

Vysoká škola strojní a textilní Liberec
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Obor: 23-20-8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu
Zaměření: j e d n o ú č e l o v é o b r á b ě c í a
m o n t á ž n í s t r o j e

NÁVRH VODOROVNĚHO HYDRAULICKÉHO LISU K ROVNÁNÍ PROFILŮ
V ZÁVODECH VÍTĚZNÉHO ÚNORA n. p. HRADEC KRÁLOVÉ

Jméno a příjmení: Čestmír KALOUSEK

Vedoucí práce: Ing. Přemysl POKORNÝ /VŠST Liberec/
Konzultant: Václav KRULICH /ZVÚ n.p. Hradec Králové/

Počet stran: 69
Počet příloh
a tabulek: 3
Počet obrázků: 8
Počet výkresů: 4
Počet kusovníků: 6

Datum: 5. května 1988

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Čestmíra Kalouska**obor **23-20-8**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Návrh vodorovného hydraulického lisu k rovnání
profilů v ZVÚ Hradec Králové**

Zásady pro vypracování:

- 1/ Úvod - politicko-hospodářský rozbor
- 2/ Rozbor současného stavu
- 3/ Návrh zařízení k rovnání profilů
- 4/ Kontrolní výpočty dílčích uzlů
- 5/ Popis konstrukce, uzlů, funkce
- 6/ Technicko-ekonomický rozbor
- 7/ Závěr

V 93/88 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 6
PSČ 461 17

*lis hydraulický -
návrh - parametry*

Rozsah grafických prací: 4

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran

Seznam odborné literatury:

Kopecný, Rudolf.: Tvářecí stroje. SNTL Praha

Rudolf - Kopecný: Konstrukční cvičení z tvářecích strojů.

ČVUT - skripta

Hýsek: Tvářecí stroje

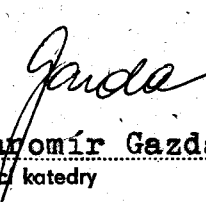
Vedoucí diplomové práce; Ing. Přemysl, Pokorný

Konzultant: s. Krulich - ZVÚ Hradec Králové

Datum zadání diplomové práce: 30. 9. 1987

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 1988

L.S.


Doc. Ing. Janomír Gazda, CSc.

Vedoucí katedry


Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.

Děkan

v Liberci dne 30. 9. 19 87

"Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury".

V Liberci dne 5. května 1988

Kalousek Āestmír

OBSAH:

1.	ÚVOD	9
2.	ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU	11
3.	NÁVRH ZAŘÍZENÍ K ROVNÁNÍ PROFILŮ	14
3.1.	Stůl hydraulického lisu	14
3.2.	Pracovní válec	14
3.3.	Hydraulický agregát	15
3.4.	Šoupátkový rozvod	16
3.5.	Elektro výzbroj	16
3.6.	Šabotové hlavy, tlačné hlavy	17
4.	KONTROLNÍ VÝPOČTY DÍLČÍCH UZLŮ	18
4.1.	Výpočet pracovního válce	18
4.1.1.	Tloušťka stěny válce	18
4.1.2.	Pístnice	22
4.1.3.	Slepá příruba - kontrola šroubů	24
4.1.4.	Přední příruba - kontrola šroubů	27
4.2.	Opěrný čep	28
4.3.	Výpočet rychlostí pohybu pístnice	31
4.4.	Výpočet rychlostí média v potrubí	32
4.5.	Tlakové ztráty v potrubí	36
4.6.	Kontrola závěsů	46
4.6.1.	Průřez závěsu	46
4.6.2.	Svary závěsů	49
4.7.	Kontrola per pro uchycení hydroválce	54
4.8.	Návrh šroubů pro uchycení podložek pod opěrné čepy	55
4.9.	Kontrola šroubů u přírub potrubí u hydraulického válce	57
4.10.	Pevnostní kontrola potrubí	58
5.	HLAVNÍ PARAMETRY HYDRAULICKÉHO LISU, CHARAKTERISTIKA STROJE	60
6.	BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPIS, OBSLUHA, ÚDRŽBA	61

7.	TECHNICKO EKONOMICKÝ ROZBOR	63
----	-----------------------------	----

7.1.	Ekonomické přínosy	63
------	--------------------	----

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

F_T	= tvářecí síla /N/
p	= maximální tlak v rozvaděči oleje /Pa/
S_p	= plocha pístu /m ² /
r_{p1}	= poloměr pístu /m/
R_m, R_e	= mez pevnosti a mez pružnosti materiálu /MPa/
σ_{DOV}	= dovolené namáhání /MPa/
σ_{∞}	= mez únavy materiálu /MPa/
k	= volená bezpečnost
r_{p2}	= vnější poloměr hydraulického válce /m/
σ_r, σ_t	= radiální a tečné napětí ve stěně hydraulického válce /MPa/
$\sigma_r(r_{p1}), \sigma_r(r_{p2})$	= radiální napětí na poloměru r_{p1}, r_{p2} /MPa/
$\sigma_t(r_{p1}), \sigma_t(r_{p2})$	= tečné napětí na poloměru r_{p1}, r_{p2} /MPa/
A	= konstanta
σ_a	= napětí ve směru podélné osy hydr. válce /MPa/
σ_{ek}	= ekvivalentní zatížení /MPa/
F_{max}	= maximální zatěžující síla /N/
F_{KR}	= kritická síla /N/
F_{DYN}	= dynamická síla vzniklá dynamickým rázem /N/
l	= délka pístnice /m/
E	= modul pružnosti v tahu /MPa/
n	= součinitel závislý na uložení tyče pístu
I_{min}	= minimální kvadratický moment průřezu /m ⁴ /
d_s	= průměr pístnice /m/
i_{min}	= minimální poloměr kvadratického momentu průřezu /m ² /
S	= plocha průřezu pístní tyče /m ² /
λ	= štíhlostní poměr /m ⁻¹ /
σ_{KR}	= kritické napětí /MPa/
F_c	= síla působící na slepou přírubu /N/
F_s	= síla na jeden šroub /N/

q	= vrubová citlivost
σ_h, σ_m	= horní a střední dovolené napětí /MPa/
σ_M	= míjivé napětí /MPa/
S_3	= průřez šroubu na nejmenším průměru /m ² /
d_3	= nejmenší průměr šroubu /m/
d_{p1}	= průměr pístu /m/
$S_{\check{c}}$	= činná plocha pístu /m ² /
R_F	= reakce na čep /kN/
a'	= délka čepu nad pracovní deskou /m/
b'	= rameno působící reakce R_F /m/
Z_1, Z_2, Z_3	= poloviční vzdálenost mezi čepy /m/
$d_{\check{c}}$	= průměr čepu /m/
M_o	= ohybový moment /Nm/
W_o	= průřezový modul v ohybu /m ³ /
Q_p	= množství oleje dodávané pístovým čerpadlem /m ³ . s ⁻¹ /
Q_Z	= množství oleje dodávané zubovým čerpadlem /m ³ . s ⁻¹ /
v_1, v_2, v_3	= rychlost pístnice při činnosti zubového, pístového čerpadla, při zpětném chodu /m.s ⁻¹ /
D_t, d_v	= vnější a vnitřní průměr trubky /m/
t	= tloušťka stěny trubky /m/
S_t	= průtočná plocha trubky /m ² /
$v_{p1} + v_{p9}$	= rychlost oleje v potrubí /m.s ⁻¹ /
$Q_3 + Q_9$	= průtočné množství v potrubí /m ³ .s ⁻¹ /
	= kinematická viskozita /cm ² .s ⁻¹ /
l_p	= délka potrubí /m/
R	= poloměr zaoblení potrubí /m/
ξ	= součinitel odporu
α	= úhel zahnutí potrubí /°/
R_H	= hydraulický odpor
R_e	= Reynoldsovo číslo
R_N, R_V, R_Z	= hydraulický odpor rovné trubky při nízkém, vysokém tlaku a zpětném chodu

$\Delta P_N, \Delta P_V, \Delta P_Z$	= tlaková ztráta při nízkém, vysokém tlaku a zpětném chodu /MPa/
F_{s1}	= síla přenášená řetězem /N/
F_x, F_y	= složky síly F_{s1} v rovině pracovní desky a v rovině k ní kolmé /N/
F_I, F_{II}	= složky síly F_x ve směru podélné osy a ve směru na ní kolmém /N/
S_T	= bod styku řetězu a závěsu
φ	= úhel sklonu síly F_{s1} /°/
b, h	= tloušťka a výška závěsu /m/
r	= rameno přesazení bodu S_T před pracovní desku /m/
$\sigma_{DOV_{SK}}$	= dovolené napětí skutečné /MPa/
h'	= nejmenší výška závěsu /m/
σ_{DOV_S}	= dovolené napětí ve smyku /MPa/
l_S	= délka svaru /m/
l_V	= skutečná délka svaru /m/
$\tau_{\perp}, \tau_{\parallel}$	= napětí ve svaru /MPa/
$W_{o_{SV}}$	= průřezový modul svaru /m ³ /
$\alpha_{\perp}, \alpha_{\parallel}$	= převodní součinitel svarového spoje
b_p, h_p	= šířka, výška pera /m/
l_{pe}, t_p	= délka pera, přesah pera nad stůl /m/
S_{pe}	= průřez pera /m ² /
$P_{DOV_{OT}}$	= dovolený tlak na otlačení /MPa/
$m_{\check{c}}$	= hmotnost opěrného čepu /kg/
V	= objem opěrného čepu /m ³ /
$l_{\check{c}}, d_{\check{c}}$	= délka a průměr opěrného čepu /m/
$F_{\check{c}}$	= síla, kterou působí opěrný čep /N/
g	= gravitační zrychlení /m . s ⁻² /
σ_{DOV_t}	= dovolené napětí v tahu /MPa/
$F_{c\check{s}}$	= celkové zatížení šroubu /N/
i	= počet šroubů

F_n	= potřebná síla ve šroubech na přenesení zatížení /N/
S_M	= plocha mezikruží trubky /m ² /
$F_{cšD}$	= dovolená síla na šroub /N/
σ_{ST}	= napětí ve stěně trubky /MPa/
C	= celkové náklady /Kčs/
$C_1 + C_6$	= dílčí náklady /Kčs/
$N_1 + N_5$	= dílčí úspory /Kčs/rok/
N	= celkové úspory /Kčs/rok/
D	= doba návratnosti /rok/
\dot{Z}	= životnost stroje /rok/
E'	= efektivnost /rok/

1. ÚVOD - politicko hospodářský rozbor

Usnesením vlády ČSSR č. 170/86 ze dne 3. 7. 1986 byla Závodům Vítězného února n.p. Hradec Králové zařazena do plánu 8. 5LP jako závazný úkol č. 2 278 - stavba "Zvýšení výroby potravinářských zařízení", s plánovaným zahájením v roce 1988. Účelem stavby je zabezpečení zvýšených požadavků v oblasti dodávek technologických zařízení pro cukrovarnický průmysl, pivovary, rozšíření dodávek pro biotechnologické procesy a zabezpečení výroby zařízení pro malomontážní chemii.

Vedle již tradičních oborů potravin a chemie, nabývá významné místo ve výrobním programu národního podniku ZVÚ Hradec Králové, výroba zařízení pro biotechnologické procesy. "Komplexním programem vědecko-technického pokroku RVHP do roku 2 000", je biotechnologie preferována jako prioritní směr č. 5, který uvedená stavba zajišťuje.

Technologická koncepce "Zvýšení výroby potravinářských zařízení" je zaměřena na zajištění zvýšení výroby strojního technologického zařízení potravinářského průmyslu, zabezpečující rekonstrukci a modernizaci stávajících cukrovarů a pivovarů v ČSSR a nové potravinářské investiční celky pro tuzemsko i export do zemí socialistického tábora a nesocialistických zemí.

Podnik ZVÚ Hradec Králové není schopen za současných výrobních a exportních úkolů zabezpečit v potřebném množství dodávky pro tuzemsko a z těchto důvodů není uspokojivě plněn program rekonstrukce a modernizace v cukrovarnickém a pivovarském průmyslu ČSSR, ani dodávky kompletních investičních celků.

Z tohoto důvodu je navrhována výstavba jednolodní haly "biotechnologie", která navazuje prostorově i technologicky

na dosavadní provoz "chemie", kde se provádí výroba jednotlivých aparátů se zaměřením na chemická a potravinářská zařízení. Svým charakterem se jedná o výrobky o hmotnosti 20 ÷ 100 tun, případně 125 tun, o rozměrech o průměru 6 metrů a délky až 30 metrů. Hala má mít rozměry 30 x 175 metrů. Je navržena s dvěma jeřábovými dráhami ve výšce 13 a 18 metrů po celé délce objektu. Technologické provozní soubory strojů a zařízení jsou navrženy pro:

- konečnou montáž a svařování aparátů z nerezových ocelí o hmotnosti 40 ÷ 125 tun
- výrobu aparátů z nerez ocelí o hmotnosti 25 ÷ 125 tun
- defektoskopickou kontrolu
- automatizovaná technologická pracoviště k výrobě a přípravě dílů
- výkonnou svařovací techniku s vysokou jakostí svařování

Koncepce nové haly si klade za cíl zlepšit využití výrobních a montážních ploch provozu chemie, zvýšit produktivitu práce, urychlit proces výroby a zajistit zvýšení výroby zboží z dosavadních 350 mil. Kčs/rok na 630 mil. Kčs/rok v cílovém roce 1993.

Výstavba umožní progresivnější výrobu tlakových nádob, výrobu nádob a zařízení pro biotechnologii, teploměrných aparátů, míchadel, generátorů, ocelových konstrukcí, dopravníků.

Mezi stroje, které budou v nové hale "biotechnologie" pracovat, bude zařazen i vodorovný hydraulický lis sloužící k rovnání profilů, zejména trubek a pro další pomocné práce, které konstrukce stroje umožní provádět.

2. ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

Závody Vítězného února n.p. Hradec Králové jsou jako národní podnik začleněny do trustu podniků CHEPOS Brno. Tato VHJ se skládá z generálního ředitelství a 15 podřízených národních podniků a účelových organizací.

Charakteristickým rysem národního podniku ZVÚ Hradec Králové je opakovaná kusová výroba, která s přihlédnutím k rozšíření výroby a dodávek, zejména pro export do Sovětského svazu, postupně přebírá znaky sériové výroby u vybraných druhů výrobků.

Výrobní program ZVÚ Hradec Králové vychází z dodávek v minulosti, kdy podnik vedle výroby tradičních cukrovarů, perfektně zvládl zejména kotlářskou a potrubářskou technologii. ZVÚ vyrábějí značnou část technologických zařízení z některých materiálů, jako jsou speciální nerezové oceli, měď, titan, nebo kombinace těchto materiálů v podobě bimetalů. V menší míře se používají i plastické hmoty. Vedle tradičních cukrovarů a speciálních chemických zařízení patří k základnímu programu výroby ZVÚ velkokapacitní pivovary, výrobní krmného droždí a koksárenská zařízení. ZVÚ vyrábějí podle vlastních i cizích projektů a zajišťují inovaci výrobků vývojem a výzkumem i získáváním licencí.

Vysoký stupeň technického rozvoje dokazují i pokrokové technologie, např. zkoušení a sváření bimetalů, plátování ocelí nebo upevňování trubek v trubkovicích výbuchem, inovace při výrobě speciálních výměníků tepla atd.

Více, jak polovina výrobků ZVÚ je určena pro export, který se stále zvyšuje. Podnik postupně dodal různá zařízení pro chemický a potravinářský průmysl i kompletní investiční celky do více než 60 zemí světa. Podstatnou část vývozu tvoří dodávky do SSSR. V minulosti tvořily základ exportních

dodávek především cukrovary, což potvrzuje skutečnost, že každý desátý cukrovar na světě byl vyroben v ZVÚ Hradec Králové.

Výrobní program podniku v příštích letech bude zaměřen zejména na dodávky pro nový program chemie a dodávky pro těžký potravinářský průmysl. Určujícím faktorem pro inovace jsou plány rozvoje SSSR a zemí RVHP. Především půjde o zařízení pro petrochemické procesy, které ZVÚ budou realizovat ve spolupráci s dalšími podniky VHJ CHEPOS, procesy pro výrobu čpavku a navazující technologie, pro něž je čpavek základním produktem. Perspektivním oborem se jeví výroba zařízení pro výrobu krmného droždí z melasy i na bázi sulfitových výluhů nebo syntetického lihu, případně dalších petrochemických produktů.

Další vývoj půjde cestou důsledné specializace. Současně se bude stále více uplatňovat racionalizace výroby a spolupráce se zeměmi RVHP.

V rámci podniku ZVÚ se předpokládá následující vývoj výroby zboží v jednotlivých oborech takto:

zařízení	SR 1985	VR 1990	CR 1993
potravinářské	508 148	641 000	747 000
biotechnologie	7 000	62 000	240 000
chemie	601 377	689 000	719 000
ostatní	204 654	208 000	194 000
c e l k e m	1 320 579	1 600 000	1 900 000

Z přehledu srovnatelných ukazatelů jsou zřejmé výrazné trendy především u biotechnologie a potravinářského zařízení.

Co se týče strojního vybavení, pracují v podniku stroje, které svými parametry a charakterem odpovídají výrobnímu

programu. Některé však už neodpovídají současnému trendu a jsou zastaralé. Proto se nakupují nové nebo se inovují staré typy.

Ve své diplomové práci se zabývám návrhem vodorovného lisu o tvářecí síle 1 500 kN.

V ZVÚ Hradec Králové se používají vodorovné rovnací lisy LV 50 s tvářecí silou 500 kN. Jsou ve špatném technickém stavu (rok výroby 1966). Prozatím se používají pro pomocné kovářské práce, k rovnání profilů tvaru I, U, L, T, O, kulacení a uzavírání přírub, s vhodným přípravkem pro kalibrování vinutých duplikátorů, pro roztrnění trubek, kalibrování konců kolen (tj. lisovaných oblouků), pro předešláání konců, např. přírub před zkružováním apod.

Navrhovaný stroj bude sloužit ke stejným operacím, případně těm, které si bude vyžadovat výroba v nové hale "biotechnologie".

3. NÁVRH ZAŘÍZENÍ K ROVNÁNÍ PROFILŮ

3.1. Stůl hydraulického lisu (poz.1)

Stůl hydraulického lisu je svařenec. Pracovní deska (poz.1) je z ocelolitiny (42 27 12.5). V pracovní desce je 20 otvorů \varnothing 180 H 11 pro opěrné čepy vhodně umístěných z hlediska pracovních operací, které se budou na stroji provádět. Po stranách pracovní desky jsou 4 závěsy (poz.9), umožňující manipulaci se strojem. Základní deska (poz.7), bočnice (poz.2 + 5) a výstuha (poz.6), jsou z plechu tloušťky 36 mm vyrobené z materiálu 11 423.1. V pravé i levé bočnici jsou 2 otvory průměru 400 mm pro odlehčení stroje a zároveň zlepši přístup při svaření stolu. V základní desce jsou 4 otvory \varnothing 26 mm pro úchytné šrouby do základů hydraulického lisu. Proti vypadnutí jsou čepy chráněny 2 obdélníkovými (poz. 20) a 2 trojúhelníkovými (poz.21) podložkami, které se přišroubují ze spodu pracovní desky.

Rozměry stolu jsou: 2 590 x 2 000 x 900 mm

Hmotnost stolu je: 7 162,55 kg

3.2. Pracovní válec (poz.2)

Těleso pracovního válce (poz.1) je odlitek z ocelolitiny (42 27 12.5), píst (poz.2) je ocelový z materiálu 11 523.1. Vedení pohyblivých částí je provedeno pomocí bronzového pouzdra (poz.5) a bronzových kroužků (poz.6,7). Těsnění je provedeno manžetami ŠEVRON (poz.51). Válec je opatřen koncovými ventily umístěnými v pístu (poz.12,13), pomocí kterých při dosažení krajních poloh, je tlak automaticky odpuštěn. Tlak pracovní kapaliny ve válci je indikován manometrem (poz.24). Na konci pístnice je upevněna hlava pístu (poz.26) a držák tlačné hlavy (poz.25).

Vnitřní průměr válce je: \varnothing 280 H 8
Délka válce: 1 265 mm
Hmotnost válce: 1 470 kg

3.3. Hydraulický agregát (poz.5)

Navrhovaný hydraulický agregát je označen RPZ 4-4. Výrobce je TOS Rakovník. Jedná se o hydraulický agregát (čerpadlo) z řady vysokotlakých čerpadel RPZ. Tento typ je vybrán na základě vhodného rozsahu tlaků (2 + 32 MPa). Čerpadlo je rychloběžné, dvoutlaké, provedené jako kombinace čerpadla trojpístového a čerpadla zubového. Je umístěno nad vlastní nádrží, ve které je zamontován sací filtr. Nízkotlaková část se vypíná šoupátkem, umístěným v kostce čerpadla. Pístová část se vypíná nadzvednutím sacích kuželek. Toto uspořádání umožňuje nastavení dvou lisovacích tlaků v rozsahu 2 + 32 MPa. Zubové čerpadlo dodává větší množství oleje při max. tlaku 2 MPa než pístové čerpadlo. Přepnutí na pístové čerpadlo je prováděno automaticky při dosažení nastaveného tlaku na zubovém čerpadle. Oba tlaky se nastavují maticemi, které jsou vně zařízení, nad víkem nádrže. Pojistný ventil je v kostce čerpadla. Čerpadlo je poháněno přes spojku přírubovým elektromotorem.

Parametry čerpadla:

max. tlak pístového čerpadla	32 MPa
max. tlak při dlouhodobém zatížení	18 MPa
max. tlak zubového čerpadla	2 MPa
dodávané množství pístového čerpadla	6 l/min
dodávané množství zubového čerpadla	80 l/min
počet pístů	3
průměr pístu	14 mm
zdvih pístu	18 mm

otáčky čerpadla	940 ot . min ⁻¹
obsah nádrže na olej	75 l
otáčky elektromotoru	940 ot . min ⁻¹
výkon elektromotoru	3 kW
výtlačné potrubí	35 x 5 mm
odpadní potrubí	G 1 ¹ / ₄ "
váha čerpadla bez náplně	275 kg
provozní kapalina	olej OT - K 8
	viskoz. $9 \cdot 10^0$ E/50 ⁰ C
	ČSN 65 6650 /1/

3.4. Šoupátkový rozvod (poz.3)

Jako rozvodový agregát je použit šoupátkový rozvod. Tento rozvod je vyroben v ZVÚ Hradec Králové a slouží pro univerzální použití. Do rozvodu jsou přiváděny čtyři větve (od čerpadla, do pracovního válce, zpětný chod, zpět do nádrže). Rozvod je proveden jako čtyřcestný, třípolohový. Průtočné množství a směr toku jsou ovládány šoupátkem. Šoupátko je přes ozubený převod (hřeben, ozubené kolo) spojeno s přesunovací pákou.

3.5. Elektro výzbroj

Je provedena dle ČSN 34 1630. Stroj je napojen na síť 3x380 V - 50 Hz. Připojení a odpojení elektromotoru čerpadla je provedeno stykačem K 16 E. Pohon je jištěn pojistkami GTS 20 A (proti náhlému přetížení-zkratové pojistky) a ochrana pohonu je zajištěna pojistkami R 102 7 A (proti dlouhodobému přetížení). Předpokládá se stabilní umístění stroje na jednom pracovišti, to znamená, přívod elektrické energie spodním rozvodem.

3.6. Šabotové hlavy, tlačné hlavy

Tvoří příslušenství lisu. Skládá se ze čtyř šabotových hlav a čtyř tlačných hlav. Šabotové hlavy i tlačné hlavy jsou vyrobeny z ocelolitin 42 27 12.5. Šabotové hlavy se nasunují na opěrné čepy (poz.14) v pracovní desce (poz.1), které jsou umístěny dle potřeby. Upnutí tlačných hlav je provedeno zasunutím do držáku (poz.25) v hlavě pístu (poz.26). Pro jiné operace (rovnání jiných profilů) lze použít odpovídající šabotové hlavy a tlačné hlavy.

4. KONTROLNÍ VÝPOČTY DILČÍCH UZLŮ

4.1. Výpočet pracovního válce

4.1.1. Tloušťka stěny válce

Dáno:

$$F_T = 1500 \cdot 10^3 \text{ /N/ (tvářecí síla)}$$

$$p = 25 \cdot 10^6 \text{ /Pa/ (max. tlak v rozvaděči oleje)}$$

$$p = \frac{F_T}{S_p} \text{ /Pa, N, m}^2/ \quad (4.0)$$

ze vztahu (4.0) plyne:

$$S_p = \frac{F_T}{p} = \frac{1500 \cdot 10^3}{25 \cdot 10^6} = 0,06 \text{ m}^2 \quad (4.1)$$

kde S_p - plocha pístu /m²/

$$S_p = \pi \cdot r_{p1}^2 \text{ /m}^2, \text{ m/} \quad (4.2)$$

ze vztahu (4.2) plyne:

$$r_{p1} = \sqrt{\frac{S_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,06}{\pi}} = 0,138 \text{ m} \quad (4.3)$$

kde r_{p1} - poloměr pístu /m/

zaokrouhluji $r_{p1} = 0,140 \text{ m}$

materiál válce: 42 27 12.5

(ocelolitina nízkolegovaná, feriticko perlitická, manganová do teplot 450°C. Použití na parní kotle a turbíny, tlakové nádoby, vysoce namáhavé strojní součásti).

$$R_m = 500 + 650 \text{ /MPa/ (mez pevnosti)}$$

$$R_e = 280 \text{ /MPa/ (mez pružnosti)}$$

volím bezpečnost: $k = 2$

$$\sigma_{DOV} = \frac{\sigma_{Co}}{k} \quad /MPa, MPa/ \quad (4.4)$$

kde σ_{DOV} - dovolené namáhání /MPa/
 σ_{Co} - mez únavy /MPa/
 k - volená bezpečnost

$$\sigma_{Co} = R_m \cdot 0,3 = 650 \cdot 0,3 = 195 \quad /MPa/ \quad /3/ \quad (4.5)$$

po dosazení do vztahu (4.4) $\sigma_{DOV} = \frac{195}{2} = 97,5 \quad MPa \quad (4.6)$

$$r_{p2} = \sqrt{\frac{F_T}{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{DOV} + 0,4p}{p \cdot \sigma_{DOV} - 1,3 \cdot p^2}} \quad /4/ \quad (4.7)$$

kde r_{p2} - vnější poloměr hydroválece /m/
 F_T - tvářecí síla /N/
 σ_{DOV} - dovolené namáhání /Pa/
 p - max. tlak rozvaděče /Pa/

po dosazení do vztahu (4.7):

$$r_{p2} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 10^3}{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{97,5 \cdot 10^6 + 0,4 \cdot 25 \cdot 10^6}{25 \cdot 10^6 \cdot 97,5 \cdot 10^6 - 1,3 \cdot (25 \cdot 10^6)^2}} =$$

$$= 0,177 \quad m$$

zaokrouhluji $r_{p2} = 0,180 \quad m$

$$\frac{r_{p2}}{r_{p1}} \geq 1,18 \quad \text{pak výpočet jako tlustostěnná nádoba /4/} \quad (4.8)$$

po dosazení do vztahu (4.8) $\frac{0,180}{0,140} = 1,28 > 1,18$

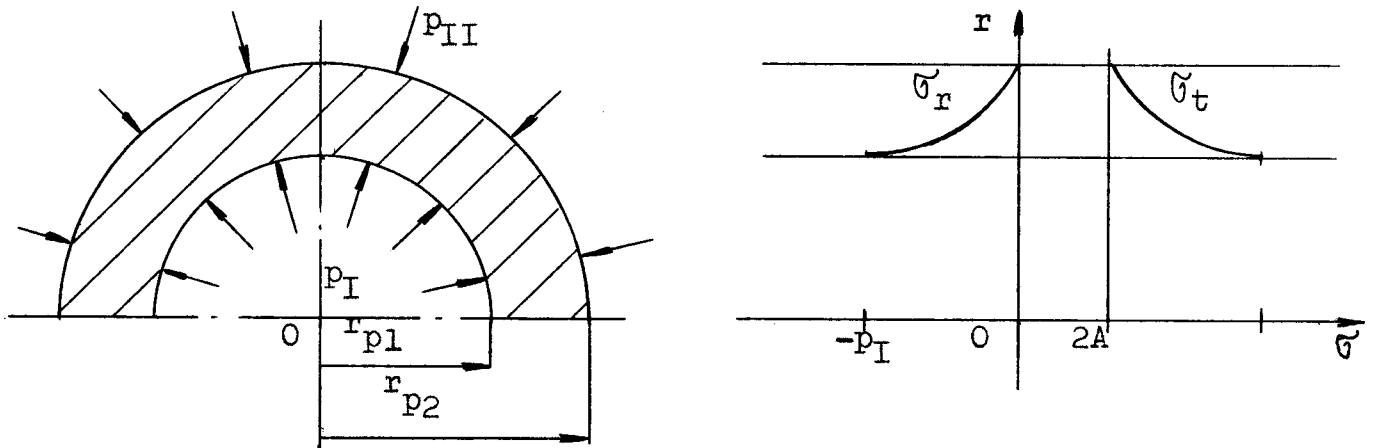
Výpočet dále provádím dle vztahů pro tlustostěnné nádoby.

$$p_I = p = 25 \cdot 10^6 \text{ /Pa/}$$

$$r_{p1} = 0,140 \text{ /m/}$$

$$p_{II} = 0$$

$$r_{p2} = 0,180 \text{ /m/}$$



obr. č. 1 působící síly na stěnu válce

σ_r = radiální zatížení /MPa/

σ_t = tečné zatížení /MPa/

$$\sigma_r(r_{p1}) = -p_I \text{ /MPa/} \quad \sigma_t(r_{p1}) = 2A + p_I \text{ /MPa/} \quad (4.9)$$

$$\sigma_r(r_{p2}) = 0 \quad \sigma_t(r_{p2}) = 2A \text{ /MPa/} \quad (4.10)$$

kde

$\sigma_r(r_{p1}), \sigma_t(r_{p1})$ - radiální a tečné zatížení
na poloměru r_{p1}

$\sigma_r(r_{p2}), \sigma_t(r_{p2})$ - radiální a tečné zatížení
na poloměru r_{p2}

A - konstanta
 konstanta A se určí ze vztahu: (4.11)

$$A = p_I \cdot \pi \cdot r_{p1}^2 - \sigma_a \cdot \pi \cdot (r_{p2}^2 - r_{p1}^2) = 0$$

kde σ_a - napětí ve směru osy nádoby /MPa/
 po úpravě vztahu (4.11) a posazení

$$A = \sigma_a = \frac{p_I \cdot \pi \cdot r_{p1}^2}{\pi \cdot (r_{p2}^2 - r_{p1}^2)} = \frac{25 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,140^2}{\pi \cdot (0,180^2 - 0,140^2)} =$$

$$= 38,28 \text{ MPa}$$

ze vztahu (4.9) a (4.10) vyplývá

$$\sigma_{t(r_{p1})} = 2 \cdot 38,28 + 25 = 101,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t(r_{p2})} = 2 \cdot 38,28 = 76,56 \text{ MPa}$$

Posouzení pevností dle podmínky HMM:

$$\sigma_{ek} = \sqrt{3} \cdot p_I \cdot \frac{r_{p2}^2}{r_{p2}^2 - r_{p1}^2} \quad (4.12)$$

kde σ_{ek} = ekvivalentní zatížení /MPa/
 po dosazení do vztahu (4.12)

$$\sigma_{ek} = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot \frac{0,180^2}{(0,180^2 - 0,140^2)} = 109,6 \text{ MPa}$$

musí být plněna podmínka $\sigma_{ek} < \sigma_{DOV}$ /5/ (4.13)

po dosazení do vztahu (4.13) $109,6 > 97,5$

podmínka ze vztahu není splněna, proto volím vnější průměr
válce $r_{p2} = 0,205$ m

po dosazení do vztahu (4.12)

$$\sigma_{ek} = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot \frac{0,205^2}{(0,205^2 - 0,140^2)} = 81,14 \text{ MPa}$$

$81,14 < 97,5$ /MPa/ podmínka ze vztahu (4.13) je splněna.

4.1.2. Pístnice

Pístnici řeším jako křivý prut

Vycházím ze vztahu $F_{max} = F_{KR} + F_{DYN}$ /4/ (4.14)

kde F_{max} - zatěžující síla maximální /N/

F_{KR} - kritická síla /N/

F_{DYN} - dynamická síla vzniklá
dynamickým rázem /N/

F_{DYN} zanedbávám pro malou rychlost pístnice
(max. $3,395 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$)

dáno: $F_T = 1500 \cdot 10^3$ /N/

$l = 1,225$ /m/ délka pístnice

$E = 2 \cdot 10^5$ /MPa/ modul pružnosti v tahu

volená bezpečnost: $k = 4$

materiál: 11 523.1

$R_m = 520 + 640$ MPa $R_e = 320 + 360$ MPa

$F_{KR} = F_T \cdot k = 1500 \cdot 10^3 \cdot 4 = 6\,000$ kN

$$F_{KR} = \frac{n \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{l^2} \quad (4.15)$$

kde n - součinitel závislý na uložení tyče pístu

$$n = 1$$

I_{min} = minimální kvadratický moment průřezu /m⁴/

$$(v \text{ našem případě kruhového } I_{min} = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64})$$

d_s = průměr pístnice

$$\text{ze vztahu (4.15) plyne: } I_{min} = \frac{F_{KR} \cdot l^2}{\pi^2 \cdot E \cdot n} = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64} \quad (4.16)$$

$$\text{dále } d_s = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_{KR} \cdot l^2}{\pi^3 \cdot E \cdot n}}$$

$$\text{po dosazení } d_s = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 6000 \cdot 10^3 \cdot 1,225^2}{\pi^3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 1}} = 0,0933 \text{ m}$$

zaokrouhluji na $d_s = 0,095 \text{ m}$

$$\text{ze vztahu (4.16) } I_{min} = \frac{\pi \cdot 0,095^4}{64} = 3,99 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

minimální poloměr kvadratického momentu průřezu

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{3,99 \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot 0,0475^2}} = 0,023 \text{ m}^2 \quad (4.17)$$

kde S = plocha průřezu pístní tyče /m²/

$$\text{štíhlostní poloměr } \lambda = \frac{1}{i_{min}} = \frac{1,225}{0,023} = 53,26 \text{ m}^{-1} \quad (4.18)$$

kde λ = štíhlostní poměr

z podmínky $\lambda < 105$ je nutno vycházet z TETMAYEROVÝCH
VZTAHŮ /4/

pro ocel o pevnosti $R_m = 500$ MPa platí

$$\sigma_{KR} = -312 \text{ MPa} \quad \text{pro } 0 \leq \lambda \leq 60$$

σ_{KR} = kritické napětí /MPa/

$$\text{tomu odpovídá průřez } S = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \geq \frac{F_{KR}}{\sigma_{KR}} \quad /m^2/ \quad (4.19)$$

ze vztahu (4.19)

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{KR}}{\pi \cdot \sigma_{KR}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6000 \cdot 10^3}{\pi \cdot (-312)}} = 0,156 \text{ m}$$

$$d_s = 0,156 \text{ m}$$

S ohledem na výběr těsnění volím $d_s = 0,220$ m

4.1.3. Slepá příruba - kontrola šroubů

Dáno: $p = 25 \cdot 10^6$ /Pa/

$$r_{p1} = 0,140 \text{ /m/}$$

materiál šroubů : 11 700 $R_m = 700 + 850$ MPa
navrženo 16 závrtných šroubů

$$p = \frac{F_c}{S_p} \quad / \text{ Pa, N, } m^2 / \quad (4.20)$$

kde F_c - síla působí na slepou přírubu /N/

S_p - plocha příruby(pístu) /m²/

po úpravě a dosazení do vztahu (4.20)

$$F_c = p \cdot S_p = 25 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,140^2 = 1\,539,3 \text{ kN}$$

$$\text{síla na jeden šroub } F_{\check{s}} = \frac{F_c}{16} = \frac{1\,539,3 \cdot 10^3}{16} = 96\,206,25 \text{ N}$$

podle vztahu (4.5) platí $\check{\sigma}_{Co} = 0,3 \cdot R_m = 0,3 \cdot 820 = 246 \text{ MPa}$

volím vrubovou citlivost $q = 0,85$ /6/

$$\text{příruba je namáhaná míjivě } t_g \alpha = \frac{\check{\sigma}_h}{\check{\sigma}_m} = \frac{2}{1} = 2 \Rightarrow \alpha = 63^\circ /3/$$

kde $\check{\sigma}_h$ - horní dovolené napětí /MPa/

$\check{\sigma}_m$ - střední dovolené napětí /MPa/

z obr. č. 2 odečtu $\check{\sigma}_M = 360 \text{ MPa}$ (míjivé napětí)

volená bezpečnost: $k = 2$

$$\check{\sigma}_{DOV} = \frac{\check{\sigma}_M}{k} \quad (4.21)$$

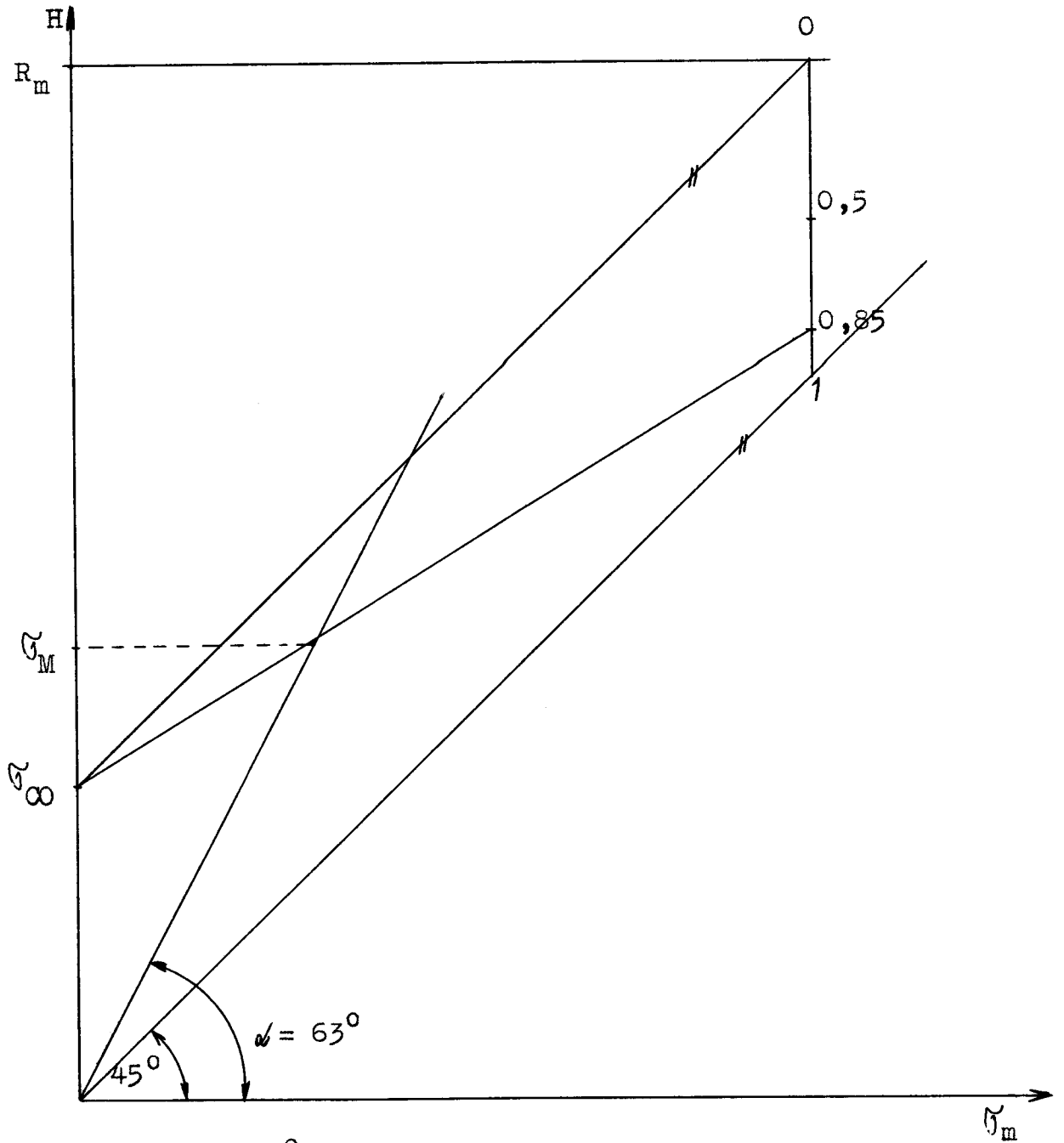
$$\text{po dosazení } \check{\sigma}_{DOV} = \frac{360 \cdot 10^6}{2} = 180 \text{ MPa}$$

$$\check{\sigma}_{DOV} = \frac{F_{\check{s}}}{S_3} \quad /Pa, N, m^2/ \quad (4.22)$$

kde S_3 - průřez šroubu na nejmenším průměru
(d_3) /m²/

po úpravě vztahu (4.22) a dosazení platí

$$S_3 = \frac{F_{\check{s}}}{\check{\sigma}_{DOV}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}$$



obr. č. 2 SMITHŮV DIAGRAM

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\check{s}}}{\pi \cdot \sigma_{DOV}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 96\,206,25}{\pi \cdot 180 \cdot 10^6}} = 0,026 \text{ m} \quad (4.23)$$

volím 16 šroubů M 30 x 2

4.1.4. Přední příruba - kontrola šroubů

Dáno:

$$p = 25 \cdot 10^6 \quad /Pa/$$

$$d_{p1} = 0,280 \quad /m/$$

$$d_s = 0,220 \quad /m/$$

12 šroubů

$$\text{materiál} \quad 11\ 700 \quad R_m = 700 + 850 \quad /MPa/$$

$$\text{činná plocha} \quad S_{\check{c}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{p1}^2 - d_s^2) \quad /m^2/ \quad (4.24)$$

po dosazení do vztahu (4.24)

$$S_{\check{c}} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,280^2 - 0,220^2) = 0,0235 \text{ m}^2$$

podobně jako (4.20)

$$p = \frac{F_c}{S_{\check{c}}} \quad \text{po dosazení a úpravě}$$

$$F_c = p \cdot S_{\check{c}} = 25 \cdot 10^6 \cdot 0,0235 = 589\ 048 \quad N$$

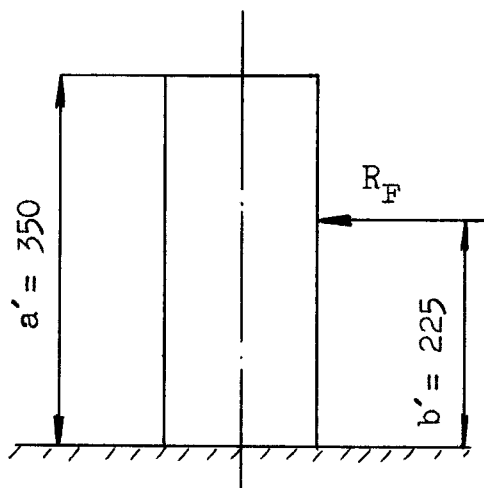
$$F_{\check{s}} = \frac{F_e}{12} = \frac{589\ 048}{12} = 49\ 087,38 \quad N$$

dle vztahu (4.23) platí

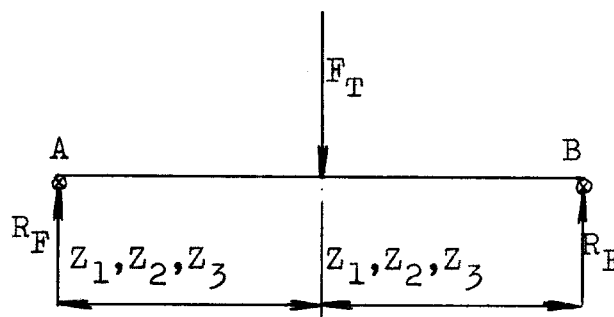
$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\check{s}}}{\pi \cdot \sigma_{DOV}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 49\ 087,38}{\pi \cdot 180 \cdot 10^6}} = 0,0186 \text{ m}$$

volím 12 šroubů M 24

4.2. Opěrný čep



obr. č. 3
Čep v pracovní desce



obr. č. 4
Rozložení síly F_T na čepy

reakce na čepch $R_F = \frac{F_T}{2} = \frac{1\,500 \cdot 10^3}{2} = 750 \text{ /kN/}$

volený materiál 16 532 $R_m = 1\,600 \text{ MPa}$

volená bezpečnost $k = 2$

a) kontrola na otlak

dle vztahu (4.5) a dosazení

$$\sigma_{Co} = 0,3 \cdot R_m = 0,3 \cdot 1\,600 = 480 \text{ MPa}$$

dle vztahu (4.4) $\sigma_{DOV} = \frac{\sigma_{Co}}{k} = \frac{480}{2} = 240 \text{ /MPa/}$

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_F}{a' \cdot d_{\check{c}}} \quad \text{/Pa, N, m, m/} \quad \text{/7/} \quad (4.25)$$

kde a' - délka čepu nad pracovní deskou /m/

$d_{\check{c}}$ - průměr čepu /m/

R_F - rakce na čep /N/
 po dosazení do vztahu (4.25) a úpravě

$$d_{\check{c}} = \frac{R_F}{\sigma_{DOV} \cdot a'} = \frac{750 \cdot 10^3}{240 \cdot 10^6 \cdot 0,35} = 0,0089 \text{ m}$$

$$d_{\check{c}} = 0,009 \text{ m}$$

b) kontrola na smyk

$$\sigma_{Co} = 0,25 \cdot R_m = 0,25 \cdot 1\,600 = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{\sigma_{Co}}{k} = \frac{400}{2} = 200 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DOV_s} = \frac{R_F}{S_{\check{c}}} \quad (4.26)$$

kde $S_{\check{c}}$ - plocha průřezu čepu /m²/
 po úpravě a dosazení do vztahu (4.26)

$$S_{\check{c}} = \frac{R_F}{\sigma_{DOV}} = \frac{1\,500 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^6} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$S_{\check{c}} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4} \quad \text{odkud plyne}$$

$$d_{\check{c}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\check{c}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0,097 \text{ m}$$

$$d_{\check{c}} = 0,097 \text{ m}$$

c) kontrola na ohyb

$$\sigma_{Co} = 0,4 \cdot R_m = 0,4 \cdot 1600 = 640 \text{ MPa} \quad /3/$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{\sigma_{Co}}{k} = \frac{640}{2} = 320 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{M_o}{W_o} \quad /Nm, m^3/ \quad (4.27)$$

kde M_o - ohybový moment /Nm/

W_o - průřezový modul v ohybu /m³/

$$M_o = R_F \cdot b' \quad /N,m/ \quad (4.28)$$

kde b' - rameno působící síly /m/

$$W_o = \frac{\pi \cdot d_\zeta^3}{32} \quad /m^3/ \quad (4.29)$$

po dosazení vztahů (4.28) a (4.29) do vztahu (4.27) a úpravě platí

$$d_\zeta = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_o}{\pi \cdot \sigma_{DOV}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 750 \cdot 10^3 \cdot 0,225}{\pi \cdot 320 \cdot 10^6}} = 0,1751 \text{ m}$$

zaokrouhluji $d_\zeta = 0,180 \text{ m}$

Nejvíce je čep namáhán na ohyb, proto čep navrhuji o průměru 0,180 m.

4.3. Výpočet rychlosti pohybu pístnice

Dáno:

$$Q_p = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1} /$$

(dodávané množství píst. čerpadlem)

$$Q_z = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1} /$$

(dodávané množství zub. čerpadlem)

$$S_p = 0,060 \text{ /m}^2 /$$

(plocha pístu)

$$S_{\check{c}} = 0,0235 \text{ /m}^2 /$$

(činná plocha pístu)

a) Lisovací rychlost nízkým tlakem:

$$v_1 = \frac{Q_z}{S_p} \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{ m}^2 / \quad /8/ \quad (4.30)$$

kde v_1 - rychlost pístnice při činnosti zubového čerpadla /m . s⁻¹/

ze vztahu (4.30) plyne

$$v_1 = \frac{1,33 \cdot 10^{-3}}{0,06} = 0,022 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1} /$$

b) Lisovací rychlost vysokým tlakem:

$$v_2 = \frac{Q_p}{S_p} \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{ m}^2 / \quad /8/ \quad (4.31)$$

kde v_2 - rychlost pístnice při činnosti pístového čerpadla /m . s⁻¹/

ze vztahu (4.31) plyne

$$v_2 = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{0,06} = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1} /$$

c) Odtahová rychlost (zpětný chod):

$$v_3 = \frac{Q_Z}{S_{\check{c}}} \quad /m \cdot s^{-1}, m^3 \cdot s^{-1}, m^2/ \quad (4.32)$$

kde v_3 - rychlost chodu zpětného (pracuje
zubové čerpadlo)

ze vztahu (4.32) plyne

$$v_3 = \frac{1,33 \cdot 10^{-3}}{0,0235} = 0,0565 /m \cdot s^{-1}/$$

Rychlost v_3 vyhovuje i z hlediska bezpečnosti
obsluhy stroje.

4.4. Výpočet rychlostí média v potrubí

a) Úsek od čerpadla k rozvaděči:

$$\begin{aligned} \text{trubka } \emptyset 35 \times 5 \quad D_t &= 35 /mm/ \quad (\text{vnější průměr}) \\ d_{vA} &= 25 /mm/ \quad (\text{vnitřní průměr}) \\ t &= 5 /mm/ \quad (\text{tloušťka stěny}) \\ S_t &= 4,9 \cdot 10^{-4} /m^2/ \quad (\text{průtočná} \\ &\quad \text{plocha}) \end{aligned}$$

pro nízký tlak

$$v_{p1} = \frac{Q_Z}{S_t} \quad /m \cdot s^{-1}, m^3 \cdot s^{-1}, m^2/ \quad /8/ \quad (4.33)$$

po dosazení

$$v_{p1} = \frac{1,33 \cdot 10^{-3}}{4,9 \cdot 10^{-4}} = 2,71 m \cdot s^{-1}$$

pro vysoký tlak

$$v_{p2} = \frac{Q_p}{S_t} \quad /m \cdot s^{-1}, m^3 \cdot s^{-1}, m^2/ \quad /8/ \quad (4.34)$$

po dosazení

$$v_{p2} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{4,9 \cdot 10^{-4}} = 0,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Úsek od rozvaděče k lisovacímu válci:

trubka $\varnothing 44,5 \times 5$

$$D_t = 44,5 \text{ /mm/}$$

$$d_{VB} = 34,5 \text{ /mm/}$$

$$t = 5 \text{ /mm/}$$

$$S_t = 9,34 \cdot 10^{-4} / \text{m}^2 /$$

průtočné množství

nízký tlak

$$Q_3 = S_p \cdot v_1 \quad / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}^2, \text{m} \cdot \text{s}^{-1} / \quad / 8 / \quad (4.35)$$

po dosazení

$$Q_3 = 0,06 \cdot 0,022 = 1,32 \cdot 10^{-3} / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} /$$

vysoký tlak

$$Q_4 = S_p \cdot v_2 \quad / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}^2, \text{m} \cdot \text{s}^{-1} / \quad / 8 / \quad (4.36)$$

po dosazení

$$Q_4 = 0,06 \cdot 1,66 \cdot 10^{-3} = 9,96 \cdot 10^{-5} / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} /$$

zpětný chod

$$Q_5 = S_p \cdot v_3 \quad / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}^2, \text{m} \cdot \text{s}^{-1} / \quad / 8 / \quad (4.37)$$

po dosazení

$$Q_5 = 0,06 \cdot 0,0565 = 3,39 \cdot 10^{-3} / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} /$$

rychlost pro nízký tlak

$$v_{p3} = \frac{Q_3}{S_t} \quad /m \cdot s^{-1}, m^3 \cdot s^{-1}, m^2/ \quad /8/ \quad (4.38)$$

po dosazení

$$v_{p3} = \frac{1,32 \cdot 10^{-3}}{9,34 \cdot 10^{-4}} = 1,42 \quad /m \cdot s^{-1}/$$

rychlost pro vysoký tlak

$$v_{p4} = \frac{Q_4}{S_t} \quad (4.39)$$

po dosazení

$$v_{p4} = \frac{9,96 \cdot 10^{-5}}{9,34 \cdot 10^{-4}} = 0,10 \quad /m \cdot s^{-1}/$$

rychlost pro zpětný chod

$$v_{p5} = \frac{Q_5}{S_t} \quad (4.40)$$

po dosazení

$$v_{p5} = \frac{3,39 \cdot 10^{-3}}{9,34 \cdot 10^{-4}} = 3,62 \quad /m \cdot s^{-1}/$$

c) Úsek od rozvaděče k odtahovému pístu (zpětný chod):

trubka	∅ 32 x 5	$D_t = 32$	/mm/
		$d_{VC} = 22$	/mm/
		$t = 5$	/mm/
		$S_t = 3,8 \cdot 10^{-4}$	/m ² /

průtočné množství

nízký tlak

$$Q_6 = S_{\zeta} \cdot v_1 = 0,0235 \cdot 0,022 = 5,17 \cdot 10^{-4} \quad (4.41)$$

$\text{/m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad \quad \quad \text{/8/}$

vysoký tlak

$$Q_7 = S_{\zeta} \cdot v_2 = 0,0235 \cdot 1,66 \cdot 10^{-3} = 3,9 \cdot 10^{-5} \quad (4.42)$$

$\text{/m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad \quad \quad \text{/8/}$

zpětný chod

$$Q_8 = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

rychlost pro nízký tlak

$$v_{p6} = \frac{Q_6}{S_t} = \frac{5,17 \cdot 10^{-4}}{3,8 \cdot 10^{-4}} = 1,36 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.43)$$

rychlost pro vysoký tlak

$$v_{p7} = \frac{Q_7}{S_t} = \frac{3,9 \cdot 10^{-5}}{3,8 \cdot 10^{-4}} = 0,1 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.44)$$

rychlost pro zpětný chod

$$v_{p8} = \frac{Q_8}{S_t} = \frac{1,33 \cdot 10^{-3}}{3,8 \cdot 10^{-4}} = 3,5 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.45)$$

d) Úsek odpadního potrubí:

trubka G 1 1/4 "

$$\begin{aligned} D_t &= 42 \text{ /mm/} \\ d_{vD} &= 32 \text{ /mm/} \\ t &= 5 \text{ /mm/} \\ S_t &= 8,04 \cdot 10^{-4} \text{ /m}^2 \end{aligned}$$

$$Q_9 = Q_5 = 3,39 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

rychlost pro zpětný chod

$$v_{p9} = \frac{Q_9}{S_t} = \frac{3,39 \cdot 10^{-3}}{8,04 \cdot 10^{-4}} = 4,21 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1} / 8/ \quad (4.46)$$

průměry trubek jsou vybírány s ohledem na rozváděcí agregát a vývody šoupátkového rozvodu. Materiál trubek 12 021 . 1.

4.5. Tlakové ztráty v potrubí

Jako pracovní médium je vybrán trvanlivý olej K8 (zkratka OT - K8).

Ukazatelé jakosti oleje OT - K8:

kinematická viskozita	=	nejméně	11,0 cSt (při 100°C)
		=	nejvíce 76,0 cSt (při 50°C)
bod tuhnutí	=		12°C
karbonizační zbytek	=		0,2 %
popel	=		0,02 % /9/

kinematická viskozita pro výpočet

$$\nu = 75 \text{ cSt} = 0,75 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

A. ÚSEK ČERPADLO - ŠOUPÁTKOVÝ ROZVOD

Dáno:

vnitřní průměr potrubí: $d_{VA} = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$

délka potrubí: $l_{PA} = 1 \text{ 300 mm} = 1,3 \text{ m}$ (přibližná)

1 oblouk o 35° o poloměru: $R = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$

1 oblouk o 135° o poloměru: $R = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$

součinitel odporu

$$\xi_A = \frac{\alpha}{90^\circ} \cdot \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{d_{VA}}{R} \right)^{3,5} \right] \quad /8/ \quad (4.47)$$

kde α - úhel zahnutí potrubí /°/

po dosazení

$$\xi_{A_1} = \frac{35}{90} \cdot \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{0,025}{0,1} \right)^{3,5} \right] = 0,052$$

$$\xi_{A_2} = \frac{135}{90} \cdot \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{0,025}{0,1} \right)^{3,5} \right] = 0,192$$

hydraulický odpor

$$R_{HA} = 0,742 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\xi}{d_{VA}^4} \quad /8/ \quad (4.48)$$

po dosazení

$$R_{HA_1} = 0,742 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,052}{2,5^4} = 9,877 \cdot 10^{-10}$$

$$R_{HA_2} = 0,742 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,192}{2,5^4} = 3,647 \cdot 10^{-9}$$

1. Lisování nízkým tlakem:

Dáno:

$$Q_Z = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ l } m^3 \cdot s^{-1}/$$
$$v_{p1} = 2,71 \text{ / m } \cdot s^{-1}/$$
$$\nu = 0,75 \text{ / cm}^2 \cdot s^{-1}/$$

$$R_e = \frac{v_{p1} \cdot d_{VA}}{\nu} \quad / \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}, \text{cm}, \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} / \quad /8/ \quad (4.49)$$

kde R_e - REYNOLDSOVO ČÍSLO

po dosazení

$$R_e = \frac{271,42 \cdot 2,5}{0,75} = 904,73$$

po dosazení do podmínky pro laminární proudění

$$R_e < 2320 \quad \text{plyne}$$

$$904,73 < 2320 = \text{v potrubí je laminární proudění}$$

hydraulický odpor rovné trubky

$$R_{AN} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot \nu \cdot l_{PA} \cdot \frac{1}{Q_Z \cdot d_{VA}^4} \quad (4.50)$$

$$/ \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}, \text{cm}, \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{cm} / \quad /8/$$

po dosazení

$$R_{AN} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 130 \cdot \frac{1}{1330 \cdot 2,5^4} = 6,962 \cdot 10^{-8}$$

celková tlaková ztráta v potrubí při lisování nízkým tlakem

$$\Delta p_{AN} = R_{AN} \cdot Q_Z + R_{HA1} \cdot Q_Z + R_{HA2} \cdot Q_Z \quad /8/ \quad (4.51)$$

po dosazení

$$\Delta p_{AN} = (6,962 \cdot 10^{-8} + 9,877 \cdot 10^{-10} + 3,64 \cdot 10^{-9}) \cdot 1330 =$$

$$= 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ MPa}$$

2. Lisování vysokým tlakem:

Dáno:

$$Q_p = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}/$$

$$v_{p2} = 0,204 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}/$$

$$\nu = 0,75 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}/$$

ze vztahu (4.49) plyne

$$Re = \frac{20,4 \cdot 2,5}{0,75} = 68$$

$68 < 2320 \dots$ laminární proudění

hydraulický odpor rovné trubky - dle (4.50) je

$$R_{AV} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 130 \cdot \frac{1}{0,1 \cdot 10^3 \cdot 2,5^4} = 9,26 \cdot 10^{-7}$$

celková tlaková ztráta v potrubí při lisování vysokým tlakem dle (4.51)

$$\Delta p_{AV} = (9,26 \cdot 10^{-7} + 9,877 \cdot 10^{-10} + 3,64 \cdot 10^{-9}) \cdot 1330 = 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ MPa}$$

B. ÚSEK ŠOUPÁTKOVÝ ROZVOD - LISOVACÍ VÁLEC

Dáno:

vnitřní průměr potrubí: $d_{VB} = 34,5 \text{ mm}$

délka potrubí: $l_{PB} = 1500 \text{ mm}$ (přibližná)

3 oblouky o 90° o poloměru: $R = 100 \text{ mm}$

součinitel odporu dle (4.47)

$$\xi_B = \frac{90}{90} \cdot \left[0,131 + 0,163 \cdot \left(\frac{0,0345}{0,1} \right)^{3,5} \right] = 0,134$$

hydraulický odpor dle (4.48)

$$R_{H_B} = 0,742 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,134}{3,45^4} = 7,01 \cdot 10^{-10}$$

1. Lisování nízkým tlakem:

Dáno:

$$Q_3 = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}/$$
$$v_{p_3} = 1,42 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}/$$
$$\nu = 0,75 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}/$$

dle (4.49) $R_e = \frac{142 \cdot 3,45}{0,75} = 653,2$

$653,2 < 2320 \dots$ laminární proudění

hydraulický odpor rovné trubky dle (4.50)

$$R_{B_N} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 150 \cdot \frac{1}{1320 \cdot 3,45^4} = 2,23 \cdot 10^{-8}$$

celková tlaková ztráta v potrubí při lisování nízkým tlakem

$$\Delta p_{B_N} = (R_{B_N} \cdot Q_3 + 3 \cdot R_{H_B} \cdot Q_3) = \quad /8/ \quad (4.52)$$
$$= (2,23 \cdot 10^{-8} + 3 \cdot 7,01 \cdot 10^{-10}) \cdot 1320 =$$
$$= 3,22 \cdot 10^{-6} \text{ MPa}$$

2. Lisování vysokým tlakem:

Dáno:

$$Q_4 = 9,96 \cdot 10^{-5} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}/$$
$$v_{p_4} = 0,1 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}/$$
$$\nu = 0,75 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}/$$

ze vztahu (4.49) plyne $R_e = \frac{10 \cdot 3,45}{0,75} = 46$

$46 < 2320 \dots$ laminární proudění

hydraulický odpor rovné trubky - dle (4.50)

$$R_{B_V} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 150 \cdot \frac{1}{99,6 \cdot 3,45^4} = 2,95 \cdot 10^{-7}$$

čelková tlaková ztráta v potrubí při lisování vysokým tlakem (dle (4.52))

$$\begin{aligned} \Delta p_{B_V} &= (R_{B_V} \cdot Q_4 + 3 \cdot R_{H_B} \cdot Q_4) = \\ &= (2,95 \cdot 10^{-7} + 3 \cdot 7,01 \cdot 10^{-10}) \cdot 99,6 = \\ &= 2,96 \cdot 10^{-6} \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Zpětný chod:

Dáno:

$$\begin{aligned} Q_5 &= 3,39 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}/ \\ v_{p_5} &= 3,62 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}/ \\ \gamma &= 0,75 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}/ \end{aligned}$$

ze vztahu (4.49) je $R_e = \frac{362 \cdot 3,45}{0,75} = 1\,665,2$

$1\,665,2 < 2320 \dots$ laminární proudění

hydraulický odpor rovné trubky - dle (4.50)

$$R_{B_Z} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 150 \cdot \frac{1}{3390 \cdot 3,45^4} = 8,69 \cdot 10^{-9}$$

celková tlaková ztráta v potrubí při zpětném chodu dle
(dle (4.52))

$$\Delta p_{BZ} = (R_{BZ} \cdot Q_5 + 3 \cdot R_{HB} \cdot Q_5) = (8,69 \cdot 10^{-9} + 3 \cdot 7,01 \cdot 10^{-10}) \cdot 3390 = 3,65 \cdot 10^{-6} \text{ MPa}$$

C. ÚSEK ŠOUPÁTKOVÝ ROZVOD - ODTAHOVÝ PÍST

Dáno: vnitřní průměr potrubí: $d_{Vc} = 22 \text{ mm}$

délka potrubí: $l_{pc} = 600 \text{ mm}$ (přibližná)

1 oblouk o 90° o poloměru: $R = 50 \text{ mm}$

součinitel odporu dle (4.47)

$$\xi_c = \frac{90}{90} \cdot \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{0,022}{0,05} \right)^{3,5} \right] = 0,140$$

hydraulický odpor dle (4.48)

$$R_{HC} = 0,742 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,140}{2,2^4} = 4,43 \cdot 10^{-9}$$

1. Lisování nízkým tlakem:

Dáno: $Q_6 = 5,17 \cdot 10^{-4} / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} /$
 $v_{p6} = 1,36 / \text{m} \cdot \text{s}^{-1} /$
 $\gamma = 0,75 / \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} /$

dle (4.49) $R_e = \frac{136 \cdot 2,2}{0,75} = 398,93$

$398,93 < 2320 \dots$ laminární proudění

hydraulický odpor rovné trubky dle (4.50)

$$R_{C_N} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 60 \cdot \frac{1}{517 \cdot 2,2^4} = 1,37 \cdot 10^{-7}$$

celková tlaková ztráta v potrubí při lisování nízkým tlakem

$$\begin{aligned} \Delta p_{C_N} &= R_{C_N} \cdot Q_6 + R_{H_C} \cdot Q_6 = & /8/ & (4.53) \\ &= (1,37 \cdot 10^{-7} + 4,43 \cdot 10^{-9}) \cdot 517 = 7,35 \cdot 10^{-6} \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Lisování vysokým tlakem:

Dáno:

$$\begin{aligned} Q_7 &= 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}/ \\ v_{P7} &= 0,1 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}/ \\ \gamma &= 0,75 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}/ \end{aligned}$$

dle (4.49) je $R_e = \frac{100 \cdot 2,2}{0,75} = 293,33$

$$293,33 < 2320 \quad \dots \quad \text{laminární proudění}$$

hydraulický odpor rovné trubky dle (4.50)

$$R_{C_N} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 60 \cdot \frac{1}{39 \cdot 2,2^4} = 1,82 \cdot 10^{-6}$$

celková tlaková ztráta v potrubí při lisování vysokým tlakem dle (4.53)

$$\begin{aligned} \Delta p_{C_V} &= R_{C_V} \cdot Q_7 + R_{H_C} \cdot Q_7 = (1,82 \cdot 10^{-6} + 4,43 \cdot 10^{-9}) \cdot 39 = \\ &= 7,14 \cdot 10^{-6} \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Zpětný chod:

Dáno: $Q_8 = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ / zub.čerpadlo
 $v_{p8} = 3,5 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}$
 $\nu = 0,75 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

ze vztahu (4.49) je $R_e = \frac{350 \cdot 2,2}{0,75} = 1\,026,66$

$1\,026,66 < 2320 \dots$ laminární proudění

hydraulický odpor rovné trubky - dle (4.50) je

$$R_{CZ} = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 60 \cdot \frac{1}{133 \cdot 2,2^4} = 5,35 \cdot 10^{-7}$$

celková tlaková ztráta v potrubí při zpětném chodu
dle (4.53)

$$p_{CZ} = R_{CZ} \cdot Q_8 + R_{HC} \cdot Q_8 =$$
$$= (5,35 \cdot 10^{-7} + 4,43 \cdot 10^{-9}) \cdot 133 = 7,18 \cdot 10^{-6} \text{ MPa}$$

D. ODPADNÍ POTRUBÍ

Dáno:

vnitřní průměr potrubí: $d_{VD} = 32 \text{ mm}$

délka potrubí: $l_{PD} = 1\,000 \text{ mm}$ (přibližná)

1 oblouk o 90° o poloměru: $R = 100 \text{ mm}$

součinitel odporu dle (4.47)

$$\xi_D = \frac{90}{90} \cdot \left[0,131 + 0,163 \cdot \left(\frac{0,032}{0,1} \right)^{3,5} \right] = 0,134$$

hydraulický odpor dle (4.48)

$$R_{HD} = 0,742 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,134}{3,2^4} = 9,48 \cdot 10^{-10}$$

Dáno:

$$Q_9 = 3,39 \cdot 10^{-3} \text{ /m}^3 \cdot \text{s}^{-1}/$$

$$v_{p9} = 4,21 \text{ /m} \cdot \text{s}^{-1}/$$

$$\nu = 0,75 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}/$$

dle vztahu (4.49) je $R_e = \frac{421.3,2}{0,75} = 1\,796,26$

$1\,796,26 < 2320 \dots$ laminární proudění

hydraulický odpor rovné trubky dle (4.50)

$$R_Z = 3,71 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 100 \cdot \frac{1}{339.3,2^4} = 7,82 \cdot 10^{-8}$$

celková tlaková ztráta v odpadním potrubí dle (4.53)

$$\begin{aligned} \Delta p_Z &= R_Z \cdot Q_9 + R_{H_D} \cdot Q_9 = (7,82 \cdot 10^{-8} + 9,48 \cdot 10^{-10}) \cdot 339 = \\ &= 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ MPa} \end{aligned}$$

V potrubí je laminární proudění. Pro navržené průměry potrubí jsou tlakové ztráty blízké nule, proto jsou zanedbatelné.

Pouze u trubky poz.16 jsem zvětšil průměr potrubí z 32x5 na průměr 44,5x5 z důvodů odstranění turbulentního proudění, které zapříčiňovalo větší tlakové ztráty $\cong 2$ MPa.

Z tohoto důvodu je třeba konstrukčně upravit šoupátkový rozvod poz.3. Je třeba zvětšit otvor pro přívod a odvod hydraulické kapaliny k pracovnímu válci a také upravit polohu přírubových šroubů poz.31.

Stejnou změnu je nutno provést na rozvaděči i u přívodu hydraulické kapaliny od čerpadla a to z průměru \emptyset 32x5, na \emptyset 35x5. Důvodem je jiný průměr vývodu potrubí z agregátu RPZ 4-4 než je u šoupátkového rozvaděče.

4.6. KONTROLA ZÁVĚSŮ

4.6.1. Průřez závěsů

Při výpočtu předpokládám výpočtovou hmotnost stroje

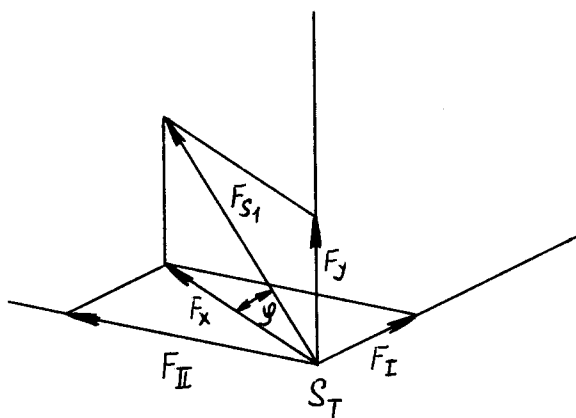
$$G_{S_C} = 10100 \text{ kg, tj. síla } F_{S_C} = 101\,000 \text{ N}$$

Na stroji jsou 4 závěsy. Pak síla na jeden závěs je

$$F_{S_1} = 25\,250 \text{ N.}$$

Pro zjednodušení výpočtu předpokládám - úhel sklonu síly

F_{S_1} vzhledem k pracovní desce poz.1 je $\varphi = 45^\circ$. Tento úhel je závislý na délce řetězu nebo lana, který bude sloužit k manipulaci se strojem.



obr. č.5
Rozklad působících sil
na závěs

kde

$$F_{S_1} = \text{síla přenášená řetězem /N/}$$

$$F_x = \text{složka síly } F_{S_1} \text{ v rovině pracovní desky /N/}$$

$$F_y = \text{složka síly } F_{S_1} \text{ v rovině kolmé na prac. desku /N/}$$

$$F_I = \text{složka síly } F_x \text{ ve směru podélné osy stroje /N/}$$

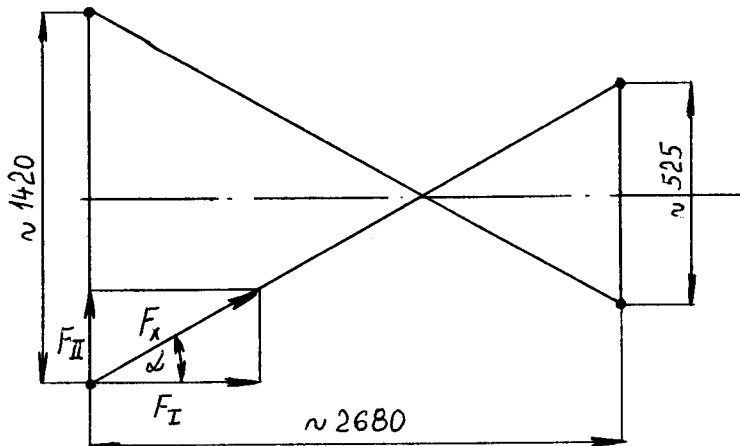
$$F_{II} = \text{složka síly } F_x \text{ ve směru kolmém na podélnou osu stroje /N/}$$

$$S_T = \text{bod styku řetězu a závěsu}$$

$\varphi =$ úhel sklonu síly F_{s1} /°/

Velikost jednotlivých složek vyplývá z obr. č.5 a obr. č.6

$$F_x = F_y = F_{s1} \cdot \sin \varphi = 25\,250 \cdot \sin 45^\circ = 17\,854,44 \text{ N}$$



obr. č.6

Půdorysný pohled na rozložení sil

$$\tan \alpha = \frac{710}{1340} \text{ z toho vyplývá } \alpha = 28^\circ$$

$$\text{dále } F_{II} = F_x \cdot \sin \alpha = 17\,854,44 \cdot \sin 28^\circ = 8\,382,15 \text{ N}$$

$$F_{II} = 8\,382,15 \text{ N}$$

$$F_I = F_x \cdot \cos 28^\circ = 17\,854,44 \cdot \cos 28^\circ = 15\,764,53 \text{ N}$$

$$F_I = 15\,764,53 \text{ N}$$

Kontrola namáhání závěsu na ohyb

$$b = 36 \text{ /mm/} \quad (\text{tloušťka plechu závěsu})$$

$$r = 50 \text{ /mm/} \quad (\text{rameno přesazení bodu } S_T \text{ před prac. desku})$$

$$h = 100 \text{ /mm/} \quad (\text{výška plechu závěsu})$$

volená bezpečnost: $k = 2,5$

navržený materiál 11 423 (dovolené napětí v ohybu

$$\sigma_{DOV} = 110 \text{ MPa})$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{M_{01,2}}{W_{01,2}} \quad /Nm, m^3/$$

kde $M_{01,2}$... ohybový moment ve směru síly F_y , F_{II} /Nm/

$W_{01,2}$... průřezový modul v ohybu ve směru síly F_y , F_{II} /m³/

$$W_{01,2} = \frac{1}{6} \cdot bh^2$$

po dosazení

$$1. \quad \sigma_{DOV} = \frac{M_{01}}{W_{01}} = \frac{F_y \cdot r}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{6 \cdot F_y \cdot r}{bh^2} = \frac{6 \cdot 17854,44 \cdot 0,05}{0,036 \cdot 0,1^2} =$$

$$= 14,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DOV_{SK}} = \sigma_{DOV} \cdot k = 14,87 \cdot 2,5 = 37,17 \text{ MPa}$$

podobně

$$2. \quad \sigma_{DOV} = \frac{M_{02}}{W_{02}} = \frac{F_{II} \cdot r}{\frac{b^2 h}{6}} = \frac{6 \cdot F_{II} \cdot r}{b^2 h} = \frac{6 \cdot 8382,15 \cdot 0,05}{0,036^2 \cdot 0,1} =$$

$$= 19,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DOV_{SK}} = \sigma_{DOV} \cdot k = 19,40 \cdot 2,5 = 48,5 \text{ MPa}$$

Platí $37,17 \leq 48,5 \leq 110 \text{ MPa}$ navržené rozměry vyhovují

Kontrola namáhání závěsu na smyk.

Kontrola je provedena v nejmenším průřezu závěsu.

$$b = 36 \text{ /mm/}$$

$$h' = 55 \text{ /mm/ (nejmenší výška závěsu)}$$

$$\text{volená bezpečnost: } k = 2,5$$

materiál 11 423 (dovolené napětí ve smyku $\sigma_{DOV_S} = 80 \text{ MPa}$)

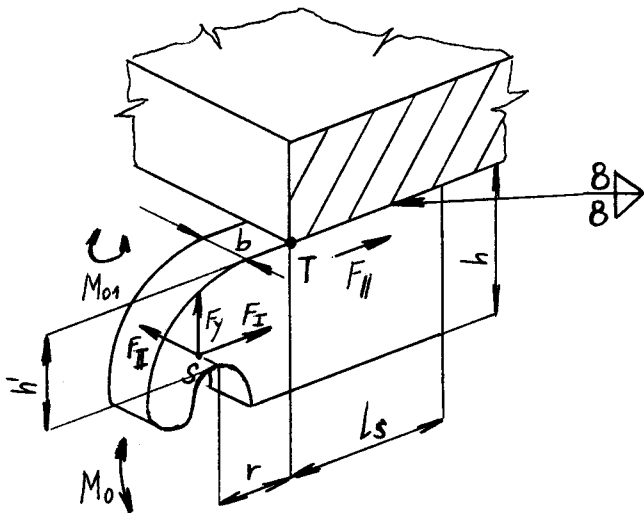
kontrolu provádím od větší ze sil F_y , F_{II} , to znamená, od síly $F_y = 17\,854,44\text{ N}$

$$\sigma_{DOV_S} = \frac{F_y}{b \cdot h'} = \frac{17\,854,44}{0,036 \cdot 0,055} = 9,02\text{ MPa}$$

$$\sigma_{DOV_{S_{SK}}} = \sigma_{DOV_S} \cdot k = 9,02 \cdot 2,5 = 22,55\text{ MPa}$$

platí $22,55 < 80\text{ MPa}$... návrh je správný

4.6.2. Svary závěsů



obr. č.7
Umístění závěsu
pod prac. deskou

materiál 11 423 (mez pružnosti $R_e = 250\text{ MPa}$)

volená bezpečnost: $k = 5$

navrhovaný svar: koutový; $a = 8$, $t = \frac{a}{0,7} = 11,43$

$r = 50$ /mm/

$h' = 55$ /mm/

$b = 36$ /mm/

$l_s = 100$ /mm/

uvažují zatížení:

- 1) síly $F_y, F_I \Rightarrow$ ohybové namáhání (M_o)
- 2) síly $F_I \Rightarrow$ smykové namáhání (F_{II})
- 3) síly $F_{II} \Rightarrow$ ohybové napětí (M_{oI})

1) Z podmínky rovnováhy k bodu T vyplývá:

$$M_o = F_y \cdot r - F_I \cdot h' \quad /Nm/ \quad (4.53)$$

po dosazení

$$M_o = 17\,854,44 \cdot 0,05 - 15\,764,53 \cdot 0,055 = 25,67 \text{ Nm}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_{oSV}} = \frac{3 \cdot M_o}{a \cdot (1_S - 2 \cdot a)^2} \text{ MPa} \quad /3/ \quad (4.54)$$

po dosazení

$$\tau_{\perp} = \frac{3 \cdot 25,67}{0,008(0,1 - 2 \cdot 0,008)^2} = 1,36 \text{ MPa}$$

2) Ve svaru dochází ke smykovému napětí

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_I}{2 \cdot a(1_S - 2 \cdot a)} \quad /MPa/ \quad /3/ \quad (4.55)$$

po dosazení

$$\tau_{\parallel} = \frac{15\,764,53}{2 \cdot 0,008(0,1 - 2 \cdot 0,008)} = 11,72 \text{ MPa}$$

3) Velikost momentu

$$M_{oI} = F_{II} \cdot h' = 8\,382,15 \cdot 0,055 = 461,02 \text{ Nm}$$

ohybové napětí

$$\tau_0 = \frac{M_{01}}{a \cdot (1_S - 2 \cdot a) \cdot \left(b + \frac{t}{2}\right)} \quad / \text{MPa} / \quad / 3 / \quad (4.56)$$

po dosazení

$$\tau_I = \tau_0 = \frac{461,02}{0,008 \cdot (0,1 - 2 \cdot 0,008) \cdot \left(0,036 + \frac{0,0113}{2}\right)} = 16,47 \text{ MPa}$$

pro celkové napětí musí platit podmínka

$$\tau_S = \sqrt{\left(\frac{\tau_I}{\alpha\tau_I}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{II}}{\alpha\tau_{II}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp}}{\alpha\tau_{\perp}}\right)^2} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k} \quad / 3 / \quad (4.57)$$

kde $\tau_I, \tau_{II} \dots$ napětí ve svarech /MPa/

$\alpha\tau_I = 0,75$... převodní součinitel svarového spoje

$\alpha\tau_{II} = 0,65$... převodní součinitel svarového spoje

$\beta = \frac{1}{R_e}$... mez pružnosti

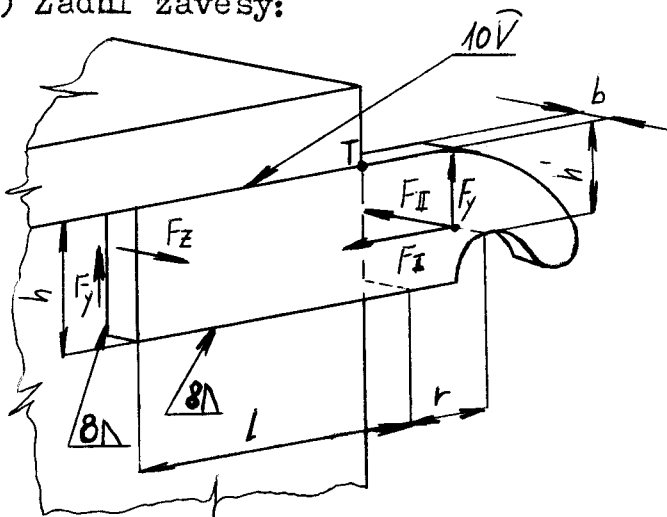
k ... bezpečnost

po dosazení

$$\sqrt{\left(\frac{1,36}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{11,72}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{16,47}{0,75}\right)^2} \leq 1 \cdot \frac{250}{5}$$

$28,47 \leq 50$ MPa ... svar vyhovuje

b) Zadní závěsy:



obr. č.8
Umístění zadních
závěsů

materiál 11 423 ($R_e = 250$ MPa)

volená bezpečnost: $k = 5$

svar: koutový; $a = 8$ tupý; $10\sqrt{t}$

$$r = 50 \text{ /mm/}$$

$$h' = 55 \text{ /mm/}$$

$$b = 36 \text{ /mm/}$$

$$l_s = 100 \text{ /mm/}$$

$$t = 11,43 \text{ /mm/}$$

zatížení od: síly F_I, F_x, F_z

$$1) \quad \tilde{\sigma}_I = \frac{F_I}{2 \cdot a \cdot l_V} = \frac{F_I}{2 \cdot a \cdot (l_s - 2 \cdot a)} \quad \text{/MPa/} \quad /3/ \quad (4.58)$$

po dosazení

$$\tilde{\sigma}_I = \frac{15\,764,53}{2 \cdot 0,008 \cdot (0,1 - 2 \cdot 0,008)} = 11,72 \text{ MPa}$$

2) z rovnováhy k bodu T plyne

$$M_{o1} = F_y \cdot r - F_x \cdot l_s = 0 \quad (4.59)$$

ze vztahu (4.59)

$$F_x = \frac{F_y \cdot r}{1} = \frac{17\,854,44 \cdot 0,05}{0,1} = 8\,927,22 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_x}{a \cdot l_V} = \frac{F_x}{a \cdot (l_S - 2 \cdot a)} \quad /MPa/ \quad /3/ \quad (4.60)$$

po dosazení

$$\tau_{\parallel} = \frac{8\,927,22}{0,008 \cdot (0,1 - 2 \cdot 0,008)} = 13,28 \text{ MPa}$$

3) z podmínky k bodu T plyne

$$M_{O2} = F_{II} \cdot r - F_Z \cdot l = 0 \quad (4.61)$$

z (4.61) plyne po dosazení

$$F_Z = \frac{F_{II} \cdot r}{l_S} = \frac{8\,382,15 \cdot 0,05}{0,1} = 4\,191,075 \text{ N}$$

dle (4.60) je

$$\tau_{\perp} = \frac{F_Z}{a \cdot l_V} \quad /MPa/$$

po dosazení

$$\tau_{\perp} = \frac{4\,191,075}{0,008 \cdot (0,1 - 2 \cdot 0,008)} = 6,23 \text{ MPa}$$

dle vztahu (4.57) platí

$$\sqrt{\left(\frac{11,72}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{13,28}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{6,23}{0,75}\right)^2} \leq \frac{1,250}{5}$$

$27,03 \leq 50 \text{ MPa}$...svary vyhovují

Kontrola je prováděna pro zjednodušení jen u 2 koutových svarů. Jeden koutový a tupý svar tedy ještě více zvětšují bezpečnost svarového spoje.

4.7. Kontrola per pro uchycení hydroválce

Dáno:

materiál 11 600 (dovolené napětí ve smyku $\tau_{DOV_S} = 100 \text{ MPa}$)
(dovolený tlak na otlačení $p_{DOV_{OT}} = 120 \text{ MPa}$)

volená bezpečnost: $k = 2$

navržené rozměry pera: šířka $b_p = 50 \text{ /mm/}$

výška $h_p = 60 \text{ /mm/}$

délka $l_{pe} = 550 \text{ /mm/}$

přesah pera nad stůl $t_p = 30 \text{ /mm/}$

kontrola na smyk:

$$\tau_{DOV_S} = \frac{F_T \cdot k}{S_{pe}} = \frac{F_T \cdot k}{b_p \cdot l_{pe}} \quad \text{/MPa/} \quad (4.62)$$

po dosazení

$$\tau_{DOV_S} = \frac{1\,500 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,05 \cdot 0,550} = 109,10 \text{ MPa}$$

kontrola na otlačení:

$$p_{DOV_{OT}} = \frac{F_T \cdot k}{t_p \cdot l_{pe}} \quad \text{/MPa/} \quad (4.63)$$

po dosazení

$$p_{DOV_{OT}} = \frac{1\,500 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,030 \cdot 0,55} = 181,80 \text{ MPa}$$

Z výpočtových hodnot vyplývá, že pero na smyk ani na otlačení nevyhovuje. Z toho důvodu navrhuji dvě pera.

potom $\tau_{DOV_S} = \frac{109,10}{2} = 54,55 \text{ MPa}$

$$P_{DOV_{OT}} = \frac{181,80}{2} = 90,9 \text{ MPa}$$

Nyní obě hodnoty σ_{DOV_S} , $P_{DOV_{OT}}$ vyhovují a pera jsou schopna přenášet dané zatížení.

4.8. Návrh šroubů pro uchycení podložek pod opěrné čepy

hmotnost čepu: $m_{\check{c}} = V \cdot \rho$ /kg, m^3 , $kg \cdot m^{-3}$ /

kde V ... objem čepu / m^3 /

ρ ... hustota oceli / $kg \cdot m^{-3}$ /

po dosazení

$$m = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4} \cdot l_{\check{c}} \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 0,018^2}{4} \cdot 0,525 \cdot 7800 = 104,2 \text{ kg}$$

kde $l_{\check{c}}$... délka čepu /m/

$d_{\check{c}}$... průměr čepu /m/

$$F_{\check{c}} = m_{\check{c}} \cdot g \quad /N/$$

kde $F_{\check{c}}$... síla, kterou působí čep /N/

g ... gravitační zrychlení / $m \cdot s^{-2}$ /

po dosazení $F_{\check{c}} = 104,2 \cdot 9,81 = 1022,2 \text{ N}$

šroub pod podložku poz. č.20:

navrhují jeden šroub, maximální zatížení od tří čepů

celkové zatížení šroubu $F_{\check{c}\check{s}} = 3 \cdot F_{\check{c}} = 3 \cdot 1022,2 = 3066,3 \text{ N}$

materiál šroubu 11 600 (dovolené napětí v tahu $\sigma_{DOV_t} = 120 \text{ MPa}$)

volená bezpečnost: $k = 3$

$$\sigma_{DOV_t} = \frac{F_{cš} \cdot k}{S_3} \quad /MPa/ \quad (4.64)$$

kde k ... bezpečnost
 S_3 ... plošný průřez šroubu (nejmenší) /m²/
 d_3 ... malý průměr závitu šroubu /m/

ze vztahu (4.64) plyne

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{F_{cš} \cdot k}{\sigma_{DOV_t}} \quad /m^2/$$

po dosazení do (4.65) je

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cš} \cdot k}{\pi \cdot \sigma_{DOV_t}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3\,066,3}{\pi \cdot 120 \cdot 10^6}} = 9,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$d_3 = 9,83 \text{ mm}$ tomu odpovídá šroub M 12

šroub pod podložku poz. č.21:

navrhuji dva šrouby, maximální zatížení od tří čepů

$$F_{cš} = 3\,066,3 \text{ /N/}$$

$$k = 3$$

$$\sigma_{DOV_t} = 120 \text{ /MPa/}$$

$$\text{síla na jeden šroub } F_{š1} = \frac{F_{cš}}{2} = 1\,533,15 \text{ N}$$

po dosazení do (4.65) je d_3

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{š1} \cdot k}{\pi \cdot \sigma_{DOV_t}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1\,533,15 \cdot 3}{\pi \cdot 120 \cdot 10^6}} = 6,98 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$d_3 = 6,98 \text{ mm}$ tomu odpovídá šroub M 10

4.9. Kontrola šroubů u přírub potrubí u hydraulického válce

a) Zadní přívod do hydroválce (trubka poz.16)

Dáno: max. tlak: $p_{\max} = 25 \cdot 10^6 \text{ /Pa/}$
vnější průměr trubky: $D_t = 44,5 \text{ /mm/}$
vnitřní průměr trubky: $d_v = 34,5 \text{ /mm/}$
volená bezpečnost: $k = 3$
materiál šroubu: 11 600 (dovolené napětí v tahu
 $\sigma_{\text{DOV}_t} = 120 \text{ MPa}$)
šroub M 16 (malý průměr závitu $d_z = 135 \text{ /mm/}$)
počet šroubů: $i = 4$

velikost potřebné síly ve všech šroubech F_n je

$$F_n = p_{\max} \cdot S_M \quad \text{/N/} \quad (4.66)$$

kde S_M ... plocha mezikruží trubky $\text{/m}^2\text{/}$

$$S_M = \frac{\pi}{4} \cdot (D_t^2 - d_v^2) \quad \text{/m}^2\text{/} \quad (4.67)$$

po dosazení (4.67) do (4.66) je

$$F_n = 25 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,0445^2 - 0,0345^2) = 15\,511,61 \text{ N}$$

zatižení na jeden šroub je

$$F_{c\check{s}} = \frac{F_n \cdot k}{4} = \frac{15\,511,61 \cdot 3}{4} = 11\,633,7 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{DOV}_t} = \frac{F_{c\check{s}D}}{S_{\check{s}}} \quad \text{/MPa/} \quad (4.68)$$

kde $F_{c\check{s}D}$... dovolená síla na šroub /N/

$$\text{z toho plyne } F_{c\check{s}D} = \sigma_{\text{DOV}_t} \cdot S_{\check{s}} = \sigma_{\text{DOV}_t} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\check{s}}^2}{4} \quad \text{/N/}$$

po dosazení

$$F_{c\check{s}D} = 120 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{0,0135^2}{4} = 17\,176,65 \text{ N}$$

Z výpočtu vyplývá, že $F_{c\check{s}}$ je menší než $F_{c\check{s}_D}$, tedy navržené šrouby vyhovují.

b) Boční přívod do hydroválce (trubka poz. 17)

Dáno: $p_{\max} = 25 \cdot 10^6$ /Pa/
 vnější průměr trubky: $D_t = 32$ /mm/
 vnitřní průměr trubky: $d_v = 22$ /mm/
 volená bezpečnost: $k = 3$
 materiál šroubu: 11 600 ($\sigma_{DOV_t} = 120$ MPa)
 počet šroubů: $i = 4$
 šrouby: M 16

velikost F_n je dle vztahu (4.66)

$$F_n = 25 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,032^2 - 0,022^2) = 10\,602,87 \text{ N}$$

zatižení na jeden šroub je

$$F_{c\check{s}} = \frac{F_n \cdot k}{4} = \frac{10\,602,87 \cdot 3}{4} = 7\,952,15 \text{ N}$$

ze vztahu (4.68)

$$F_{c\check{s}_D} = 120 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot \frac{0,0135^2}{4} = 17\,176,65 \text{ N}$$

Z výpočtu je zřejmé, že $F_{c\check{s}}$ je menší než $F_{c\check{s}_D}$, to znamená, že navržené šrouby vyhovují.

4.10. Pevnostní kontrola potrubí

Dáno: materiál potrubí: 12 021 (dovolené napětí je $\sigma_{DOV_t} = 110$ MPa)

a) trubka poz. 15:

$$\sigma_{ST} = \frac{p \cdot (d_v + t)}{2 \cdot t} \quad \text{/MPa/} \quad \text{/3/} \quad (4.69)$$

kde $\tilde{\sigma}_{ST}$... napětí ve stěně trubky /MPa/
 p ... tlak v potrubí /MPa/
 d_V ... vnitřní průměr potrubí /mm/
 t ... tloušťka stěny trubky /mm/

musí platit $\tilde{\sigma}_{ST} < \tilde{\sigma}_{DOV_t}$ (4.70)

po dosazení do (4.69) je

$$\tilde{\sigma}_{ST} = 25 \cdot \frac{(25 + 5)}{2.5} = 75 \text{ MPa}$$

podmínka (4.70) platí $75 < 110 \text{ MPa}$

b) trubka poz. 16:
ze vztahu (4.69) je

$$\tilde{\sigma}_{ST} = 25 \cdot \frac{(34,5 + 5)}{2.5} = 98,75 \text{ MPa}$$

podmínka (4.70) platí $98,75 < 110 \text{ MPa}$

c) trubka poz. 17:
ze vztahu (4.69) je

$$\tilde{\sigma}_{ST} = 25 \cdot \frac{(22 + 5)}{2.5} = 67,5 \text{ MPa}$$

podmínka (4.70) platí $67,5 < 110 \text{ MPa}$

Trubka poz. 18 je odpadní, proto neprovádím tlakovou kontrolu.

5. HLAVNÍ PARAMETRY HYDRAULICKÉHO LISU, CHARAKTERISTIKA STROJE

Rozměry lisu - délka:	2 875 mm
šířka:	2 000 mm
výška:	1 350 mm
Rozměry stolu - délka a šířka:	2 000 x 1 800 mm
Výška stolu nad úroveň podlahy:	900 mm
Průměr opěrných čepů:	180 mm
Rozteč opěrných čepů:	660 - 1 060 - 1 460 mm
Max. zdvih pístu:	500 mm
Rychlost pístu při pohybu -	
dopředu - naprázdno:	1 320 mm.min ⁻¹
dopředu - plný tlak:	99,6 mm.min ⁻¹
zpětný chod:	3 390 mm.min ⁻¹
Pracovní síla pístu:	1 500 kN
Čerpadlo:	typ RPZ 4-4
Provozní tlak:	25 MPa
Výkon elektromotoru:	3 kW
Provozní kapalina:	olej OT-K 8
Obsah nádrže:	75 l
Připojení na elektrickou síť:	380 V - 50 Hz
Hmotnost lisu:	10 100 kg

Charakteristika stroje

Hydraulický vodorovný lis je určen pro rovnání, ohýbání trubek, ale i pro rovnání a ohýbání profilů různého tvaru (I, L, T, V, U).

Pro rovnání a ohýbání profilových materiálů je možno použít jiných vhodných hlav, které se dají snadno vyměňovat.

Stroj lze použít i pro montážní operace.

6. BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPIS, OBSLUHA, ÚDRŽBA

Bezpečnostní předpis:

odpovědnost za dodržování bezpečnostních předpisů při provozu nese

- a) obsluhovatel
- b) uživatel stroje

Uživatel stroje určí kvalifikovaného obsluhovatele stroje, přičemž se oba podrobně seznámí jak s těmito předpisy, tak s návodem pro obsluhu a udržování. Obsluhovatel musí být pracovník plnoletý, s předepsanou kvalifikací, prokazatelně seznámený s obsluhou stroje, při práci musí používat ochranné pomůcky.

Pro provoz stroje platí bezpečnostní předpisy dle ČSN 21 0701. Lis není určen pro sériovou výrobu, s ohledem na různorodost práce a velmi malé rychlosti lisovacího pístu - článek 12.

Při provozu lisu je nutno dodržovat tyto zásady:

- charakter práce vyžaduje dva pracovníky, protože ovládání je jednoručné, je třeba dávat pozor, aby obsluhovatel druhému pracovníkovi nepřiskřípl prsty,
- zabezpečit, aby se na stroji neprováděly nebezpečné operace a manipulace, aby výrobek nevyskočil z upnutí,
- nepřetěžovat stroj na vyšší hodnoty než je uvedeno v příloze č. 1,
- pro práci nepoužívat jiné hlavy než dobré a dále ty, které jsou navrženy konstruktérem.

Obsluha stroje:

Stroj se spouští hlavním vypínačem a uzamykatelným tlačítkem jsou zajištěny ovládací obvody proti svévolnému použití. Tlačítkem "START" se spouští elektromotor hydrau-

lické jednotky. Vypnutí se provádí "STOP" tlačítkem. Pro ovládání pohybu pístu "VPŘED" a "VZAD" slouží přesunovací páka, která ovládá šoupátko uvnitř šoupátkového rozvaděče. Signalizace chodu je prováděna kontrolkou. Rovnání a ohýbání se provádí tím způsobem, že se trubka (profilový materiál) vloží do výřezu v šabotových hlavách, které jsou nasazeny na opěrné čepy. Podkládá se dřevěnými podložkami, které mají různou tloušťku dle rozměrů trubek nebo profilů. Po pevném ustavení se přesuvnou pákou uvádí do pohybu pístnice s tlačnou hlavou.

Údržba stroje:

Před každou operací je třeba očistit část pracovní desky, po které se pohybuje hlava pístu, od nečistot z předchozí pracovní operace, popř. tuto část naolejovat. Po každé práci je třeba stroj řádně očistit (komplexně). Průběžně během směny kontrolovat těsnost potrubí. Jedenkrát ročně vyčistit elektromotor a vyměnit mazací tuk.

7. TECHNICKO EKONOMICKÝ ROZBOR

7.1. Ekonomické přínosy

a) náklady

- cena materiálu

váha materiálu x cena za kg

cena za 1 kg materiálu je vybírána z hlediska největšího množství používaného materiálu, tj. plech o tloušťce 36 mm

$$C_1 = (10100 - 275) \times 4,22 = 41\,461,5 \text{ Kčs}$$

kde 10100 kg . . . celková váha lisu

275 kg . . . váha čerpadla RPZ 4-4

- cena agregátu + rozvody $C_2 = 37\,500 \text{ Kčs}$

- elektroinstalace $C_3 = 1\,120 \text{ Kčs}$

- pracnost výroby + výroba jednotlivých dílů

$$C_4 = 255 \text{ hod} \times 13,6 \text{ Kčs/hod} = 3\,468 \text{ Kčs}$$

kde 255 hod . . . odhadnutá doba výroby

13,6 Kčs/hod . . . mzda z 1 hodinu v 8 třídě

- sestavení a odzkoušení

$$C_5 = 42,5 \times 13,6 \text{ Kčs/hod} = 578 \text{ Kčs}$$

kde 42,5 hod. . . odhadnutá doba montáže a zkoušek

- nepřímé náklady

$$C_6 = \frac{(3468 + 578)}{100} \cdot 780 = 31\,558,8 \text{ Kčs}$$

kde 780 % . . . velikost režie na mzdy

$$\text{celkové náklady } C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 = 115\,686,3 \text{ Kčs}$$

Ceny na agregát, rozvody a elektroinstalaci jsou odhadnuty dle zkušeností ze ZVÚ Hradec Králové.

b) úspory

- rozdíl mezi ručním a strojním kalibrováním licovaných kolen

$$N_1 = 200 \text{ ks/rok} \times 36 \text{ Kčs} = 7\,200 \text{ Kčs/rok}$$

- úspora při rovnání rozměrných konstrukcí (oproti rovnání plamenem apod.)

$$N_2 = 10 \text{ ks/rok} \times 120 \text{ Kčs} = 1\,200 \text{ Kčs/rok}$$

- drobné práce (ohyby, rovnání), nahrazení ruční práce

$$N_3 = 320 \text{ Nh} \times 13,6 \text{ Kčs} = 4\,352 \text{ Kčs/rok}$$

- rovnání trubek, profilů - I, T, V, U ...

$$N_4 = 900 \text{ Nh} \times 13,6 \text{ Kčs} = 12\,240 \text{ Kčs/rok}$$

- doprava

$$N_5 = 13\,000 \text{ Kčs/rok}$$

celkové úspory $N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 = 37\,992 \text{ Kčs/rok}$

Počet kusů za rok a počet normohodin je opět odhadován.

$$\text{Doba návratnosti : } D = \frac{\text{náklady}}{\text{úspory}} = \frac{115\,686,3}{37\,992} = 3,04 \text{ roků}$$

Předpokládaná životnost $\check{Z} = 10 \text{ roků}$

$$E = \text{efektivnost} = \frac{\text{úspory}}{\text{náklady}} \cdot \check{Z} = \frac{37\,992}{115\,686,3} \cdot 10 = 3,28 \text{ roků}$$

7.2. Neekonomické přínosy

- a) stroj umožňuje rovnat (ohýbat) trubky a profily bez použití rázu, který způsobuje značný hluk. Dodrží se tak směrnice o hlučnosti, kdy se sníží hlučnost na pracovišti a sníží se počet pracovníků postižených ztrátou sluchu;
- b) jedná se o univerzální stroj, na kterém lze provést i kusové "zakázky" bez nároku na přípravek;
- c) stroj umožní snížit fyzicky namáhavou práci dělníka oproti ručnímu provádění operací;
- d) při kalibrování, např. lisovaných kolen, je u vodorovného lisu lepší přístup a přehled;
- e) totéž platí u prací s malými součástkami (na práci je vidět ze všech stran);
- f) rozměrnější součásti - krabicové kusy by se pod svislý lis nevešly;
- g) rovnání umožní použít i materiál, který by bez přerovnání nešel použít (trubky do přepážkového výměníku);
- h) stroj je k dispozici přímo v nové hale "biotechnologie", není třeba materiál převážet pro rovnání, kalibrování a ohýbání do jiných provozů (kotelárna, kovárna), což by bylo drahé, omezovalo vnitropodnikovou dopravu, zvýšily by se náklady na pohonné hmoty, bylo by třeba více pracovních sil k manipulaci s materiálem a hlavně by to zdržovalo výrobu potřebného zboží a výrobků.

8. ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem řešil návrh konstrukce vodorovného hydraulického lisu pro potřebu Závodů Vítězného února Hradec Králové.

V první části se zabývám rozbořem současného stavu a zdůvodňuji potřebu návrhu nového lisu.

V dalších částech provádím návrh jednotlivých konstrukčních uzlů stroje s výpočtem důležitých částí. Výpočty jsou prováděny v některých případech zjednodušeně (viz pevnostní kontrola svárů). Materiál je navrhován s ohledem na možnosti ZVÚ. Většina součástí na stroj je navrhována s ohledem na normalizaci. Pouze těleso hydraulického válce vyrobené z ocelolity 42 2712.5, bude třeba odlévat v pobočném závodě podniku v Pilníkově, kde je slévárna. Jinak všechny potřebné operace pro výrobu a montáž stroje je možno provádět v podniku ZVÚ Hradec Králové.

Celkově je stroj univerzální s širokou škálou možných operací, je jednoduché konstrukce, nevyžaduje zvláštní kvalifikaci pracovníků při jeho obsluze, též i údržba je vcelku jednoduchá.

Stroj umožňuje snížit fyzicky namáhavou práci, zlepšuje i podmínky pracovního prostředí, snižuje množství hluku v hale, zlepšuje i celkovou hygienu práce.

Předpokládaná doba návratnosti vynaložených investic je 3,04 roku a efektivnost provozu je 3,28 roku.

Na závěr své diplomové práce bych chtěl poděkovat soudruhům ing. Přemyslu POKORNĚMU, Václavu KRULICHOVI, ing. Milanu PLŠKOVI a ing. Josefu POZDÍLKOVI, za cenné rady a připomínky, které mi pomohly k jejímu zpracování.

V Liberci dne 5. května 1988

Kaloušek ěstník

9. SEZNAM PŘÍLOH

/1/ Přehled lisovacích tlaků pro různé druhy profilů

/2/ Kopie výkresu: Šoupátkový rozvod, ZVÚ Hradec Králové

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- /1/ Vysokotlaké hydraulické agregáty RPZ, RPZR TOS,
Rakovník
- /2/ ČSN 42 0006: SLITINY ŽELEZA NA ODLITKY
- /3/ Prášil, L.: Přednášky části strojů a mechanismů, 1986
- /4/ Kopecký, R.: Tvářecí stroje, SNTL, Praha, 1967
- /5/ Stříž, B. a kolektiv: Metodická příručka z pružnosti
a pevnosti, Liberec, 1983
- /6/ Prášil, O lehlová: Části strojů a mechanismů (cvičení),
Liberec, 1984
- /7/ Černoch, S.: Strojně technická příručka, SNTL, Praha,
1959
- /8/ Kopecký, R., Třísková: Konstrukční cvičení z tvářecích
strojů, ČVUT, Praha, 1972
- /9/ ČSN 65 6050: TRVANLIVÉ OLEJE KOMPRESOROVÉ
- /10/ Vávra a kolektiv: Strojnické tabulky pro SPŠ strojnic-
ké, SNTL, Praha, 1984

Příloha č. 1

Tyče průřezu rovnoramenného L z materiálu 11 373, $\sigma_0 = 120$ MPa

označení L	$W_0 / m^3 /$	p /MPa/ pro $Z_1=0,33$	p /MPa/ pro $Z_2=0,53$	p /MPa/ $Z_3=0,73$
40x 40x 3	$1,18 \cdot 10^{-6}$	0,0071	0,0044	0,0032
50x 50x 5	$2,47 \cdot 10^{-6}$	0,0149	0,0093	0,0067
60x 60x 6	$5,25 \cdot 10^{-6}$	0,0318	0,0198	0,0143
70x 70x 8	$9,49 \cdot 10^{-6}$	0,0575	0,0358	0,0263
80x 80x10	$15,47 \cdot 10^{-6}$	0,0931	0,0583	0,0423
100x100x12	$29,17 \cdot 10^{-6}$	0,1767	0,1100	0,0799

Tyče průřezu nerovnoramenného L z materiálu 11 373, $\sigma_0 = 120$ MPa

označení L	$W_0 / m^3 /$	p /MPa/ $Z_1=0,33$	p /MPa/ $Z_2=0,53$	p /MPa/ $Z_3=0,73$
120x 80x 8	$27,6 \cdot 10^{-6}$	0,1672	0,1041	0,0756
130x 90x10	$40,6 \cdot 10^{-6}$	0,2460	0,1532	0,1112
160x100x10	$61,4 \cdot 10^{-6}$	0,3721	0,2316	0,1682

Trubky ocelové bezešvé z materiálu 11 523, $\sigma_0 = 140$ MPa

označení trubky	$W_0 / m^3 /$	p /MPa/ $Z_1=0,33$	p /MPa/ $Z_2=0,53$	p /MPa/ $Z_3=0,73$
∅ 60x 5	$1,097 \cdot 10^{-5}$	0,0776	0,0483	0,0350
∅ 70x 4	$1,295 \cdot 10^{-5}$	0,0915	0,0570	0,0413
∅ 89x 6	$3,043 \cdot 10^{-5}$	0,2151	0,1339	0,0972
∅ 102x 7	$4,646 \cdot 10^{-5}$	0,3280	0,2045	0,1485
∅ 133x 8	$9,267 \cdot 10^{-5}$	0,6552	0,4078	0,2961
∅ 194x 9	$2,313 \cdot 10^{-4}$	1,6350	1,0180	0,7393

Tyče průřezu I z materiálu 11 373, $\sigma_0 = 120$ MPa

označení I	$W_o/m^3/$	$\frac{p}{Z_1}/MPa/$ $Z_1=0,33$	$\frac{p}{Z_2}/MPa/$ $Z_2=0,53$	$\frac{p}{Z_3}/MPa/$ $Z_3=0,73$
140	$81,9 \cdot 10^{-6}$	0,4963	0,3090	0,2243
200	$214 \cdot 10^{-6}$	1,2963	0,8075	0,5863
360	$1090 \cdot 10^{-6}$	6,6062	4,1132	2,9865
500	$2750 \cdot 10^{-6}$	16,6664	10,3779	7,5332

Tyče průřezu U z materiálu 11 373, $\sigma_0 = 120$ MPa

označení U	$W_o/m^3/$	$\frac{p}{Z_1}/MPa/$ $Z_1=0,33$	$\frac{p}{Z_2}/MPa/$ $Z_2=0,53$	$\frac{p}{Z_3}/MPa/$ $Z_3=0,73$
300	$535 \cdot 10^{-6}$	3,2421	2,0167	1,4282

1	TĚLESO VÁLCE	0-KOM-OS/2	42 2712.5		685,3				1
1	PÍST		11 523.1		001 283,9				2
1	SLEPÁ PŘÍRUBA		12 060.1	12 060.0	002 101,5				3
1	PŘÍRUBA		12 060.1	12 060.0	002 25,82				4
1	VODNÍ POUZDRO	VP 2 000	BRONZ-Cu-Sn12		44,4				5
1	PÍSTNÍ KROUŽEK	PK 2 010	BRONZ-Cu-Sn12		4,39				6
1	PÍSTNÍ KROUŽEK	PK 2 020	BRONZ-Cu-Sn12		2,74				7
4	OPĚRNÝ KROUŽEK		11 523.0		001 0,98				8
4	PŘÍTLAČNÝ KROUŽEK		11 523.0		001 1,23				9
1	NARÁŽKA P 12x32x233	ČSN 42 5310	11 523.0		001 0,77				10
1	VODÍČÍ KROUŽEK P 38x243x243	ČSN 42 5310	11 523.0		001 2,08				11
1	TĚSNÍČÍ KUŽELKA		17 024.6		024 0,06				12
1	TĚSNÍČÍ KUŽELKA		17 024.6		024 0,05				13
1	NARÁŽKA Ø 48 - 55	ČSN 42 5510	11 600.0		001 0,25				14
1	TĚLESO VENTILU		11 500.2		001 2,7				15
1	ŠROUBENÍ M20x1,5		11 523.0		001 0,05				16
1	KUŽELKA		17 024.6		024 0,06				17
1	ŠROUB S KUŽELKOU Ø 11 - 66	ČSN 42 6510	12 050.4		002 0,035				18
1	ŠROUBENÍ Ø 22 - 32	ČSN 42 5510	11 523.0		001 0,05				19
1	OPĚRNÝ KROUŽEK Ø 18 - 8	ČSN 42 5510	11 523.0		001 0,03				20
2	ČTYRHCOVÁ PŘÍRUBA P 28x92x92	ČSN 42 5310	11 343.0		007 1,3				21

KUSU	NAZEV - ROZMĚR	PODLOŽAR	MATER. KONEČNÝ	MATER. VÝCHOZÍ	TR. ÚP.	Č. HMOT.	HR. HMOT.	ČÍSLO VÝKRESU	POZ.
				CELK. ČISTÁ HMOTNOST kg		1 470			

POZNÁMKA		D. SNIMKU		ZMĚNA	DATUM	POPS	INDEX
MĚŘITKO	KRESLÍKALOUSEK Č.						
1:1	PŘEZKOUSEL						
	NORM. REF.						
	VYR. PROJEKČN.	SCHVALIL	Č. TRANSP.				
		DNF 25. 4. 1988					
TC	TYP	SKUP.	STARÝ VÝKRES	NOVÝ VÝKRES			

NAZEV	0 - KOM - OS - 161/ 03
PRACOVNÍ VÁLEC	
	3
	1

1	NAVAŘENÁ PŘÍRUBA P 10x62x62	ČSN 42 5310	11 343.0		007	0,09			22
1	NAVAŘENÁ PŘÍRUBA P 10x52x52	ČSN 42 5310	11 343.0		007	0,07			23
1	MANOMETR Ø100-400 At TYP 03 332					1,05			24
1	DRŽÁK ŠABOTŮ		12 060.1	12 060.0	002	107,5			25
1	HLAVA PÍSTU		12 060.1	12 060.0	002	132,95			26
1	PŮLENÁ PŘÍRUBA P 26x455x460	ČSN 42 5310	11 343.1		007	24,38			27
1	NÁSTAVEC 6 HR 10h11-28	ČSN 42 6530	11 343.1		007	0,02			28
2	ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL	SKUPINA				0,09			29
1	MATICE M290x4		11 600.0		001	6,17			30
1	MATICE M 48x1,5		11 600.0		001	0,48			31
4	UPÍŇACÍ ŠPALÍK 4 HR 40-45	ČSN 42 5520	11 600.0		001	0,23			32
2	STAHOVACÍ MATICE		11 343.1		007	1,42			33
1	PŘÍLOŽKA P 15x55x70	ČSN 42 5310	11 343.0		007	1,48			34
8	ŠROUB M 16x 65	ČSN 02 1174				0,153			35
16	ŠROUB M 30x 2x 115	ČSN 02 1174	11 700.0			0,954			36
12	ŠROUB M 24x 75	ČSN 02 1174				0,302			37
4	ŠROUB M 20x 90	ČSN 02 1101				0,283			38
3	ŠROUB M 16x 40	ČSN 02 1103				0,095			39
2	ŠROUB M 10x 10	ČSN 02 1181				0,004			40
2	ŠROUB M 5x 20	ČSN 02 1181				0,003			41
10	ŠROUB M 16x 35	ČSN 02 1131				0,079			42

K.Č.	NAZEV - ROZMĚR	PODSTVAR	MATER. KONFON.	MATER. VÝCHOZÍ	T.ČDP.	Č. HMOT.	HMOT.	ČÍSLO VÝKRESU	POZ.
POZNAMKA						CELK. ČISTÁ HMOTNOST kg 1 470			
MĚŘÍTKO	KRESLÍ	Č. SNIMKU							
1:1	KALOUSEK C.								
	PŘEZKOUSEL								
	NORM. REF.								
	VYR. PROJEDN.	SCHVÁLIL	Č. TRANSP.						
		DNE 25.4. 1988							
	TYP	SKUP	STARÝ VÝKRES	NOVÝ VÝKRES					

NAZEV

PRACOVNÍ VÁLEC

0 - KOM - OS - 161/03

1	ZÁVĚRNÝ ŠROUB M 20x 1,5	LZN 02 1911							43
8	MATICE M 16	ČSN 02 1401				0,032			44
16	MATICE M 30x2	ČSN 02 1401				0,201			45
12	MATICE M 24	ČSN 02 1401				0,104			46
8	PODLOŽKA 17	ČSN 02 1702				0,011			47
16	PODLOŽKA 31	ČSN 02 1702				0,023			48
12	PODLOŽKA 25	ČSN 02 1702				0,011			49
2	VÁLCOVÁ PRUŽINA TLAČNÁ	(1 kus náhradní)	12 090.0		002	0,02			50
12	MANŽETA ŠEVRON 250 x 280	ON 02 9265				0,72			51
2	TĚSNĚNÍ	(1 kus náhradní)	ALKAMID MAPA			0,24			52
2	TĚSNĚNÍ	(1 kus náhradní)	ALKAMID N			0,03			53
2	TĚSNĚNÍ	(1 kus náhradní)	ALKAMID N			0,02			54
2	TĚSNĚNÍ	(1 kus náhradní)	ALKAMID N			0,05			55
2	TĚSNĚNÍ	(1 kus náhradní)	ALKAMID N			0,04			56
2	TĚSNĚNÍ	(1 kus náhradní)	ALKAMID N			0,02			57
2	TĚSNĚNÍ	(1 kus náhradní)	ALKAMID N			0,36			58
2	KROUŽEK 320 x 3	ČSN 02 9281				0,03			59

KUSŮ	NAZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MATER. KONEČNÝ	MATER. VÝCHOZÍ	TR. ODP.	Č. HMOT.	HR. HMOT.	ČÍSLO VÝKRESU	POZ.
POZNAMAS						CELK. ČISTÁ HMOTNOST kg 1 470			
MĚŘÍTKO 1:1	KRESLIL KALOUSEK C.		Č. SNÍMKU						
	PROJEKTOVATEL								
	NORM. REF.								
	VYR. PROJEKČN.	SCHVALIL							
		DNE 25. 4. 1988							
TO	TYP	SKUP	STARÝ VÝKRES	NOVÝ VÝKRES					
NAZEV PRACOVNÍ VÁLEC				0 - KOM - OS - 161/03					

1	STŮL LISU		SKUPINA		7162,55	2-KOM-OS- -161/02	1
1	PRACOVNÍ VÁLEC		SKUPINA		1470	0-KOM-OS- -161/03	2
1	ŠOUPÁTKOVÝ ROZVOD		SKUPINA		69,7	1-Js 1789	3
1	ROZVODNÁ SKŘIŇ		SKUPINA		7,80		4
1	RYCHLOBĚŽNÉ KOMBINOVANÉ ČERPADLO TYP RPZ 4-4				275		5
2	ŠABOTOVÁ HLAVA HS 1 000		42 2712.5		60,25		6
2	ŠABOTOVÁ HLAVA HS 1 010		42 2712.5		57,27		7
2	ŠABOTOVÁ HLAVA HS 1020		42 2712.5		59,36		8
2	ŠABOTOVÁ HLAVA HS 1 030		42 2712.5		61,71		9
1	TLAČNÁ HLAVA ST 1 000		42 2712.5		36		10
1	TLAČNÁ HLAVA ST 1 010		42 2712.5		38		11
1	TLAČNÁ HLAVA ST 1 020		42 2712.5		37,5		12
1	TLAČNÁ HLAVA ST 1 030		42 2712.5		39,6		13
2	OPĚRNÝ ČEP		16 532.7	16 532.3 ₀₇₁	104,2		14
1	TRUBKA TR Ø35x5-1 400	ČSN 42 5715	12 021.1		007 4,62		15
1	TRUBKA TR Ø44,5x5-1600	ČSN 42 5715	12 021.1		007 6,65		16
1	TRUBKA TR Ø32x5- 700	ČSN 42 5715	12 021.1		007 1,66		17
1	TRUBKA TRZ Ø32- 1 200	ČSN 42 5710	11 343.1		007 3,14		18
2	KONZOLA		SKUPINA		2,5		19
2	PODLOŽKA P 10x 200x 400	ČSN 42 5310	11 373.0		001 5,75		20
2	PODLOŽKA P 10x 150x 610	ČSN 42 5310	11 373.0		001 7,55		21

ČÍSLO	NÁZEV	ROZMĚR	POLOŽKA	MATEŘ. ROZMĚR	MATEŘ. VÝCHOZÍ	TR. DOP.	D. HMOT.	HR. HMOT.	ČÍSLO VÝKRESU	POZ.
					10		100			
KALOUSEK G.										
1:5										
25. 4. 1988										
HYDRAULICKÝ LIS VODOROVNÝ					STARÝ VÝKRES		NOVÝ VÝKRES		0 - KOM - OS - 161/01	

2	ŠROUB M 16	ČSN 02 1369				0,0510			22
4	ŠROUB M 24 x 320	ČSN 02 1391				1,03			23
2	ŠROUB M 12 x 40	ČSN 02 1103				0,03			24
4	ŠROUB M 10 x 40	ČSN 02 1103				0,05			25
4	ŠROUB M 30 x 80	ČSN 02 1101				0,62			26
8	ŠROUB M 10 x 25	ČSN 02 1103				0,2			27
4	ŠROUB M 12 x 20	ČSN 02 1103				0,13			28
2	ŠROUB M 16 x 70	ČSN 02 1101				0,18			29
4	ŠROUB M 16 x 80	ČSN 02 1131				0,09			30
12	ŠROUB M 16 x 65	ČSN 02 1174				0,25			31
4	ŠROUB M 10 x 10	ČSN 02 1103				0,09			32
4	MATICE M 24	ČSN 02 1401				0,09			33
4	MATICE M 16	ČSN 02 1401				0,19			34
4	PODLOŽKA 25	ČSN 02 1702				0,002			35
6	PODLOŽKA 13	ČSN 02 1702				0,001			36
16	PODLOŽKA 10,5	ČSN 02 1702				0,003			37
4	PODLOŽKA 31	ČSN 02 1702				0,007			38
14	PODLOŽKA 17	ČSN 02 1702				0,021			39
2	KOLÍK 5 x 20	ČSN 02 2150				0,001			40
2	PERO 50 x 60 x 550		11 600.0		001	12,31			41
1	OLEJ OT - K 8					200			42

KUSŮ	NÁZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MATER. KONEČNÝ	MATER. VÝCHOZÍ	p. DOP.	Č. HMOT.	HR. HMOT.	ČÍSLO VÝKRESU	POZ.
------	----------------	-----------	----------------	----------------	---------	----------	-----------	---------------	------

POZNAMKA: CELK. ČISTÁ HMOTNOST kg **10 100**

MĚŘITKY	KRESLIL KALOUSEK C.	Č. SNIMKU	
1:5	PREZKOUSEL		
	NORM. REF.		
	VYR. PROJEON.	SCHVALIL	Č. TRANSP.
		DNE 25. 4. 1988	

STÁRÝ VÝKRES	NOVÝ VÝKRES
--------------	-------------

NAZEV HYDRAULICKÝ LIS VODOROVNÝ	0 - KOM - OS - 161/01
2	2