

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní
Katedra: obrábění a montáže Skolní rok: 1989/90

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DĚLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Martina S c h m i d t a
obor 23-20-08 výrobní stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

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

Název tématu: Jednouúčelové zařízení k vyvrtávání ok ojníc

Zásady pro vypracování:

1. Politicko-hospodářský rozbor.
2. Analýza současného stavu.
3. Návrh řešení a technologie.
4. Konstrukční zpracování.
5. Popis.
6. Technicko-ekonomické zhodnocení.
7. Závěr

V 112/90S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací: 5 výkresů + dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 30 stran textu

Seznam odborné literatury:

- 1/ DP - REISNER, VŠST 1975
- 2/ BRENÍK, P. - PÍČ, J.: Obráběcí stroje, Praha SNTL 1985
- 3/ CHVÁLA, B. - NEDBAL, J. - DUNAY, G.: Automatizace, Praha, SNTL 1985
- 4/ KÖNIG, V.: Jednouúčelové a stavebnicové stroje pro třískové obrábění, Liberec VŠST 1989
- 5/ Podklady ČKD Hronov

Vedoucí diplomové práce: Ing. Přemysl Pokorný, CSc.

Konzultant: s. Burdych - ČKD Hronov

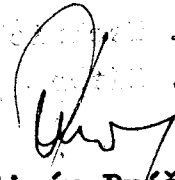
Datum zadání diplomové práce: 10. 10. 1989

Termín odevzdání diplomové práce: ~~1. 6. 1990~~ 7. srpna 1990




Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.

Vedoucí katedry


Prof. Ing. Vladimír Prašil, DrSc.

Děkan

v Liberci dne 10. 10. 1989

Výběh škola strojná a textilní v Liberci

Strojní

Textilní

roční: 22-23-24 výběh stroje a zařízení pro strojnickou výrobu

výběh: stroje a zařízení

ROZPOČTOVÉ LAŽENÍ K VYBÍRÁNÍ

KV - 20 - 20

Strojnická

Velikost práce Ing. Přemysl Pátrný, CSc., VÚP Liberec

Strojnická, Strojnická, VÚP Liberec

Roční práce 20

Roční práce 10

Roční práce 4

Roční práce 2

Roční práce nebo

Roční práce 0

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076762

Datum: 17. srpna 1990

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

obor: 23-20-08 výrobní stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření: Obráběcí a montážní stroje

JEDNOÚČELOVÉ ZAŘÍZENÍ K VYVRTÁVÁNÍ OK OJ11C

KVS - OS - 205

Martin Schmidt

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Pokorný, CSc., VŠST Liberec

Konsultant: p. Zdeněk Burdych, ČKD Hronov

Počet stran 77

Počet příloh 19

Počet tabulek 4

Počet obrázků 3

Počet modelů nebo

jiných příloh 0

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076762

Datum: 17. srpna 1990

MÍSTOPŘÍSAŽNÉ PROHLÁŠENÍ

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

Podpis: 

V Liberci dne 15. srpna 1990

Obsah:

	str.
Seznam použitých symbolů a zkratek	7
ÚVOD	8
1. POLITICKO-HOSPODÁŘSKÝ ROZBOR	10
2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	13
2.1. Výroba ojníc	13
2.1.1. Stručný technologický postup	14
3. NÁVRH ZJEDNODUŠENÉHO VŘETENÍKU	16
3.1. Zpevnění ramene vrtačky	16
3.2. Zjednodušený a normalizovaný vřeteník	16
3.3. Zpevnění vřetene proti radiálním silám	16
3.4. Vrtání oka u 27,5 B8	17
3.4.1. Vrtání na jádro	17
3.4.2. Vrtání zplna	17
3.4.3. Předvrtání pouze velkým vrtákem $\varnothing$ 70 mm	18
3.4.4. Vrtání stupňovitým vrtákem $\varnothing$ 25 mm a $\varnothing$ 70 mm	18
3.4.5. Postupné vrtání $\varnothing$ 30 mm, pak $\varnothing$ 73 mm	19
3.4.6. Vyvrtávací hlava s SK plátky	19
3.4.7. Vyvrtávací hlava s plátky z povlak. materiálů	19
3.4.8. Vyvrtávací hlava s noži z RO	21
3.5. Předběžný návrh posuvů a otáček	21
3.5.1. Jedny otáčky a jeden posuv	21
3.5.2. Otáčky plynule regulovatelné stejnosměrným elektro- motorem	22
3.5.3. Stupňovité řazení otáček a posuvů	22
3.6. Řazení	22
3.6.1. Elektrohydraulické řazení	23
3.6.2. Řazení pomocí elektromagnetických spojek nebo pomo-	

	str.
cí elektromagnetů a táhel	23
3.6.3. Ruční řazení	23
3.7. Skříň vrtačky	24
4. TECHNOLOGIE VÝROBY PŘI NOVÉM ŘEŠENÍ	25
4.1. Hrubování otvorů u ojnice 275 III	25
4.2. Hrubování otvorů u ojnice 27,5 B8	25
4.3. Vrtání na čisto	26
5. VÝPOČTY	27
5.1. Návrh elektromotoru	27
5.1.1. Výkon a řezné síly při vrtání $\varnothing$ 30 mm (27,5 B8) ...	27
5.1.2. Výkon a řezné síly při vrtání $\varnothing$ 73 mm	28
5.1.3. Výkon a řezné síly při vrtání $\varnothing$ 120 mm	28
5.1.4. Výkon a řezné síly při vrtání $\varnothing$ 122 mm (275 III) ..	29
5.1.5. Návrh elektromotoru	29
5.2. Návrh převodů	30
5.2.1. Převody otáčkové	30
5.2.2. Převody posuvové	32
5.3. Kontrola navržených kol	37
5.3.1. Kontrola ozubených kol na dotyk	37
5.3.1.1. Otáčková kola	39
5.3.1.2. Posuvová kola	42
5.3.2. Kontrola ozubených kol na ohyb	45
5.3.2.1. Otáčková kola	47
5.3.2.2. Posuvová kola	49
5.3.2.3. Pevnostní výpočet šneku a šnekového kola	51
5.4. Kontrola ložisek	54
5.4.1. Výpočet reakcí otáčkových kol	55
5.4.2. Výpočet reakcí posuvových kol	56
5.4.3. Kontrola ložisek otáčkových kol	61

5.4.4.	Kontrola ložisek posuvových kol	62
5.5.	Kontrola per a drážkování na otlačení a kolíku na střih	63
5.5.1.	Kontrola u otáčkových kol	64
5.5.2.	Kontrola u posuvových kol	66
5.6.	Kontrola hřídelů	67
6.	POPIS	68
6.1.	Kompletáž vrtacího stroje	68
6.2.	Hlavní parametry	68
6.3.	Protizávaží	69
6.4.	Popis práce při hrubování	70
6.4.1.	Hrubování otvorů u ojnice 27,5 B8	70
7.	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	72
7.1.	Obráběcí časy u ojnicí hlavy a oka při hrubování .	72
7.1.1.	Výpočet časů na hrubování u ojnicího oka	72
7.1.2.	Výpočet časů na hrubování u ojnicí hlavy.....	72
7.1.3.	Porovnání časů obou operací	73
7.2.	Výhody pracoviště na vrtačce VR 8A	73
7.2.1.	Úspora časů při hrubování a obrábění načisto	73
7.2.2.	Úspora a využití pracoviště	74
7.2.3.	Úspora vedlejších časů	74
8.	ZÁVĚR	75
	SEZNAM PŘÍLOH	76
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	77

Seznam použitých symbolů a zkratek:

RO	- rychlořezná ocel
SK	- slinutý karbid
n	- otáčky
s	- posuv na otáčku
v	- obvodová rychlost
D, d	- průměr
i	- převodové číslo
α	- úhel záběru
β	- úhel sklonu zubu
q	- součinitel
γ	- úhel stoupání šroubovice
b_n	- délka zubu
z_n	- náhradní počet zubů
ρ_n	- redukovaný poloměr křivosti v místě dotyku
F_N	- normální síla
F_A	- axiální síla
F_t	- obvodová síla
F_r	- radiální síla
μ	- poissonovo číslo
E	- modul pružnosti v tahu
L, l	- délka
p	- otláčení
τ_s	- napětí ve stříhu
M_N	- pracovní (nominální) kroutící moment
T, t	- obráběcí čas
p, k	- délka náběhu a přeběhu

Veškeré ostatní použité symboly jsou uvedeny u příslušných kapitol.

ÚVOD

Strojírenská výroba zaujímá v našem státě velice významné místo. Je to dáno především tím, že export většiny strojírenských výrobků musí z velké části uhradit iportní prostředky naší ekonomiky, zejména však surovin, energie a některých spotřebních předmětů. Má význam také národohospodářský, protože musí výrazně přispět k obohacení našeho vnitřního trhu. Odbyt strojírenských výrobků souvisí především s jejich kvalitou. Nynější doba nám otevřeně ukazuje, jak se promítají chyby v hospodaření na odbyt, především do západní Evropy. Toto je dáno především malou pružností reagovat na požadavky trhu, velkou zaostalostí strojního parku, administrativního zařízení. Největší zpoždění za světovým trendem je v elektrotechnice, mikroelektrotechnice a také ve strojírenství. Menší požadavky na kvalitu jsou příčinou, že o naše zboží v zahraničí je stále menší zájem. Světové trhy se snadno ztrácejí, ale jen velmi těžko se dobývají zpět. Zařízení nebo výrobek, který jednou ztratí své dobré jméno, je v dnešní době odsouzen k tomu, že minimálně několik let se bude navracet na bývalé místo. Jak již "dlouho víme" jedině výrazné změny ve struktuře a řízení našeho průmyslu mohou řešit nynější situaci a problémy. K úspěšnosti takových radikálních změn se musíme snažit přispět všichni co nejvíce.

Technologie vrtání velkých děr byla v minulosti okrajovou sférou strojního obrábění. Používala se především pro hrubovací práce. Práce dokončovací se prováděly jinými technologiemi /broušení, jemné soustružení/. Do popředí se dostala především tím, že se začaly využívat nová konstrukční provedení vyvrtávacích hlav. Tyto konstrukce spočívaly v tom, že se

ve výrobě začaly používat nové druhy obráběcích materiálů. Jako např.: destičky ze slinutých karbidů nebo destiček s povlakovanými materiály. Použití těchto nových materiálů přineslo zvýhodnění v tom, že se mohly zvýšit značně řezné podmínky, především však řezná rychlost. Dále se dospělo k tomu, že se mohly obrábět materiály o vyšších pevnostech. Zavedením nových materiálů dalo vznik i konstrukci nových vrtáků, jako např.: vrtání na jádro nebo vrtání velkých průměrů zcela. Tento problém však v našem strojírenství není dořešen, a proto se musíme obracet k západním firmám.

Použití těchto nových vrtáků a vyvrtávacích hlav se nejvíce uplatní na jednoúčelových obráběcích strojích. Velkou výhodou těchto jednoúčelových obráběcích strojů je to, že jsou přímo konstruovány na danou operaci i na dané řezné podmínky. Tímto se dá docílit velice efektivní výroby, která je bezpodmínečně nutná k tomu, aby naše strojírenství bylo jedním z nejefektivnějších oborů naší ekonomiky.

Dostáváme se k závěru, že jedním z nejvýhodnějších řešení ve strojírenské výrobě je zavádění a používání jednoúčelových obráběcích strojů. Tímto problémem se bude zabývat také diplomová práce.

1. POLITICKO-HOSPODÁŘSKÝ ROZBOR

Závod ČKD Hronov je oborově specializovanou organizační jednotkou státního podniku ČKD Praha, kombinát, která má určen hlavní organizační program v oborech:

- 161 - odlitky ze šedé litiny,
- 366 - specializované konstrukční uzly pro dieselmotory,
- 338 - převodová zařízení, především lodní reduktory a vratné převodovky,
- 405 - regulátory pro naftové motory,
- 482 - specializované konstrukční uzly pro dieselmotory.

Podíl výroby odlitků z celkové výroby postupně klesá. Vyrábějí se ručně formované odlitky ve váhovém rozsahu 20 - 4000 kg čisté váhy. Odlitky jsou určeny především pro vlastní spotřebu v závodě, dále jako výroba zboží pro externí zákazníky, s určitým podílem dodávek pro ostatní organizační jednotky kombinátu.

V oborech 366 - 482 má závod určen výrobní program uzlovou specializaci, stanovenou ředitelstvím kombinátu, podle níž je již dlouho zajišťována výroba dieselmotorů a dieselagregátů v ČKD Praha. Závod vyrábí podle převzaté dokumentace technologicky specifické konstrukční skupiny středních a těžkých naftových motorů. Jde například o skládané písty větších průměrů než je průměr 380 mm, 3x dělené ojnice, pístní čepy, ozubená kola, dmychadla a další díly. Podíl výroby těchto oborů činí zhruba 30 % z celkové výroby závodu.

V oboru 338 vyrábí závod lodní převodovky určené pro kompletáž lodních pohonů. Tyto převodovky závod sám vyvíjí nebo provádí konstrukční inovace na převzatých konstrukcích. Stále

větší význam mají nové typy, umožňující přenos vysokých výkonů, dosahovaných přeplňováním dieselmotorů. Výroba převodových zařízení má podíl 20 - 30 % na celkové výrobě závodu.

V oboru 405 vyrábí závod regulátory otáček naftových motorů středních a velkých výkonů a dodává je prakticky všem výrobcům naftových motorů v ČSFR jako monopolní dodavatel. Jedná se o technicky a výrobně značně náročné mechanicko-hydraulické, elektrické a elektronické zařízení. Regulátory ČKD Hronov snesou srovnání se zahraniční úrovní a jsou používány v dieselelektrických lokomotivách, dieselcentrálách pro výrobu elektrické energie, u lodních pohonů i na supertěžkých vozidlech například typu BELAZ s motory PA - 4. Regulátory mají podíl 25 - 30 % na celkovém objemu výroby závodu.

Zbývající část výroby závodu připadá na doplňkové výrobní obory, jakými jsou modelová zařízení, nářadí a jiné. Důležitost výroby závodu ČKD Hronov je dána tím, že jeho výrobky jsou určeny především pro nepřímý vývoz /kompletují finální exportní produkci kombinátu ČKD Praha a dalších závodů/, ale i tím, že existuje trvalá a stoupající poptávka, takže zásobá práce zajišťuje zaměstnanost a tím i prosperitu závodu.

Obory regulátorů a převodových zařízení jsou rozvojovými výrobními programy závodu ČKD Hronov a jsou také ve všech směrech vytvářeny předpoklady růstu jejich technické úrovně. Vedle nich se rozvíjí výroba v oborech zajišťující dodávky dílů a součástí naftových motorů, které svým množstvím a inovacemi jsou přímo závislé na rozvoji finálních oborů výrobců naftových motorů především v rámci kombinátu ČKD Praha. Způsob dosažení žádaného stupně rozvoje u nosných oborů závodu je založen na změnách uvnitř těchto oborů, především na technickém rozvoji a odbytových možnostech.

U regulátorů se počítá do roku 1995 s trvalým růstem výroby mechanicko-hydraulických motorů. Bude se jednat především o výrobu malého regulátoru do 5 Joulů pro méně náročné aplikace naftových motorů. Do roku 2000 se počítá s inovací stávajících regulátorů řady PI 200.

Převodová zařízení mají stanoven úkol technického rozvoje na vývoj převodovek k typům naftových motorů vyráběných v kombinátě ČKD Praha. S ohledem na specializaci výrobního programu kombinátu dojde ke změnám i v závodě ČKD Hronov. Bude se jednat o vymezení vyráběného sortimentu podle druhů, výkonů a provedení tak, aby došlo k ucelení výkonových řad a typů vyráběných převodovek.

Další rozvoj stávající technologie výroby vychází z trendu růstu výroby a váže se přímo na technický rozvoj, výrobkovou investici a na změny výrobní základny, zejména v jejím technickém vybavení. Současná technologie je pokroková a odpovídá skladbě a charakteru současného sortimentu vyráběné produkce. Převažují technologie obrábění /65 %/ prováděné na konvenčních strojích. Vyšší růst výroby lze dosáhnout nasazením a plným využitím NC center. Hlavní progresivní technologie jsou založeny na racionalizaci a modernizaci oboru 405 a 338, dále na zajišťování elektronických řídicích a regulačních systémů, na zavedení progresivní formy zkoušení výrobků, v oblasti řešení technologických celků, pak na centralizaci výroby, například ozubených kol, těles, vík a přírub. Dále na racionalizaci hospodaření s materiálem, organizací a řízením výroby a dále na konstrukci účelové a speciální výrobní techniky.

2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Jak již bylo uvedeno, závod ČKD Hronov vyrábí jako jeden ze specializovaných uzlů ojnice velkých naftových motorů. Jedná se o ojnice pro naftové motory od $\varnothing$ vrtání 275 do 430 mm, tj. konkrétně pro motory typu 6 SL 275 III, 6 SL 350, 9 SL 350, 8 DR, 6 L 27,5 B8. Skládá se z těchto hlavních částí: dříku s nalisovaným pouzdrům a připevněnou trubicou pro přívod oleje, ložiska a víka s axiálním vedením spojovacích lícovaných šroubů /4 nebo 2 ks podle typu ojnice/, matic a vložek. Hlavními detaily ojnice jsou dřík a ložisko s víkem, které dohromady tvoří ojnicí hlavu. Výstelka ojnicí hlavy je vylévána staniťovou kompozicí ČSN 42 3753.

2.1. Výroba ojníc

V současné době má největší podíl z celkové produkce výroba a kompletáž motorů typu 6 SL 275 III a 6 L 27,5 B8. Počet vyráběných ojníc typu 275 III je zhruba 500 ks ročně a ojníc 27,5 B8 1000 ks ročně. Z důvodu většího opotřebení se pro servis vyrábí zvlášť ojnicí hlavy v počtu přibližně 1000 ks ročně. Z toho je patrné, že se jedná o malosériovou výrobu.

Pro výrobu těchto ojníc bylo vytvořeno předmětné pracoviště. Při jeho řešení a realizaci byla hlavní pozornost zaměřena na zproduktivnění výroby ojníc, snížení materiálových a energetických nákladů, snížení fyzické a duševní námahy, zlepšení manipulace, zvýšení kvality a organizace práce. Tyto pracoviště se skládají z 11 strojů. Z toho jsou 3 stroje NC /2 karusely SKJ 8 NC, 1 fréza FCR 50 NC/, 2 stroje jednoúčelové /LKI 364, LKI 365/, 3 stroje řízené narážkami /navr-

távací a zarovnávací stroj FZWD 160 x 1600, portálová fréza FBDW 2 x 630 x 2000, pila PHA 27/ a 3 stroje konvenční /vrtačka VR 8 nebo VR 8A, vodorovná vyvrtávačka W 100 a soustruh SU 90 x 1250/.

Technologický postup výroby ojnice 275 III je částečně odlišný od výroby ojníc 27,5 B8. Tato odlišnost spočívá především v tom, že ojnice 275 III je dělená na 2 části a ojnice 27,5 B8 na 3 části /dřík, spodní a horní část ojniční hlavy/. Polotovar dříku je u 275 III výlisek a u 27,5 B8 zápusťkový výkovek /ojniční hlava je kompletně s polotovarem/. V průběhu technologického postupu se provádí rozříznutí na dvě části / u 27,5 B8 na tři části/. Vzhledem k požadované kvalitě výchozího materiálu jsou u polotovarů požadovány materiálové atesty u všech výlisků /výkovků/.

2.1.1. Stručný technologický postup

- výkovky /výlisky/ vydat v abecedně označených sadách pro motor dle hmotnosti v toleranci ± 2 kg
- kontrola atestů dle specifikace
- kontrola trhlin inkarem a odmagnetování
- celou ojnici prorýsovat, vyznačit osy, šíři řezu, číslo taby
- upnout na stůl, vyrovnat, oboustranně zarovnat náboje a vyvrtat důlky
- v hrotech soustružit průměry dle podrobnějšího postupu
- frézovat oboustranně velkou i malou hlavu, rovnoměrně rozdělit přídavek a srazit hrany
- brousit jednu stranu a kontrolovat kolmost
- upnout do přípravku na broušenou plochu a vyhrubovat společně

ně otvory v malé i velké hlavě, oboustranně srazit hrany
- rozříznout na 2 /3/ díly /před rozříznutím očíslovat v šabloně/

Další postup pro opracování dosedacích ploch dříku a víka ojniční hlavy /dříku, spodního a horního dílu ojniční hlavy/ se bude provádět dle specializovaného technologického postupu pro ojnice 275 III /27,5 B8/ viz. příloha č. 1 a č. 2.

Pro další řešení diplomové práce si budeme všimnout především ustavení a vyhrubování otvorů u obou ok ojnic. U ojnice 275 III se jedná o operaci č. 18 a u ojnice 27,5 B8 je to operace č. 15 /podrobnější technologický postup - viz. příloha č. 1 a č. 2/. V současné době se v této operaci provádí vyhrubování obou ok ojnice současně na vodorovné vyvrtávačce W 100. Po vyvrtání dochází k rozříznutí ojniční hlavy /u 27,5 B8 dojde ještě k odříznutí celé ojniční hlavy/, na které je dán přídavek na prořez u 275 III 10 mm a u 27,5 B8 12 mm. Při obrábění otvoru ojniční hlavy na čisto, po opracování dosedacích ploch a vyvrtání děr šroubů, dojde k opětovnému smontování ojniční hlavy. Po tomto smontování má díra ojniční hlavy čočkovitý tvar. Tento tvar není moc příznivý pro další obrábění na čisto, protože vzniká neplynulá hloubka odebírané třísky a tím dochází ke vzniku vibrací.

Tímto rozbořem se dostáváme až k účelu diplomové práce, čímž je navržení jednoúčelového zařízení pro vyvrtání ok ojnic.

3. NÁVRH ZJEDODUŠENÉHO VŘETENÍKU

Návrh spočívá v tom, že se vyvrtávání ojníc /ojničních ok/ přesune z vodorovné vyvrtávačky W 100 na standartní stroj, kterým je vrtačka VR 8 nebo VR 8A.

3.1. Zpevnění ramene vrtačky

Tato varianta nese s sebou řadu problémů, jakými jsou například zpevnění ramene vrtačky. Toto zpevnění se může provést nejlépe pomocí normalizovaného sloupu, který se vyrábí společně s vrtačkou, a který výrobce na požádání zašle.

3.2. Zjednodušený a normalizovaný vřeteník

Druhým problémem je, že dva normalizované vřeteníky se na rameno vrtačky sice vejdou, ale pro vyvrtávání ojníc 275 III /27,5 B8/ se nedostanou na požadovanou rozteč 700 mm /766/. Proto se zde nabízí otázka řešení vřeteníku, který by byl především užší, a tím jednodušší. Pro náš případ by stačilo, aby nový vřeteník měl troje otáčky a dvě posuvové rychlosti vřetene, rychloposuv a reverzaci. Na rameno vrtačky dáme jeden vřeteník normalizovaný a jeden vřeteník zjednodušený, aby náklady na výrobu vřeteníku byly co nejmenší.

3.3. Zpevnění vřetene proti radiálním silám

Jako třetí problém se jeví zpevnění vedení vřetene proti radiálním vychylkám při vyvrtávání. Tento problém se dá vyřešit naváděcím trnem vyvrtávací hlavy, který by byl veden

v pouzdře. Z toho je patrné, že přípravek pro upnutí bude muset obsahovat i toto vedení. S tímto problémem je spojeno i to, že ojnice 27,5 B8 má u menšího oka neprůchozí díru, čímž vzniká problém s navrtáváním.

Při návrhu vřeteníku budeme nejvíce sledovat operaci vrtání otvoru v oku u ojnice 27,5 B8, kde jak je patrné z výkresu výkovku /příloha č. 3/, není průchozí otvor.

3.4. Vrtání oka u 27,5 B8

3.4.1. Vrtání na jádro

Tato varianta by byla na řezné časy sice velmi výhodná, ale vyskytl se zde problém s tuhostí vrtáku /členitý výkovek/, ze kterého by plynulo jeho spodní vedení, což je při vrtání na jádro velmi složité. Další problém by nastal s odvedem třísek pomocí tlakového oleje, kde by se musela dořešit otázka výroby a přívodu tlakového oleje a krytí proti roztržku. Problém by byl také s nákupem tekového vrtáku, který se tak velký v ČSFR nevyrábí. Bylo by nutné obrátit se na zahraniční firmy, např.: SANDVIK Coromant, SIG, SECO /problém s valutami/ nebo si vrták zhotovit ve vlastním závodě. Tato varianta by se vyplatila především pro sériovou a velkosériovou výrobu a ne pro výrobu kusovou, jak je patrné z bodu 2.1.

3.4.2. Vrtání zplna

Tato varianta je také časově velmi výhodná, oproti předchozí variantě zde odpadá problém se spodním vedením vrtáku, protože tento vrták je dostatečně tuhý a může vrtat i do šikmých

ploch. Odpadá problém s odvodem třísek. Tato varianta naráží však na další problémy, například:

příliš velký elektromotor /asi 25 kW/, zachytávání axiální síly, která by byla asi 70 000 - 80 000 N. Problém s opatřením nástroje je jako u bodu 1. Avšak ani zahraniční firma nezaručuje požadované řezné vlastnosti u takto velkých průměrů vrtáků. Otázkou je také trvanlivost destiček z SK. Protože se jedná o dost velký průměr /120 mm/, tak destičky u středu by měly mnohem větší životnost než destičky na okraji /hraje zde roli řezná rychlost, která je funkcí ϕD /.

Tato varianta by měla uplatnění v sériové a velkosériové výrobě.

3.4.3. Předvrtání pouze velkým vrtákem $\phi 70$ mm

Toto řešení nese s sebou problém s axiální silou /asi 50 000 N/.

Protože tyto vrtáky jsou konstruovány pro předvrtané díry, mají velkou špičku. Tím by nastalo to, že by ve středu díry byly značně velké měrné tlaky a teploty, protože zde není požadovaná řezná hrana. Muselo by se provádět podbroušení špičky nástroje, čím by se narušila celá koncepce nástroje a hlavně jeho životnost.

3.4.4. Vrtání stupňovitým vrtákem $\phi 25$ mm a $\phi 70$ mm

Toto řešení sice přináší úsporu řezných časů při předvrtání, ale s tímto problémem se my nepotřebujeme vyrovnávat, protože vrtáme současně otvor do hlavy i oka. Časy pro vrtání otvorů do hlavy jsou mnohem delší, jak je patrné z výpočtů.

Tento způsob má však nevýhodu v tom, že je zde komplikované opakované broušení. Musíme také počítat s určitým kompromisem otáček a posuvů pro oba průměry, čímž se změní hodně základní trvanlivosti nástrojů.

3.4.5. Postupné vrtání $\varnothing$ 30 mm, pak $\varnothing$ 73 mm

Pro předvrtání díry jsem zvolil nejdříve vrták $\varnothing$ 30 mm a pak vrták $\varnothing$ 73 mm. $\varnothing$ 73 mm je volen z toho důvodu, aby bylo zaručené dostatečné spodní vedení, které bude 70 mm. Oba tyto vrtáky mají takřka optimální řezné podmínky.

Po předvrtání díry na $\varnothing$ 73 mm nastaly další problémy při vyvrtávání otvorů o $\varnothing$ 120 mm.

3.4.6. Vyvrtávací hlava s SK plátky

Tento způsob umožňuje zvýšení řezných rychlostí, ale ne na tolik, aby životnost nože s SK plátky byla úměrná oproti nožům z RO. Nože s SK plátky potřebují speciální nožové držáky, zatím co nože z RO se brousí z polotovarů a jejich výroba je velmi snadná a rychlá, možno je mnohem vícekrát ostřit než je počet řezných hran u destiček. Při obrábění se často stává, že se nůž zalomí nebo úplně zničí, a to si u nožů s SK plátky nemůžeme finančně dovolit.

3.4.7. Vyvrtávací hlava s plátky z povlakových materiálů

Má stejné výhody i nevýhody jako vyvrtávací hlava s noži s SK plátky. Výraznější nedostatek je pouze v tom, že u nás povlakové materiály jsou "pouze" ve vývojovém stádiu a tudíž

se nelze spolehnout na stejnou kvalitu povlaků u všech destiček /zkušenost z praxe/ a dovoz téměř nepřichází v úvahu /problém s valutami/.

V návrhu bylo též několik variant uspořádání nožů ve vyvrtávací hlavě /2, 3 nebo 4 nože/. Tyto varianty byly závislé především na řezných silách, které působí na jednotlivé nože.

3.4.8. Vyvrtávací hlava s noži z RO

Po všech těchto kritériích jsem se rozhodl dát nože z RO, které jsou lehce dostupné, v závodě výrobitelné a finančně nejméně náročné. Ve vyvrtávací hlavě jsou uspořádány tak, že dva nože jsou naproti sobě stupňovitě nad sebou.

3.5. Předběžný návrh posuvů a otáček

Jak bylo uvedeno, bude se jednat o jeden vřeteník normalizovaný a jeden zjednodušený. Zjednodušený vřeteník bude na rameně vrtačky připevněn napevno /nedalo by se s ním pohybovat/ a normalizovaný by se pohyboval /vyvrtávání posunutých otvorů u ojnicí hlavy/. Pevný zjednodušený vřeteník by tedy vyvrtával ojnicí oka.

Pro tuto možnost se nabízejí tři varianty řešení vřeteníku.

3.5.1. Jedny otáčky a jeden posuv

Vřeteník by byl pouze pro jedny otáčky a jeden posuv, protože poměr $\frac{D1}{D2} = \frac{122}{120} = 1,01667$ což je téměř stejný rozměr a na řezné podmínky by to nemělo mít žádný vliv, protože se jedná o operaci brubování.

D1 Ø ojničního oka u 275 III

D2 Ø ojničního oka u 27,5 B8

V tomto bodě nastává problém v tom, že ojnice 27,5 B8 nemá průchozí otvor v ojničním oku. Tento otvor by se musel předvrtávat na jiném pracovišti /stroji/.

3.5.2. Otáčky plynule regulovatelné stejnosměrným elektromotorem

Otáčky vřetene by byly plynule regulovatelné stejnosměrným elektromotorem. Jde o to, aby se na jednom stroji nechala dělat celá operace s předvrtáním a vyhrubováním kompletně u ojnic 27,5 B8. Toto řešení však s sebou nese otázku usměrňovače /jeho umístění na stroji/ a pak také plynulost dodávky energie, aby se neměnil moc výkon, a tím i výstupní kroučící moment.

3.5.3. Stupňovité řazení otáček a posuvů

Otáčky vřetene by se měnily stupňovitě. Jednalo by se o třístupňové řazení, kde poslední stupeň by byl stejný pro hrubování ojnic 27,5 B8 a pro ojnice 275 III, protože konečné otvory ok pro hrubování jsou téměř stejné /viz. bod 3.5.1./.

3.6. Řazení

Tento jednoúčelový stroj má pouze 2 posuvové + rychloposuv a reverzací a 3 otáčkové stupně. Tyto stupně jsou patrně z řezných podmínek uvedených v kapitole 5.1.

3.6.1. Elektrohydraulické řazení

Toto řešení se používá u moderních strojů, které mají větší rozsah posuvů a otáček. Touto variantou by se návrh zkomplikoval v tom, že by se musela zajistit výroba, rozvod a utěsnění tlakového média. Muselo by se jednat o dobré utěsnění, protože je zde kombinována hydraulická energie s energií elektrickou.

3.6.2. Řazení pomocí elektromagnetických spojek nebo pomocí elektromagnetů a táhel

Tyto varianty by byly dosti náročné na stavební prostor vrtačky, zvláště pak její výšku.

Ve všech těchto variantách by se dospělo ke zvýhodnění práce obsluhy stroje, která by stroj ovládala pouze tlačítky, ale na druhé straně by se zkomplikovala celá výroba a údržba zařízení. Z hlediska uplatnění by všechny varianty bylo možno použít pro stroj, který by měl velký rozsah posuvů i otáček.

3.6.3. Ruční řazení

Po zvážení všech hledisek pro řadící systém vyšel jako nejvýhodnější ruční kulisový řadící systém. Tento způsob řazení je konstrukčně a výrobně velmi jednoduchý a po funkční stránce dosti spolehlivý. Jeho konstrukce je provedena pomocí suvných a rotačních systémů spojených kulisou. Jištění v daných polohách je provedeno kuličkou a pružinou.

Při tomto řazení musí však na vrtačce být nápis:

"ŘADIT POUZE ZA KLIDU".

3.7. Skříň vrtačky

Další problém byl s návrhem skříně vrtačky. Pro srovnání uvádím některé požadavky na svařované a lité skříně: V současné době není jasné, je-li výhodnější svařovat nebo odlévat. Pro velké součásti je zapotřebí při svařování více pracovníků než při odlévání. Jedná se především o vysoce kvalifikovaného svářeče, dosti velký polohovací stroj s manipulačním zařízením. Po svaření je zapotřebí v každém případě součást vyžít za odstraněním vnitřního pnutí. To představuje u velkých výrobků velmi velké žíhací pece. Při svařování v některých místech nelze někdy zaručit dokonalé svařování ze všech stran /"menší" zaručená pevnost sváru u součásti/. Bezesporu lepší design je u odlévaných výrobků než u svařovaných. Na druhé straně je však svařování lepší pro menší počet vyráběných dílů, protože u odlévání musíme vyrobit model, který má trvanlivost několik desítek kusů výrobků a je dosti pracný.

Po zvážení všech hledisek a vzhledem k možnostem závodu ČKD Hronov vyšla jako lepší varianta odlévaná skříň. Hlavní hledisko proč skříň bude litá je, že závod ČKD Hronov má v místě vlastní slévárnu a především nemá větší žíhací pece, které by byly bezpodmínečně nutné. Po svaření by nastal problém s dopravou svařence k vyžítání, což by bylo v dnešní době dosti finančně a ekonomicky nerentabilní.

4. TECHNOLOGIE VÝROBY PŘI NOVÉM ŘEŠENÍ

Jak již bylo uvedeno, bude zjednodušený vřeteník vyvrtávat otvory v ojničním oku. Tento vřeteník bude připevněn na ramenu vrtačky VR 8A napevno.

4.1. Hrubování otvorů u ojnice 275 III

Při této operaci budeme provádět dvojí hrubování otvoru v ojniční hlavě. Otvor v ojniční hlavě se bude hrubovat 5-6 mm od osy na obě strany. Toto posunutí přibližně souhlasí s pří-
davkem na prořez.

Ojniční oko se bude hrubovat na $\varnothing 122$ mm společně s ojniční hlavou. Tyto dvě operace budou probíhat současně při hrubování prvního otvoru v ojniční hlavě. Po vyvrtání ojniční hlavy bude tvar otvoru téměř shodný s tvarem otvoru na výkrese výlisku.

4.2. Hrubování otvorů u ojnice 27,5 B8

Hrubování ojniční hlavy se bude provádět stejně jako u ojnice 275 III v bodě 4.1.

Ojniční oko se bude vyvrtávat nejdříve vrtákem $\varnothing 30$ mm, potom vrtákem $\varnothing 73$ mm (spodní vedení má $\varnothing 70$ mm) a nakonec vyvrtávací hlavou $\varnothing 120$ mm.

Vrtání $\varnothing 30$ mm a $\varnothing 73$ mm se bude provádět při prvním hrubování ojniční hlavy a vyvrtávání na $\varnothing 120$ mm při druhém hrubování ojniční hlavy.

Jak je patrné z výše uvedeného postupu, bude nutné sledit hlavní a vedlejší časy na vyvrtání otvorů $\varnothing 30$ mm a $\varnothing 73$ mm s řezným časem hrubování ojniční hlavy.

Vyvrtávání otvoru v ojnicním oku na $\varnothing 120$ mm a druhé hrubování ojnicní hlavy bude probíhat současně. Řezné podmínky a délka obrábění jsou přibližně stejné. Z toho plyne, že i obráběcí časy budou téměř shodné.

4.3. Vrtání načisto

Při použití nové technologie dojde ke zlepšení obrábění načisto.

Toto zlepšení spočívá v tom, že po rozříznutí ojnicní hlavy, opracování dosedacích ploch a opětovném smontování, má ojnicní hlava téměř kruhový tvar. Z toho plyne, že se zlepší řezné podmínky, než byly u předchozí technologie. U předchozí technologie byla velmi neplynulá odebíraná tříska (čočkovitý tvar), a tím docházelo ke chvění, což mělo vliv na konečnou jakost obrábění.

Při této technologii se může také zvýšit přídavek na hrubování, a tím se sníží přídavek při vyvrtávání načisto. Z toho lze předpokládat, že dojde ke zvýšení řezné rychlosti při obrábění načisto.

5. VÝPOČTY

5.1. Návrh elektromotoru

Elektromotor navrhne z řezných podmínek /kroucí moment, řezná síla, výkon/.

Koeficienty dle literatury /1/.

Seznam vzorců:

$$M_k = c \cdot (D - d)^{1+x} \cdot s^y \quad (1) - \text{kroucí moment}$$

$$F_z = \frac{2 \cdot M_k}{D} \quad (2) - \text{řezná síla na 1 nůž}$$

$$F_x = c_x \cdot D^x \cdot s^{y'} \quad (3) - \text{osová síla}$$

$$P = M_k \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \quad (4) - \text{výkon}$$

$$F_z = k_s \cdot h^x \cdot s^y \quad (5) - \text{řezná síla na 1 nůž}$$

$$M_k = F_z \cdot \frac{D + d}{2} \quad (6) - \text{kroucí moment}$$

$$F_x = 0,8 F_z \quad (7) - \text{osová síla}$$

5.1.1. Výkon a řezné síly při vrtání $\varnothing 30$ mm /ojnice 27.5B8/

Výpočet proveden dle vzorců (1, 2, 3, 4).

mat. 15 260 . 3

$$- \sigma_{Pt} = 700 \text{ MPa}$$

$$- s = 0,2 \text{ mm}$$

$$- n = 200 \text{ min}^{-1}$$

$$- v = 19 \text{ m/min}$$

$$- D = 30 \text{ mm}$$

$$M_k = 310 \cdot 30^{1+0,9} \cdot 0,2^{0,8} = 54,8 \text{ Nm}$$

$$F_z = \frac{2 \cdot 54,8}{0,03} = 4007 \text{ N}$$

$$F_x = 780 \cdot 30^1 \cdot 0,2^{0,7} = 7585 \text{ N}$$

$$P = 54,8 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{200}{60} = 1,15 \text{ kW}$$

5.1.2. Výkony a řezné síly při vrtání Ø 73 mm

Výpočet proveden dle vzorců (1, 2, 3, 4).

mat. 15 260.3

- s = 0,5 mm
- n = 65 min⁻¹
- v = 15 m/min
- D = 73 mm
- d = 30 mm

$$M_k = 310 \cdot (73 - 30)^{1+0,9} \cdot 0,5^{0,8} = 226 \text{ Nm}$$

$$F_z = \frac{2 \cdot 226}{0,073} = 6795 \text{ N}$$

$$F_x = 780 \cdot (73 - 30)^1 \cdot 0,5^{0,7} = 20646 \text{ N}$$

$$P = 226 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{65}{60} = 1,54 \text{ kW}$$

5.1.3. Výkony a řezné síly při vrtání Ø 120 mm

Výpočet proveden dle vzorců (4, 5, 6, 7).

mat. 15 260.3

- s = 0,2 mm
- n = 50 min⁻¹
- v = 12 - 20 m/min
- D = 120 mm
- d = 73 mm

$$F_z = 220 \cdot 11,75^1 \cdot 0,2^{0,78} = 7367 \text{ N}$$

$$M_k = 7367 \cdot \left(\frac{120 + 73}{2} \right) \cdot 10^{-3} = 710,9 \text{ Nm}$$

$$F_x = 20,8 \cdot 7367 = 11787 \text{ N}$$

$$P = 710,9 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{50}{60} = 3,74 \text{ kW}$$

5.1.4. Výkon a řezné síly při vrtání Ø 122 mm /ojnice 275 III/

Výpočet proveden dle vzorců (4, 5, 6, 7).

mat. 14 33.3

$$- \sigma_{Pt} = 750 \text{ MPa}$$

$$- s = 0,2 \text{ mm}$$

$$- n = 50 \text{ min}^{-1}$$

$$- v = 12 - 20 \text{ m/min}$$

$$- D = 122 \text{ mm}$$

$$- d = 90 \text{ mm}$$

$$F_z = 2200 \cdot 8^1 \cdot 0,2^{0,78} = 5016 \text{ N}$$

$$M_k = 5016 \cdot \left(\frac{122 + 90}{2} \right) \cdot 10^{-3} = 532 \text{ Nm}$$

$$F_x = 2 \cdot 0,8 \cdot 5016 = 8026$$

$$P = 532 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{50}{60} = 2,79 \text{ kW}$$

Poznámka: Pro návrh výkonu motoru se nepočítá s výkony od posuvových kol, které jsou velmi malé.

5.1.5. Návrh motoru

Motor navržen dle maximálního výkonu, který vyšel v bodě
• a dle literatury /4/.

Trojfázový asynchronní motor s kotvou na krátko, zavřený.

Typ: F 1 6 0 M 0 8

Parametry: $P = 5,5 \text{ kW}$; $n = 715 \text{ min}^{-1}$; $M_N = 74 \text{ Nm}$; $\eta = 85 \%$

5.2. Návrh převodů

5.2.1. Převody otáčkové

Ideální převody:

n - otáčky elektromotoru (715 min^{-1})

$$i'_I = \frac{n}{n_1} = \frac{715}{200} = 3,575$$

$$i'_{II} = \frac{n}{n_2} = \frac{715}{65} = 11$$

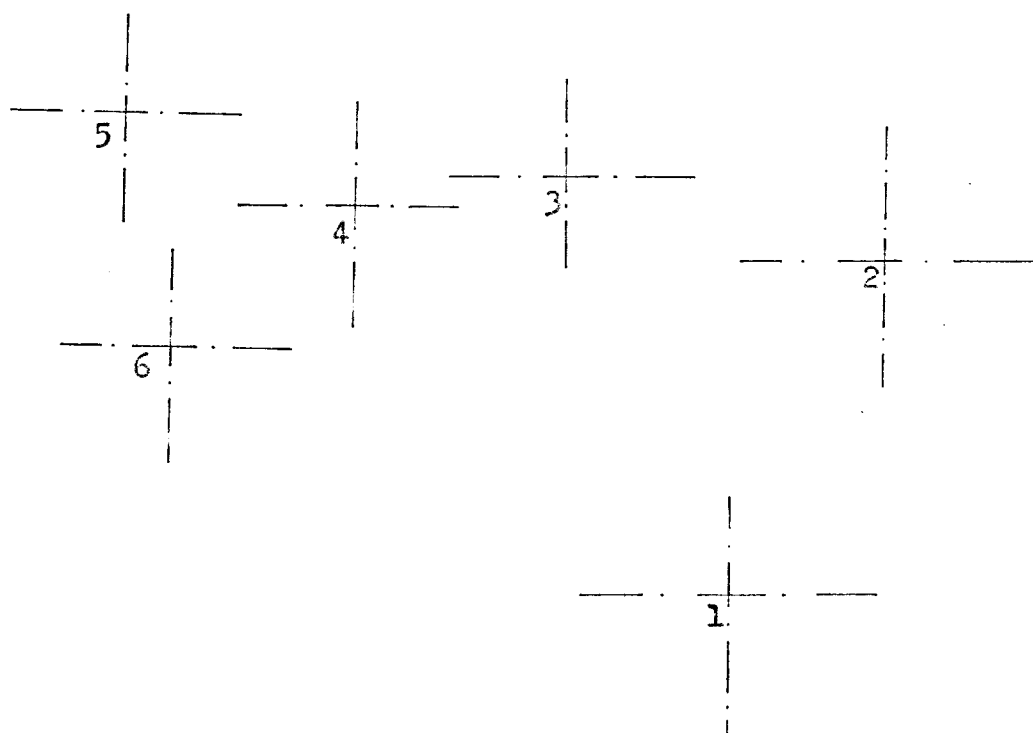
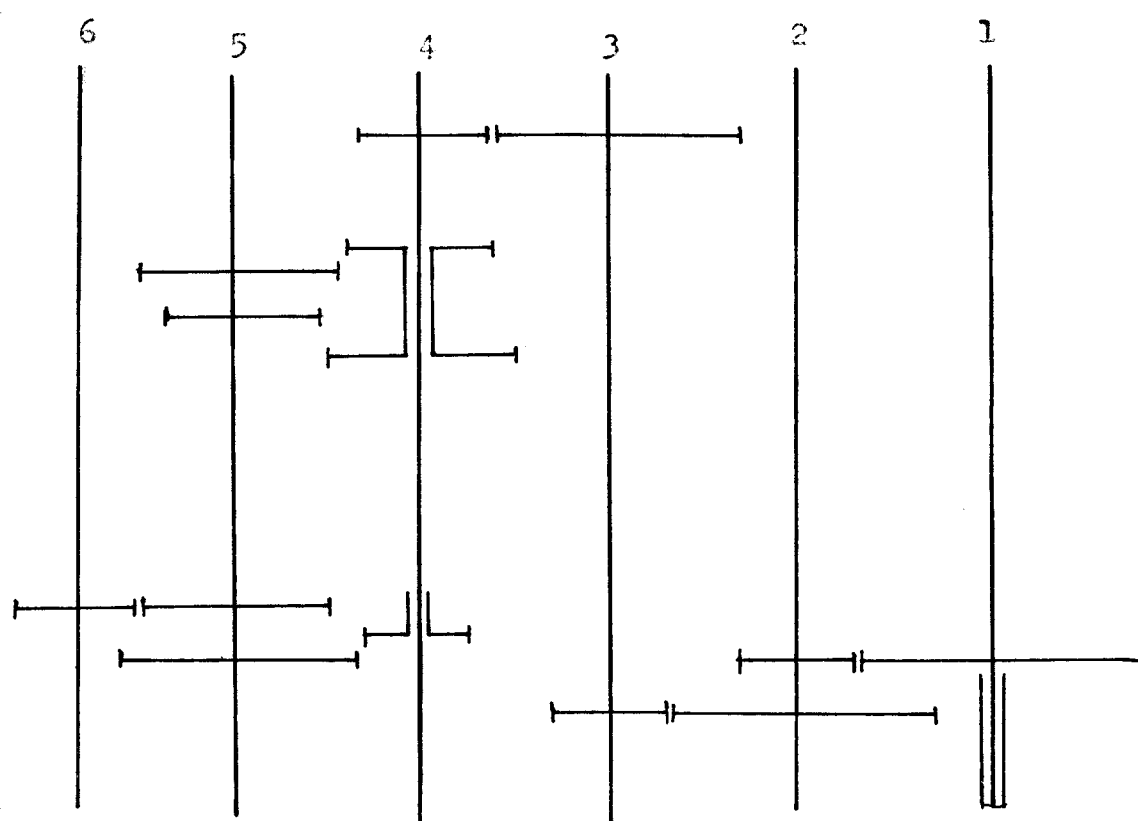
$$i'_{III} = \frac{n}{n_3} = \frac{715}{50} = 14,30$$

Volba kol (dle obrázku 1).

Tabulka T.1

i	HŘÍDEL	MODUL	KOLA	PŘEVOD
1	1 - 2	4	$\frac{40}{20}$	2
2	2 - 3	4	$\frac{30}{20}$	1,5
3	3 - 4	3	$\frac{40}{20}$	2
4	4 - 5	2,5	$\frac{37}{23}$	1,6067
5	4 - 5	2,5	$\frac{33}{27}$	1,2222
6	4 - 5	2,5	$\frac{17}{43}$	0,3954
7	5 - 6	2	$\frac{54}{36}$	1,5

Obrázek č. 1 - Rozložení kol a hřídelů u otáčkových kol



Zvolené převody a otáčky

$$i_I = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_6 \cdot i_7 = 2 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 0,3954 \cdot 1,5 = 3,56$$

$$i_{II} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_5 \cdot i_7 = 2 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 1,222 \cdot 1,5 = 11,00$$

$$i_{III} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_7 = 2 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 1,6067 \cdot 1,5 = 14,48$$

$$n_1' = \frac{n}{i_I} = \frac{715}{3,56} = 200,85 \text{ min}^{-1}$$

$$n_2' = \frac{n}{i_{II}} = \frac{715}{11} = 65,00 \text{ min}^{-1}$$

$$n_3' = \frac{n}{i_{III}} = \frac{715}{14,48} = 49,38 \text{ min}^{-1}$$

5.2.2. Převody posuvové

Ideální převody:

$$i_{IV}' = \frac{z \cdot d}{s_1} = \frac{3,14 \cdot 68}{0,2} = 1068,1$$

$$i_V' = \frac{z \cdot d}{s_2} = \frac{3,14 \cdot 68}{0,5} = 427,26$$

Rychloposuv a reverzace; zařazeny při n_1' ($200,85 \text{ min}^{-1}$).

$$i_r' = 21$$

Volba kol (dle obrázku 2)

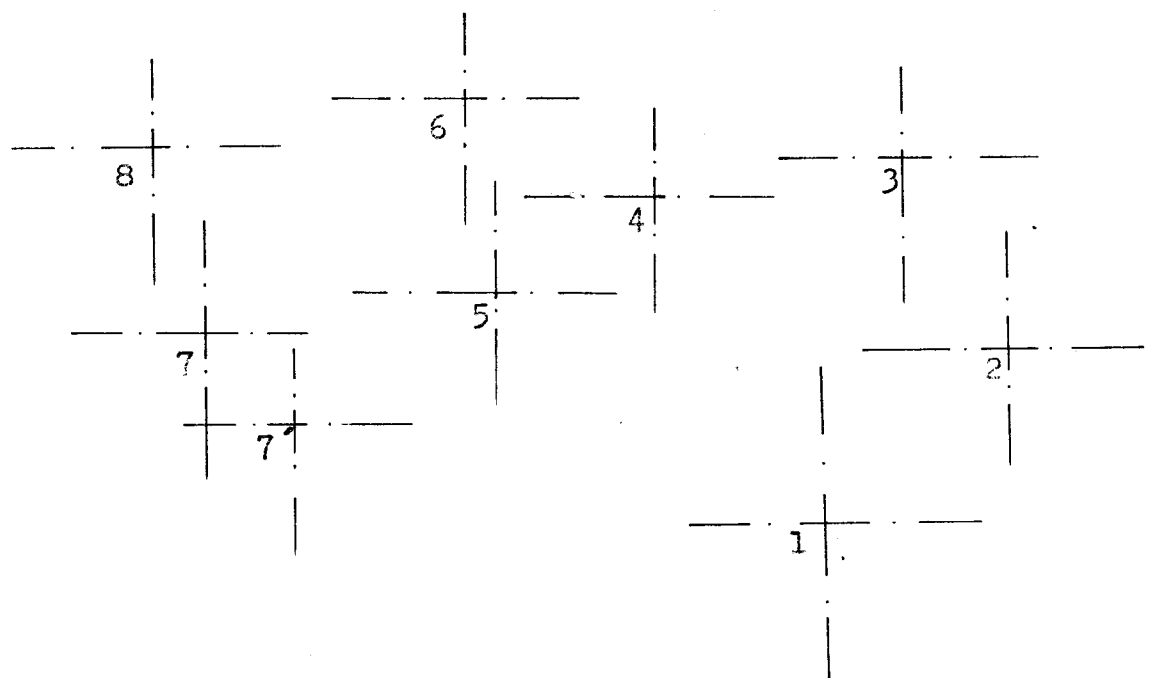
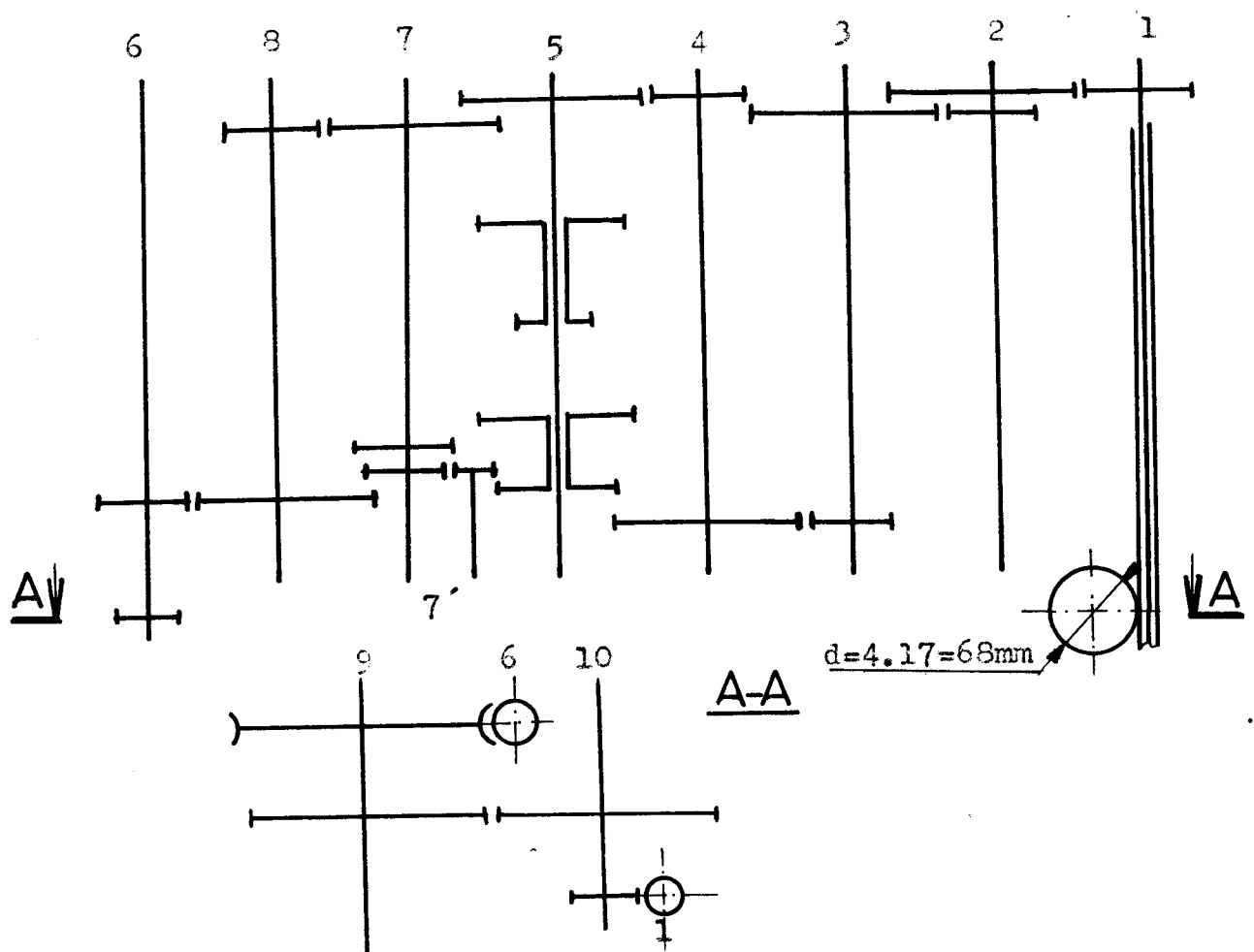
Tabulka T.2

i	HŘÍDEL	MODUL	KOLA	PŘEVOD
8	1 - 2	2	$\frac{56}{31}$	1,8065
9	2 - 3	2	$\frac{55}{22}$	2,5

Pokračování T.2

i	HŘÍDEL	MODUL	KOLA	PŘEVOD
10	3 - 4	2	$\frac{55}{22}$	2,5
11	4 - 5	2	$\frac{57}{19}$	3
12	5 - 6	3	$\frac{30}{19}$	1,5790
13	5 - 6	3	$\frac{19}{30}$	0,6333
14	5 - 7	2	$\frac{18}{57}$	0,3156
15	5 - 7	2	$\frac{17}{54}$	- 0,3148
16	7 - 8	2	$\frac{16}{56}$	0,2963
17	8 - 6	2	$\frac{18}{54}$	0,3333
18	6 - 9	4	$\frac{40}{2}$	20
19	9 - 10	4	$\frac{33}{33}$	1

Obrázek č. 2 - Rozložení kol a hřídelů u posuvových kol



M_K - maximální krouticí moment na hřídeli

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_{DK}}} \quad - \text{předběžný návrh průměru hřídele z } M_K$$

τ_{DK} - dovolené napětí v krutu

n - otáčky při maximálním kroutícím momentu

Veškeré hodnoty v tabulkách jsou vypočteny pro nástroj, který není ještě otupený. Pro otupený nástroj by M_K vzrůstal, a tím by vzrůstal i předběžný průměr d .

Tabulka T.3

HŘÍDEL	$M_{Kmax}/Nm/$	$\varnothing d /mm/$	$\tau_{DK}/MPa/$	$n /min^{-1}/$
1	711	34,9	85	49,4
2	355,5	27,7	85	98,8
3	237	24,2	85	148,2
4	118,5	18,8	90	296,4
5	73,6	17,9	65	476,8
6	49	15,7	65	715,0

Tabulka T.4

HŘÍDEL	M_{Kmax} /Nm/	$\varnothing d$ /mm/	τ_{DK} /MPa/	n /min ⁻¹ /
1	1,63	4,6	85	65,0
2	3	6,2	65	36,0
3	7,4	8,2	65	14,4
4	18,5	11,3	65	5,8
5	55,5	16,3	65	1,9
6	35,1	14,0	65	3,0
7	11,5	9,7	65	18,7
8	3,4	6,4	65	63,1
9	702	34,2	90	0,152
10	702	34,2	90	0,152

Zvolené převody

$$i_{IV} = i_8 \cdot i_9 \cdot i_{10} \cdot i_{11} \cdot i_{12} \cdot i_{18} \cdot i_{19} = 1,8065 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 1,579 \cdot 20 \cdot 1 = 1069,66$$

$$i_V = \frac{i_{IV}}{i_{12}} \cdot i_{13} = \frac{1069,66}{1,579} \cdot 0,6333 = 429,01$$

$$i_r = i_8 \cdot i_9 \cdot i_{10} \cdot i_{11} \cdot i_{14} \cdot i_{16} \cdot i_{17} \cdot i_{18} \cdot i_{19} = 1,8065 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 0,3158 \cdot 0,2963 \cdot 0,3333 \cdot 20 \cdot 1 = 21,13$$

reverzace

$$i'_r = \frac{i_r}{i_{14}} \cdot i_{15} = \frac{21,13}{0,3158} \cdot (-0,3148) = -21,06$$

5.3. Kontrola navržených kol

Veškerá ozubená kola ve vrtačce jsou broušená, čímž je zaručena dobrá zabíhatelnost. Veškeré ozubení mazána tukem A 4 ČSN 656946 /AV 2 ČSN 65 6946/. Toto mazání tukem si můžeme dovolit, protože kola mají malé otáčky a dobrou zabíhatelnost.

Kola, která jsou určena pro řazení mají zuby přímé s úhlem záběru. Kola určená pouze pro přenos kroutícího momentu mají zuby šikmé s úhlem záběru $\alpha = 20^\circ$ a s úhlem sklonu zubů $\beta = 15^\circ$. Pouze zuby, kde je prováděný výpočet na osovou vzdálenost, mají úhel dle výpočtu (hřídel 9-10). Tyto šikmé zuby jsou především proto, aby byla zaručena menší hlučnost celého stroje. Veškerá soukolí jsou kontrolována na kontaktní napětí a tlaky.

5.3.1. Kontrola ozubených kol na dotyk

Význam jednotlivých označení:

- σ_{Hlim} - časovaná kontaktní pevnost pro $N_{lim} = 5 \cdot 10^7$ cyklů,
 σ_H - srovnávací napětí v dotyku (srovnávací kontaktní napětí) ve valivém bodě ozubeného soukolí,
 Z_L - součinitel maziva, který sleduje vliv druhu maziva a jeho viskozity,
 Z_v - součinitel obvodové rychlosti,
 Z_R - součinitel drsnosti boků zubů,
 Z_X - součinitel velikosti (klade se $Z_X = 1$),
 d - průměr roztečné kružnice pastorku,
 $u = Z_2/Z_1$ - převodové číslo,
 Z_M - součinitel materiálu,
 Z_H - součinitel tvaru zubů pro běžné ozubení a nástroj se základním profilem podle ČSN 01 4607,
 Z_ϵ - součinitel součtové délky stykových čar zubů podle vzorců (11) pro přímé zuby a (12) nebo (13) pro šikmé zuby,
 K_H - součinitel přídatných zatížení,
 K_I - provozní součinitel; obdobně jako při výpočtu na ohyb,
 K_V - součinitel vnitřních dynamických sil; obdobně jako při výpočtu na ohyb,
 $K_{H\beta}$ - součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů podél stykových čar,
 $K_{H\alpha}$ - součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů,
 s_{Hmin} - minimální součinitel bezpečnosti proti tvorbě pittingu,

Seznam použitých vzorců:

$$s_H = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_L \cdot Z_v \cdot Z_R \cdot Z_X}{\sigma_H} \quad (8)$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_t}{b_w \cdot d_1} \cdot \frac{(u+1)}{u} \cdot K_H \cdot Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon} \quad (9)$$

$$K_H = K_I K_V K_{H\beta} K_{H\alpha} \quad (10)$$

Součinitel součtové délky stykových čar boků zubů Z_E podle ČSN 01 4686.

Pro přímé zuby:

$$Z_E = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} \quad (11)$$

Pro šikmé zuby:

a) $V + W \quad 1,0$

$$Z_E = \sqrt{\frac{\varepsilon_\beta}{\varepsilon_\alpha \cdot \varepsilon_\beta - V \cdot W}} \quad (12)$$

b) $v + W \quad 1,0$

$$Z_E = \sqrt{\frac{\varepsilon_\beta}{\varepsilon_\alpha \cdot \varepsilon_\beta - (1-V) \cdot (1-W)}} \quad (13)$$

V - čas číselné hodnoty součinitele záběru ε_α za des.čárkou

W - čas číselné hodnoty součinitele záběru ε_β za des.čárkou

Veškeré koeficienty, které nelze vypočítat jsou nalezeny dle literatury /3/.

Veškeré momenty jsou počítány z M_k v tab. T.3 a T.4 a převodových čísel v tabulce T.1 a T.2.

5.3.1.1. Otáčková kola (dle obrázku č. 1 tabulky T.1)

σ_H - dle vzorců (9, 10, 11 nebo 12 nebo 13, 17);

s_H - dle vzorce (10)

Některé koeficienty jsou obsaženy v následující kapitole

Hřídele 1 - 2

$M_2 = 355,5 \text{ Nm}$

$i = 2$

$M_1 = 711 \text{ Nm}$

$$Z_2 = 20$$

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$Z_1 = 40$$

$$d_2 = 82,2 \text{ mm}$$

$$m = 4 \text{ mm}$$

$$d_1 = 165,4 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 15 241.4}$$

$$\text{mat. 15 241.6}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{8693,5 \cdot (2 + 1)}{60 \cdot 82,82 \cdot 2}} \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,67 = 699,6 \text{ MPa}$$

$$s_{H2} = \frac{1280}{699,6} \cdot 1,03 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 = 1,77$$

$$s_{H1} = \frac{816}{699,6} \cdot 1,06 \cdot 0,91 \cdot 0,98 \cdot 1 = 1,1$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 2 - 3

$$M_3 = 237 \text{ Nm}$$

$$i = 1,5$$

$$M_2 = 355,5 \text{ Nm}$$

$$Z_3 = 20$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$Z_2 = 30$$

$$d_3 = 82,82 \text{ mm}$$

$$m = 4 \text{ mm}$$

$$d_2 = 124,23 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 14 140.4}$$

$$\text{mat. 14 140.6}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{5723,5 \cdot (1,5 + 1)}{50 \cdot 82,82 \cdot 1,5}} \cdot 2,16 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,69 = 655 \text{ MPa}$$

$$s_{H3} = \frac{1240}{655} \cdot 1,03 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 1 = 1,80$$

$$s_{H2} = \frac{792}{655} \cdot 1,06 \cdot 1,92 \cdot 0,96 \cdot 1 = 1,13$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 3 - 4

$$M_4 = 118,5 \text{ Nm}$$

$$i = 2$$

$$M_3 = 237 \text{ Nm}$$

$$Z_4 = 20$$

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

$$Z_3 = 40$$

$$d_4 = 62,12 \text{ mm}$$

$$m = 3 \text{ mm}$$

$$d_3 = 124,23 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 11 700.4}$$

$$\text{mat. 14 140.6}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{3696,2 \cdot (2 + 1)}{45 \cdot 62,12 \cdot 2}} \cdot 2,19 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,73 = 698,5 \text{ MPa}$$

$$s_{H4} = \frac{1220}{698,5} \cdot 1,03 \cdot 0,95 \cdot 0,96 \cdot 1 = 1,64$$

$$s_{H3} = \frac{792}{698,5} \cdot 1,07 \cdot 0,94 \cdot 0,96 \cdot 1 = 1,10$$

Obě kola vyhovují

Hřídelle 4 - 5

$$M_5 = 73,6 \text{ Nm}$$

$$i = 1,6067$$

$$M_4 = 118,5 \text{ Nm}$$

$$Z_5 = 23$$

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

$$Z_4 = 37$$

$$d_5 = 57,5 \text{ mm}$$

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

$$d_4 = 92,5 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 12 020.9}$$

$$\text{mat. 15 241.4}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{2569 \cdot (1,6067 + 1)}{30 \cdot 57,5 \cdot 1,6067}} \cdot 2,12 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,89 = 924,8 \text{ MPa}$$

$$s_{H5} = \frac{1320}{924,8} \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1,02 \cdot 1 = 1,38$$

$$s_{H4} = \frac{1280}{924,8} \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1,02 \cdot 1 = 1,34$$

Obě kola vyhovují

$$M_5 = 38,82 \text{ Nm}$$

$$i = 1,22$$

$$M_4 = 41,33 \text{ Nm}$$

$$Z_5 = 27$$

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

$$Z_4 = 33$$

$$d_5 = 67,5 \text{ mm}$$

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

$$d_4 = 82,5 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 11 600.4}$$

$$\text{mat. 14 140.6}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1150 \cdot (1,22 + 1)}{30 \cdot 67,5 \cdot 1,222}} \cdot 2,15 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,88 = 623,1 \text{ MPa}$$

$$s_{H5} = \frac{1200}{623,1} \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 = 1,79$$

$$s_{H4} = \frac{792}{623,1} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,97 \cdot 1 = 1,11$$

Obě kola vyhovují

$$M_4 = 10 \text{ Nm}$$

$$i = 2,5294$$

$$M_5 = 25,3 \text{ Nm}$$

$$Z_4 = 17$$

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

$$Z_5 = 43$$

$$d_4 = 42,5 \text{ mm}$$

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

$$d_5 = 107,5 \text{ mm}$$

mat. 11 600.4

mat. 11 700.1

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{470,6 \cdot (2,53 + 1)}{20 \cdot 42,5 \cdot 2,53}} \cdot 2,21 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,89 = 533,9 \text{ MPa}$$

$$s_{H4} = \frac{1200}{533,9} \cdot 1,02 \cdot 0,95 \cdot 0,96 \cdot 1 = 2,09$$

$$s_{H5} = \frac{672}{533,9} \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,93 \cdot 1 = 1,11$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 5 - 6

$$M_6 = 49 \text{ Nm}$$

$$i = 1,5$$

$$M_5 = 73,6 \text{ Nm}$$

$$Z_6 = 28$$

$$b = 25 \text{ mm}$$

$$Z_5 = 42$$

$$d_6 = 57,98 \text{ mm}$$

$$m = 2 \text{ mm}$$

$$d_5 = 86,96 \text{ mm}$$

mat. 12 020.9

mat. 11 600.4

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1690,2 \cdot (1,5 + 1)}{25 \cdot 57,98 \cdot 1,5}} \cdot 2,05 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,84 = 769,8 \text{ MPa}$$

$$s_{H6} = \frac{1320}{769,8} \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 1 = 1,65$$

$$s_{H5} = \frac{1200}{769,8} \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 = 1,47$$

Obě kola vyhovují

5.3.1.2. Posuvová kola (dle obrázku č. 2 a tabulky T. 2)

Kola na hřídelích 1-2, 2-3, 6-8, 7-8 nekontrolujeme, protože jsou malé kroutící momenty. U všech kol $b = 12 \text{ mm}$, materiál pastorků 11 600.4 a materiál kola 11 500.1.

Hřídele 3 - 4

$$M_3 = 7,4 \text{ Nm}$$

$$i = 2,5$$

$$M_4 = 18,5 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned}
 z_3 &= 18 & i &= 2,5 & M_4 &= 18,5 \text{ Nm} \\
 z_3 &= 18 & b &= 15 \text{ mm} & z_4 &= 45 \\
 d_3 &= 37,27 \text{ mm} & m &= 2 \text{ mm} & d_4 &= 93,18 \text{ mm} \\
 \text{mat. 11 600.4} & & & & \text{mat. 13 240.6} \\
 \sigma_H &= \sqrt{\frac{502,9 \cdot (2,5 + 1)}{15 \cdot 37,27 \cdot 2,5}} \cdot 1,73 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,8 = 542,2 \text{ MPa} \\
 s_{H3} &= \frac{1200}{542,2} \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 = 2,09 & s_{H4} &= \frac{732}{469,5} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 1 = 1,17
 \end{aligned}$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 4 - 5

$$\begin{aligned}
 M_4 &= 18,5 \text{ Nm} & i &= 3 & M_5 &= 55,5 \text{ Nm} \\
 z_4 &= 19 & b &= 20 \text{ mm} & z_5 &= 57 \\
 d_4 &= 39,34 \text{ mm} & m &= 2 \text{ mm} & d_5 &= 118,02 \text{ mm} \\
 \text{mat. 11 600.4} & & & & \text{mat. 14 140.6} \\
 \sigma_H &= \sqrt{\frac{1191,2 \cdot (3 + 1)}{20 \cdot 39,34 \cdot 3}} \cdot 1,71 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,79 = 673,9 \text{ MPa} \\
 s_{H4} &= \frac{1200}{673,9} \cdot 1,02 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 = 1,69 & s_{H5} &= \frac{792}{673,9} \cdot 1,05 \cdot 0,92 \cdot 0,98 \cdot 1 = 1,11
 \end{aligned}$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 5 - 6

$$\begin{aligned}
 M_5 &= 11,7 \text{ Nm} & i &= 1,579 & M_6 &= 18,5 \text{ Nm} \\
 z_5 &= 19 & b &= 20 \text{ mm} & z_6 &= 30 \\
 d_5 &= 57 \text{ mm} & m &= 3 \text{ mm} & d_6 &= 90 \text{ mm} \\
 \text{mat. 11 600.4} & & & & \text{mat. 11 500.1}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{522,8 \cdot (1,579 + 1)}{20 \cdot 57 \cdot 1,579}} \cdot 1,84 \cdot 268,5 \cdot 1,77 \cdot 0,89 = 496,6 \text{ MPa}$$

$$s_{H5} = \frac{1200}{596,6} \cdot 1,05 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 2,41 \quad s_{H6} = \frac{576}{496,6} \cdot 1,05 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 1,16$$

Obě kola vyhovují

$$M_6 = 35,1 \text{ Nm}$$

$$i = 1,579$$

$$M_5 = 55,5 \text{ Nm}$$

$$z_6 = 19$$

$$b = 25 \text{ mm}$$

$$z_5 = 30$$

$$d_6 = 57 \text{ mm}$$

$$m = 3 \text{ mm}$$

$$d_5 = 90 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 12 010.9}$$

$$\text{mat. 11 600.4}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1561,4 \cdot (1,579 + 1)}{25 \cdot 57 \cdot 1,579}} \cdot 1,84 \cdot 268,5 \cdot 1,77 \cdot 0,89 = 767,5 \text{ MPa}$$

$$s_{H6} = \frac{1300}{767,5} \cdot 1,05 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 1,69 \quad s_{H5} = \frac{1200}{767,5} \cdot 1,05 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 1,56$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 5-7

$$M_7 = 11,5 \text{ Nm}$$

$$i = 3,167$$

$$M_5 = 36,5$$

$$z_7 = 18$$

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

$$z_5 = 57$$

$$d_7 = 36 \text{ mm}$$

$$m = 2 \text{ mm}$$

$$d_5 = 114 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 11 600.4}$$

$$\text{mat. 15 241.6}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{638,9 \cdot (3,167 + 1)}{15 \cdot 36 \cdot 3,167}} \cdot 1,73 \cdot 268,5 \cdot 1,71 \cdot 0,88 = 663,1 \text{ MPa}$$

$$s_{H7} = \frac{1200}{663,1} \cdot 1,02 \cdot 0,96 \cdot 0,98 \cdot 1 = 1,74 \quad s_{H5} = \frac{792}{663,1} \cdot 1,05 \cdot 0,92 \cdot 0,96 \cdot 1 = 1,11$$

Obě kola vyhovují

Vložené kolo (reverzace)
.....

Výpočty stejné jako u hřídele 5 - 7 bez složeného kola

$$Z_v = 22$$

$$m = 2 \text{ mm}$$

$$\delta = 48 \text{ mm}$$

mat. 11 600.4

VLOŽENÉ KOLO VYHOVUJE.

Hřídele 9 - 10

Jelikož $i = 1$, budeme kontrolovat pouze jedno kolo, protože jsou stejná.

$$M_g = 702 \text{ Nm}$$

$$i = 1$$

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

$$Z_g = 33$$

$$m = 4 \text{ mm}$$

$$\text{mat. 15 241.6}$$

$$d_g = 133,4 \text{ mm}$$

$$= 8^\circ 35'$$

$$a = 133,4 \text{ mm}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{10516,9 \cdot (1 + 1)}{45 \cdot 133,4 \cdot 1} \cdot 1,68 \cdot 268,5 \cdot 1,75 \cdot 0,78} = 662,5 \text{ MPa}$$

$$s_{H9} = \frac{816}{662,5} \cdot 1,02 \cdot 1,95 \cdot 0,98 \cdot 1 = 1,17$$

5.3.2. Kontrola ozubených kol na ohyb

Význam jednotlivých označení:

σ_{Flim} - časová pevnost v ohybu pro dohodnutý počet cyklů

$$N_{lim} = 5 \cdot 10^7,$$

σ_F - srovnávací ohybové napětí v patě zubu,

Y_S - součinitel vrubu v oblasti patní přechodové křivky,

Y_R - součinitel drsnosti v oblasti patní přechodové křivky,

Y_X - součinitel velikosti podle vzorce,

F_t - jmenovitá obvodová síla vypočtená z jmenovitého výkonu na roztečné kružnici v čelném řezu,

b - pracovní (aktivní) společná šířka zubů soukolí,

- m - normální modul ozubení,
 Y_F - součinitel tvaru zubu,
 Y_ε - součinitel vlivu záběru profilu podle vzorce (19),
 Y_β - součinitel sklonu zubu podle vzorce (20) nebo (21),
 K_F - součinitel přidavných zatížení,
 K_I - provozní součinitel; zahrnuje přidavné dynamické síly, které vznikají mimo převod,
 K_v - součinitel vnitřních dynamických sil,
 $K_{F\alpha}$ - součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů,
 s_{Fmin} - minimální součinitel bezpečnosti.

Seznam vzorců:

Součinitel bezpečnosti proti porušení zubu únavovým lomen

$$s_F = \frac{\sigma_{Flim} \cdot Y_S Y_R Y_X}{\sigma_F} \quad (14)$$

$$\sigma_F = \frac{F_t}{b \cdot m} \cdot Y_F \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot K_F \quad (15)$$

$$K_F = K_I K_v K_{F\beta} K_{F\alpha} \quad (16)$$

$$F_t = \frac{2M_K}{d} \quad (17)$$

$$\varepsilon_\alpha = \left(1,88 - 3,2 \cdot \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \cos \beta \quad (18)$$

$$Y_\varepsilon = 1/\varepsilon_\alpha \quad (19)$$

Pro úhly sklonu zubu na roztečném válci $\beta < 30^\circ$

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \frac{\beta}{120} \quad (20)$$

a pro úhly sklonu zubu na roztečném válci $\beta \geq 30^\circ$

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \frac{30}{120} \quad (21)$$

Veškeré koeficienty, které nelze vypočítat jsou nalezeny dle literatury /3/.

Veškeré momenty jsou počítány z M_k v tab. T.3, T.4 a převedových čísel v tab. T.1. a T.2.

5.3.2.1. Otáčková kola (dle obrázku č. 1, tabulky T.3)

σ_F - dle vzorců (15, 16, 17, 18, 19, 20 nebo 21)

s_F - dle vzorce (14)

Zadáni a veškeré hodnoty koeficientů jsou stejné jako v předchozím bodě.

Příklad 1 - 2

$$\sigma_{F2} = \frac{8693,5}{60 \cdot 4} \cdot 2,75 \cdot 0,62 \cdot 0,83 \cdot 2,12 = 108,7 \text{ MPa}$$

$$s_{F2} = \frac{135 \cdot 1,07 \cdot 1,12 \cdot 1}{108,7} = 1,49$$

$$\sigma_{F1} = \frac{8693,5}{60 \cdot 4} \cdot 2,4 \cdot 0,62 \cdot 0,83 \cdot 2,12 = 94,9 \text{ MPa}$$

$$s_{F1} = \frac{205 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1}{94,9} = 2,25$$

Obě kola vyhovují

Příklad 2 - 3

$$\sigma_{F3} = \frac{5723,5}{50 \cdot 4} \cdot 2,8 \cdot 0,64 \cdot 0,87 \cdot 2,25 = 100,3 \text{ MPa}$$

$$s_{F3} = \frac{128 \cdot 1,07 \cdot 1,12 \cdot 1}{100,3} = 1,49$$

$$\sigma_{F2} = \frac{5723,5}{50 \cdot 4} \cdot 2,54 \cdot 0,64 \cdot 0,87 \cdot 2,25 = 91 \text{ MPa}$$

$$s_{F2} = \frac{195 \cdot 1,07 \cdot 1 \cdot 1}{91} = 2,29$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 3 - 4

$$\sigma_{F4} = \frac{3696,2}{45 \cdot 3} \cdot 2,8 \cdot 0,63 \cdot 0,83 \cdot 2,3 = 92,2 \text{ MPa}$$

$$s_{F4} = \frac{110 \cdot 1,075 \cdot 1,12 \cdot 1}{92,2} = 1,44$$

$$\sigma_{F3} = \frac{3696,2}{45 \cdot 3} \cdot 2,4 \cdot 0,63 \cdot 0,83 \cdot 2,3 = 79 \text{ MPa}$$

$$s_{F3} = \frac{195 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1}{79} = 2,57$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 4 - 5

$$z_5 = 23$$

$$z_4 = 37$$

$$\sigma_{F5} = \frac{2560}{30 \cdot 2,5} \cdot 2,95 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 2,28 = 142,3 \text{ MPa}$$

$$s_{F5} = \frac{190 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 1}{142,3} = 1,54$$

$$\sigma_{F4} = \frac{2560}{30 \cdot 2,5} \cdot 2,35 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 2,28 = 113,1 \text{ MPa}$$

$$s_{F4} = \frac{135 \cdot 1,04 \cdot 1,09 \cdot 1}{113,1} = 1,37$$

Obě kola vyhovují

$$z_5 = 27$$

$$z_4 = 33$$

$$\sigma_{F5} = \frac{1150}{30 \cdot 2,5} \cdot 2,58 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 2,22 = 52,7 \text{ MPa}$$

$$s_{F5} = \frac{100 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1}{52,7} = 1,97$$

$$\sigma_{F4} = \frac{1150}{30 \cdot 2,5} \cdot 2,48 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 2,22 = 50,7 \text{ MPa}$$

$$s_{F4} = \frac{195 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1}{50,7} = 3,83$$

Obě kola vyhovují

$$z_4 = 17$$

$$z_5 = 43$$

$$\sigma_{F4} = \frac{470,6}{20 \cdot 2,5} \cdot 2,95 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 2,29 = 40,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F5} = \frac{470,6}{20 \cdot 2,5} \cdot 2,4 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 2,33 = 32,6 \text{ MPa}$$

$$s_{F4} = \frac{100 \cdot 1,08 \cdot 1,05 \cdot 1}{40,1} =$$

$$= 2,77$$

$$s_{F5} = \frac{165 \cdot 1 \cdot 1,01 \cdot 1}{32,6} =$$

$$= 5,11$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 5 - 6

$$\sigma_{F6} = \frac{1690,2}{25 \cdot 2} \cdot 2,6 \cdot 0,6 \cdot$$

$$\cdot 0,8 \cdot 1,99 = 83,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F5} = \frac{1690,2}{25 \cdot 2} \cdot 2,4 \cdot 0,6 \cdot$$

$$\cdot 0,8 \cdot 1,99 = 77,5 \text{ MPa}$$

$$s_{F6} = \frac{190 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 1}{83,9} =$$

$$= 2,62$$

$$s_{F5} = \frac{110 \cdot 1,02 \cdot 1,1 \cdot 1}{77,5} =$$

$$= 1,59$$

Obě kola vyhovují

5.3.2.2. Posuvová kola (dle obrázku č. 2 a tabulky T.4)

Kola na hřídelích 1 - 2, 2 - 3, 6 - 8, 7 - 8 nekontrolujeme, protože jsou malé kroutící momenty.

Hřídele 3 - 4

$$\sigma_{F3} = \frac{502,9}{15 \cdot 2} \cdot 2,9 \cdot 0,61 \cdot$$

$$\cdot 0,73 \cdot 1,73 = 37,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F4} = \frac{502,9}{15 \cdot 2} \cdot 2,4 \cdot 0,61 \cdot$$

$$\cdot 0,73 \cdot 1,73 = 31 \text{ MPa}$$

$$s_{F3} = \frac{100 \cdot 1,07 \cdot 1,05 \cdot 1}{37,5} =$$

$$= 3,0$$

$$s_{F4} = \frac{180 \cdot 1,02 \cdot 1,03 \cdot 1}{31} =$$

$$= 6,1$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 4 - 5

$$\sigma_{F4} = \frac{1191,2}{20 \cdot 2} \cdot 2,84 \cdot 0,64 \cdot$$

$$\cdot 0,74 \cdot 1,86 = 74,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F5} = \frac{1191,2}{20 \cdot 2} \cdot 2,57 \cdot 0,64 \cdot$$

$$\cdot 0,74 \cdot 1,86 = 67,5 \text{ MPa}$$

$$s_{F4} = \frac{100 \cdot 1,08 \cdot 1,08 \cdot 1}{74,5} =$$

$$= 1,57$$

$$s_{F5} = \frac{180 \cdot 1,08 \cdot 1,04 \cdot 1}{67,5} =$$

$$= 3$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 5-6

$$z_5 = 19$$

$$z_6 = 30$$

$$\sigma_{F5} = \frac{522,8}{20 \cdot 3} \cdot 2,85 \cdot 0,62 \cdot$$

$$\cdot 1 \cdot 2 = 30,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F6} = \frac{522,8}{20 \cdot 5} \cdot 2,55 \cdot 0,62 \cdot$$

$$\cdot 1 \cdot 2 = 27,6 \text{ MPa}$$

$$s_{F5} = \frac{100 \cdot 1,06 \cdot 1,08 \cdot 1}{30,8} =$$

$$= 3,72$$

$$s_{F6} = \frac{135 \cdot 1,03 \cdot 1,08 \cdot 1}{27,6} =$$

$$= 5,44$$

Obě kola vyhovují

$$z_6 = 19$$

$$z_5 = 30$$

$$\sigma_{F6} = \frac{1561,4}{25 \cdot 3} \cdot 2,55 \cdot 0,62 \cdot$$

$$\cdot 1 \cdot 2 = 73,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F5} = \frac{1561,4}{25 \cdot 3} \cdot 2,55 \cdot 0,62 \cdot$$

$$\cdot 1 \cdot 2 = 65,8 \text{ MPa}$$

$$s_{F6} = \frac{180 \cdot 1,06 \cdot 1,08 \cdot 1}{73,6} =$$

$$= 2,8$$

$$s_{F5} = \frac{100 \cdot 1,03 \cdot 1,08 \cdot 1}{65,8} =$$

$$= 1,69$$

Obě kola vyhovují

Hřídele 5-7

$$\sigma_{F7} = \frac{638,9}{15 \cdot 2} \cdot 2,9 \cdot 0,6 \cdot$$

$$\cdot 1 \cdot 1,93 = 71,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F5} = \frac{638,9}{15 \cdot 2} \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot$$

$$\cdot 1 \cdot 1,93 = 57,3 \text{ MPa}$$

$$s_{F7} = \frac{100 \cdot 1,08 \cdot 1,06 \cdot 1}{71,5} =$$

$$= 1,6$$

$$s_{F5} = \frac{195 \cdot 0,97 \cdot 1,03 \cdot 1}{57,3} =$$

$$= 3,4$$

Obě kola vyhovují

Vložené kolo

Výpočty stejné jako u hřídele 5 - 7

Vložené kolo vyhovuje

Hřídele 9 - 10

Jelikož $i = 1$, budeme kontrolovat pouze jedno kolo, protože jsou stejná.

$$\sigma_{F9} = \frac{10 \cdot 516,9}{45 \cdot 4} \cdot 1,45 \cdot 0,59 \cdot 0,77 \cdot 1,77 = 68,2 \text{ MPa}$$

$$s_{F9} = \frac{205 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1}{68,2} = 3,31$$

Obě kola vyhovují

5.3.2.3. Pevnostní výpočet šneku a šnekového kola

Výpočet proveden dle literatury /3/.

Šnek:

mat. 14 331.4

$$z_1 = 2$$

$m = 4 \text{ mm}$

$$d_1 = q \cdot m = 10,4 = 40 \text{ mm}$$

$$\sin \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{2}{10} = 0,2$$

$$\gamma = 11^\circ 32'$$

$$l_1 = (11 + 0,06 \cdot z_1) \cdot m = (11 + 0,06 \cdot 2) \cdot 4 = 44,5 \text{ mm}$$

Kolo:

mat. Cu Al10 Fe4 Ni3

$$z_2 = 40$$

$i = 20$

$$d_2 = \frac{m}{x} \cdot z_2 = \frac{4}{0,9798} \cdot 40 = 163,3 \text{ mm}$$

$$x = \cos \gamma = \cos 11^\circ 32' = 0,9798$$

$$b_2 = 40 \text{ mm}$$

Dle vzorce (17) a tabulky T.4

$$F_{t2} = F_{A1} = \frac{2 \cdot 702}{0,1633} = 8597 \text{ N}$$

Vzhledem k tomu, že výpočet sil na šnekovém soukolí je dosti složitý, jsou uvedeny pouze vypočtené hodnoty dle literatury /3/.

$$F_{A2} = F_{T1} = 2857 \text{ N}$$

$$F_{r1} = F_{r2} = 3258 \text{ N}$$

Vzhledem k tomu, že více namáhané je šnekové kolo, bude se kontrola provádět pouze u tohoto kola.

Kontrola na otlačení

$$z_n = \frac{z_2}{x^3} = \frac{40}{0,9798^3} = 42,53$$

$$\rho_h = \rho_2 = \frac{d_2}{x^2} \cdot \sin \alpha = \frac{40}{0,9798^2} \cdot \sin 20^\circ = 14,25 \text{ mm}$$

$$b_n = \frac{b_2}{x} = \frac{40}{0,9798} = 40,83 \text{ mm}$$

$$F_N = \frac{F_t}{x \cdot \cos \alpha} = \frac{8597}{0,9798 \cdot \cos 20^\circ} = 9337,5 \text{ N}$$

K_H dle vzorce (10)

$$K_H = 1 \cdot 1 \cdot 0,74 \cdot 1 = 0,74$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{K_H \cdot F_N}{b_n \cdot \pi \cdot \rho_h \cdot \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}} = \sqrt{\frac{0,74 \cdot 9337,5}{36,74 \cdot 3,14 \cdot 14,25 \cdot \left(\frac{1-0,3^2}{2,15 \cdot 10^5} + \frac{1-0,31^2}{1,1 \cdot 10^5} \right)}} = 584 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HC} = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 650 = 390 \text{ MPa}$$

$$s_H = 1,2; N = 25 \cdot 10^7; N_E = 1,25 \cdot 10^6$$

$$\sigma_{HD} = \frac{\sigma_{HC}}{s_H} \cdot \sqrt[8]{\frac{N}{N_E}} = \frac{390}{1,2} \cdot \sqrt[8]{\frac{25 \cdot 10^7}{1,25 \cdot 10^6}} = 687,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HD} > \sigma_H \quad \text{Vyhovuje}$$

Kontrola na ohyb

$$Y_F = 1,55$$

$$Y_B = 1 - \frac{\gamma}{140^\circ} = 1 - \frac{11^\circ 32'}{140^\circ} = 0,92$$

$$\sigma_F = \frac{K_{H,F} \cdot F_{t2} \cdot Y_F \cdot Y_B}{b_2 \cdot m} = \frac{0,74 \cdot 8597 \cdot 1,55 \cdot 0,92}{40} = 56,7 \text{ MPa}$$

$$s_F = 1,6; N_E = 10^6; K = 1,3; \sigma_c = 260 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{FD} = \frac{\sigma_c}{K \cdot s_F} \cdot \sqrt[9]{\frac{N}{N_E}} = \frac{260}{1,3 \cdot 1,6} \cdot \sqrt[9]{\frac{25 \cdot 10^7}{10^6}} = 205,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FD} > \sigma_F \quad \text{Vyhovuje}$$

5.4. Kontrola ložisek

Seznam vzorců:

$$\cos \alpha = x = \cos 20^\circ = 0,9397$$

$$\sin \beta = y = \sin 15^\circ = 0,2588$$

$$F_N = \frac{2 M_K}{z.m.x} - \text{síla zatěžující ložisko}$$

$$F_A = F_N \cdot x \cdot y - \text{axiální síla}$$

$$R_{xi} = \frac{F_{N(i)} \cdot L(i) + F_{N(i-1)} \cdot L(i-1)}{L} - \text{reakce v ložisku}$$

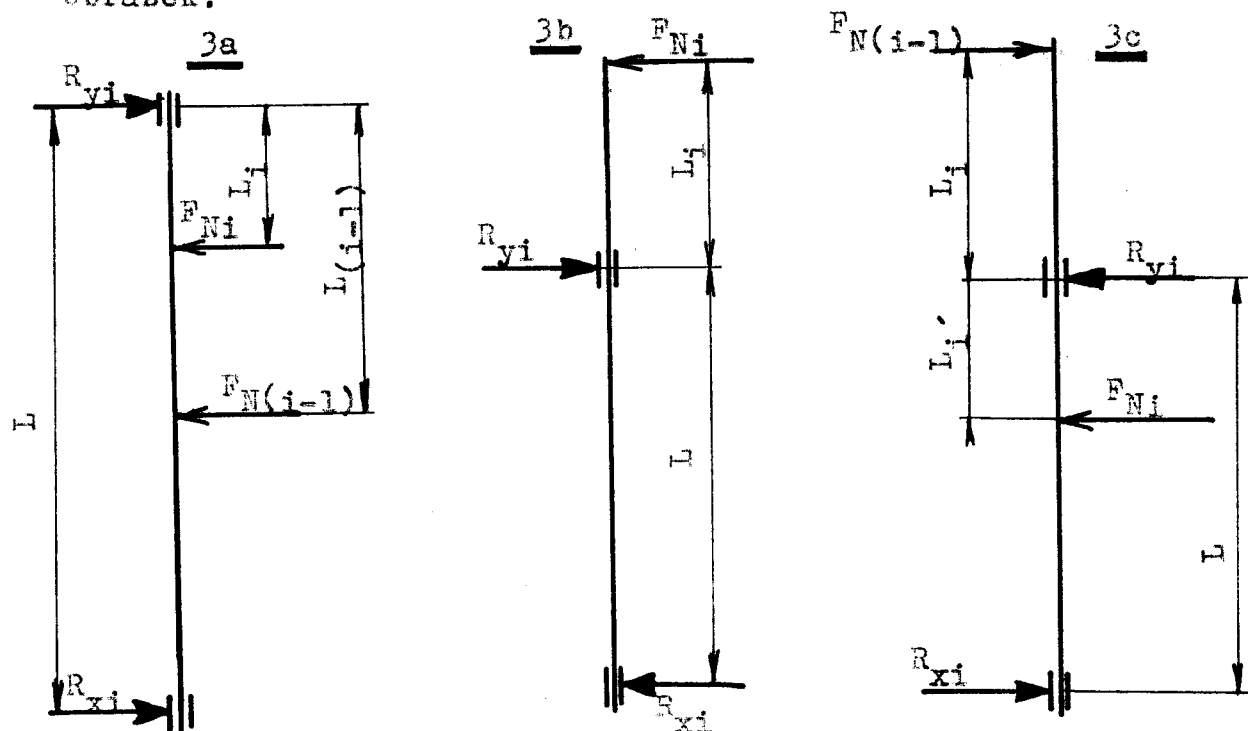
$$R_{yi} = F_{N(i)} + F_{N(i-1)} - R_{xi} - \text{reakce v ložisku}$$

Veškerá kola jsou konstruována tak, že axiální sílu přenáší u otáčkových kol horní ložisko a u posuvových kol ložisko spodní. Jsou-li na hřídeli dvě kola, axiální síly působí vždy proti sobě.

Kontroluje se vždy více namáhané ložisko.

Uložení hřídelů:

Obrázek:



5.4.1. Výpočet reakcí otáčkových kol

Výpočet se provádí pomocí tabulky T.1 a T.3 a výše uvedených vzorců. Pro všechny hřídele platí $L = 340$ mm a uložení dle obrázku č. 3a.

Hřídel 1:

$$L_1 = 215 \text{ mm}$$

$$F_{N1} = \frac{2 \cdot 711}{40 \cdot 4 \cdot 0,9397} = 9457 \text{ N}$$

$$F_{A1} = 9457 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 2300 \text{ N}$$

$$R_{x1} = \frac{215 \cdot 9457}{340} = 5980 \text{ N}$$

$$R_{y1} = 9457 - 5980 = 3477 \text{ N}$$

Hřídel 2:

$$L_2 = 280 \text{ mm}$$

$$F_{N2} = \frac{2 \cdot 355,5}{4 \cdot 30 \cdot 0,9397} = 6301 \text{ N}$$

$$F_{A2} = 6301 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 1534 \text{ N}$$

$$R_{x2} = \frac{6301 \cdot 280 + 9457 \cdot 215}{340} = 11149 \text{ N}$$

$$R_{y2} = 6301 + 9457 - 11149 = 4609 \text{ N}$$

Hřídel 3:

$$L_3 = 45 \text{ mm}$$

$$F_{N3} = \frac{2 \cdot 237}{40 \cdot 3 \cdot 0,9397} = 4023 \text{ N}$$

$$F_{A3} = 4023 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 1022 \text{ N}$$

$$R_{x3} = \frac{4023 \cdot 45 + 6301 \cdot 280}{340} = 5722 \text{ N}$$

$$R_{y3} = 4023 + 6301 - 5722 = 4602 \text{ N}$$

Hřídél 4:

$$L_4 = 180 \text{ mm}$$

$$F_{N4} = \frac{2 \cdot 118,5}{37,2,5,0,9397} = 2563 \text{ N}$$

$$R_{x4} = \frac{2563 \cdot 180 + 4023 \cdot 45}{340} = 1890 \text{ N}$$

$$R_{y4} = 2563 + 4023 - 1890 = 4696 \text{ N}$$

Hřídél 5:

$$L_5 = 265 \text{ mm}$$

$$F_{N5} = \frac{2 \cdot 73,6}{54,2,0,9397} = 1450 \text{ N}$$

$$F_{A5} = 1450 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 353 \text{ N}$$

$$R_{x5} = \frac{1450 \cdot 265 + 2563 \cdot 180}{340} = 2130 \text{ N}$$

$$R_{y5} = 1450 + 2563 - 2130 = 1883 \text{ N}$$

Hřídél 6:

$$L_6 = 265 \text{ mm}$$

$$F_{A6} = F_{A5} = 353 \text{ N}$$

$$R_{x6} = \frac{265 \cdot 1450}{340} = 1130 \text{ N}$$

$$R_{y6} = 1450 - 1130 = 320 \text{ N}$$

5.4.2. Výpočet reakcí posuvových kol

Výpočet se provádí pomocí tabulky T.2, T.4 a výše uvedených vzorců. Pro všechny hřídele platí až do změny $L = 310$ mm a uložení dle obrázku č. 3a (změny L a uložení se uvedou až u konkrétních příkladů).

Hřídel 1:

$$L_1 = 30 \text{ mm}$$

$$F_{N1} = \frac{2 \cdot 1,63}{31 \cdot 2 \cdot 0,9397} = 56 \text{ N}$$

$$F_{A1} = 56 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 14 \text{ N}$$

$$R_{x1} = \frac{30 \cdot 56}{310} = 6 \text{ N}$$

$$R_{y1} = 56 - 6 = 50 \text{ N}$$

Hřídel 2:

$$L_2 = 45 \text{ mm}$$

$$F_{N2} = \frac{2 \cdot 3}{22 \cdot 2 \cdot 0,9397} = 145 \text{ N}$$

$$F_{A2} = 145 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 35 \text{ N}$$

$$R_{x2} = \frac{145 \cdot 45 + 56 \cdot 30}{310} = 26,5 \text{ N}$$

$$R_{y2} = 145 + 56 - 26,5 = 174,5 \text{ N}$$

Hřídel 3:

$$L_3 = 280 \text{ mm}$$

$$F_{N3} = \frac{2 \cdot 7,4}{22 \cdot 2 \cdot 0,9397} = 358 \text{ N}$$

$$F_{A3} = 358 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 87 \text{ N}$$

$$R_{x3} = \frac{358 \cdot 280 + 145 \cdot 45}{310} = 344 \text{ N}$$

$$R_{y3} = 358 + 145 - 344 = 159 \text{ N}$$

Hřídél 4:

$$L_4 = 30 \text{ mm}$$

$$F_{N4} = \frac{2 \cdot 18,5}{19 \cdot 2 \cdot 0,9397} = 1036 \text{ N}$$

$$F_{A4} = 1036 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 252 \text{ N}$$

$$R_{x4} = \frac{1036 \cdot 30 + 358 \cdot 280}{310} = 424 \text{ N}$$

$$R_{y4} = 1036 + 358 - 424 = 970 \text{ N}$$

Hřídél 5:

$$L_5 = 110 \text{ mm}$$

$$F_{N5} = \frac{2 \cdot 55,5}{30 \cdot 3 \cdot 0,9397} = 1313 \text{ N}$$

$$R_{x5} = \frac{1313 \cdot 110 + 1036 \cdot 30}{310} = 566 \text{ N}$$

$$R_{y5} = 1313 + 1036 - 566 = 1783 \text{ N}$$

Hřídél 6:

$$L_6 = 110 \text{ mm}$$

$$F_{A6} = F_{A5} = 319 \text{ N}$$

$$R_{x6} = \frac{110 \cdot 1313}{310} = 466 \text{ N}$$

$$R_{y6} = 1313 - 466 = 847 \text{ N}$$

Hřídél 7: Obrázek č. 3b

$$L_7 = 20 \text{ mm} \quad L = 60 \text{ mm}$$

$$F_{N7}' = \frac{2 \cdot 11,5}{22 \cdot 2 \cdot 0,9397} = 516 \text{ N}$$

$$R_{x7}' = \frac{20 \cdot 561}{60} = 187 \text{ N}$$

$$R_{y7}' = 561 + 187 = 748 \text{ N}$$

Hřídel 7:

$$L_7 = 230 \text{ mm}$$

$$F_{N7} = \frac{2 \cdot 11,5}{54 \cdot 2 \cdot 0,9397} = 227 \text{ N}$$

$$R_{x7} = \frac{230 \cdot 227}{310} = 168 \text{ N}$$

$$R_{y7} = 561 + 227 - 168 = 620 \text{ N}$$

Hřídel 8:

$$L_8 = 50 \text{ mm}$$

$$F_{N8} = \frac{2 \cdot 3,4}{54 \cdot 2 \cdot 0,9397} = 67 \text{ N}$$

$$F_{A8} = 67 \cdot 0,9397 \cdot 0,2583 = 16 \text{ N}$$

$$R_{x8} = \frac{67 \cdot 50 + 227 \cdot 230}{310} = 179 \text{ N}$$

$$R_{y8} = 67 + 227 - 179 = 115 \text{ N}$$

Hřídel 6 (šnek):

$$L_6 = 85 \text{ mm} \quad L = 170 \text{ mm}$$

$F_{Aš}, F_{tš}$ z kapitoly

$$F_{Nš} = \frac{2857}{0,9798 \cdot 0,9397} = 3103 \text{ N}$$

$$F_{Aš} = 8597 \text{ N}$$

$$R_{xš} = R_{yš} = \frac{85 \cdot 3103}{170} = 1526 \text{ N}$$

Hřídél 9:

F_{A2} , F_{N2} z kapitoly

$$L_9 = 95 \text{ mm} \quad L_K = 40 \text{ mm} \quad L = 200 \text{ mm}$$

$$F_{N9} = \frac{2 \cdot 702}{33 \cdot 4 \cdot 0,9397} = 11\,318 \text{ N}$$

$$F_{A9} = 11318 \cdot 0,9397 \cdot 0,2588 = 2752 \text{ N}$$

$$F_{AK} = 2857 \text{ N}$$

$$F_{NK} = 9337,5 \text{ N}$$

$$R_{x9} = \frac{11318 \cdot 95 + 9337,5 \cdot 40}{200} = 7244 \text{ N}$$

$$R_{y9} = 11318 + 9337,5 - 7244 = 13411,5 \text{ N}$$

Hřídél 10: Obrázek č. 3c

$$L_{10} = 35 \text{ mm} \quad L_{10}' = 70 \text{ mm} \quad L = 170 \text{ mm}$$

$$F_{N10} = \frac{2 \cdot 702}{17 \cdot 4 \cdot 0,9397} = 21972 \text{ N}$$

$$R_{x10} = \frac{21972 \cdot 70 + 11318 \cdot 35}{170} = 11378 \text{ N}$$

$$R_{y10} = 11318 - 21972 + 11378 = 724 \text{ N}$$

Vřeteno: Obrázek č. 3b

$$L_v = 320 \text{ mm} \quad L = 410 \text{ mm}$$

$$F_{Nv} = F_{tv} = \frac{2 M_K}{D} = \frac{2 \cdot 711}{0,12} = 11850 \text{ N}$$

F_{Av} z kapitoly

$$F_{Av} = F_x = 20646 \text{ N}$$

$$F_{xv} = \frac{320 \cdot 11850}{410} = 9249 \text{ N}$$

$$F_{yv} = 11850 + 9249 = 21099 \text{ N}$$

5.4.3. Kontrola ložisek otáčkových kol

Z kapitoly 5.4.1. bereme vždy větší reakci (R_x nebo R_y) a dáváme ji za F_e , což je ekvivalentní zatížení ložiska. Axiální sílu neuvažujeme, protože ji většinou zachycuje méně namáhané ložisko.

K_i - zahrnuje rozložení os spoluzahírajících kol (obrázek č.1).
Veškerá ložiska jsou navržena dle literatury /5/.

Výpočty se provádějí dle vzorce:

$$L_h = \frac{16667}{n_i} \cdot \left(\frac{C_i}{F_e \cdot k_i} \right)^m$$

C_i - dynamická únosnost ložiska

L_h - trvanlivost ložiska v hodinách

$m = 3$ - pro kuličková ložiska

$m = 3,33$ - pro ostatní ložiska

n_i - otáčky hřídele v min^{-1} , dle tabulky T.3 a T.4.

Hřídel 1: ložisko 6014

$$k_1 = 1$$

$$L_{h1} = \frac{16667}{49,4} \cdot \left(\frac{29000}{5980,1} \right)^3 = 38480 \text{ h}$$

Hřídel 2: ložisko 7208

$$k_2 = 0,7$$

$$L_{h2} = \frac{16667}{98,8} \cdot \left(\frac{31500}{11149 \cdot 0,7} \right)^3 = 11093 \text{ h}$$

Hřídel 3: ložisko 6008

$$k_3 = 0,09$$

$$I_{h3} = \frac{16667}{148,2} \cdot \left(\frac{12900}{5722 \cdot 0,09} \right)^3 = 1767695 \text{ h}$$

Hřídel 4: ložisko 6005 $k_4 = 0,13$

$$I_{h4} = \frac{16667}{296,4} \cdot \left(\frac{7650}{4696 \cdot 0,13} \right)^3 = 110650 \text{ h}$$

Hřídel 5: ložisko 6007 $k_5 = 0,75$

$$I_{h5} = \frac{16667}{476,8} \cdot \left(\frac{12200}{2130 \cdot 0,75} \right)^3 = 15570 \text{ h}$$

Hřídel 6: ložisko 6007 $k_6 = 1$

$$I_{h6} = \frac{16667}{715} \cdot \left(\frac{12200}{1130 \cdot 1} \right)^3 = 29336 \text{ h}$$

5.4.4. Kontrola ložisek posuvových kol

Jelikož reakce u hřídelů 1 - 8 jsou velmi malé a životnost ložisek je vyšší než 200 000 hodin nebudeme je kontrolovat. Zkontrolujeme pouze ložiska na hřídelích 9, 10 a včetně vrtačky. Pro kontrolu ložiska bereme vždy větší reakci z kapitoly

5.4.2; k_1 dle obrázku č. 2.

Hřídel 1: ložisko stejné jako u otáčkových kol hřídel 1 (6014)

Hřídel 2: ložisko 6005 $k_2 = 0,57$

Hřídel 3: ložisko 6005 $k_3 = 0,71$

Hřídel 4: ložisko 6004 $k_4 = 0,09$

Hřídel 5: ložisko 6005 $k_5 = 0,82$

<u>Hřidel 6:</u>	ložisko 6008	$k_6 = 1$
<u>Hřidel 7:</u>	ložisko 6003	$k_7' = 0,82$
<u>Hřidel 7:</u>	ložisko 6004	$k_7 = 0,26$
<u>Hřidel 8:</u>	ložisko 6005	$k_8 = 0,65$
<u>Hřidel 9:</u>	ložisko 6009	$k_9 = 1$

$$L_{h9} = \frac{16667}{0,152} \cdot \left(\frac{16000}{13411,5 \cdot 1} \right)^3 = 186183 \text{ h}$$

<u>Hřidel 10:</u>	ložisko 6009	$k_{10} = 1$
-------------------	--------------	--------------

$$L_{h10} = \frac{16667}{0,152} \cdot \left(\frac{16000}{11378,1} \right)^3 = 304913 \text{ h}$$

<u>Vřeteno:</u>	ložisko NJ 210	$k_v = 1$
	ložisko 51110	$k_v = 1$ - pro axiál. sílu

$$L_{hv} = \frac{16667}{50} \cdot \left(\frac{48500}{21099 \cdot 1} \right)^{3,33} = 15328 \text{ h}$$

$$L_{hva} = \frac{16667}{65} \cdot \left(\frac{38000}{20646 \cdot 1} \right)^3 = 12860 \text{ h}$$

Věškerá ložiska jsou mazána tukem sodným V2 ČSN 65 6915. Oteplení ložisek je velmi malé, protože mají malé otáčky, proto si můžeme dovolit mazání tukem. Domazávací období u všech ložisek je přes 30 000 hodin.

5.5. Kontrola per a drážkování na otlačení a kolíků na stříh

Seznam vzorců a symbolů:

$$p = \frac{2 M_k}{d.l.t_1} \text{ /MPa/} \quad (22) - \text{ pro pero}$$

$$p = \frac{2 M_k}{d.l.A} \text{ /MPa/} \quad (23) - \text{ pro drážkování}$$

$p_D \geq p$ - podmínka pro otlačení

$p_D = 60 \text{ MPa}$ - pro pera a pevné drážkování

$p_D = 20 \text{ MPa}$ - pro pohyblivé drážkování

$$\tau_s = \frac{8 M_k}{D \cdot d^2 \cdot n} \text{ /MPa/} \quad (24) - \text{ pro kolík}$$

$\tau_{ds} \geq \tau_s$ - podmínka pro stříh

d - $\emptyset$ hřídele (kolíku) nebo střední $\emptyset$ drážkování

l - délka pera (drážkování) - dle literatury /6/

t_1 - výška pera - dle literatury /6/

A - skutečná činná plocha všech drážek - dle literatury /6/

M_k - krouticí moment z tabulky T.3 nebo T.4

D - $\emptyset$ příruby

p_D - dovolené otlačení

τ_{ds} - dovolené napětí ve stříhu - dle literatury /6/

n - počet kolíků

Kontrola se provádí u nejvíce namáhaných členů na jednotlivých hřídelích.

5.5.1. Kontrola u otáčkových hřídelů

Hřídel 1: pevné drážkování vnější $d = 8 \times 62 \times 72$

$$p_1 = \frac{2 \cdot 711}{0,067 \cdot 60 \cdot 24} = 14,8 \text{ MPa} - \text{ vyhovuje}$$

pohyblivé drážkování vnitřní D - 8x42x48

$$p_1 = \frac{2 \cdot 711}{0,045 \cdot 150 \cdot 13,2} = 16,0 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídél_2: pevné drážkování vnější d - 8x42x48

$$p_2 = \frac{2 \cdot 355,5}{0,045 \cdot 40 \cdot 13,2} = 30 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídél_3: pero 12x8x63

$$p_3 = \frac{2 \cdot 237}{0,041 \cdot 63 \cdot 3,1} = 59,2 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídél_4: pero 10x8x40

$$p_4 = \frac{2 \cdot 118,5}{0,036 \cdot 40 \cdot 3,3} = 49,9 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

pohyblivé drážkování vnější d - 6x26x32

$$p_4 = \frac{2 \cdot 118,5}{0,029 \cdot 120 \cdot 9,9} = 6,9 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídél_5: pero 10x8x56

$$p_5 = \frac{2 \cdot 73,6}{0,036 \cdot 28 \cdot 3,3} = 44,3 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídél_6: pero 8x7x25

$$p_6 = \frac{2 \cdot 49}{0,03 \cdot 25 \cdot 2,9} = 45 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

kolík 8x30

$d_s = 55 \text{ MPa}$

$$s = \frac{8 \cdot 4^2}{0,08 \cdot 3,14 \cdot 8^2 \cdot 2} = 11,9 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

5.5.2. Kontrola u posuvových hřídelí

Hřídel 2: pero 8x7x32

$$p_2 = \frac{2 \cdot 3}{0,026 \cdot 15 \cdot 2,9} = 5,3 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 3: pero 8x7x18

$$p_3 = \frac{2 \cdot 7,4}{0,026 \cdot 18 \cdot 2,9} = 11 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 4: pero 6x6x18

$$p_4 = \frac{2 \cdot 18,5}{0,021 \cdot 18 \cdot 2,5} = 39,2 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 5: pchyblivé drážkování vnější $d = 6x26x32$

$$p_5 = \frac{2 \cdot 55,5}{0,029 \cdot 90 \cdot 9,9} = 4,3 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

pero 10x8x18

$$p_5 = \frac{2 \cdot 55,5}{0,036 \cdot 18 \cdot 3,3} = 51,9 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 6: pero 6x6x40

$$p_6 = \frac{2 \cdot 35,1}{0,022 \cdot 22 \cdot 2,5} = 58 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 7: pero 6x6x28

$$p_7 = \frac{2 \cdot 11,5}{0,021 \cdot 28 \cdot 2,5} = 16,5 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 8: pero 8x7x30

$$p_8 = \frac{2 \cdot 3,4}{0,026 \cdot 30 \cdot 2,9} = 3,1 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 9: pevné drážkování vnější d - 8x46x54

$$p_9 = \frac{2 \cdot 702}{0,05 \cdot 50 \cdot 18} = 31,2 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

Hřídel 10: pevné drážkování vnější d - 8x36x42

$$p_{10} = \frac{2 \cdot 702}{0,039 \cdot 50 \cdot 13,2} = 54,6 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

5.6. Kontrola hřídelů

Tuto kontrolu provádět nebudeme, protože bychom museli znát přesné rozměry hřídelů (hlavně průměry). Je zřejmé, že všechny hřídele budou vyhovovat, protože jak je vidět z předběžně navrhovaných průměrů v tabulce T.3 a T.4. Tyto předběžně navržené průměry jsou mnohem menší než průměry konkrétní.

6. POPIS

6.1. Kompletáž vrtacího stroje

Přípevnění jednoúčelového stroje (zjednodušeného vřeteníku) na rameno vrtačky se provádí pomocí lišty a 4 šroubů M 12.

Nejprve se musí na určeném místě v ramenu vrtačky vyvrtat 4 otvory pro šrouby M 12. Pak se zjednodušený vřeteník nasune na rameno vrtačky VR 8A a broušenou lištou se vymezí vůle mezi prizmatem. Posune se až na označené místo, kde se provede zafixování polohy pomocí 4 šroubů M 12 ČSN 02 1101.1 a podložek 12 ČSN 02 1740.

Potom se na rameno vrtačky nasune normalizovaný vřeteník a celé rameno se znehybní pomocí normalizovaného sloupu, který dodá výrobce vrtačky VR 8A. Upevnění sloupu se provádí podle návodu, který výrobce dodává se sloupem. Takto upravená vrtačka VR 8A je připravena k vyvrtávání ojnicních ok i ojnicních hlav.

6.2. Hlavní parametry

Veškeré hlavní rozměry zjednodušeného vřeteníku jsou patrné z přílohy č. 5.

Motor: $P=5,5 \text{ kW}$ - výkon

$n=715 \text{ min}^{-1}$ - otáčky

$380 \text{ V} - 12 \text{ A}$ - napájení

$M_H = 54 \text{ Nm}$ - nominální krouticí moment

Otáčky: $n_1 = 200 \text{ min}^{-1}$

$n_2 = 65 \text{ min}^{-1}$

$n_3 = 50 \text{ min}^{-1}$

Posuvy: $s_1 = 0,2 \text{ mm}$

$s_2 = 0,5 \text{ mm}$

$s_3 = \text{rychloposuv při } n_1$

$s_4 = \text{reverzace při } n_1$

Vřeteno: $\varnothing$ vřetene = 110 mm

výsuvná délka = 270 mm

upínací kužel - MORSE 6

Hlavní rozměry: max. výška = 1648 mm

max. šířka = 495 mm

max. hloubka s protizávažím = 1190 mm

Vypínání a zapínání: Provádí se pomocí tlačítek START/STOP.

Maximální horní a dolní poloha vřetene

je jištěna pomocí koncových spínačů.

Poznámka: Stroj je opatřen štítkem "ŘAZENÍ VŠECH STUPŇŮ POUZE
ZA KLIDU STROJE".

6.3. Protizávaží

Vzhledem k tomu, že součástí diplomové práce není konstrukce vyvrtávací hlavy, není tudíž možné vypočítat hodnotu protizávaží.

Dalo by se vypočítat protizávaží vrtáku $\varnothing 30 \text{ mm}$ a $\varnothing 73 \text{ mm}$. Nejvýhodnější by bylo zvolit pro tyto dva vrtáky kompromis, aby bylo jen jedno protizávaží.

Konstrukce zjednodušeného vřeteníku je uzpůsobena tomu, že protizávaží bude vyvedeno až za rameno vrtačky VR 8A. Toto protizávaží by bylo vedeno na dvou tyčích. Na těchto dvou tyčích by byla nasunuta dvě protizávaží. Jedno by bylo spojeno pevně s řetězem (pro vrtáky) a druhé by se připevňovalo pomocí šroubu a převlečné matice, když by se hrubovalo vyvrtávací hlavou.

Operace připevňování druhého protizávaží by se prováděla za klidu zjednodušeného vřeteníku a při úplně zasunutém vřeteníku. Tuto operaci by vykonávala obsluha v čase, kdy by vrtání oka $\varnothing$ 73 mm už skončilo, ale vrtání hlavy ještě ne.

Návrh celého zařízení pro protizávaží by se musel řešit až po konečném návrhu vyvrtávací hlavy.

6.4. Popis práce při hrubování

V tomto popisu se budeme zabývat pouze ojnici 27,5 B8, protože nemá průchozí otvor v ojničním oku. Ojnice 275 III má průchozí otvor, a tak se hrubování oka bude provádět současně při prvním hrubování hlavy. Tento postup bude podobný jako u ojnice 27,5 B8 při vrtání vyvrtávací hlavou.

6.4.1. Hrubování otvorů u ojnice 27,5 B8

Při této operaci se bude nejdříve provádět současně hrubování hlavy s vyvrtáváním oka $\varnothing$ 30 mm a $\varnothing$ 73 mm. Po ukončení vrtání $\varnothing$ 73 mm se vřeteno vrtačky zasune na doraz a obsluha obejde stroj, kde připevní protizávaží pomocí šroubu a převlečné matice. Toto protizávaží je určeno pro vyvrtávací hlavu $\varnothing$ 120 mm (122 mm).

Po ukončení prvního hrubování ojniční hlavy se celé rameno s oběma vřeteníky vysune nahoru do požadované výšky. U zjednodušeného vřeteníku dojde k výměně nástroje ($\varnothing$ 73 mm za vyvrtávací hlavu $\varnothing$ 120 mm). U normalizovaného vřeteníku se provede pouze to, že se s ním popojede horizontálně o 10 - 12 mm na určenou stranu. Při posunutí vřeteníku musíme zajistit dostatečné spodní vedení, které zachycuje nejvíce radiální síly.

Přípravek proto musí být konstruován tak, že při posunutí vřeteníku se buď vodící pouzdro pootočí na excentru nebo tam bude druhé vedení. (Tento problém není účelem diplomové práce, ale je také velmi důležitý při konstrukci celého jednoúčelového zařízení).

Po výměně nástroje a posunutí normalizovaného vřeteníku se rameno vrtačky spustí dolů tak, aby obě vyvrtávací hlavy, respektive jejich vedení, zapadly do vodících pouzder. Najíždění ramenem je až do polohy, kdy může vyvrtávací hlava již začít obrábět (nepoužívá se zde rychloposuvu).

Po tomto najetí až k obrobku následuje vyvrtání ojníčnického oka na $\varnothing 120$ mm a druhé hrubování ojníčnické hlavy.

7. TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

7.1. Obráběcí časy u ojniční hlavy a oka při hrubování

Abychom dostali představu o tom, jak dlouhé časy obrábění budou při vyvrtávání otvoru v oku a v hlavě ojnice, musíme znát časy obrábění u obou těchto operací. Musíme také uvažovat, že obě tyto operace se budou provádět současně, z toho plyne, že hlavní i vedlejší časy musí být přibližně stejné, aby byla zaručena efektivnost práce.

7.1.1. Výpočet časů na hrubování u ojničního oka

Průměr 30 mm

posuvová rychlost ... $v_1 = n_1 \cdot s_1 = 200 \cdot 0,2 = 40 \text{ mm/min}$

čas obrábění $t_1 = \frac{L_1 + p}{v_1} = \frac{40 + 10}{40} = 1 \text{ min } 15 \text{ s}$

Průměr 73 mm

posuvová rychlost ... $v_2 = n_2 \cdot s_2 = 65 \cdot 0,5 = 32,5 \text{ mm/min}$

čas obrábění $t_2 = \frac{L_2 + p}{v_2} = \frac{85 + 10}{32,5} = 2 \text{ min } 56 \text{ s}$

$T_0 = t_1 + t_2 = 1,25 + 2,93 = 4 \text{ min } 11 \text{ s}$

Nejsou zde zahrnuty časy najíždění a vyjíždění vrtáku rychloposuvem s na výměnu nástroje /vrták $\varnothing 73 \text{ mm}/$.

7.1.2. Výpočet časů na hrubování u ojniční hlavy

Vyvrtávací hlava

posuvová rychlost ... $v_3 = n_0 \cdot s_0 = 50 \cdot 0,18 = 9 \text{ mm/min}$
čas obrábění $t = \frac{L_3 + k}{v_3} = \frac{100 + 20}{9} = 13 \text{ min } 20 \text{ s}$

7.1.3. Porovnání časů obou operací

Jak je vidět obráběcí čas u ojniční hlavy je mnohem delší než obráběcí čas u ojničního oka. Obráběcí čas ojniční hlavy zůstane delší i potom, když budeme uvažovat najíždění a vyjíždění vrtáku rychloposuvem, připevňování přídatného protizávaží pro obrábění s vyvrtávací hlavou a podobně.

7.2. Výhody pracoviště na vrtačce VR 8A

7.2.1. Úspora časů při hrubování a obrábění načisto

Můžeme tedy konstatovat, že obrábění s jedním zjednodušeným a jedním normalizovaným vřeteníkem bude velmi ekonomické, co se týká úspory hlavních i vedlejších časů. Musíme zde uvažovat, že ojniční hlavu budeme hrubovat dvakrát s větším úběrem materiálu. Při posunutí vřeteníku o 10 /12/mm vzniká elipsovitý tvar. Po rozříznutí a opracování dosedacích ploch vznikne téměř kruhový tvar. Přídavky na obrábění načisto jsou v tomto případě minimální, a proto se může zvýšit řezná i posuvová rychlost při obrábění načisto.

U ojnice 27,5 B8 zkrácení bude činit asi 1/4 stávajícího obráběcího času na hrubování i načisto. Toto zkrácení je způsobeno především při hrubování, protože zde obrábíme ojniční hlavu i oko současně.

U ojnice 275 III se sice čas na hrubování prodlouží,

protože hrubujeme ojniční hlavu dvakrát a ojniční oko jen jednou, ale čas při obrábění načisto se zase zkrátí. Toto zkrácení není ovšem tak markantní, aby se dalo hovořit o úspoře času. Dá se předpokládat, že při dvojím hrubování se čas na obrábění prodlouží více, než se zkrátí při obrábění načisto. Při obrábění této ojnice hlavní úsporu času dosáhneme tím, že se zkrátí vedlejší časy. Tímto zkrácením vedlejších časů se celkový čas obrábění zkrátí asi o 1/6.

7.2.2. Úspora a využití pracoviště

Při takto provedeném pracovišti vrtačky VR 8A dojde k uvolnění pracoviště na vodorevné vyvrtávačce W 100, kde se operace hrubování ojničních ok dopsuď provádí. Dojde také k lepšímu využití pracoviště vrtačky VR 8A. Dále se nebudou muset řešit dva přípravky na upínání ojníc /pro každý stroj zvlášť/, ale pouze jeden komplexní přípravek.

7.2.3. Úspora vedlejších časů

Jak již bylo výše uvedeno největší část úspory časů u ojnice 275 III, ale i u ojnice 27,5 B8 tvoří úspora vedlejších časů. Největší podíl na vedlejších časech má upnutí a ustavení ojnice do přípravku, dále mezioperační doprava /stroje jsou v různých budovách/. Dá se předpokládat, že se ušetří pracovníci pro opakované upnutí a ustavení ojnice do přípravku i na mezioperační dopravu.

8. ZÁVĚR

Účelem této diplomové práce bylo navrhnouti jednoúčelového zařízení na vyvrtávání ok ojníc.

V první části práce bylo navrženo několik možných variant řešení a různé pohledy na ně. V druhé části, která byla výpočtová bylo navrženo a zkontrolováno veškeré zařízení jednoúčelového stroje.

Při posuzování navrhovaných variant je nutné brát v úvahu především účelnost a spolehlivost zařízení. Nesmíme však zapomenout také na to, že každý závod má určité možnosti a schopnosti. Proto bylo přihlédnuto při řešení jednoúčelového obráběcího stroje také k této skutečnosti.

Kromě ekonomického efektu, který jednoúčelový stroj bezesporu přináší, je zde také efekt úspory pracovníků.

Závěrem bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Přemyslovi Pokornému, CSc., Doc. Ing. Vladimíru Gabrielovi, CSc., konzultantu Zdeňku Burdychovi za cenné připomínky a poskytnutí potřebných materiálů k vypracování diplomové práce.

SEZNAM PŘÍLOH:

- Příloha č. 1 - Technologický postup ojnice 27,5 B8
Příloha č. 2 - Technologický postup ojnice 275 III
Příloha č. 3 - Výkres výkovku ojnice 27,5 B8 (V-Dm 11 361)
Příloha č. 4 - Výkres výlisku ojnice 275 III (Dm 20 814/1)
Příloha č. 5 - Výkres VŘETENÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/1
Příloha č. 6 - Výkres VŘETENÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/2
Příloha č. 7 - Výkres VŘETENÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/3
Příloha č. 8 - Výkres VŘETENÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/4
Příloha č. 9 - Výkres VŘETENÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/5
Příloha č. 10 - Výkres VŘETENÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/6
Příloha č. 11 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/7
Příloha č. 12 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/8
Příloha č. 13 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/9
Příloha č. 14 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/10
Příloha č. 15 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/11
Příloha č. 16 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/12
Příloha č. 17 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/13
Příloha č. 18 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/14
Příloha č. 19 - KUSOVNÍK 2 - KOM - OS - 205 - 01/15

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- /1/ PŘIKRYL Z. - MUSÍLKOVÁ R.: Teorie obrábění, Praha 1982
- /2/ BOHÁČEK F. a kol.: Části a mechanismy strojů III - Převody, VUT Brno 1981
- /3/ PRÁŠIL L. - OLEHLOVÁ M.: Části strojů a mechanismů (cvičení), VŠST Liberec 1984
- /4/ KATALOG ELEKTROMOTORŮ: Trojfázové asynchronní motory s kotvou na krátko, zavřené řady F (velikosti 160-180), ZSE Praha 1984
- /5/ FRÖHLICH J. a kol.: Katalog ZKL, Praha SNTL 1984
- /6/ VÁVRA P. a kol.: Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické, Praha SNTL 1984
- /7/ FRÖHLICH J.: Technika uložení s valivými ložisky, Praha SNTL 1984
- /8/ KÖNIG V.: Jednouúčelové a stavebnicové stroje pro třískové obrábění, VŠST Liberec 1989
- /9/ CHVÁLA B. - NEDBAL J. - DUNAY G.: Automatizace, Praha SNTL 1985
- /10/ BRENIK P. - PÍČ J.: Obráběcí stroje, Praha SNTL 1985
- /11/ SANDVIK COROMAT: Katalog T-MAX U-KURZLOCHBOHRER
- /12/ SECO: Katalog Bohrer und Zubehör
- /13/ SIG: Katalog Tiefbohren
- /14/ KOLEKTIV: V.Konferencia o vrtání a dokončování hlbokých otvorou, P ČSVTS pri ZŠ Dubnica nad Váhom 1988

573

REVIEWS

Figure 1. The effect of the concentration of the inhibitor on the rate of polymerization of α -methylstyrene in the presence of SnCl_4 at 0°C .

Disc 10834

203

QING

ТҮР - ЗАКІЗКА

JAKOST

Z
S
U

ROZMĚR MAT.-MODEL

Түр мотол

40

Ka:

1076

702

visited Ann 206 + 214
214 and 3 weeks in

四二

right a moment

ROZPISKA
169.366/V.

五、

4th & 5th

STAVAN 1940

debet mater. obseq. Pyrolic. & credit mater. &

[illegible]

316

30-35

TA
51-56

95-107

POHOD PRÁCE

[illegible]

Wanted to get the book

2-10-1881 to 4-29-1882

14. 10. 1948

1890

1. Wash the old wire in benzene,
 2. dry in benzene, packed & run

the great power of my
mind & will

Don't be surprised if you find
 some of the words in the
 list are not in the dictionary.

100 are master & rest boarding

1887 1900

[illegible]

TABLE 1. *Summary of the 1997-1998 season. The number of fish collected in each of the 100 100-m² plots was counted and the number of fish per plot was calculated. The number of fish per plot was then multiplied by the number of plots to give the total number of fish collected. The number of fish per plot was then multiplied by the number of plots to give the total number of fish collected. The number of fish per plot was then multiplied by the number of plots to give the total number of fish collected.*

100

100

100

WILINA

一、

Ad. 10

1011

POPULARACE

Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	

[illegible]

653-114

9421	12	1735	12	Trilling / a young & white nighthawk
44		0053	12	Trilling / black flycatcher
				Trilling.

[illegible]

When given opportunity I will
 explain details & as far as
 possible in simple words I will
 explain the story as per
 attached 10 and 11 documents
 in accordance with 10/11 document
 attached also attached a document
 dated 12th 13th 14th 15th 16th 17th
 No body present some a signed
 one.

Popis změny		Provedl	DNE	Popis změny	Provedl	Podpis
			5			
			6			
			7			
			8			

Technologický postup

C.V. Drn 10834

OPRAVA 36.30	FRAG. 26.30	TR. 31.2	STRED. 36.38	TA 51.56	TB 57.60	POPIS PRÁCE	POMŮCKY
8	26.30	33	36.38	51.56	57.60	frezovat plochu 60x40 na vně 1100 dle projektování	
9	26.30	33	36.38	51.56	57.60	probrat do naměřené dráhy v lase ořízce s obličím na ploše dráha 112 mm.	
10	26.30	33	36.38	51.56	57.60	dráha do pozemku na naměřené dráze naměřené hodnoty 103/1000	10. 11. 11 2008-553
11	26.30	33	36.38	51.56	57.60	probrat do 274 dle 11 na 274 dle 8 pro přílohu, zúčtení 190 ± 90 s r=3 na míru 132, 206 dle 11 202 ± 90 s r=2 na míru 100 (s) od přílohy 10 mm). Naměřené hodnoty 100 100 dle 900 ± 100	10. 11. 11 2008-553

POPIS ZMĚNY	PROVEDL	DNE	POPIS ZMĚNY	PROVEDL	VYSTAVIL	DR
12. 11. 11	12. 11. 11	3			SCHVALL	DR
13. 11. 11	13. 11. 11	6				
14. 11. 11	14. 11. 11	7				
15. 11. 11	15. 11. 11	8				

[illegible]

SYSTAVIL Dr.	SCHWÄBL Prof.
--	---

100

[illegible]

Don P. S. S.

[illegible]

ČKD - 88		Název skupiny		Název součásti		Čís. výkresu		Kusů		Pozice	
Jakož materiálu		Rozměr - model - zápusťka		Hmotnost		Cena za 1 kg		Cena celkem		Číselník	

Technologický postup

[illegible]

				108
1	SKŘÍŇ	ODLITEK	42 2420	1
1	DESKA 1	ODLITEK	42 2420	2
1	DESKA 2	ODLITEK	42 2420	3
1	DESKA 3	ODLITEK	42 2420	4
1	KRYT SPODNÍ	ODLITEK	42 2420	5
1	KRYT HORNÍ	ODLITEK	42 2420	6
1	PRIZMA	ODLITEK	42 2435	7
1	PŘÍRUBA	ODLITEK	42 2420	8
1	KOTOUČ 1	ODLITEK	42 2420	9
1	KOTOUČ 2	ODLITEK	42 2420	10
1	DRŽÁK 1	ODLITEK	42 2420	11
1	DRŽÁK 2	ODLITEK	42 2420	12
1	VŘETENO	ČSN 42 5510.1	11 700	13
1	VEDENÍ VŘETENE	ČSN 42 5510.1	11 600.4	14
1	VÝSUVNÉ VEDENÍ	ČSN 42 5510.1	11 600	15
1	HŘÍDEL P 1	ČSN 42 5510.1	11 600	16
1	HŘÍDEL P 2	ČSN 42 5510.1	11 600	17
1	HŘÍDEL P 3	ČSN 42 5510.1	11 600	18
1	HŘÍDEL P 4	ČSN 42 5510.1	11 600	19
1	HŘÍDEL P 5	ČSN 42 5510.1	11 600	20

M. Schmidt

5.8.1990

VŠST
Liberec

KUSOVNÍK

15

2-KOM-OS-205-01

7

1	HŘÍDEL P 6	ČSN 42 5510.1	11 600.4	21
1	HŘÍDEL P 7	ČSN 42 6510.1	14 331.4	22
1	HŘÍDEL P 8	ČSN 42 5510.1	11 600.6	23
1	HŘÍDEL O 1	ČSN 42 6510.1	13 151	24
1	HŘÍDEL O 2	ČSN 42 5510.1	11 700	25
1	HŘÍDEL O 3	ČSN 42 5510.1	11 700	26
1	HŘÍDEL O 4	ČSN 42 5510.1	11 600	27
1	HŘÍDEL O 5	ČSN 42 5510.1	11 600	28
1	HŘÍDEL V 1	ČSN 42 6510.1	15 241.6	29
1	HŘÍDEL V 2	ČSN 42 6510.1	13 151	30
1	KOLO O 1	ČSN 42 6510.1	15 241.6	31
1	KOLO O 2	ČSN 42 6510.1	14 140.6	32
1	KOLO O 3	ČSN 42 6510.1	15 241.4	33
1	KOLO O 4	ČSN 42 6510.1	14 140.6	34
1	KOLO O 5	ČSN 42 5510.1	11 700.4	35
1	KOLO O 6	ČSN 42 5510.1	15 241.4	36
1	KOLO O 7	ČSN 42 5510.1	11 600.4	37
1	KOLO O 8	ČSN 42 5510.1	11 700.1	38
1	KOLO O 9	ČSN 42 5510.1	11 600.4	39
1	KOLO O 10	ČSN 42 6510.1	12 020.9	40

M.Schmidt

5.8.1990

VŠST
Liberec

KUSOVNÍK

15

2-KOM-OS-205-01

8

1	2	3	4	5
1	KOLO 0 11	ČSN 42 5510.1	11 600.4	41
1	KOLO 0 12	ČSN 42 6510.1	12 020.9	42
1	KOLO 0 13	ČSN 42 6510.1	14 140.4	43
1	KOLO P 1	ČSN 42 6510.1	13 240.6	44
1	KOLO P 2	ČSN 42 5510.1	11 600.4	45
1	KOLO P 3	ČSN 42 6510.1	13 240.6	46
1	KOLO P 4	ČSN 42 5510.1	11 600.4	47
1	KOLO P 5	ČSN 42 6510.1	13 240.6	48
1	KOLO P 6	ČSN 42 5510.1	11 600.4	49
1	KOLO P 7	ČSN 42 6510.1	14 140.6	50
1	KOLO P 8	ČSN 42 5510.1	11 600.4	51
1	KOLO P 9	ČSN 42 6510.1	15 241.6	52
1	KOLO P 10	ČSN 42 5510.1	11 500.1	53
1	KOLO P 11	ČSN 42 5510.1	11 500.1	54
1	KOLO P 12	ČSN 42 5510.1	12 020.9	55
1	KOLO P 13	ČSN 42 5510.1	11 500.1	56
1	KOLO P 14	ČSN 42 6510.1	15 241.6	57
1	KOLO P 15	ČSN 42 6510.1	15 241.6	58
1	ŠNEKOVÉ KOLO	ODLITEK	42 3347.02	59
1	TÁHLO 1	SVAŘENEC	11 373.4	60

M.Schmidt

5.8.1990

VŠST
Liberec

KUSOVNÍK

15

2-KOM-OS-205-01

9

Kusový list	Název součásti	Příloha	Materiál	Měřítko	Měřítko	Měřítko	Tol.
						9	10
1	TÁHLO 2	SVAŘENEC	11 373				61
1	TÁHLO 3	SVAŘENEC	11 373				62
1	TÁHLO 4	SVAŘENEC	11 373				63
1	KULISA 1	SVAŘENEC	11 373				64
1	KULISA 2	SVAŘENEC	11 373				65
2	HŘÍDEL	ČSN 42 5510.1	11 500				66
2	VEDENÍ 1	ČSN 42 6520.1	11 343.4				67
2	VEDENÍ 2	ČSN 42 6520.1	11 343.4				68
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 1	ČSN 42 5715.0	11 353				69
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 2	ČSN 42 5715.0	11 353				70
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 3	ČSN 42 5715.0	11 353				71
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 4	ČSN 42 5715.0	11 353				72
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 5	ČSN 42 5715.0	11 353				73
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 6	ČSN 42 5715.0	11 353				74
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 7	ČSN 42 5715.0	11 353				75
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 8	ČSN 42 5715.0	11 353				76
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 9	ČSN 42 5715.0	11 353				77
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 10	ČSN 42 5715.0	11 353				78
3	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 11	ČSN 42 5715.0	11 353				79
2	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 12	ČSN 42 5715.0	11 353				80

M.Schmidt

5.8.1990

VŠST
Liberec

KUSOVNÍK

15

2-KOM-OS-205-01

10

1	2	3	4	5
3	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 13	ČSN 42 5715.0	11 373	81
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 14	ČSN 42 5715.0	11 373	82
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 15	ČSN 42 5715.0	11 373	83
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 16	ČSN 42 5715.0	11 373	84
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 17	ČSN 42 5715.0	11 373	85
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 18	ČSN 42 5715.0	11 373	86
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 19	ČSN 42 5715.0	11 373	87
2	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 20	ČSN 42 5715.0	11 373	88
2	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 21	ČSN 42 5715.0	11 373	89
2	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 22	ČSN 42 5715.0	11 373	90
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 23	ČSN 42 5715.0	11 373	91
1	POUZDRO	ČSN 42 5510.1	11 373	92
1	VÍČKO 1	ČSN 42 5510.1	11 373	93
1	VÍČKO 2	ČSN 42 5510.1	11 373	94
2	VÍČKO 3	ČSN 42 5510.1	11 373	95
1	VÍČKO 4	ČSN 42 5510.1	11 373	96
1	ROZPĚRNÝ KROUŽ. 24	ČSN 42 5715.0	11 373	97
1	VÍČKO 5	ČSN 42 5510.1	11 373	98
2	VÍČKO 6	ČSN 42 5510.1	11 373	99
2	VÍČKO 7	ČSN 42 5510.1	11 373	100

M.Schmidt

5.8.1990

VŠST
Liberec

KUSOVNÍK

15

2-KOM-OS-205-01

11

1	2	3	4	5
1	VÍČKO 8	ČSN 42 5510.1	11 373	101
3	VÍČKO 9	ČSN 42 5510.1	11 373	102
1	VÍČKO 10	ČSN 42 5510.1	11 373	103
1	VÍČKO 11	ČSN 42 5510.1	11 373	104
1	VÍČKO 12	ČSN 42 5510.1	11 373	105
3	LOŽISKO 7208	ČSN 02 4645		106
1	LOŽISKO NJ 210	ČSN 02 4670		107
2	ČEP	ČSN 42 5510.1	11 600	108
2	LOŽISKO 6014	ČSN 024630		109
2	LOŽISKO 6010	ČSN 02 4630		110
3	LOŽISKO 6009	ČSN 02 4630		111
6	LOŽISKO 6008	ČSN 02 4630		112
6	LOŽISKO 6007	ČSN 02 4630		113
9	LOŽISKO 6005	ČSN 02 4630		114
8	LOŽISKO 6004	ČSN 02 4630		115
2	LOŽISKO 6003	ČSN 02 4630		116
4	KULIČKA Ø 4	ČSN 02 4541		117
4	PRUŽINA	ČSN 02 6001	12 220	118
4	KOLÍK 12 x 55	ČSN 02 2150.2		119
11	KOLÍK 8 x 30	ČSN 02 2150.2		120

Podpis	M.Schmidt
Prostředí	
Termín	5.8.1990
Výr. protokol	

VŠST Liberec	Typ Název KUSOVNÍK
-----------------	---------------------------------

1	LOŽISKO 51 110	ČSN 02 4730	121
3	KROUŽEK 40	ČSN 02 2930	122
1	KROUŽEK 36	ČSN 02 2930	123
2	KROUŽEK 35	ČSN 02 2930	124
9	KROUŽEK 25	ČSN 02 2930	125
7	KROUŽEK 20	ČSN 02 2930	126
1	KROUŽEK 17	ČSN 02 2930	127
2	PERO 12e7x8x63	ČSN 02 2562	128
1	MATKA	ČSN 42 5510.1	129
2	PERO 10e7x8x56	ČSN 02 2562	130
1	PERO 10e7x8x40	ČSN 02 2562	131
1	PERO 8e7x7x25	ČSN 02 2562	132
1	PERO 8e7x7x56	ČSN 02 2562	133
1	PERO 8e7x7x32	ČSN 02 2562	134
3	PERO 8e7x7x18	ČSN 02 2562	135
1	PERO 10e7x8x18	ČSN 02 2562	136
1	PERO 6e7x6x28	ČSN 02 2562	137
1	PERO 8e7x7x30	ČSN 02 2562	138
1	PERO 6e7x6x40	ČSN 02 2562	139
1	PERO 6e7x6x18	ČSN 02 2562	140

M.Schmidt

5.8.1990

VŠST
Liberec

KUSOVNÍK

15

2-KOM-OS-205-01

13

[illegible]