

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: obrábění a montáže

Fakulta: strojní

Školní rok: 1979/80

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Miloše Kaláška

obor 23-34-8 Výrobní stroje a zařízení

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Návrh jednoúčelového zařízení pro vrtání přírub
ZVU n.p. Hradec Králové

Pokyny pro vypracování:

- 1./ Proveďte rozbor současného stavu vrtání přírub v ZVU
- 2./ Navrhnete koncepci jednoúčelového stroje pro vrtání přírub dle provedeného rozboru potřeb.
- 3./ Proveďte konstrukční zpracování návrh otečného stolu, upínání a řízení.
- 4./ Proveďte ekonomický rozbor (převnejte např. možnost využití NC vrtačky.

Autorské právo se řídí směnicemi
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/62-III/2 ze dne 13. července
1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze
dne 31.8.1962§19 aut. z č. 115/53 Sb.

V 165/1980 S
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: 5

Rozsah průvodní zprávy: 40

Seznam odborné literatury:

Podklady a těch, dokumentace ZVU

Svěrák, A.: Stavebnicové obráběcí stroje SNTL 1961

Johánek, T.: Technická estetika a kultura stroj.výrobků, SNTL 1965

Katalog dílů a jednotek pro jednoúčelové stroje TOS Kuřim

Chvála, B.: Mechanizace a automatizace obráběcích strojů, SNTL 1970.

Vedoucí diplomové práce: **Ing.P.Pokorný**

Konsultanti: **Ing.J.Cerha**

Datum zahájení diplomové práce: **8.10.1979**

Datum odevzdání diplomové práce: **23.5.1980**




Doc. Ing. V. Dráb, CSc.
Vedoucí katedry


Doc. RNDr. Bohuslav Stráž, CSc.
Děkan

V Liberci dne 28. 9. 19 79

Vysoká škola strojáři a textilní v Liberci
nositelská škola práce

Průmysl strojáři

Obor 23-34-6

Výroba strojů a zařízení

strojáři

Jednotlivé stroje a tvářecí stroje

Katedra strojáři a textilní

PROJEKTOVÁNÍ STROJŮ

PRO VÝROBU STROJŮ

MILAN KALÍSKÝ

MP - VS - 176/60

Vedoucí práce: Ing. P. Pěchouček

Míst Liberec

Konzultant: Kvalita

176 Katedra strojáři

Výroba strojů a zařízení

Práce strojů	51
Práce strojáři	
a tabulek	7
Práce strojáři	26
Práce výroby	5
Práce strojáři	
něbo jiných strojáři	0

DT

21. 5. 1960

KOM OT

Ministerstvo prohláší, že jsou diplomové práce
vypracované samostatně a použitím uvedené literatury.

Liberec dne 23. 3. 1980

Milos Kaláček

2.2.2.2

Lišt

1.	Úvod	3
2.	Rozebíratelnost stolu vrtání přístroj v m. p. 2V0	3
3.	Konstrukce jednoduchého stroje	5
3.0.1.	Otočný stůl s upínacím	6
3.0.2.	Posuvová jednotka	6
3.0.3.	Směrový díl	7
3.0.4.	Sloup s vyvažováním	7
3.0.5.	Vrtací jednotka	8
3.1.	Popis automatického cyklu	9
3.2.	Parametry stroje	10
4.	Konstrukční zpracování otáč. stolu	11
4.1.	Návrh konstrukce stolu	11
4.2.	Návrh pohonu	13
4.2.1.	Mechanická část	13
4.2.2.	Hydraulický obvod	15
4.2.3.	Ovládací zařízení	17
4.3.	Rozebíratelnost dílení	19
4.4.	Návrh sejiřovací polohy stolu	20
4.4.1.	Mechanická část	20
4.4.2.	Hydraulický obvod	21
4.5.	Výpočtová část	22
4.5.1.	Výpočet a kontrola pohonu	22
4.5.2.	Výpočet a kontrola mechanizmu sejiřovací polohy stolu	33
4.5.3.	Výpočet a kontrola ovládacího zařízení	37
5.	Upínací zařízení	40
5.1.	Návrh konstrukce upínáče	40

5.2.	Výpočtová část	43
5.2.1.	Návrh spinací síly	43
5.2.2.	Průmětní kontrola páky	46
5.2.3.	Návrh tvaru udlévacího palce	47
6.	Konstrukční předpoklady	48
7.	Závěr	49

1. ÚVOD

Mezi hlavní díkoly našich podniků patří v současnosti růst produktivity práce, zvýšení objemu výroby, kvality výrobků a odstranění fyzické námahy pracujících. Jednou z cest vedených k řešení těchto úkolů je mechanizace a automatizace, jejichž výhody se ukazují především v kresbě a velkosériové výrobě. Ekonomičností těchto výrob mohou vyhovět univerzální obráběcí stroje a proto jsou nahrazovány stroji jednoúčelovými nebo obráběcími linkami sestavenými z těchto strojů, čímž je možno na minimum snížit výrobní čas součástí, snížit pro vlastní opravování. Snížení výrobní přípravy je možno krátit vedlejší čas.

Jednoúčelové stroje je možno použít i v malosériové výrobě podobných dílů, umění-li jejich automatizace dělníkovi ovládat další stroj nebo stroje.

2. ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU VÝROBY A PŘÍRUB V P. P. ZVÚ

Monotypem podniku n.p. ZVÚ Hroch Králové, který je zařazen do trustu podniků Chapon, je výroba chemických a potravinářských zařízení, především cukrovarů a pivovarů. U těchto zařízení se vyskytuje značné množství potrubí a tlakových nádob, které se spojují a nasazují především montážním způsobem, pomocí přírub. Jedná se o příruby ploché, příruby s kolmou a příruby nasazovací s rozložky podle ČSN 13 1200 - 13 1371 a jmenovitých světlotoků 3010-4000. Použitým materiálem je srovnatelná konstrukční ocel 11 373.1, 11 375.1, 11 425.1. V současnosti se v podniku především větší příruby zakrývají

s oběžníkovým nebo L-profilů a spoj se uzavírá. Pak se na korunu soustruží vnější a vnitřní průměr a čela. Po soustružení přechází příruba na středový vrtáček VR 5, kde se postupně na obou stranách vrtají otvory pro připojovací šrouby. Každý otvor je předem vyvrtán. Upínací se stří vrtáčky se provádí k přírubám 500-800 pomocí tlakové a šroubu, u průměru 800-1000 pomocí dvou a více upínák. Pro vrtání malých přírub byla v podniku vyvinuta řada palcautomatů. Tyto palcautomaty jsou konstruovány vždy pro jeden průměr, mají vedlejší otokový stůl většinou se čtyřmi pracovními a vrtáčky a mikali-kovizemovou hlavou. V době, kdy na dvou pracovních dochází k vrtání, provádí na dalších dvou pracovních činnosti vy-sádku hotových dílů se polotovary a odjezdů otvory. Stroj pracuje v automatickém cyklu. Náhodní přírub je na tzv. odpo-vědníci vrtu průměrem ověřena a upínací je prostřednictvím svítle se pohyblivé postavy ovládaného tlakovými přím-kovaly hydrauliky. Otáčení stolu je prováděno elektromotorem se šnekovým převodem nebo hydraulickým a převodem šneku - pa-staruk.

Tyto jednoduché palcautomaty jsou hospodárné pouze pro příruby malých průměrů, kterých je poměrně velká série. Ale pro správný chod chemických zařízení jsou potřebné i příruby s průměry nad 800 mm a příruby stopkové, jejichž výroba má charakteristiku jako kusová, výjimečně malosériová. Při chemickém průmyslu byla zjištěna, že výhodná by pro výrobu těchto přírub je kombinace SC soustruhu /např. SKO 1200/ a jednoduchého vrtacího stroje se společnou oběhovou jednotkou. Při tomto navrženém průmyslu byly též provedeny ka-pacitní úspory výrobků, které jsou:

průměry Js250 - 1 000 ... 1 144 Nh ročně

průměry Js1 000 - 3 000 ... 154 Nh ročně

z toho plyne, že jde skutečně o velmi malé série, a že konstruovat jednoúčelový stroj se vyplatí nejvýše u průměrů Js250 - 1 000.

3. K O N C E P C E J E D N O Ú Č E L O V É H O S T R O - J E P R O V R T Á N Í P Ř Í R U B

Jednoúčelový stroj je zařízení, které umožní na jedno upnutí provést na obrobku co nejvíce operací. Umožňuje:

1. zvýšit výkonnost využitím hospodárných řezných rychlostí a posuvů
2. uspořít zastavěné místo
3. snížit počet pracujících
4. zlevnit a zpřesnit výrobu ap.

Mezi nevýhody jednoúčelového stroje patří:

1. velká pořizovací cena
2. dlouhá dodací lhůta
3. obtížná přestavba na jiný druh výrobku
4. omezené použití ap.

Použití jednoúčelového stroje pro danou operaci se určuje podle nákladů na operaci, porovnáním nákladů na dřívějším výrobním zařízení s výrobními náklady na jednoúčelovém stroji.

Při koncepčním návrhu stroje bylo použito dostupné čs. literatury, katalogů a prospektů fy. ELHA MASCHINENBAU.

Požadavky kladené na stroj jsou: vrtání otvorů o průměrech 18 - 42 mm; hmotnost příruby 500 kg; dělení /taktování/ roztečné kružnice na 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 44, 40, 48 dílů.

Maximální průměr roztečné kružnice je 1 200 mm; přesnost nastavení $\pm 0,2$ mm. Zařízení je sestaveno z otočného stolu s upínacím sklíčidlem, posuvové jednotky, tunelového dílu, sloupu, vrtací jednotky, vyvažovacího zařízení a ovládání.

3.0.1. OTOČNÝ STŮL S UPÍNAČEM

Z hlediska nákladů je použit otočný stůl DUM 10300 o $\varnothing$ 400 mm, který vyrábí n. p. Zbrojovka Vsetín. Jde o konstrukci, která se vyznačuje nízkou stavební výškou, malými setrvačnými hmotami při vysoké tuhosti a značné přesnosti - čelní házení 0.03 mm. Předpokládané použití pro frézovací práce. Pohon stolu i krokování je vyřešeno s použitím hydroválce. Upínání přírub na stůl je prostřednictvím čelistového sklíčidla, které je také ovládáno hydroválcem. Podrobněji bude o konstrukci otočného stolu, pohonu, řízení i upínání pojednáno v samostatné kapitole /4.1. - 4. 5./.

3.0.2. POSUVOVÁ JEDNOTKA

Posuvová jednotka slouží k pojíždění s otočným stolem na roztečný průměr. U našeho jed nouúčelového stroje je použito jednotky JPH 63. Jde o hydraulickou stolovou jednotku s rozměry stolu 710 x 1 250 mm a zdvihem 1 000 mm. Pohon je zprostředkován hydroválcem připevněným k loži jednotky, jehož nástrnice je přišroubována na posuvnou část stolu. Pohyb je řízen narážkami, osová síla je 16 000 N při únosnosti 40 000 N. Na stůl posuvové jednotky je 6-ti šrouby M20 přišroubován otočný stůl s upínaným obrobkem. Ve spodní části je jednotka za přírubu přišroubována k základové desce, která je zabetonována do základu.

3.0.3. T U N E L O V Ý D Í L

Tunelový díl je spodní částí stojanu nesoucího vrtací jednotku. Je za přírubu přišroubován k základové desce a mezi jeho nohy částečně zasahuje posuvová jednotka. Konstrukce tunelového dílu je skříňová, vyztužena žebry, svařovaná z oceli třídy 11. Stojiny jsou nahoře spojeny příčnicí stejné konstrukce, k němuž je přišroubován sloup a rameno nesoucí výměnná vrtací pouzdra. V zadní zešikmené části je díl vyztužen dvěma žebry. V prostoru mezi levým žebrem a levou stojinou je umístěn hydroagregát sloužící k pohonu otočného i přímočarého stolu i k pohonu upínání. Jsou zde též rozvaděče upínacího a fixovacího mechanismu. Prostor je zepředu i zezadu zakryt plechem s výřezy, kterými může proudit vzduch ke chlazení hydraulické kapaliny v nádrži hydroagregátu. Předním krytem procházejí hadice ke šroubení otočného stolu i k poháněcímu válci přímočaré posuvové jednotky. Prostor mezi pravou stojinou a pravým žebrem je využit k umístění pomocných zařízení. Je zde umístěna nádrž s čerpadlem dodávajícím k vrtanému místu řeznou kapalinu a dále zde mohou být umístěny některé elektrické prvky, které se nevejdou do ovládacího panelu, umístěného na vnější straně pravé stojiny. Hlavním účelem tunelového dílu je umožnit otočnému stolu částečně zajiřdět pod sloup nesoucí vrtací jednotku. Tím je zajištěn velký rozsah průměrů roztečných kružnic vrtaných otvorů, bez nadměrného vyložení vrtací jednotky a z toho plynoucího namáhání sloupu a kotevních šroubů.

3.0.4. S L O U P S V Y V A Ž O V A C Í M Z A Ř Í - Z E N Í M

Sloup jednoúčelového stroje slouží k nesení vrtací

jednotky a k zachycení osových sil a momentů od vrtání. Stejně jako tunelový díl, je i sloup skříňové konstrukce, svařovaný z oceli třídy 11. Uvnitř je vyztužen žebry. Připevnění k tunelovému dílu je provedeno osmi šrouby M20 za dno sloupu. Přední část sloupu je zesílena a přesně opracována, protože je zde namontována vrtací jednotka. Tato jednotka je konstruována pro práci s vřetenem ve vodorovné poloze, proto je nezbytné ji vyvážit. K tomuto účelu je na vrchní straně sloupu namontováno vyvažovací zařízení. Skládá se ze svařovaného příčnicku a dvou kladek, přes které je veden pouzdrový řetěz ČSN 02 3329. Řetěz je na jednom konci připevněn na úchyt vrtací jednotky a na druhém konci, který zasahuje do prostoru sloupu je připevněno závaží o velikosti odpovídající posuvným hmotám vrtací jednotky. Vyvažovací zařízení uzavírá vrchní část sloupu a je na něj přišroubováno osmi šrouby M16.

3.0.5. V R T A C Í J E D N O T K A

Z řady zařízení nabízených n. p. TOS Kuřim je navržena vrtací jednotka VJ63. Tato jednotka je sestavena ze tří jednotek - hnací, stolové a posuvové. Hnací jednotka má hnací vřeten, které je poháněno samostatným motorem.

Stolová jednotka se skládá ze saní s pohybovým šroubem pro pohyb hnací jednotky, v jejímž tělese šroub působí přímo na matici.

Posuvová jednotka uskutečňuje pracovní cyklus, tj. pohání pohybový šroub a uděluje stolové jednotce různé rychlosti různým směrem, tj. rychlý pohyb hnací jednotky s nástrojem k obrobku, dále pracovní posuv potřebný k provedení operace a nakonec rychlý pohyb

zpět do výchozí polohy. Celý pohybový cyklus je automatický a je ovládán od polohování otočného stolu.

Technické údaje mechanické vrtací jednotky VJ63:

největší průměr vrtáku	...	63 mm
nejmenší počet otáček	...	35 min ⁻¹
největší počet otáček	...	1 000 min ⁻¹
nejmenší posuv	...	0,03 mm ot ⁻¹
největší posuv	...	3 mm ot ⁻¹
pracovní zdvih	...	530 mm
největší osová síla	...	28 000 N
výkon	...	7,5 kW
hmotnost	...	650 kg

Jednotka je přišroubována na přední straně sloupu a je vyvážena závažím vyvažovacího zařízení.

3.1.0. P O P I S A U T O M A T I C K É H O C Y K L U

Stroj bude pracovat společně s číslicově řízeným karuselem SKQ 12NC popř. SKJ 10NC se společnou obsluhou jedním pracovníkem. Proto automatický cyklus musí svojí délkou odpovídat době soustružení, aby nedocházelo ke hromadění výrobků u stroje. Postup vrtání jedné příruby je následující: dělník ručně nebo pomocí jeřábu vyjme obrobenou přírubu a vloží nový polotovar. Stisknutím tlačítka na ovládacím panelu dojde k pevnému upnutí a vystředění příruby na otočném stole. Jde-li o jinou přírubu než jaké byly vrtány v předchozím cyklu, musí před vložením přestavit čelisti na sklíčidlo do odpovídající polohy /přesunout je v drážkách/. pomocí ručního kolečka nastavit nový počet dělení, s posuvovou jednotkou nastavit na nový roztečný průměr, vyměnit nástroj a

vrtací pouzdro. Stisknutím tlačítka „START“ na ovládacím pul-
tu se spustí automatický cyklus. Dojde k zajištění polohy sto-
lu, vrtací jednotka rychloposuvem najede nad obrobek, přejde
do pracovního posuvu a provádí vrtání /zároveň se spustí řez-
ná kapalina/. Po vyvrtání otvoru nástroj rychloposuvem vyjede
ze záběru a zároveň je dán signál otočnému stolu. Zde dojde k
odjištění desky stolu, pootočení o jednu rozteč a znovuzajiš-
tění polohy. Zároveň je dán signál vrtací jednotce, která pro-
vede vrtání nového otvoru. Po vyvrtání všech otvorů se cyklus
automaticky zastaví a je vyslán signál obsluze. Dělník prove-
de výměnu hotové příruby za novou a znovu spustí automatický
cyklus. Jedna příruba je vrtána směrem doprava, druhá při otá-
čení směrem doleva.

3.2.0. P A R A M E T R Y J E D N O Ú Č E L O V É H O V V R T A C Í H O S T R O J E

max. průměr upínané součásti	...	1 255 mm
min. průměr upínané součásti	...	300 mm
počet dělení kružnice	...	2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48,
max. průměr roztečné kružnice	...	1 175 mm
max. průměr vrtáku	...	63 mm
rychlost otáčení stolu	...	4 min ⁻¹
vrtací motor	...	7,5 kW
rozměry /šířka x délka x výš- ka/.	...	/1 760 x 2 540 x 3 140/ mm

4. K O N S T R U K Č N Í Z P R A C O V Á N Í O T O Č - N Ě H O S T O L U , P O H O N U A Z A J I Š - Ť O V Á N Í P O L O H

4.1.0. N Á V R H K O N S T R U K C E O T O Č N Ě H O S T O L U

Z hlediska výrobních nákladů byla pro daný úkol zvolena osvědčená konstrukce stolu, který vyrábí n. p. Zbrojovka Vsetín. Tato konstrukce byla pro dané použití, především v pohonné části značně upravena. Stůl je možno rozdělit na dvě části: a/ pevnou část

b/ otočnou část

a d . a / p e v n á č á s t

pevná část se skládá z hlavního odlitku /materiál 42 2420/, kruhové základové desky a přídatné základové desky /příruby/, která je na odlitek naražena a přišroubována po obvodu šrouby M10. Mezi oběma díly je upevněn třískový žlab. Odlitek hlavní základové desky je vyztužen řadou žebér sloužících ke zvýšení jeho tuhosti. Horní plocha je přesně obrobena a slouží jako dosedací plocha odlitku otočné desky, druhá horní plocha slouží jako dosedací plocha axiálního ložiska, na kterém tato deska rovněž leží. Uprostřed má základová deska přesně vrtný otvor, který slouží k uložení vodícího pouzdra v němž je veden čep pohánějící otočnou desku. Dále je v tomto otvoru uloženo kuželíkové ložisko, které jednak usnadňuje otáčení u stolu, jednak se přes toto ložisko přitahují obě části stolu k sobě. Toto ložisko je zespodu zakryto víčkem, které je také připevněno k základové desce. V pravé části desky je otvor, kterým prochází kolík zajišťující přesné nastavení polohy.

Vedení kolíku je zajištěno pouzdrém našroubovaným na horní straně desky. Podobné pouzdro je přišroubováno i z vnější strany a slouží k vedení zajišťovacího kolíku pomocného válce. Celý prostor tohoto válce je zakrytován a tím je chráněn před vnikáním třísek.

Hlavní základová deska je pomocí přídatné základové desky šrouby M16 připevněna k mezikruhovému dílu, který tvoří prostor pro poháněcí, fixovací, upínací a jiná pomocná zařízení. Těleso tohoto dílu je stočeno z plechu a je k němu přivařeno dno a žebra, která slouží jako nosné elementy hydraulických a mechanických prvků, tvoří uzavřené prostory a zvyšují tuhost konstrukce. Zároveň podepírají zespoda stůl a brání tím jeho nadměrné deformaci. Malá žebra v pravé části nesou válce zajišťování polohy. Vpředu je v přivařeném pouzdře namontováno ložisko šroubu odměrného zařízení. Zároveň jsou vpředu a vzadu přišroubovány kryty, které uzavírají prostor, do něhož zajíždí hnací hřeben. Celé těleso je ze dna přišroubováno šesti šrouby M20 ke stolu posuvové jednotky. Snadný přístup ke šroubům je umožněn čtyřmi otvory o průměru 200 mm, které se po instalaci jednotky uzavřou plechovými kryty.

ad b/_otočná část

Otočná část stolu se skládá z odlitku otočné desky /materiál 42 2420/ v níž je naražena vložka z plechu a v ní je teprve naražen a přišroubován čep, který se otáčí v ložisku pevné části stolu. Odlitek desky je žebrované konstrukce, která při zachování nízkého momentu setrvačnosti zajistí dostatečnou tuhost. Na vnějším průměru desky je šrouby a kolíky připevněn pomocný věnec zajišťování poloh.

Hlavní věnec je umístěn pod deskou, v prostoru, kde bylo původně umístěno šnekové kolo pohonu stolu. Na čelní straně stolu je vyfrézováno osm upínacích „T“ drážek rozměru 18 H8 sloužící k upnutí sklíčidla. Tyto drážky svírající úhel 45° směřují přesně do středu stolu. Stejně drážky jsou vyfrézovány i do vložky, která je narážena do středu otočné desky. Tato mezikruhová vložka jednak desku vystřeďuje, jednak se svou spodní plochou opírá o axiální kuličkové ložisko a tím desku nese. Řadu funkcí má střední čep /výkr. DP-VS-176/80-01-00 poz. 18/: a/ ve spodní části je na čep prostřednictvím kruhové matice a pera upevněn hnací pastorek

b/ prostřednictvím další kruhové matice přes kuželíkové ložisko přitahuje otočnou část stolu k základové desce
c/ svým přesně soustruženým obvodem vede pomocí středícího pouzdra otočnou desku v radiálním směru

d/ v jeho vnitřním prostoru je umístěna spojovací tyč upínacího zařízení, které je čepem vedeno i středěno. Čep zároveň i vytváří prostor, do něhož část upínacího mechanismu zapadá a tím se do jisté míry snižuje celá stavební výška stolu. Mazání valivých i kluzných částí je provedeno tukem, který je natlačen na třecí plochy tlak. maznicemi.

4.2.0. N Á V R H P O H O N U

/viz. výkres DP-VS-176/80-01-00/

Při volbě pohonu bylo třeba vyřešit otázku, zda je vhodnější pohon mechanický nebo hydraulický. Z hlediska velké rozmanitosti výrobků - hmotnost od 5kg do 400kg, počet dělení od 2 do 48 - a s přihlédnutím na obtíže s brzděním takto rozmanitých hmot /a tedy i momentů setrvačnosti/ se jako snadnější jeví použití hydromotoru s dobrým brzděním v krajních

Přerušovaný pohyb je zajištěn funkcí odměřovacího válce a počet kroků na 1 zdvih pracovního válce HM /tedy i na 1 otáčku stolu/ se řídí zdvihem pístu tohoto válce. Čerpadlo /HG/ neustále dodává kapalinu, která rozvádí rozvaděčem /R1/ na pravou nebo na levou stranu pístu hydromotoru /HM/. Ve střední poloze rozvaděče R1 jsou větve M1, M2, P a N navzájem propojeny, tzn. že kapalina od čerpadla proudí přes rozvaděč R3 do odpadu a „cyklus stojí“. Přesuneme-li šoupátko rozvaděče R1 vpravo, propojí se čerpadlo s pravou stranou pístu a ten se pohybuje plynule vlevo, neboť jeho levá strana je spojena s odpadem. Je-li šoupátko rozvaděče R1 v levé poloze a šoupátko rozvaděče R3 v pravé poloze/je uzavřeno/, působí tlaková kapalina na levou stranu pístu. Prostor pravé strany válce je propojen přes rozvaděče R1 a R2 s levým prostorem odměřovacího válce OV a posouvá jeho pístem vpravo. Píst pracovního válce HM se pohybuje tak dlouho, až píst odměrného válce OV narazí na regulační šroub, kterým se řídí zdvih pístu a tedy i objem kapaliny, která odtéká z pravé strany válce hydromotoru HM. Přesuneme-li šoupátko rozvaděče R2 do pravé polohy, proudí kapalina z pravého prostoru prac. válce HM na pravou stranu odměřovacího válce OV a posouvá jeho pístem vlevo. Levý prostor OV se vyprazdňuje přes rozvaděč R2 do odpadu. Pouhým přestavováním šoupátka R2 řídíme tedy postupné vyprazdňování pracovního válce HM, dochází k jeho přerušovanému pohybu - krokování. Přestavováním šoupátka R3 se mění plynulý posuv pístu válce HM v posuv přerušovaný. Automaticnost celého cyklu je zajištěna nárazkami. Píst pracovního válce, v okamžiku, kdy otočný stůl vykoná pohyb o 360° vypne přes nárazku spínač, který přestaví šoupátko rozvaděče R1 a může následovat přerušovaný /nebo plynulý/ pohyb v opačném směru. Pojistný ventil VP, který je

součástí hnacího hydroagregátu slouží k udržení konstantního tlaku v obvodu tlakové větve a zároveň chrání čerpadlo před přetížením. Tlakové relé, které je umístěno na potrubí mezi rozvaděči R1 a R3 slouží ke snímání tlakových impulsů v této větvi. Jeho předepínací pružina je nastavena na hodnotu, která odpovídá tlaku na pojistném ventilu VP. Protože tlak o takovéto velikosti může v této větvi nastat pouze v jednom případě, je-li píst odměrného válce v úvrati, slouží tlakové relé RT ke snímání rozvaděče ovládajícího přítok tlakové kapaliny k hydroválečkám zajišťování polohy. Jedinou nevýhodou použitého otvoru je skutečnost, že pro zajištění přesného odměřování je nezbytné, aby byla zajištěna co největší těsnost šoupátek i potrubí obvodu pro vyprazdňování. Toto je možno zajistit použitím šoupátek s co nejmenšími ztrátami, tzv. miniaturních a sestavením hydroprvků co nejblíže k sobě, čímž se zmenší na minimum celkový uzavřený objem kapaliny a zvýší se tuhost hydroobvodu. Proto je celé pohonné a odměřovací zařízení umístěno v tělese stolu. Pro zvýšení přehlednosti rozvodu a minimalizaci délek spojovacích potrubí jsou všechny rozvaděče i válce našroubovány na rozváděcí kostce, kde jsou navzájem propojeny průvrty. Tak se celkové množství potrubí omezí pouze na potrubí od čerpadla a potrubí od vzdálenějších přírub hydroválců. Tento způsob rozvodu zároveň značně zjednoduší montáž prvků. Kostka je společně s pracovním a odměřovacím válcem přišroubována na jedno z žebër podstavce otočného stolu.

c/ odměrné zařízení

odměrné zařízení slouží k přesnému rozdělení zdvihu pracovního válce na předem určený počet kroků /taktů/. Skládá se z

hydroválce JHVJ 63/315, který byl pro daný účel upraven a z nastavovacího šroubu.

Hydroválec je za své dno upevněn k žebro spodního dílu stolu. Jeho konstrukční úpravy jsou následující:

- 1/ původní píst má odstraněnu pístní tyč a pracuje jako plovoucí
- 2/ na pístní tyč je připevněn nový píst sloužící jako protipíst k omezení zdvihu plovoucího pístu.

a) 1/ Plovoucí píst je upraven z původního pístu tak, že jsou vyrobená nová víčka ke stahování těsnění. Obě víčka jsou navzájem spojena šroubem. Protože na konstruovaném stroji budou vrtány příruby různých hmot a bude tedy i setrvačnost stolu různá v závislosti na typu a rozměrech polotovaru, je obtížné nastavit cyklus tak, aby stůl plynule /bez rázů/ zastavoval v požadovaných polohách. Proto je plovoucí píst na svých čelech opatřen výstupky ve tvaru komolého kužele, které tím, že v úvratí přiškrtí odvod kapaliny, zajistí dobrždění stolu při naříždění na požadovanou polohu a zvýší jeho přesnost. Dojetí pístu až do úvratí je zajištěno malým průvrtem ve spodní části dna válce. Protipíst je ocelové, válcové těleso, které slouží k nastavení zdvihu plovoucího pístu. Mezi protipístem a válcem je gumový těsnící "O" kroužek, přičemž ale nároky na těsnění nejsou velké, jde zde pouze o zajištění brzdící funkce zařízení na plovoucím pístu. Vrtání v pístu jsou stejná jako u dna válce. Kapalina může odcházet dutou částí pístní tyče a třemi oválnými otvory. Na konci pístní tyče je přišroubována matice pohybového šroubu. Tento šroub o průměru M40 x 1,5 umožňuje svým otáčením nastavit přesnou polohu protipístu. Otáčení se provádí ručním kolečkem, které je umístěno na čele základu stolu a je se šroubem spojeno perem, na které je připevněno maticí. Šroub se otáčí ve dvou kuličkových ložiskách,

která nesou radiální i axiální zatížení od pracovního tlaku odměřovacím válci. Obě ložiska jsou zalisována do pouzder, z nichž jedno je přišroubováno na žebro stolu a umožňuje axiální pohyb ložiska a druhé je přivařeno do otvoru ve stole a z vnější strany je zakryto víčkem, chránícím ložisko před vnikáním nečistot.

4.3.0. ROZBOR ŘADY DĚLENÍ

Ze zadání úlohy plyne požadavek, aby stroj byl schopen vrtat 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48 otvorů na roztečné kružnici dané příruby. Jednoduchým výpočtem je možno zjistit, že dělicí kotouč, který by měl obsáhnout celou tuto řadu by musel mít 332 640 otvorů. Při tomto počtu a uvažovaném průměru dělicího kotouče 1 180 mm by však otvory a průměr zajišťovacího palce vyšel velmi malý /0,1114 mm/. Proto se jako výhodnější jeví použití výměnných kotoučů, z nichž každý obsáhne určitou část řady. Použitím /jako základního/ kotouče o 96 otvorech se obsáhnou prvky 2, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32 a 48, ale otvory jsou stále poměrně malé nebo při odpovídající velikosti otvorů není možno použít výměnné kalené vložky /nevedou se/. Použitím kotouče bez kalených vložek se značně sníží trvanlivost i přesnost dělicího kotouče. Proto se jako optimální jeví použít 48 otvorů, což je řada, která obsáhne dva, 4, 6, 8, 12, 24, 48 dělení kruhu. Na otočnou část stolu se umístí výměnné kotouče se 40 otvory /obsáhne 10, 20 a 40 poloh/, se 32 otvory /obsáhne 16 a 32 poloh/ a kotouče s 28 otvory a 44 otvory. Tedy, celá řada se obsáhne jedním pevným a čtyřmi výměnnými kotouči.

Provedeme-li však rozbor přírub obsažených v ČSN 13 1000 zjistíme, že každý rozměr má tyto počty otvorů:

ROZMĚR POČET OTVORŮ

Js200 8nebo 12

Js250 12

Js300 12

Js350 12 nebo 16

Js400 16

ROZMĚR POČET OTVORŮ

Js500 16 nebo 20

Js600 20

Js700 24

Js800 24

Js1000 28

Na základě těchto výsledků by bylo možno provést výběr z řady a vyrobit základní kotouč s 24 otvory /obsáhne 2, 4, 6, 8, 12 a 24 poloh/, kotouč s 20 otvory /10 a 20 poloh/ a kotouč se 32 otvory /16 a 32 poloh/ s tím, že u příruby Js 1 000 by se místo 28 otvorů vrtalo 32 otvorů. Tak je možno vypustit dva kotouče, což povede ke snížení ceny a zjednodušení obsluhy jed noučelového stroje.

4.4.0. N Á V R H Z A J I Š Ť O V Á N Í P O L O H Y S T O L U

Úkolem zajišťovacího zařízení je ustavení stolu do přesné polohy a udržení této polohy po celou dobu vrtání. Celé zařízení sestává z části mechanické a části hydraulické. Zajišťování pracuje v automatickém cyklu v závislosti na poloze vrtací jednotky a otočného stolu.

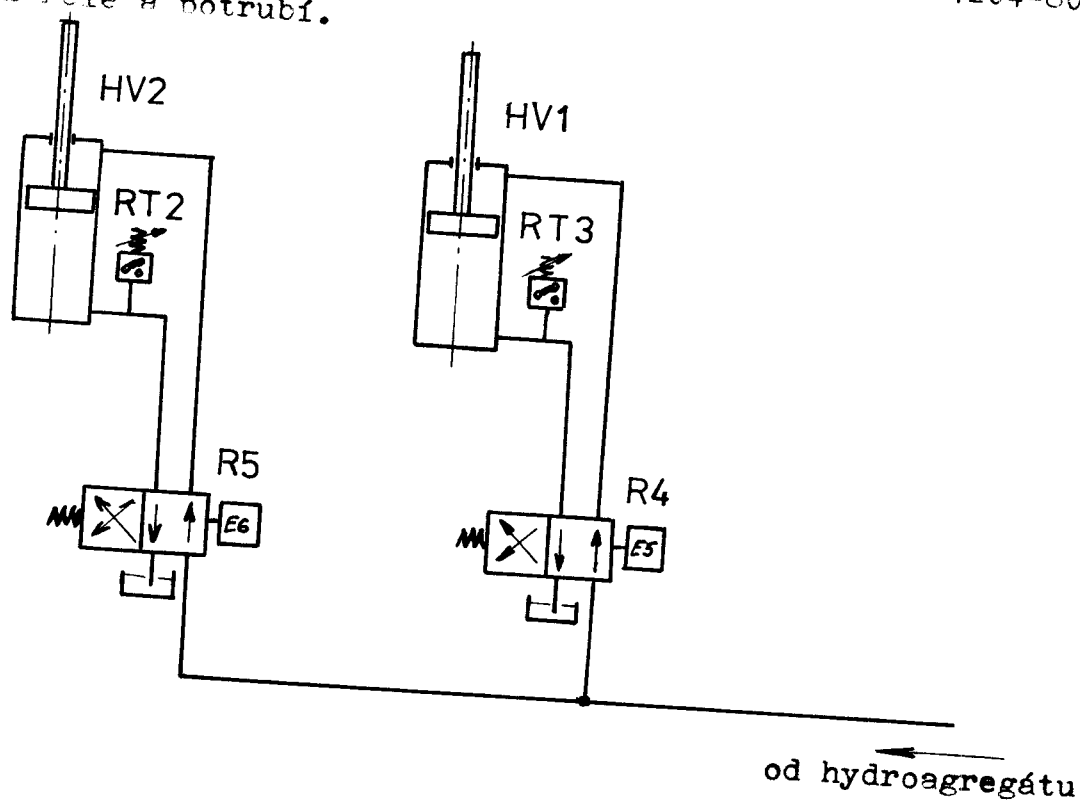
a/ mechanická část

Je sestavena z hlavního otočného zajišťovacího kotouče, z pomocných kotoučů a zajišťovacích palců s vedením. Hlavní zajišťovací kotouč je pomocí šroubů M16 a kolíků připevněn na spodní stranu otočné desky stolu. Jeho poloha je vystředěna vnitřním průměrem kotouče. V otvorech kotouče jsou zalícována kalená pouzdra, která jsou k němu připevněna šrouby. Pouzdra mají kuželový otvor o vrcholovém úhlu 16° , do něhož zapadá palec.

Méně časté řady dělení jsou obsaženy na výměnných kotoučích. Tyto kotouče jsou v ose půleny /pro snadnější výměnu/ a připevňují se na vnější stranu otočné desky stolu šrouby a kolíky. Tyto šrouby jsou umístěny tak, aby bylo možno kotouč vyměnit bez demontáže sklíčidla. Polohu stolu pomocí těchto kotoučů zajišťuje palec č. 2, umístěný na pravé straně stolu a vedený kruhovým vedením, přišroubovaným na boku stolu. Palce jsou do pracovní polohy zdvihány hydroválci JHVJ 25/40.

b/ hydraulická část

se skládá z hydroválců JHVJ 25/40, dvou rozvaděčů MRPJ2-4204-80, tlakových relé a potrubí.



Hydraulický obvod /obr./ pracuje tak, že dělník, chce-li dělit na počet kroků, který je na základním kotouči nebo na pomocném dělicím kotouči, zvolí příslušný zajišťovací váleček.

Sepnutím stykače jsou potom přiváděny el. impulsy od tlakového relé RT 1 /viz. schema pohonu str. 15/ na příslušný rozvaděč R4 /R5/. Přestavováním tohoto rozvaděče se pohybuje píst hydroválce HV 1 /HV 2/ nahoru nebo dolů a zajišťuje polohu. Na druhém hydroválci, na který nejsou přiváděny impulsy působí tlak kapaliny od čerpadla nad píst a zajišťovací palec je neustále v poloze "ODJISTĚNO". Tlaková relé /RT 2, RT 3/ slouží ke kontrole tlaku pod pístem a nedovolí spuštění vrtací jednotky, není-li tlak dostatečný k pevnému zajištění stolu. Vrtací jednotka je spouštěna sepnutím kontaktů na pístní tyči zajišťovacího válečku, čímž se zároveň kontroluje, je-li palec v pozdě nebo zda se opřel o čelo kotouče.

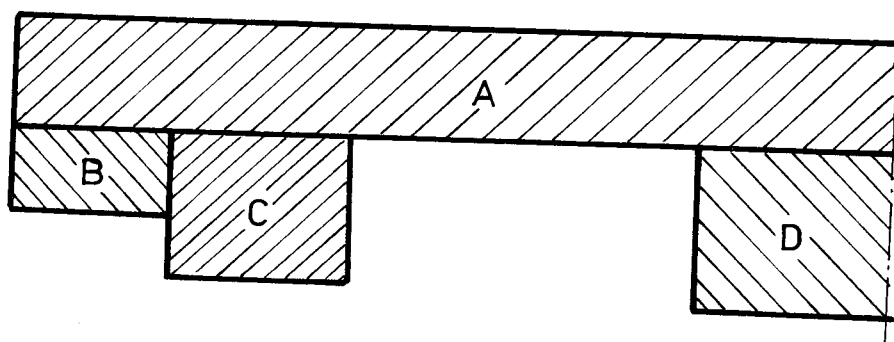
4.5. V Ý P O Č T O V Á Č Á S T

4.5.1. V Ý P O Č E T A K O N T R O L A P O H O N U

Dynamické chování stolu je závislé na jeho hmotnosti a tím i na momentu setrvačnosti stolu, sklíčidla a obrobku.

a/ moment setrvačnosti stolu

Jelikož tvar stolu je značně komplikovaný, je nahrazen odpovídajícími mezikružními s tím, že výsledný moment bude o určitou hodnotu větší.



Č Á S T _ _ _ A

$$\varnothing D = 1\,400\text{ mm}$$

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

hmotnost

$$m_A = V_A \cdot \rho$$

$$V_A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = \frac{\pi (1,400)^2}{4} \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,0462\text{ m}^3$$

$$m_A = V_A \cdot \rho = 0,0462 \cdot 7\,850 = 362,5\text{ kg}$$

moment setrvačnosti

$$I_A = \frac{1}{2} m_A \cdot r_A^2 = \frac{1}{2} \cdot 362,5 \cdot (700 \cdot 10^{-3})^2 = \underline{\underline{88,8\text{ kgm}^2}}$$

Č Á S T _ _ _ B

$$\varnothing D = 1\,400\text{ mm}$$

$$\varnothing d = 1\,300\text{ mm}$$

$$H = 40\text{ mm}$$

hmotnost

$$m_B = V_B \cdot \rho$$

$$V_B = \frac{\pi}{4} [(1400 \cdot 10^{-3})^2 - (1300 \cdot 10^{-3})^2] \cdot 40 \cdot 10^{-3} = \\ = 0,0085\text{ m}^3$$

$$m_B = V_B \cdot \rho = 0,0085 \cdot 7850 = 66,5\text{ kg}$$

moment setrvačnosti

$$I_B = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot H \cdot \rho \cdot (D^4 - d^4) = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 [(1400 \cdot 10^{-3})^4 - \\ - (1300 \cdot 10^{-3})^4] = \underline{\underline{30,4\text{ kgm}^2}}$$

Č Á S T _ _ _ C

$$\varnothing D = 1\,300\text{ mm}$$

$$\varnothing d = 960\text{ mm}$$

$$H = 70\text{ mm}$$

hmotnost

$$m_C = V_C \cdot \rho$$

$$V_C = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot H = \frac{\pi}{4} [(1300 \cdot 10^{-3})^2 - (960 \cdot 10^{-3})^2] \cdot \\ \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 0,0422\text{ m}^3$$

$$m_C = V_C \cdot \rho = 0,0422 \cdot 7850 = 331,6 \text{ kg}$$

moment setrvačnosti

$$I_C = \frac{\pi}{32} \cdot H (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{32} \cdot 70 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 \cdot [(1300 \cdot 10^{-3})^4 - (960 \cdot 10^{-3})^4] = 108,25 \text{ kgm}^2$$

Č Á S T D

$$\varnothing D = 480 \text{ mm}$$

$$H = 140 \text{ mm}$$

hmotnost

$$m_D = V_D \cdot \rho$$

$$V_D = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H = \frac{(480 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 0,0253 \text{ m}^3$$

$$m_D = V_D \cdot \rho = 0,0253 \cdot 7850 = 198,8 \text{ kg}$$

moment setrvačnosti

$$I_D = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2} \cdot 198,8 \cdot (240 \cdot 10^{-3})^2 = 5,73 \text{ kgm}^2$$

Celkový moment setrvačnosti stolu

$$I_{\text{stolu}} = I_A + I_B + I_C + I_D = 88,8 + 30,4 + 108,25 + 5,73 = 233,2 \text{ kgm}^2$$

Moment setrvačnosti příruby

Pro výpočet je volena největší příruba, která bude na stole obráběna.

$$\varnothing D = 1255 \text{ mm}$$

$$H = 40 \text{ mm}$$

hmotnost

$$m_p = V_p \cdot \rho$$

$$V_p = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H = \frac{(1255 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0,0495 \text{ m}^3$$

$$m_p = V_p \cdot \rho = 0,0495 \cdot 7850 = 388,4 \text{ kg}$$

moment setrvačnosti

$$I_p = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2} \cdot 388,4 \cdot (672,5 \cdot 10^{-3})^2 = 76,5 \text{ kgm}^2$$

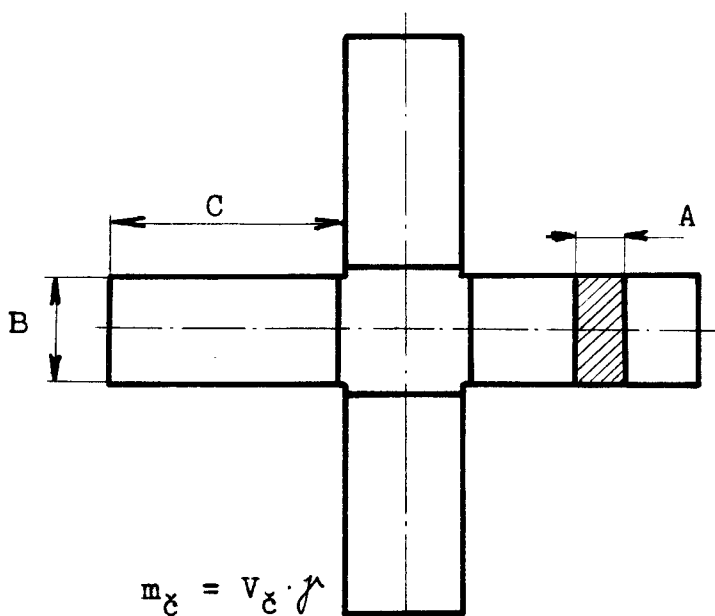
Sklíčidlo

Pro poměrně členité tvary je sklíčidlo nahrazeno čtyřmi hranoly tak, aby zjištěný moment byl co nejblíže skutečnosti.

$$A = 120 \text{ mm}$$

$$B = 190 \text{ mm}$$

$$C = 700 \text{ mm}$$



hmota čelisti

$$m_{\text{č}} = V_{\text{č}} \cdot \rho$$

$$V_{\text{č}} = A \cdot B \cdot C = 120 \cdot 10^{-3} \cdot 190 \cdot 10^{-3} \cdot 700 \cdot 10^{-3} = 0,016 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{č}} = V_{\text{č}} \cdot \rho = 0,016 \cdot 7850 = 125,3 \text{ kg}$$

moment setrvačnosti

$$I_{\text{č}} = 2 I_{\text{č}1} = 2 \cdot \frac{1}{12} m_{\text{č}} (2C)^2 \quad m_{\text{č}1} = 2m_{\text{č}} = 2 \cdot 125,3 = 250 \text{ kg}$$

$$I_{\text{č}} = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 250 \cdot (2 \cdot 700 \cdot 10^{-3})^2 = 81,6 \text{ kgm}^2$$

Celkový moment setrvačnosti rotujících hmot

$$I_{\text{c}} = \sum_i I_i = I_{\text{stolu}} + I_{\text{p}} + I_{\text{č}} = 233,2 + 76,4 + 81,6 = 391 \text{ kgm}^2$$

b/ volba a kontrola prvků hydraulického obvodu pohonu

/označování prvků odpovídá schématu na str. 15/

Jako zdroj tlaku je volen dvouokruhový hydroagregát PA-2-40-3, kde jeden okruh /nizkotlaký/ dodává tlak pro pohon a zajišťování polohy, druhý slouží pro upínání.

Parametry: $Q_1 = 10 \text{ l min}^{-1}$

$Q_2 = 4 \text{ l min}^{-1}$

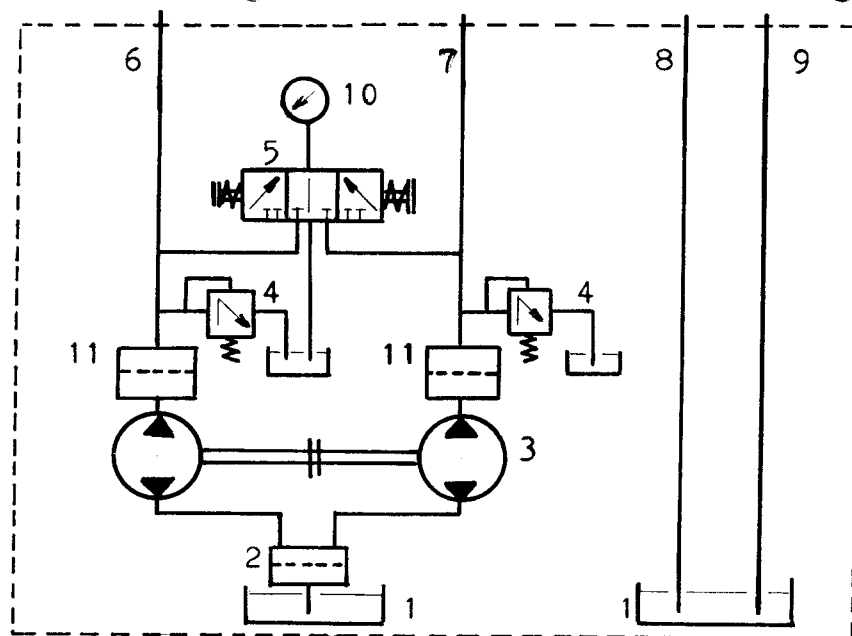
$p_1 = 4 \text{ MPa}$

$p_2 = 5 \text{ MPa}$

$V = 40 \text{ l}$ objem nádrže

$P = 1,5 \text{ kW}$ příkon elektromotoru

$m = 84 \text{ kg}$ hmotnost agregátu



schema hydroagregátu

1. nádrž o obsahu 40 l
2. sací filtr F 403 Z 58
3. zubové čerpadlo JHZD 10-4
4. přepouštěcí ventil VP1 10-2
5. kostka manometru provedení II
6. tlakový vývod Js 10 ČSN 13 7720
7. tlakový vývod Js 8 ČSN 13 7720
8. odpadní hrdlo Js 13 ČSN 13 7720
9. odpadní hrdlo Js 13 ČSN 13 7720
10. manometr 0 - 6 MPa $\varnothing 100 \text{ mm}$
11. tlakový filtr oleje FBSP 16-12-8

volba rozvaděčů:

Z důvodů co nejmenších ztrát jsou voleny rozvaděče z řady miniaturních.

R1 elektrický čtyřcestný třípolohový rozvaděč MRPJ2 - 4304 - 30A

$$\text{tlaková ztráta } p_z = 0,25 \text{ MPa}$$

$$\text{objemová ztráta } Q_z = 20 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$$

R2 elektrický čtyřcestný dvupolohový rozvaděč

$$p_z = 0,25 \text{ MPa}$$

$$Q_z = 20 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$$

R3 elektrický třícestný dvupolohový rozvaděč MRPJ2 - 2204 - A0

$$p_z = 0,25 \text{ MPa}$$

$$Q_z = 20 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$$

Hodnota tlaku na vstupu do hydroválce

tlak z hydroagregátu $p = 4 \text{ MPa}$

tlaková ztráta ve vedení - spojení od hydroagregátu k rozvaděči R1 je provedeno hadicí o délce $l = 3 \text{ m}$ a $\varnothing D = 10 \text{ mm}$

$$Q = 10 \text{ l min}^{-1} = 0,000167 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

rychlost proudění v hadici

$$c = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4 \cdot 0,000167}{(10 \cdot 10^{-3})^2} = 2,12 \text{ m s}^{-1}$$

viskozita kapaliny ... $\nu = 20 \div 400 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$

druh proudění

$$Re = \frac{c \cdot l}{\nu} = \frac{2,12 \cdot 3}{400 \cdot 10^{-6}} = 15\,900$$

Jde o turbulentní proudění, protože platí, že $100\,000 > Re > 2300$. Součinitel λ lze spočítat s použitím Blasiseva vzorce

$$\lambda = 0,31645 \cdot Re^{-0,25}$$

$$\lambda = 0,31645 \cdot 15\,900^{-0,25} = 0,0282$$

ztrátová výška

$$h_z = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{c_s^2}{2g} = 0,0282 \cdot \frac{3}{0,01} \cdot \frac{1,06^2}{2 \cdot 9,81} = 0,4841 \text{ m}$$

$$c_s = \frac{1}{2} c_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 2,12 = 1,06 \text{ m s}^{-1}$$

tlaková ztráta

$$p = h_z \cdot \rho \cdot g = 0,4841 \cdot 870 \cdot 9,81 = 4\,131,5 \text{ Pa}$$

$$p_z = 0,0041 \text{ MPa}$$

tlak na vstupu do válce

$$p = p_g - \sum p_z = 4 \cdot 10^6 - (0,25 \cdot 10^6 + 0,0041 \cdot 10^6) = 3,746 \text{ MPa}$$

Pro pohon stolu je použit hydroválec JHVJ 63/400

pracovní plocha

$$S = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} [(63 \cdot 10^{-3})^2 - (28 \cdot 10^{-3})^2] = 0,0025 \text{ m}^2$$

D ... průměr pístu

d ... průměr pístní tyče

síla na pístní tyči

$$F = p \cdot S = 3,746 \cdot 10^6 \cdot 0,0025 = 9\,370 \text{ N}$$

maximální rychlost pístu

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,00016}{0,0025} = 0,064 \text{ m s}^{-1}$$

Síly na píst vznikající při brzdění stolu.

/viz. obr. na str. 15/

Uvažujeme, že tlaková kapalina /p = 4 MPa/ působí na pravou stranu pístu pracovního válce a píst odměrného válce se pohybuje vlevo. Narazí-li plovoucí píst na dno válce OV, ustane odvod kapaliny z levé strany pracovního válce, píst se přestane pohybovat. Moment setrvačnosti stolu však způsobí, že tahové napětí v pístní tyči se změní na tlakové a pod

pístem stoupne tlak, který může poškodit rozvaděče, vedení i samotný hydroválec. Proto je na odměrném válci namontováno brzdící zařízení / funkce viz. kap. 4.2.0.-c/.

dobu dobrzdění:

jde o rovnoměrně zpovědný pohyb z rychlosti v na nulu, proto doba dobdhu je

$$t = \frac{2 \cdot s}{v} \quad s \dots \text{délka brzdících nástav-} \\ \text{ců} = \text{dráha brzdění}$$

rychlost pohybu plovoucího pístu

$$v = \frac{Q}{S_{ov}}$$

$$S_{ov} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{63 \cdot 10^{-3}}{4}^2 = 0,0031 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S_{ov}} = \frac{0,00016}{0,0031} = 0,0513 \text{ m s}^{-1}$$

dobu dobdhu

$$t = \frac{2 \cdot s}{v} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{0,0513} = 0,5845 \text{ s}$$

síla na písní tyči

$$F_r = I \cdot \epsilon = I \frac{\omega}{t}$$

$$F = \frac{I \omega}{r t} = \frac{391 \cdot 1,016}{\frac{126 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 0,5845} = 10.788 \text{ N}$$

tlak v okruhu, od brzděných hmot

S_{pv} ... plocha pracovního válce

$$p = \frac{F}{S_{pv}} = \frac{10.788}{0,0025} = 4,315 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$p = 4,315 \text{ MPa}$$

c/ kontrola převodu hřeben - pastorek

Převod je navržen tak, aby píst na jeden zdvih otočil stolem právě o 360° .

návrh:

	HŘEBEN	PASTOREK
modul	$m = 3$	
úhel záběru	$= 20^\circ$	
výška hlavy	$h_a = 3$	
výška paty	$h_f = 1,25m = 3,75$	
výška zubu	$h = h_a + h_f = 6,75$	
rozteč	$t = m = 9,425$	
počet zubů	$z = \frac{1}{t} = \frac{400}{9,425} = 43$	42
roztečný ϕ	- - - -	$D = m z = 126$

pevnostní kontrola ozubení

materiál kola ... 12 020.7

$$\sigma_{Do1} = 205 \text{ MPa}$$

mater. hřebene... 11 700.2

$$\sigma_{Do2} = 170 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Dd1} = 81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Dd2} = 20 \text{ MPa}$$

$$c_{o1} = \sigma_{Do1} \frac{r_{o1}}{y_{o1}} = 205 \cdot \frac{0,73}{4,65} = 32,2 \text{ MPa}$$

$$c_{o2} = \sigma_{Do2} \frac{r_{o2}}{y_{o2}} = 170 \cdot \frac{0,73}{4,65} = 26,7 \text{ MPa}$$

$$c_{d1} = \frac{\sigma_{Dd1}}{U} \cdot \frac{r_{d1}}{y_{d1}} = \frac{81}{0,787} \cdot \frac{1,1}{1,15} = 98,44 \text{ MPa}$$

$$c_{d2} = \frac{\sigma_{Dd2}}{U} \cdot \frac{r_{d2}}{y_{d2}} = \frac{20}{0,787} \cdot \frac{1,1}{1,15} = 24,3 \text{ MPa}$$

šířka ozubení ... $b = 50 \text{ mm}$

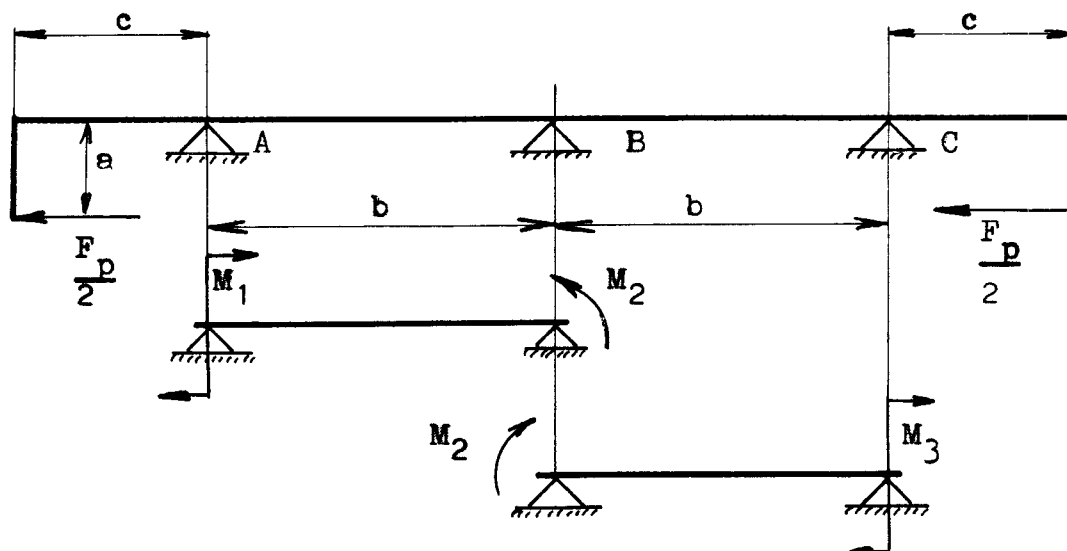
$$\text{únosnost} \quad F_d = c \cdot b \cdot \pi \cdot m = 24,3 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 3 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{11\,451 \text{ N}}}$$

max. síla na pístní tyč ... $F_p = 10\,788 \text{ N}$

$$F_d > F_p$$

d/ kontrola hřebene na průhyb

protože hřeben je podepřen třemi kladkami, jde o staticky neurčitou úlohu. Řešení je provedeno třímomentovou větou.



$$M_{i1} \cdot l_{i-1} + 2M_i \cdot l_i + l_{i+1} + M_{i+1} \cdot l_{i+1} = -6 \cdot E \cdot I (\varphi_i^1 - \varphi_i^p)$$

$$M_1 \cdot b + 2 \cdot M_2 \cdot b + b + M_3 \cdot b = -6 \cdot E \cdot I (\varphi_1^1 - \varphi_1^p)$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_2^1 &= -\frac{M_1 \cdot b}{6EI} \\ \varphi_2^p &= -\frac{M_3 \cdot b}{6EI} \end{aligned} \right\} \Rightarrow M_1 \cdot b + 4M_2 \cdot b + M_3 \cdot b = M_1 \cdot b - M_3 \cdot b$$

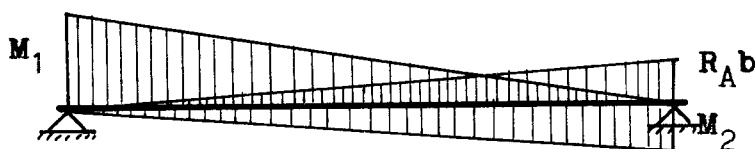
$$M_1 = M_3 = \frac{F_p \cdot a}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M_2 = \frac{F_p \cdot a}{4}$$

Reakce v podpoře A

$$R_A = R_A^0 + \frac{M_2 - M_1}{b} = \frac{F_p}{4} \cdot \frac{a}{b} = \frac{10\,780}{4} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{460 \cdot 10^{-3}} = 703 \text{ N}$$

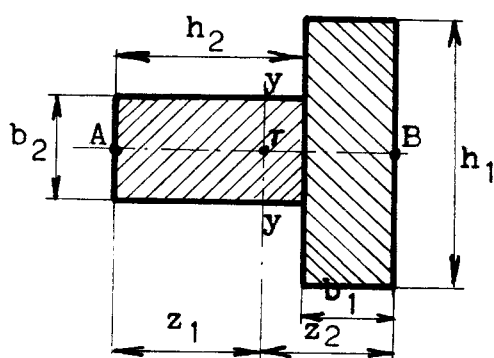
Průběh kroutícího momentu



$$M_x = M_1 \cdot \left(1 - \frac{x}{b}\right) + M_2 \cdot \frac{x}{b} - R_A \cdot x$$

$$x = 0 \dots M_0 = M_1 = \frac{F_p \cdot a}{2} = \frac{10\,780 \cdot 120 \cdot 10^{-3}}{2} = 646,8 \text{ Nm}$$

průřezový modul hřebene



$$b_1 = 15 \text{ mm}$$

$$h_1 = 70 \text{ mm}$$

$$b_2 = 28 \text{ mm}$$

$$h_2 = 38 \text{ mm}$$

poloha těžiště průřezu:

statický moment k bodu A

$$M_{sA} = b_1 \cdot h_1 \cdot \left(h_2 + \frac{b_1}{2} \right) + b_2 \cdot h_2 \cdot \frac{h_2}{2} = 15 \cdot 70 \cdot \left(38 + \frac{15}{2} \right) + 28 \cdot 38 \cdot \frac{38}{2} = 67\,991 \text{ mm}^3$$

plocha průřezu

$$S = b_1 \cdot h_1 + b_2 \cdot h_2 = 15 \cdot 70 + 28 \cdot 38 = 2114 \text{ mm}^2$$

vzdálenost těžiště od bodu A

$$z_1 = \frac{M_{sA}}{S} = \frac{67\,991}{2\,114} = 32,2 \text{ mm}$$

vzdálenost od bodu B

$$z_2 = h_2 + b_1 - z_1 = 38 + 15 - 32,2 = 20,8 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti průřezu k ose y-y

$$\begin{aligned} I_{y-y} &= \frac{1}{12} h_1 b_1^3 + b_1 h_1 \left(z_2 - \frac{b_1}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3 + b_2 h_2 \left(z_1 - \frac{h_2}{2} \right)^2 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 70 \cdot 15^3 + 15 \cdot 70 \cdot \left(20,8 - \frac{15}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} \cdot 28 \cdot 38^3 \left(32,2 - \frac{38}{2} \right)^2 \\ &= 518\,848 \text{ mm}^4 = 5,18 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

moduly průřezu

pro vlákno A $W_{oA} = \frac{I_{y-y}}{z_1} = \frac{5,18 \cdot 10^{-7}}{32,2 \cdot 10^{-3}} = 1,61 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

pro vlákno B $W_{oB} = \frac{I_{y-y}}{z_2} = \frac{5,18 \cdot 10^{-7}}{20,8 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

napětí ve vlákně A

$$\sigma_{oA} = \frac{M_{o \max}}{W_{oA}} = \frac{646,8}{1,61 \cdot 10^{-5}} = 40,2 \text{ MPa}$$

napětí ve vlákně B

$$\sigma_{oB} = \frac{M_{o \max}}{W_{oA}} = \frac{646,8}{1,61 \cdot 10^{-5}} = 25,9 \text{ MPa}$$

materiál ... 11 700.2 $\sigma_{od} = 105 \text{ MPa}$

e/ dynamika pohonu stolu - rozběh

hnací moment

$$M_h = F_{\max} \cdot \frac{D}{2} = 10\,788 \cdot \frac{126 \cdot 10^{-3}}{2} = 679,7 \text{ Nm}$$

D ... roztečný průměr pastorku

maximální otáčky stolu

$$v = r \cdot \omega \Rightarrow \omega = \frac{v}{r} = \frac{0,064}{\frac{0,126}{2}} = 1,016 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \Rightarrow n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 1,016}{\pi} = 9,7 \text{ min}^{-1}$$

doba rozběhu

$$M_h \cdot t = I_c \cdot \omega$$

$$t = \frac{I_c \cdot \omega}{M_h} = \frac{391 \cdot 1,016}{590,3} = 0,673 \text{ s}$$

4.5.2. V Ý P O Č E T A K O N T R O L A M E C H A - N I S M U Z A J I Š Ť O V Á N Í P O L O H Y

a/ kontrola palce hlavního zajišťovacího kotouče

Dojde-li k vysunutí palce do záběru v okamžiku, kdy se stůl pohybuje ještě vysokou rychlostí, může dojít k jeho ulomení. Proto je třeba zjistit největší přípustnou sílu, při které palec vydrží ráz stolu.

materiál palce ... 14 220.4

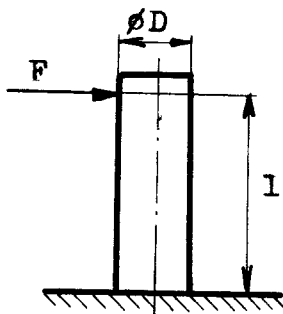
$$\sigma_k = 600 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p = 800 - 1000 \text{ MPa}$$

Jde o rázové namáhání vetknutého nosníku stálého průřezu.

$$l = 40 \text{ mm}$$

$$\phi D = 40 \text{ mm}$$



Platí obdoba mezi průhybem od statické a dynamické síly.

statické parametry

$$W_o = \frac{\pi D^3}{32} = \frac{\pi (40 \cdot 10^{-3})^3}{32} = 6,28 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{s \max} = \frac{m \cdot g \cdot l}{W_o} = \frac{1616 \cdot 9,81 \cdot (40 \cdot 10^{-3})}{6,28 \cdot 10^{-6}} = 101 \text{ MPa}$$

$$y_{s \max} = \frac{m \cdot g \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{1616 \cdot 9,81 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,256 \cdot 10^{-7}} = 1,35 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi (40 \cdot 10^{-3})^4}{64} = 1,256 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

maximální povolené napětí

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_K}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ MPa} \quad (1)$$

dynamické napětí

$$\sigma_{D \max} = K_D \cdot \sigma_{s \max}$$

dynamický součinitel

$$K_D = \sqrt{\frac{v^2}{g \cdot y_{s \max}}}$$

zároveň musí tomuto součiniteli odpovídat součinitel, vypočítaný z podílu největšího dovoleného ohyb. napětí pro materiál 14 220.4 (1) a statického napětí $\sigma_{s \max}$.

$$K_D = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{s \max}} = \frac{300}{101} \approx 3$$

$$\sqrt{\frac{v^2}{g y_{s \max}}} = 3 \Rightarrow v = 3 \cdot \sqrt{g \cdot y_{s \max}}$$

$$v = 3 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 1,35 \cdot 10^{-5}} = 0,0345 \text{ m s}^{-1}$$

$$k_v = \frac{v_{\max}}{v} = \frac{1,016}{0,0345} = 29,4$$

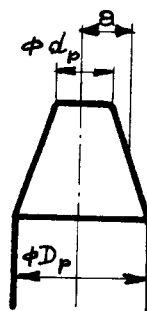
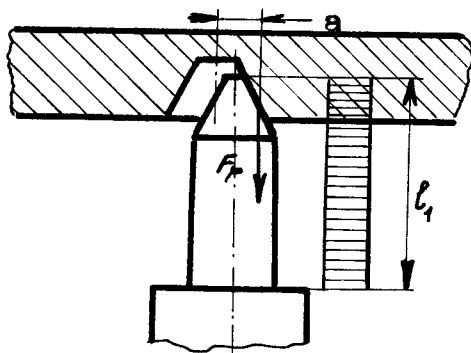
Z toho plyne, že brzdící zařízení musí zabrzdit stůl minimálně na 1/30 největší rychlosti, jinak při zajištění polohy dojde k nepřipustné deformaci palce.

b/ kontrola napětí v palci při přesném ustavování polohy

$$l_1 = 30 \text{ mm}$$

$$\phi D_p = 40 \text{ mm}$$

$$\phi d_p = 30 \text{ mm}$$



síla na palec

$$F_p = p \cdot S_p$$

p ... tlak od hydroagregátu

S_p ... plocha zajišť. válečku

$$S_p = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (25 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0,00049 \text{ m}^2$$

$$F_p = p \cdot S_p = 3,746 \cdot 10^6 \cdot 0,00049 = 1838 \text{ N}$$

Při zasouvání palce do kuželového otvoru vznikne od vzájemného působení mezi palcem a stolem moment sil.

Rameno momentu je:

$$a = \frac{D_p - d_p}{4} + \frac{d_p}{2} = \frac{40 - 30}{4} + \frac{30}{2} = 17,5 \text{ mm}$$

moment $M_{o \max} = F_p \cdot a = 1838 \cdot 17,5 \cdot 10^{-3} = 32,2 \text{ Nm}$

jde opět o rázové namáhání

max. statické napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_{o \max}}{W_o} = \frac{32,2}{6,28 \cdot 10^{-3}} = 5830 \text{ Pa}$$

průhyb

$$y_{\max} = \frac{M_{o \max} \cdot l_1^2}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{32,2 \cdot (30 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,256 \cdot 10^{-7}} = 6,59 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

rychlost palce

$$v_p = \frac{Q}{S_p} = \frac{0,000167}{0,00049} = 0,34 \text{ m s}^{-1}$$

dynamický součinitel

$$K_D = \sqrt{\frac{v_p^2}{g \cdot y_{\max}}} = \sqrt{\frac{0,34^2}{9,81 \cdot 6,59 \cdot 10^{-7}}} = 133,7$$

napětí v palci

$$\sigma_{d \max} = \sigma_o \cdot K_D$$

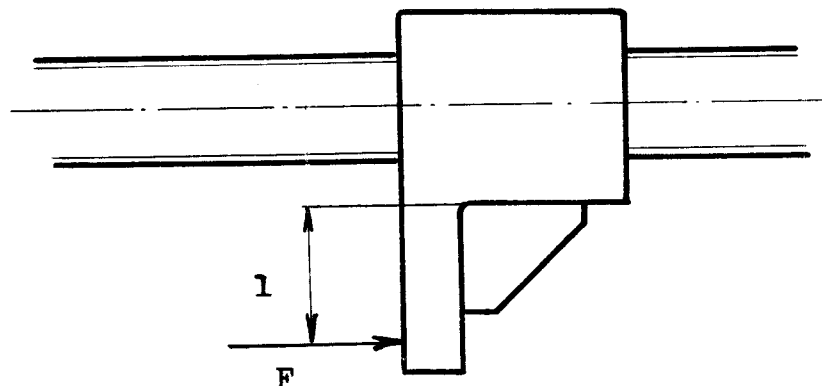
$$\sigma_{d \max} = 5830 \cdot 133,7 = 0,77 \text{ MPa}$$

Proti rázu, vzniklému při vysunutí palce do záběru při stojícím kotouči je palec dostatečně dimenzován.

4.5.3. V Ý P O Č E T A K O N T R O L A

O D M Ě Ř O V A C Í H O Z A Ř Í Z E N Í

a/ pevnostní kontrola matice spojující pístní tyč s nastavovacím šroubem



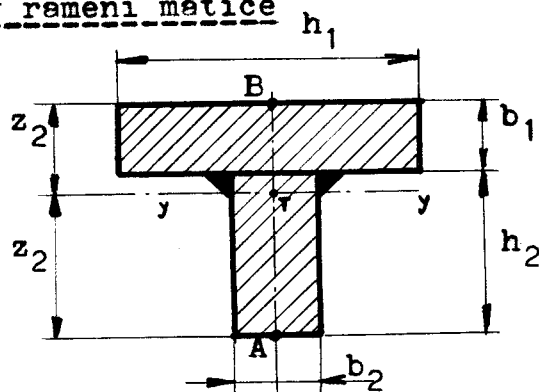
ohybový moment

$$M_o = F \cdot l = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l = 4,32 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot (63 \cdot 10^{-3})^2}{4}$$

$$50 \cdot 10^{-3} = 673 \text{ Nm}$$

D ... průměr odměrného válce

b/ napětí v rameni matice



$$b_1 = 20 \text{ mm}$$

$$h_1 = 10 \text{ mm}$$

$$b_2 = 55 \text{ mm}$$

$$h_2 = 15 \text{ mm}$$

poloha těžiště:

statická moment průřezu k bodu A

$$M_{sA} = b_1 h_1 \left(h_2 + \frac{b_1}{2} \right) + b_2 h_2 \frac{h_2}{2} = 20 \cdot 55 \cdot (15 + 10) + 10 \cdot 15 \cdot 7,5 = 28\,625 \text{ mm}^3$$

plocha průřezu

$$S = b_1 h_1 + b_2 h_2 = 20 \cdot 55 + 10 \cdot 15 = 1250 \text{ mm}^2$$

vzdálenost těžiště od bodu A

$$z_1 = \frac{M_{SA}}{S} = \frac{28\,625}{1\,250} = 22,9 \text{ mm}$$

vzdálenost těžiště od bodu B

$$z_2 = b_1 + h_2 - z_1 = 20 + 15 - 22,9 = 12,1 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti plochy k ose y-y

$$\begin{aligned} I_{y-y} &= \frac{1}{12} \cdot h_1 \cdot b_1^3 + b_1 \cdot h_1 \cdot \left(z_2 - \frac{b_1}{2}\right)^2 + \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot h_2^3 + b_2 \cdot h_2 \cdot \left(z_1 - \frac{h_2}{2}\right)^2 = \\ &= \frac{1}{12} \cdot 55 \cdot 20^3 + 20 \cdot 55 \cdot (12,1 - 10)^2 + \frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 15^3 + 10 \cdot 15 \cdot \\ &\quad \cdot (22,9 - 7,5)^2 = 79\,904 \text{ mm}^4 \doteq 8 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

moduly průřezu

pro vlákno A

$$W_{oA} = \frac{I_{y-y}}{z_1} = \frac{8 \cdot 10^{-8}}{22,9 \cdot 10^{-3}} = 3,48 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

pro vlákno B

$$W_{oB} = \frac{I_{y-y}}{z_2} = \frac{8 \cdot 10^{-8}}{12,1 \cdot 10^{-3}} = 6,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

ohybová napětí

$$\sigma_{oA} = \frac{M_o}{W_{oA}} = \frac{673}{3,48 \cdot 10^{-6}} = 193,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{oB} = \frac{M_o}{W_{oB}} = \frac{673}{6,6 \cdot 10^{-6}} = 102 \text{ MPa}$$

materiál matice ... 11 600.2 ... $\sigma_K = 320 \text{ MPa}$

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_K}{1,5} = \frac{320}{1,5} = 213,3 \text{ MPa} > \sigma_{oA}$$

c/ kontrola tlaku v závitech

síla na matici

$$F = p \cdot S = p \frac{\pi D^2}{4} = 4,32 \cdot 10^6 \frac{\pi (63 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 13\,466,5 \text{ N}$$

tlak v závitech

$$p = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(d^2 - d_3^2) i} \quad i = \frac{1}{s} = \frac{50}{1,5} = 33$$

$$p = \frac{13\,466,5}{\frac{\pi}{4}[(42 \cdot 10^{-3})^2 - (40,16 \cdot 10^{-3})^2] 33} = 3,44 \text{ MPa}$$

$$p_{\text{dov}} = (15 \div 20) \text{ MPa}$$

d/ ložiska

Vzhledem k vyměnitelnosti jsou obě ložiska volena stejná. Ložisko uvnitř stolu nenese axiální zatížení a radiální zatížení je shodné jako u ložiska ve stěně stolu, proto není toto ložisko kontrolováno. Protože k otáčení ložiska dochází pouze v odlehčeném stavu a jeho otáčky jsou nízké, je zatížení považováno za statické.

$$F_{ao} = 4286,5 \text{ N}$$

$$F_{ro} = \frac{M}{l} = \frac{673}{380 \cdot 10^{-3}} = 1771 \text{ N}$$

$$F_{ro} = 1771 \text{ N}$$

$$F_o = X_o \cdot F_{ro} + Y_o \cdot F_{ao}$$

$$F_o = 0,6 \cdot 1771 + 4286,5 \cdot 0,5 = 3173,4 \text{ N}$$

základní statická únosnost

$$\mu = 1 \div 2$$

$$C_o = \mu \cdot F_o = 2 \cdot 3173,4 = 6347 \text{ N}$$

voleno ložisko 6006 ... $C_o = 6950 \text{ N}$

5. U P Í N A C Í Z A Ř Í Z E N Í

Jednou z cest, jak snížit namáhavost a zvýšit produktivitu práce je mechanizace upínání. U velkosériové a hromadné výroby je výhodné používat speciální, jednoučelové upínače, v kusové a malosériové výrobě se vyplatí pouze upínače universální. Tím, že upínač upíná nezávisle na obsluze, může na takto vybaveném stroji pracovat i méně kvalifikovaný dělník bez nebezpečí, že dojde k uvolnění obrobku nebo naopak k jeho nadměrné deformaci. V praxi musí sklíčidlo vyhovět řadě požadavků, které se na upnutí kladou. Mezi ně patří především:

- a/ jednoznačně určit polohu obrobku podle osy a provést jeho ustředění
- b/ zajistit tuhé a pevné upnutí
- c/ zajistit, aby v obrobku nevznikly trvalé deformace.

Z hlediska těchto požadavků je třeba přistupovat ke konstrukci upínače.

5.1.0. N Á V R H K O N S T R U K C E U P Í N A Č E

/výkres č. DP-VS-176/80-03-00/

V konstruovaném upínači je jako základní silový prvek volen hydroválec. K této volbě vedle řady okolností. Jednak je v otočném stole zabudován hydraulický pohon, a proto použití hydrauliky i na upínání přinese jen nepatrné zvýšení nákladů, dále hydraulika umožní regulovat sílu na čelisti^V závislosti na pracovním tlaku, čas pro upnutí a uvolnění je velmi krátký a v neposlední řadě zde hrají roli i malé rozměry. Sklíčidlo je navrženo jako čtyřčelistové, s upínáním obrobku /příruby/ za vnější obvod. Tato konstrukce podstatně sníží deformace tenkých, stáčených přírub od upínacích sil a umožňuje použití vysokých

řezných podmínek bez toho, že by po uvolnění byly vrtané otvory mimo povolenou toleranci. Tato konstrukce však s sebou přináší určité komplikace. V případě, že by obrobek měl značné úchytky geometrického tvaru, upínaly by pouze dvě čelisti a deformace by vzrostla nad přípustnou mez. /viz výpočet v kap. 5.2./ Tento nedostatek je odstraněn speciálním vyrovnávacím zařízením, které je zabudováno na upínacím hřídeli /poz. 5/. Skládá se ze dvou pouzder /poz. 10, 11/ a dvou rozpínacích kroužků /poz. 12/, které jsou na obvodě rozřezány. Dojde-li při upínacím pohybu hřídele směrem dolů k tomu, že se dvě čelisti opřou o obrobek a dvě ještě ne, roztáhnou se rozpínací kroužky a svými sešikmenými plochami posunou volné pouzdro. To umožní určitý pohyb i zbývajícím čelistem a dojde k pevnému, staticky určitému upnutí.

Čelisti jsou posouvány pomocí páček s kulovým čepem. Tento čep je nasazen ve výměnném pouzdře speciálního tvaru, které umožní jeho odvalování, takže opotřebení obou dílů je nepatrné /viz výpočet v kap. 5.2./. Pronikání třísek do vyrovnávacího zařízení brání kryt, přišroubovaný k nepohyblivé části sklíči-dla. Pohyb sklíčidla umožňují pevné a posuvné čelisti /poz. 2, 3./. Posuvná čelist je vedena v pevné pomocí plochého vedení, jehož vůle jsou vymezovány plochými lištami. Tyto lišty jsou nastavovány prostřednictvím tažných a odtlačovacích šroubů, které jsou střídavě rozmístěny. Aby do vedení nevnikaly třísky a nečistoty, jsou zakryta plechovými kryty.

Zdvih čelisti je 45 mm, tedy změna roztečného průměru 90 mm. Tato hodnota je volena na základě rozboru průměrů vrtaných přírub. Rozsah 90 mm odpovídá největšímu rozptylu průměrů různých typů přírub stejné světlosti, tedy jedna pevná poloha přestavitelné čelisti /poz. 4/ obsáhne všechny příruby stejné

světlosti. Na jinou světlost se přejde přestavením této čelisti v drážkách. Upnutí sklíčidla na stůl je provedeno 12 šrouby M16 s vložkami do "T" drážek. Zajištění pevného upnutí příruby i při otáčení stolu je umožněno axiálním ložiskem, které je připevněno na dolní straně upínacího hřídele. Aby při uvolňování obrobku nedošlo k vypadnutí kuliček z dráhy, je ložisko předepnuto pružinou a šroubem přes kuličku. Upínání probíhá tahem za hřídel /poz. 4/ přes úhlovou páku /poz. 20/ a dva čepy. Ložisko přitom nese celé zatížení. Odepínání se provádí tlakem. Jelikož k odepnutí dojde při stojícím stole, nevadí, když dojde vlivem odporu ve vedení čelisti k tomu, že je překonána síla předepínací pružiny a čelo hřídele se opře o dno tělesa ložiska /poz. 17/.

Aby upínací mechanismus nemusel nést osovou sílu od vrtáku F_x , je na stole přišroubováno 12 L-profilů, na něž se obrobek položí a čelisti ho pouze vystředí a zachytí moment od vrtáku. Pro snížení stavební výšky sklíčidla je jeho část zanuštěna do stolu.

Ovládání sklíčidla je následující: pracující vloží na L-profily přírubu a stlačí tlačítko. Elektrický rozvaděč pustí kapalinu od VT čerpadla hydrosegregátu /viz schema na str. 26/ do hydroválce a dojde k upnutí. Zároveň se /při dostatečném tlaku/ tlakovým relé odjistí blokování vrtací jednotky a může proběhnout obrábění. Dalším stisknutím tlačítka dojde k odepnutí příruby.

5.2. V Ý P O Č T O V Á Č Á S T

5.2.1. N Á V R H U P Í N A C Í S Í L Y

a/ z hlediska překonání řezných sil

řezné podmínky při největším průměru vrtáku $\varnothing D = 42 \text{ mm}$

$$s = 0,32 \text{ mm ot}^{-1}$$

$$n = 105 \text{ min}^{-1}$$

$$v = 14,8 \text{ m s}^{-1}$$

$$M_k = c_m D^{(1+x_r)} s^{y_s} K_{mM}$$

$$c_m = 0,39$$

$$K_{mM} = \left(\frac{\sigma_{Pt}}{75} \right)^{0,75} = \left(\frac{45}{75} \right)^{0,75} = 0,6817$$

$$x_{F_z} = 1$$

$$y_{F_z} = 0,8$$

$$M_k = 0,39 \cdot 42^2 \cdot 0,32^{0,8} \cdot 0,6817 = 188,5 \text{ Nm}$$

osová síla od vrtáku

$$c_F = 988$$

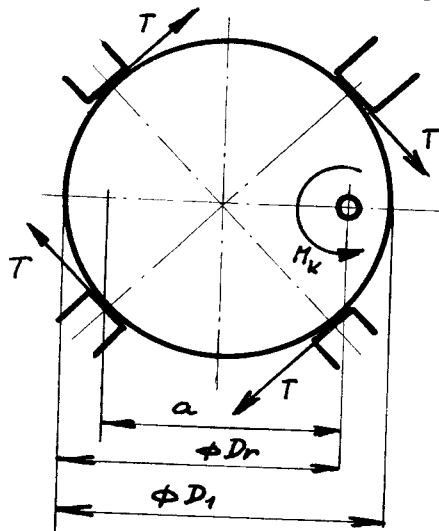
$$x_F = 1$$

$$y_F = 0,7$$

$$K_{mF} = K_{mM}$$

$$F_x = c_F \cdot D^{x_F} s^{y_F} K_{mF} = 988 \cdot 42 \cdot 0,32^{0,7} \cdot 0,6817 = 12\,741 \text{ N}$$

Osová síla bude zachycena na L-profilech přišroubovaných na stole, takže nemůže způsobit vyvrácení přírby z čelistí. Proto bude síla na čelisti navrhována pouze z hlediska překonání největšího kroutícího momentu.



$$M_k = 4 \cdot T \cdot a$$

$$a = \frac{D_1 - D_r}{2} + D_r$$

$$a = \frac{1255 - 1170}{2} + 1170 = 1212,5 \text{ mm}$$

$$T = F_N \cdot f$$

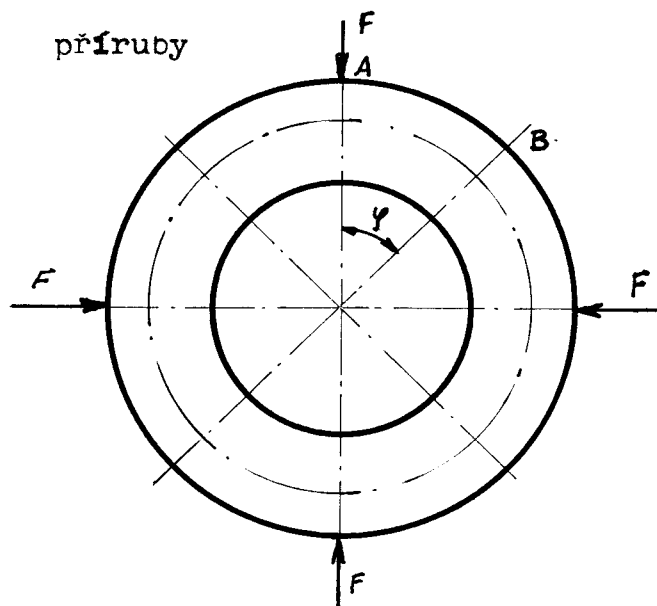
$$M_k = 4 \cdot T \cdot a = 4 \cdot F_N \cdot f \cdot a \Rightarrow F_N = \frac{M_k}{4 \cdot f \cdot a}$$

$$F_N = \frac{188,5}{4 \cdot 0,12 \cdot 1212,5 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{323,8 \text{ N}}}$$

$$f = 0,12$$

Toto je hodnota minimální síly, kterou musíme působit na čelist, aby nedošlo k vysmeknutí obrobku. Celková situace je ve skutečnosti ještě podstatně příznivější, protože není uvažováno s působením tření mezi přírubou a L-profilu, na které působí její tíhou.

b/ kontrola největší přípustné síly vzhledem k deformacím příruby



$$\varnothing D = 1170 \text{ mm}$$

max. povolená

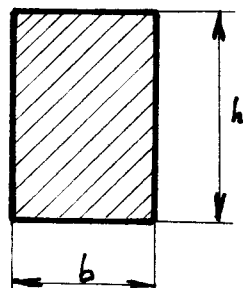
$$\text{deformace } y = 0,1 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti průřezu

$$I_{y-y} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot 98,5 \cdot 10^{-3} = 3,58 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

$$h = 98,5 \text{ mm}$$



max. síla pro deformaci bodu A

$$F = \frac{2 \cdot E \cdot I \cdot y}{r^3 \left[\frac{1}{\sin^2 \varphi} \cdot \left(\frac{\varphi}{2} + \frac{1}{4} \sin 2\varphi \right) - \frac{1}{r} \right]} \quad \varphi = \frac{\pi}{4}$$

$$F = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,58 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{(585 \cdot 10^{-3})^3 \left[\frac{1}{\sin^2 \frac{\pi}{4}} \left(\frac{\pi}{8} + \frac{1}{4} \sin \frac{\pi}{2} \right) - \frac{4}{\pi} \right]} = 63\,381 \text{ N}$$

max. síla pro deformaci bodu B

$$F = - \frac{4 \cdot E \cdot I \cdot y}{r^3 \cdot \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{\sin \varphi} - \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi} \right)}$$

$$F = - \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 3,58 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{(585 \cdot 10^{-3})^3 \left[\frac{8}{\pi} - \frac{1}{\sin \frac{\pi}{4}} - \frac{\cos \frac{\pi}{4}}{\sin^2 \frac{\pi}{4}} \right]} = 5327,5 \text{ N}$$

Ze zjištěných hodnot plyne, že síla na čelisti by se měla pohybovat v rozmezí 325 - 5300 N.

síla na píst při maximálním pracovním tlaku

p = 5 MPa
 $\varnothing D = 32 \text{ mm}$

$$F = p \cdot S$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{(32 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = 5 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^{-4} = 4021 \text{ N}$$

převod na upínací páce $i = 2$

síla na upínacím hřídeli

$$F_u = F \cdot i = 4021 \cdot 2 = 8042 \text{ N}$$

převod mezi upínacím hřídelem a čelistí - síla se rozdělí rovnoměrně na všechny čtyři čelisti = $i_c = 4$

síla na čelist

$$F_{\text{č}} = \frac{F_u}{i_{\text{č}}} = \frac{8042}{4} = 2010,5 \text{ N}$$

Síla, kterou vyvodí upínací hydroválec na čelisti je bezpečně v toleranci, vymezené bezpečným upnutím a povolenou deformací.

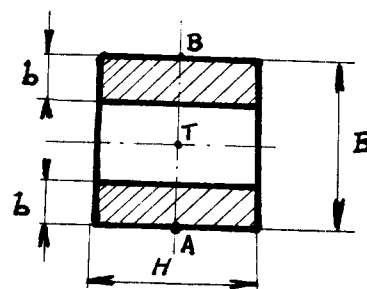
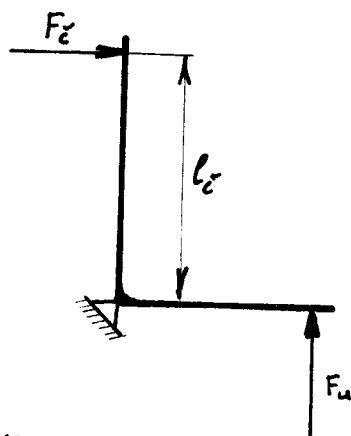
5.2.2. PEVNOSTNÍ KONTROLA ROVNORAMENNÉ PÁKY

$$l_{\text{č}} = 80 \text{ mm}$$

$$b = 8 \text{ mm}$$

$$B = 42 \text{ mm}$$

$$H = 15 \text{ mm}$$



moment v ohybu páky

$$M_o = F_{\text{č}} \cdot l_{\text{č}} = 2010,5 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 160,8 \text{ Nm}$$

průřezový modul v místě ohybu

moment setrvačnosti

$$\begin{aligned} I_{y-y} &= \frac{1}{12} \cdot H \cdot b^3 + b \cdot H \cdot \frac{b^2}{4} + \frac{1}{12} \cdot H \cdot b^3 + b \cdot H \cdot \left(B - \frac{b}{2}\right)^2 = \\ &= \frac{1}{12} \cdot 15 \cdot 8^3 + 8 \cdot 15 \cdot \frac{8^2}{4} + \frac{1}{12} \cdot 15 \cdot 8^3 + 8 \cdot 15 \cdot \left(42 - \frac{8}{2}\right)^2 = \\ &= 1,76 \cdot 10^5 \text{ mm}^4 = 1,76 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

průřezový modul

$$z_1 = z_2 = 21 \text{ mm}$$

$$W_{oA} = W_{oB} = \frac{I_{y-y}}{z} = \frac{1,76 \cdot 10^{-7}}{21 \cdot 10^{-3}} = 8,38 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

napětí v průřezu

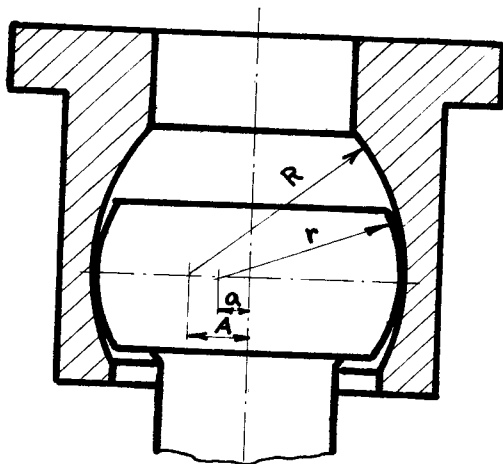
$$\sigma_{oA} = \sigma_{oB} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{160,8}{8,38 \cdot 10^{-6}} = 19,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{oA} < \sigma_{\text{dov}}$$

5.2.3. N Á V R H T V A R U U N Á Š E C Í H O P A L C E

Budou-li palec a pouzdro, do kterého palec zabírá, rovinného tvaru, bude při upínání docházet mezi nimi ke smýkání a oba prvky se budou opotřebovávat. Proto je třeba zajistit jejich vzájemné valení speciálním tvarem, odvozeným od ozubením s kruhovými boky zubu. Palec i pouzdro se potom dají snadno vyrobit na soustruhu. Jde o ozubení s parametry:

$$m = 20 ; z = 8 ; \alpha = 30^{\circ} ; r_o = 80 \text{ mm.}$$



$$R = 1,45 \cdot m = 29 \text{ mm}$$

$$r = 1,35 \cdot m = 27 \text{ mm}$$

$$A = 0,416 \cdot m = 8,32 \text{ mm}$$

$$a = 0,36 \cdot m = 7,2 \text{ mm}$$

kontrola odvalování

úhel pootočení při upínání

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{s}{r_o} = \frac{45}{80} = 0,5625$$

$$\beta = 29,35^{\circ} \approx 30^{\circ}$$

délka záběru

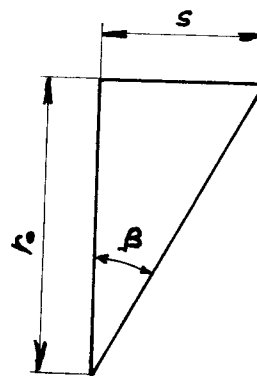
$$e' = \frac{30^{\circ}}{360^{\circ}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_o = \frac{30^{\circ}}{360^{\circ}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 41,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

odval zubu

$$o = e' \sin \alpha = 41,8 \cdot \sin 30^{\circ} = 29,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

skluz zubu

$$s = e' - o = 41,8 \cdot 10^{-3} - 29,6 \cdot 10^{-3} = 12,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$



Z výsledku plyne, že použije-li se navržený tvar ozubu /palce/, sníží se smýkání palce po pouzdře asi na třetinu, což má velký vliv na trvanlivost a opotřebení.

6. E K O N O M I C K É Z H O D N O C E N Í

starý způsob výroby

typ ČSN 13 1326.0				
rozměr	celkový čas t_{Ac} /min/	nákl. na mzdy N Kčs/rok	počet kusů n ks/rok	celkové náklady N_c Kčs/rok
Js250	18	2,67	681	1 818,3
Js300	23	3,40	209	710,6
Js350	25	3,70	143	529,0
Js400	26	3,85	124	477,4
Js500	31	4,60	274	1 260,0
Js600	42	6,20	476	2 951,2
Js800	66	9,80	79	774,0
				8 520,5

nový způsob výroby

typ ČSN 13 1326.0				
rozměr	celkový čas t_{Ac} min	nákl. na mzdy N Kčs/rok	počet kusů n ks/rok	celkové náklady N_c Kčs/rok
Js250	10,6	1,48	681	1 008,0
Js300	13,3	1,86	209	1 389,0
Js350	17,25	2,40	143	343,0
Js400	17,14	2,39	124	296,0
Js500	20,9	2,92	274	800,0
Js600	32,8	4,58	476	2 180,0
Js800	44,57	6,23	79	492,0
				5 508,0

roční úspora na nákladech $N = 8\,520,5 - 5\,508 = 3\,012,5$ Kčs/rok

dobu úhrady invest. nákladů

cena stroje 250 000 Kčs

režie 780%

$$k = \frac{250\,000}{3\,012,5 \cdot 7,8} = 10,6 \text{ roku}$$

Vzhledem k poměrně malému počtu kusů vyráběných za rok, vychází návratnost investicí malá, je však, vzhledem k tomu, že stroj pracuje jako poloautomat, umožněna dvoustrojová obsluha a tím se ušetří jeden dělník.

Protože stroj by pracoval pouze krátkou dobu a jeho využití by bylo nízké, jeví se jako výhodnější provádět vrtání na NC souřadnicových vrtačkách VR5NB nebo VXR 50 NC s předpokladem, že v době, kdy nebudou připraveny pro vrtání přírub, budou použity na jinou výrobu. Toto řešení bylo schváleno i při konzultaci s n. p. Kovosvit Sezimovo Ústí který tyto vrtačky vyrábí.

7. Z Á V Ě R

Úkolem diplomové práce bylo navrhnout koncepci jednoúčelového stroje pro vrtání přírub, s detailním rozpracováním krokovacího, otočného stolu. Konstrukční řešení je postaveno na jednoduchém a spolehlivém principu, který dává předpoklad dlouhé životnosti stroje, bez zvláštních nároků na seřizování a údržbu.

Použitím velkého počtu normalizovaných a stavebnicových dílů nebo jednoduchou přestavbou výrobků jiných podniků, je docíleno poměrně příznivé výrobní ceny.

Stroj se stejným rozsahem výroby /rozmanitost počtu taktů průměrů obrobků/ se v ČSSR nevyrábí, proto konstrukce šetří devizy, které by bylo nutno vynaložit na nákup např. západ-

německého stroje od firmy Elhe Maschinenbau.

Zavedení stroje zlepšuje kulturu práce obsluhy, která pouze vkládá a vyjímá výrobek, jinak stroj pracuje v automatickém cyklu. Zcela odpadá práce s orýsováním otvorů, čímž se šetří režijní pracovníci.

Z rozboru v kap. 6. plyne, že při současném počtu výrobku je pro závod podobný stroj investicí dlouhodobého charakteru.

Dobu úhrady, která je poměrně značná, je však možno zkrátit tím, že se na stroji ve volné době budou vrtat příruby malých světlostí Js150 a 200 kterých je velký počet.

Při větších sériích by bylo vhodné vybavit pracoviště dalšími racionalizačními pomůckami, např. manipulačním zařízením, což by vedlo ke snížení vedlejších časů čekání na jeřáb.

Stůl je zároveň dostatečně tuhý i pro použití vysocevýkonných řezných nástrojů.

Závěrem bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Pokornému, konzultantům Ing. Cerhovi, Ing. Cejnarovi a zaměstnancům KPJS n. p. ZVÚ Hradec Králové, kteří svojí pomocí a radou pomohli splnit zadaný úkol.

v Liberci 23. 5. 1980

Miloslav Kaláček

P O U Ž I T Á L I T E R A T U R A

- /1/ BELJAJEV M. N. : Pružnost a pevnost I, II, SNTL, Praha, 1954
- /2/ BRAVIČEV, V. A. : Gidravličeskíe i pneumaticeskíe avtomatiziruščie ustrojstva metalorežuščich stankov
- /3/ JOHÁNEK, T. : Technická estetika a kultura strojírenských výrobků, SNTL, Praha 1965
- /4/ MACH, J. - HOLEC, F. : Mechanizace hydraulikou, SNTL, 1964
- /5/ PIVOŇKA, J. : Příručka hydraulických pohonů, SNTL, Praha, 1969
- /6/ PIVOŇKA, J. : Uplatnění stavebnicových strojů a linek v mechanizaci a automatizaci obrábění, SNTL, 1965
- /7/ STEJSKAL, A. : Výpočet a konstrukce silově ovládaných sklíčidel, SNTL, Praha, 1964
- /8/ SVĚRÁK, A. : Stavebnicové obráběcí stroje, SNTL, Praha, 1961
- /9/ VÁCLAVOVIČ, A. : Racionalizace vrtání, Práce, Praha, 1961
- /10/ S t u d i e - Vývoj technologie výroby zakružovaných
- /11/ Prospekty firmypřírub, n. p. ZVÚ, Hradec Králové, 1977
- /11/ Prospekty firmy Elha Maschinenbau - Rundtaktbohrmaschine S 1115, BK 80 R 1250

N O R M Y

ČSN 13 1000

ČSN 13 1200 - ČSN 13 1371

12	ŠROUB M12x40	ČSN 02 1207						57
16	ŠROUB M10x35	ČSN 02 1143						58
16	ŠROUB M14x40	ČSN 02 1207						59
4	ŠROUB M8x35	ČSN 02 1143						60
36	ŠROUB M6 x 20	ČSN 02 1143						61
18	ŠROUB M5 x 30	ČSN 02 1207						62
4	ŠROUB M10x1,5-30	ČSN 02 1207						63
1	ŠROUB M8 x15	ČSN 02 1185						64
4	ŠROUB M8 x 40	ČSN 02 1201						65
32	ŠROUB M5 x 20	ČSN 02 1131						66
1	MATICE KM30	ČSN 02 3630						67
1	MATICE KM18	ČSN 02 3630						68
16	PŘÍPOJKA Js10	ČSN 13 7720						69
2	MATICE M20x1,5	ČSN 02 1403						70
12	PODLOŽKA Ø12	ČSN 02 1740						71
1	PODLOŽKA MB18	ČSN 02 3640						72
1	PODLOŽKA MB30	ČSN 02 3640						73
1	TRUBKA 14x2-60	ČSN 42 6711	11 453.0		1			74
1	TRUBKA 14x2-480	ČSN 42 6711	11 453.0		1			75
1	TRUBKA 14x2-220	ČSN 42 6711	11 453.0		1			76
1	TRUBKA 14x2-170	ČSN 42 6711	11 453.0		1			77
1	TRUBKA 14x2-420	ČSN 42 6711	11 453.0		1			78
1	TRUBKA 14x2-430	ČSN 42 6711	11 453.0		1			79
1	TRUBKA 14x2-480	ČSN 42 6711	11 453.0		1			80
1	TRUBKA 14x2-330	ČSN 42 6711	11 453.0		1			81
4	KRYTY Ø200	ČSN 42 5301	11 373.0		1			82
2	SPONKA	ČSN 42 5301	11 373.0		1			83

KALÁŠEK

23. 5. 1980

OTOČNÝ STŮL

DP-VS-176/80-01-00

1	VÁLEC Js 63	ČSN 42 5715.01	11 453.0		1				1
1	DNO Ø85 - 75	ČSN 42 5510	11 523.1	11 523.0	1				2
1	VÍKO Ø85 - 115	ČSN 42 5510	11 523.1	11 523.0	1				3
1	TĚLESO	ČSN 42 5310	11 368.0		1				4
1	ŠROUB M42 x 1,5	ČSN 42 5510	11 700.2	11 700.0	1				5
1	KOLO Ø 200	ČSN 02 5211							6
1	RUKOJEŤ Ø20	ČSN 02 5114							7
1	VÍČKO Ø75 - 12	ČSN 42 5510	11 500.1	11 500.0	1				8
1	MATICE M42 x 1,5		12 050.4	12 050.0	1				9
1	POUZDRO Ø74 x 12	ČSN 42 5715	11 368.0		1				10
1	PÍSTNÍ TYČ Ø28	ČSN 42 5510	11 453.0		1				11
1	POUZDRO Ø75x12	ČSN 42 5715	11 368.0		1				12
1	PÍST Ø63	ČSN 42 5510	11 600.1		1				13
2	VÍKO Ø63	ČSN 42 5510	12 020.4	12 020.0	2				14
1	TĚLESO PÍSTU	ČSN 42 5510	11 500.1		1				15
1	PŘÍTLAČ. KROUŽEK	ČSN 02 9565							16
2	LOŽISKO 6006	ČSN 02 4633							17
									18
1	TRUBKA	ČSN 42 5715	11 500.0		1				19
2	MATICE M20	ČSN 02 1403							20
1	MATICE M20	ČSN 02 1401							21
4	MATICE M8	ČSN 02 1401							22
1	MATICE KM6	ČSN 02 3630							23
1	MATICE M70	ČSN 02 1450							24
4	ŠROUB M8 - 80	ČSN 02 1201							25
1	ŠROUB M6	ČSN 02 1143							26
1	ŠROUB M8 - 100	ČSN 02 1201							27
1	PODLOŽKA Ø21	ČSN 02 1753							28

KALÁŠEK

23. 5. 80

ODMĚRNÉ
ZARÍZENÍ

DP-VS-176/80-01-01

Číslo listu 3

list 2

1	STUL						DP-VS-176/ /80-01-00	1
4	VEDENÍ	ČSN 42 5121	11 373.0		1			2
4	POSUVNÉ TĚLESO	ČSN 42 5121	11 500.1	11 500	1			3
4	UPÍNAČÍ ČELIST	ČSN 42 5519	12 024.7	12 024.0	2			4
1	HŘÍDEL Ø80	ČSN 42 5510	11 700:2	11 700.0	1			5
1	KRYT	ČSN 42 5301	10 370		1			6
4	PÁKA	VÝKOVEK	12 052.7	12 052.0	2			7
4	PALEC	ČSN 42 5515	14 100.4	14 100.3	8			8
4	ČEP Ø20	ČSN 42 5515	12 060.6	12 060.2	2			9
1	POUZDRO	ČSN 42 5715	13 320.2	13 320.0	2			10
1	POUZDRO	ČSN 42 5715	13 320.2	13 320.0	2			11
1	STAHOVACÍ MATICE	ČSN 42 5510	11 500.0		1			12
2	ROZPÍN. KROUŽEK	ČSN 42 5715	11 700.2	11 700.0	1			13
4	VÍČKO	ČSN 42 5301	10 370		1			14
5	POUZDRO	ČSN 42 5715	11 700.2	11 700.0	1			15
1	HYDROVÁLEC	JHVJ 32/40						16
1	TĚLESO LOŽISKA	ČSN 42 5510	11 500.0		1			17
1	MATICE	ČSN 42 5510	11 500.0		1			18
1	LOŽISKO 51410	ČSN 02 4733						19
1	PÁKA	ČSN 42 5522	11 387.2	11 387.0	1			20
1	ČEP/Ø24	ČSN 42 5510	11 700.0		1			21
1	ČEP Ø16	ČSN 42 5510	11 700.0		1			22
1	TÁHLO	ČSN 42 5510	11 500.0		1			23
4	L-PODPĚRA	ČSN 42 5545	10 370		1			24
4	L-PODPĚRA	ČSN 42 5545	10 370		1			25
8	KRYT	ČSN 42 5301	10 370		1			26
8	LIŠTA	ČSN 42 5522	11 700.0		1			27
4	LIŠTA	ČSN 42 5522	11 700.0		1			28

KALÁŠEK

23. 5. 80

SKLÍČIDLO

DP-VS-176/80-02-00

