

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Školní rok: 1991 - 92

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Milana R Ů Ž I Č K U

obor (23-20-8) stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Konstrukční návrh frézovací hlavy konzolového typu na bázi stavebnice MULTIPOST pro současné frézování 2 až 4 drážek tl. 3 mm

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor dosavadního stavu frézovacích jednotek.
2. Návrhy různých alternativních řešení.
3. Pevnostně kontrolní výpočty zařízení vycházející z nejtěžších řezných podmínek.
4. Konkrétní konstrukční řešení pro frézy ϕ 80 až 100 mm při zachování stavebnicovosti jednoúčelového stroje.
5. Závěr.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ

Osřední knihovna

STUDENSKÁ 6

481 17 LIBEREC

KVS/os

V 106/923

Rozsah grafických prací: kompletní výkresy a rozpiska

Rozsah průvodní zprávy: 30 - 40 stran textu

Seznam odborné literatury:

1. Breník, P.: Obráběcí stroje, SNTL Praha, 1982 .
2. König, V.: Stav vývoje stavebnicových OS u vybraných světových výrobců do roku 1989, ČSVTS ELITEX, Liberec 1990.
3. Lehká stavba jednoúčelových stavebnicových strojů, ČSVTS České Budějovice 1984
4. Katalog stavebnicového stroje pro třískové obrábění MULTIPOST.

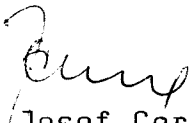
Vedoucí diplomové práce: Ing. Sigitas Adomavičius


Konzultant: Ing. Josef Stejskal-ELITEX Liberec
závod 04

Zadání diplomové práce: 31.10.1991

Termín odevzdání diplomové práce: 29.5.1992




Doc. Ing. Josef Cerha, CSc.
Vedoucí katedry


Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.
Děkan

V Liberci

dne 30.10. 1991

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ LIBEREC

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů

obor: 23 - 20 - 8

zaměření: Jednouúčelové obráběcí a montážní stroje

KONSTRUKČNÍ NÁVRH FRÉZOVACÍ HLAVICE PRO VÝROBU
DRÁŽEK NA BÁZI STAVEBNICE JOS MULTIPOST

KVS - OS - 233

MILAN RŮŽIČKA

Vedoucí práce: Ing. S. Adomavičius, KVS VŠST Liberec

Konzultant: Ing. J. Stejskal, ELITEX Liberec

Počet stran 61

Počet příloh 26

Počet tabulek 10

Počet obrázků 29

Datum: 29.5.1992

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076281

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou
práci vypracoval samostatně s použitím uvedené litera-
tury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Liberci 29.5.1992

Purischatulan

Na tomto místě bych rád poděkoval

Ing. S. Adomavičiusovi za podnětné připomínky a vedení
diplomové práce.

Dále pak tímto děkuji Ing. J. Stejskalovi za pomoc při
získávání poznatků z praktického provozu.

OBSAH

strana

1. ÚVOD	9
2. VÝVOJ K JEDNOÚČELOVÝM STAVEBNICOVÝM STROJŮM	10
2.1. Historie obráběcích strojů	10
2.2. Současný stav ve vývoji	11
2.3. Stavebnice MULTIPOST	12
3. FRÉZOVACÍ HLAVICE	12
4. ROZBOR NAVRHOVANÉ JEDNOTKY	15
4.1. Varianta I	15
4.2. Varianta II	17
4.3. Výběr vhodné varianty	18
4.4. Konstrukční řešení vybrané varianty	19
5. VÝPOČET ŘEZNÝCH SIL	23
5.1. Návrh pilových kotoučů	23
5.2. Návrh řezných podmínek	24
5.3. Řezné síly - horizontální uspořádání	24
5.4. Řezné síly - vertikální uspořádání	25
5.5. Volba motoru	28
6. VÝPOČET FRÉZOVACÍ HLAVICE	30
Výpočet reakcí na vřetenu	37
Kontrola ložisek na vřetenu	44
Kontrola ložisek na vstupním hřídeli	46
Kontrola kolíku na vstupním hřídeli	48
Průhyb hřídele pro upnutí pilových kotoučů	49
Výpočet délky pera na vřetenu	51
Kontrola průhybu konzoly	51
Pevnostní kontrola kuželového soukolí	55
7. ZÁVĚR	59
Seznam používané literatury	60
Seznam příloh	61

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Název	Rozměr
b_w	šířka ozubení	mm
C	dynamická únosnost ložiska	N
C_0	statická únosnost ložiska	N
D	průměr pilového kotouče	mm
d_a	hlavový průměr	mm
d_e	roztečný průměr	mm
d_f	patní průměr	mm
d_m	průměr ve středu ozubení	mm
e	délka roztečného kužele	mm
E	modul pružnosti v tahu	MPa
F_A	axiální síla	N
F_L	síla na ložiska	N
F_r	radiální síla	N
F_{r_1}	radiální síla na 1 pilový kotouč	N
F_{t_m}	tečná síla ve středu ozubení	N
F_{V_1}	tečná síla na 1 pilový kotouč	N
F_x	síla na 1 pilový kotouč v ose x	N
F_y	síla na 1 pilový kotouč v ose y	N
G	modul pružnosti ve smyku	MPa
i	převodový poměr	-
I	kvadratický moment průřezu	mm ⁴
I_k	polární moment průřezu	mm ⁴
K_F	součinitel přídatných zatížení	-
K_{F_α}	součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů	-
K_{F_β}	součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů	-
K_H	součinitel přídatných zatížení	-
K_{H_α}	součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů	-
K_{H_β}	součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů	-

K_I	provozní součinitel	-
K_V	součinitel vnitřních dynamických sil	-
L_e	poloměr dotykové kružnice	mm
L_H	trvanlivost	hod.
\bar{M}	ohybový moment ve sdruženém nosníku	N.mm
M_k	kroutící moment	N.mm
m_m	modul ve středu ozubení	mm
n	otáčky	min ⁻¹
n_k	počet pilových kotoučů	-
p_d	dovolený tlak	MPa
P_1	výkon na 1 pilovém kotouči	W
P_e	ekvivalentní zatížení	N
P_m	výkon motoru	N
\bar{R}	reakce ve sdruženém nosníku	N
s_F	součinitel bezpečnosti v ohybu	-
s_H	součinitel bezpečnosti v dotyku	-
s_z	posuv na zub	mm/z
t	tloušťka pilového kotouče	mm
v	řezná rychlost	m/min
V	rotační součinitel	-
w	průhyb nosníku	mm
X	radiální součinitel	-
Y	axiální součinitel	-
Y_F	součinitel tvaru zubu	-
Y_R	součinitel drsnosti	-
Y_S	součinitel vrubu	-
Y_X	součinitel velikosti	-
Y_β	součinitel vlivu záběru profilu	-
Y_ε	součinitel sklonu zubu	-
Z	počet zubů pilového kotouče	-
z	počet zubů ozubeného kola	-
Z'	počet zubů v záběru	-
Z_{Hv}	součinitel tvaru zubu	-
Z_L	součinitel maziva	-

Z_M	součinitel materiálu	$\sqrt{\text{MPa}}$
Z_R	součinitel drsnosti boků zubů	-
Z_V	součinitel obvodové rychlosti	-
z_v	počet zubů virtuálního kola	-
λ	úhel záběru	°
δ	úhel roztečného kužele	°
δ_a	úhel hlavového kužele	°
δ_f	úhel patního kužele	°
ϑ_a	úhel hlavy zubu	°
ϑ_f	úhel paty zubu	°
γ	úhel zkroucení	°
σ	napětí	MPa
σ_H	srovnávací napětí v dotyku	MPa
ζ	účinnost	%
τ	smykové napětí	MPa

1. ÚVOD

Velké změny, které probíhají v několika posledních letech v naší společnosti, se musí zákonitě projevit i ve všech oblastech strojírenské výroby. Výrobci jsou nuceni s nástupem tržního mechanismu od základu změnit svoji obchodní politiku. Neboť doby, ve kterých byl zákazník nucen si koupit výrobek pouze od monopolní společnosti, aniž měl možnost volby, dávno pominuly. Konkurenční boj vyžaduje hledání nových atraktivních výrobních programů při zajištění co nejvyšší efektivnosti. Prostředkem pro růst efektivnosti je snižování energetické náročnosti, optimální organizace výroby a v neposlední řadě také počet vyráběných kusů, který velkou měrou ovlivňuje volbu typu výrobního zařízení. Typem výrobního zařízení pro velké série, při nichž dochází k minimalizaci nákladů jsou jednoúčelové stroje, s nimiž je možno dosáhnout velké produktivity při zajištění krátkých vedlejších časů. Ovšem takovéto stroje navržené pro jeden jediný tvar součásti jsou příliš drahé a proto vhodné pouze pro skutečně velké série, vyskytující se v naší společnosti jen zřídka. Proto bylo přistoupeno k návrhu stavebnicových obráběcích strojů, které zachovávají výhodu jednoúčelových strojů, ale díky variabilnosti své konstrukce umožňují přestavbu i na jiné typy výrobků, což posouvá použití takovýchto zařízení rovněž do oblasti s nižší sériovostí.

Mezi domácí výrobce jednoúčelových stavebnicových strojů patří TOS Kuřim s produkcí pro těžší obrobky a ELITEX Liberec se stavebnicí MULTIPOST pro lehčí součásti menších rozměrů.

Úkolem mé diplomové práce je návrh frézovací jednotky pro výrobu drážek. Jednotka bude použita ke stavebnici MULTIPOST. Zadání bylo získáno z podniku ELITEX Liberec, závod 04.

2. VÝVOJ K JEDNOÚČELOVÝM STAVEBNICOVÝM STROJŮM

2.1. Historie obráběcích strojů

Obrábění patří k historicky nejstarším technologiím, při nichž dochází k vytvoření nových povrchů strojních součástí. V začátcích byl tento proces realizován za pomoci primitivních nástrojů a zařízení. S vynálezem parního stroje a jeho zaváděním do továren se i tato zařízení začala výrazně zdokonalovat a mechanizovat. Parní stroj však vytvářel pouze centrální zdroj energie pro pohon mnoha strojů najednou pomocí transmisního rozvodu. S odstupem času se toto uspořádání jevilo jako velice nevýhodné z důvodu obtížných změn převodů pro optimalizaci řezných podmínek pro nově objevené materiály součástí a nástrojů. To vše vedlo ke snaze o vlastní pohon pro jednotlivé stroje. Zde našel uplatnění elektromotor, což bylo počátkem nové vlny zdokonalování mechanických principů daných zařízení. Koncem 18. století byl sestrojen první soustruh se suportem, jehož kinematika je základem pro dnešní moderní stroje. Postupně se objevují revolverové hlavy, dochází k nastavování strojů na určitou operaci nárážkami a vznikají první automaty řízené vačkami.

Ve výrobě se začíná stále více projevat snaha o maximální využití strojů, s čímž je těsně spjata minimalizace vedlejších neproduktivních časů. Ukazuje se také, že výrazného zlevnění výroby lze rovněž dosáhnout zavedením velkých sérií výrobků stejných tvarů a rozměrů, na kterých je možno vykonávat stále stejné operace. Z počátku byly k dispozici jen stroje universální, vhodné pro provedení všech operací stejného druhu. Při tom se musel obrobek několikrát přepínat a často se měnily i nástroje. To vedlo pouze k 25 % využití pracovního času, zbytek tvořily časy vedlejší a ztrátové. Řešení se našlo v použití jednoúčelových obráběcích strojů, konstruovaných speciálně na daný obrobek, které konají při použití několikavřetenových hlav i více operací najednou. To umožnilo dosáhnout nevídaných výkonů. Jak bylo napsáno v úvo-

du, staly se nevýhody jed noučelových obráběcích strojů, mezi něž patří zejména vysoká pořizovací cena a nemožnost využití speciálního zařízení po skončení výroby součásti pro niž bylo navrženo, impulsem pro vývoj stavebnicových jed noučelových strojů.

Modularita dává možnost produkovat ve velkých sériích řadu typizovaných skupin, tvořících až 75 % vlastního stroje. Tyto skupiny jsou doplňovány pro každý případ zvlášť konstruovanými uzly, aby bylo možno provádět stejné operace jako na strojích jed noučelových. To vše má za následek výrazné zlevnění těchto strojů a možnost jejich nasazení u menších výrobních sériích, ale i po změně typu obrobku.

Je možno říci, že stavebnicové stroje jsou dnes nejvhodnějšími a nejpružnějšími obráběcími stroji pro velké a střední série.

2.2. Současný stav ve vývoji

Jako velký problém se v současné době jeví volba co nejekonomičtější techniky při zachování potřebných funkcí pro daný stupeň sériovosti výroby.

Lze říci, že u rotačních součástí jsou vyvinuty takové typy strojů, které pokrývají téměř všechny oblasti. Pokrytí všech stupňů výrob zabezpečují universální soustruhy přes revolvery až po automaty s celou řadou mezistupňů až po využití odpovídající NC techniky. Kde je to možné, obrábí se více nástroji najednou.

U nerotačních součástí jde o složitější záležitost, především u středněsériových výrob. Nasazení jed noučelových strojů je zde neekonomické a obráběcí centra byt sebedokonaletší jsou pro tento typ výroby příliš pomalá a energeticky neúměrně náročná. Proto stále více nabývají na významu nové typy universálních stavebnicových strojů pro třískové obrábění.

2.3. Stavebnice MULTIPOST

Na základě zkušeností z konstrukce jednoúčelových strojů v MOTORU České Budějovice, kde pro svou potřebu vyvinuli a provozovali stavebnici lehkých jednoúčelových strojů MULTIMAT, bylo přikročeno ve spolupráci s Vysokou školou strojní a elektrotechnickou v Plzni k dalšímu vývoji.

Vznikla ucelená řada pinolových, závitovacích, posuvových a polohovacích jednotek, doplněná různými konzolami, stojany, středovými kostkami a dalšími díly. Systém nese název MULTIPOST a je určen pro třískové obrábění lehčích a rozměrově menších obrobků, pro které stačí ve většině případů zkonstruovat pouze vhodný upínač. Na stavebnici MULTIPOST je možno vrtat, vyvrtávat, řezat závity, frézovat, vystružovat, zahlubovat, zarovnávat, srážet hrany a provádět i operace kombinované.

Základní prvky jednoúčelového stavebnicového stroje MULTIPOST ukazuje obr. 1.

3. FRÉZOVACÍ HLAVICE

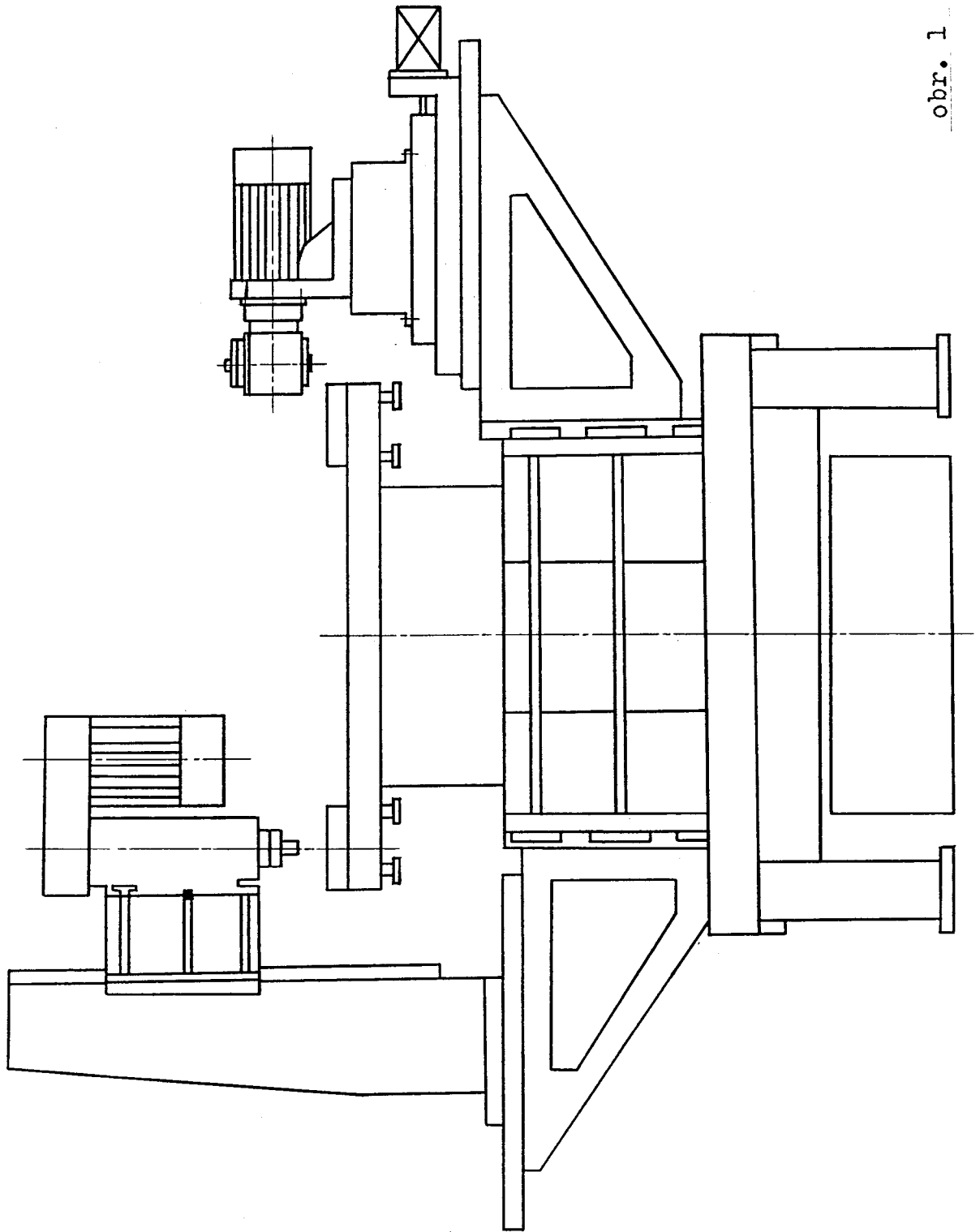
Frézovací hlavice slouží pro uložení vřetene, v němž je upnut nástroj určený k obrábění. Jejich konstrukce vychází ze základních typů, používaných na universálních frézovacích strojích.

a/ Svislá frézovací hlavice - obr. 2

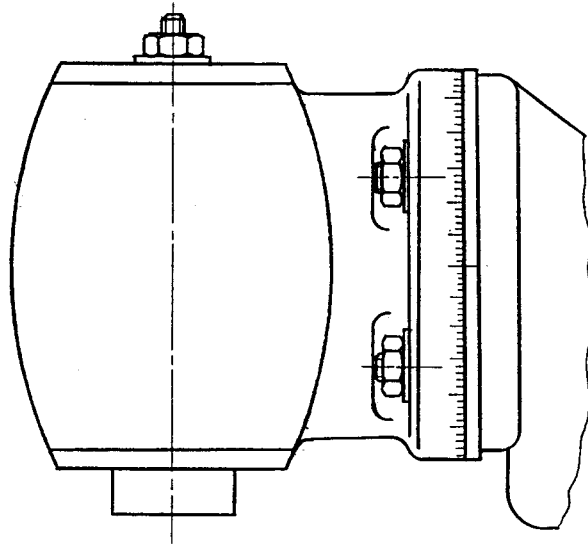
Používá se na vodorovných a universálních frézkách. Hlavici lze otočit kolem vodorovné osy tak, aby nástroj mohl pracovat v požadované poloze. Zafixování této polohy je provedeno šrouby. Do vřetene lze upnout stopkové, čelní i tvarové frézy a frézovací hlavy.

b/ Universální frézovací hlavice - obr. 3

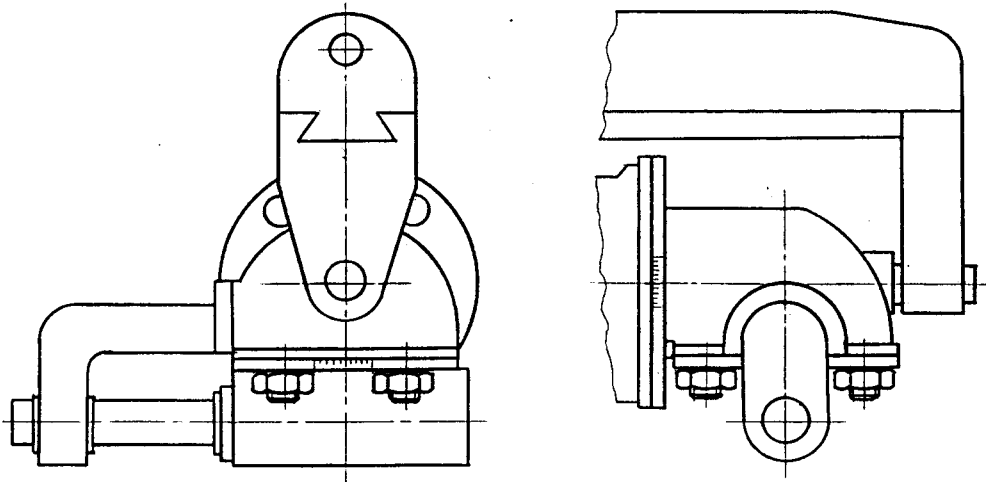
Používá se pro universální frézky. Hlavice je otočná



obr. 1



obr. 2



obr. 3

kolem vodorovné i svislé osy, takže nástroj upnutý na vřetenu může zaujmout jakoukoliv polohu a slouží proto pro obrábění těžko dostupných ploch.

U dnešních universálních strojů se začínají používat frézovací hlavice, které jsou schopny ustavit nástroj do libovolné polohy a mají kompaktnější konstrukci než universální frézovací hlavice. Jejich základní možnosti natáčení jsou na obr. 4. Zejména pro obráběcí centra jsou používány tyto hlavice s automatickým nastavením pracovní polohy, pomocí důmyslně řešených převodů a mechanismů.

Pro jednorúčelové stavebnicové stroje vyhovují frézovací hlavice jednodušší konstrukce s možností natáčení kolem jedné osy a fixováním v pracovní poloze pomocí šroubů. Jejich provedení je znázorněno na obr. 5.

Frézovací hlavice jednotlivých výrobců se od sebe liší zejména dosahovanou přesností a vnějším tvarem. Vnitřní uspořádání bývá často podobných principů, lišící se použitými ložisky a typem ozubených kol.

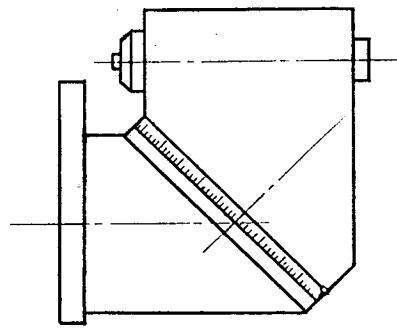
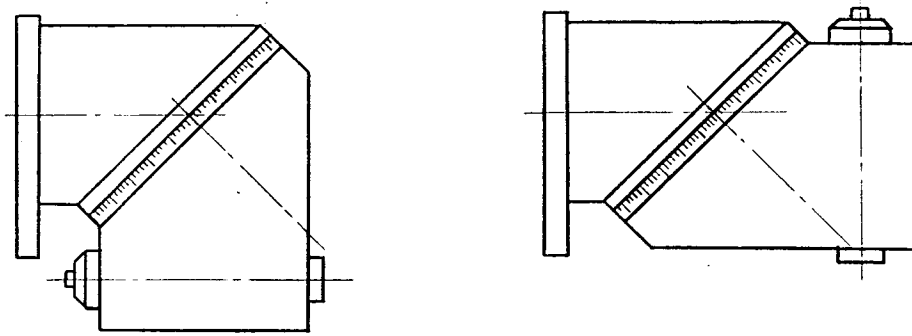
4. ROZBOR NAVRHOVANÉ JEDNOTKY

Stavebnice MULTIPOST doposud umožňuje frézování čelními a stopkovými frézami nebo jedním pilovým kotoučkem. Pro zvýšení produktivity je požadavek na obrábění čtyřmi kotoučky najednou, což má zajistit nově navržená jednotka. Při jejím řešení je možno ubírat se dvěma základními směry.

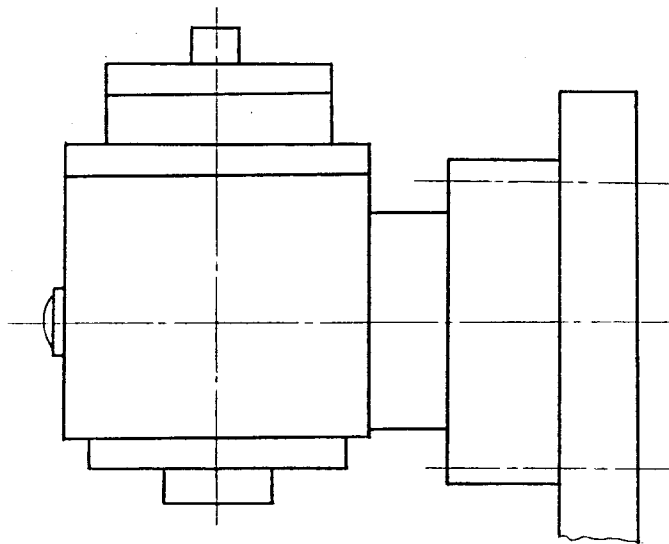
4.1. Varianta I

Výhody - velká tuhost
- symetrické uspořádání / odpadají přídatné klopné momenty /

Nevýhody - složitost převodu
- nemožnost použití pro obrábění stopkovými

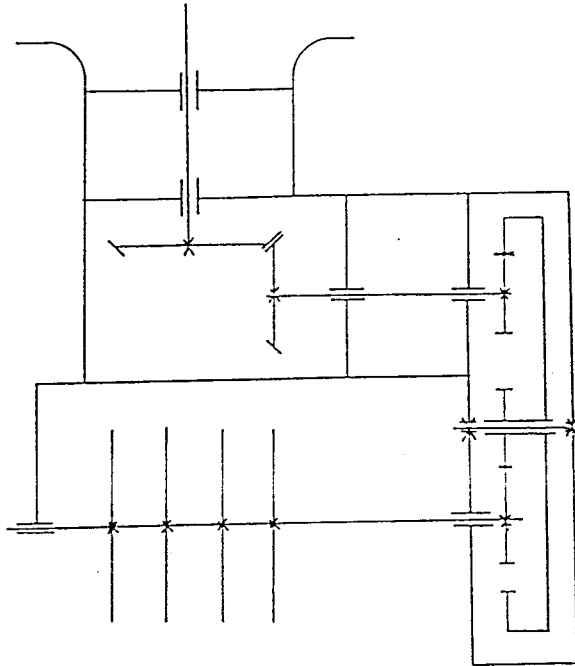


obr. 4



obr. 5

- nástroji
- drahá výroba
 - vyšší hlučnost / je zde více převodů /

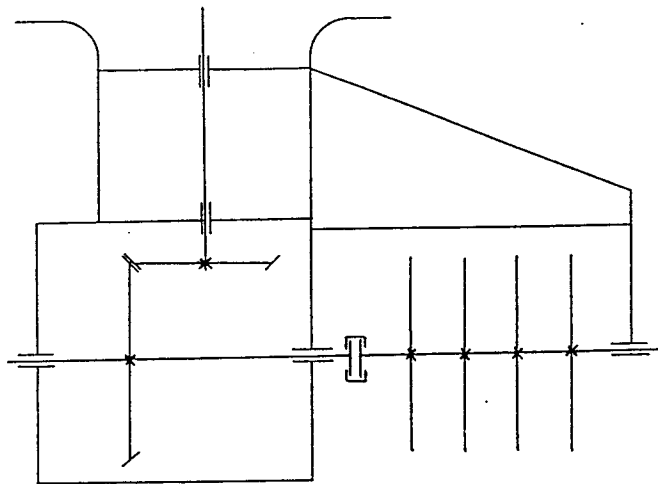


obr. 6

4.2. Varianta II

- Výhody - jednoduchost převodu
- nižší hlučnost
 - levnější výroba / využívá díly již používané jednotky /
 - možnost obrábět i stopkovými nástroji

- Nevýhody - nižší tuhost
- asymetrické uspořádání / vzniká přidavné namáhání /



obr. 7

4.3. Výběr vhodné varianty

Pro splnění všech požadavků kladených na frézovací hlavici se jeví jako nejvhodnější varianta II. Využívá totiž díly z již provozované frézovací hlavy s minimálními úpravami skříně a víčka. Toto uspořádání zachovává princip stavebnicovosti jak hlavy, tak celého stroje. Dovoluje tedy obrábění běžnými morse stopkou zakončenými frézovacími nástroji a po připojení speciální konzoly i obrábění pilovými kotouči.

Ke snížení tuhosti této varianty je nutno podotknout, že zmíněná nevýhoda se projeví zejména při hrubování, kde je pro dosažení velkého výkonu odebírána maximální tříska. Pro velmi přesné drážky je potřeba zařadit ještě jeden úběr s minimální tloušťkou třísky, kdy se zatížení celé frézovací hlavy značně zmenšuje a způsobuje již jen velmi malé průhyby.

4.4. Konstrukční řešení vybrané varianty

Vzhledem k uspořádání celé jednotky a stroje je nutné, aby osy kol byly na sebe kolmé. Z toho je zřejmé, že bude použito kuželových ozubených kol.

Základní typy možného uložení kuželového soukolí jsou v následujícím přehledu.

obr. 8 - Hřídele ozubených kol jsou uspořádány v jedné skříni, což umožňuje při výrobě zajistit jejich přesné uložení. Pro montáž musí být vnější rozměr pastorku menší než je průměr otvoru pro ložisko. Záběr se seřizuje přesnými podložkami m, pro jejich instalaci je nutná úplná demontáž uzlu uložení hřídele.

obr. 9 - Ložiska uložena ve vložených pouzdrech, to umožňuje trochu zvětšit průměr pastorku. Regulace záběru se provádí přesnými podložkami m, které se vkládají pod vložená pouzdra. Aby nebylo třeba vyjímat celé pouzdro, používají se podložky dělené, stahované šrouby.

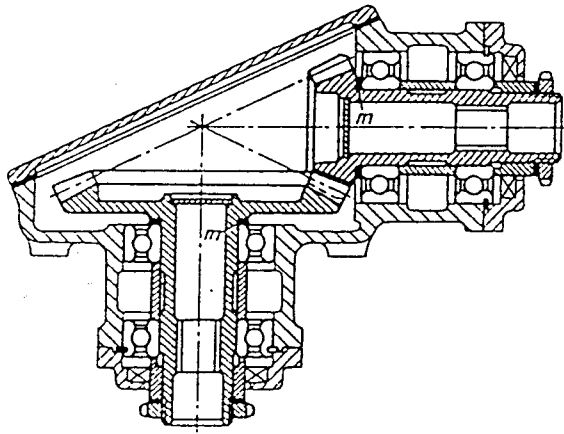
obr. 10 - Kola uložena v odnímatelných tělesech. Výhody předešlé varianty zůstávají, ale tuhost hlavního tělesa se znatelně zmenšuje. Při výrobě těles je nutno dodržet přesnou souosost středících osazení a otvorů pod ložisky.

obr. 11 - Pastorek uložena ve skříni, ozubené kolo v odnímatelném tělese. U tohoto provedení jsou poněkud sníženy nároky na přesnost výroby.

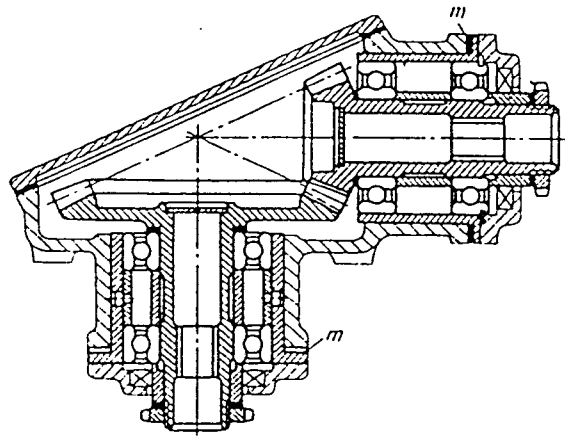
obr. 12 - Skříň je provedena s dělící rovinou v ose pastorku. Konstrukce zajišťuje jednoduchou a pohodlnou montáž, ovšem zhotovení rozebiratelného tělesa je

značně složitější než celistvého. Je nutno nejdříve načisto obrobit styčnou plochu, spojit poloviny tělesa na kontrolních čepech a pak teprve obrábět otvory pro ložiska. Použití těsnících vložek není možné, protože se narušuje válcovitost hnízd ložisek pastorku.

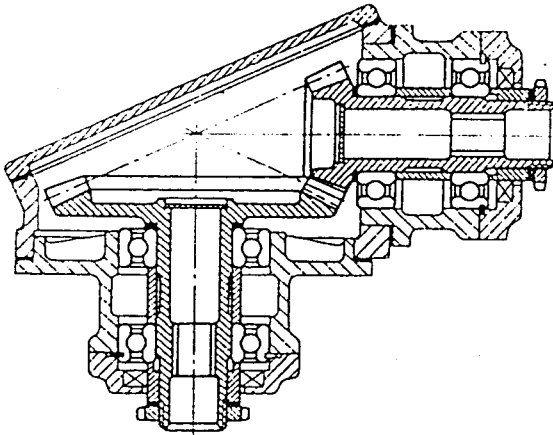
- obr. 13 - Horní podpěra hřídele je umístěna ve víčku, tím se zvětšila vzdálenost mezi podpěrami a je sníženo radiální zatížení na ložiska. Umístění podpěr v různých součástech zhoršuje středění hřídele. Je nutno obrábět otvory pro ložiska až po namontování víčka k tělesu, to ztěžuje výrobu.
- obr. 14 - Hřídel ozubeného kola je uložena na dvou ložiskách ve víčku. Tím odpadají nevýhody předešlého uspořádání.
- obr. 15 - Hřídel ozubeného kola je smontován v horním nálitku tělesa, to zvětšuje přesnost oproti dvěma předešlým variantám.
- obr. 16 - Přední ložisko hřídele pastorku je uloženo v mezištěně n, přilité k bočním stěnám tělesa skříně.
- obr. 17 - Vnitřní ložisko hřídele pastorku je přeneseno na protilehlou stěnu skříně, to zabezpečuje dobré rozložení podpor.
- obr. 18 - Ložisko ozubeného kola a vnitřní ložisko pastorku je uloženo v nálitku skříně. Řešení umožňuje minimalizaci vnějších rozměrů.
- obr. 19 - Stejná varianta jako v předešlém případě, ale s vývodem hřídele ozubeného kola nahoru.



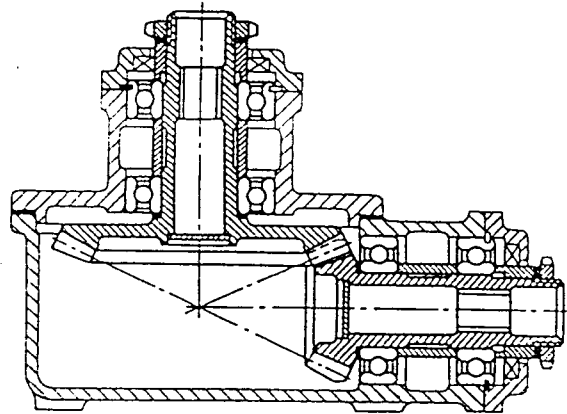
obr. 8



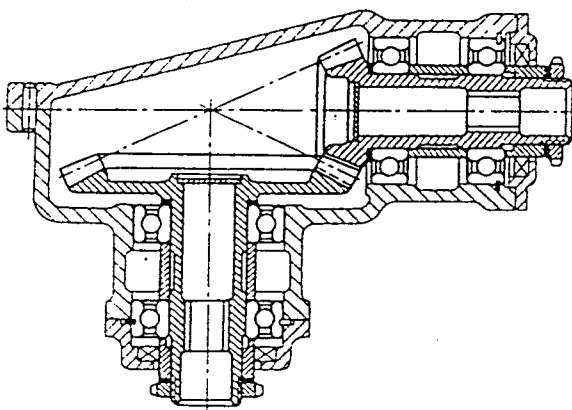
obr. 9



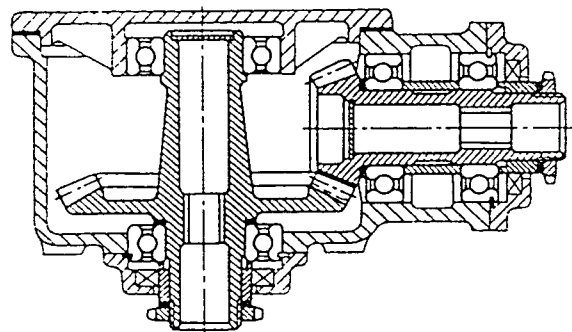
obr. 10



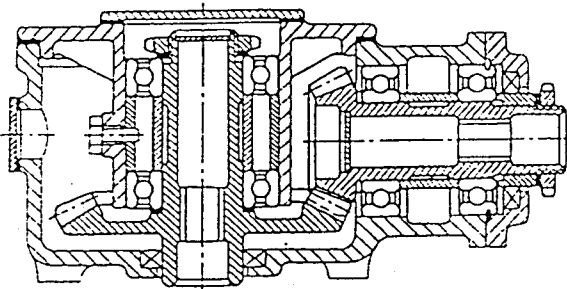
obr. 11



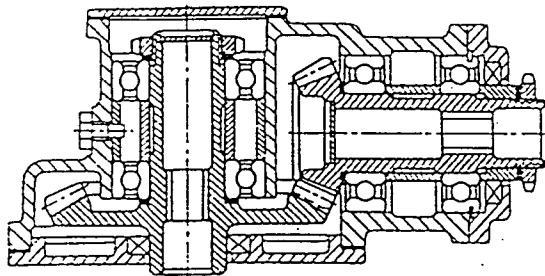
obr. 12



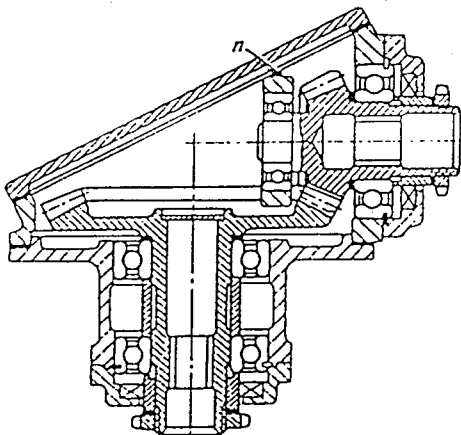
obr. 13



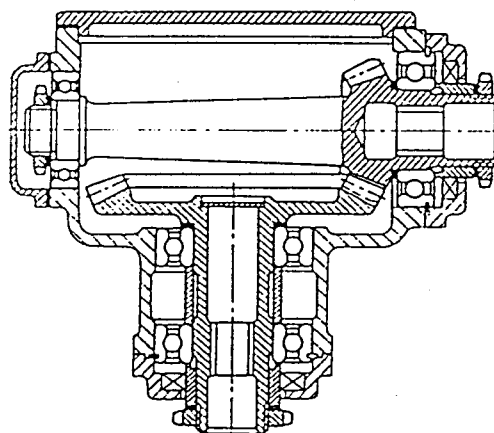
obr. 14



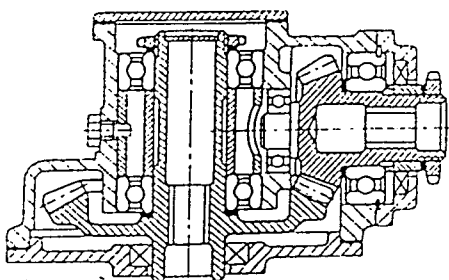
obr. 15



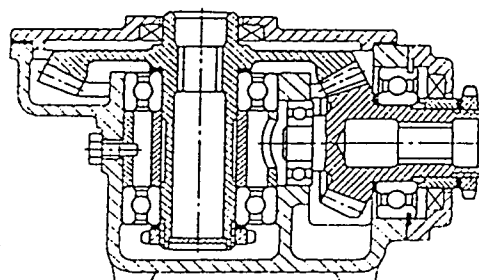
obr. 16



obr. 17



obr. 18



obr. 19

Výsledné uložení znázorněné na sestavném výkresu frézovací hlavice vychází z daného přehledu. Ovšem vzhledem k možnosti obrábění i stopkovými a čelními frézami, kdy vzniká výraznější axiální zatížení hlavice, je nutno použít kuželíková ložiska a těm přizpůsobit konstrukci uložení.

5. VÝPOČET ŘEZNÝCH SIL

5.1. Návrh pilových kotoučů

Pro zajištění klidného chodu stroje je nutné zabezpečit, aby současně zabíralo 3 - 6 zubů nástroje. Při zohlednění velikostí součástí pro které je hlavice určena, tuto podmínku splňují PILOVÉ KOTOUČE S POLOHRUBÝM OZUBENÍM NA KOVY dle ČSN 22 2913 z výkonné rychlořezné oceli.

V zadání je požadováno použití kotoučů vnějšího průměru 80 a 100 mm. Ty však přesahují vnější obrys frézovací hlavice pouze minimálně, což by však vyvolalo problémy při konstrukci upínacích přípravků zejména pro větší obrobky. Proto bylo po dohodě s konzultanty přistoupeno k použití kotoučů o průměru 125 mm.

průměr upínacího otvoru / mm / :	27
vnější průměr / mm / :	125
tloušťka kotouče / mm / :	0,8/1/1,2/1,6/2/ 2,5/3/4/5/6/

Kotouče všech tloušťek se dodávají bez náboje a jejich upínání se provádí pomocí přílohek, ale kotouče tloušťek 2/2,5/3/4/5/6 je možno také objednat v provedení s nábojem a pro upínání použít pera. Konstrukce hlavice umožňuje upínání oběma způsoby. Stejně tak je možno při záměně hřídele vsazeného do vřetene za hřídel o průměru 22 mm, upínat kotouče o vnějším průměru 80 a 100 mm, což je však spojeno s již výše uvedenou nevýhodou.

5.2. Návrh řezných podmínek

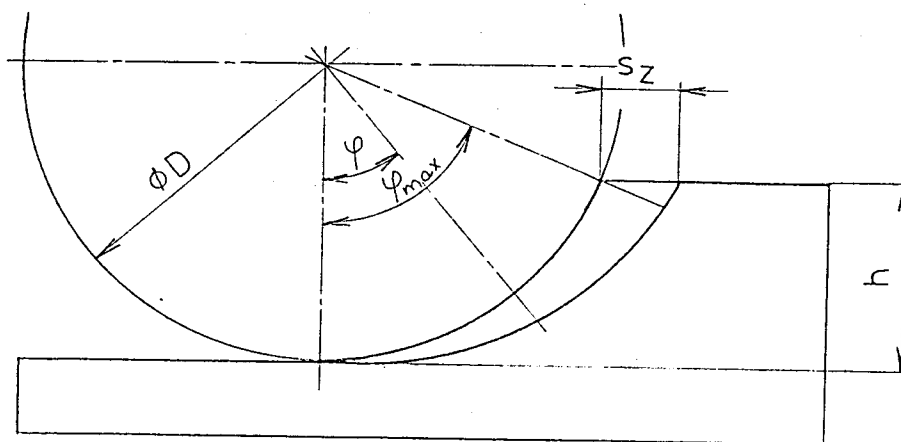
Obečně platí, že čím je obráběný materiál tvrdší a houževnatější, tím je menší řezná rychlost a posuv. Pro zajištění univerzálnosti hlavice je nutno uvažovat dvě varianty obráběného materiálu OCEL a HLINÍK.

Řezné podmínky dle literatury [4],[15] :

pro OCEL	$v = 15-30 \text{ m/min}$ $s_z = 0,02 \text{ mm/Z}$
pro HLINÍK	$v = 100 \text{ m/min}$ $s_z = 0,02 \text{ mm/Z}$

5.3. Řezné síly - hlavice umístěna na vodorovné posuvové jednotce

- případ je podobný frézování válcovou frézou [4],[11]



obr. 20

Při frézování je materiál odřezáván několika zuby současně. Celková síla pro překonání kroutícího momentu frézy, je-li Z zubů v záběru působící na jednom kotouči :

$$F_{V_1} = c_{FV} \cdot t \cdot s_z^x \cdot \sum_1^Z \sin^x \varphi_i$$

počet zubů v záběru : $Z' = \frac{\varphi_{\max} \cdot Z}{2}$

$$\varphi_{\max} = 2 \cdot \arcsin \sqrt{\frac{h}{D}}$$

$$\varphi = \frac{360}{Z}$$

Z počet zubů pilového kotouče

D průměr pilového kotouče

h hloubka záběru

t tloušťka kotouče

výkon na jeden kotouč : $P_1 = F_{V_1} \cdot v$

Dosazované a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tab. 1 pro hliník a v tab. 2 pro ocel.

5.4. Řezné síly - hlavice umístěna na pinolové jednotce

- případ podobný frézování čelní frézou [4],[11]
- vzhledem k charakteru obrábění pomocí pinolové jednotky / kdy je pohyb nástroje pouze ve svislém směru / a k malým rozměrům součástí pro stroj MULTIPOST jde o případ znázorněn na obr. 21

síla na jeden kotouč : $F_{F_1} = c_{FV} \cdot t^y \cdot s_z^x \cdot \sum_1^Z \sin^x \psi_i$

počet zubů v záběru : $Z' = \frac{\psi_{\max} \cdot Z}{2}$

HLINÍK

$c_{FV} = 420$

$x = 0,6$

$s_z = 0,02 \text{ mm/Z}$

$v = 100 \text{ m/min}$

D /mm/	h /mm/	t /mm/	Z	φ_{\max}	Z'	φ	$\sum \sin^x \varphi_i$	F_{V1} /N/	P_1 /W/
125	5	2	63	23° 4'	4,04	5,7	1,67	134	224
		3						202	336
		4	50		3,2	7,2	1,35	217	362
		5						271	452
		6			325	542			
		6			325	542			
	7,5	3	63	28° 21'	4,96	5,7	2,31	278	464
		4	307					511	
		5	50		3,94	7,2	1,91	384	639
		6						460	767
	10	3	63	32° 51'	5,75	5,7	3,00	361	603
		4	418					696	
		5	50		4,56	7,2	2,60	522	870
		6						627	1 044

tab. 1

OCEL 900 MPa

$c_{FV} = 1\,740$

$x = 0,74$

$s_z = 0,02 \text{ mm/Z}$ $v = 15 \text{ m/min}$

D /mm/	h /mm/	t /mm/	Z	φ_{\max}	Z'	φ	$\sum \sin^x \varphi_i$	F_{V1} /N/	P_1 /W/
125	5	2	63	$23^\circ 4'$	4,04	5,7	1,38	266	66,4
		3						398	100
		4	50		3,20	7,2	1,55	597	149
		5						746	186
		6			895	224			
		6			63	4,96	5,7	1,96	566
	7,5	4	50	$28^\circ 21'$	3,94	7,2	1,63	627	157
		5						784	196
		6						941	235
		6						63	5,75
	10	4	50	$32^\circ 51'$	4,56	7,2	2,26	870	217
		5						1 087	272
6		1 305						326	
6		1 305						326	

tab. 2

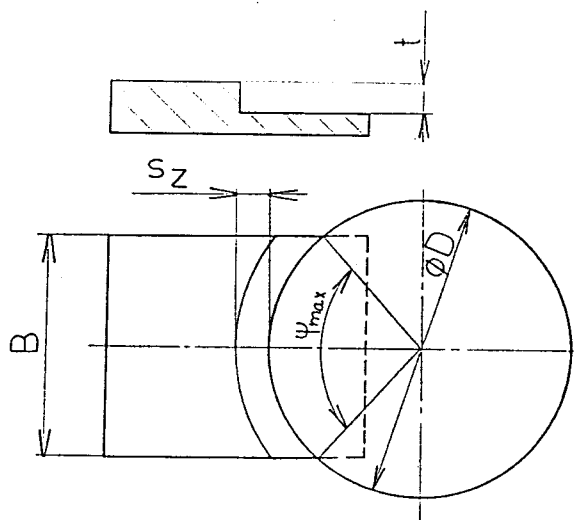
$$\psi_{\max} = 2 \cdot \arcsin \frac{B}{D}$$

$$\psi = \frac{360}{Z}$$

B šířka obráběného materiálu

t hloubka záběru - tloušťka kotouče

Dosazované a výsledné hodnoty jsou pro hliník v tab. 3 a pro ocel v tab. 4.



obr. 21

5.5. Volba motoru

Z předešlého je vidět, že s rostoucí tloušťkou kotouče a hloubkou záběru roste výkon P_r . Proto je nutno omezit použití hlavice určitým limitem tak, aby nedošlo k přetížení elektromotorů, které lze u stavebnice MULTIPOST použít. Kritériem pro stanovení limitu je výkon těchto elektromotorů P_m .

HLINÍK $c_{FV} = 670$ $x = 0,79$ $y = 0,66$ $s_z = 0,02 \text{ mm/Z}$ $v = 100 \text{ m/min}$												
D /mm/	B /mm/	t /mm/	Z	$\psi \text{ max}$	Z'	ψ	$\sum \sin^x \psi_i$	F_{V_1} /N/	P_1 /W/			
125	20	3	63	18° 24'	3,22	5,7	1,22	77	128			
		4	50					71	118			
		5						2,55	7,2	0,93	82	134
		6						92	154			

tab. 3

OCEL $c_{FV} = 3\ 160$ $x = 0,94$ $y = 0,80$ $s_z = 0,02 \text{ mm/Z}$ $v = 20 \text{ m/min}$												
D /mm/	B /mm/	t /mm/	Z	$\psi \text{ max}$	Z'	ψ	$\sum \sin^x \psi_i$	F_{V_1} /N/	P_1 /W/			
125	20	3	63	18° 24'	3,22	5,7	0,99	191	64			
		4	50					182	61			
		5						2,55	7,2	0,75	217	72
		6						251	84			

tab. 4

Použité motory včetně výkonů a označení obsahuje tab. 5 / pro umístění hlavice na vodorovné jednotce / a tab. 6 / pro umístění na pinolové jednotce /. V tabulkách je dále uveden počet kotoučů dané tloušťky použitelný pro frézovací hlavicí tak, aby nedošlo k přetížení.

počet kotoučů :
$$n_k \cong \frac{P_m}{P_1} \cdot \gamma$$

γ účinnost jednotlivých typů motorů

6. VÝPOČET FRÉZOVACÍ HLAVICE

Z tabulek 1-4 vyplývá, že největší silové zatížení vzniká, je-li hlavice umístěna na vodorovné posuvové jednotce při obrábění ocele. V souladu s kapitolou 5.5. je dosaženo limitní hodnoty pro hloubku záběru $h=5$ mm a pro tloušťku kotouče $t=4$ mm, čemuž odpovídá $F_{V1}=600$ N.

Výpočet hlavice vychází z uvedených okolností.

6.1. Namáhání vřetena

Vřeteno je namáháno řeznými silami a silami od kuželového soukolí.

Rozklad řezných sil /obr. 22/

Aby nedocházelo k nadměrným rázům při obrábění, bylo zvoleno frézování nesousledné.

Dle literatury [11] platí vztahy :

$$\begin{aligned} F_{r1} &= 0,7 \cdot F_{V1} \\ F_x &= 1,0 \cdot F_{V1} \\ F_y &= 0,25 \cdot F_{V1} \end{aligned}$$

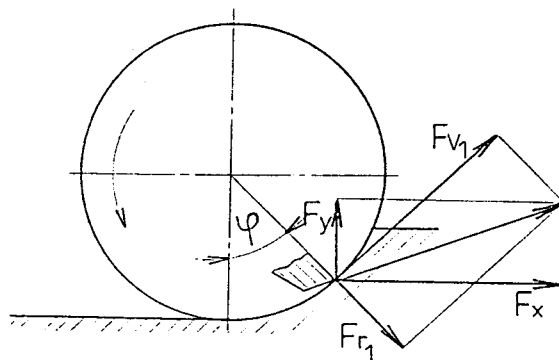
$F_{r1} = 420$	N
$F_x = 600$	N
$F_y = 150$	N

MATERIÁL	D /mm/	h /mm/	t /mm/	n _k	MOTOR
HLINÍK	125	5	0,8-4	4	3AP 90L-2 n _m = 2 875 min P _m = 2 200 W γ = 80,5 %
			5	3	
			6	2	
		7,5	0,8-2,5	4	
			2-3	3	
			4-5	2	
		10	0,8-1,6	3	
			2-4	2	
		OCEL	125	5	
5	3				
6	2				
7,5	0,8-3			4	
	4-5			3	
	6			2	
10	0,8-2			4	
	3			3	
	4-5			2	

tab. 5

MATERIÁL	D /mm/	B /mm/	t /mm/	n_k	MOTOR
HLINÍK	125	20	0,8-5	4	3AP 80-2s $n_m = 2\ 860\ \text{min}$ $P_m = 750\ \text{W}$ $\eta = 76,5\ \%$
			6	3	
OCEL	125	20	0,8-6	4	3AP 90L-8 $n_m = 715\ \text{min}$ $P_m = 550\ \text{W}$ $\eta = 66\ \%$

tab. 6



obr. 22

Rozměry kuželových kol /obr. 23/

Bylo zvoleno soukolí s přímými zuby, pro které dle literatury [1], [14] platí vztahy :

$$\operatorname{tg} \delta_1 = Z_1 / Z_2$$

$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$$

$$d_e = m_{te} \cdot Z$$

$$d_a = d_e + 2 \cdot m_{te} \cdot \cos \delta$$

$$d_f = d_e - 2,5 \cdot m_{te} \cdot \cos \delta$$

$$L_e = d_e / 2 \cdot \sin \delta$$

$$e = d_e / 2 \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$\operatorname{tg} \psi_a = m_{te} / L_e$$

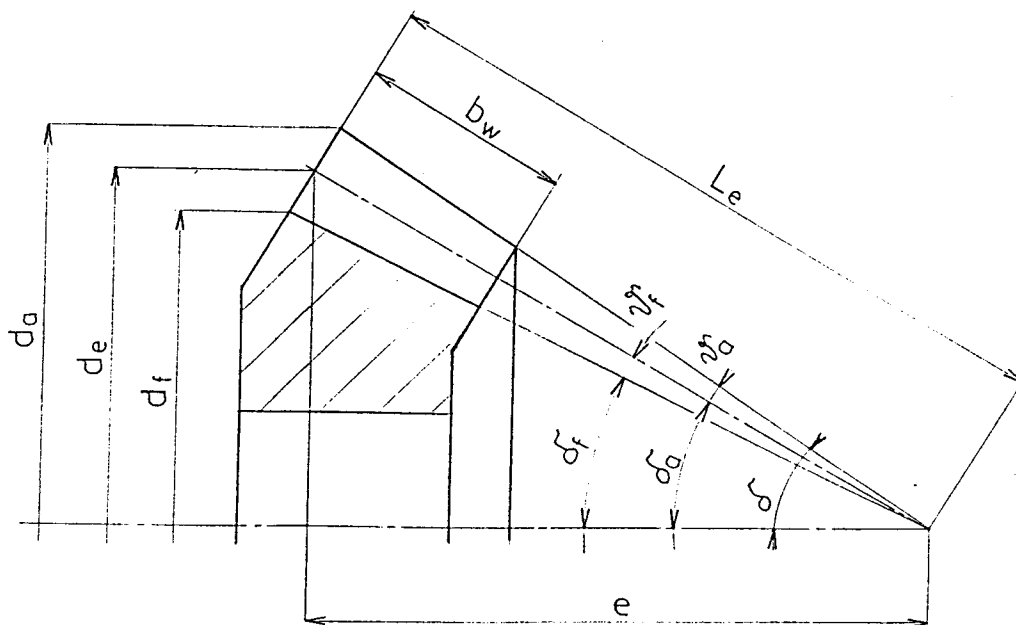
$$\operatorname{tg} \psi_f = 1,25 \cdot m_{te} / L_e$$

$$\delta_a = \delta + \psi_a$$

$$\delta_f = \delta - \psi_f$$

$$Z_v = Z / \cos \delta$$

Dosazované a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tab. 7.



obr. 23