 33 \text{ mm}$$

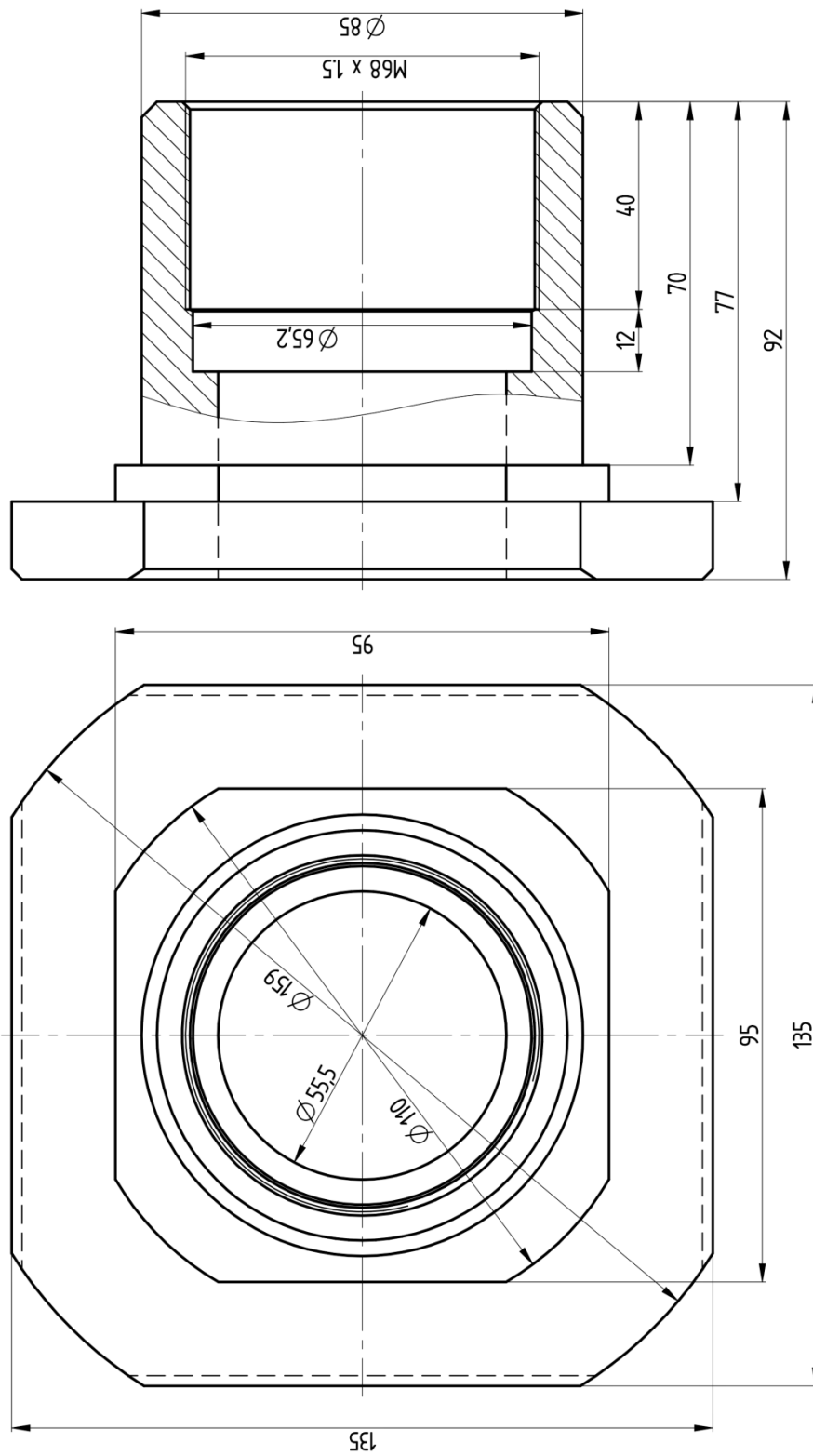
Délku závitu na trubce volím 40 mm.

9 Tvar předního čela.

Přední čelo je našroubováno na závit trubky hydraulického válce. To znamená minimální počet závitů pro zašroubování je větší než 22 závitů – délka min. 33 mm.

Rozeř osazení předního čela 95 mm x 95 mm (obr. 14) je určující pro rozměr uchycení plunžru v rámu vlastního lisu (C rám). Jedná se o vnitřní rozměr rámu. Délka zašroubování se zvětší o vnitřní zápich na konci závitu.

Osazení čela je zvoleno záměrně na rozměr 95 mm. V případě nutnosti zvětšení hydraulického válce můžeme použít trubku o vnějším průměru 80 mm. V tomto případě ale nebude dodržena podmínka deformace rámu 0,3 mm.



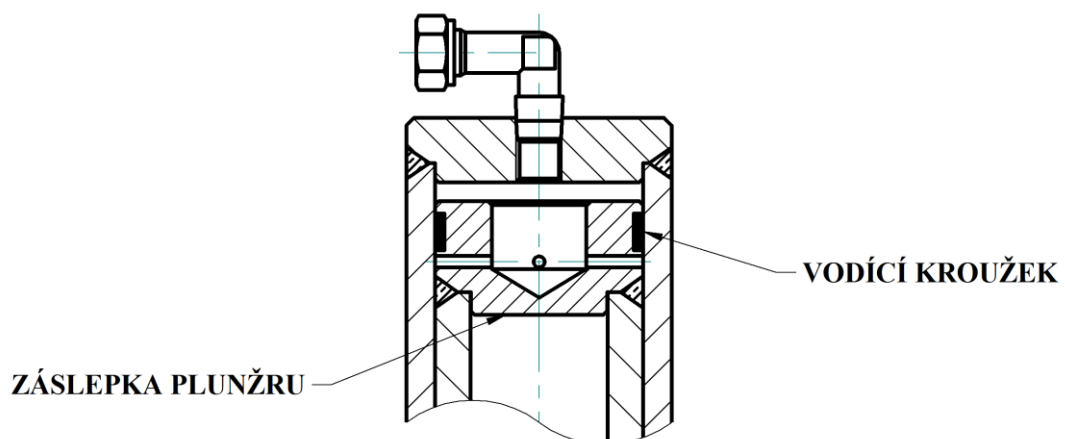
Obr. 14 Přední čelo hydraulického válce.

10 Sestava hydraulického válce.

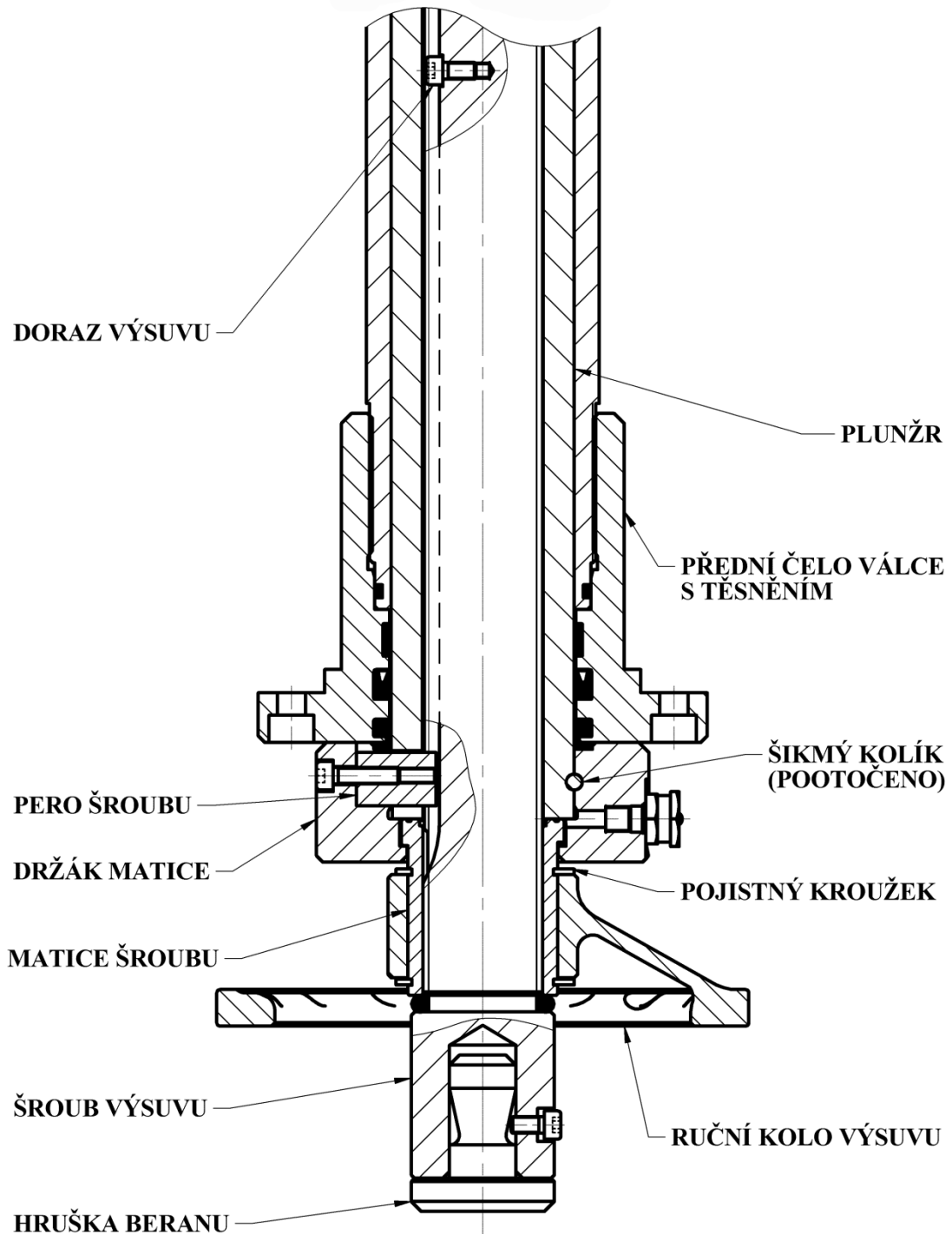
Při montáži hydraulického válce je třeba dodržet určitý postup sestavení.

- Zaslepení plunžru – protože plunžr je veden ve válci pomocí vodícího kroužku, musí být zajištěno, aby se tlakový olej dostal za tento kroužek. Na obr. 15 je vidět odlehčení a vrtání záslepky plunžru. Po svaření je nutné svar brousit (cca 0,1 mm pod jmenovitý průměr plunžru)
- Kontrola rozměrů válce (vnitřní D 55 H8) a plunžru (vnější D 55 f7).
- Montáž matice a ručního kolečka:
 - nejprve musíme našroubovat matici šroubu výsuvu na doraz závitů.
 - nyní utáhneme imbus dorazu M5 x 10 do příslušné závitové díry.
 - poté zasuneme do dutiny plunžru a držák matice spolu s maticí a šroubem nasuneme na plunžr a zajistíme dvěma šikmými kolíky.
 - nasadíme horní pojistný kroužek (segerovku) a následně nasadíme ruční kolečko na matici (spojení pro přenos MK pomocí pera), zajistíme druhým pojistným kroužkem.
- Sestavu plunžru opatrně nasuneme do hydraulického válce.

Takto sestavený hydraulický válec (obr. 16) je připraven pro vložení do vlastního rámu lisu. Celá sestava je zajištěna proti vysunutí směrem dolů dvěma šrouby M 8.



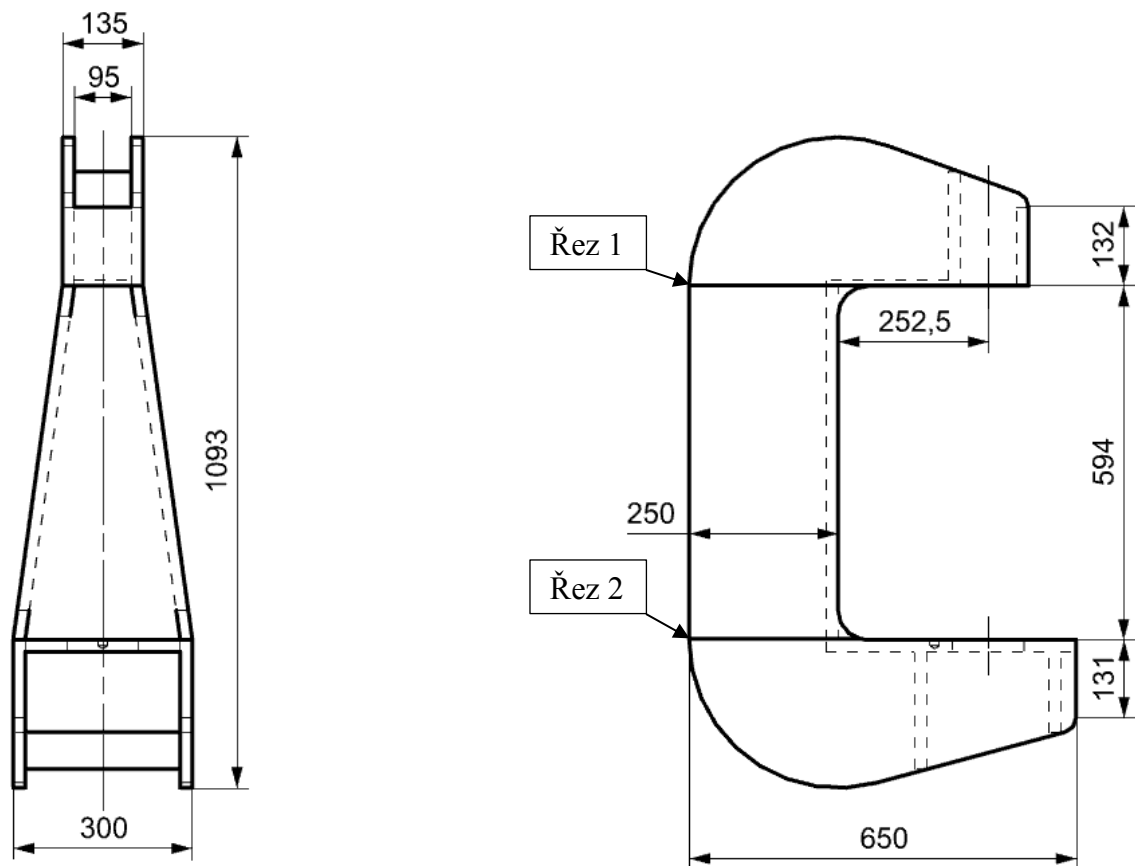
Obr. 15 Zaslepení plunžru (vedení oleje pod vodící kroužek).



Obr. 16 Sestava hydraulického válce.

11 Předběžný návrh stojanu lisu.

Určením rozměru uchycení plunžru v rámu máme horní část návrhu rámu. Na spodní straně bude otočná deska s otvory o $\varnothing 320$ mm. Spodní část rámu bude tedy 300 mm – otočná deska bude přechínat o 10 mm po obou stranách. Ostatní rozměry jsou podle předběžného návrhu dle požadavku zadavatele.



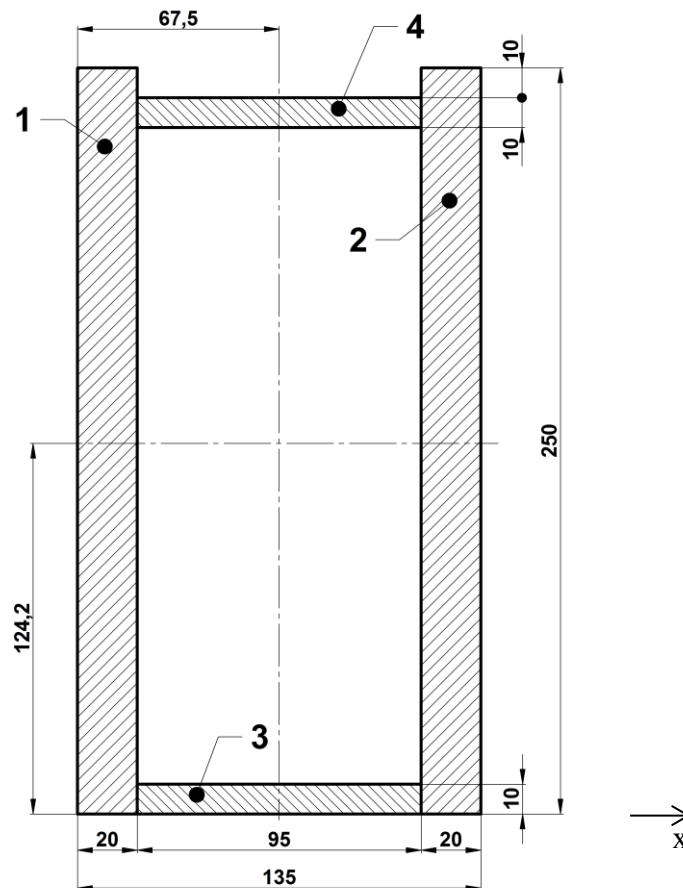
Obr. 17 Hlavní návrhové rozměry rámu.

11.1 Určení kvadratických momentů řezů.

Protože se jedná o tvar rámu C (dovolená deformace v ose $y - 0,3$ mm), použijí k základnímu výpočtu tuhosti postup podle [4] str. 30. Pro tento postup je potřeba zjistit kvadratické momenty v řezu 1 a v řezu 2 (obr. 17).

Pro první návrh rámu jsou zvoleny tyto rozměry – řez 1:

Bočnice: plech Tl. 20 mm, šířka 250 mm (pozice 1, 2).
 Přední čelo: plech Tl. 10 mm, šířka 95 mm (pozice 3).
 Zadní čelo: plech Tl. 10 mm, šířka 95 mm (pozice 4).



Obr. 18 Kvadratický moment, řez 1. (Výstup z NX8,5)

Nejprve vypočítáme plochy řezu jednotlivých pozic.

- 1) $S_1 = a \cdot b = 20 \cdot 250 = 5000 \text{ mm}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
- 2) $S_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$; 3) $S_3 = 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$; 4) $S_4 = 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Výpočet statického momentu k vodorovné ose x:

Statický moment počítáme vždy k těžišti příslušného tělesa (pozice 1, ..2, ..3, ..4), od osy x (obr. 18).

$$M_{pl} = S_i \cdot y_{ti}$$

$$1) 5000 \cdot 125 = 625000 \text{ mm}^3;$$

$$2) 625000 \text{ mm}^3; \quad 3) 4750 \text{ mm}^3; \quad 4) 223250 \text{ mm}^3$$

Určení těžiště řezu:

Profil je symetrický na hlavní osu profilu, musíme určit polohu těžiště v ose y.

$$y_T = \frac{\sum S_i \cdot y_{Ti}}{S_{celk.}}$$

$$y_T = \frac{625000 + 62500 + 4750 + 223250}{11900} = 124,2017 \text{ mm}$$

Poloha těžiště v řezu 1 v ose y je 124,2 mm.

11.1.1 Kvadratický moment řezu 1 (obr. 18).

| Plocha tělesa | Rozměry b x h [mm] | | Vzdálenost těžišť [mm] | Kvadratický moment tělesa J_i [mm ⁴] | Posunutí k těžišti řezu $S_i \cdot y_i^2$ [mm ⁴] |
|----------------------------|--------------------|-----|------------------------|--|--|
| 1 | 20 | 250 | 0,7983 | 26041666,67 | 3186,41445 |
| 2 | 20 | 250 | 0,7983 | 26041666,67 | 3186,41445 |
| 3 | 95 | 10 | 119,2017 | 7916,666667 | 13498593,02 |
| 4 | 95 | 10 | 110,7983 | 7916,666667 | 11662450,12 |
| Kvadratický moment řezu. | | | | 52099166,67 | |
| Celkové posunutí k těžišti | | | | | 25167415,97 |

| |
|--|
| Kvadratický moment řezu k těžišti řezu [mm ⁴]. |
| 77266582,63 |

Tab. 3 Kvadratický moment, řez 1.

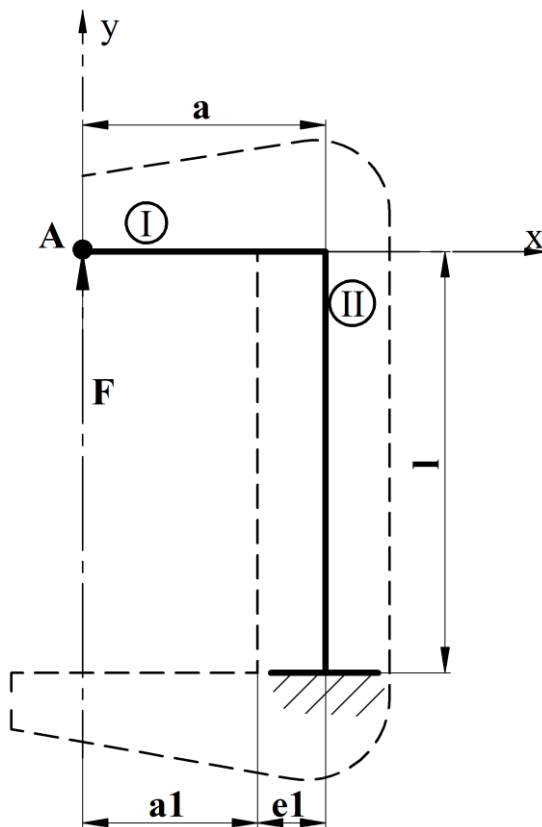
Kvadratický moment řezu 1 je v kritickém místě a další výpočty budou právě z řezu 1. Řez 2 (obr. 17) má větší hodnoty kvadratického momentu a tedy deformace rámu budou menší. Toto bude zohledněno v analýze deformací provedené v programu NX 8,5.

11.2 Řešení rámu.

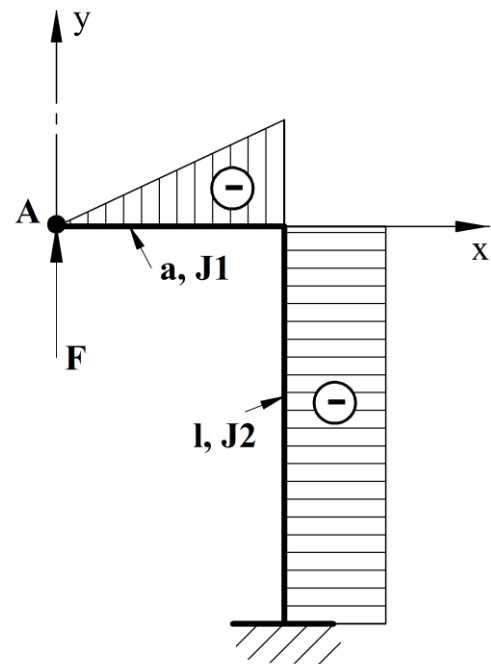
Pro zjednodušené řešení (obr. 19) uvažujeme o stojně rámu vetknuté do nekonečně tuhého základu (spodní část rámu). Vycházíme s CASTIGLIANOVI věty, že deformační práce celé soustavy je nulová (minimální).

$$u_i = \frac{1}{EJ} \cdot \int M_o \cdot \frac{\partial M_o}{\partial F_i} \cdot dx \qquad \varphi_i = \frac{1}{EJ} \cdot \int M_o \cdot \frac{\partial M_o}{\partial M_i} \cdot dx$$

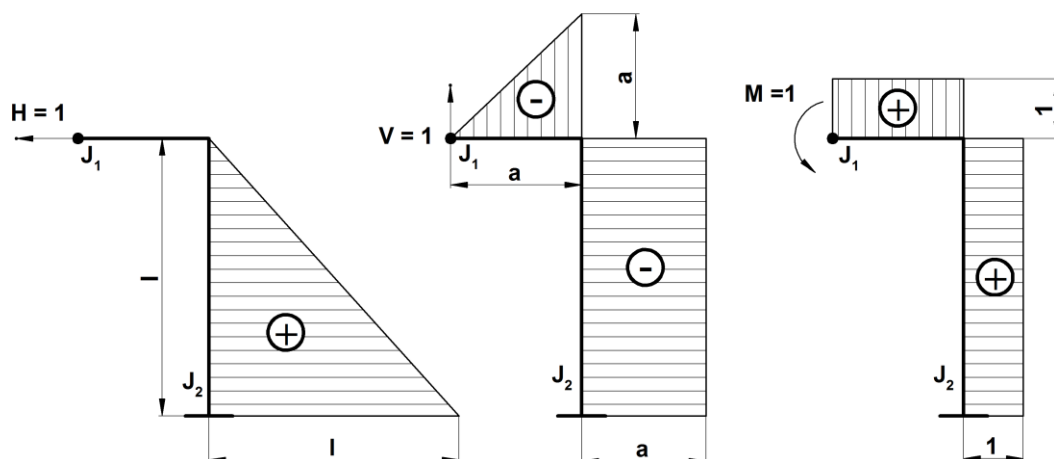
Dalším předpokladem je stejný kvadratický moment řezu jak ve stojně, tak v příčce ($J_1 = J_2$). Skutečná příčka je uvažována jako nosník o stejné pevnosti ($h = 250 \text{ mm}$, $h_1 = h/2$).



Obr. 19 Náhradní řešení rámu.



Obr. 20 Momentové plochy od vnějšího zatížení [4].



Obr. 21 Průběhy momentů od jednotkových zatížení ($H = 1, V = 1, M = 1$) [4].

Potřebné vztahy pro deformace rámu v místě působení síly – bod A (obr. 20) – jsou:

- posuv v ose x, bod A:

$$u_x = \frac{1}{E \cdot J_2} \cdot \frac{F \cdot a \cdot l^2}{2}$$

- posuv v ose y, bod A:

$$u_y = \frac{1}{E \cdot J_1} \cdot \frac{F \cdot a^3}{3} + \frac{1}{E \cdot J_2} \cdot F \cdot a^2 \cdot l$$

- natočení v bodě A:

$$\varphi = -\frac{1}{E \cdot J_1} \cdot \frac{F \cdot a^2}{2} - \frac{1}{E \cdot J_2} \cdot F \cdot a \cdot l$$

11.3 Výpočet deformace.

Výpočet deformací C rámu lisu.
(podle [4] a obr. 19)

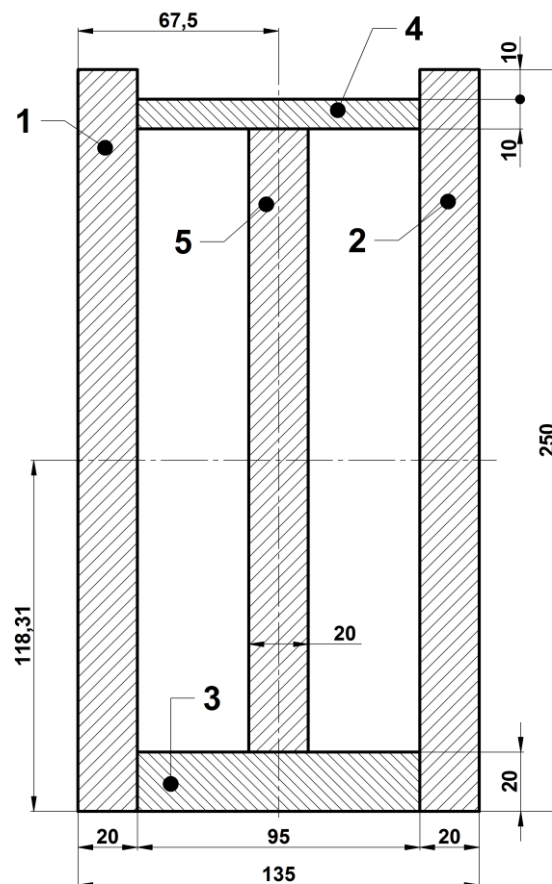
| Vyložení a_1 [mm] | Těžiště profilu e_1 [mm] | Kvad. moment J [mm ⁴] | Modul pružnosti tah E [Pa] | a [mm] | l [mm] | F [N] |
|------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|----------|----------|---------|
| 252,2 | 124,2 | 77266582,63 | 210000 | 376,4 | 594 | 61200 |

| | | | |
|---------------|-----------|--------|-------------------|
| Posuv v ose x | 0,25046 | mm | |
| Posuv v ose y | 0,38446 | mm | nevyhovuje |
| Natočení | -0,001110 | rad | |
| Natočení | 0,06363 | stupně | |
| Natočení | 0° 3' 49" | ° ' " | |

Vzhledem k maximální požadované deformaci v ose y – 0,3mm toto řešení nevyhovuje.

11.3.1 Nové řešení rámu.

Vzhledem k předběžnému nevyhovujícímu řešení musím pro splnění deformace zvětšit kvadratický poloměr profilu.



Obr. 22 Kvadratický moment upravený, řez 1.

Na obr. 22. je upravena pozice č. 3 – zvětšení na tloušťku 20 mm a je přidána příčka, pozice č. 5. Tímto se změní kvadratický moment.

Pro druhý návrh rámu jsou zvoleny tyto rozměry – řez 1:

Bočnice: plech Tl. 20 mm, šířka 250 mm (pozice 1, 2).
 Přední čelo: plech Tl. 20 mm, šířka 95 mm (pozice 3).
 Zadní čelo: plech Tl. 10 mm, šířka 95 mm (pozice 4).
 Střední žebro: plech Tl. 20 mm, šířka 210 mm (pozice 5).

Nové hodnoty budou: kvadratický moment upraveného řezu (obr. 22).

| Plocha tělesa | Rozměry b x h [mm] | | Vzdálenost těžišť [mm] | Kvadratický moment tělesa J_i [mm ⁴] | Posunutí k těžišti řezu $S_i \cdot y_i^2$ [mm ⁴] |
|----------------------------|--------------------|-----|------------------------|--|--|
| 1 | 20 | 250 | 6,6862 | 26041666,67 | 223526,3522 |
| 2 | 20 | 250 | 6,6862 | 26041666,67 | 223526,3522 |
| 3 | 95 | 20 | 108,3138 | 63333,33333 | 22290570,61 |
| 4 | 95 | 10 | 116,6862 | 7916,666667 | 12934885,81 |
| 5 | 20 | 210 | 6,6862 | 15435000 | 187762,1358 |
| Kvadratický moment řezu. | | | | 67589583,33 | |
| Celkové posunutí k těžišti | | | | | 35860271,26 |

| |
|--|
| Kvadratický moment řezu k těžišti řezu [mm ⁴]. |
| 103449854,6 |

Tab. 4 Kvadratický moment upravený, řez 1.

| Výpočet deformací C rámu lisu. (podle [4] a obr. 22) | | | | | | |
|---|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------|----------|---------|
| Vyložení a_1 [mm] | Těžiště profilu e_1 [mm] | Kvad. moment J [mm ⁴] | Modul pružnosti tah E [Pa] | a [mm] | l [mm] | F [N] |
| 252,2 | 118,3138 | 103449854,6 | 210000 | 370,514 | 594 | 61200 |

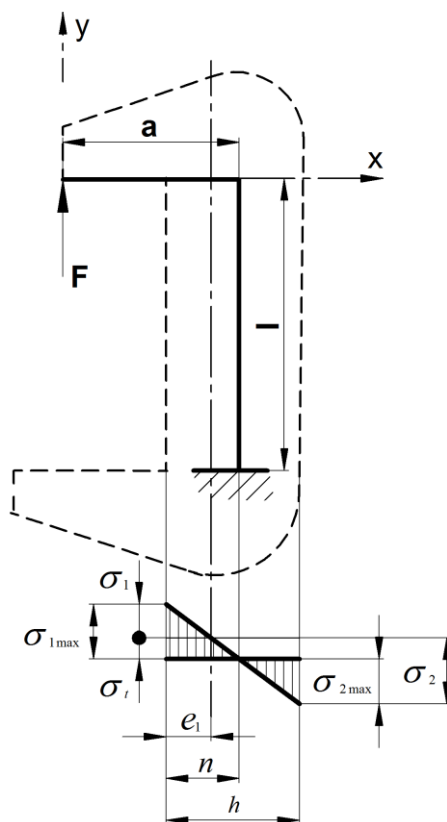
| | | | |
|---------------|-----------|--------|-----------------|
| Posuv v ose x | 0,18414 | mm | |
| Posuv v ose y | 0,27748 | mm | vyhovuje |
| Natočení | -0,000813 | rad | |
| Natočení | 0,04660 | stupně | |
| Natočení | 0° 2' 48" | ° ' " | |

Druhý návrh rámu dilenského lisu vyhovuje požadavku maximálního posunu v ose y ($0,277 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$).

Tímto jsou dány základní rozměry rámu lisu – výpočet je proveden pro řez 1 (obr. 22).

11.4 Kontrola napětí v rámu.

Pro svařovaný rám lisu je použito plechů z oceli 11 375. Dovolené napětí v ohybu je 70 až 105 MPa. [3], pro klidné mívivé zatížení volím 96 MPa.



Hodnoty:

$$F = 60000 \text{ [N]}$$

$$a = 252 + 118,31 = 370,31 \text{ [mm]}$$

$$J = 103449854,6 \text{ [mm}^4\text{]} \text{ (stojina)}$$

$$e_1 = 118,31 \text{ [mm]} \text{ (osa těžiště profilu)}$$

$$h = 250 \text{ [mm]} \text{ (hloubka stojiny)}$$

$$n = \text{poloha neutrální osy ohybu}$$

$$\sigma_{\text{dov}} = 96 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_t = \text{napětí tahové}$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \text{napětí v krajních vláknech - ohyb}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \text{maximální napětí - ohyb, tah}$$

Ohybový moment:

$$M = F \cdot a = 60000 \cdot 370,31$$

$$M = 22,2186 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Obr. 23 Napětí v rámu lisu.

Napětí v krajních vláknech průřezu stojiny (obr. 23):

$$\sigma_1 = \frac{M \cdot e_1}{J} = \frac{22,2186 \cdot 10^6 \cdot 118,31}{103449854,6} = \mathbf{25,41 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_2 = \frac{M \cdot (h - e_1)}{J} = \frac{22,2186 \cdot 10^6 \cdot (250 - 118,31)}{103449854,6} = \mathbf{28,284 \text{ MPa}}$$

Napětí tahové v průřezu stojiny (obr. 23):

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{60000}{17050} = \mathbf{3,52 \text{ MPa}}$$

Maximální napětí v krajních vláknech:

$$\sigma_{1max} = \sigma_1 + \sigma_t = 25,41 + 3,52 = \mathbf{28,93 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{2max} = \sigma_2 - \sigma_t = 28,284 - 3,52 = \mathbf{24,764 \text{ MPa}}$$

Poloha neutrálního vlákna n (obr. 23):

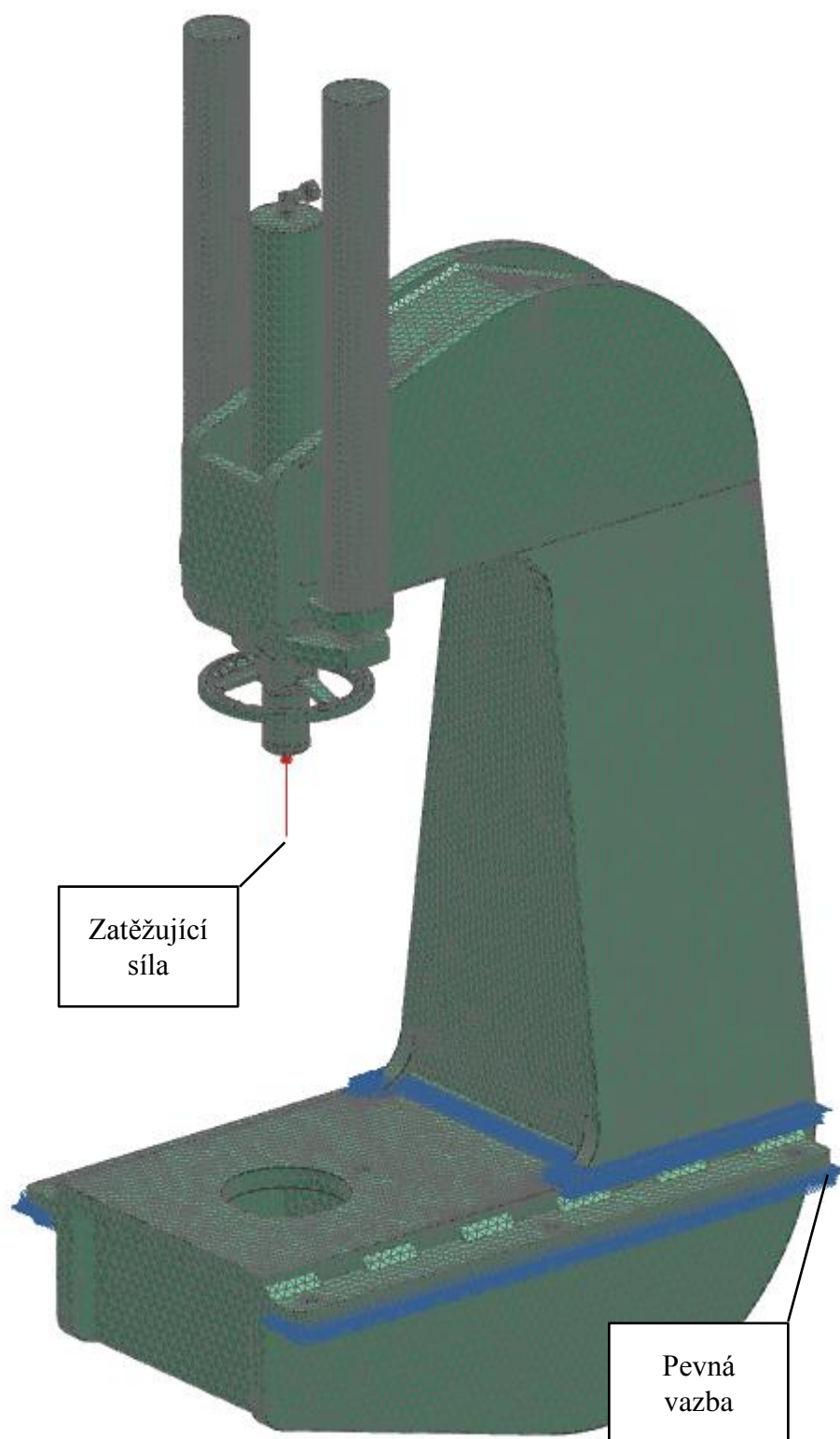
$$n = \frac{h \cdot (\sigma_t + \sigma_1)}{(\sigma_1 + \sigma_2)} = \frac{250 \cdot (3,52 + 25,41)}{(25,41 + 28,284)} = \mathbf{134,7 \text{ mm}}$$

Z výsledků vyplývá, že **napětí v 2. návrhu rámu lisu vyhovuje podmínce** -
 $\sigma_{1max} < \sigma_{dov}$

12 Porovnání analytického řešení se simulací v programu SIEMENS NX 8,5.

Pro správné řešení simulace v programu Siemens NX 8,5 musíme lis zjednodušit, správně zasíťovat a musíme určit okrajové podmínky. Pro tento případ jsou určeny tyto podmínky.

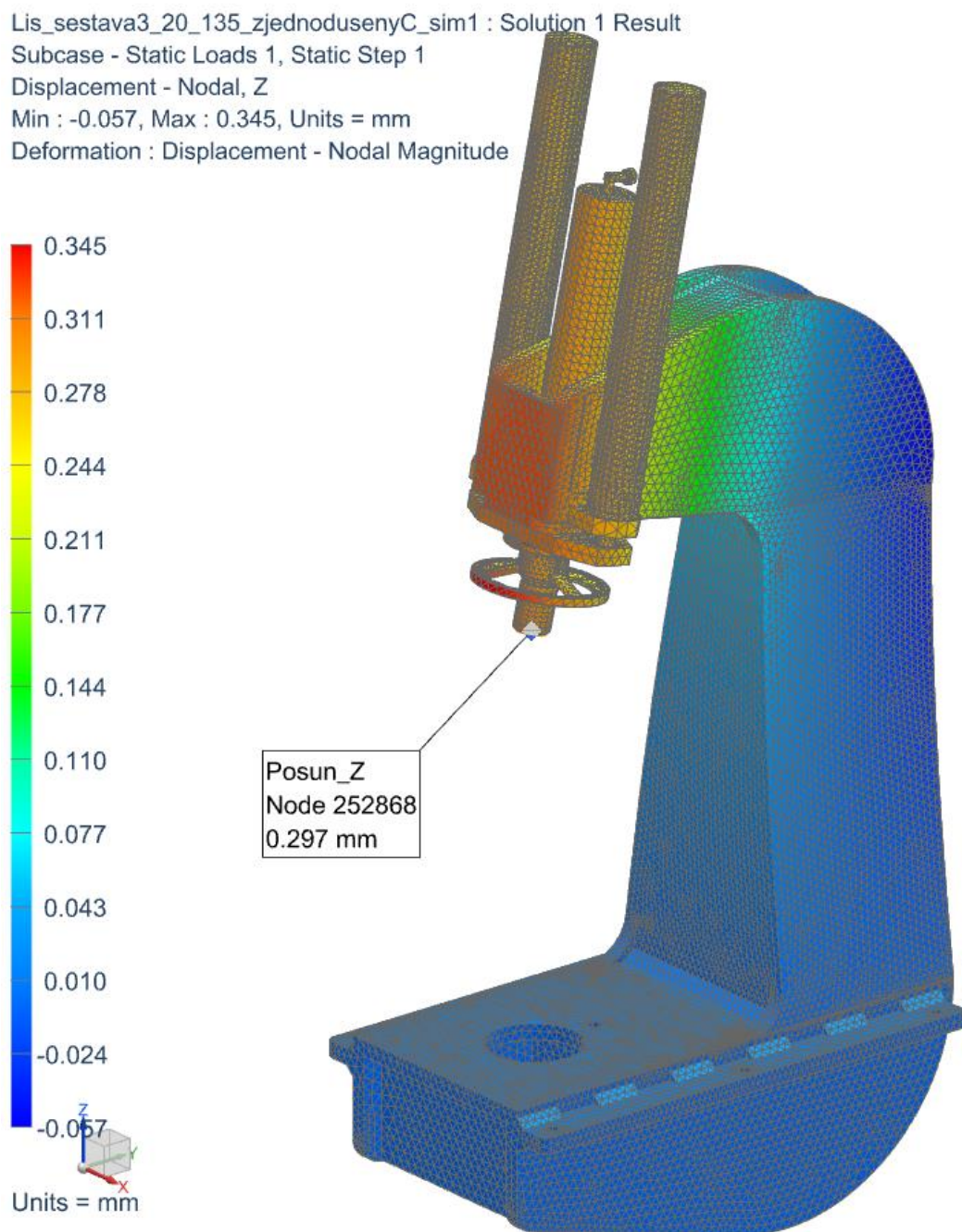
- Pevná vazba – obr. 24. je nastavena na základnu stolu lisu a na patky uchycení.
- Zatížení – obr. 24. je směřováno na střed beranu a má hodnotu 60kN.
- Zjednodušení – odebrány malé otvory a rádiusy menší než 2 mm.



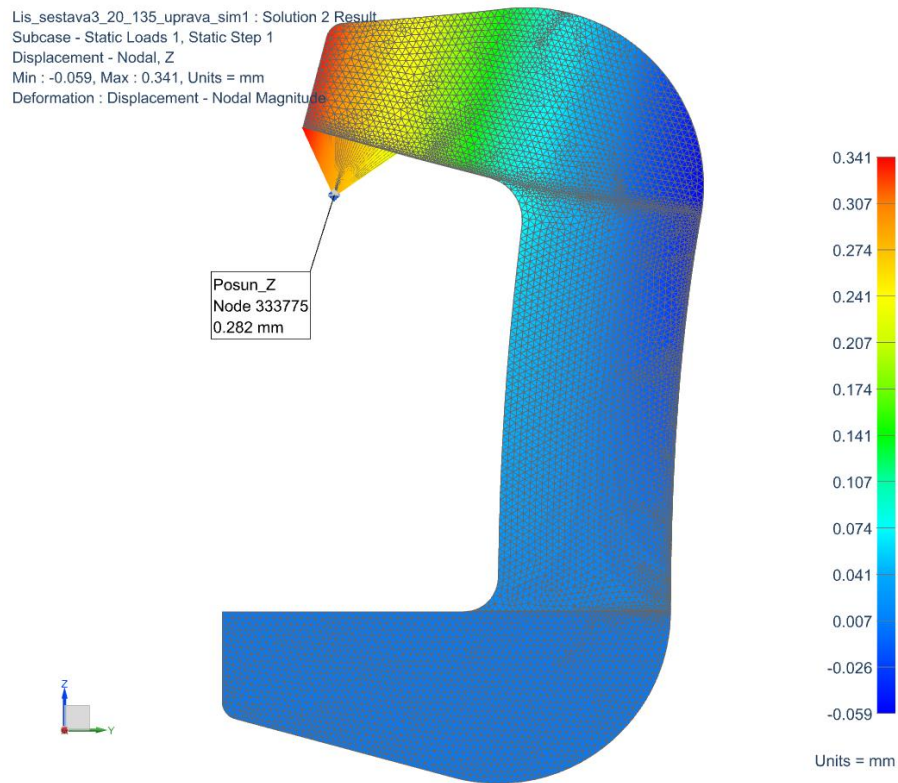
Obr. 24 Úprava lisu k simulaci.

V analytickém řešení jsou osy dány podle obr. 19 – osa y je ve směru zatěžování silou 60 kN a osa x je na ni kolmá směrem ke stojině.

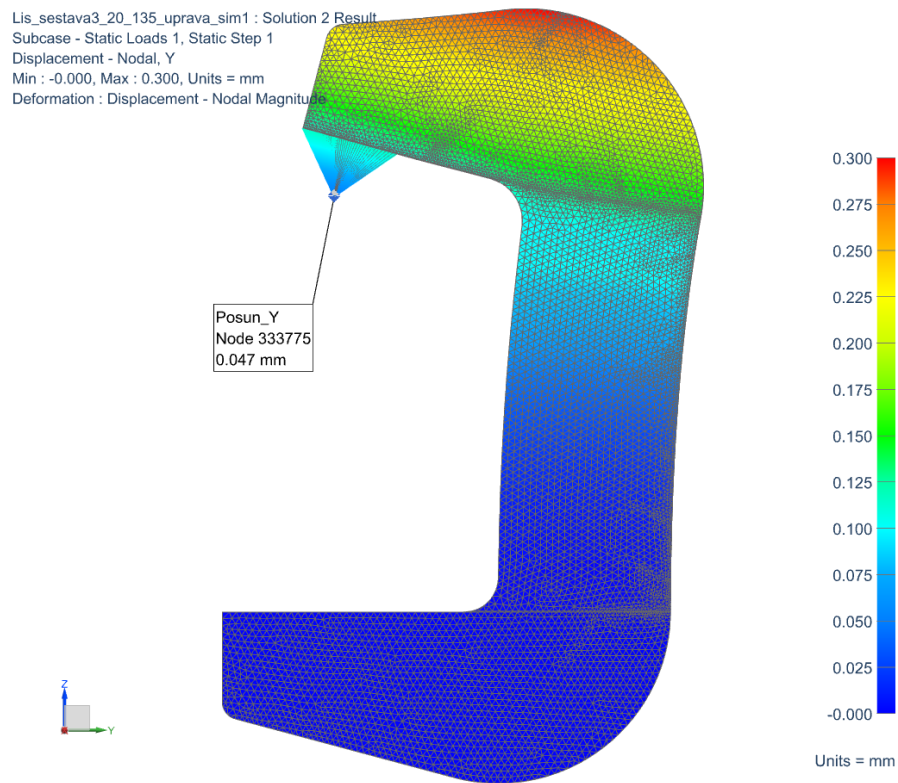
V simulaci zatížení lisu v NX 8,5 je osa zatížení označena z, osa kolmá na ni, směrem ke stojině, je osa y. Pro porovnání je také ukázáno posunutí deformace pouze na rám lisu a zatížení na kompletní sestavu lisu.



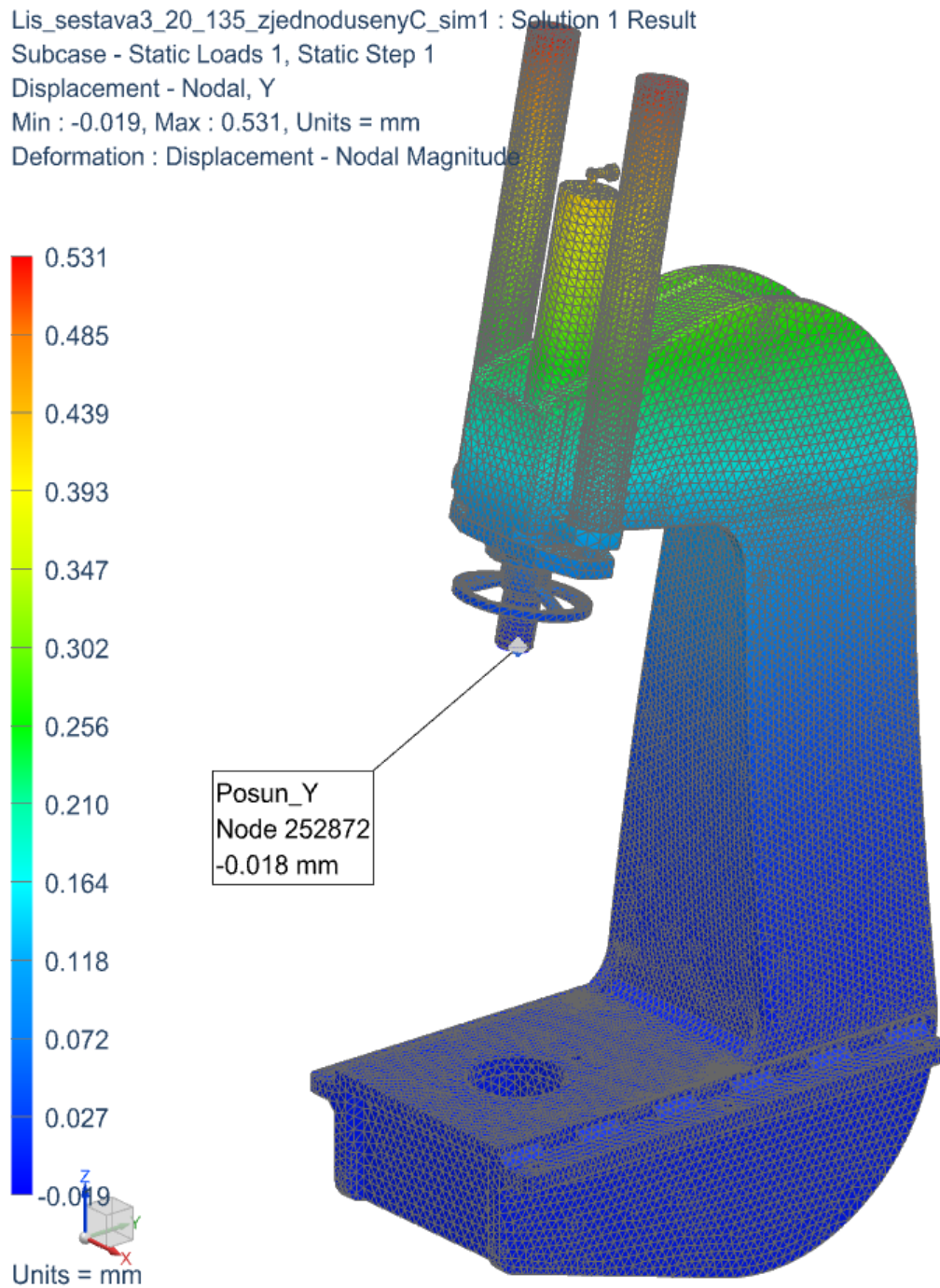
Obr. 25 Posunutí v ose z, sestava lisu.



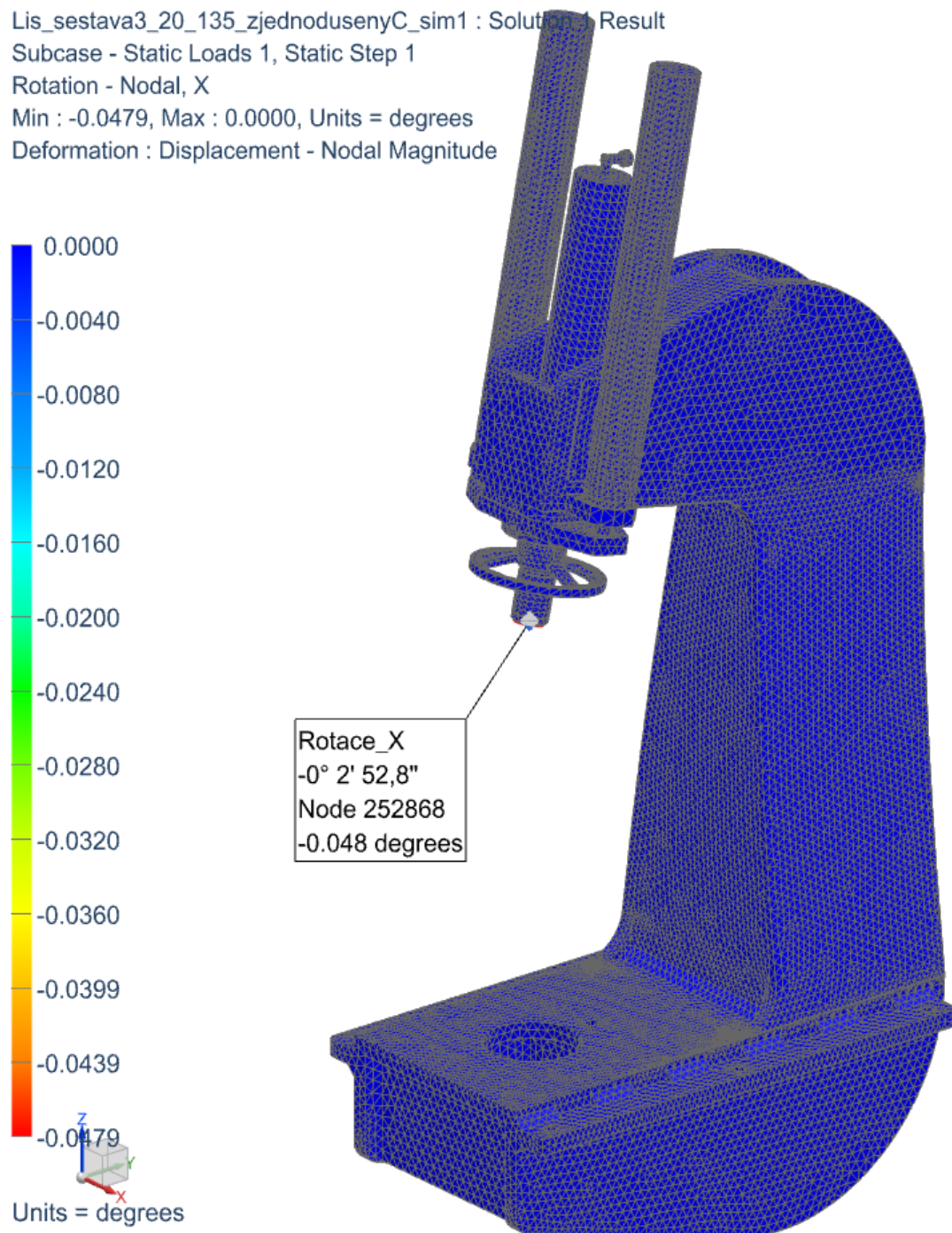
Obr. 26 Posunutí v ose z, rám lisu.



Obr. 27 Posunutí v ose y, rám lisu.



Obr. 28 Posunutí v ose y, sestava lisu.



Obr. 29 Rotace v ose x, sestava lisu.

U výsledků simulace se projeví rozdíl v posunutí, které je dáno vynesím bodu simulace (koncový bod beranu lisu – posun v ose x), od výpočtu. Výpočet je proveden na bod prodloužení horního ramene rámu lisu viz obr. 19. Právě deformace stojiny rámu a koncový bod zatěžování dají mírně rozdílné výsledky (tab. 5).

| Orientace os je podle analytického řešení. | Výpočet | Simulace NX |
|--|------------------|--------------------|
| Posun v ose x | 0,184 mm | 0,018 mm |
| Posun v ose y | 0,277 mm | 0,297 mm |
| Natočení | 0° 2' 48" stupně | 0° 2' 52,8" stupně |

Tab. 5 Výsledná porovnání řešení deformací lisu.

Z porovnání výsledků vyplývá, že obě řešení deformace C rámu hydraulického lisu jsou podobná. Hodnoty sledované deformace v ose y jsou v rozmezí 6,8%, tedy v požadovaných tolerancích.

13 Návrh hydraulického pohonu a ovládání lisu.

Při návrhu hydraulického obvodu vycházíme z požadavku na cenu nakupovaných dílů a maximální jednoduchosti obvodu. Jedná se o dílenský lis pro drobné montážní práce s velmi malými rychlostmi pohybu pracovního pístu – použití nožního zdroje tlaku (čerpadlo s nožním pohonem).

Základní tlakové parametry jsou vypočítány v předešlé kapitole - 8.2.

Pro předpokládanou lisovací sílu a vypočtený průměr plunžru musí čerpadlo být schopno dodat tlak minimálně 25,76 MPa.

Tento požadavek splňuje nožní hydraulické čerpadlo FPS-2/05 od firmy YALE (obr. 32), Příloha 5.

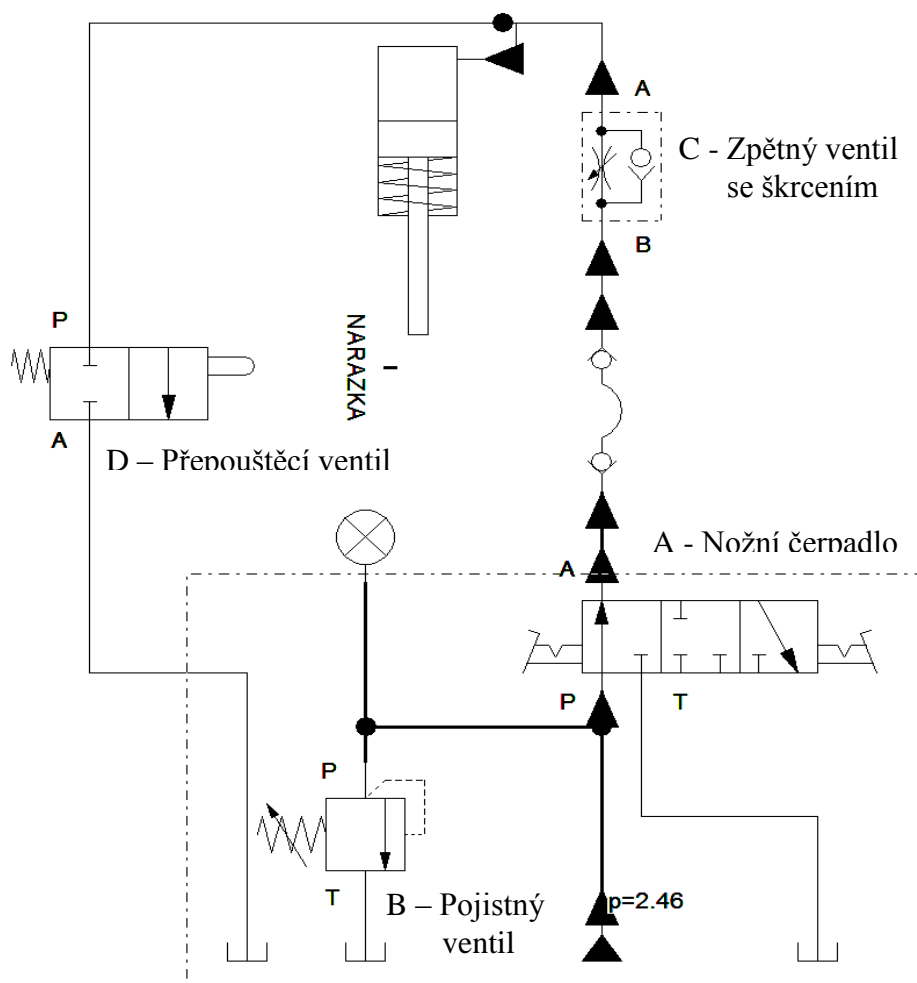
13.1 Návrhové hydraulické schéma pohonu.

V návrhu je použito základní zapojení nožního čerpadla. Čerpadlo se ovládá nožní pákou a má dva režimy chodu.

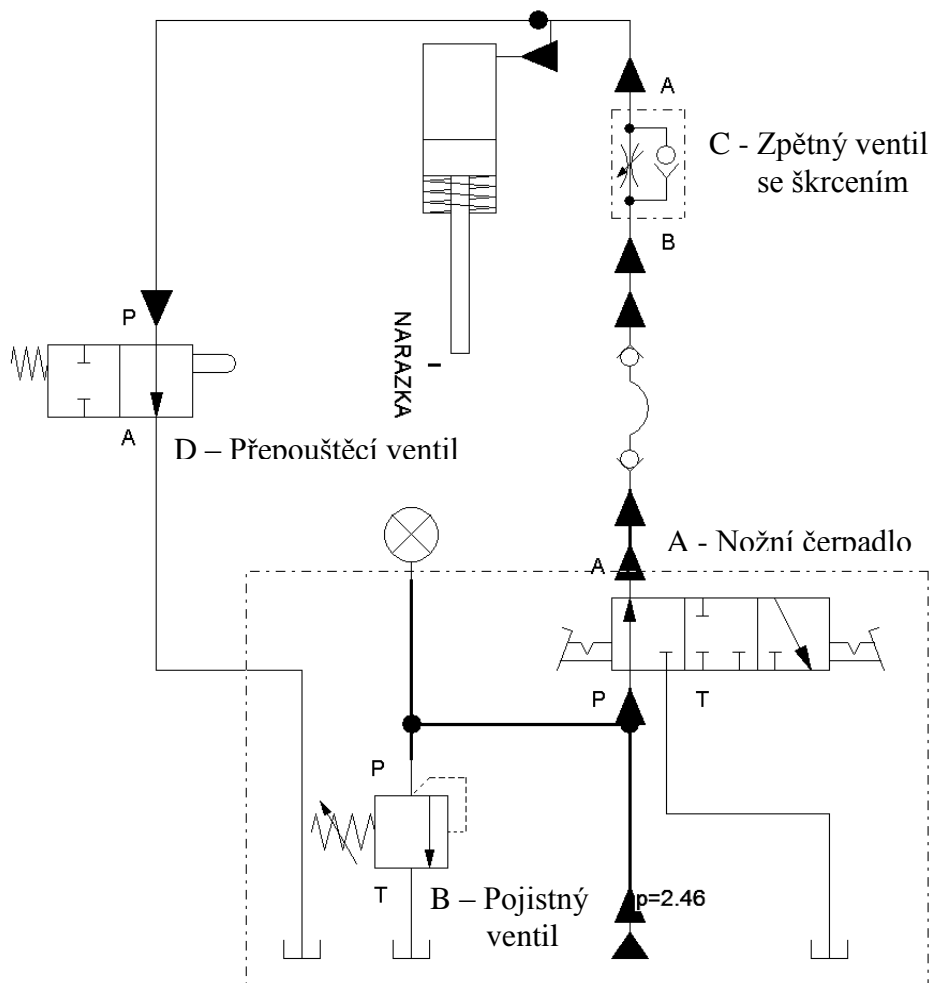
1. Rychloběh – obvod je bez tlaku, mírné zvýšení tlaku je způsobeno třením, vratnou pružinou a odpory proti vysunutí pístnice. Na jedno sešlápnutí je čerpadlo schopno dodat 11 cm^3 . Velikost zdvihu beranu je $4,63 \text{ mm}$.
2. Pracovní zdvih – obvod je v plném tlaku, čerpadlo dodává 2 cm^3 na jeden zdvih. Velikost zdvihu beranu je $0,84 \text{ mm}$

Pracovní tlak je možné nastavit pojistným ventilem, který je přístupný zvenčí na čerpadle. Odpouštění je možné nožním ovládacím pedálem.

Vlastní připojení lisu je pomocí hydraulické hadice s rychlospojkami o délce cca 3 m . Do okruhu je zařazen zpětný ventil s ruční škrcením pro seřízení zpětného chodu plunžru. Doraz přepouštěcího ventilu bude možné ručně seřizovat, odpadní větev tohoto ventilu bude vedena souběžně s pracovní větví a bude ukončena v napouštěcím otvoru nádrže nožního čerpadla.



Obr. 30 Hydraulické schéma lisu.



Obr. 31 Funkce bezpečnostního ventilu.

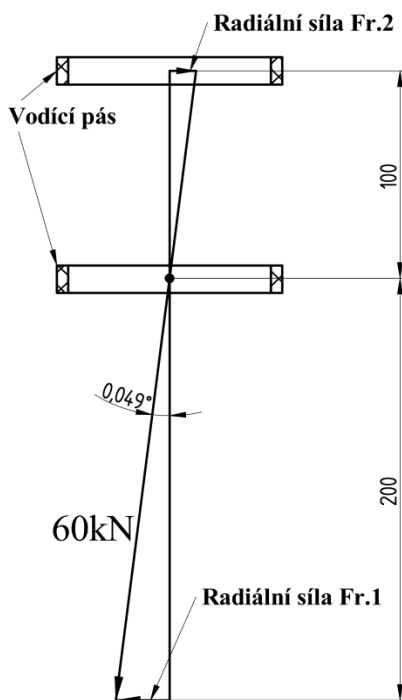


Obr. 32 Nožní čerpadlo YALE - FPS-2/05

13.2 Těsnící a vodící prvky hydraulického válce.

13.2.1 Určení šířky a typu vodícího pásu.

Vodící pás vede plunžr v konstrukci hydraulického válce. Nahrazuje zastaralé vedení bronzovými kroužky, nebo kluznými nástřiky. Pro výpočet potřebné šířky vodícího pásu je třeba počítat s maximální radiální silou vznikající z deformací rámu, nebo z ohybových momentů vzniklých při lisování.



Fr.1:

$$Fr1 = \sin 0,049^\circ \cdot 60000 = 51,31 \text{ N}$$

Fr.2:

$$51,31 \cdot 200 = Fr2 \cdot 100$$

$$Fr2 = \frac{51,31 \cdot 200}{100} = 102,62 \text{ N}$$

Úhlovou deformací, C rámu lisu (0,049°), vznikne radiální síla 102,62 N. K této síle přidáme 100 % z vypočtené síly pro nezapočtené vlivy při lisování.

Maximální radiální síla bude: $Fr2_{max} = 205,24 \cong 205 \text{ N}$

Potřebná šířka vodícího pásu se stanoví výpočtem podle vzorce [12]:

$$L_1 = \frac{F_{rad}}{\frac{p_{m\acute{e}r}}{2} \cdot d_1}$$

F_{rad} = maximální radiální síla [N]
 $p_{m\acute{e}r}$ = měrný tlak 58 [N/mm²] (udává výrobce pásu, tlak je snížen koeficientem bezpečnosti)
 d_1 = průměr [mm]
 L_1 = šířka vedení kroužku [mm]

$$L_1 = \frac{154}{\frac{58}{2} \cdot 55} = 0,097 \text{ mm}$$

Z výpočtu je vidět, že pro volbu šířky vodícího pásu bude limitem pouze potřebná délka předního čela plunžru.

Vodící pás je zvolen z katalogu f. Hennlich [12]:

vodící pás F506 - 9,7 x 2,5 mm.

13.2.2 Určení stíracího kroužku.

Stírací kroužky chrání hydraulický válec proti vnikání nečistot unášených plunžrem a zvyšují životnost hydraulického válce. Pro výběr je rozhodující tvar a tvrdost použité směsi stíracího kroužku.

Přední čelo.

U tohoto stíracího kroužku volím variantu zapuštěného stíracího břítu. Je možná kolize s deskou dorazu pístnice.

Stírací kroužek je vybrán z katalogu f. Hennlich [12]:

stírací kroužek A31 – 55 x 65,6 x 5,3/7

13.2.3 Těsnění plunžru.

Výběr pístnicového těsnění je dán rozměrem plunžru, těsněním tlakem a druhem předpokládaného provozu – lehké a středně těžké podmínky. Pro zlepšení těsnících vlastností je u některých druhů nesymetrických Y manžet přidána druhá těsnící hrana. Toto je nutné při uvažování o nižších tlacích uvnitř těsněného prostoru a předpokládané radiální síly působící na pístnici.

Pístnicové těsnění je vybráno z katalogu f. Hennlich [12]:

pístnicové těsnění S605 – 55 x 65 x 9

13.2.4 Statické těsnění čela válce

Kroužky typu O jsou jedním z nejčastěji použitých těsnících prvků v hydraulice. Těsnícího účinku je docíleno deformací kruhového profilu v příslušné drážce. Pro tloušťku O kroužku je ideální volit co největší d_s (průměr těla) který se rozměrově vejde do navrhované aplikace.

Pro O kroužek těsnící trubku hydraulického válce - d_{59} mm, volím **d_s 3 mm.**

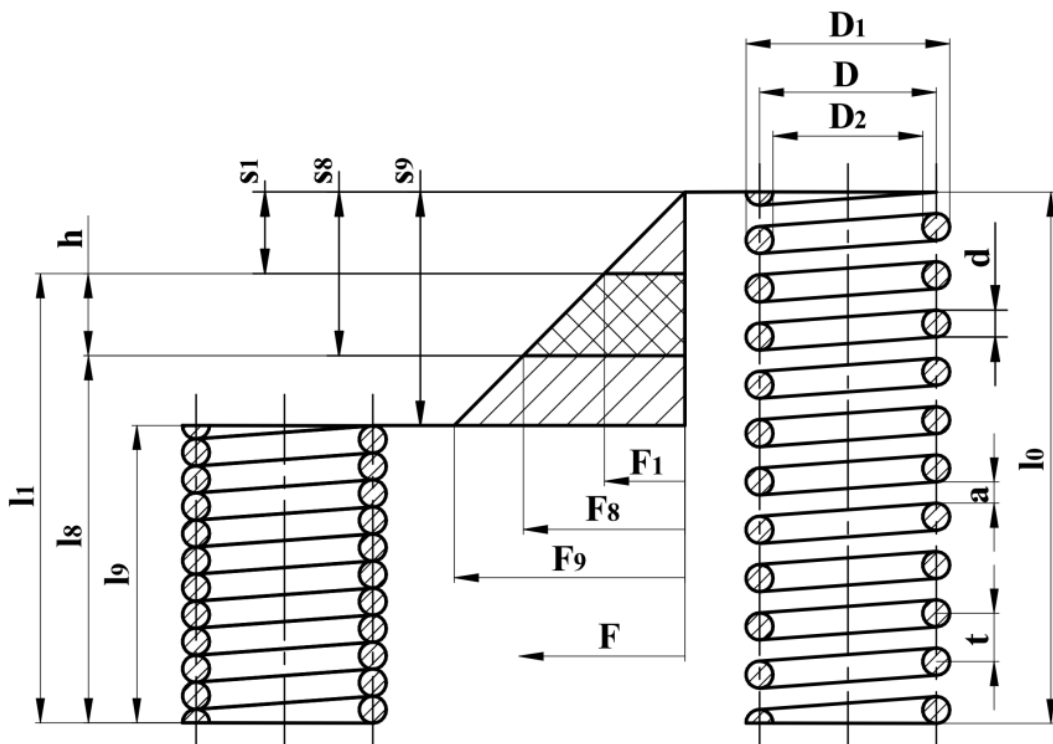
14 Návrh vratných pružin.

Pro zvedání beranu lisu budou použity 2 pružiny, a tyto pružiny musí zajistit spolehlivé vrácení beranu do výchozí polohy (váha sestaveného beranu lisu je 18 kg). To znamená, že v předpruženém stavu musí pružiny mít sílu 200 N. Pro návrhový výpočet jedné pružiny je síla v předpruženém stavu **100 N (síla F_1)**.

Materiál pružiny:

Pružinová ocel dle EN 10270:1-SH (DIN 17223, C; číslo mat. 1.1200) (ČSN 12 090) [13]

$$G = 81\,500 \text{ [MPa]} \quad R_m = 1\,850 \text{ [MPa]} \quad \tau_{Dk} = 0,5 \cdot R_m = 925 \text{ [MPa]}$$



Obr. 33 Návrhový diagram pružiny.

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| d = průměr drátu [mm] | a = vůle mezi závity [mm] |
| t = stoupání pružiny [mm] | D = střední průměr pružiny [mm] |
| D_1 = velký průměr pružiny [mm] | D_2 = malý průměr pružiny [mm] |
| F_1 = síla předepnutí [N] | F_8 = síla plného zatížení [N] |

| | |
|---|---|
| F_9 = síla při dosednutí závitů [N] | l_0 = délka nezatížené pružiny [mm] |
| l_1 = délka předepjaté pružiny [mm] | l_8 = délka plně zatížené pružiny [mm] |
| l_9 = délka při dosednutí závitů [mm] | y_1 = stlačení předepjaté pružiny [mm] |
| y_8 = stlačení zatížené pružiny [mm] | y_9 = stlačení při dosednutí závitů. [mm] |
| h = pracovní zdvih pružiny [mm] | |

Tab. 6 Legenda diagramu pružiny.

Hodnoty pro návrh:

| | |
|-----------------------------|--|
| Prostor pro pružinu | $D_{sv} = 57$ [mm] |
| Předepínací síla | $F_1 = 100$ [N] |
| Pracovní rozsah výpočtový | $h = 260$ [mm] (skutečný rozsah bude omezen na 250 mm) |
| Střední průměr pružiny | $D = 46,5$ [mm] |
| Předpokládaný rozdíl napětí | $\Delta\tau = 500$ [MPa] |

14.1 Rozměry pružiny.

14.1.1 Návrh průměru drátu a vnějšího rozměru.

d' = předběžný návrh:

$$d' = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_1 \cdot D}{\pi \cdot \tau_1}}$$

Výpočet τ_1 :

$$\tau_8 = 0,8 \cdot \tau_{DK} = 0,8 \cdot 925 = 740 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 = \tau_8 - \Delta\tau = 740 - 500 = 240 \text{ MPa}$$

$$d' = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 100 \cdot 46,5}{\pi \cdot 240}} = 3,67 \text{ mm}$$

Korekční součinitelé na ohyb (i) a na krut (k):

$$i = \frac{D}{d'} = \frac{46,5}{3,67} = 12,67$$

$$k = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{12,67 + 0,2}{12,67 - 1} = 1,103$$

Vypočtený průměr drátu:

$$d = d' \cdot \sqrt[3]{k} = 3,67 \cdot \sqrt[3]{1,103} = 3,79 \text{ mm}$$

Z dostupných pružinových drátů volím drát o průměru 4 mm.

vnější rozměr pružiny:

$$D_1 = D + d = 46,5 + 4 = \mathbf{50,5 \text{ mm}}$$

14.1.2 Výpočet sil a deformací.

Výpočet síly při plném zatížení pružiny (F_8) a deformací (s_1, s_8):

$$\frac{F_8}{F_1} = \frac{\tau_8}{\tau_1} \Rightarrow F_8 = \frac{\tau_8}{\tau_1} \cdot F_1 = \frac{740}{240} \cdot 100 = \mathbf{308,33 \text{ N}}$$

$$\frac{F_8}{F_1} = \frac{s_8}{s_1} \Rightarrow s_8 = \frac{F_8}{F_1} \cdot s_1 \qquad h = s_8 - s_1 \Rightarrow s_8 = h + s_1$$

$$h + s_1 = \frac{F_8}{F_1} \cdot s_1 \Rightarrow s_1 = \frac{F_1 \cdot h}{F_8 - F_1}$$

$$s_1 = \frac{100 \cdot 260}{308,33 - 100} = \mathbf{124,8 \text{ mm}}$$

$$s_8 = h + s_1 = 260 + 124,8 = \mathbf{384,8 \text{ mm}}$$

14.1.3 Ostatní parametry pružiny.

Počet činných závitů pružiny:

$$n = \frac{h \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot (F_8 - F_1) \cdot D^3} = \frac{260 \cdot 81500 \cdot 4^4}{8 \cdot (308,33 - 100) \cdot 46,5^3} = 32,37 \cong 32 \text{ závitů}$$

Celkový počet závitů (2 závěrné):

$$z = n + 2 = 32 + 2 = \mathbf{34 \text{ závitů}}$$

Délkové rozměry.

Plně stlačená pružina.

$$l_9 = z \cdot d = 34 \cdot 4 = \mathbf{136 \text{ mm}}$$

Stlačená pružina:

- Mezi závitová vůle.

$$a = 0,2 \cdot d = 0,2 \cdot 4 = \mathbf{0,8 \text{ mm}}$$

- Délka pružiny.

$$l_8 = l_9 + (z - 1) \cdot a = 136 + 33 \cdot 0,8 = \mathbf{162,4 \text{ mm}}$$

- Předepnutá pružina.

$$l_1 = l_8 + h = 162,4 + 260 = \mathbf{422,4 \text{ mm}}$$

- Volná pružina.

$$l_0 = l_1 + s_1 = 422,4 + 124,8 = \mathbf{547,2 \text{ mm}}$$

14.1.4 Kontrola napětí pružiny.

$$s_9 = l_0 - l_9 = 547,2 - 136 = 411,2 \text{ mm}$$

$$\tau_9 = \frac{G \cdot d \cdot s_9 \cdot K}{\pi \cdot D^2 \cdot n} = \frac{81500 \cdot 4 \cdot 411,2 \cdot 1,103}{\pi \cdot 46,5^2 \cdot 32} = \mathbf{680,206 \text{ MPa}}$$

$$\tau_9 < \tau_{Dk}$$

$$k = \frac{\tau_{Dk}}{\tau_9} = \frac{925}{680,206} = \mathbf{1,36}$$

Navržená pružina zpětného chodu beranu vyhovuje.

14.2 Návrh trnu pružiny na tah.

Trny pružin budou namáhány na tah. Musí zajistit udržení pružin v maximální stlačené poloze a maximální sílu vyvozenou plunžrem při najetí na koncové dorazy.

Síla plunžru je omezena tlakovým ventilem na 60 kN

Síla obou pružin je ve stlačené poloze je 616,66 N (2 pružiny po 308,33 N)

Celková síla, kterou musí spolehlivě unést 2 pružinové trny, je cca 61 kN.

Pro návrh jednoho trnu je použita zatěžovací síla cca 30,5 kN.

Materiál trnu:

Ocel kruhová za studena tažená – 11 523 (1.0421)

$R_m = 450$ [MPa]

$R_e = 284$ [MPa]

$\sigma_{Dt} = 142$ MPa

Výpočet průměru trnu:

$$\sigma_{Dt} = \frac{F}{S_v} \Rightarrow S_v = \frac{F}{\sigma_{Dt}} = \frac{30500}{142} = 214,79 \text{ mm}^2$$

$$S_v = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \Rightarrow d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot S_v}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 214,79}{\pi}} = 16,54 \text{ mm}$$

Předpětí pružiny bude možné seřizovat, proto trn musí mít závitový konec. **Volím tyč kruhového průřezu o průměru 20 mm, se závitem M20 x 1,5 (výpočtový průřez závitu 272 mm²).**

14.2.1 Nákrůžek proti vytažení trnu s držáku matice.

Na spodním konci trnu bude nákrůžek, který zamezí vytažení trnu ve směru síly z držáku matice. Vlastní trn bude zajištěn pružným kolíkem d 3 mm.

$$\tau_D = 0,6 \cdot \sigma_{Dt} = 0,6 \cdot 142 = 85,2 \cong 85 \text{ [MPa]}$$

Smyková plocha nákrůžku.

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot h} \Rightarrow h = \frac{30500}{\pi \cdot 20 \cdot 85} = 5,71 \text{ mm}$$

Výšku smykové plochy trnu na d 20 volím 10 mm. Držák trnu bude mít v místě uchycení tloušťku 20 mm. Smyková plocha bude v obou dílech (trn, držák trnu) stejná – 10 mm.

14.2.2 Matice seřizování předpětí pružin.

Potřebný počet závitů matice:

Použitá matice je ocel 11 523; $Re = 284$ [MPa] $\sigma_{Dt} = 142$ [MPa]

$p_{dov} = 0,2 \cdot \sigma_{dov} = 0,2 \cdot 142 = 28,4 \cong 28$ MPa (vliv nerovnoměrnosti závitu)
(šroub ocel – matice ocel, při nerovnoměrném zatížení závitů).

Závit M20x1,5:

$$H_1 = 0,5 \cdot P = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75$$

$$z = \frac{F}{p_{dov} \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1} = \frac{30500}{28 \cdot \pi \cdot 19,026 \cdot 0,75} = 24,3 \Rightarrow \mathbf{25 \text{ závitů}}$$

Délka matice:

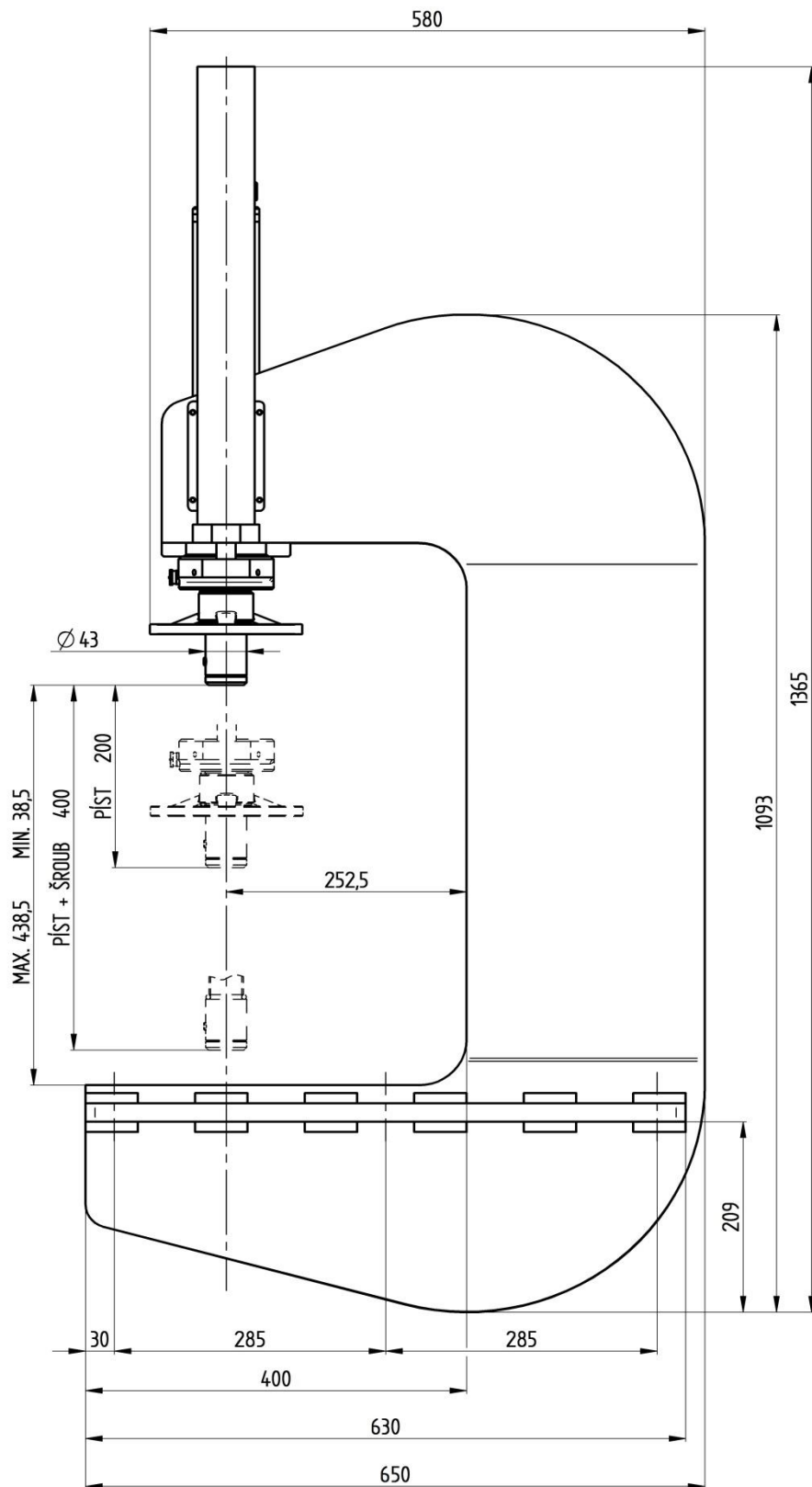
$$L_m = z \cdot p = 25 \cdot 1,5 = 37,5 \cong \mathbf{38 \text{ mm}}$$

Délka matice bude 38 mm. Matice bude zajištěna proti pootočení normalizovanou kontramaticí.

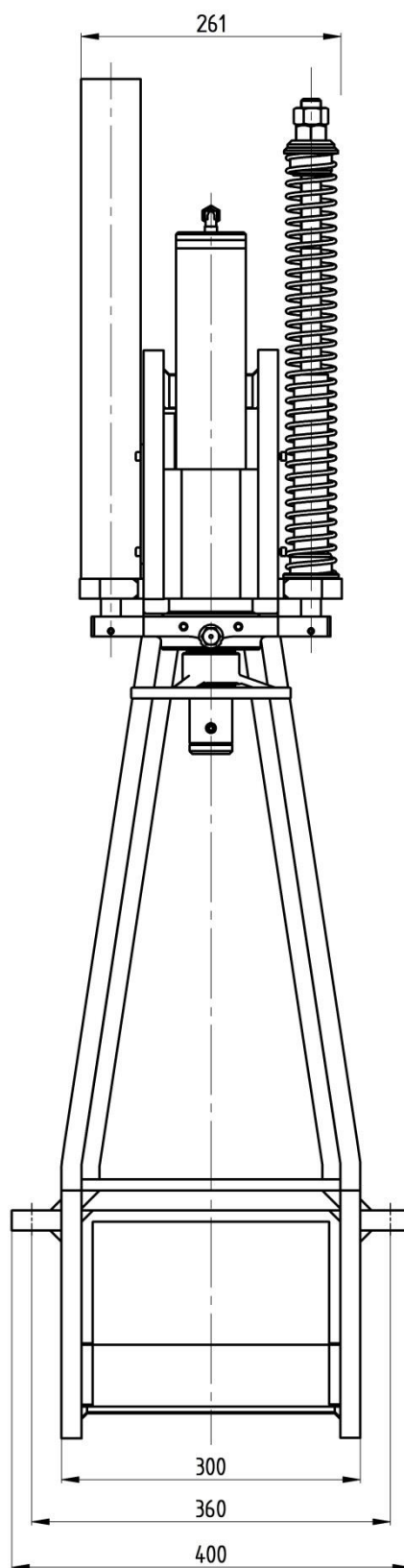
15 Sestava lisu a vizualizace.

Kompletní návrh dílenského lisu se základními rozměry je na obr. 34 a obr. 35. Možné vysunutí plunžru a šroubu výsuvu je 400 mm. Tedy jeden z hlavních požadavků na velikost pracovního prostoru byl splněn.

Na obr. 36 je jednoduchá vizualizace dílenského lisu se stolem a nožním hydraulickým čerpadlem.



Obr. 34 Rozměry navrženého lisu A.



Obr. 35 Rozměry navrženého lisu B.

16 Ekonomické zhodnocení.

Pro předběžné stanovení nutných nákladů k zajištění výroby jednoho dílenského lisu je třeba určit základní cenu. Jedná se o předběžnou kalkulaci, s tím, že ceny jsou běžné v okamžiku dotazu na příslušnou cenu materiálu, nebo práce.

Přímé náklady můžeme rozdělit na:

- Nakupované díly.
- Kooperační práce.
- Svépomocné práce a výroba dílů ve školní dílně.

Náklady na nakupovaný materiál:

- Plech černý Tl. 10 mm – 1 x 2 m, 157 kg: 3454,- Kč.
- Plech černý Tl. 20 mm – 1 x 2 m, 314 kg: 6908,- Kč.
- Hydraulické díly, komplet (plunžr, trubka hydraulického válce, záslepky a trubky vedení hydrauliky): 3780,- Kč.
- Hydraulické hadice s koncovkami 2ks., 1,5 m DN-8 mm: 876,- Kč.
- Hydraulické komponenty:
 - čerpadlo 5953,- Kč.
 - ostatní 2649,- Kč

Náklady na kooperační práce:

- Tvarové dělení mat – laser: 142,- Kč. /1m
- Ohnutí bočnic: 2500,- Kč.
- Svařování: 4200,- Kč.
- Pískování: 730 Kč. /hod + písek 150,-
- Žihání - malá pec: 6000,- Kč.
- Doprava: 5000,- Kč.

Náklady na svépomocné práce, frézování, soustružení, zabroušení svarů, nejsou započítány, protože výroba dílenského lisu bude formou výuky montážních prací ve školních dílnách.

Celkové přímé náklady jsou cca 45000,- Kč.

Dílenský lis bude použit v elektrotechnické dílně na drobné lisování a nýtování mechanických dílů na plošné spoje. Doposud jsou tyto práce prováděny ručně (kladívko, hlavičkáře, průbojník atd.). Při tomto způsobu montáže je několik desek poškozeno. Roční finanční ztráta způsobená poškozením desky plošného spoje je cca 17000,- Kč. za rok.

Návratnost vynaložených nákladů na vlastní výrobu je přibližně 3 roky. Nezanedbatelný přínos má i ten fakt, že konstrukce lisu může být použita k výuce ve školních dílnách.

17 Závěr.

Cílem diplomové práce bylo navrhnout dílenský lis s C rámem, za dodržení požadavku zadavatele na deformaci v ose lisování do 0,3 mm. Konstrukce lisu je svařovaná z ocelových plechů. Lis byl navržen s větším rozměrem pohybu beranu a ručního šroubu (250mm beran a 250mm šroub). Tyto rozměry jsou omezeny, dorazovou trubkou, na 200 mm výsuvu pístnice a dorazovým šroubkem, v šroubu výsuvu, také na 200 mm. Přepouštěcím ventilem s ručně nastavenou výškou lisování může být upravena koncová poloha výsuvu beranu.

Hydraulické prvky konstrukce byly navrženy tak, aby splňovali základní bezpečnostní předpisy při práci na lisu. V práci byly provedeny kontrolní výpočty hydrauliky u nakupovaných dílů.

V DP práci byla provedena kontrola analytických řešení pomocí metody MKP v programu NX 8,5

Ekonomické zhodnocení návrhu dílenského lisu jednoznačně prokázalo výhodnost tohoto řešení v DP. Při kalkulaci výsledné částky výroby dílenského lisu byly použité nabídkové ceny od dodavatelů materiálů.

18 Knižní publikace

- [1] RUDOLF B., KOPECKÝ M., *Tvářecí stroje – Základy výpočtů a konstrukce*, 2 vydání, Praha, SNTL Praha 1982, 407 s., ISBN 04-229-82
- [2] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra*. Brno: Computer Press, 1999, ISBN 80-7226-055-3
- [3] VÁVRA P. a KOL., *Strojnické tabulky*, 2 vydání, Praha, SNTL Praha 1984, 672 s., ISBN 04-234.84

19 Skripta

- [4] STAŇEK M., ČECHURA M., *Tvářecí stroje – hydraulické lisy*. Plzeň: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 1999, ISBN 80-7082-480-8

20 Publikace na internetu

- [5] STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNÍ A ELEKTROTECHNICKÁ, Č. B. (on line) 28. 4. 2014. http://www.spssecb.cz/cs/o_skole/
- [6] HOLZMANN-MASCHINEN GmbH. Werkstattpressen. (on line) 1. 5. 2014. http://www.holzmann-maschinen.at/product_info.php?cPath=41_91&products_id=400&osCsid=jpagh766ka0q9598hquvk9pvm6
- [7] HŠV STROJE, a.s. *Hydraulické lisy*. (on line) 1. 5. 2014. <http://www.hsvpolicka.cz/montazni-hydraulicke-stolni-lisy-cms-xx-dm.aspx>
- [8] SA TRADE s.r.o. *tvářecí stroje*. (on line) 1. 5. 2014. <http://www.promacz.cz/stroje-naradi/Tvareci-stroje/Lisy/234/C>
- [9] RAKOVNICKÉ TVÁŘECÍ STROJE s.r.o. *Dílenské a montážní lisy*. (on line) 7. 5. 2014. http://www.tosrakovnik.cz/article-dilenske_lisy
- [10] HYDRAULICS s.r.o., *Prodejní katalog hutního materiálu*, (on line) 5. 12. 2013 http://www.hydraulics.cz/katalog_hutniho_materialu.pdf
- [11] JČN s.r.o., YALE – hydraulika, (on line) 12. 12. 2013, http://www.jncsro.cz/cache/documents/4_hydraulika_obr.pdf
- [12] HENNLICH s.r.o., *Hennlich Těsnění – produkty*, (on line) 7. 2. 2014, <http://tesneni.hennlich.cz/vsechny-produkty.html>
- [13] HENNLICH s.r.o., *Hennlich pružiny – produkty*, (on line) 7. 2. 2014, <http://www.hennlich.cz/produkty/pruziny-tlacne-pruziny-162.html>

21 přílohy.

CHROMOVANÉ PÍSTNÍ TYČE



Charakteristika materiálů

Chromované pístní tyče tvoří základní pohyblivou část přímočarého hydromotoru.

Nabízíme je v jakostech:

- **ocel 20MnV6** (podle ČSN podobná oceli 13 220)
Vanadiová ocel, normalizovaná, s vyšší mezí pružnosti a zlepšenou svařitelností a obrobitelností
- **ocel CK 45** (podle ČSN podobná oceli 12 050)
Normalizovaná uhlíková ocel, na objednávku je k dispozici též povrchově indukčně kalená.
- **ocel 42CrMo4** (podle ČSN podobná oceli 15 143 nebo 15 341)
Slitinová ocel, zakalená a popuštěná v lázni. Používá se pro vysoce mechanicky namáhané součásti. Skladem je k dispozici i povrchově indukčně kalená.
- **Wst.Nr.1.4057-AISI431-NEREZ** (podle ČSN podobná oceli 17145)
Nerez vhodná pro zušlechťování, patří do skupiny martenzitických a feromagnetických nerezů, vysoká odolnost proti silným atmosférickým podmínkám, odolná mořské vodě a silně oxidujícími kyselinám (např. kyselina dusičná).

Chemické složení

| Třída | C % | Si max | Mn % | P max | S max | Cr % | Mo % | Ni % | V % |
|---------|-----------|--------|-----------|-------|-------|----------|-----------|----------|-----------|
| 20MnV6 | 0,16-0,22 | 0,55 | 1,30-1,70 | 0,035 | 0,035 | – | – | – | 0,10-0,20 |
| CK45 | 0,42-0,50 | 0,4 | 0,50-0,80 | 0,035 | 0,035 | max. 0,4 | max. 0,1 | max. 0,4 | – |
| 42CrMo4 | 0,38-0,45 | 0,4 | 0,60-0,90 | 0,035 | 0,035 | 0,9-1,2 | 0,15-0,30 | – | – |
| 1.4057 | 0,16-0,25 | 1 | max. 1,50 | 0,040 | 0,030 | 15-17 | – | 1,5-2,5 | – |

Mechanické vlastnosti

| Třída oceli | Mez pevnosti R _m | Mez kluzu R _{p0,2} | Průtažnost A ₅ | Svařitelnost |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------|
| 20MnV6 (v přírodním stavu) | 600-750 N/mm ² | min. 390 N/mm ² | min. 17% | výborná |
| CK45 (v přírodním stavu) | 650-830 N/mm ² | min. 440 N/mm ² | min. 15% | podmíněná |
| 42CrMo4 (v zušlechťeném stavu) | 900-1200 N/mm ² | min. 650 N/mm ² | min. 11% | podmíněná |
| 1.4057 AISI431 (zušlechťená) | 800-950 N/mm ² | min. 600 N/mm ² | min. 12% | – |

Příloha 1 Materiál pístních tyčí.

CHROMOVANÉ PÍSTNÍ TYČE



Chromované pístní tyče duté

U některých konstrukcí hydraulických válců je zapotřebí z různých důvodů použít dutou tyč.

Polotovarem k výrobě těchto tyčí jsou bezešvé trubky. Vnější průměr je tvrdochromovaný a platí pro něj technické podmínky viz. strana č.9 tohoto katalogu. Vnitřní průměr je netolerovaný, v podstatě nefunkční plocha - rozměrová tolerance vnitřního průměru záleží na druhu použitého polotovaru - trubky - viz. strana katalogu č.26 - 28.

Výchozím polotovarem jsou trubky bezešvé z materiálu ST52 BK+S dle DIN2391

| Rozměrová řada standardních tyčí dutých | | | | | |
|---|----------------------------|-------------------|-----|-----|-----|
| Vnější průměr mm | Tolerance vnějšího průměru | Vnitřní průměr mm | | | |
| 10 | f7 | 4 | - | - | - |
| 12 | f7 | 8 | - | - | - |
| 16 | f7 | 10 | - | - | - |
| 20 | f7 | 14 | 15 | - | - |
| 22 | f7 | 16 | - | - | - |
| 25 | f7 | 15 | 18 | 19 | 20 |
| 28 | f7 | 16 | - | - | - |
| 30 | f7 | 15 | 20 | - | - |
| 32 | f7 | 20 | 24 | - | - |
| 35 | f7 | 20 | 25 | - | - |
| 40 | f7 | 20 | 25 | 30 | - |
| 45 | f7 | 25 | 30 | 35 | - |
| 50 | f7 | 30 | 35 | 40 | - |
| 55 | f7 | 35 | 40 | 45 | - |
| 60 | f7 | 40 | 45 | 50 | - |
| 63 | f7 | 43 | 48 | 53 | - |
| 65 | f7 | 45 | 50 | 55 | - |
| 70 | f7 | 50 | 55 | 60 | - |
| 80 | f7 | 60 | 65 | 70 | - |
| 85 | f7 | 65 | 70 | 75 | - |
| 90 | f7 | 70 | 75 | 80 | - |
| 100 | f7 | 80 | 85 | 90 | - |
| 120 | f7 | 100 | 105 | 110 | - |
| 125 | f7 | 105 | 110 | 115 | - |
| 130 | f7 | 100 | 110 | 115 | - |
| 140 | f7 | 110 | 115 | 120 | 125 |
| 150 | f7 | 120 | 125 | 130 | - |
| 160 | f7 | 120 | 130 | 135 | 140 |
| 170 | f7 | 130 | 140 | 150 | - |
| 180 | f7 | 140 | 150 | 160 | - |
| 190 | f7 | 150 | 160 | 170 | - |
| 200 | f7 | 160 | 170 | 180 | - |

Dále jsme schopni dodat chromované pístní tyče duté se speciální flouštkou stěny. Výchozím polotovarem jsou trubky válcované za tepla bezešvé z materiálu ST52 dle DIN 2448. Vnější průměr je tvrdochromovaný a platí pro něj technické podmínky viz.strana č.9 tohoto katalogu. Vnitřní průměr je netolerovaný rovněž jako nefunkční plocha - rozměrová tolerance vnitřního průměru záleží na druhu použitého polotovaru - trubky - viz strana tohoto katalogu č.26 - 28.

| Rozměrová řada tyčí dutých se speciální flouškou stěny | | |
|--|----------------------------|-------------------|
| Vnější průměr mm | Tolerance vnějšího průměru | Vnitřní průměr mm |
| 50 | f7 | 25 |
| 55 | f7 | 30 |
| 60 | f7 | 30 |
| 65 | f7 | 30 |
| 70 | f7 | 40 |
| 75 | f7 | 35 |
| 80 | f7 | 40 |
| 85 | f7 | 45 |
| 90 | f7 | 50 |
| 95 | f7 | 50 |
| 100 | f7 | 60 |



V zeleném poli tučně vyznačené rozměry a materiálové varianty vedeme běžně skladem. Na ostatní rozměry a varianty na požádání zašleme naši aktuální nabídku. Náš sortiment se neustále rozšiřuje, pokud zde nenajdete Vaše rozměry, prosím, kontaktujte nás.

Příloha 2 Duté pístní tyče.

PŘESNÉ TRUBKY PRO HYDRAULICKÉ VÁLCE



Rozměrová a materiálová řada přesných trubek

| Rozměrová a materiálová řada přesných trubek | | | | | | |
|--|------------------|-------------------|---------------|---|--|---|
| Vnitřní průměr tolerance H8 | Vnější průměr mm | Tloušťka stěny mm | Hmotnost Kg/m | Provedení - tažená trubka bezšvová přesná, materiál ST52 BK+S DIN2391, vnitřní průměr válečkovaný | Provedení - trubka bezšvová válcovaná za tepla, materiál ST52 DIN2448, vnitřní průměr honovaný | Provedení - trubka svařovaná, materiál ST52 BK+S DIN2393, s přesným tolerovaným vnitřním průměrem |
| 20 | 40 | 10 | 7,40 | * | | |
| 25 | 35 | 5 | 3,70 | o | | |
| 30 | 40 | 5 | 4,32 | o | | |
| 30 | 42 | 6 | 5,33 | + | | |
| 30 | 45 | 7,5 | 6,94 | + | | |
| 32 | 42 | 5 | 4,56 | o | | |
| 32 | 45 | 6,5 | 6,27 | o | | |
| 35 | 45 | 5 | 4,93 | o | | |
| 35 | 50 | 7,5 | 7,86 | o | | |
| 40 | 50 | 5 | 5,55 | o | | + |
| 40 | 52 | 6 | 6,80 | o | | + |
| 40 | 55 | 7,5 | 8,78 | o | | + |
| 40 | 60 | 10 | 12,33 | o | | |
| 40 | 70 | 15 | 20,34 | | * | |
| 45 | 55 | 5 | 6,16 | o | | + |
| 45 | 60 | 7,5 | 9,71 | o | | + |
| 45 | 65 | 10 | 13,56 | o | | |
| 47 | 60 | 6,5 | 8,57 | | * | |
| 50 | 60 | 5 | 6,78 | o | | + |
| 50 | 62 | 6 | 8,28 | o | | + |
| 50 | 65 | 7,5 | 10,63 | o | | + |
| 50 | 70 | 10 | 14,79 | o | | |
| 50 | 88,9 | 19,45 | 33,30 | | * | |
| 50,8 | 60,3 | 4,75 | 6,52 | + | | |
| 50,8 | 65 | 7,1 | 10,13 | + | | |
| 55 | 65 | 5 | 7,30 | o | | + |
| 55 | 70 | 7,5 | 11,55 | o | | + |
| 55 | 75 | 10 | 16,03 | o | | |
| 60 | 70 | 5 | 8,01 | o | | + |
| 60 | 72 | 6 | 9,76 | o | | + |
| 60 | 75 | 7,5 | 12,48 | o | | + |
| 60 | 80 | 10 | 17,35 | o | | |
| 60 | 90 | 15 | 27,73 | + | | |

Příloha 3 Hydraulické trubky přesné.

Mechanické vlastnosti

| Třída oceli | Mez pevnosti Rm | Mez kluzu Rp0,2 | A5 % |
|-------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| ST52.3 BK+S | min.590 N/mm ² | min.450 N/mm ² | min.12 |
| ST52.0 | min.500 N/mm ² | min.355 N/mm ² | min.21 |

Příloha 4 Mechanické vlastnosti trubek.

Yale - hydraulika

Ruční hydraulická čerpadla pro jednočinné válce – HPS

| Typ | Režim chodu | Obsah Oleje cm3 | Dopravní množství 1.stupeň cm3 | Dopravní množství 2.stupeň cm3 | Hmotnost kg |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| HPS-1/0,7 A | jednostupňový | 700 | --- | 2 | 7,0 |
| HPS-2/0,3 A | dvoustupňový | 300 | 5 | 1 | 3,5 |
| HPS-2/0,7 A | dvoustupňový | 700 | 11 | 2 | 7,0 |
| HPS-2/2 A | dvoustupňový | 2000 | 11 | 2 | 10,0 |
| HPS-2/4 A | dvoustupňový | 4000 | 11 | 2 | 13,0 |
| HPS-2/6,5 A | dvoustupňový | 6500 | 11 | 2 | 21,0 |
| HPS-2/10 A | dvoustupňový | 10000 | 11 | 2 | 27,0 |



HPS

Ruční hydraulická čerpadla pro dvojčinné válce – HPH

| Typ | Režim chodu | Obsah Oleje cm3 | Dopravní množství 1.stupeň cm3 | Dopravní množství 2.stupeň cm3 | Hmotnost kg |
|-------------|--------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| HPH-2/0,7 A | dvoustupňový | 700 | 11 | 2 | 8 |
| HPH-2/2 A | dvoustupňový | 2000 | 11 | 2 | 11 |
| HPH-2/4 A | dvoustupňový | 4000 | 11 | 2 | 14 |
| HPH-2/6,5 A | dvoustupňový | 6500 | 11 | 2 | 22 |
| HPH-2/10 A | dvoustupňový | 10000 | 11 | 2 | 28 |



HPH

Základní rám pro ruční čerpadla - HPB

| Typ | Vhodný typ pro čerpadla | Hmotnost kg |
|---------|---|-------------|
| HPB-0,7 | HPS-1/0,7 A + HPS-2/0,7 A + HPH-2/0,7 A | 1,2 |
| HPB-2 | HPS-2/2 A + HPH-2/2 A | 1,3 |
| HPB-4 | HPS-2/4 A + HPH-2/4 A | 1,8 |
| HPB-6 | HPS-2/6,5 A + HPH-2/6,5 A | 1,9 |



HPB

Nožní hydraulická čerpadla - FPS

| Typ | Provozní tlak bar | Využitelný obsah nádrže cm3 | Dopravní množství 1.stupeň cm3 | Dopravní množství 2.stupeň cm3 | Hmotnost kg |
|-----------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| FPS-2/0,5 | 0-700 | 500 | 11 | 2 | 7,0 |

- Maximální provozní tlak 700 bar.
- Dvoustupňový režim chodu s rychloběhem (mimo HPS-1/0,7 A).
- Tlak je možné nastavit ventily, které jsou přístupné zvenčí.
- Jemně nastavitelný výpustný ventil.
- Dodává se včetně olejové náplně.
- Solidní celokovová konstrukce.
- Čerpadla HPH s ovládacím rozvaděčem 4/3.
- FPS-nožním ovládním je řízen i uvolňování tlaku
- FPS-vývod pro tlakový olej 3/8"-18 NPT



Nosné rámy zajišťují ručním hydraulickým čerpadlům stabilitu, zejména při použití na stavbách, kde se musí s čerpadly pracovat na nerovném, měkkém podkladu. Ruční čerpadla jsou současně chráněna před pískem, vlhkostí a poškozením. Montáž je velmi jednoduchá; po vyvrtání 3 otvorů se nosný rám jednoduše zespodu přišroubuje k danému ručnímu čerpadlu.

Ruční čerpadla Yale mají snadnou obsluhu, jsou nezávislá na přívodu energie a jsou konstruována pro maximální provozní tlak 700 bar, s kterým může každý připojený hydraulický válec Yale vyvinout svou maximální sílu.

Aby byl zajištěn rychlý průběh práce, nabízí Yale téměř výhradně čerpadla se dvěma stupni regulace výstupního tlaku (s rychloběhem). Přepnutí z 1. na 2. stupeň probíhá automaticky. Solidní celokovová konstrukce, vysoká účinnost (optimální průběh nasávání a výtlačku), stejně jako pohodlí při obsluze (oka pro přenášení na ruční ovládací páce) jsou typické znaky těchto ručních čerpadel Yale.

Praktické detaily jako např. velký zdrsňený výpustný ventil, odvzdušňovací a plnicí šroub pro olej, stabilní nádrž s mírným sklonem a ergonomická ruční páka doplňují vybavení, které je zaměřeno na příjemnou obsluhu.

Manometr i adaptér se dodávají jako přídavné vybavení.

Možnosti kombinace s hydraulickými válci a tabulky pro výběr viz str.36-38

Příloha 5 Katalogový list ručních čerpadel [11].