

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23-07-8

strojírenská technologie

zaměření

obrábění a ekonomika strojírenské výroby

Katedra obrábění a montáže

Konstrukce čelní - válcové frézy s vyměnitelnými
dřítovými destičkami ze sliptého karbidu

Jméno a příjmení

autora : Milan Dveřák

Vedoucí práce : Ing. Robert Kvapil CSc

Konzultant : Ing. Jaroslav Menčík CSc

Rezumé práce a příloh

Počet stran.....62

Počet příloh a tabulek..... 2

Počet obrázků.....55

Počet výkresů..... 3

Počet modelů nebo jiných

příloh..... 3

KOM/CE

DF - ST 1677/ 81

Datum : 22.5.1981

Vysoká škola: **strojní a textilní**
v Liberci

Katedra: **obrábění a montáže**

Fakulta: **strojní**

Školní rok: **1980/81**

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro **Milana Dvořáka**

obor **23 - 07 - 8 strojírenská technologie**

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

Název tématu: **Konstrukce čelní-válcové frézy s vyměnitelnými**

břitovými destičkami ze slinutého karbidu

Pokyny pro vypracování:

- 1/ Politicko-hospodářský význam zadání
- 2/ Současný stav a dosavadní poznatky z používání vhodných fréz v zahraničí
- 3/ Aplikace poznatků teorie obrábění na konstrukci frézy
- 4/ Návrh čelní válcové frézy tzv. ježkové
- 5/ Návrh technologického postupu výroby pro prototyp frézy

Autorské právo patří výhradně
autorovi. Pro státní zkoušku
je třeba předložit
výsledky zpracování
číslo: 100/1980/17

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
LIBEREC
Fakulta strojírenská
F. S. 601 17

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah průvodní zprávy: **40 - 50 stran**

Seznam odborné literatury: **Firemní lit. fy Walter, SECO Fagersta Sandwik
Coroment, Walenike Madco, a další
Výzkum. zprávy VÚOSO Praha**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Kvapil, CSc**

Konsultanti: **Ing. Jaroslav Menčík, CSc**

Datum zadání diplomového úkolu: **6. 10. 1980**

Termín odevzdání diplomové práce: **22. 5. 1981**

L.S.


Doc. Ing. Vojtěch Dráb, CSc

Vedoucí katedry

Doc. RNDr Bohuslav Stříž, CSc

Děkan

v **Liberci** dne **6. 10.** 19**80**

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

V Liberci, dne 20.5.1981

Dvořák K.

Obsah

Seznam použitých značek	5
1. Politické - hospodářský význam zadání	6
2. Současný stav a dosavadní poznatky z používání vhodných fréz v zahraničí	9
2.1. Současný stav všeobecně	9
2.2. Seco Fagerate - Švédsko	11
2.3. OMIS - Itálie	15
2.4. Walter - NSR	17
2.5. Sitzmann & Heinlein - NSR	20
2.6. Smalcalda - NDR	21
3. Aplikace poznatků teorie obrábění na konstrukci frézy	22
3.1. Měrný řezný odpor	22
3.2. Dělení břitů	26
3.3. Řezné síly při frézování frézou se šikavými zuby	31
3.4. Přibližný návrh výkonu frézky při obrábění " jeřkovitou " frézou	33
3.5. Uplatění řezných destiček	34
4. Návrh čelní válcové frézy tzv. " jeřkové "	37
4.1. Základní popis nástroje	37
4.2. Geometrie frézy	38
4.3. Určení polohy destiček	40
4.4. Zubové mezery ; lůžka destiček	43
5. Návrh technologického postupu výroby pro prototyp frézy	47
5.1. Nomenklatura os a pohybů	47
5.2. Postup při výrobě řezné části	48
Závěr	60
Seznam použité literatury	62

Seznam použitých značek

a	tloušťka třísky	(mm)
a _s	střední tloušťka třísky	(mm)
b	šířka třísky	(mm)
B	šířka frézování	(mm)
C _{Fz}	materiálová konstanta	
D	průměr frézy	(mm)
Fz	tangenciální složka řezné síly	(N)
Fy	radiální složka řezné síly	(N)
Fo	osová složka řezné síly	(N)
F	výsledná síla působící na břit	(N)
h	hloubka frézování	(mm)
p	měrný řezný odpor	(MPa)
P	výkon	(W)
Pf	nástrojová boční rovina	
Po	nástrojová ortogonální rovina	
Pp	nástrojová zadní rovina	
Pr	nástrojová základní rovina	
Ps	nástrojová rovina ostří	
RO	rychlořezná ocel	
s	stoupání šroubovice	(mm)
S	průřez třísky	(mm ²)
s _z	posuv na zub	(mm)
v	řezná rychlost	(m·min ⁻¹), (m·s ⁻¹)
z	počet zubů	
z'	počet zubů (destiček) v záběru	
λ _f	boční úhel hřbetu	(°)
λ _f	boční úhel čela	(°)
λ _o	ortogonální úhel hřbetu	(°)
λ _o	ortogonální úhel čela	(°)
σ _{pt}	mez pevnosti v tahu	(MPa)
κ _r	hlavní úhel nastavení	(°)
κ _r '	vedlejší úhel nastavení	(°)
λ _s	úhel sklonu ostří	(°)

1. Politicko - hospodářský význam zadání

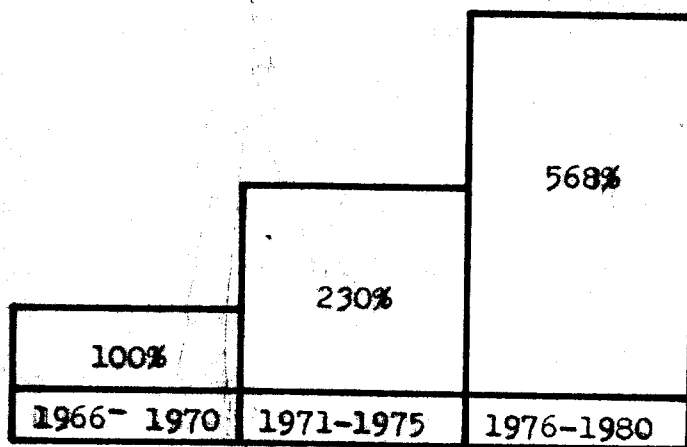
Návrh hlavních směrů hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1981 - 1985 předurčuje cesty k dosažení cílů, které si naše společnost vytyčuje při budování rozvinuté socialistické společnosti. Je to cesta opřená o využívání intenzivních faktorů všeho druhu, maximálně investičně, materiálově, energeticky i dovozně úsporného rozvoje a založená na optimálním využívání vnitřních rezerv.

Hlavním článkem rozvoje ekonomiky národního hospodářství v ČSSR i možných rezerv zvýšení životní úrovně je a bude i v další pětiletce nepochybně strojírenství. Tak jako pro jiná odvětví národního hospodářství, tak i pro strojírenství platí, že musí zabezpečovat výrobu s maximálními hledisky efektivnosti. Relativně největší objem strojírenské výroby je zabezpečován metodami obrábění.

Novodobý světový vývoj konstrukčního řešení a technologického uspořádání obráběcích strojů se samočinně ovládaným technologickým procesem je ovlivňován nejen uplatňováním nových způsobů obrábění, ale především zvyšováním technické úrovně a výkonnosti používaných obráběcích nástrojů. Zavádění nových produktivnějších obráběcích strojů je spojeno s poněkud většími investičními náklady, takže zvyšování produktivity práce touto cestou je zdlouhavější. Daleko příznivější je zvyšovat produktivitu práce při obrábění zaváděním nových produktivnějších nástrojů. Jejich rychlý výzkum, vývoj i optimální konstrukce a aplikace jsou vzhledem k rychlému tempu rozvoje oboru obrábění i dalších výrobních oborů nebo oblastí lidské činnosti velmi nutné. Z toho důvodu se stává i tento obor obráběcích nástrojů a nářadí významnou aplikovanou vědní disciplínou.

K nejvíce rozšířeným způsobům třískového obrábění patří v současnosti frézování, kterým získáváme rovinné plochy, drážky, osazení i tvarové součástky. Někdy je frézování jediným způsobem, kterým je možné danou operaci uskutečnit, v ČSSR pracuje v této době více jak 40 000 různých druhů frézovacích strojů. Ke zvyšování jejich výkonnosti je mimo jiné třeba zajistit dostatečné množství výkonných frézovacích nástrojů. K takovým patří především nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu. Tento převratný vývoj zefektivňuje hospodaření a zjednodušuje a urychluje oběh obráběcích nástrojů v provozu. Způsobil také výraznou změnu v nazírání na jejich údržbu. Významně k tomu přispívají různá konstrukční řešení účinných upínacích systémů vyměnitelných břitových destiček, zabezpečujících jejich rychlou, snadnou a bezpečnou výměnu v tělesech nástrojů. Nástroje tohoto typu také zaručují dodržení předepsané geometrie břitů, jakosti břitových ploch a stálou optimální trvanlivost břitů po každé výměně otupeného nástroje, což jsou požadavky související zejména se zaváděním číslicově řízených obráběcích strojů.

V ČSSR bylo dosud vyrobeno přes 100 000 kusů frézovacích nástrojů s vyměnitelnou destičkou a dynamikerůstu je patrne z obr. 1.



Obr.1.

Do roku 1985 se předpokládá zvýšení výrobnosti obráběcích strojů asi o 40% vlivem zlepšení technické úrovně nástrojů. K tomu by měly přispět i nové frézovací nástroje s vyměnitelnými destičkami ze slinutého karbidu. Poslední novinkou v zahraničí již používanou nebo zaváděnou do výroby jsou tzv. "ježkovité frézy". Jde o aplikaci vyměnitelných destiček u válcových čelních fréz nástrčných nebo u válcových čelních fréz upínaných za stopku, tedy u nástrojů, které se doposud vyráběly výhradně z rychlořezných ocelí nebo s připájenými destičkami ze slinutého karbidu.

I u nás se vývoji podobných nástrojů věnuje soustředěná pozornost, neboť umožňují další zvýšení intenzity úběru materiálu jak cestou vyšších řezných rychlostí, tak i zvětšováním průřezu třísky. Toto umožňují zejména zlepšené vlastnosti nových typů slinutých karbidů určených pro frézování, spolu s dělením břitů na válcové části nástrojů.

Zavedení těchto pokrokových nástrojů přináší zejména:

- značné úspory nástrojového materiálu
- možnosti zvýšení řezných podmínek při zachování trvanlivosti nebo zvýšení trvanlivosti ostří při zachování řezných podmínek
- zvýšení úběru materiálu při stejné spotřebě energie
- zmenšování sortimentu nástrojů záměnou jakosti slinutého karbidu
- maximální využívání obráběcích strojů s vyšším výkonem
- optimální geometrie břitu a velké prostory pro třísku zaručují dobré odvádění třísek a tepla při frézování hlubokých drážek a zvýšení posuvu
- snížení celkových nákladů na obrábění

Rychlý vývoj a výroba těchto nástrojů mohou tedy podstatně přispět k plnění náročných úkolů, kladených na strojírenství sedmým pětiletým plánem.

2. Současný stav a dosavadní poznatky z používání vhodných fréz v zahraničí

2.1. Současný stav - všeobecně

Zlepšené vlastnosti a tvary vyměnitelných břitových destiček ze slinutých karbidů přinesly zejména v posledních letech mnoho změn v konstrukci řezných nástrojů. V oblasti válcových a válcových čelních fréz s vybroušenými nebo podsoustruženými děliči bylo jen otázkou času, kdy dojde k nahrazování těchto nástrojů (doposud vyráběných výhradně z rychlořezných ocelí nebo s pájenými plátky ze slinutých karbidů) výkonnějšími frézami, u nichž je dělení břitů dosaženo vhodným rozložením vyměnitelných břitových destiček na válcovém povrchu. Uspořádání děličů se zvětší střední tloušťka třísek a tím i výkon frézování při stejné spotřebě energie. Široké třísky se převádí na třísky úzké, které se dají dobře umístit a odvádět.

Tvar vyměnitelných destiček se v praxi ustálil na používání pravidelných vícehranů a destiček kruhových. U "ježkovitých" fréz se v současné době téměř výhradně používají čtvercové, trojúhelníkové a kosodélníkové destičky, které mohou být pozitivní nebo negativní, s utvařeči nebo bez utvařečů, s otvorem nebo bez otvoru. Aby se nepřekračovalo největší dovolené házení břitu (asi 0,05 mm), je nutné, aby destičky byly vyráběny v úzkých tolerancích, tj. obvykle v mezích $\pm 0,02$ mm. Naostřené destičky se zasazují do přesně vyrobených lůžek na tělese frézy, které bývá robustní konstrukce, zpravidla opatřené drážkami ve strmé šroubovici pro odvod třísek. Stále více se používají frézy hrubozubé se silnými zuby, umožňující dobré chlazení, odplavování třísek a které připouštějí větší posuvy na zub. Tělesa nástrojů pro použití vyměnitelných destiček jsou z kvalitní konstrukční oceli a jsou poměrně drahá, jelikož jejich výro-

ba je pracná. Lůžka pro jednotlivé elementy musí být vyrobená s větší přesností než u podobných typů nástrojů pájených. Vzhledem k vysoké ceně musí nástroj pracovat spolehlivě po dobu několika let. Pod destičky jsou proto v některých případech vkládány podložky ze slinutého karbidu nebo lépe z rychlořezné oceli, které chrání těleso frézy před poškozením při poruše destičky. U některých konstrukcí jsou do tělesa frézy vkládány nejprve speciální vložky a do nich teprve destičky.

Frézy jednotlivých zahraničních výrobců lze nejjednodušším způsobem rozdělit do dvou základních skupin a to podle systému upínání destiček.

První skupinu tvoří nástroje s destičkami upnutými pomocí upínek (klínů). Zde je hlavním představitelem švédská firma SPCO Fagersta. Dalším zástupcem je např. italská firma OMUS.

Druhou skupinu tvoří stále více se prosazující nástroje s destičkami upínanými za otvor speciálními šroubky. Typickým představitelem jsou zde výrobky firmy WALTER (NSR). Tento systém využívají i další výrobci, např. firma Sitzman & Heinlein (NSR) a dále závod na výrobu řezných nástrojů ve Schmalkaldenu (NDR).

2.2. STCO Fagersta - Švédsko

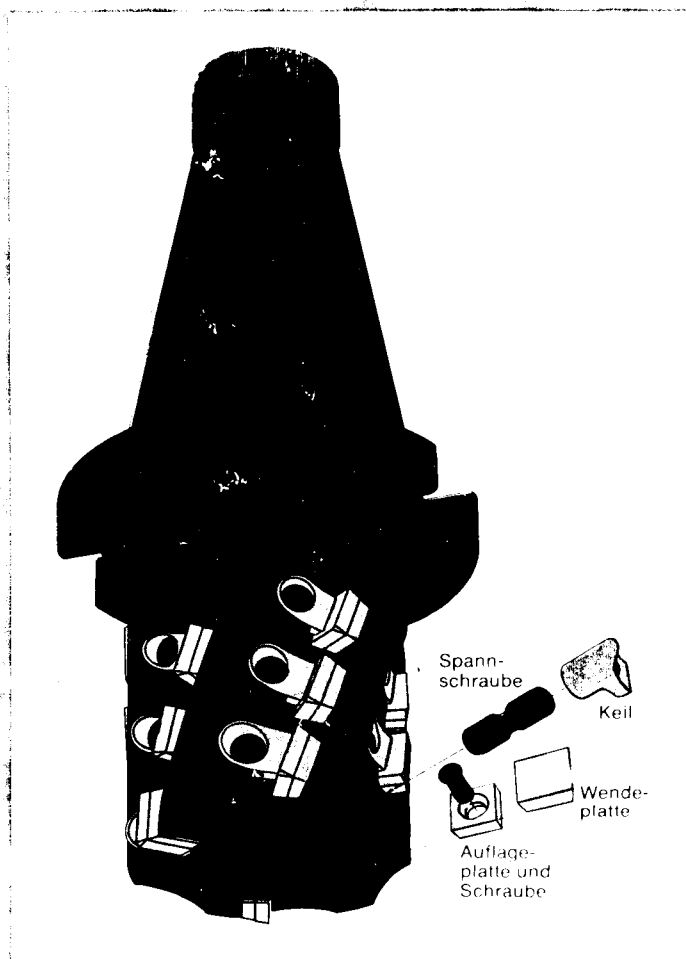
Posledními novinkami uvedenými touto firmou na trh jsou hrubovací frézy :

STCOD^{TX} 215.11

STCOD^{TX} S 215.16

STCOD^{TX} S 220.16

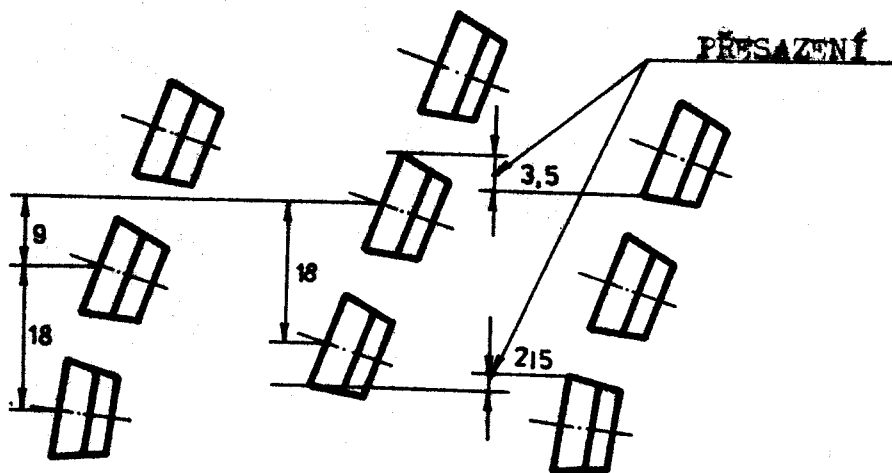
STCOD^{TX} 215.11 (obr.2) je pozitivní válcová čelní fréza, pro upínání opatřená kuželovou stopkou ISA 50, která zaručuje dobré střezení nástroje.



Obr. 2 .

Z obr.2 je velmi dobře patrné uložení a upnutí řezných destiček. Čtvercové pozitivní destičky s přímkovou řeznou hranou jsou zasazeny do dvacetistupňových šroubovitých drážek s pravým stoupáním, obsahujících na povrchu vyfrézované plošky s rozdílem profilu od šroubovice do 0,2mm. Pořeznými destičkami jsou přichyceny podložky z RO.

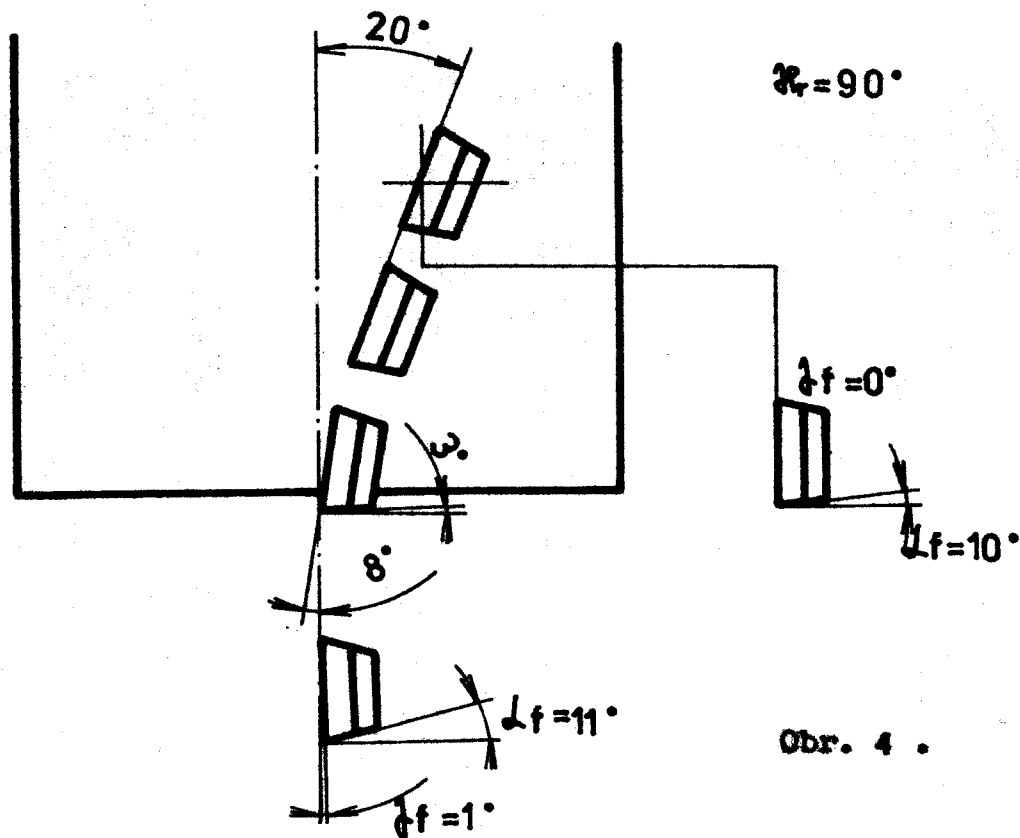
Upínací síla je vyvolána klínem a diferenciálním šroubem s vnitřním šestihranem. Každá plná řezná hrana sestává ze dvou řad řezných destiček, které jsou proti sobě vzájemně přesezeny (obr.3). Jednotlivé zuby frézy jsou tedy uspořádány do dvou-zubových sekcí.



Obr. 3 .

Tato konstrukce umožňuje docílení vysokého řezného výkonu při poměrně malé spotřebě energie.

Geometrie frézy je patrná z obr.4.



Obr. 4 .

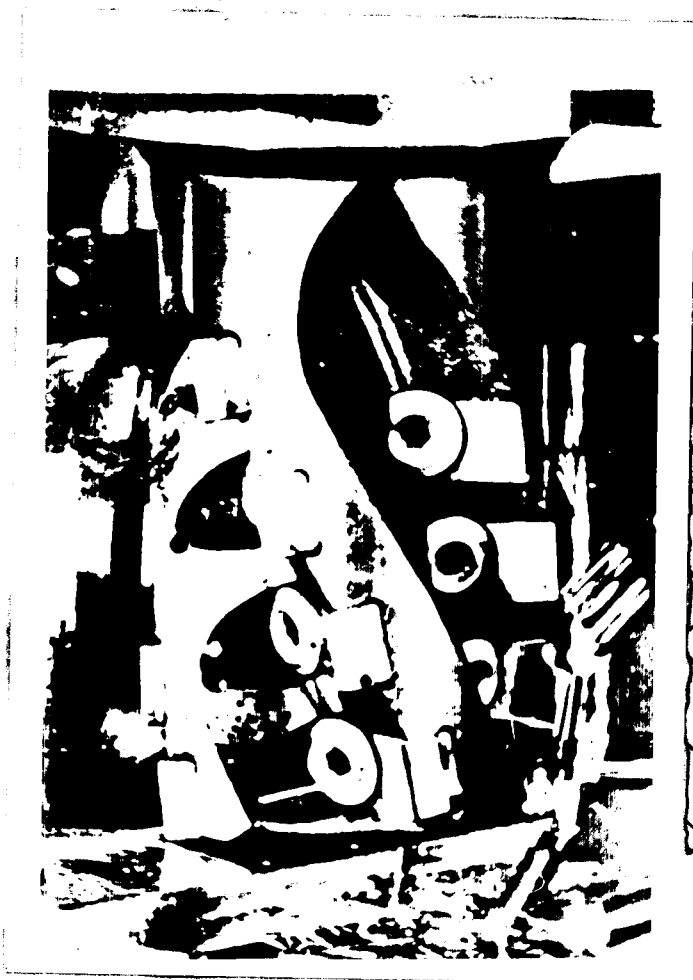
Frézy STCODTX 215.11 jsou vyráběny ve velikostech od průměru 63 do 100 mm. Již u průměru 63mm jsou opatřeny šesti šroubovitými drážkami, což přispívá k měkčímu záběru a klidnému chodu. Tím ovšem došlo ke zmenšení prostoru pro odvod třísek, proto jsou tyto frézy určeny především pro obvodové frézování. Při obrábění oceli a ocelolitiny není šířka záběru větší než 0,3 - 0,5 průměru frézy. Při obrábění litiny mohou být použity i pro frézování drážek, musí být ovšem zajištěn dobrý odvod třísek a dobré chlazení. Na obr.5 je patrná fréza při práci.



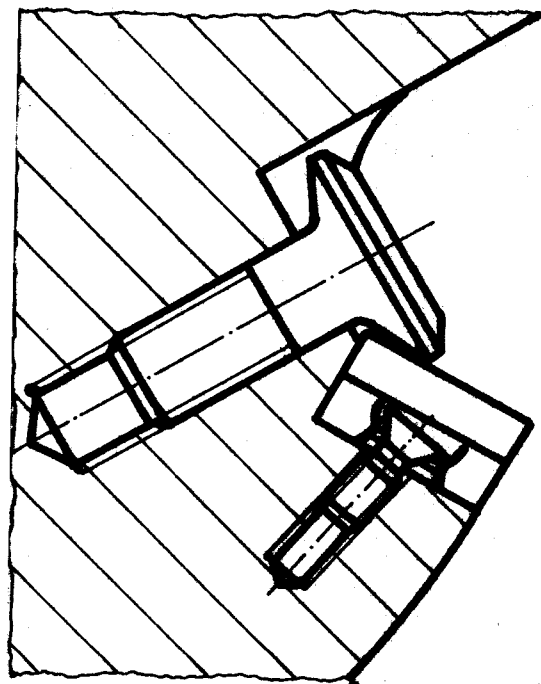
Obr. 5 .

STCODTX S 215.16 (obr.6) je nejnovějším nástrojem firmy. Nástroj se vyznačuje obzvláště masivním tělesem, což napomáhá klidné a bezrázové práci. Těleso je opatřeno levými, dostatečně otevřenými drážkami s třicetistupňovým sklonem. Směr řezání

frézy je pravý. Tato kombinace způsobuje, že fréza s rostoucí hloubkou řezu bude stále pevněji vtlačována do upínacího kuželu vřetena stroje. Pevné usazení ve vřetenu stroje přináší měkký záběr a klidný chod bez vibrací také při obvodovém frézování s malou hloubkou řezu. Na obr.6 je opět dobře patrné usazení destiček na bocích šroubovitých drážek.

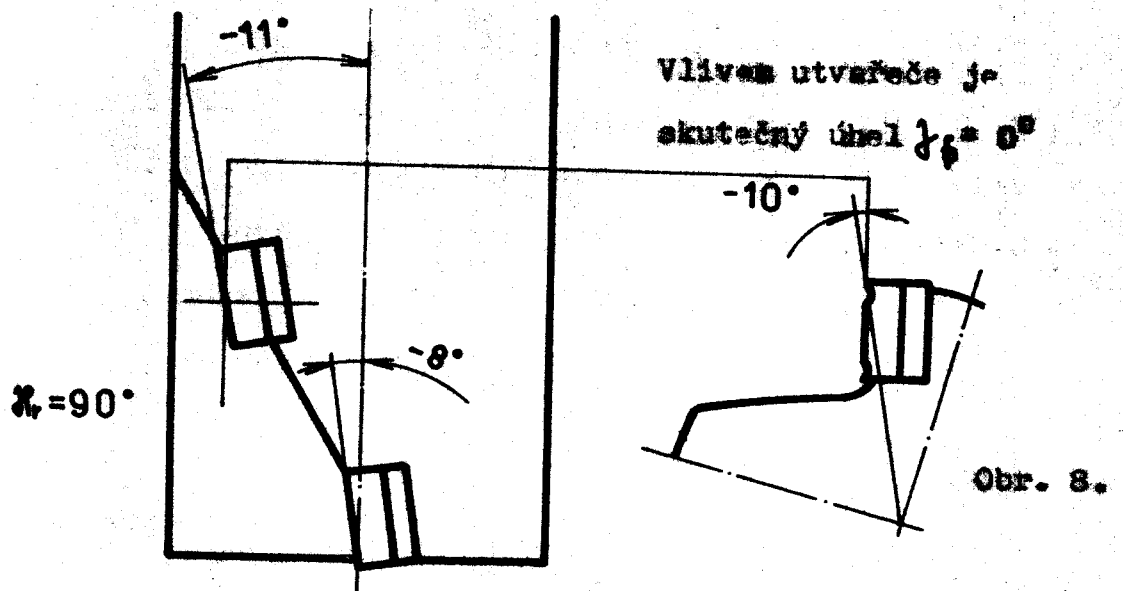


← Obr. 6 .



A
Obr. 7 .

V tomto případě se jedná o čtvercové destičky s utvařeči třísek a dvěma řeznými hranami na každé straně destičky. Vesměs jsou tedy k dispozici čtyři řezné hrany. Řezné destičky jsou uloženy na podkladových destičkách z RO, s kterými vytváří komplet zhruba 8mm silný, vyznačující se dobrou stabilitou a odvodem tepla. Svěrná síla řezné destičky je v tomto případě odvozena od speciálního šroubu STCODFX S (obr.7) se zvláště nízkou hlavou, což umožňuje dobrý odvod velkých třísek. Třísky mají praktický uzavřený tvar, daný utvařečem a polohou destičky v tělese frézy.



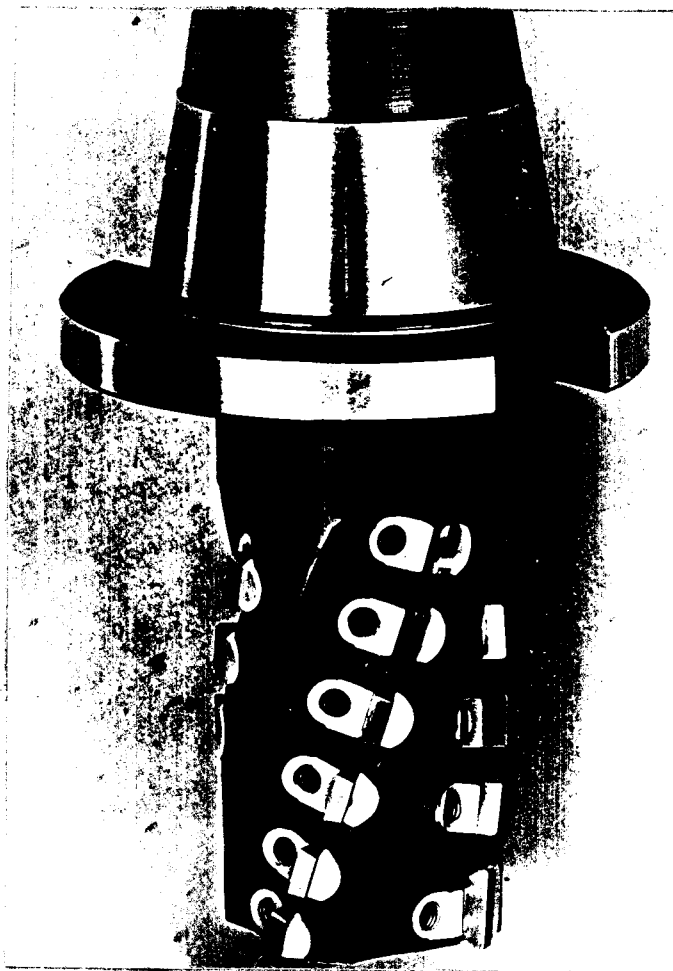
Geometrie frézy je patrna z obr.8.

Frézy SFCOD^{TX} S 215.16 jsou vyráběny ve velikostech od průměru 50 do 100mm. Konstrukce frézy umožňuje frézovat jak roviny obvodem nástroje, tak i obrábět velkou řeznou hloubkou při záběru plnou šířkou nástroje v oceli i litině.

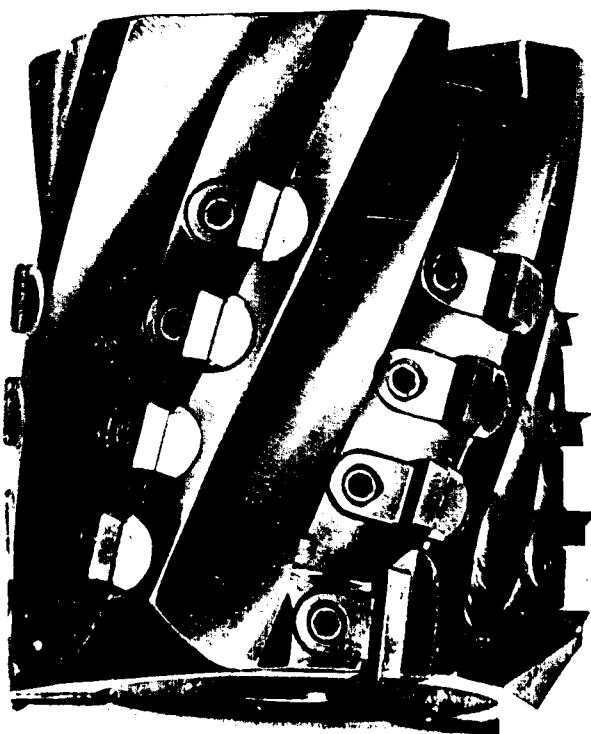
SFCOD^{TX} S 220.16 je stejné konstrukce jako předchozí nástroj. V tomto případě je fréza nástrčná. Dodává se ve velikostech od průměru 80 do 100mm.

2.3. OMUS - Itálie

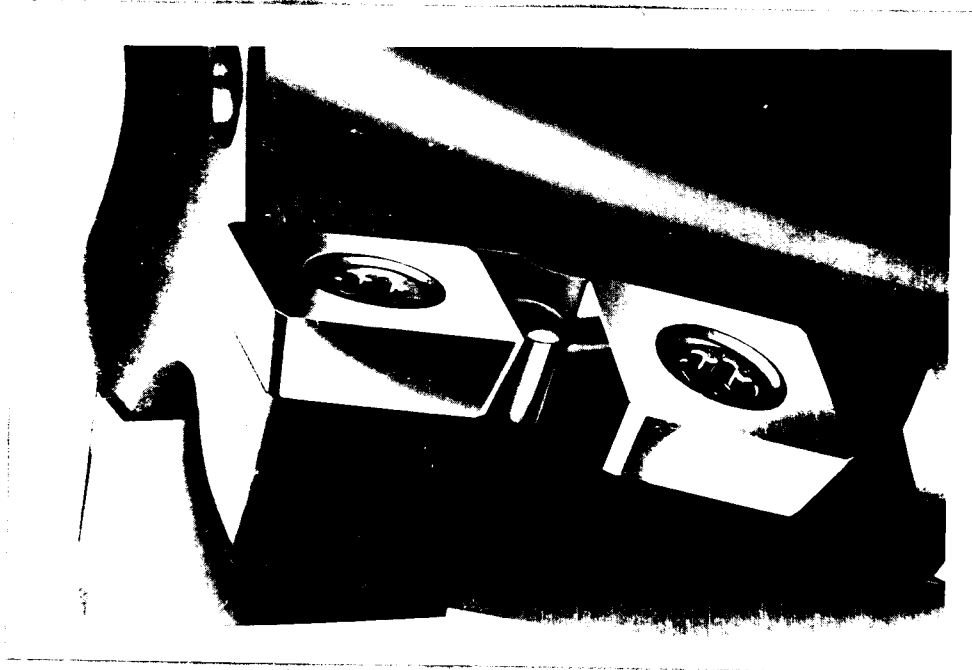
Výrobky této firmy jsou patrné z obrázků 9 a 10. Frézy jsou osazeny čtvercovými pozitivními destičkami. Na čele fréz jsou použity rovněž destičky trojúhelníkové. Destičky jsou uloženy ve speciálních vložkách a svěrná síla je vyvolána klínem a diferenciálním šroubem. Úhel nastavení $\lambda_r = 90^\circ$. Bližší informace o geometrii a pracovních možnostech výrobce neudává. Frézy jsou dodávány ve velikostech od průměru 43 do 125 mm.



Obr. 9 . Stopková fréza fy OMUS



Obr. 10 . Nástrčná fréza fy OMUS



Obr. 11 .

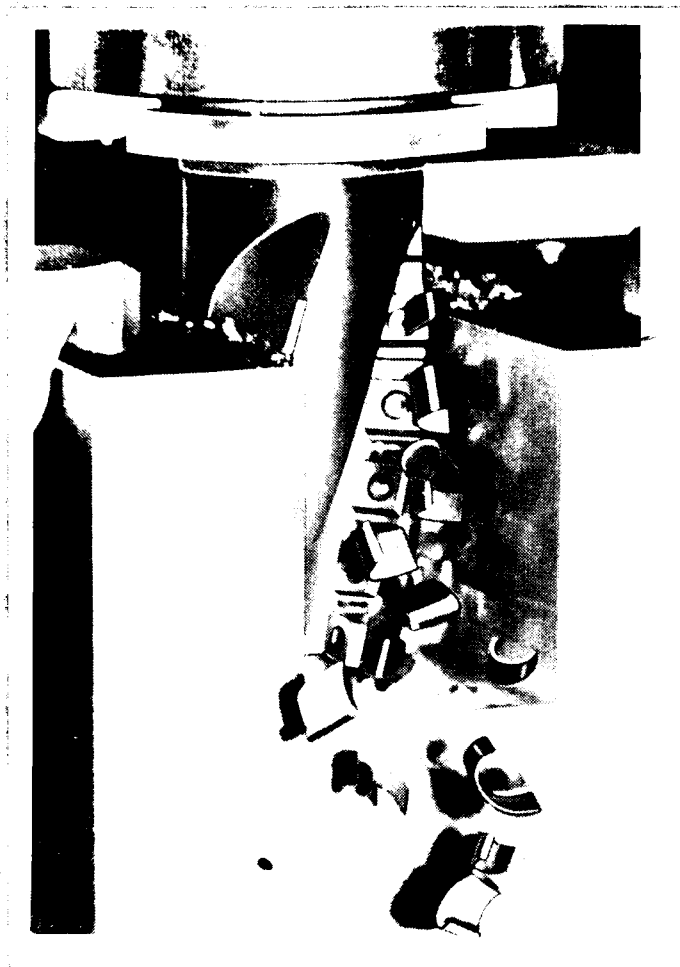
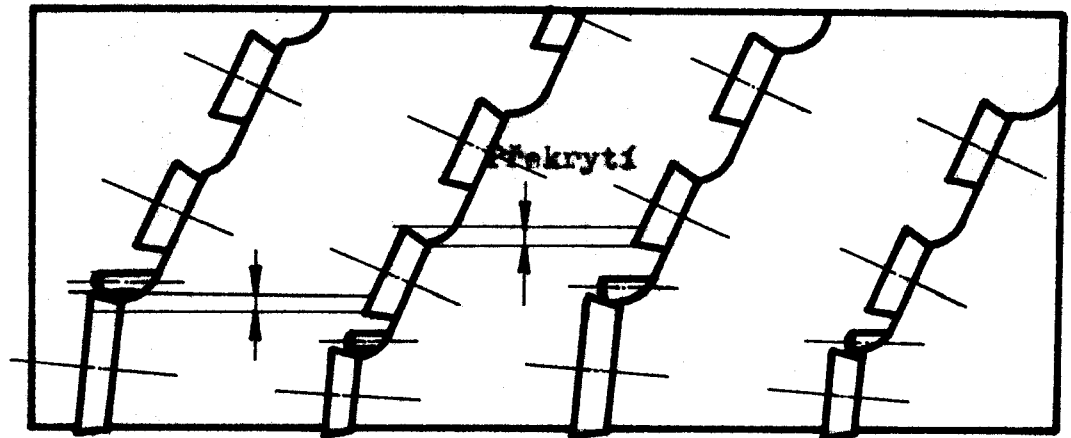
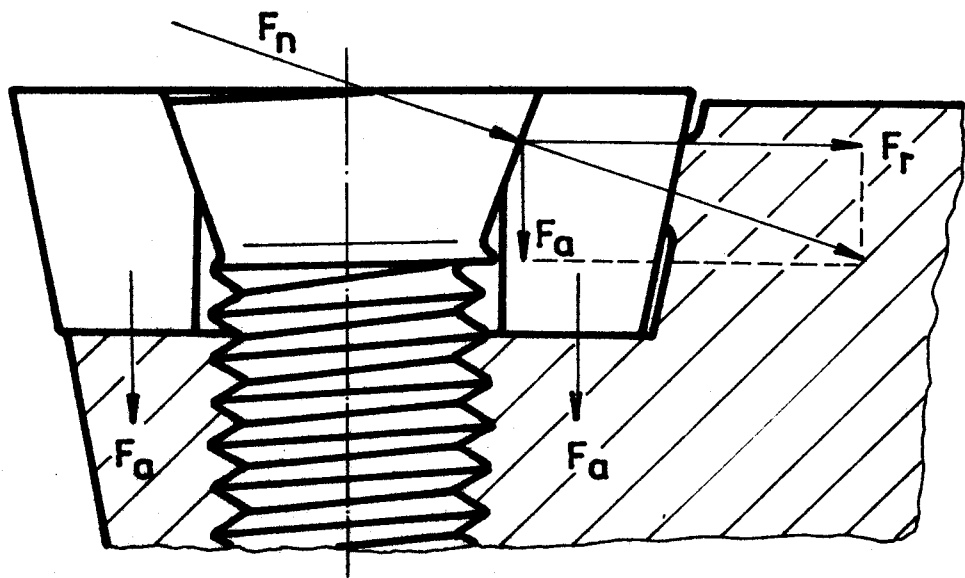
2.4. WALTER - NSR

Nejnovějším výrobkem firmy je hrubovací válcová čelní fréza NOVEX - IGOLFMASTER F2038. Robustní těleso je opatřeno drážkami ve strmé šroubovici. Upínací stopka je podle velikosti nástroje válcová nebo kuželová s Morse nebo ISA kuželem. V zubových drážkách jsou upevněny pozitivní čtvercové destičky (obr.11). Upínají se za díru speciálním šroubkem (obr.12). Zuby frézy jsou opět uspořádány do dvou-zubových sekcí. Na čele jsou použity kromě čtvercových i kosodélníkové destičky. Tyto jsou vzájemně vystřídány. Uspořádání destiček v rozvinutém stavu je patrné z obr.13. Čelní destičky jsou opatřeny dorazy, vytvořenými válcovými kolíky.

Geometrie : úhel nastavení $\alpha_r = 90^\circ$

U kosodélníkových destiček vzniká v důsledku jejich tvaru nepatrný vedlejší úhel nastavení α_r' .

↓ ortogonální = 0° , ↓ ortogonální = 15°



Obr. 12 .

Obr. 13 .

Obr. 14 .

Konstrukce frézy umožňuje frézovat nejen drážky plnou šířkou frézy, ale i široké boční plochy obvodem frézy (obr.14). Dostatečně velká zubová mezera spolu s prostorově nenáročným systémem upínání destiček umožňuje dobrý odchod třísek po čele destičky. Šroubky jsou mazány pastou COPA - SLIP, aby nedocházelo k jejich zapečení.

S frézami firmy WALTER jsou již jisté zkušenosti i v ČSSR. Např. frézy F 2038 - průměr 63 x 67 mm a 63 x 96 mm byly proměřovány a zkoušeny ve VÚOSO Praha. U fréz byla proměřována především radiální a axiální házivost břitů. Dále se sledovalo chování fréz při obvodovém frézování a při frézování drážek na různých řezných podmínkách. Poněvadž zkoušky jsou podrobně popsány ve výzkumné zprávě V 3368, jsou zde uvedeny jenom zkrácené výsledky těchto zkoušek. U čelních destiček dosáhlo axiální házení hodnoty 0,05 mm, radiální házení 0,07 mm. Radiální házení destiček na válcové části bylo různé a kolísalo v rozsahu 0,005-0,065 mm. Tento rozdíl v radiálním házení se projevuje, jak ukázaly funkční zkoušky, i na obrobené ploše, která vykazuje podélné stopy ve směru posuvu. Vzhledem k tomu, že se jedná o vysloveně hrubovecí nástroj, jsou zjištěné hodnoty házení vyhovující. Výsledky provozních zkoušek jsou zhrnuty do tabulky 1 pro frézu průměr 63 x 67 mm a do tabulky 2 pro frézu průměr 63 x 96 mm. Vlastní zkoušky frézování se prováděly tak, že u každého zkoušeného nástroje a dané hloubky třísky se při stejné rychlosti postupně zvyšovaly posuvy od minima až po dosažení maximálního posuvu, při kterém lze ještě spolehlivě frézovat. Kritériem pro posouzení dosaženého maxima bylo chvění, eventuálně dosažení plného vytížení příkonu stroje. Řezné podmínky byly stanoveny dle katalogu firmy WALTER pro frézování šedé litiny střední tvrdosti.

Zk.	n ot/min	v m/min	h mm	B mm	s _m mm/min	s _z mm	Poznámka
TABULKA-1							ø63x67 mm
1	355	70	5	60	400	0,28	klidné
2			10				klidné
3			15		315	0,22	mírné chvění
4			31				mírné chvění
5			62	250	0,18	klidné	
6			20	315	0,22	klidné	
7			40	250	0,18	klidné	
8			60	160	0,11	klidné	
TABULKA-2							ø63x98 mm
1	450	89	15	30	400	0,18	klidné
2			3	60	400	0,22	klidné
3			5				klidné
4			10	klidné			
5			5	90	630	0,35	klidné

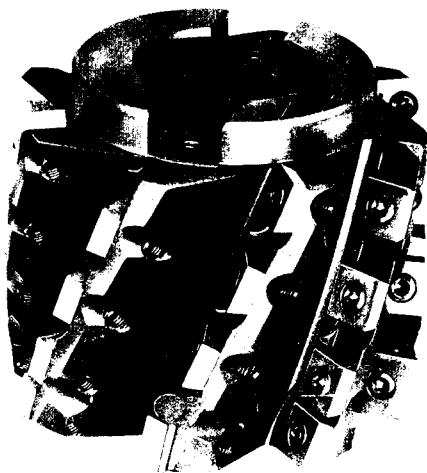
Tab.1.

Tab.2.

2.5. Sitzman & Heinlein

Firma zavedla do výroby pozitivní čelní válcovou frézu upínanou za ISA kuželovou stopku (obr.15) a nástrčnou frézu (obr.16). Konstrukce je podobná jako u výrobků firmy WALTER. Kosodélníkové destičky jsou nahrazeny čtvercovými většího rozměru.

Obr. 15 . >

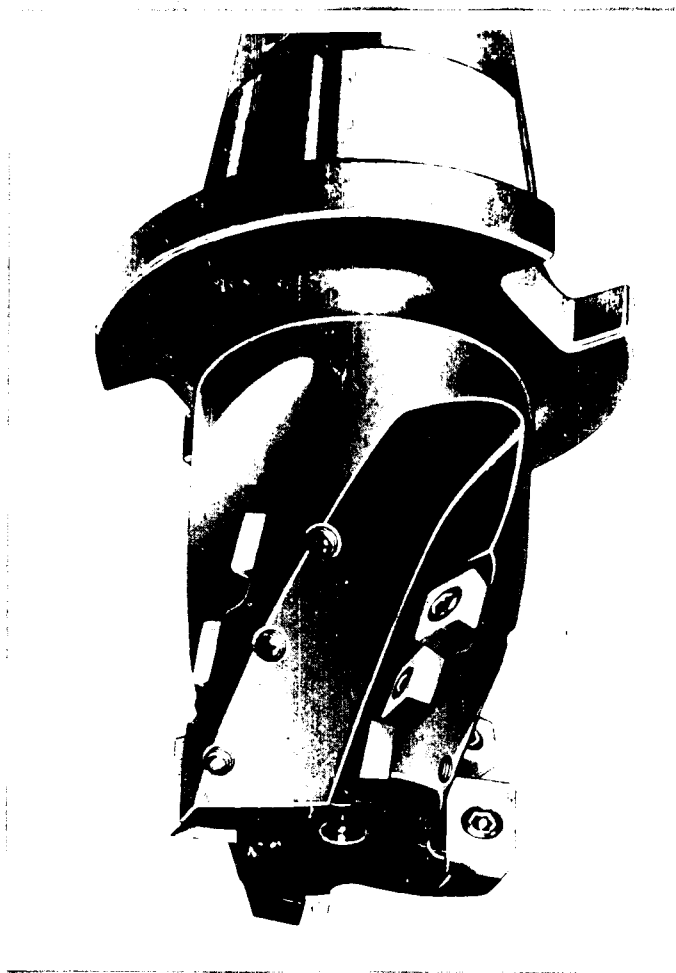


Obr. 16 .

2.6. VTB Werkzeugkombinat - Schmalkalden (NDR)

Novinkou firmy jsou stopkové čelní válcové frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami pro velkou hloubku řezu typové řady FIP (obr.17). Konstrukce fréz je téměř stejná jako u předchozích dvou firem. Pouze u čelních destiček nejsou použity dorazy. Provedení fréz umožňuje frézování drážek doplna, kopírovací frézování válcovou částí apod. Velký prostor pro třísky vylučuje jejich pýchování. Současný sortiment obsahuje frézy průměrů 40, 63 a 100 mm.

Pro frézování ocelí a ocelí na odlitky se dodávají s břitovými destičkami z více rozsahového slinutého karbidu HS 345, pro frézování litiny s břitovými destičkami ze slinutého karbidu HG 110.



Obr. 17 .

3. Aplikace poznatků teorie obrábění na konstrukci frézy

3.1. Měrný řezný odpor

Velikost řezného odporu, který musí nástroj při procesu řezání překonávat, je určen především fyzikálními vlastnostmi obráběného materiálu a dále průřezem odřezávané třísky. Řezný odpor je samozřejmě ovlivněn i dalšími činiteli, jako jsou řezné podmínky, geometrie břitu, řezné prostředí apod. Nejvíce je však ovlivněn tloušťkou třísky "a". /2/ Tyto faktory také nejvíce ovlivňují hlavní složku řezné síly - F_z . Měrný řezný odpor p - je definován jako poměr této síly F_z a průřezu třísky.

$$p = \frac{F_z}{S} \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

$$\text{kde } S = a \cdot b \quad (\text{mm}^2)$$

Poněvadž práce různých břitů nástrojů je ve všech hlavních druzích obrábění v podstatě stejná a dá se nejlépe vysvětlit na řezné práci nejjednoduššího nástroje, tj. na břitu nože, můžeme ve vztahu (1) nahradit F_z empirickým vztahem pro soustružení /1/,

$$\text{pak } F_z = C_{Fz} \cdot b^{x_{Fz}} \cdot a^{y_{Fz}} \quad (\text{N}) \quad (2)$$

kde b je šířka odebírané třísky (mm)

a je tloušťka odebírané třísky (mm)

C_{Fz} je materiálová konstanta

Pro všechny oceli a litiny při soustružení je $x_{Fz} = 1$, $y_{Fz} = 0,73-0,78$. Vyjimku tvoří jen několik málo druhů žáruvzdorných a nerezavějících ocelí. /1/, /2/

Dosažením vztahu (2) do vztahu (1) získáme :

$$p = \frac{F_z}{S} = \frac{C_{Fz} \cdot b^{x_{Fz}} \cdot a^{y_{Fz}}}{a \cdot b} = \frac{C_{Fz} \cdot b^1 \cdot a^{0,78}}{a \cdot b} = \frac{C_{Fz}}{a^{1-0,78}} = \frac{C_{Fz}}{a^{0,22}} \quad (\text{MPa}) \quad (3)$$

Z této matematické závislosti se tedy můžeme přesvědčit, že měrný řezný odpor závisí na materiálové konstantě C_{Fz} a na tloušťce odřezávané třísky a . Čím větší bude tloušťka, tím menší bude měrný řezný odpor. Tento empirický vztah však platí jen pro třísky tlustší než 0,02 - 0,06 mm /2/. Pro tenčí třísky vychází měrný řezný odpor větší. Je to způsobeno zaoblením břitu nástroje poloměrem r , při kterém u tenkých třísek dochází k podkluzování malé vrstvičky materiálu pod břit. Tím se síla potřebná k odříznutí materiálu zvětšuje a sílu potřebnou na slisování podkluzujícího materiálu a o sílu spotřebovanou na tření mezi nástrojem a obrobkem. Toto potvrzují i výsledky experimentálních prací /2/.

K podobnému vztahu jako je (3) můžeme při zavedení několika předpokladů dospět i u frézování. Zde hlavní složka řezné síly $F_z = C_{Fz} \cdot h^{x1} \cdot B^{x2} \cdot z \cdot s_z^{x3} \cdot D^{x4}$ (N) (4)

kde C_{Fz} = materiálová konstanta
 h = hloubka frézování (mm)
 B = šířka frézování (mm)
 z = počet zubů
 s_z = posuv na zub (mm/zub)
 D = průměr frézy (mm)

Budeme-li nyní předpokládat obrábění frézou s přímými zuby, obdržíme po dosazení do vztahu (1) :

$$p = \frac{C_{Fz} \cdot h^{x1} \cdot B^{x2} \cdot z \cdot s_z^{x3} \cdot D^{x4}}{B \cdot a_s} \quad (5)$$

kde a_s je střední tloušťka třísky /2/ :

$$a_s = s_z \cdot \sin \frac{\varphi_{\max}}{2} \quad s_z = \frac{a_s}{\sin \frac{\varphi_{\max}}{2}}$$

Opětnou úpravou vztahu (5) dostaneme:

$$p = \frac{C_{Fz} \cdot h^{x_1} \cdot B^{x_2} \cdot \left(\frac{a_s}{\sin \frac{\varphi_{max}}{2}} \right)^{x_3} \cdot D^{x_4}}{B \cdot a_s}$$

Hodnoty exponentů pro frézování /3/ : $x_1 = 0,86$; $x_2 = 1$;

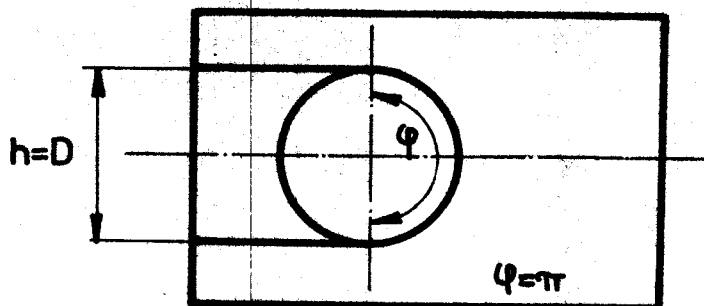
$x_3 = 0,72$; $x_4 = -0,86$

$$\text{pak } p = \frac{C_{Fz} \cdot h^{0,86} \cdot B^1 \cdot a_s^{0,72} \cdot D^{-0,86}}{B \cdot a_s \cdot \sin^{0,72} \cdot \frac{\varphi_{max}}{2}} =$$

$$= \frac{C_{Fz}}{a_s^{1-0,72}} \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^{0,86} \cdot \frac{1}{\sin^{0,72} \cdot \frac{\varphi_{max}}{2}}$$

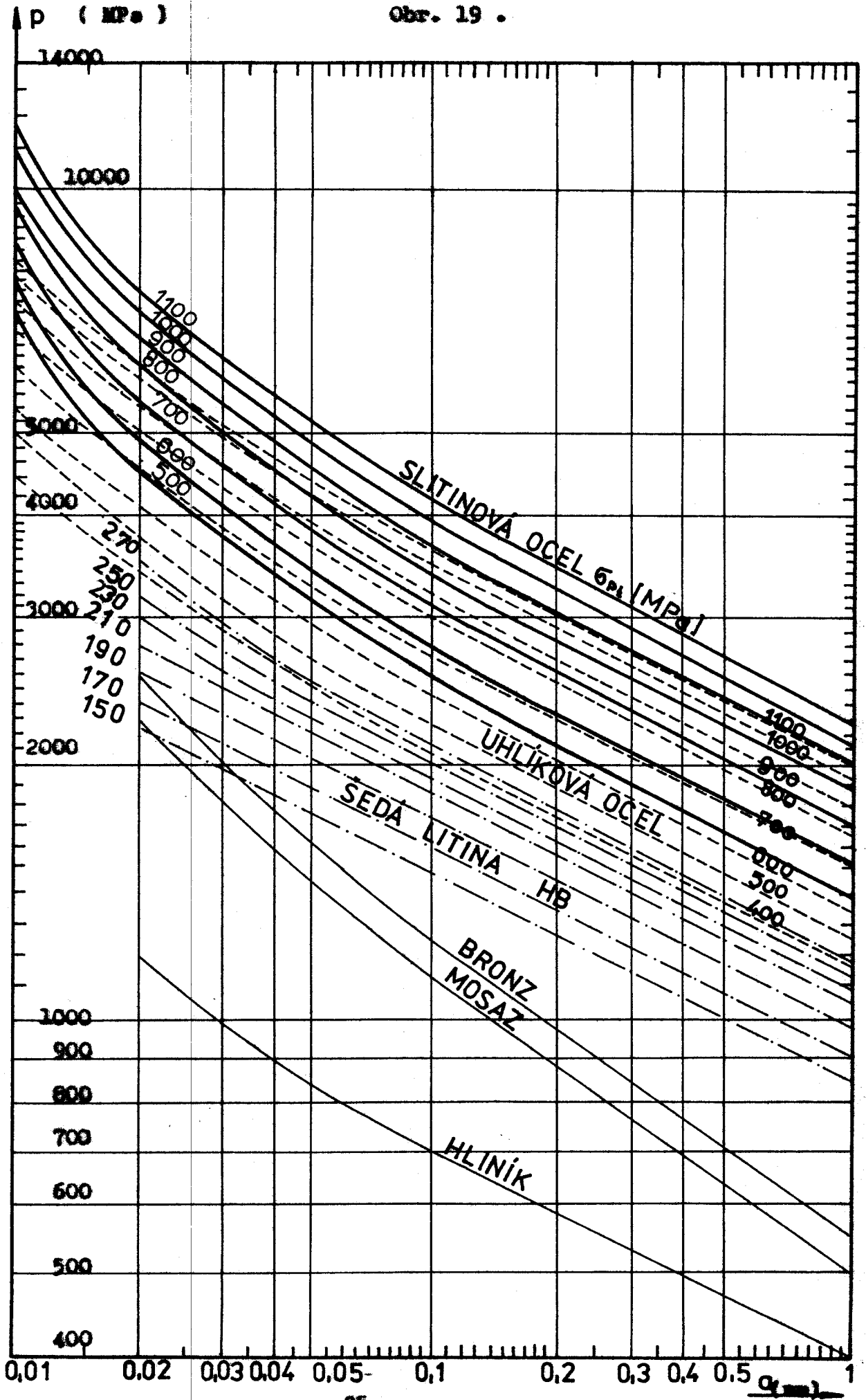
V případě, že půjde o frézování drážek (obr.18), zjednoduší se vztah na konečný výraz :

$$p = \frac{C_{Fz}}{a_s^{0,28}} \quad (\text{MPa})$$



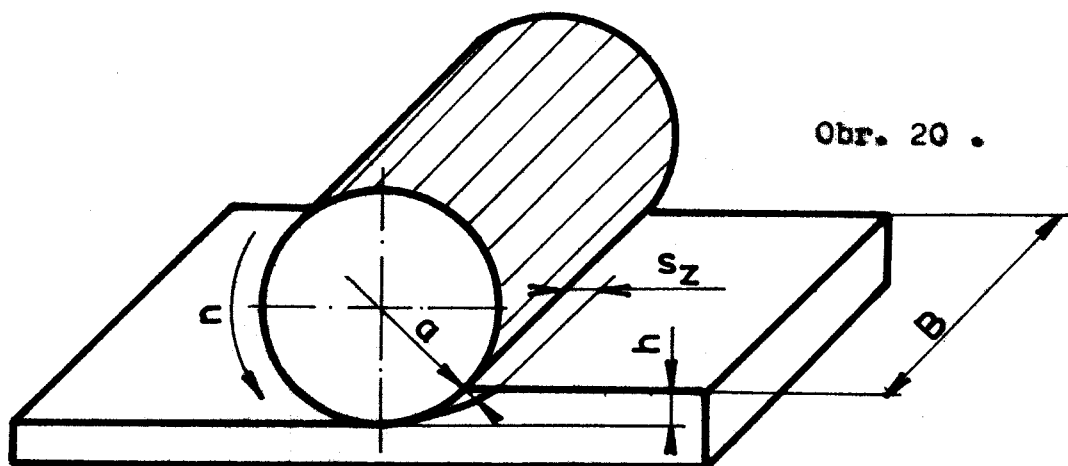
Obr. 18 .

I zde jsme dospěli ke vztahu, z něhož je vliv tloušťky třísky dobře patrný. Pro názornost je pokles měrného řezného odporu v závislosti na rostoucí tloušťce třísky pro vybrané materiály zpracován do grafu (obr.19).



3.2. Dělení břitů

Zvýšení výkonu řezných nástrojů lze u mnohých docílit vhodným přerušením břitů, tj. vytvořením tzv. děličů třísek. Toto rozdělení není nahodilé, ale podléhá určitým zákonitostem /1/. Tyto zákonitosti lze aplikovat mimo jiné i na frézy. Vytvoření děličů můžeme docílit několika způsoby : vybroušením nebo podsoustružením, osazením nástroje vhodně upravenými noži nebo destičkami ze slinutého karbidu. V poslední době se rychle rozšiřuje zejména poslední způsob. Výhody a zákonitosti spojené s rozdělením břitů je možné nejlépe vysvětlit na jednoduchém příkladu: Provádíme frézování válcovou frézou podle (obr.20).



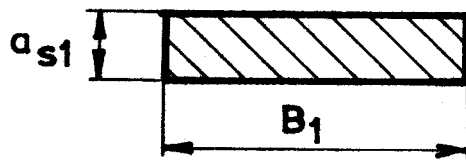
V první fázi bude celá šířka B obrobena frézou s nedělenými břitů. Obrobek bude ze slitinové oceli $\sigma_{Pt} = 1\,000$ (MPa). Tříška má proměnlivou tloušťku, a proto bude při výpočtu rozhodující střední tloušťka třísky a_s .

$$\begin{aligned} \text{1. fáze} \quad \sigma_{Pt} &= 1\,000 \text{ (MPa)}; B_1 = 30 \text{ (mm)}, a_{s1} = 0,03 \text{ (mm)}; \\ p_1 &= 5\,800 \text{ (MPa)} \quad (\text{obr.19}) \end{aligned}$$

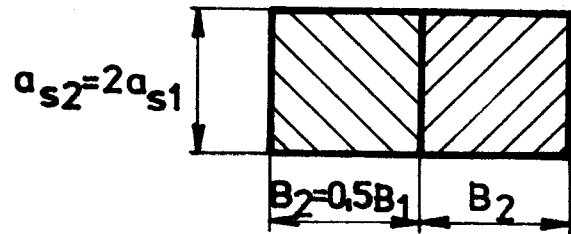
$$\begin{aligned} \text{K odříznutí třísky bude potřeba síla } F_1 &= p_1 \cdot a_{s1} \cdot B_1 = \\ &= 5\,800 \cdot 30 \cdot 0,03 = 5\,220 \text{ (N)} \end{aligned}$$

Jedním zubem se odřízne průřez $S_1 = a_{s1} \cdot B_1 = 0,03 \cdot 30 = 0,9$ (mm^2)... (obr.21) silou 5 220 N.

Obr. 21 .



Obr. 22 .



V druhém případě bude břit rozdělen na dvě poloviny. Jedním zubem se tedy odřízne poloviční šířka a druhým také, v tomto případě však s dvojnásobnou tloušťkou třísky (obr.22). Vlivem zvětšené tloušťky třísky poklesne měrný řezný odpor na hodnotu p_2 .

$$\begin{aligned} 2.\text{ fáze} \quad B_2 &= 15 \text{ (mm)}; \quad a_{s2} = 2a_{s1} = 0,06 \text{ (mm)}; \\ p_2 &= 4\,600 \text{ (MPa)} \quad \quad \quad \text{(obr.19)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K odříznutí třísky bude potřeba síla } F_2 &= p_2 \cdot a_{s2} \cdot B_2 = \\ &= 4\,600 \cdot 0,06 \cdot 15 = 4\,140 \text{ (N)} \end{aligned}$$

Zde se jedním zubem odřízne průřez $S_2 = a_{s2} \cdot B_2 = 0,06 \cdot 15 = 0,9 \text{ (mm}^2\text{)}$ silou 4 140 N. Síla potřebná k odříznutí stejného průřezu jako v prvním případě je menší o 20,7%. Jestliže bychom nyní zatížili zub o šířce B_2 silou jako v prvním případě, můžeme odebrat třísku o střední tloušťce větší než 0,06 mm. Původní síle F_1 a šířce B_2 zde bude odpovídat $a_s = 0,09 \text{ mm}$ a měrný řezný odpor 3 900 MPa.

$$\text{Síla } F = p \cdot a_s \cdot B_2 = 3\,900 \cdot 0,09 \cdot 15 = 5\,260 \text{ (N)}$$

$$\begin{aligned} \text{Silou } F = F_1 \text{ jsme nyní odřízli průřez } S &= a_s \cdot B_2 = 0,09 \cdot 15 = \\ &= 1,35 \text{ mm}^2, \text{ tedy větší o 50\% než v prvním případě neboť :} \end{aligned}$$

$$\frac{S}{S_1} = \frac{1,35}{0,9} = 1,5$$

Jestliže tedy rozdělíme šířku obráběného profilu na dva zuby tak, aby se každým odebírala poloviční šířka, může se každým zubem odříznout tříska většího průřezu při stejné síle na zub. Takto by výpočet mohl pokračovat. Čím větší bude počet dílů, na které se rozdělí celá šířka obráběného profilu, tím větší

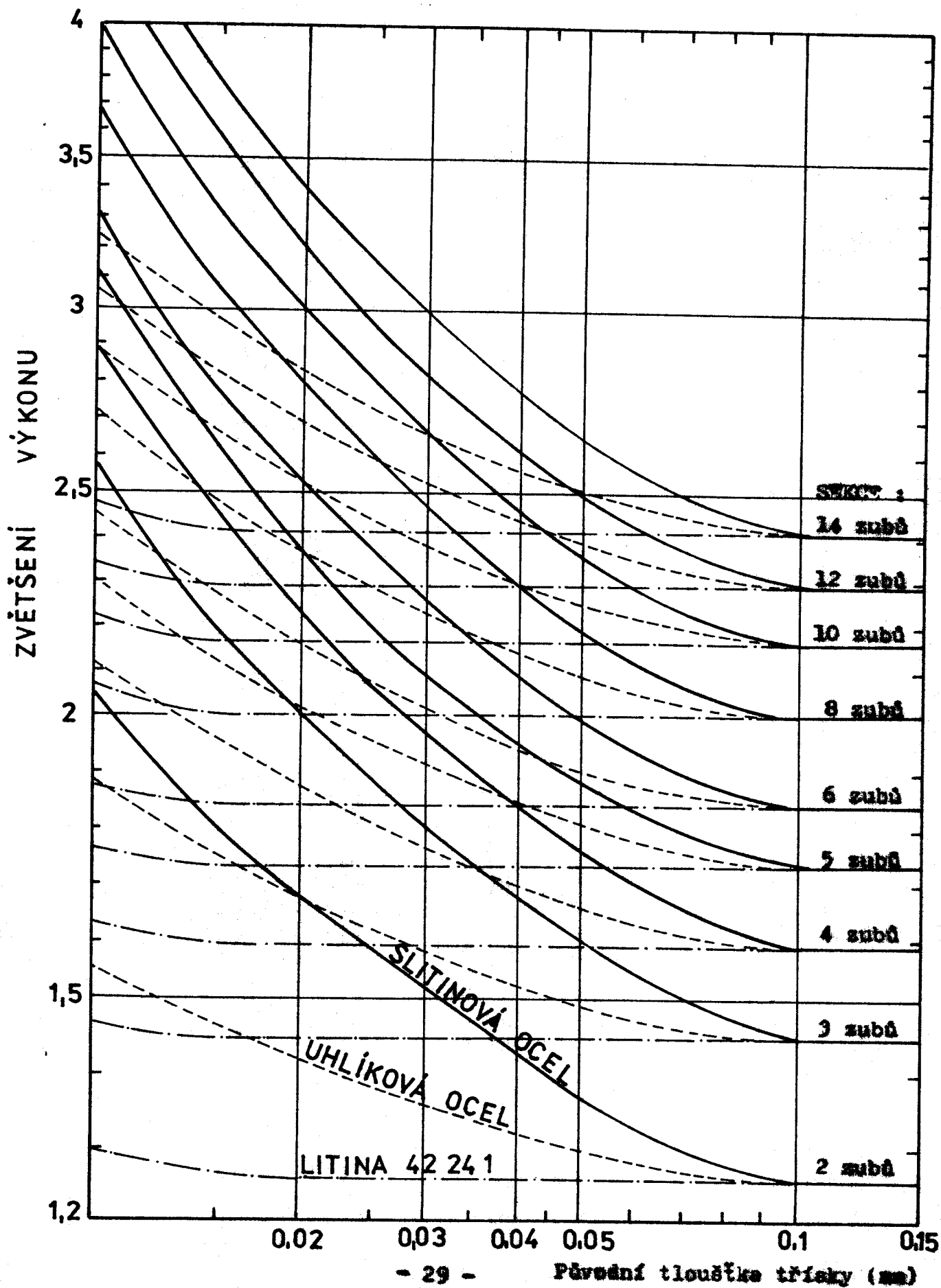
množství materiálu se odebere jedním zubem při stejné síle působící na zub. Podle toho, na kolik dílů se rozdělí určitá obráběná šířka, tolik zubů musí pracovat za sebou, aby byla tato šířka obrobena celá. Takovouto skupinu zubů nazýváme zubovou sekci /1/. Zubová sekce má tedy stejný počet zubů, jako je dílů ve vymezené šířce profilu. Propočte-li se zvýšení výkonu pro jednotlivé zubové sekce v závislosti na původní tloušťce odebírané třísky, je možné tyto údaje sestavit do diagramu (obr.23). Jak je z diagramu patrné, je u ocelí od tloušťky původní třísky 0,1mm a u šedé litiny od tloušťky 0,06mm již zvýšení výkonu stálé. Pro tenčí třísky se zvětšuje. Čím tenčí bude původní třísky, tím bude zvětšení výkonu větší. Zákonitosti odběru materiálu při dělení třísek pomocí zubových sekcí platí pro všechny materiály, u nichž je ve vztahu :

$$F_z = C_{Fz} \cdot b^{xFz} \cdot a^{yFz} \quad \text{exponent } yFz = 1. \quad /1/$$

Dnes je to ve strojírenství téměř 99% všech používaných druhů materiálů. Čím více se bude exponent yFz blížit 1, tím menší bude zvýšení výkonu při této metodě. Pro přehled o možném zvýšení výkonu při obrábění běžných ocelí a šedé litiny jsou v grafu (obr.24) uvedeny tloušťky třísek u nástrojů pracujících v sekcích proti původně odebírané tloušťce třísky.

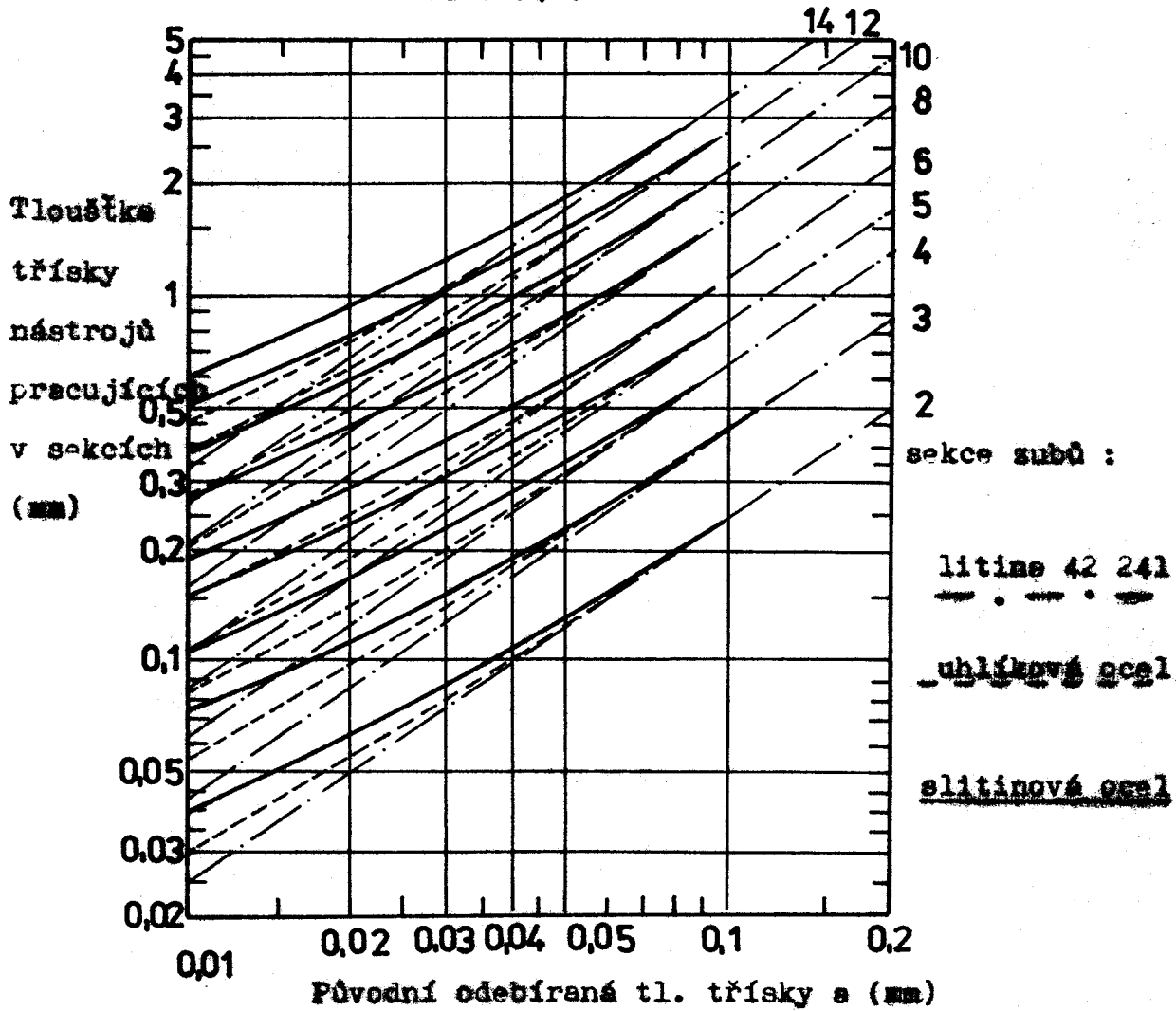
Počet zubů "n" v sekci není možno volit libovolně. Číslo n vynásobeno celým číslem musí se rovnat číslu "z" - počtu zubů nástroje. Číslo n může být kterékoliv prvočíslo čísla z a jeho násobky. Např. u z= 12 zubů se mohou volit čísla n: 2; 3; 2 . 2 = 4; 2 . 3 = 6; 2 . 2 . 3 = 12; Nejlépe je volit zubovou sekci nejvyšší, tj. podle počtu zubů nástroje. Při počtu zubů z = n bude šířka děliče (n-1) krát větší než šířka břitu zubu a břity zubů budou rozděleny tak, že za koncem břitu jednoho zubu nástroje následuje začátek dalšího břitu tak, aby se na jednu otáčku nástroje odebrala celá

Obr. 23 . Zvýšení výkonu nástrojů při obrábění pomocí zubových sekcí



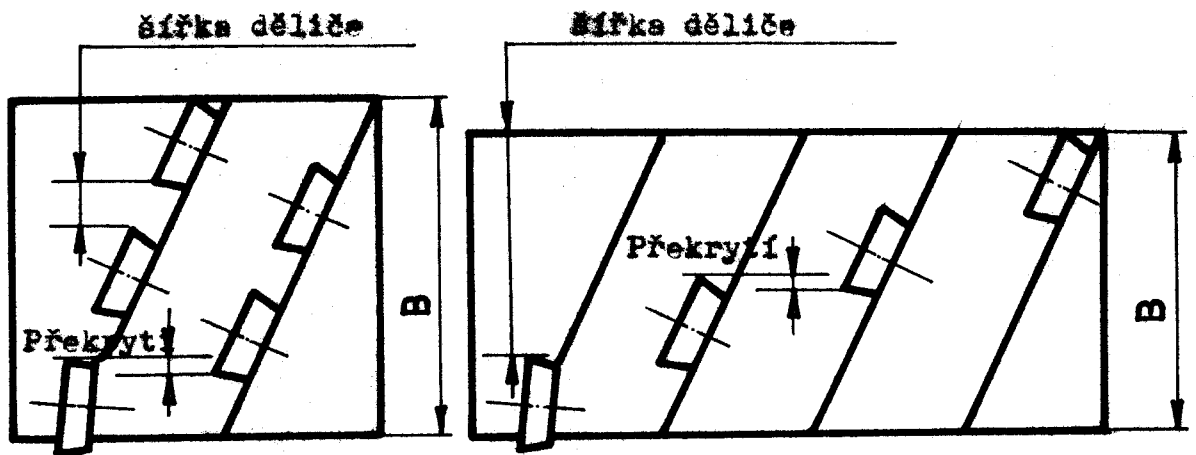
obráběná šířka. V případě fréz osazených destičkami ze slitinového karbidu je šířka děliče o něco menší, tak aby došlo k částečnému překrytí destiček (obr.25).

Obr. 24 .



Příklad 2-zubové sekce

Příklad 4-zubové sekce



Obr. 25 .

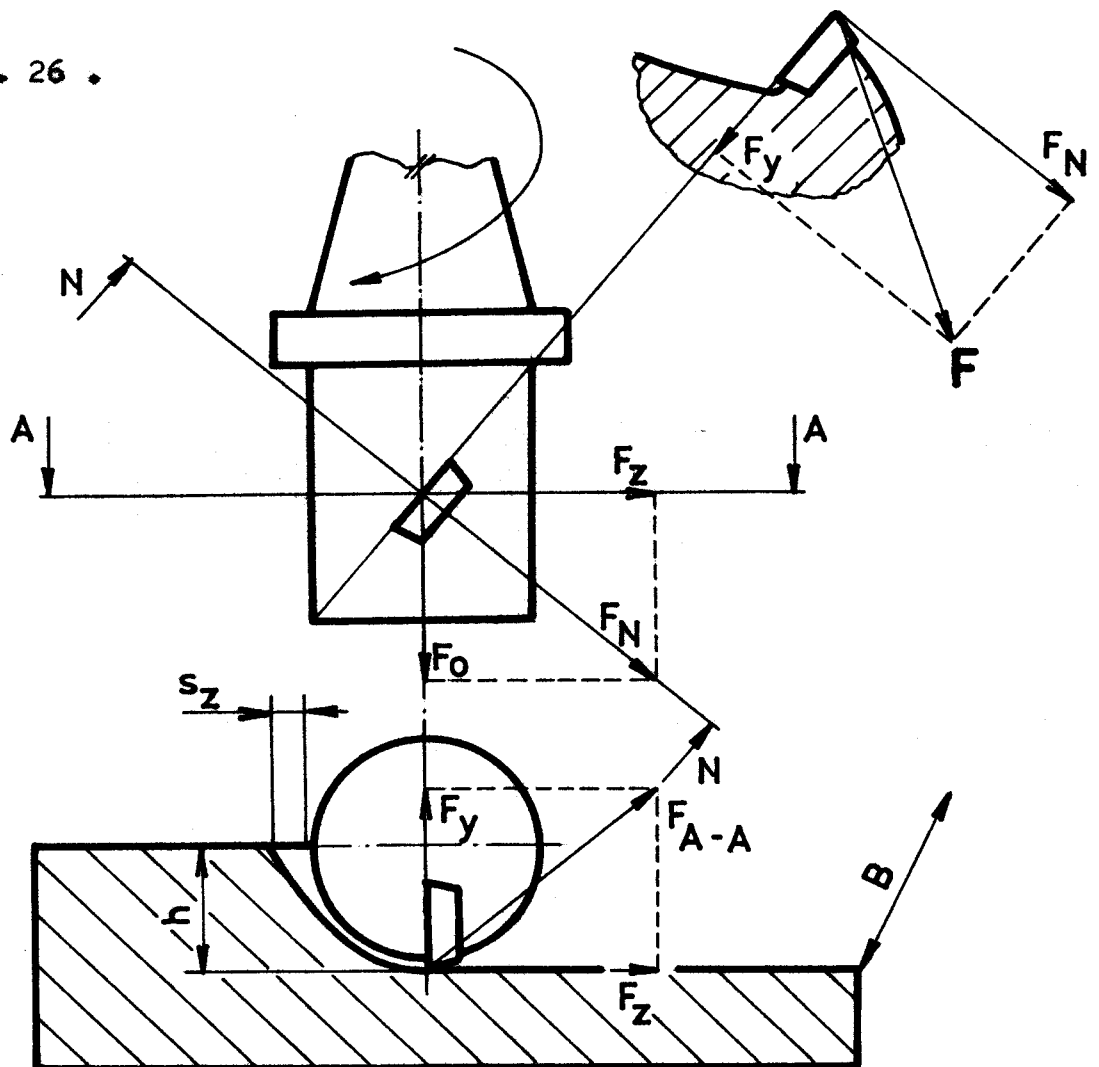
3.3. Řezné síly při frézování frézou se šikmými zuby

Při frézování odřezává materiál současně několik zubů, a proto je výsledná řezná síla F součtem sil působících na jednotlivé zuby /2; obr.110/. Pro praxi má význam zejména tangenciální složka řezné síly - F_z - určuje velikost kroutícího momentu.

- F_y - radiální složka řezné síly - zatěžuje nástroj a obrobek
- F_o - osová složka řezné síly - směr působení je dán sklonem ostří a směrem otáčení frézy.

Síly působící na břit nástroje (břitové destičky) jsou znázorněny na obrázku 26.

Obr. 26 .



Tangenciální složku řezné síly lze určit z jejího vztahu

k měrnému řeznému odporu : $F_z = p \cdot S \quad (N)$

p = měrný řezný odpor (MPa)

S = průřez třísky (mm^2)

Velikost ostatních složek se stanoví z jejich experimentálně zjištěného vztahu ke složce F_z /2; 3/ :

$$F_y = (0,60 - 0,80) F_z$$

$$F_o = F_z \cdot \operatorname{tg} \alpha_s$$

$$F_N = F_z^2 + F_o^2$$

$$F = F_N^2 + F_y^2$$

.....výsledná síla působící na břit

U válcových fréz se šikmými zuby se mění průřez třísky nejen v závislosti na úhlu postavení zubu, ale také s postupujícím záběrem břitu, jehož ostří má tvar šroubovice. U "ježkovitých" fréz je tato šroubovice nahrazena břity destiček. Sílu F_z působící na jednu destičku v poloze $(\varphi_2 - \varphi_1)$ je možné stanovit dle vztahu /2; 3.109/.

$$F_{z\varphi} = p \cdot \frac{D}{2} \cdot \operatorname{cotg} \alpha_s \cdot s_z (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) \quad (N)$$

Sílu působící na všechny destičky v záběru F_z určíme :

$$F_z = p \cdot \frac{D}{2} \cdot \operatorname{cotg} \alpha_s \cdot s_z \sum_1^z (\cos \varphi_{i1} - \cos \varphi_{i2}) \quad (N)$$

kde z' = počet destiček v záběru

Hodnota úhlu $(\varphi_2 - \varphi_1)$ je dána velikostí destičky a její polohou na tělese frézy, tj. úhlem α_s . U frézy, jejíž konstrukce je uvedena v této DP jsou použity čtvercové destičky o délce hrany $b = 12,7 \text{ mm}$; $\alpha_s = 25^\circ$.

Ze vztahu $db = \frac{D}{2} \cdot \frac{d}{\sin \alpha_s} \cdot \varphi$ /2/ určíme :

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2 \cdot b}{D} \cdot \sin \alpha_s = \frac{2 \cdot 12,7}{63} \cdot \sin 25^\circ = 0,17 \text{ rad.} = 9,74^\circ$$

3.4. Přibližný návrh výkonu frézky při obrábění
"ježkovitou" frézou

Výkon $P = F_z \cdot v$ (W) /3/

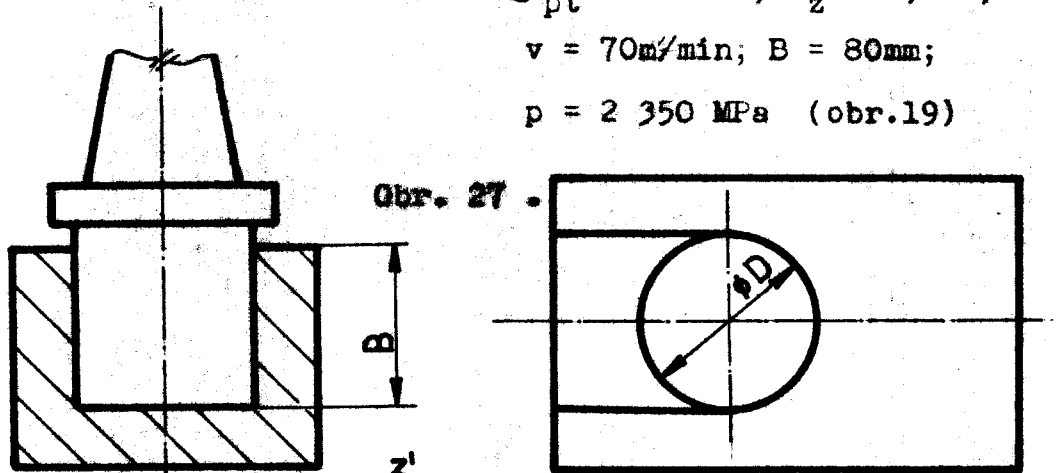
v = řezná rychlost (m/s)

Například při výrobě drážek (plným průměrem frézy = 63mm)

(obr.27) ve slitinové oceli $\sigma_{pt} = 700\text{MPa}$; $s_z = 0,2\text{mm}$;

$v = 70\text{m/min}$; $B = 80\text{mm}$;

$p = 2\,350\text{ MPa}$ (obr.19)



Obr. 27 .

$$F_z = p \cdot \frac{D}{2} \cdot \cotg \alpha_s \cdot s_z \sum_1^{z'} (\cos^2 i_1 - \cos^2 i_2) \quad (6)$$

z' je počet destiček v záběru - při drážkování jsou v záběru 2 zuby, tj. 10 destiček, předpokládáme-li, že čelní koso-
délňková destička je počítána jako 2 čtvercové. Pro zjedno-
dušení výpočtu je předpokládán úhel α_s u všech destiček
stejný, tj. 25° .

V tomto případě $\sum_1^{z'} (\cos^2 i_1 - \cos^2 i_2) = 0,144$

pak $F_z = 2\,350 \cdot \frac{63}{2} \cdot \cotg 25^\circ \cdot 0,2 \cdot 0,144 = 4\,571,9$ (N)

Dosazením do vztahu pro výkon obdržíme:

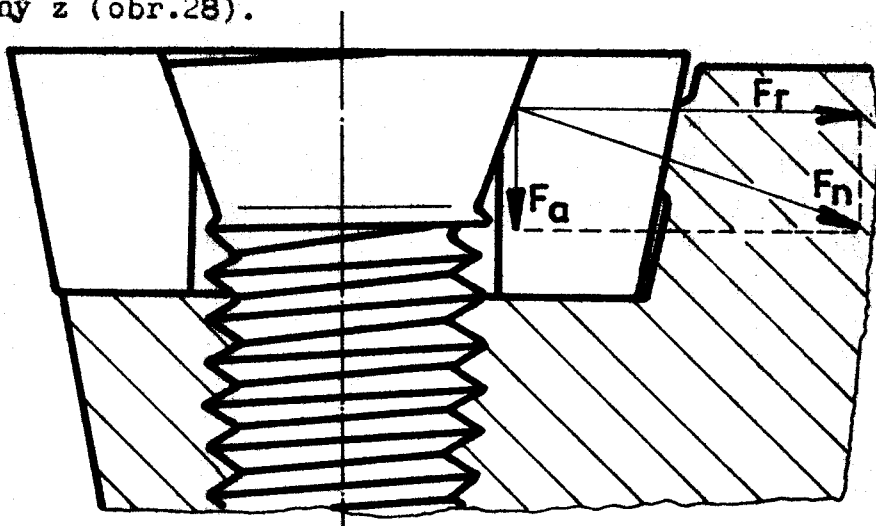
$P = F_z \cdot v = 4\,571,9 \cdot \frac{70}{60} = 5\,333,8$ (W) tj. asi 5,3 (KW)

Při $s_z = 0,3$ mm a $v = 160$ m/min vycházel výkon P již 18,6(KW).

3.5. Upnutí řezných destiček

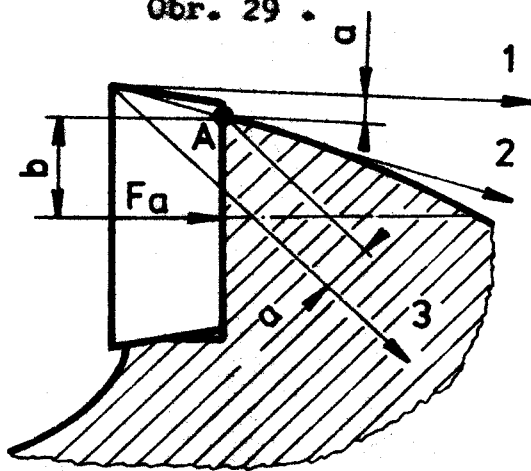
U vyměnitelných břitových destiček upínaných za díru se mimo sil vyvolaných speciálním šroubkem podílí na upnutí destičky i síly řezné. Šroubek musí mít takovou konstrukci a polohu na tělese frézy, aby vyvolal takové síly, které budou destičku za všech okolností bezpečně přitlačovat do lůžka. Používají se šroubky s kuželovou hlavou. Rozklad sil na takovéto hlavě je patrný z (obr.28).

Obr. 28 .



Mimo těchto sil bude na destičku působit výsledná síla F viz (obr.26). Směr působení této síly může být obecně **1**; **2**; nebo **3** (obr.29). Zde bude síla F procházet nad bodem A - po-

Obr. 29 .



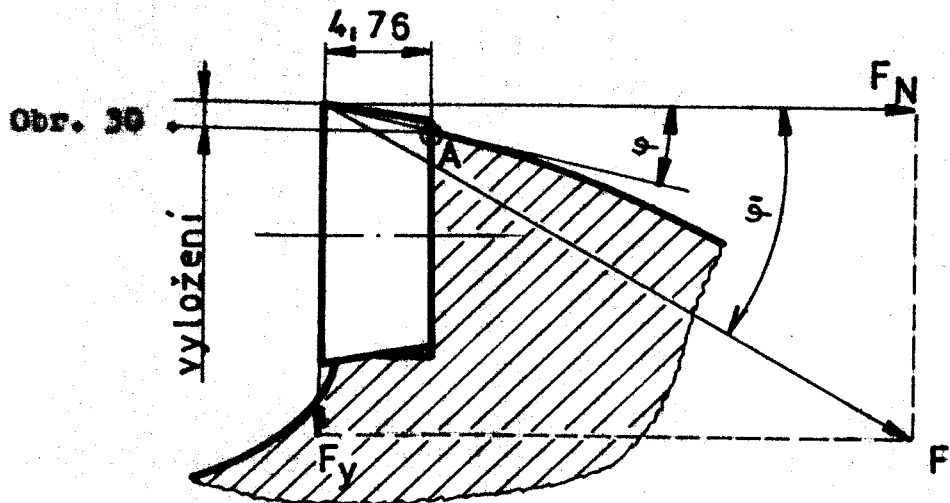
loha 1, bodem A - poloha 2 nebo pod bodem A - poloha 3, záleží především na velikosti vyložení destičky. Síly F_a a výsledná řezná síla F se budou snažit otáčet destičku kolem bodu A. Aby byla poloha destičky v lůžku stabilní, musí výsledný moment daný součtem momentů od sil F_a a F působit na

destičku tak, aby byla vtlačována do lůžka v tělese frézy.

V jednotlivých případech musí tedy platit :

- 1) $F_a \cdot b \geq F \cdot a$
- 2) $F_a \cdot b \geq \emptyset \dots \dots \dots a = \emptyset$
- 3) $F_a \cdot b + F \cdot a \geq \emptyset$

Nejméně příznivý by byl případ 1) , nejvýhodnější případ 3).
 V případě 1) by řezné síly upnutí destičky nepomáhaly, ale naopak jejich působení by muselo být kompenzováno silami od šroubku. K tomu o jaký případ se jedná můžeme dojít jednoduchou úvahou (obr.30).



Poloha bodu A je dána úhlem φ . Úhel φ bude tím větší, čím větší bude vyložení destičky.

Poloha výsledné řezné síly F je dána úhlem φ' . Aby nastal nej-
 příznivější případ 3) , musí platit : $\varphi' > \varphi$

Úhel φ : v případě frézy uvedené v DP.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\text{vyložení destičky}}{\text{tloušťka destičky}} = \frac{1 \text{ mm}}{4,76 \text{ mm}} = 0,21 \Rightarrow \varphi = \operatorname{arctg} \varphi = 11,86^\circ$$

Úhel ψ' : Uvažují $F_z = 1$

$$F_o = F_z \cdot \operatorname{tg} \alpha_s = \operatorname{tg} \alpha_s = 0,466$$

$$F_y = 0,6 F_z = 0,6$$

$$F_N = F_z^2 + F_o^2 = 1^2 + 0,466^2 = 1,1$$

$$\operatorname{tg} \psi' = \frac{F_y}{F_N} = \frac{0,6}{1,1} = 0,545 \Rightarrow \psi' = \operatorname{arctg} \psi' = 28,61^\circ$$

Nastává tedy případ 3) neboť : $\psi' > \psi$

Přetížení :

V případě, že se objeví v obráběném materiálu náhle tvrdá částice, mohlo by dojít k porušení rovnováhy.

Uvažují proto, že síla F_N chvilkově vzroste o 100%,

potom

$$\operatorname{tg} \psi' = \frac{F_y}{2F_N} = \frac{0,6}{2,2} = 0,272 = \psi' = \operatorname{arctg} \psi' = 15,26^\circ$$

I v tomto případě je podmínka $\psi' > \psi$ splněna.

4. Návrh čelní válcové frézy tzv. "ježkove"

4.1. Základní popis nástroje

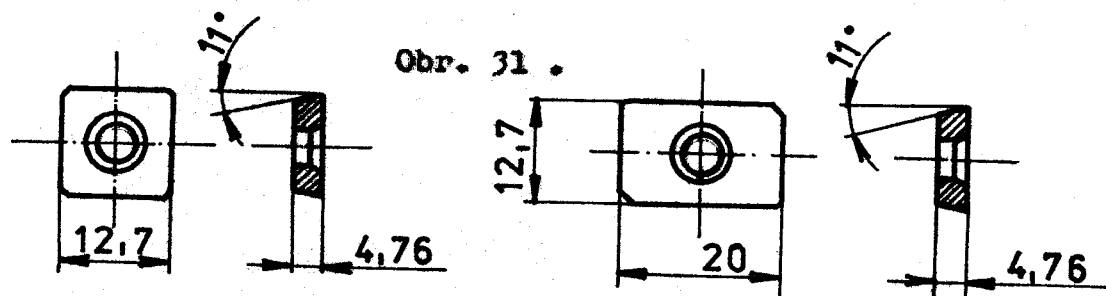
Konstrukce navrženého nástroje je patrna z výkresu sestavy č. **4-KON-02-4677101**. Jedná se o stopkovou čelní válcovou frézu ϕ 63 x 84 mm, osazenou pozitivními břitovými destičkami, upínacím šroubkem za otvor. Fréza se skládá z tělesa nástroje poz.1, excentrických dorazů poz.2, upínacích šroubků poz.3, kosodélníkových břitových destiček poz.4, čtvercových destiček poz.5.

Těleso nástroje je vyrobeno z ušlechtilé konstrukční oceli 14 220, je cementováno do hloubky 0,5 - 0,7 mm a kaleno na tvrdost 56^{+7} HRC. Tato úprava má zamezit otláčování lůžek pod destičkami a vydírání zubových mezer odcházejícími třískami. Materiál se osvědčuje i u jiných frézovacích nástrojů. Povrch tělesa je černěn.

Excentrické dorazy jsou použity pouze u čelních destiček. Jsou určeny pro přesnější seřízení polohy, což by se mělo projevit zmenšenou axiální házivostí těchto destiček. Po seřízení budou zalisovány do tělesa frézy. Otvory pro excentry jsou průchozí (pro případ jejich demontáže). Konstrukce excentru je patrna z výkresu č. **4-KON-02-4677101-01**.

Upínací šroubky jsou s kuželovou hlavou a závitem M5. Je možné použít šroubky z dovozu (firma Walter), případně vyrobit podle výkresu č. **4-KON-02-4677101-02**. V případě vyrobených šroubků jsou hlavy opatřeny vnitřním šestihretem.

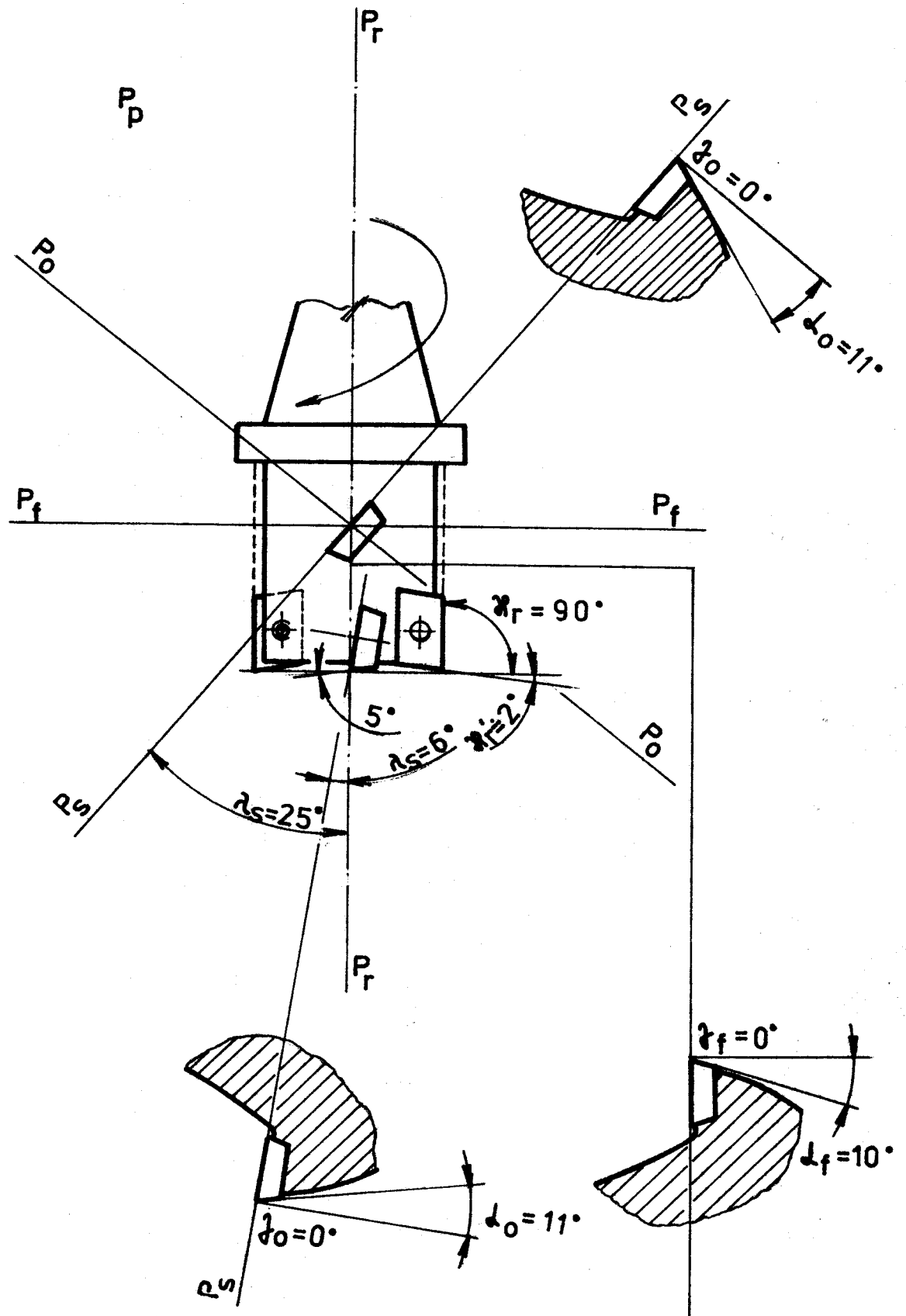
Břítové destičky jsou z dovozu (firma Walter); destičky s otvorem nejsou zatím v ČSSR vyráběny. Pro kompletní osazení frézy je potřeba 16 ks pozitivních čtvercových destiček a 2 ks kosodélníkových destiček. Tvary a rozměry použitých destiček jsou na obr.31.



Upínací část nástroje je tvořena kuželovou strmou stopkou /5/ č.50 - ČSN 220430, která zajišťuje především dobré středění nástroje. Stopka je opatřena závitem M24 pro zatahovací šroub. Zatažení frézy do kuželové dutiny vřetena stroje je nutné, neboť osová složka řezné síly F_o je orientována ven ze vřetena. Spolehlivé přenášení kroutícího momentu zajišťuje unašeč se dvěma vyfrézovanými drážkami, do nichž zapadají unašečí kameny, přišroubované k drážkám čelní plochy vřetena stroje.

4.2. Geometrie frézy /3/ /6/

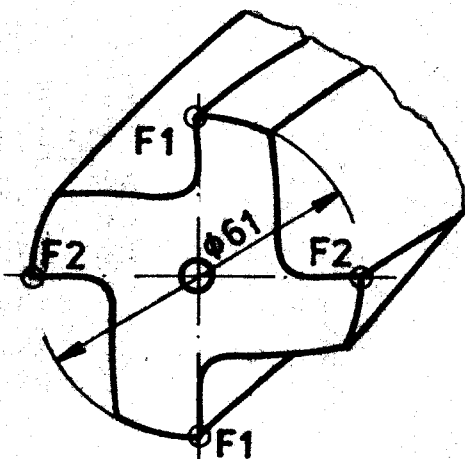
Jednotlivé břitové destičky jsou na válcovém povrchu uspořádány podle zásad uvedených v části 3.2. V tomto případě se jedná o čtyřzubý nástroj, u něhož vždy dva za sebou jdoucí zuby vytvářejí zubovou sekci. Poloha čtvercových i kosodélníkových destiček je dobře patrna z rozvinuté řezné části - výkres sestavy. Geometrie nástroje (obr.32) při použití vyměnitelných destiček je dána jednak tvarem destiček, jednak jejich postavením na tělese frézy. Geometrie není u všech destiček totožná. Z obr.32 je patrný rozdíl v úhlu sklonu ostří α_s čelních a ostatních destiček. U čelních destiček $\alpha_s = 6^\circ$. Zvětšením tohoto úhlu na 11° by docházelo k otírání vedlejší plochy hřbetu. U kosodélníkových destiček vzniká vlivem jejich tvaru nepatrný úhel α'_r . U čtvercových $\alpha'_r = 0^\circ$.



Obr. 32 . Geometrie nástroje v nástrojové souřadnicové soustavě (statické)

4.3. Určení polohy destiček

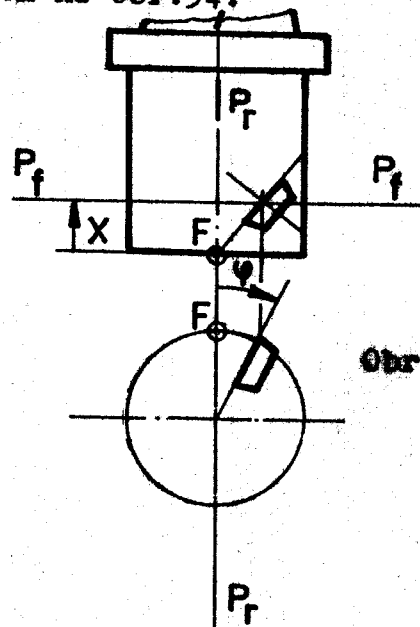
Jak již bylo uvedeno, poloha destiček je patrna z pomocného rozvinu řezné části - výkres sestavy. U jednotlivých destiček v sekci jsou označeny středy břitů čísly 1,2.....9. Pro výrobu lůžek destiček je potřebné znát právě polohu těchto bodů - jak bude podrobně uvedeno v kapitole 5. Při kótování řezné části frézy bylo nutné veškeré rozměry vztahovat vzhledem k nějakému bodu. Zde byly zvoleny body dva : F1 a F2 obr.33. Body leží na čele tělesa frézy na $\phi 61$ mm a po vyfrézování zubových mezer jsou dobře patrné (počáteční body šroubovice).



Obr. 33 .

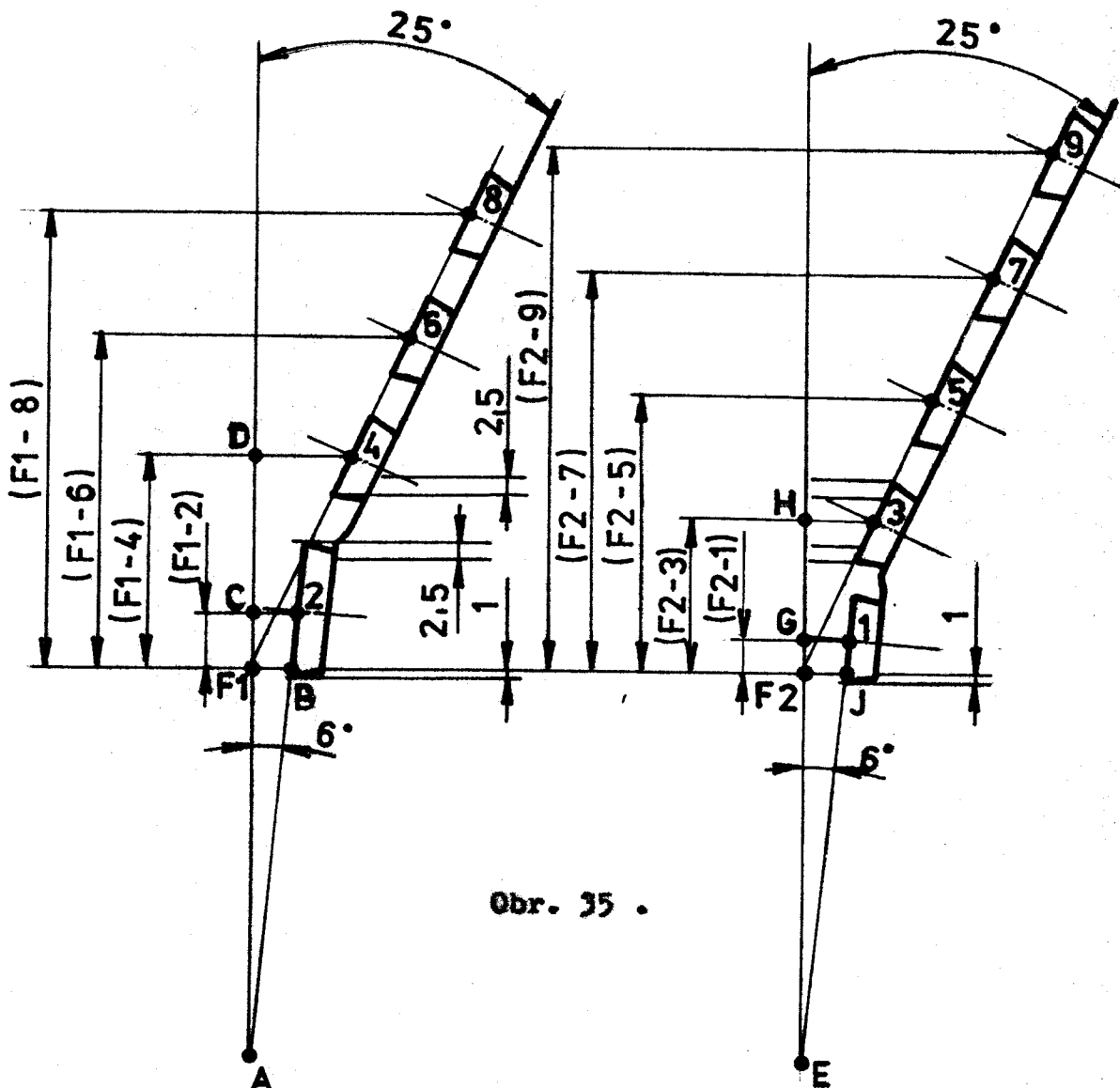
K těmto bodům je tedy možné provést výchozí nastavení nástroje, kterým budou obráběna lůžka. K těmto bodům jsou vztaheny také polohy bodů 1,2.....9 prostřednictvím hodnoty X (mm) a úhlu ψ ($^{\circ}$). Význam hodnoty X a ψ je zvýrazněn na obr.34.

Hodnota X udává osovou vzdálenost daného bodu (roviny P_f procházející tímto bodem) od bodu F. Úhel ψ svírá tečna k čelní ploše dané destičky s rovinou P_f procházející bodem F. (měřeno v rovině P_f).



Obr. 34 .

Příklad výpočtu hodnot X a ψ (obr.35) :



Obr. 35 .

Hodnoty X :

$$(F1-2) = \left(\frac{20}{2} \cdot \cos 6^\circ \right) - 1 = 8,95 \text{ (mm)}$$

$$(F2-1) = \left(\frac{12,7}{2} \cdot \cos 6^\circ \right) - 1 = 5,32 \text{ (mm)}$$

↙ přesah destiček

$$(F2-3) = (20 \cdot \cos 6^\circ - 2,5) + \left(\frac{12,7}{2} \cdot \cos 25^\circ \right) - 1 = 29,15 \text{ (mm)}$$

↙ překrytí destiček

atd.

Hodnoty ψ : $\Delta F1-B-A$: $(F1-B) = 5,65 \text{ mm}$ (obr.38) ... = $1 - 0,5 = 6,15 - 0,5 =$

$$= 5,65 \text{ (mm)}$$

$$(F1-A) = \frac{(F1-B)}{\tan 6^\circ} = \frac{5,65}{\tan 6^\circ} = 53,77 \text{ (mm)}$$

$\Delta A-C-2 :$

$$(C-2) = \sqrt{(F1-A)^2 + (F1-2)^2} \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 6,6 \text{ (mm)}$$

$$(C-2) = \frac{\pi \cdot D}{360} \cdot \varphi_{(F1-2)} \Rightarrow \varphi_{(F1-2)} = \frac{(C-2) \cdot 360}{\pi \cdot D} = 12^\circ 30'$$

Obdobně je možné vypočítat $\varphi_{(F2-1)} = \Delta E-G-1 \dots \dots$

$$\dots (F1-B) = (F2-J)$$

Z ostatních hodnot např. $\varphi_{(F2-3)} :$

$$(E-3) = (F2-3) \cdot \operatorname{tg} 25^\circ = 10,79 \text{ (mm)}$$

$$\varphi_{(F2-3)} = \frac{(E-3) \cdot 360}{\pi \cdot D} = 20^\circ$$

Ostatní hodnoty $X = \varphi$ jsou přehledně shrnuty do tabulky viz. výkres sestavy.

4.4. Zubové mezery; lůžka destiček

Na obvodu řezné části nástroje jsou vytvořeny čtyři šroubovitě drážky - zubové mezery, s úhlem sklonu 25° . Stoupání šroubovice je 715 mm. Drážky jsou dostatečně otevřené, ovšem jen tolik, aby nedocházelo k nadměrnému zeslabení zubů frézy. Tvar drážek v čelním řezu je patrný na obr.36. Na tomto obrázku je vyřešena metodou čelních řezů /4/ tvarová fréza, kterou budou dané drážky vyráběny. U prototypu se tento způsob výroby drážek jeví jako nejvýhodnější. K této fréze bylo potřebné vyrobít ještě tvarové nože pro podtáčení hřbetů zubů. Nástroje jsou na obr.37. Původně byla snaha volit úhel sklonu šroubovice větší než 25° , ale po vyfrézování lůžek by došlo k velkému seříznutí zubů pod čelními destičkami vlivem toho, že tyto nejsou tečné ke šroubovici, ale jsou ustaveny pod úhlem $\lambda_s = 6^{\circ}$ (obr.38). Z tohoto obrázku je možné určit nejmenší tl. zubu pod čelními destičkami $BC = l - (f + b)$.

$$BC = l - (f + b) = \frac{\pi \cdot D}{360} \cdot \omega - [(z - y) + b], \quad (7)$$

kde l = původní tloušťka zubu = 18,8 (mm)

úhel ω je ovlivněn otevřením zubové mezery. Čím bude otevření větší, tím menší tento úhel bude. $\omega = 35^{\circ}$

$$b = \frac{4,26}{\cos 6^{\circ}} = 4,28 \text{ (mm)}$$

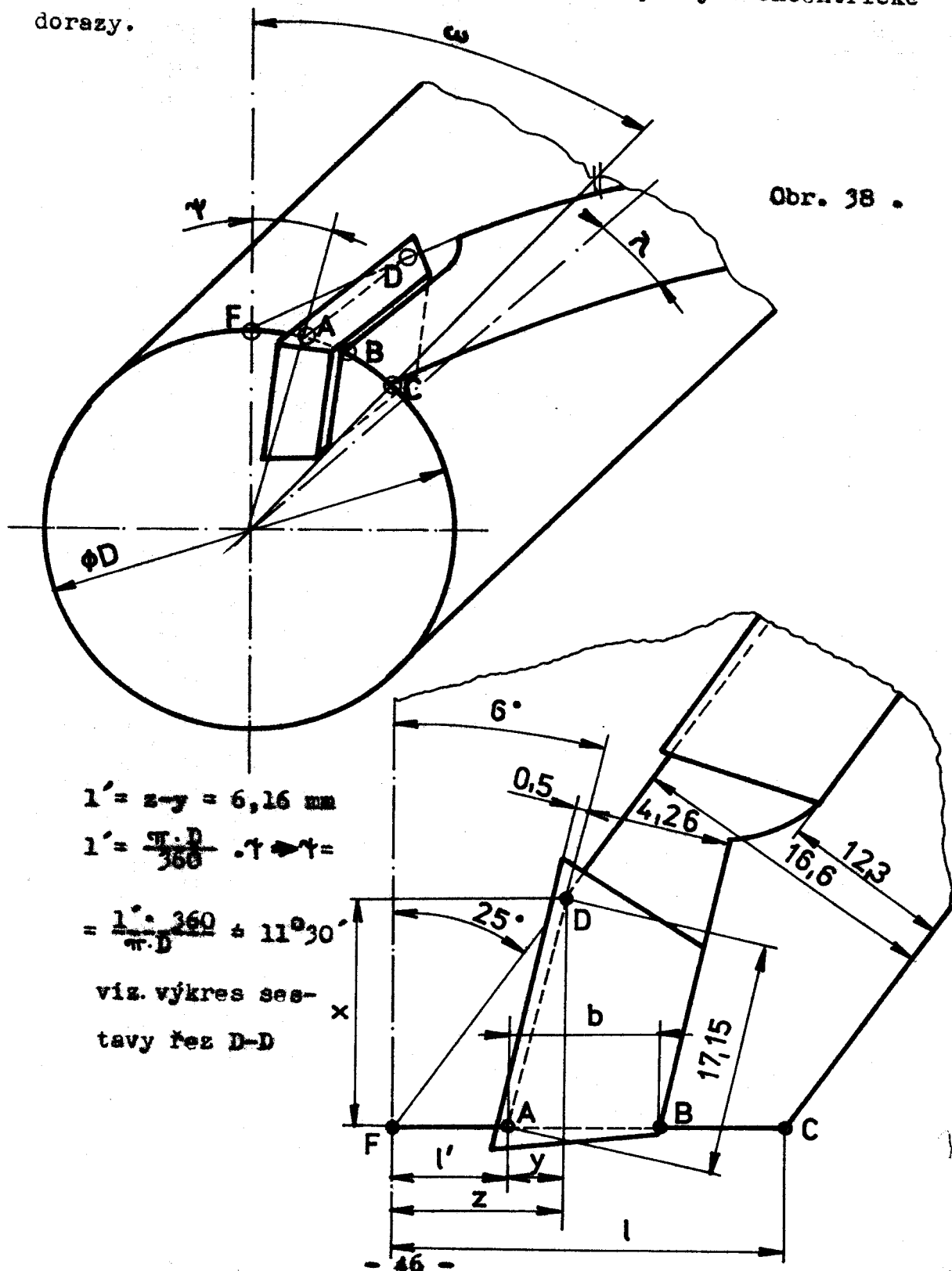
$$z = x \cdot \operatorname{tg} 25^{\circ} = 17,1 \cdot \operatorname{tg} 25^{\circ} = 7,95 \text{ (mm)}$$

$$x = 17,15 \cdot \cos 6^{\circ} = 17,10 \text{ (mm)}$$

$$y = 17,15 \cdot \sin 6^{\circ} = 1,79 \text{ (mm)}$$

Dosazením do vztahu (7) dostaneme : $BC = 8,3$ (mm). Tloušťka zubu pod destičkami na válcové části vychází 12,3 mm. Tyto poměry platí na válcovém povrchu, směrem ke středu nástroje se tloušťka zubu zvětšuje. Konečná úprava lůžek je patrna z výkresu. V pohledu P2 je provedeno lůžko pro čelní čtvercovou a v pohledu P1 lůžko pro čelní kosodélníkovou destičku.

Dosedací plochy pro destičky jsou opatřeny zapuštěním v hloubce 0,1 - 0,2 mm, které by mělo odstranit případnou vypoukllost těchto ploch. Další dosedací plochy destiček jsou o šířce 2mm a sražené pod úhlem 11° - řez D-D. Poloha upínacího šroubku je dána tak, aby byla destička stále přitlačována na tuto sraženou plochu. Čelní destičky jsou navíc opřeny o excentrické dorazy.



5. Návrh technologického postupu výroby pro prototyp frézy

5.1. Nomenklatura os a pohybů /7/

Poněvadž největší potíže při výrobě "ježkovité" frézy budou spojeny s vytvářením lůžek na bocích šroubovitých zubových mezer, bude zde věnována pozornost především řezné části nástroje. Pro zjednodušení popisu jednotlivých pohybů při výrobě lůžek a pro odstranění nejednoznačností, které by mohly vzniknout při označování směrů a smyslů pohybů, je zaveden následující systém os a pohybů.

Základem systému je pravouhlá, převotočivá souřadnicová soustava, do které je umístěn stroj, nástroj, obrobek, tak, že souřadné osy soustavy jsou rovnoběžné s hlavními osami stroje. Osy soustavy se označují x, y, z . Soustava udává souřadnice pohybujícího se nástroje vzhledem k nehybnému obrobku. Pohyb nástrojů vůči obrobku se provádí velkými písmeny :

pohyb nástrojů bez čárky; pohyb obrobků s čárkou.

- Přímý pohyb nástroje podél os x, y, z : X, Y, Z

- Přímý pohyb obrobku podél os x, y, z : X', Y', Z'

Kladný smysl pohybu je ten který způsobuje narůstání rozměru obrobku v kladném smyslu souřadnicové soustavy. Záporný ... v záporném smyslu souřadnicové soustavy.

- Rotační pohyb nástroje kolem os x, y, z : A, B, C

- Rotační pohyb obrobku kolem os x, y, z : A', B', C'

Kladný smysl rotačních pohybů je dán pravidlem pravé ruky (palec směřuje v kladném směru osy, prsty objímající osu ukazují kladný smysl otáčení).

Kladné smysly pohybů jsou označovány znaménkem + , záporné -.

Stanovení os :

Osa z se orientuje podle vřeten, které udělají řeznou sílu a je s osou tohoto vřeten rovnoběžná. Osa x leží ve vodorovné rovině, je kolmá k ose z a rovnoběžná s povrchem upínací plochy stolu stroje. Kladný smysl osy x se stanoví v závislosti na poloze osy z :

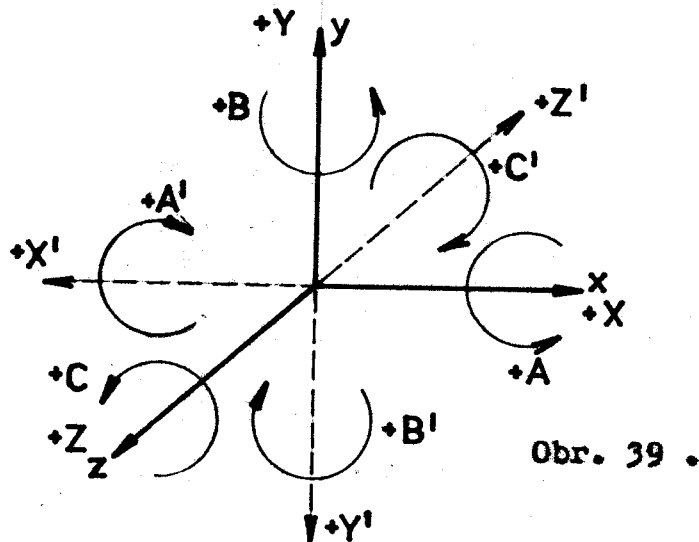
a) bude-li osa z vodorovná, bude kladný smysl x směřovat vpravo, při pohledu od osy hlavního vřeten obrobku.

-U strojů s rotujícími obrobky bude kladný smysl x ve směru, v kterém se bude nástroj (v hlavním nožovém držáku) vzdalovat od osy otáčení.

b) bude-li osa z svislá, bude kladný smysl x směřovat vpravo při pohledu od hlavního vřeten ke stojanu stroje.

Osa y doplňuje osy x a z . Poloha počátku je libovolná.

Zavedený systém je znázorněn na obr.39.



Obr. 39 .

5.2. Postup při výrobě řezné části

1. fáze : výroba šroubovitých zubových mezer
2. fáze : výroba dosedacích ploch lůžek
3. fáze : výroba sávitů pro upínací šroubky

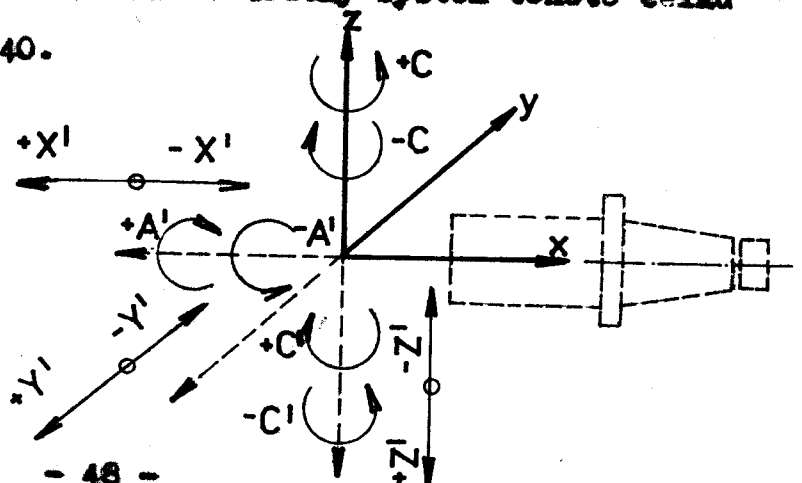
Výroba šroubovitých zubových mezer :

Bude se provádět běžným způsobem, uplatňovaným při výrobě šroubovitých drážek na vodorovné frézce. Nástrojem bude navržená tvarová fréza obr.37;38. Důležité je znát stoupání šroubovice : $s = 715 \text{ mm}$. Stůl frézky bude vytočen o úhel $\alpha = 25^\circ$. Hloubka drážek = 15 mm. Ostatní údaje je možné získat z dílenských tabulek dodávaných k dělicím přístrojům.

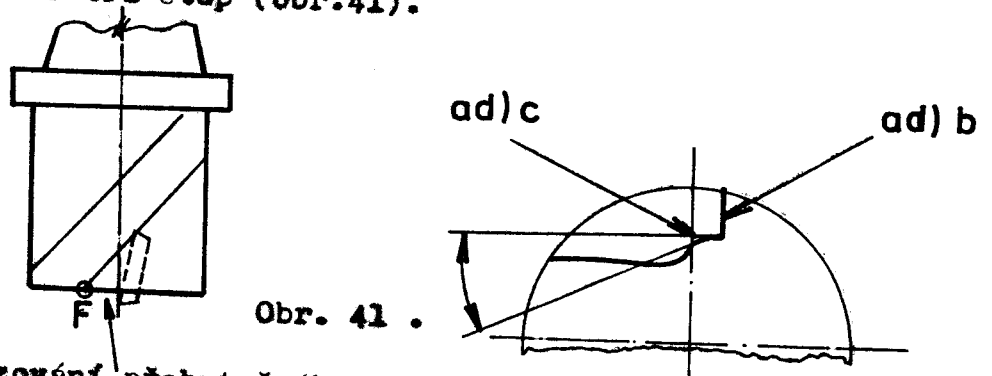
Výroba dosedacích ploch lůžek :

V podmínkách vývojových dílen VŠST bud použita svislá frézka, doplněná kruhovým otočným stolem a dělicím přístrojem. Nástrojem bude stopková fréza $\phi 8 \text{ mm}$. Souřadný systém tohoto celku je patrný z obrázku 40.

Obr. 40 .



Většinu pohybů bude vykonávat obrobek. Výrobu lůžek je možné rozložit do tří etap (obr.41).



Obr. 41 .

- a) Odfrézování přebytečného materiálu a čelních destiček
- b) Výroba hlavní dosedací plochy pro destičku
- c) Výroba sražené plochy pro destičku

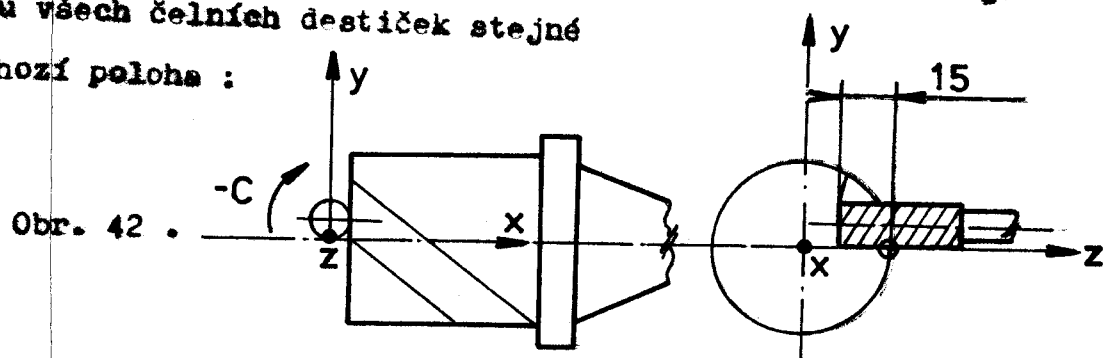
U každé etapy budou uvedeny :

- 1) Výchozí poloha - určí výchozí postavení nástroje vůči obrobku
- 2) Polohovací pohyby - zajistí přestavení obrobku vůči nástroji do polohy potřebné k obrábění dané plochy
- 3) Konečná poloha - znázornění vzájemné polohy obrobku a nástroje po provedení polohovacích pohybů
- 4) Pracovní pohyby - vzájemné pohyby mezi obrobkem a nástrojem při obrábění dané plochy
- 5) Pohyby potřebné k nastavení obrobku a nástroje do polohy výchozí pro další pracovní cyklus

Pokud bude zbytečné v dalším postupu některý z těchto bodů uvádět, bude vynechán a následuje další bod!!!

ad a) obr.41,42,43 - zde není zatím nutné jednotlivé zubové mezery rozlišovat bodem F1 a F2, neboť toto sražení je u všech čelních destiček stejné

- 1) Výchozí poloha :

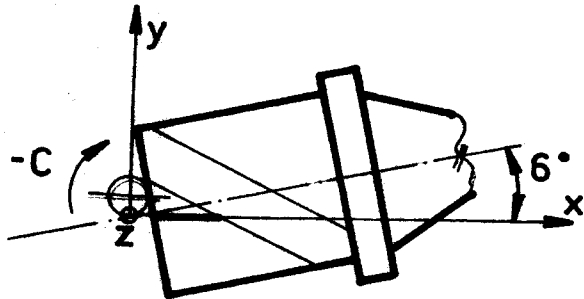


Obr. 42 .

49

2) Polohovací pohyby : $+A' = 11^{\circ}30'$; $-C' = 6^{\circ}$; $-Y' = 0,5\text{mm}$;

3) Konečná poloha



Obr. 43 .

4) Pracovní pohyby : $-C$; $+X' = 21\text{mm}$;

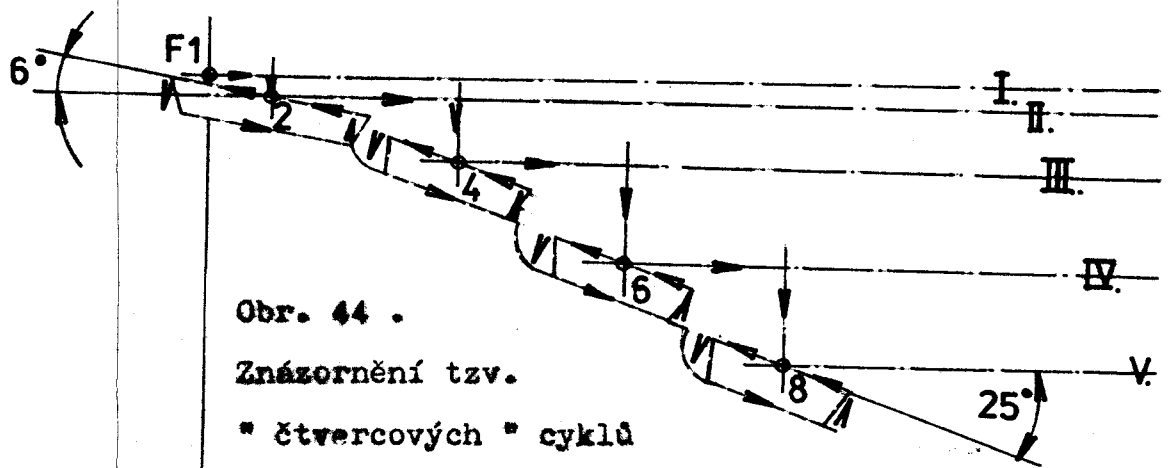
5) Pohyby pro zajištění další výchozí polohy : $-X' = 21\text{mm}$;
 $+C' = 6^{\circ}$; $+A' = 90^{\circ}$; $-C' = 6^{\circ}$; dostaneme polohu totožnou s po-
lohou na obr.43, ovšem v další šroubovici. Nyní se budou
opakovat body 4) a 5), až dojde k vystřídání všech šroubovic.
Odlíšný bude pouze bod 5) u poslední šroubovice, který má
zajistit výchozí polohu pro obrábění samotných dosedacích
ploch :

$-X' = 17\text{mm}$; $+Y' = 0,5\text{mm}$; $+C' = 6^{\circ}$; $-A' = 11^{\circ}30'$; $+Z' = 15 - 11,22 =$
 $= 3,78\text{mm}$;

ad b), ad c) - u každého lůžka bude nejprve obrobena hlavní
dosedací plocha obvodem stopkové frézy, bezprostředně potom
bude u tohoto lůžka následovat obrobění sražené plochy če-
lem stopkové frézy. Nyní je již nutné rozlišovat šroubovi-
ce označené výchozím bodem F1 a F2, neboť polohy destiček
v těchto šroubovicích jsou různé. Výchozí body při obrábění
jednotlivých lůžek jsou ve šroubovici F1 : 2,4,6,8

F2 : 1,3,5,7,9

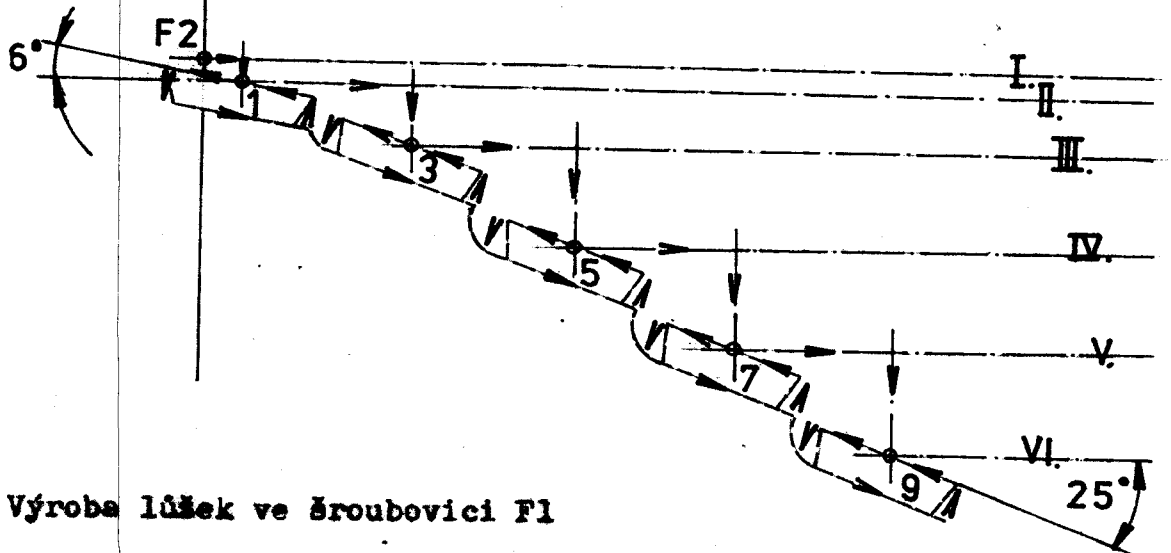
V obr, 44 je uvedeno schéma šroubovice F1 a F2. Jsou zde vy-
značeny důležité body, osy a směry pohybů použité v dalším postupu.



Obr. 44 .

Znázornění tzv.

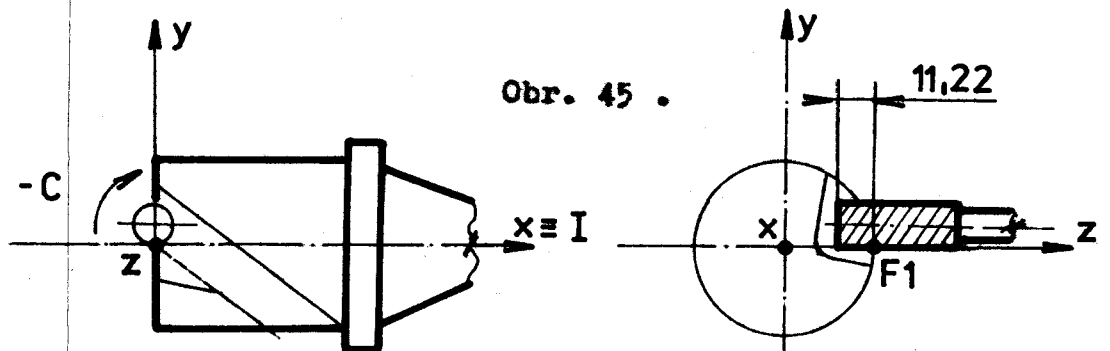
"čtvercových" cyklů



Výroba lůžek ve šroubovici F1

Lůžko destičky č.2 :

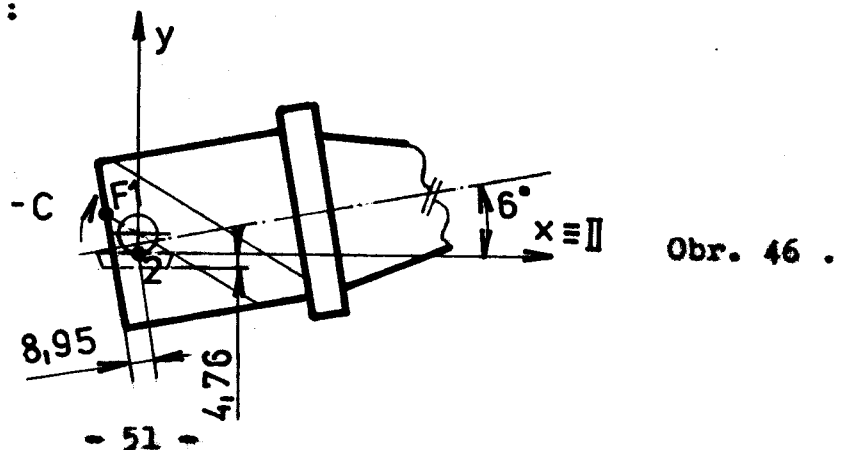
1) Výchozí poloha : dána předchozím bodem 5)



Obr. 45 .

2) Polohovací pohyby : $+X' = 8,95 \text{ mm}$; $+A' = 12^{\circ}30'$; $-C = 6^{\circ}$;

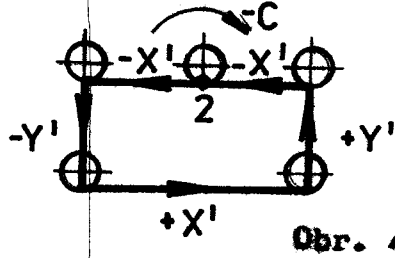
3) Konečná poloha :



Obr. 46 .

4) Pracovní pohyby : - C; $-X' = 8\text{mm}$; $-Y' = 4,76\text{mm}$; $+X' = 19\text{mm}$;
 $+Y' = 4,76\text{mm}$; $-X' = 11\text{mm}$;

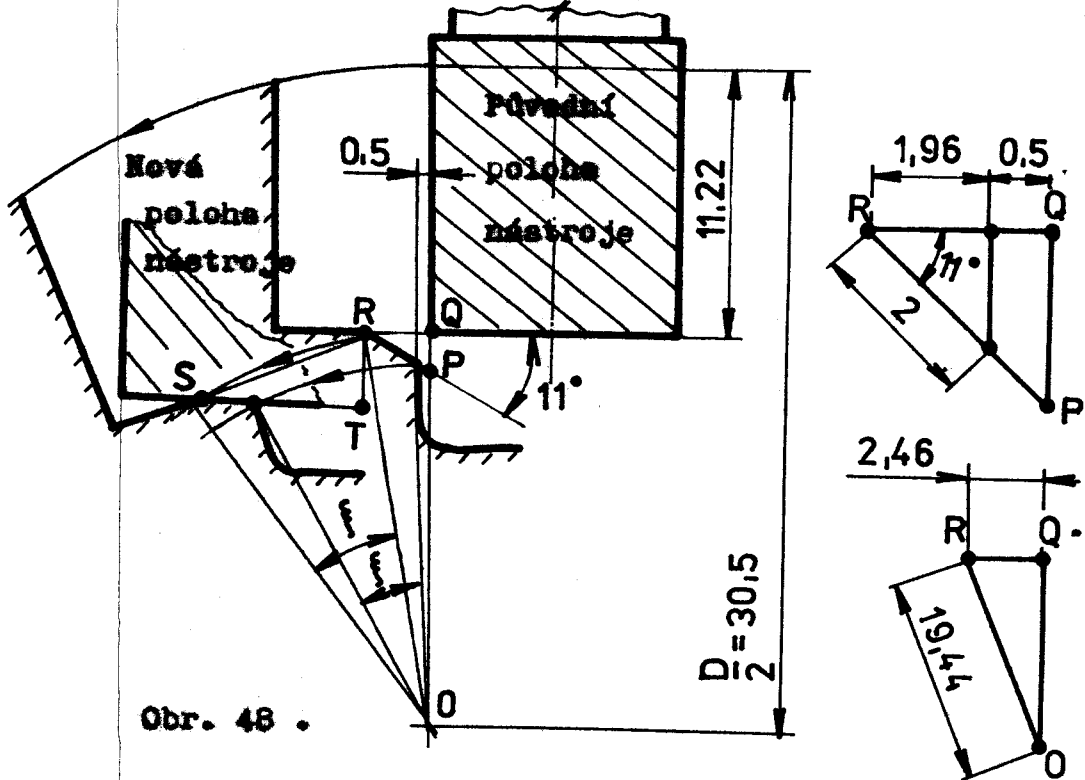
Tím byl u lůžka č.2 projet tzv."čtvercový" cyklus (obr.44;47).



Příslušné pohyby obrobku způsobují změnu vzájemné polohy obrobku a nástroje.

Obr. 47 .

Obrobení aražené plochy : Bude-li tato plocha obráběna čelem nástroje, musí být obrobek otočen kolem své osy, v případě čelních lůžek o 11° a u ostatních lůžek o 10° . Nástroj musí být snížen v případě čelních lůžek o $0,7\text{mm}$ a u ostatních o $0,59\text{mm}$. Tyto hodnoty byly určeny z obr.48.



Obr. 48 .

ΔSRT : čelní lůžka

$$\xi = 11^\circ$$

$$r = RO = \sqrt{RQ^2 + QO^2} =$$

$$SR = \frac{\pi \cdot F}{180} \cdot \xi = 3,73 \text{ mm}$$

$$= 19,44 \text{ mm}$$

$$SR = SR$$

$$ST = SR \cdot \cos 11^\circ = 3,66 \text{ mm}$$

$$RT = SR \cdot \sin 11^\circ = 0,71 \text{ mm}$$

ostatní lůžka $\xi = 10^\circ$

$$ST = 3,34 \text{ mm} , RT = 0,59 \text{ mm}$$

= 52 =

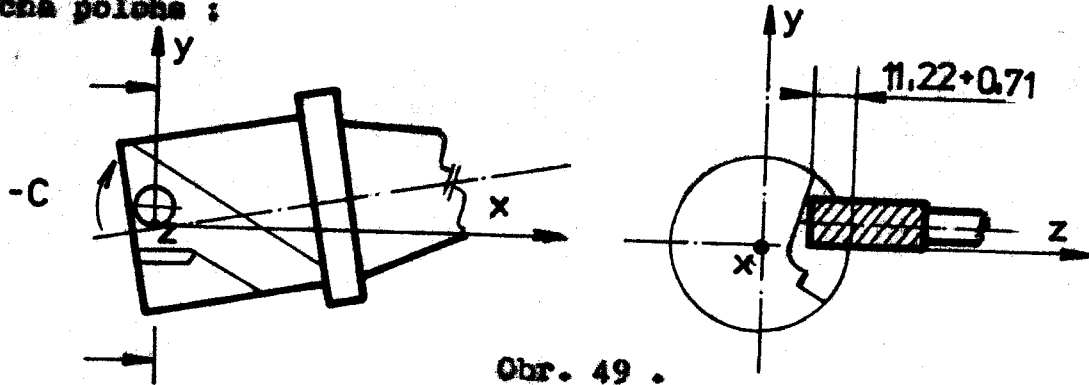
Rozdíl v nastěžení obrobku při obrábění sražené plochy čelních a ostatních lůžek je proto, poněvadž úhel α_f čelních destiček je asi 11° , zatímco u ostatních α_f je asi 10° .

Nyní k vlastnímu postupu :

1) Výchozí poloha je totožná s konečnou polohou u předchozího bodu 4)

2) Polohovací pohyby : $-A' = 11^\circ$; $-Z' = 0,71\text{mm}$;

3) Konečná poloha :



Obr. 49 .

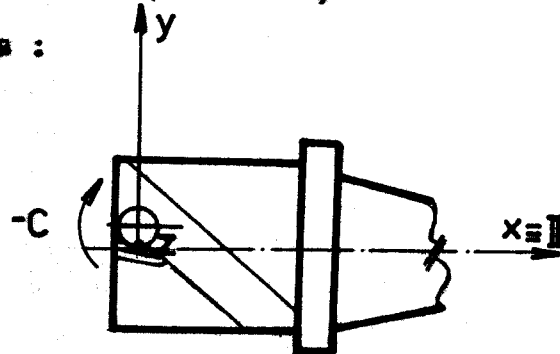
4) Pracovní pohyby : $-C$; $-X' = 8\text{mm}$; $-Y' = 7\text{mm}$; $+X' = 19\text{mm}$; $+Y' = 7\text{mm}$;
 $-X' = 11\text{mm}$;

Tím byl projet "čtvercový" cyklus u sražené plochy lůžka č.2.

5) Postavení tělesa do výchozí polohy pro obrábění lůžka č.4 :

$+Z' = 0,71\text{mm}$; $+A' = 11^\circ$; $+C' = 6^\circ$;

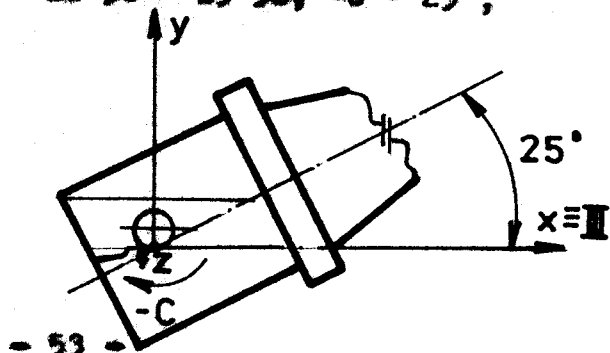
1) Výchozí poloha :



Obr. 50 .

2) Polohovací pohyby : $+X' = 32,16 - 8,95 = 23,21$; $+A' = 28^\circ - 12^\circ 30' = 15^\circ 30'$; $-C' = 25^\circ$;

3) Konečná poloha :

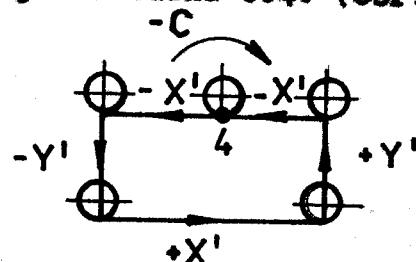


Obr. 51 .

- 4) Pracovní pohyby : $-X' = 7,5\text{mm}$; $-Y' = 4,76\text{mm}$; $+X' = 15\text{mm}$;
 $+Y' = 4,76\text{mm}$; $-X' = 7,5\text{mm}$; $-C$;

Tím byl tzv. "čtvercový" cyklus projet u lůžka č.4. (obr.52;44)

Obr. 52 .



Obrobení sražené plochy u lůžka č.4 :

- 1) Výchozí poloha je totožná s konečnou u předchozího bodu 4)
- 2) Polohovací pohyby : $-A' = 10^\circ$ ($=10^\circ$); $-Z' = 0,59\text{mm}$;
- 4) Pracovní pohyby : $-C$; $-X' = 7,5\text{mm}$; $-Y' = 7\text{mm}$; $+X' = 15\text{mm}$;
 $+Y' = 7\text{mm}$; $-X' = 7,5\text{mm}$;

Tím byl projet "čtvercový" cyklus u sražené plochy lůžka č.4.

- 5) Postavení obrobku do výchozí polohy pro obrábění lůžka č.6:
 $+Z' = 0,59\text{mm}$; $+A' = 10^\circ$; $+C' = 25^\circ$;

Lůžko č.6 :

- 1) Výchozí poloha je totožná s předchozí 5)
- 2) Polohovací pohyby : $+X' = 50,18 - 32,16 = 18,02\text{mm}$;
 $+A' = 44^\circ - 28^\circ = 16^\circ$; $-C' = 25^\circ$;
- 4) Pracovní pohyby při obrábění hlavní dosedací plochy u lůžka č.6 : $-C$; $-X' = 7,5\text{mm}$; $-Y' = 4,76\text{mm}$; $+X' = 15\text{mm}$; $+Y' = 4,76\text{mm}$;
 $-X' = 7,5\text{mm}$;

Tím byl projet "čtvercový" cyklus u lůžka č.6 (obr.44).

Obrobení sražené plochy :

- 1) Výchozí poloha je totožná s předchozí 4)
- 2) Polohovací pohyby : $-A' = 10^\circ$; $-Z' = 0,59\text{mm}$;
- 4) Pracovní pohyby : $-C$; $-X' = 7,5\text{mm}$; $-Y' = 7\text{mm}$; $+X' = 15\text{mm}$;
 $+Y' = 7\text{mm}$; $-X' = 7,5\text{mm}$;

Tím byl projet čtvercový cyklus u sražené plochy lůžka č.6.

- 5) Postavení tělesa do výchozí polohy pro obrábění lůžka č.8:
 $+Z' = 0,59\text{mm}$; $+A' = 10^\circ$; $+C' = 25^\circ$;

Lůžko č.8:

Lůžko č.8 :

- 1) Výchozí poloha je totožná s předchozí 5)
- 2) Polohovací pohyby : $+X' = 68,20 - 50,18 = 18,02\text{mm}$; $+A' = 60^\circ - 44^\circ = 16^\circ$; $-C' = 25^\circ$;
- 4) Pracovní pohyby : $-X' = 7,5\text{mm}$; $-Y' = 4,76\text{mm}$; $+X' = 15\text{mm}$;
 $+Y' = 4,76\text{mm}$; $-X' = 7,5\text{mm}$;

Tím byl projat čtvrtý "čtvercový" cyklus u lůžka č.8 (obr.44).

Obrobení sražené plochy :

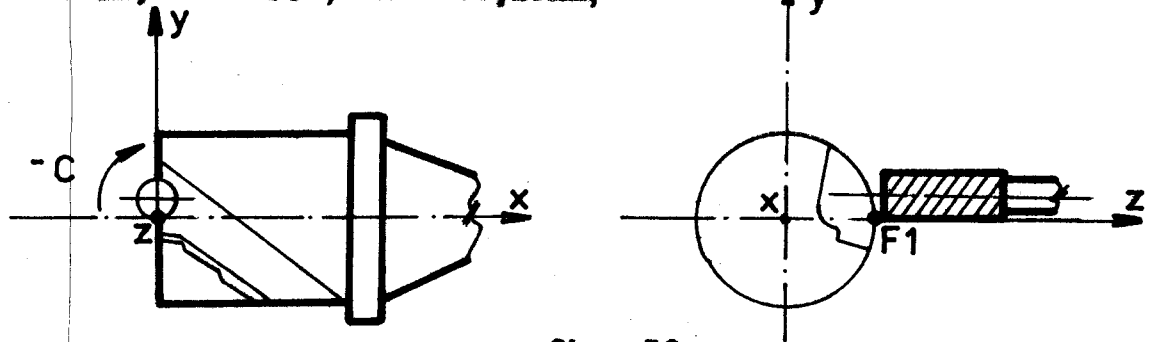
- 1) Výchozí poloha je totožná s předchozí 4)
- 2) Polohovací pohyby : $-A' = 10^\circ$; $-Z' = 0,59\text{mm}$;
- 4) Pracovní pohyby : $-C$; $-X' = 7,5\text{mm}$; $-Y' = 7\text{mm}$; $+X' = 15\text{mm}$;
 $+Y' = 7\text{mm}$; $-X' = 7,5\text{mm}$;

Tím byl projat "čtvercový" cyklus u sražené plochy lůžka č.8.

- 5) $+Z' = 0,59\text{mm}$; $+A' = 10^\circ$; $+C' = 25^\circ$

Vrácení nástroje do výchozí polohy k bodu F1 :

- $+Z' = 12\text{mm}$; $-A' = 60^\circ$; $-X' = 68,20\text{mm}$;



Obr. 53 .

Přetočení obrobku o 90° ; přísun nástroje do drážky k bodu F2 :

- $+A' = 90^\circ$; $-Z' = 12\text{mm}$

Obrobení lůžek ve šroubovici s počátečním bodem F2 :

Lůžko č.1:

- 2) $+X' = 5,32\text{mm}$; $+A' = 11^\circ 30'$; $-C' = 6^\circ$;
- 4) $-C$; $-X' = 4,5\text{mm}$; $-Y' = 4,76\text{mm}$; $+X' = 12\text{mm}$; $+Y' = 4,76\text{mm}$; $-X' = 7,5\text{mm}$;

Obrobení sražené plochy :

- 2) $-A' = 11^\circ$; $-Z' = 0,71\text{mm}$;
- 4) $-C$; $-X' = 4,5\text{mm}$; $-Y' = 7\text{mm}$; $+X' = 12\text{mm}$; $+Y' = 7\text{mm}$; $-X' = 7,5\text{mm}$;
- 5) $+Z' = 0,71\text{mm}$; $+A' = 11^\circ$; $+C' = 6^\circ$;

Lůžko č.3 :

$$2) +X' = 23,15 - 5,32 = 17,83\text{mm}; +A' = 20^\circ - 11^\circ 30' = 8^\circ 30'; \\ -C' = 25^\circ;$$

$$4) -C; -X' = 7,5\text{mm}; -Y' = 4,76\text{mm}; +X' = 15\text{mm}; +Y' = 4,76\text{mm}; \\ -X' = 7,5\text{mm};$$

Obrobení sražené plochy:

$$2) -A' = 10^\circ; -Z' = 0,59\text{mm};$$

$$4) -C; -X' = 7,5\text{mm}; -Y' = 7\text{mm}; +X' = 15\text{mm}; +Y' = 7\text{mm}; -X' = 7,5\text{mm};$$

$$5) +Z' = 0,59\text{mm}; +A' = 10^\circ; +C' = 25^\circ;$$

Lůžko č.5 :

$$2) +X' = 41,17 + 23,15 = 18,02\text{mm}; +A' = 36^\circ - 20^\circ = 16^\circ; -C' = 25^\circ;$$

$$4) -C; -X' = 7,5\text{mm}; -Y' = 4,76\text{mm}; +X' = 15\text{mm}; +Y' = 4,76\text{mm}; \\ -X' = 7,5\text{mm};$$

Obrobení sražené plochy :

$$2) -A' = 10^\circ; -Z' = 0,59\text{mm};$$

$$4) -C; -X' = 7,5\text{mm}; -Y' = 7\text{mm}; +X' = 15\text{mm}; +Y' = 7\text{mm}; -X' = 7,5\text{mm};$$

$$5) +Z' = 0,59\text{mm}; +A' = 10^\circ; +C' = 25^\circ;$$

Celý postup opakovat až k destičce č.9

Vrácení nástroje do výchozí polohy k bodu F2 :

$$+Z' = 12\text{mm}; -A' = 68^\circ; -X' = 77,21;$$

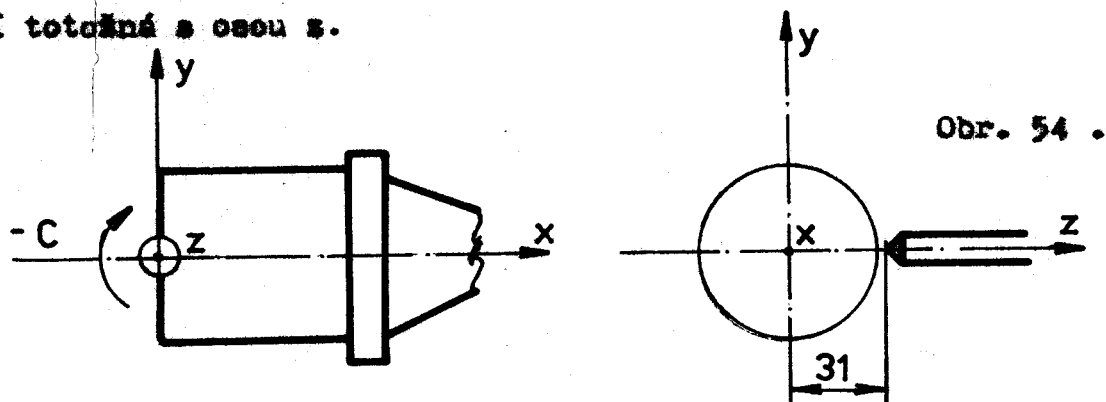
Přetočení obrobku o 90° ; přesun nástroje do drážky k bodu F1 :

$$+A' = 90^\circ; -Z' = 12\text{mm};$$

Opakovat postup u drážky F1 a nakonec u F2. Toto pořadí může být i jiné, např. po obrobení drážky F1 otočit obrobek o 180° a obrobit druhou drážku F1. Potom obrábět drážky F2.

Výroba závitů pro upínací šroubky :

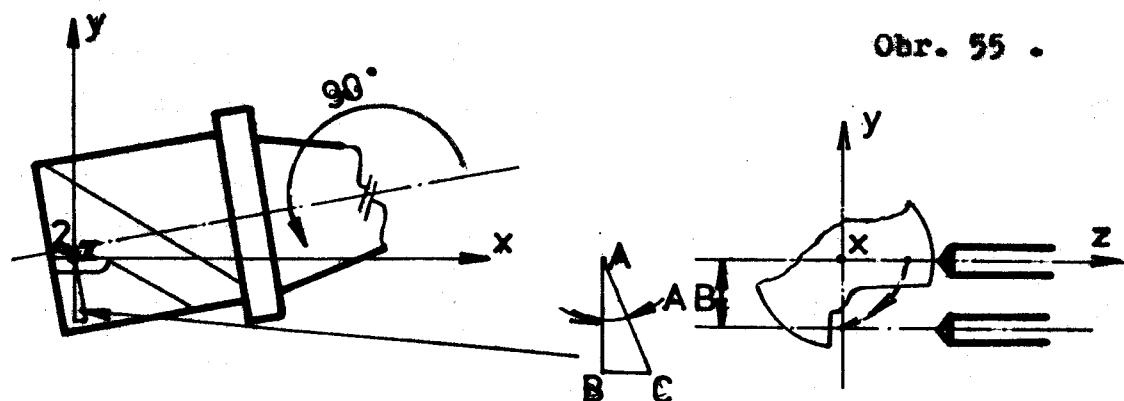
Závity jsou rozměru M5. Pro výrobu by mohl být použit sdružený nástroj vrták - závitník eventuelně záhlubník, nebo je možné použít nástroje individuálně, potom by bylo nutné vždy při nastavení polchy při vrtání tyto nástroje vystřídat. Výchozí poloha nástroje vůči obrobku je na obr.54. Osa nástroje je nyní totožná s osou z.



Obr. 54 .

Osa nástroje musí být kolmá na hlavní dosedací plochu lůžka, proto je nutné rozšířit polehovací pohyby používané při výrobě hlavní dosedací plochy lůžek o další :

- 1) Přetočení obrobku o 90° okolo vlastní osy
- 2) Přesunutí nástroje (obrobku) tak, aby osy nástroje a obráběného otvoru byly totožné (obr.55).



Obr. 55 .

Po přetočení obrobku o 90° je nutné přesunout nástroj z bodu A do bodu C, tj. musíme získat vzdálenosti AB (přesunutí v ose y) a BC (přesunutí v ose x).

ABC : AC = poloměr, na kterém jsou umístěny otvory

$$AC = \frac{D}{2} - 5,45 = 30,5 - 5,45 = 25,05 \text{ mm}$$

Čelní destičky : $AB = AC \cdot \cos 6^\circ = 24,91 \text{ mm}$

$$BC = AC \cdot \sin 6^\circ = 2,62 \text{ mm}$$

Ostatní destičky : $AB = AC \cdot \cos 25^\circ = 22,70 \text{ mm}$

$$BC = AC \cdot \sin 25^\circ = 10,59 \text{ mm}$$

Obrábění otvorů u šroubovice F1 :

Lůžko č.2 :

1) Výchozí poloha (obr.54)

$$2) +X' = 8,95 \text{ mm}; +A' = 12^\circ 30'; -C' = 6^\circ; -A' = 90^\circ; -Y' = 24,91 \text{ mm};$$

$$+X' = 2,62 \text{ mm};$$

4) -C; -Z' podle použitých nástrojů a konkrétních podmínek na stroji; +Z';

$$5) -X' = 2,62 \text{ mm}; +Y' = 24,91 \text{ mm}; +A' = 90^\circ; +C' = 6^\circ;$$

Lůžko č.4 :

$$2) +X' = 32,16 - 8,95 = 23,21 \text{ mm}; +A' = 28^\circ - 12^\circ 30' = 15^\circ 30'; -C' = 25^\circ;$$

$$-A' = 90^\circ; -Y' = 22,70 \text{ mm}; +X' = 10,59 \text{ mm};$$

4) -C; -Z'; +Z';

$$5) -X' = 10,59 \text{ mm}; +Y' = 22,70 \text{ mm}; +A' = 90^\circ; +C' = 25^\circ;$$

Lůžko č.6 :

$$2) +X' = 50,18 - 32,16 = 18,02 \text{ mm}; +A' = 44^\circ - 28^\circ = 16^\circ; -C' = 25^\circ;$$

$$-A' = 90^\circ; -Y' = 22,70 \text{ mm}; +X' = 10,59 \text{ mm};$$

4) -C; -Z'; +Z';

$$5) -X' = 10,59 \text{ mm}; +Y' = 22,70 \text{ mm}; +A' = 90^\circ; +C' = 25^\circ;$$

Lůžko č.8 :

$$2) +X' = 68,20 - 50,18 = 18,02 \text{ mm}; +A' = 60^\circ - 44^\circ = 16^\circ; -C' = 25^\circ;$$

$$-A' = 90^\circ; -Y' = 22,70 \text{ mm}; +X' = 10,59 \text{ mm};$$

4) -C; -Z'; +Z';

$$5) -X' = 10,59 \text{ mm}; +Y' = 22,70 \text{ mm}; +A' = 90^\circ; +C' = 25^\circ;$$

Vrácení nástroje do výchozí polohy, tj. do bodu F1. Obr.54 :

$$-A' = 60^\circ; -X' = 68,20 \text{ mm};$$

Přetočení obrobku o 90° - nástroj se tím dostává do bodu F2 :

$$+A' = 90^\circ$$

Obrábění otvorů u šroubovice F2 :

Lůžko č.1 :

$$2) +X' = 5,32\text{mm}; +A' = 11^\circ 30'; -C' = 6^\circ; -A' = 90^\circ; -Y' = 24,91\text{mm}; \\ +X' = 2,62\text{mm};$$

$$4) -C; -Z'; +Z';$$

$$5) -X' = 2,62\text{mm}; +Y' = 24,91\text{mm}; +A' = 90^\circ; +C' = 6^\circ;$$

Lůžko č.3 :

$$2) +X' = 23,15 - 5,32 = 17,83\text{mm}; +A' = 20^\circ - 11^\circ 30'; -C' = 25^\circ; \\ -A' = 90^\circ; -Y' = 22,70\text{mm}; +X' = 10,59\text{mm};$$

$$4) -C; -Z'; +Z';$$

$$5) -X' = 10,59\text{mm}; +Y' = 22,70\text{mm}; +A' = 90^\circ; +C' = 25^\circ;$$

Lůžko č.5 :

$$2) +X' = 41,17 - 23,15 = 18,02\text{mm}; +A' = 36^\circ - 20^\circ = 16^\circ; \\ -C' = 25^\circ; -A' = 90^\circ; -Y' = 22,70\text{mm}; +X' = 10,59\text{mm};$$

$$4) -C; -Z'; +Z';$$

$$5) -X' = 10,59\text{mm}; +Y' = 22,70\text{mm}; +A' = 90^\circ; +C' = 25^\circ;$$

Dále celý postup opakovat až k destičce č.9.

Vrácení nástroje do výchozí polohy, t.j. do bodu F2 :

$$-A' = 68^\circ; -X' = 77,21\text{mm};$$

Přetočení obrobku o 90° - nástroj se dostává do bodu F1 :

$$+A' = 90^\circ$$

Opakování postupu u šroubovice F1.

Závěr

Závěrem své práce bych chtěl poděkovat za rady a připomínky ing. R. Kvapilovi CSc (VŠST) a ing. P. Tschakertovi (Narex Děčín). Za pomoc při zajišťování a realizaci tvarových nástrojů (potřebných k výrobě prototypu frézy) děkuji s. Kruckému a ing. Smékalovi (Tesla Liberec) a dále s. Jančovi z vývojových dílen VŠST.

Zároveň bych chtěl zdůraznit, že šlo o návrh nástroje nového, a jehož výrobou zatím nejsou v ČSSR žádné zkušenosti. Z tohoto důvodu byla celá práce zaměřena na předložení dostatečného množství podkladů pro výrobu prototypu frézy, na kterém by bylo možné ověřit jak navržený postup výroby lůžek destiček, tak i vlastnosti nástroje při obrábění.

Úkol ovšem není ještě zdaleka dořešen. Bylo by jistě náhodné, kdyby předložený návrh byl bezchybný ve všech detailech. Po odstranění nedostatků, kterými bývají zatíženy všechny prototypy, bude potřeba zaměřit se na některé z následujících bodů :

- podrobněji zpracovat všechny detaily navrženého nástroje (zprecizování rozměrů podle použitého výrobního zařízení)
- propracovat technologický postup pro sériovou výrobu těchto nástrojů (vhodněji uspořádat pohyby při výrobě řezné části, nezkteré jsou uvedeny v této práci)
- vzhledem k velké pracnosti nástroje uvažovat výrobu ve vhodném frézovacím centru, kde by všechny pohyby byly řízeny programem
- nahradit dělicí přístroj používaný při výrobě prototypu přípravkem, který by zajistil potřebné dělení a přesné a pevné uložení obrobku (pokud nebude zvolené frézovací centrum podobným zařízením vybaveno)
- rozpracovat rozměrovou řadu těchto nástrojů včetně fréz

nástrčných, event. navrhnout vhodný stavebnicový systém

- uvažovat o vhodnějším způsobu výroby zubových mezer:

a) celé těleso předlito i s lůžky; obráběním by se lůžka pouze dokončila

b) mezery vyrábět přímo ve frézovacím centru: např. nejprve předhrabovat normalizovanou úhlovou frézou a potom dokončit kopírovacími stopkovými frézami na potřebný tvar

- uvažovat i o využití destiček jiných tvarů

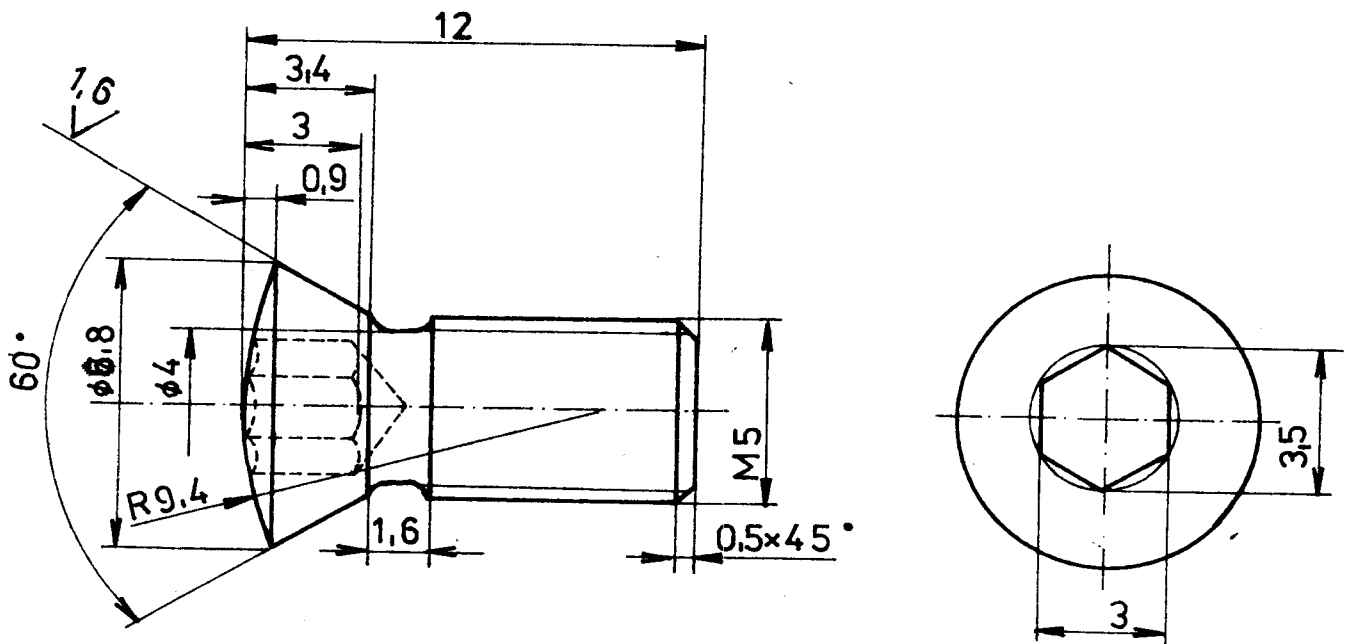
- v poslední řadě uvažovat také o využití výpočetní techniky při navrhování takovýchto složitějších nástrojů

- zejména u větších rozměrů fréz využít výhod sekci a více zuby

Seznam použité literatury

- /1/ Řezáč, A . : Zákonitosti dábhy břitů řezných nástrojů.
Praha, SNTL 1963.
- /2/ Příkryl, Z.-Mašilková, R. : Teorie obrábění.
Praha, SNTL/ALFA 1975.
- /3/ Lipták , O. : Technológia výroby-obraábanie.
Bratislava, ALFA/SNTL 1979.
- /4/ Semančenko, I.I. :Projektirovanie metalorežuščich instru-
mentov. Moskva, MASHIZ 1962.
- /5/ Černocho, S. : Strojné technická příručka.
Praha, SNTL 1977.
- /6/ Vintner, F. : Strojnírenská technologie 2 .
Praha, SNTL 1979.
- /7/ Nedbal, J. : Číslicové řízení výrobních strojů.
Praha, ČVUT 1978.
- /8/ Schmidt, E. : Příručka řezných nástrojů.
Praha, SNTL 1967.
- /9/ Firemní listy fy Walter (NSR), Seco-Fagersta (Švédsko),
Sitzenmañ Heinelein (NSR), OMUS (Itálie),
Snalkalds (NSR).

3,2 / 1,6



KALIT NA 40⁺⁵ HRc

15260.7

1-KOM-OE-1677/01

Dovrš M.

5:1

74.1981

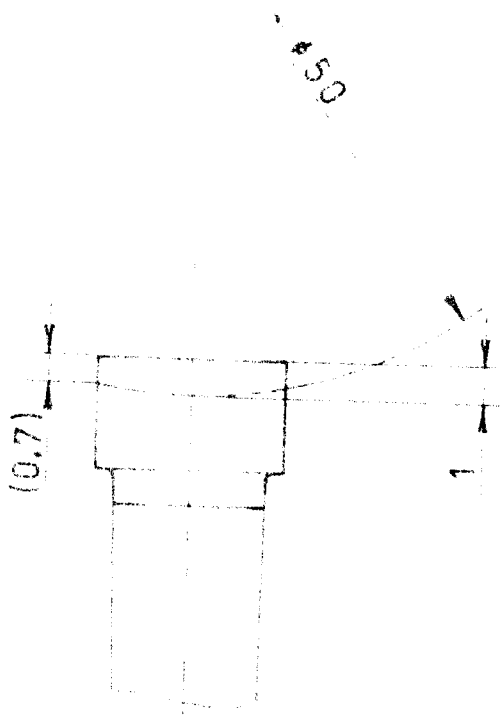
VŠST

UPÍNACÍ ŠROUB M5

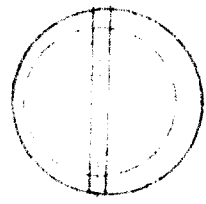
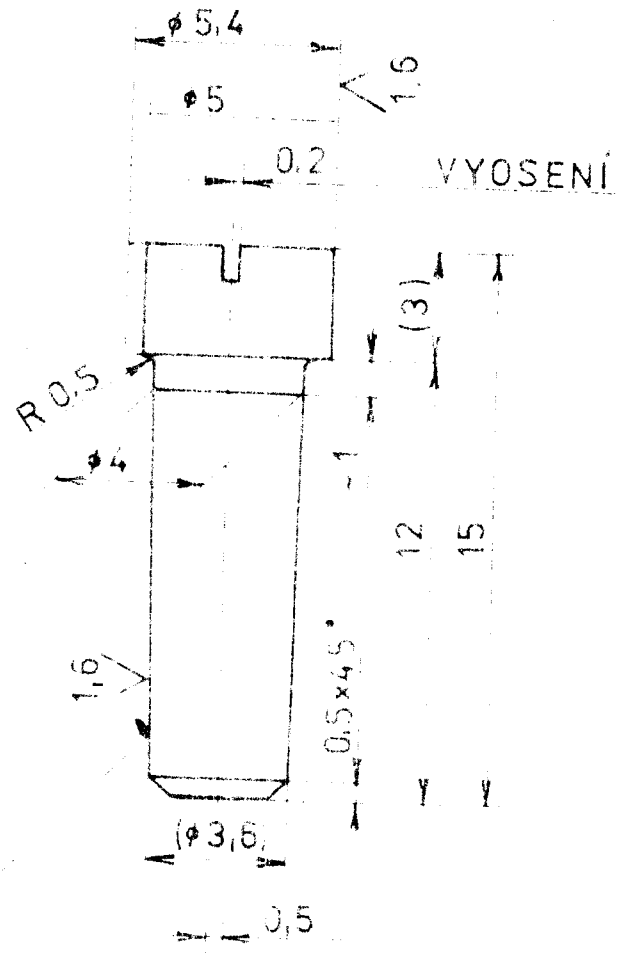
4-KOM-OE-1677/01-02

LIŠT

3,2 1,6



KUŽEL 1:50



OSTRÉ HRANY ODJEHLIT
KALIT NA 40⁺⁵ HRC

15 260.3

1-KOM-OE-1677/01

Jaroslav M.

74.1981

VŠST

DORAZ EXCENTRICKY

4-KOM-OE-1677/01-01