

Vysoká škola: Strojní a textilní

Katedra: Obrábění a ekonomiky

Fakulta: Strojní

Školní rok: 1975/76

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Lubomíra K á b e l e
obor strojírenská technologie

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

Název tématu: Návrh technologie obrábění elektrických izolátorů
z izostaticky lisované keramiky.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Hospodářsko - politický význam zadání.
- 2) Základní výzkum obráběné keramiky, shrnutí dosavadních poznatků.
- 3) Určení řezných podmínek při soustružení.
- 4) Návrh technologického postupu s použitím NC stroje.
- 5) Návrh výměnné nástrojové hlavy.
- 6) Ekonomické zdůvodnění navrhované technologie.

~~Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní~~
~~závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III, 2 ze dne~~
~~13. července 1962-Věstník I/62, část 24 ze dne~~
~~31. 8. 1962 § 19 a) zák. č. 115/53 Sb.~~

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PŠČ 461 17

V 138 / 1976 S

Rozsah grafických laboratorních prací: podle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 50 stran

Seznam odborné literatury:

Přikryl, Z.: Technologie obrábění. SNTL Praha 1967

Liemert, G. a kol.: Obrábění. SNTL Praha 1974

Zpráva VÚOSO: Obrábění neslinutých keramických hmot.
VÚOSO Praha 1957

Tišnovský, Chýlek, Košťál: Obrábění keramických materiálů.
SNTL Praha 1970

Dokumentace a výzkumné zprávy VÚEK

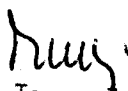
Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jaroslav Draský, CSc.

Konsultanti: Ing. Jan Frinta

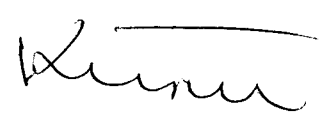
Datum zahájení diplomové práce: 15. října 1975

Datum odevzdání diplomové práce: 28. května 1976

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
fakulta strojního inženýrství
LIBEREC


Prof. Ing. Jaroslav Draský, CSc.

Vedoucí katedry


Doc. Ing. Oldřich Krejčíř, CSc.

Děkan

v Liberci dne 9. října 1975

VŠST LIBEREC

Fakulta strojní

Obr 23 - 07 - 8

Strojnická technika
zaměřen

obrábění a ekonomika

Katedra obrábění a plechárny

NÁVRH TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ ELEKTRICKÝCH IZOLÁTORŮ
Z IZOSTATICKY LISOVANÉ KERAMIKY

Jméno autora: Lubomír Kábele

DP - ST 1180/75

Vedoucí práce: Prof. Ing. J. Drátek CSc., VŠST Liberec

Konzultant: Ing. J. Frinta, VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh

Počet stran 52

Počet příloh 10

Počet tabulek 8

Počet obrázků 3

Počet výkresů 2

Počet modelů
nebo jiných příloh .. 0

DT: 621.9

LIBEREC 28. května 1976

Mistopředsedě prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem uvedené literatury.

Liberec 28. května 1976

Karel Laboušek
.....

Obsah

	Strana
1. Úvod	6
1.1. Hospodářsko-politický význam zedání	6
1.2. Zavedení NC systémů do oboru obrábění vn a vvn izolátorů	8
2. OBRÁBĚNÍ KERAMICKÝCH TVRST SOUSTRUŽENÍ	9
2.1. Úvod do obrábění izostaticky lisovaných tvrst	9
2.2. Základní pojmy obrábění	10
2.3. Experimentální práce	12
2.3.1. Měření na modelích	12
2.3.2. Měření na skutečných izolátorech	13
2.3.3. Měření nákladosti střížek řezného odporu na mikrogrammetrii bříty	17
2.4. Vliv strojního obrábění na kvalitu povrchu obroben	19
2.5. Návrh řezných podmínek a geometrie nástroje	20
2.5.1. Zásady pro volbu optimálních řezných podmínek	20
2.5.2. Volba řezných podmínek a geometrie nástroje pro obrábění izostaticky lisované keramiky	21
3. ZAVÁDĚNÍ ČÍSLICOVÉ ŘÍZENÝCH STROJŮ DO TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ KERAMICKÝCH IZOLÁTORŮ	23
3.1. Charakteristika druhů NC systémů	23
3.2. Současná úroveň strojů a technologie používané při obrábění keramických izolátorů	23
3.3. Technologické a ekonomické stácky programového řízení	26
3.4. Technologické možnosti a přednosti NC strojů	27
3.5. Program pro NC stroj na obrábění keramických izolátorů	28
3.5.1. Organizace přípravy programů	28
3.5.2. Příprava programů	29
4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP A PŘÍPRAVA PROGRAMU PRO OBRÁBĚNÍ KERAMICKÝCH IZOLÁTORŮ	31
4.1. Zadávací parametry pro výrobu izolátorů	31
4.2. Popis NC stroje SOT-NC	32
4.2.1. Strojní jednotka SOT-NC	32
4.2.2. Řídicí systém	34

4.2.3.	Ovládací systém	35
4.3.	Výrobní prostředky a technologické podmínky	36
4.4.	Příprava programu pro izolátor FNS 110	37
5.	NÁVRH VÝMĚNNÉ NÁSTROJOVÉ HLAVY	39
5.1.	Účel zadání a požadavky	39
5.2.	Návrh konstrukce a kontrola hlavních částí	39
5.2.1.	Převodové poměry, kontrola hlavních částí pohybové jednotky	39
5.2.2.	Upínací síly, rozměry upínacích částí	40
5.2.3.	Ozubový převod	43
5.2.4.	Řemenový převod	44
5.3.	Popis nástrojové hlavy a její funkce	47
6.	EKONOMICKÉ ZDŮVODNĚNÍ ZADÁNÍ	49
6.1.	Přínosy z provozu NC techniky při obrábění keramických izolátorů	49
6.2.	Ekonomická rozvaha použité technologie	50
7.	ZÁVĚR	51
8.	SEZNAM LITERATURY	52
	Seznam příloh	53

1. ÚVOD

1.1. Hospodářsko-politický význam zadání

Veškerá strojírenská výroba u nás zaznamenává prudký vzestup a to jak po stránce celkového objemu, tak po stránce kvality a sortimentu výrobků. Po XIV. sjezdu Komunistické strany Československa bylo strojírenství charakterizováno rychlým růstem výroby v rozvojových nosných programech, jak např. číslicově řízených obráběcích strojů, polovodičové slaboproudé elektrotechniky, provozní měřicí a regulační techniky. Ve Směrnici pro hospodářský a sociální rozvoj ČSSR v letech 1976-1980 se znovu zdůrazňuje velká úloha strojírenství jako základ dynamického rozvoje celé československé ekonomiky.

Zvláštní postavení v rozvoji strojírenství mají pak obráběcí a tvářecí stroje.

Úkoly vědeckotechnického rozvoje v oboru obráběcích strojů v 6. pětiletce navazují na pozitivní výsledky dosažené v minulé pětiletce. Zejména se podařilo zvýšit podíl nových výrobků, přičemž jedním z hlavních směrů rozvoje byly číslicově řízené obráběcí stroje. To také odpovídá požadavkům československého národního hospodářství, zvyšování stupně automatizace v oblasti maloseriové až středně sériové výroby převažující v našem strojírenství.

Díky podpoře nejvyšších státních a stranických orgánů se uskutečnil rychlý kvalitativní a kvantitativní skok v rozvoji této progresivní techniky. Dnes se sériově vyrábí v průměru 400 - 500 číslicově řízených strojů ročně což představuje více těchto strojů než kolik se vyrobilo za celé předcházející desetiletí.

Vědeckotechnický rozvoj v oboru obráběcích strojů v 6. pětiletce vyžaduje nejen zvyšování automatizace, ale i zvyšování integrace technologického procesu. V oblasti hromadné a velkoseriové výroby se zvětší požadavky na uplatňování jednoúčelových stavebnicových strojů a zejména automatických výrobních linek. Zvýšení jejich technické úrovně bude směřovat k využití

logických obvodů výpočetní techniky jak pro řízení linek, tak i pro diagnostiku závad. Poznatky a osvědčené principy z konstrukce číslicově řízených strojů budou muset konstruktéři využít ke zvýšení stupně automatizace a mechanizace.

Nejzávažnějším problémem, na který se výzkumová a vývojová základra v současné době zaměřuje, je integrace výrobního procesu v oblasti malosériové a středně sériové výroby. Ukazuje se, že individuální nasazení číslicově řízených obráběcích strojů bez automatizace dalších obslužných prací je ekonomické pouze ve výrobě náhradních dílů ve speciální výrobě složitých součástí, v opravárenských provozech, v nářadovněch a pod. Číslicově řízené obráběcí stroje v běžné sériové výrobě je nutné nasazovat ve skupinách, které umožňují vícestrojovou obsluhu a v další etapě i návaznost na dopravní a manipulační systém. S ohledem na tyto požadavky se již koncem 5. pětiletky přikročilo ke konstrukci číslicově řízených strojů odpovídajících požadavkům pro jejich optimální nasazení do soustav nazvaných " Pružné výrobní systémy ".

Jedním z hlavních směrů rozvoje československého strojírenství je výrobková, uzlová a součástková specializace a koncentrace výroby. Za účelem dosažení ekonomického efektu je nutné již v konstrukci uplatňovat maximální typizaci, unifikaci a normalizaci součástí a zejména stavebnicové řešení uzlů.

Uvedené progresivní směry budou vyžadovat výkonné stroje a nejprogresivnější technologie, přechod od výroby univerzálních strojů k výrobě automatických technologických linek s využitím číslicové techniky. Vznikají požadavky i na nástroje o vysoké pevnosti, houževnatosti a životnosti.

Uvedené hlavní směry vědeckotechnického pokroku obráběcích strojů se vyznačují značnou progresivností, výrazně ovlivňují růst produktivity práce ve strojírenství i v dalších odvětvích národního hospodářství, a proto je na jejich rozvoj ve Směrnici pro hospodářský a sociální rozvoj ČSSR v letech 1976 - 1980 kladen zvláštní důraz.

1.2. Zavedení NC systému do oboru obrábění vn a vvn izolátorů.

Dosavadní výroba keramických izolátorů vn a vvn v ČSSR dosáhla mechanizací a specializací jednoúčelových strojů vrchołu svých možností. Podíl ruční práce při obrábění se zmenšil zavedením mechanicky a hydraulicky ovládaných kopírovacích strojů.

Současný stav výroby je charakterizován obráběním podle ocelové šablony tvarovými noži na kopírkách, popřípadě použitím profilových nožů. Při obou způsobech obrábění je nutno po vlastním obrábění ručně začišťovat povrch. Při výrobě těchto izolátorů dochází ke zmetkovitosti vlivem rozptylu smrštnění hmoty a chybami zavedenými do pracovních operací vlivem lidského činitele.

Těžkopádná a dlouhá příprava výroby, výroba šablon, profilových nožů a seřizování nože snižují produktivitu práce. Rozvoj číslicově řízených obráběcích strojů umožňuje odstranění některých nesnází dosavadní technologie a podstatné zvýšení produktivity v tomto oboru stejně jako tomu je v ostatních oborech československého strojírenství. Vývoj číslicově řízených strojů na obrábění keramiky řeší Výzkumný ústav elektrotechnické keramiky Hradec Králové v rámci dlouhodobého programu komplexní socialistické racionalizace n.p. Elektroporcelán Louny.

Zavedení nové technologie napomůže ke zvýšení technické úrovně výroby a kladně ovlivní ekonomické přínosy výrobce izolátorů. Tyto výsledky se jistě pozitivně projeví v mezinárodní dělbě práce a především v zemích RVHP.

2. OBŘÁBĚNÍ KERAMICKÝCH HMOT SOUSTRUŽENÍM

2.1. Úvod do obrábění izostaticky lisovaných hmot

Obrábění je technologický pochod, kterým vytváříme požadovaný geometrický tvar součásti v předepsaných rozměrech a požadované jakosti obrobené plochy. Proces obrábění podléhá určité zákonitosti a na jeho průběh má vliv velký počet různých činitelů. Jsou to především vlastnosti obráběného materiálu, druh materiálu obráběcího nástroje a druh výrobní metody. Některé činitele jsou určeny, jiné lze volit. Všechny tyto činitele je nutno znát, aby bylo možno navrhnout novou technologii.

Obrábění keramických hmot je značně odlišné proti obrábění kovů. S obráběním keramických materiálů jsou spojeny značné problémy. Mnohé výrobky však mají tak složitý tvar, že je možné zhotovit je jen obráběním. K této skupině výrobků patří i vn a vvn izolátory.

Technologie obrábění keramických materiálů se dělí na dvě základní skupiny - obrábění keramických materiálů před konečným výpalem a obrábění vypálených keramických součástí. Rozhodujícím mezníkem je výpal, při kterém ve střepu probíhají fyzikálně-chemické pochody, jejichž výsledkem je střep konečných fyzikálních i chemických vlastností. Z nich značná tvrdost, křehkost a vysoká abrazivnost keramického střepu jsou vlastnosti nepříznivé pro obrábění. Proto je snahou keramické technologie provést většinu obráběcích operací před konečným výpalem, stejně jako je tomu v našem případě. Dále se proto v této práci zabýváme jen technologií obrábění keramických hmot před výpalem.

Pro úspěšné obrábění v nevypáleném stavu se musí provést vhodná úprava polotovaru.

Nejjednodušší úpravou je částečné odsušení vlhkosti. Z původního stavu plastického těsta s vlhkostí asi 20 % se polotovar převede do tzv. kožovitého stavu s vlhkostí 13 - 18 %, kdy se přestává vlastní vahou deformovat a je schopen obrábění.

Další zlepšení mechanických vlastností přináší impregnace vysušeného střepu parafinem. Nebudeme se jí zabývat, neboť se v našem případě nepoužívá.

Pro obrábění broušením se polotovar upravuje před běžným výpalem (přežahem) na 800 - 1000 °C. Tato úprava pro nás nepřípadá v úvahu.

Obrábění izostaticky lisované keramiky je v počátcích svého vývoje nejen u nás, ale i v zahraničí. Technologie obrábění keramických suchých hmot není doposud v žádné literatuře komplexně zpracována. Při teoretickém zpracování technologie obrábění keramiky vycházíme z poznatků při obrábění kovů.

2.2. Základní pojmy obrábění

Při obrábění se požadovaný tvar vytváří tím, že břit nástroje vniká do obrobku v rovině řezu. Obrobek a nástroj se přitom pohybují proti sobě určitou rychlostí. Tento pohyb se nazývá řezný pohyb a je výslednicí hlavního pohybu a posuvu. Vedle těchto dvou základních pohybů vykonává nástroj ještě přísuv. Rychlost řezného pohybu nazýváme řeznou rychlostí a vypočítáme ji dle vzorce

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1\ 000} \quad (\text{m/min})$$

D - průměr obrobku (mm)

n - otáčky obrobku (1/min)

Nástroje pro třískové obrábění jsou charakterizovány tvarem, velikostí a počtem břitů. Břit je vytvořen dvěma plochami, čelem a hřbetem.

Geometrie nástroje je určena úhly, které spolu svírají rovina čela s ostatními rovinami. Tyto úhly tvoří komplex tzv. řezných úhlů. Optimální hodnota řezných úhlů je různá.

Důležité jsou tyto úhly:

/ 3 /

- úhel hřbetu α
- úhel čela ϕ
- úhel sklonu břitu λ
- úhel nastavení břitu θ

Při obrábění klade materiál řezný odpor. Síla, kterou působíme na nástroj, je síla řezání F . Prakticky se musí rovnat řeznému odporu. Řezný odpor nebo sílu řezání hodnotíme jejich složkami (vektory), působícími na nástroj a jsou to:

F_v - složka působící ve směru řezného pohybu nástroje, určující velikost kroutícího momentu

F_t - axiální složka působící ve směru posuvu

F_r - je radiální složka působící na osu obrobku

$$F = \sqrt{F_v^2 + F_t^2 + F_r^2} \quad / 3 /$$

Na velikost těchto složek řezné síly má vliv zejména:

- vlastnost obráběného materiálu
- velikost třísky a množství odebíraného materiálu
- geometrie břitu
- řezná rychlost (u keramiky není tak podstatná)
- jakost ostří

Některé tyto charakteristické vlivy byly prověřeny ve vzájemných vazbách. Ve VÚEK byly ve spolupráci VŠST získány vztahy mezi složkami řezné síly a vlivem řezných podmínek jakož i vlivem geometrie břitu.

2.3. Experimentální práce

Pro určení řezných podmínek při soustružení lisované keramiky je třeba znát vztah mezi základními řeznými podmínkami, geometrií nástroje a velikostí složek řezného odporu. Velikost složky F_v je určující pro výkon hnacího motoru vřetene. Tato složka má největší vliv na průběh řezání, neboť obě zbývající složky jsou obvykle menší a nelze tedy předpokládat, že by výrazně ovlivnily průběh obrábění. Složka F_t je určující pro výkon posuvového mechanismu stroje. F_f působí na průhyb obrobku. Sledované závislosti byly nejprve stanoveny na modelech výlisek průměr 100 mm, délky 150 mm z hmoty T 440 a obkládačkové hmoty RK. Ověření výsledků získaných měření na modelech bylo provedeno na skutečném výlisku určeném pro výrobu podpěrného izolátoru o průměru 260 mm a délce 1600 mm z hmoty T 440 H.

2.3.1. Měření na modelech

Ke zkouškám byl použit univerzální soustruh. Výlisek byl upnut na trnu o průměru 35 mm. Jako nástroj byl použit siloměrný držák zkonstruovaný pro mechanicky upínané keramické destičky a osazený tenzometry. Výrobce použitých keramických destiček je VÚEK.

Z výsledků měření na modelech bylo zjištěno, že specifické vlastnosti keramických hmot způsobují, že jejich obrábění má ve srovnání s obráběním kovů zcela jiný charakter. Zjištěné závislosti lze formulovat takto:

a) vliv řezných podmínek na sílu F_v

- malý řezný odpor dovoluje obrábět třískou velkého průřezu
- na velikost složky F_v má největší vliv přísuv " t ", kde s dvojnásobným přísuvem se přibližně dvakrát zvětší síla F_v
- v rozsahu řezných rychlostí 76,9 - 251 m/min. zvyšováním " v " se zmenšuje síla F_v
- v rozsahu použitých posuvů " S " od 0,5 - 1,5 mm/ot. síla F_v vzrůstá jen nepatrně

b) vliv geometrie břitu na F_v

- většímu úhlu čela přísluší menší síla F_v , při úhlu čela $\delta = 9^\circ$ je síla F_v nejmenší
- při úhlu nastavení nože $\alpha = 45^\circ$ je síla F_v nejmenší

2.3.2. Měření na skutečných izolátorech

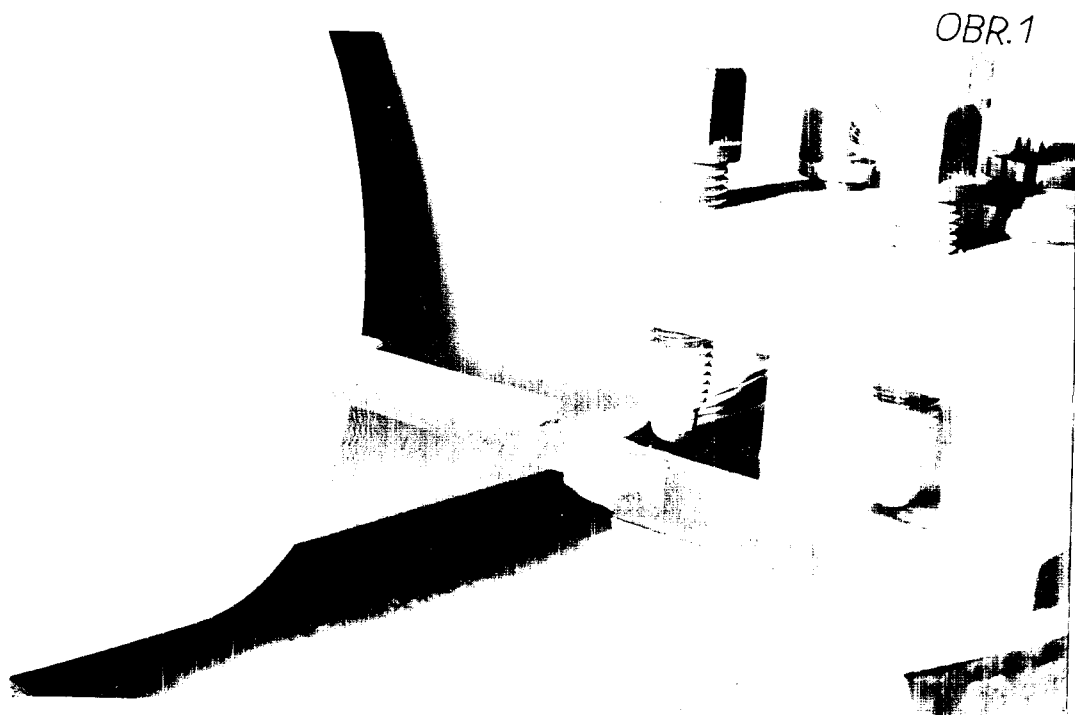
Ověření vlivů řezných podmínek na složky řezné síly F_v , F_t bylo provedeno na skutečných tvarech izolátorů. Výchozí materiál o rozměrech průměr 262 mm a délky 1450 mm byl upnut na horizontálním soustruhu. Řezná rychlost, posuv a přísuv byly voleny s ohledem k porovnání modelového měření.

Řezný nástroj, osazený tenzometrickými snímači, byl zkonstruovaný pro pájené destičky. Břitové destičky byly zhotoveny z mikrozrnného korundu VÚEK. Tenzometrické snímače byly uspořádány pro měření složek řezného odporu F_v , F_t .

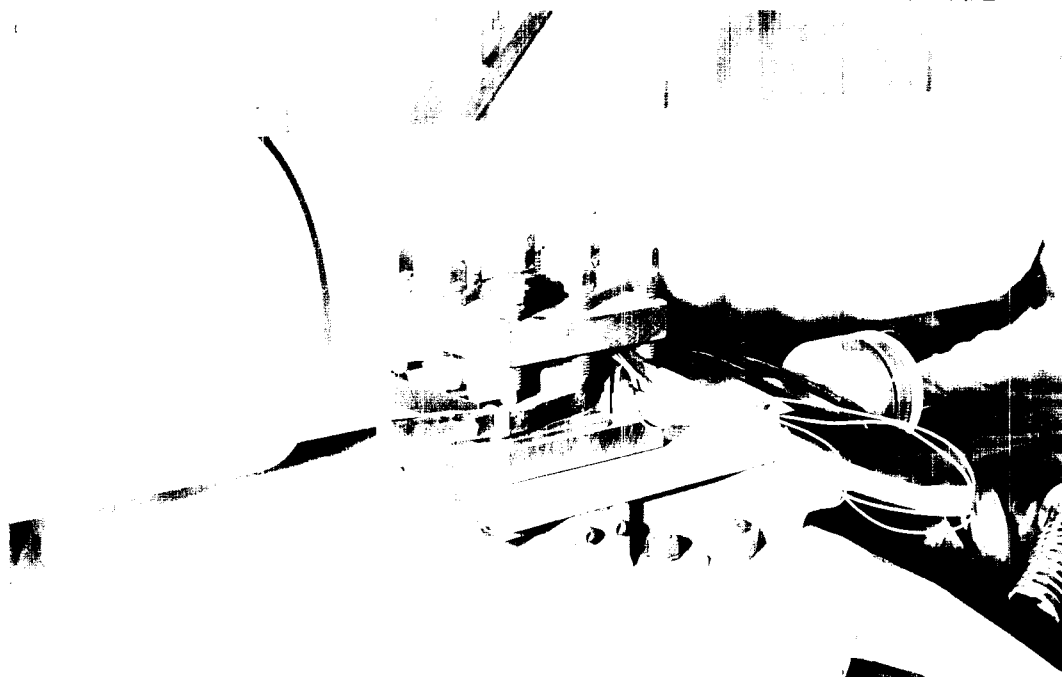
Měřeny byly závislosti složek řezného odporu na velikosti posuvu, F_v , $F_t = f(s)$ (diagram č. 1), řezné rychlosti F_v , $F_t = f(v)$ (diagram č. 2), hloubky řezu F_v , $F_t = f(t)$ (diagram č. 3). Dále byl sledován vliv úhlu nastavení nože na velikost složek řezného odporu $F_v = f(\alpha)$ (diagram č. 4).

Zařízení na záznam složek řezné síly:

Síloměrný držák břitových destiček je osazen čtyřmi měřicími tenzometry. Při měření je držák upnut v nožové hlavě. (Obr. 1, 2)



OBR. 2



Citlivost lze měnit vyložením drážku. Pro registraci malých poměrných změn tenzometrických snímačů byla použita indikační aparatura TUA3, výrobek Mikrotechny Praha. K aparatuře byl připojen ukazovací přístroj UHR3 s rozsahem 5mA/6mV, výrobek Metry Blansko. Cejchování celého zařízení je provedeno pomocí třmenového siloměru s číselníkovým úchylkoměrem. Konstanta: $1 \text{ mm} \hat{=} 125,6 \text{ N}$.

Podélné soustružení

a) Měření závislosti složek řezné síly na posuvu " S "

$$F_v, F_t = f(s)$$

Tab. č. 1

t /mm/	v /m/min/	s /mm/ot/	F_v /N/	F_t /N/
70	91,1	0,1	197,9	241,5
		0,2	239,6	269,9
		0,4	312,5	397,7
15	91,1	0,1	83,3	71,4
		0,2	92,6	73,7
		0,4 +	115,7	55,8
		0,8	157,4	87,0

+ Pozn.: nekmitá

b) Měření závislosti složek řezné síly na řezné rychlosti " v "

$$F_v, F_t = f(v)$$

Tab. č. 2

s /mm/ot./	t /mm/	v /m/min./	F _v /N/	F _t /N/
0,4	15	51,8	120,4	91,5
		74,0	120,4	89,3
		102,8	120,4	58,0
		147,9	115,7	73,7
		205,5	115,7	67,0

c) Měření závislosti složek řezné síly na přísuvu " t "

$$F_v, F_t = f(t)$$

Tab. č. 3

v /M/min/	s /mm/ot/	t /mm/	F _v /N/	F _t /N/
91,1	0,1	15	50,9	24,6
		30	102,5	133,9
		45	204,9	273,4
91,1	0,2	15	71,1	31,2
		30	136,7	153,1
		45	235,6	269,9
91,1	0,4	15	129,6	40,2
		30	175,8	229,6
		45	266,4	289,1
91,1	0,8	15	185,2	
		30	293,0	
		45	409,8	

d) Měření závislosti složky řezné síly F_v na úhlu nastavení

$$F_v = f(\alpha)$$

Tab. č. 4

v /m/min/	s/mm/ot/	t /mm/	α / ° /	F _v /N/
91,1	0,4	45	90	266,4
			60	133,2
			45	143,4

Příčné soustružení:

Měření závislosti složky řezné síly F_v na velikosti hloubky řezu " t "

$$F_v = f / t$$

Tab. č. 5

n /1/min/	s /mm/ot/	t /mm/	F_v /N/	
125	0,1	10	101,8	
		20	122,2	
		40	125,0	

Z měření na skutečném izolátoru lze formulovat závislosti takto:

a) vliv řezných podmínek na F_v a F_t

Podélné soustružení

- v mezích volby posuvu mezi 0,1 - 0,8 mm/ot se síla F_v zvětší dvakrát při přísuvu 15 mm, stejný výsledek je při přísuvu 70 mm
- ve stejném rozsahu " s " síla F_t vzroste 1,2 x
- v rozmezí volby přísuvu " t " z 15 na 70 mm vzrůstá síla 2 x
- při posouzení vlivu řezných rychlostí je zřejmé změřením, že zvyšující řezné rychlosti výrazně neovlivňují v měřeném rozsahu složky F_v a F_t
- poměr složek sil F_v a F_t se mění v závislosti na přísuvu " t ". Při přísuvu 15 mm je F_t menší než F_v . Při přísuvu 30, 45 a 70 mm je F_t větší než F_v

Příčné soustružení

- při příčném soustružení v mezích nastavených hodnot " t " se složka sil F_v zvětší o 20 N.

b) vliv geometrie nástroje na složku F_v

- úhlu nastavení nože $\alpha = 60^\circ$ odpovídá nejmenší síla F_v

V rozsahu provedených zkoušek se pohybuje složka F_v od 51 - 410 N při volbě řezných podmínek:

$$v = (51,8 - 205,5) \text{ m/min}$$

$$s = (0,1 - 0,8) \text{ mm/ot}$$

$$t = (10 - 45) \text{ mm}$$

Radiální složka F_r nebyla zatím zjišťována pro náročnost výroby měřících elementů a vzhledem k velikosti řezného odporu při obrábění keramiky. nebylo možné použít stávajících zařízení určených pro měření sil při obrábění kovů.

Stanovení složky F_r by napomohlo ke komplexnímu zpracování teorie obrábění izostaticky lisované keramiky. Pro náš případ lze předpokládat, že velikost složky F_r podstatně neovlivní průběh obrábění.

/ 4 /

2.3.3. Měření závislosti složek řezného odporu na mikrogeometrii bříty

V průběhu obrábění je nástroj vystaven intenzivnímu mechanickému a tepelnému namáhání, které vede po určité době k opotřebení funkčních ploch nástroje. Čelo nástroje je opotřebováno odcházející třískou, hřbet nástroje obrobkem. Opotřebením se mění výchozí tvar bříty - břit nástroje se otupuje.

U obrábění izostaticky lisovaných keramických materiálů, jejichž základní složkou je Al_2O_3 , dochází k mechanickému opotřebení nástroje v důsledku abrazivního otěru, který zde má rozhodující vliv.

Abrazivní otěr je způsobován vydíráním povrchových vrstev řezného materiálu částicemi obráběného materiálu, jejichž tvrdost je rovna (nebo je větší) tvrdosti řezného materiálu. Abrazivní částice mohou být v obráběném materiálu přímo obsaženy nebo mohou při obrábění vznikat.

Brusný účinek abrazivních částic závisí kromě na jejich tvrdosti a množství také na jejich tvaru a velikosti. Čím větší jsou rozměry těchto částic a čím ostřejší hrany mají, tím je jejich abrazivnost větší.

Vzrůst řezné síly při otupení nástroje by mohl mít za následek havárii obrobku a tím vznik zmetku.

Při měření byla zjišťována závislost složek řezné síly F_v a F_t na mikrogeometrii opotřebení bříty a posuvu, kde jsme volili různý poloměr zaoblení bříty a velikost opotřebení a_h resp. fasetky.

Obráběcí podmínky:

řezná rychlost $v = 91,1 \text{ m/min}$
 hloubka řezu $t = 15 \text{ mm}$
 úhel nastavení nože $\alpha = 90^\circ$

$F_v = f(a_h)$

Tab. č. 6

a_h /mm/	s /mm/ot/	F_v /N/
0	0,4	129,6
0,8		157,4
1,4		157,4
zaoblený břit ($r = 0,2 \text{ mm}$)		162

$F_v = f(s)$

Tab. č. 7

a_h /mm/	s /mm/ot/	F_v /N/
2	0,1	88
	0,2	101,8
	0,4	120,4
	0,8	157,4
	1,2	189,8

$F_t, F_v = f(s)$

Tab. č. 8

a_h /mm/	s /mm/ot/	F_v /N/	F_t /N/
zaoblený břit ($r = 0,2 \text{ mm}$)	0,1	97,2	93,7
	0,2	129,6	108,4
	0,4	162,0	131,2
	0,8	222,2	116,7
	1,2	259,3	187,5

2.5. Návrh řezných podmínek a geometrie nástroje
2.5.1. Zásady pro volbu optimálních řezných podmínek

Při volbě řezných podmínek dodržujeme tyto zásady:

- řezné podmínky musí zajistit splnění přesnosti a drsnosti předepsané na výkrese součásti (při obrábění keramiky je to určitá drsnost povrchu, kterou lze glazovat)
- maximální úběr musí být dosažen co nejehospodárněji
- řezné podmínky musí odpovídat velikosti otáček, posuvů a výkonu hnacího motoru obráběcího stroje
- řezné podmínky nastavené na stroji (volíme programem) se musí co nejvíce přiblížit k optimálním řezným podmínkám, které pro každý případ obrábění jsou pouze jedny
- velikost průřezu třísky musí být přiměřená tuhosti technologické soustavy.

Při hrubování volíme hloubku řezu co největší, tj. pokud možno celý přídavek na hrubování na jeden záběr. K rozdělení přídavku přikročíme, není-li tuhost soustavy dostatečná nebo výkon hnacího motoru není postačující (řezný odpor při obrábění izostaticky lisované keramiky je tak malý, že toto nehraje důležitou roli a můžeme tedy ve většině případů volit jeden hrubovací záběr).

Podobně volíme posuv " s " co největší, pokud to tuhost soustavy nebo výkon stroje dovolí. V případě obrábění keramiky jsme při volbě posuvu omezeni vlivem posuvu na kvalitu povrchu.

Omezení volby řezných podmínek obráběcím strojem při obrábění keramiky není rozhodující.

Nástroj omezuje řezné podmínky takto:

- maximální řezný odpor nesmí překročit hodnotu danou pevností řezného břitu a pevností nástrojového držáku, dále tuhostí nástrojového držáku pro nebezpečí chvění. Toto omezení se týká především hloubky řezu a posuvu (velikost řezného odporu při obrábění keramiky nebude rozhodující; rozhodující pro konstrukci držáku bude chvění).
- skutečná řezná rychlost nesmí překročit optimální řeznou rychlost stanovenou pro daný druh nástroje a ostatní pracovní podmínky.

Obrobek a jeho upnutí omezují řezné podmínky takto:

- řezný odpor nesmí přesahovat takovou hodnotu, která by vedla k překročení dovolené rozměrové a tvarové přesnosti se zřetelem na poddajnost obrobku
- řezné podmínky nesmějí vyvolat chvění obrobku nebo jeho částí
- řezné podmínky musí dávat záruku na dosažení předepsané drsnosti, rozměrové a tvarové přesnosti.

Způsob upnutí obrobku omezuje řezné podmínky takto:

- řezné podmínky nesmějí vést k uvolňování upnutí obrobku
- řezné podmínky nesmějí vyžadovat velké síly k upínání obrobku, aby nedocházelo k deformaci obrobku, a tím k porušení rozměrové a tvarové přesnosti obrobku (v našem případě obrábění keramiky by velké upínací síly mohly způsobit znehodnocení polotovaru).

Vliv řezné geometrie břitu na řezný výkon

Vliv jednotlivých úhlů řezné geometrie břitu na řezný výkon vyplývá ze závislosti trvanlivosti na těchto parametrech. Kozhoduující vliv na řezný výkon má úhel nastavení α . Čím je menší úhel nastavení α , tím je menší intenzita opotřebení, a proto při malých úhlech α je možno volit v_{opt} větší. Tento poznatek se budeme snažit využít především při hrubování, je však třeba sledovat vliv úhlu nastavení α na chvění.

2.5.2. Volba řezných podmínek a geometrie nástroje pro obrábění izostaticky lisované keramiky

Obráběcí podmínky jsou ovlivňovány mnoha faktory. V předchozích kapitolách jsou shrnuty dosavadní poznatky a měření v oboru suchého obrábění keramiky, ze kterých bylo vycházeno pro volbu řezných podmínek a s ohledem na konstrukci nástrojové hlavy.

Ovlivňujícím parametrem pro návrh řezných podmínek je při suchém obrábění keramiky potřebné množství hmoty odebrané z vylisku. Při tvarování je možný úběr materiálu jedním nástrojem při volbě konstantní řezné rychlosti. Při hrubování je možný úběr více nástroji při proměnné řezné rychlosti v mezích 60 - 250 m/min.

Z provedených měření byl vybrán rozsah hodnot základních řezných podmínek a geometrie nástroje vhodných pro suché obrábění keramických materiálů:

řezná rychlost	$v = 50 - 260 \text{ m/min}$
posuv	$s = 0,085 - 1,0 \text{ mm/ot}$
hloubka řezu	$t = 3 - 70 \text{ mm}$
úhel čela	$\gamma = 0 - 10^\circ$
úhel hřbetu	$\omega = 4 - 15^\circ$
úhel nastavení	$\varphi = 0 - 90^\circ$

Jak vyplývá ze závěrů měření řezných sil (kapitola 2.3.), je možno odebrat materiál třískou velkého průřezu, přičemž lze využívat hodnot hloubky řezu " t " do 70 mm a posuvu " s " do 1 mm/ot. Složky řezného odporu při podmínkách prováděných zkoušek nedosahují extrémních hodnot, které by mohly narušit výrobek, přičemž je povrch výrobku i spojení s glazurou dostatečně kvalitní.

- Z výsledků měření je možno navrhnout tvar a geometrii nástroje takto:
- pro operaci hrubování bude vhodný nástroj s obdélníkovou břitovou destičkou, která bude mít úhel čela $\gamma = 0^\circ$, úhel hřbetu $\omega = 15^\circ$ a úhel nastavení $\varphi = (60 - 90)^\circ$.
 - pro operaci tvarování bude vhodný nástroj s kruhovou břitovou destičkou s úhly stejnými jako pro operaci hrubování. Úhel nastavení φ můžeme volit libovolně.

Rozměry destiček se volí s ohledem na tvar stříšky a velikost izolátoru.

Jako řezný materiál byl zvolen na základě předešlého výzkumu mikrokorund VÚEK, který se jevil nejodolnější proti opotřebení. Tento materiál je ekonomicky výhodný, neboť výrobcem je řešitel VÚEK.

3. ZAVÁDĚNÍ ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH STROJŮ DO TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ KERAMICKÝCH IZOLÁTORŮ

3.1. Charakteristika druhů NC systémů

Základními druhy NC systémů jsou přetržité řízení, řízení obecných cyklů a v poslední době i adaptivní řídicí systémy.

Při přetržitém řízení jsou pohyby v jednotlivých souřadnicích bez funkční vzájemné závislosti a probíhají nezávisle na sobě. Při nastavování souřadnic jde o přesné a časově rychlé nastavení pohyblivých částí stroje vůči nepohyblivým. U řízení pravoúhlých cyklů lze mimo nastavování souřadnic řídit pohyb ve směrech rovnoběžných se směry souřadnicových os mezi dvěma definovanými body.

Řízení obecných cyklů umožňuje jak nastavování souřadnic a řízení pohybu ve směrech souřadnicových os, tak i řízení pohybu po přímkových úsecích šikmo položených k souřadnicovým osám nebo po křivkových úsecích. Řízení dráhy v každé souřadnici musí být vázáno s řízením rychlosti pohybu.

Současným vrcholem v řízení NC výrobní techniky je vývoj adaptivního řídicího systému. Cílem tohoto systému je snížení hlavního času při obrábění. Vývoj v oblasti techniky číslicového řízení směřuje k přímému řízení výrobní techniky počítačem, a to ve dvou obměnách:

- nasazením řídicích počítačů, které přebírají současně přímé číslicové řízení více strojů (DNC)
- použitím minipočítačů pro řízení jednotlivých strojů (CNC).

Vývojová stadia NC řídicích systémů prodělávají změny podle vývoje součástkové základny. V současné době je možno rozlišovat čtyři generace NC systémů.

3.2. Současná úroveň strojů a technologie používané při obrábění keramických izolátorů

Vnější tvar většiny výrobků pro izolaci vn a vvn je komplikovaný a tvaruje se třískovým obráběním polosuchých (kožených) popřípadě suchých polo-

tovarů. Nemůže-li se požadovaný tvar vyrábět z jednoho kusu, vyrobí se díly a ty se spojují lepením za syrova. Výroba dílů a jejich garnýrování je typicky těžká ruční práce, při které je třeba navíc sádrové formy.

Výrobky válcového, popřípadě kuželového tvaru se obrábí z předsušeného výlisku hmoty o vlhkosti 18 - 20 % na soustruzích, kopírkách a jiných jednoúčelových strojích a to nožem, řezným očkem nebo řeznou šablonou. Tvar izolátoru je tvářen jednotlivě podle výkresu nebo podle kovové tvarové šablony, popřípadě soustavou otočných tvarových nožů. Vzniklý odpad hmoty se zpracovává novým rozplavením a přidává se k umletému kalu čerstvé hmoty. / 5 /

Výrobce izolátorů vn a vvn je n.p. Elektroporcelán Louny. Skladba tvářecích strojů v EPL je rozličná. Nejčastěji se používají ručně ovládané kopírky se šablonou. Sledovacím zařízením se šablona objíždí a nůž vyřezává ze svislého otáčejícího se výlisku tvar izolátoru. Některé stroje jsou zdokonaleny zavedením hydraulického ovládání. Jsou to poloautomaty, kde vedení vodícího zařízení nože přebírá hydraulický pohon. Na těchto strojích se vyrábějí izolátory tyčové s plným dříkem a duté s malým vnitřním průměrem. Velké plášťové izolátory se většinou obrábějí na mnohořezkách. Výlisek je uložen na trnu v horizontální poloze a sérií profilových nožů se vytváří tvar syrového izolátoru. Průchodky se většinou obrábějí ručně v horizontální poloze. Pro výrobu malých podpěrných izolátorů a malých tyčových izolátorů se v současné době používá karuselů, které mají několik pracovních poloh a v každé poloze se provede profilovým nožem jedna z operací. Dalším natočením otočné desky se postupně vytváří celý tvar izolátoru.

Ve světovém měřítku jsou hlavními výrobci keramických strojů firmy z NSR "Netzch" a "Zeidler". Vyrábějí kopírovací stroje, které obrábějí izolátory všech druhů. Tyto stroje mají optické řízení pomocí optických sledovačů tvarů izolátorů. Tyto stroje odstraňují potřebu zvláštních profilových ocelí. Fotoskopem se sleduje černobílý náčrt izolátoru ve skutečné velikosti a vytváří se tvar izolátoru nožem z předsušeného výlisku. Optické řízení bylo prvním směrem v automatizaci tohoto druhu výroby.

S rozvojem výpočetní techniky se nabídla možnost řízení přes počítač děrnou páskou. Stroje tohoto druhu vyvinula anglická firma "Axiturn". Jsou plně automatické a jejich úkony jsou řízeny páskou, kde jsou uloženy informace o postupu operací. Jde o svislý soustruh. Osmipolohová hlava suportu se pohybuje na příčné nebo vodorovné dráze a je možné do ní upnout všechny použité nože pro obrábění izolátoru.

Izolátor se obrábí posouváním hlavy suportu ve svislé a vodorovné rovině pomocí řídicího počítače, kde děrná páska slouží jako řídicí paměť instrukcí pro pohyb nožů. Na pásce jsou naprogramovány i automaticky rychlosti pro svislé i vodorovné pohyby spolu s otáčením ložné desky tak, aby se vytvořily optimální podmínky pro obrábění. Když je výrobní cyklus ukončen, ložná deska se automaticky otočí o 180° a tím se nový výlisek dostane do pracovní polohy. Ze stávající polohy lze hotový izolátor sundat, zatím co se nový izolátor obrábí. Další výrobek se připraví pro obrábění. Touto úpravou lze využít obráběcí doby pro obsluhu dalších strojů a tím zavést vícestrojovou obsluhu. Stroj dosahuje vysoké produktivity, ušetří lidskou obsluhu, vyloučí potřebu šablon, není třeba konečná úprava povrchu. Změna tvaru izolátoru se provede výměnou děrné pásky.

Tyto dva druhy zařízení jsou v současné době světovou špičkou v obrábění keramických izolátorů.

Shrnutím poznatků o světové produkci strojů na obrábění keramiky byl ve VÚEK Hradec Králové v letech 1972 - 1973 vyvinut prototyp číslicově řízeného stroje na mokré obrábění keramiky M01-NC. Za základ při konstrukci tohoto stroje byla použita kopírka z NDR K/KM 25, která byla doplněna řídicím systémem ŠKODA RMG 409 a byla provedena adaptace pohonů. V roce 1974 byl tento prototyp zaveden do výroby. V současné době VÚEK dokončuje prototyp číslicově řízeného stroje na suché obrábění keramických izolátorů S01-NC, který bude zaveden do výroby v letošním roce. Ze zkušeností z konstrukce obou těchto prototypů (M01-NC a S01-NC) vychází nová koncepce NC stroje na mokré obrábění M02-NC, jehož vývoj je v současné době ukončen a řešitel VÚEK zahájí stavbu prototypu.

1.3.

Technologické a ekonomické otázky programového řízení

Řídicí systémy pro NC stroje se dělí dle toho, zda se jedná o souvislé řízení nebo řízení v pravoúhlých cyklech, tj. po přímkách (kapitola 3.1.). Pravoúhlý řídicí systém se pro obrábění izolátorů nehodí, proto se dále zabýváme jen souvislým řízením.

Nejčastěji používané systémy souvislého řízení jsou interpolátory nebo průmyslové magnetofony. V začátcích souvislého řízení se nejčastěji používal systém s magnetofonovou páskou, po zdokonalení počítačů se rozšířil systém s děrnou páskou. Dnes se však v některých případech volí magnetofonový záznam, neboť tento systém je lacinější proti počítači.

Základní hlediska pro volbu mezi magnetofonem a interpolátorem:

- složitost obrobku a jeho velikost (délka záznamu, počet souřadnic)
- složitost zařízení (cena a poruchovost)
- počet NC strojů (možnost společného programovacího střediska)
- provozní náklady strojů a vybavenost údržby (jednodušší je magnetofon).

Z těchto hledisek je vidět, že pro obrábění izolátorů je výhodné řízení magnetofonem.

Důležitým technologicko-ekonomickým pohledem při zavedení programového řízení je výběr součástí z hlediska vhodnosti použití číslicového řízení. Součástí se vybírají dle charakteristických znaků a jsou to především obrobky, u kterých:

- jsou různě tvarově složité plochy (izolátor je typicky tvarově složitá součást)
- je možné při jednom upnutí obrobit několik ploch (v případě obrábění izolátorů je to celý izolátor)
- nelze provádět obrábění jiným způsobem s požadovanou přesností tvaru
- je dosaženo zkrácení výrobních časů
- je zaručena úspora speciálních a tvarových nástrojů
- se jedná o prototypové série a výrobu náhradních dílů.

Splňuje-li obrobek alespoň jeden z uvedených znaků, lze ho považovat za vhodný pro obrábění s použitím NC stroje. Z tohoto hlediska lze izolátor považovat za součást vhodnou k obrábění na NC technice.

Zavedení NC strojů do provozu znamená změnu v organizaci průběhu výroby od konstrukce až po výstupní kontrolu.

Příprava výroby pro NC stroj je jednodušší o konstrukci složitých přípravků, šablon atd. což má ekonomický dopad u malých a prototypových sérií, při kusové výrobě a výrobě náhradních dílů. Zvýšené nároky jsou kladeny na technologa. Je třeba se seznámit s metodou programování, stanovit přesně optimální řezné podmínky, které budou naprogramovány. Správnou přípravou programu lze příznivě ovlivnit mechanické vlastnosti stroje (netuhosti atd.).

3.4. Technologické možnosti a přednosti NC strojů

Principiální a hlavní zvláštnosti obráběcích strojů s programovým řízením je nepřítomnost hmotných nositelů rozměrů jako u tradičních automatických systémů (nárazky, vačky, šablony apod.). Tyto většinou omezují pracovní možnosti obráběcího stroje. Automaty tohoto druhu nejsou operativní a zároveň vyžadují náročnější přípravu výroby (výroba šablon, přípravků apod).

Obráběcí stroje s programovým řízením mají prakticky neomezené pracovní možnosti při zachování předepsané přesnosti. Tato skutečnost nabízí nové technologické možnosti.

Přednosti strojů s číslicovým řízením:

- koncentrace obrábění s malou zmetkovitostí, automatizace výměny nástroje, rychlost a přesnost nastavování, spojení obrábění povrchů s křivkovými a přímkovými tvary
- automatizace pomocných prací
- optimalizace režimů řezání, dosahuje se použitím vypočtených podmínek řezání přesně daných programem, bez vlivu dělníka (možnost plynulé změny otáček)
- minimalizace pracovních a vedlejších časů
- možnost vícestrojové obsluhy
- rychlá změna výroby při zavedení nové součásti
- snadnější kontrola
- snížení kvalifikace obsluhujících dělníků

- snížení fyzické námahy obsluhy
- zvýšená bezpečnost práce a hygiena.

Důležitou technologickou předností některých strojů s číslicovým řízením je možnost pracovat v nepřetržitém automatickém procesu s použitím několika automaticky vyměnitelných nástrojů. Při práci s jedním nástrojem se snižuje efektivnost výroby, proto se v současné době zavádějí téměř výhradně stroje s automatickou výměnou nástroje dle programu.

3.5. Program pro NC stroj na obrábění keramických izolátorů

3.5.1. Organizace přípravy programů

V současné době se k přípravě programů pro souvislé číslicové řídicí systémy téměř ve všech případech používá univerzálních počítačů, které umožňují tzv. " automatické programování ". Technologické oddělení doplní výkres o potřebné technologické údaje a v případě potřeby navrhne vhodné přípravky. Takto připravenou úlohu zpracuje programovací středisko do tvaru (jazyka) zpracovatelného univerzálním počítačem. Vstupní údaje pro tento počítač jsou obvykle zadávány prostřednictvím děrné pásky.

Výstupem z univerzálního počítače je děrná páska, ze které se v programovacím středisku pomocí řídicího počítače a záznamového zařízení zhotoví magnetofonový pásek, který je po překontrolování nositelem vstupní informace pro řídicí systém pracovního stroje, vybaveného řídicím magnetofonem. Řídicí počítač je možné v tomto případě využít pro přípravu programů k většímu počtu obráběcích strojů. Řídicí systém stroje se tím podstatně zjednoduší.

Programovací středisko, kromě vlastní činnosti programátorské, kontroluje zpracování programu, případně provádí záznam programů na magnetofonový pásek a kontrolu provedených záznamů, provádí další pomocné práce a to archivaci programů, distribuci děrných a magnetofonových pásek se zaznamenanými programy a podobně. Pro ekonomickou práci řídicího střediska se doporučuje, aby středisko mělo toto technické zařízení:

- zařízení umožňující generovat na základě vstupní informace, zaznamenané např. na děrném pásku, úplný řídicí signál pro pohyb buď po přímkovém

úseku nebo pro pohyb po křivce druhého stupně tzv. lineární nebo kvadratické interpolátory

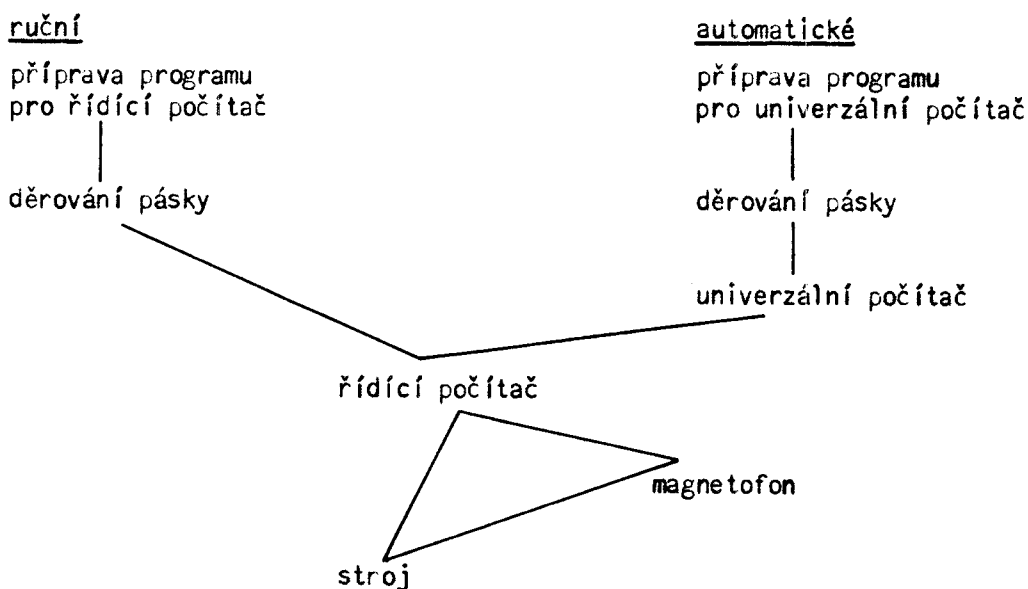
- zařízení umožňující provádět záznam číslicové řídicí informace, přiváděné z řídicího počítače na magnetofonový pásek - tzv. záznamové zařízení
- zařízení umožňující provádět kontrolu řídicí informace zaznamenané buď na děrném nebo magnetofonovém pásku - kontrolní zařízení.

Z nezbytných pomocných zařízení se doporučuje, aby programovací střediska byla vybavena elektrickým psacím strojem vybaveným čtečkou a děrovačem děrné pásky, elektrickými kalkulačkami, zařízení na převíjení děrné případně magnetofonové pásky apod..

K přímému řízení obráběcího stroje se používá buď lineární interpolátor NLI 3 (již se nevyrábí), případně nový kvadratický interpolátor DAPOS vyráběný v ZPA Nový Bor.

3.5.2. Příprava programů

Při použití NC strojů se příprava výroby od zadání výkresu k vlastnímu výrobku podstatně zkracuje. Příprava programů spočívá v použití obecně platných postupů (algoritmů), které jsou sestaveny v určitém jazyce počítače. Program, který sestavuje programátor, může být určen pro univerzální počítač nebo pro počítač řídicí. Dle těchto hledisek se programování dělí na automatické a ruční. Průběh přípravy programů je uveden na schematu.



Ruční programování je podmíněno znalostmi analytické geometrie, které jsou potřebné pro konstrukci ekvidistanty. Pro tento způsob programování je nutné:

- k úsekům obrysu sestavit ekvidistantu
- zajistit vhodné napojení oblouků ekvidistanty
- nahradit čáru určitými křivkami respektive úsečkami podle typu interpolátoru
- vypočítat přírůstky

K ručnímu programování je obvykle třeba specialistu programátora.

Pro lineární interpolátor se sestavuje vstupní program v tomto pořadí:

- 1) zvolí se počátek souřadnicových os
- 2) respektuje se průměr nástroje, program se sestavuje pro dráhu středu nástroje, do výkresu se zakreslí ekvidistanta odpovídající poloměru nástroje
- 3) na výkresu se označí body změn směru obrysu obrobku se stanovením jejich souřadnic
- 4) pro přímkové části obrysu se určí přírůstky x a y odečtením souřadnic koncových bodů.

Produktivnější příprava programů, hlavně pro výrobky se složitým tvarem, se provádí automaticky pomocí univerzálního počítače.

V ČSSR nejobvykleji používaný programovací jazyk JAPO, pro počítač Elliot, obsahuje dvě části - základní a řídící instrukce. Programovací jazyk JAPO je poměrně jednoduchý a dobře se hodí pro programování tvarů keramických izolátorů.

4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP A PŘÍPRAVA PROGRAMU PRO OBRÁBĚNÍ KERAMICKÝCH IZOLÁTORŮ

4.1. Zadávací parametry pro výrobu izolátorů

Podstatnou částí technologického chodu výroby izolátorů je proces suchého obrábění s využitím NC stroje.

Výchozím parametrem pro stanovení řezných podmínek je množství odebraného materiálu z obráběného polotovaru (kapitola 2.5.2.). Výroba podpěrných izolátorů je z hmot o vyšším obsahu Al_2O_3 . Složení těchto izolátorových hmot bylo respektováno v základním výzkumu.

Dle konstrukčního provedení podpěrného izolátoru FNS 110 je třeba z polotovaru (hublu) odebrat 240 kg hmoty. Ze zadané výrobní kapacity zařízení vyplývá, že doba opracování jednoho kusu tohoto izolátoru trvá 42 minuty.

/ 4 /

Rychlost odběru hmoty je tedy 5,7 kg/min. Pro časové vyvážení operace hrubování a tvarování je nutno celkové množství odebraného materiálu rozdělit na operaci hrubování $Q_{hr} = 4,3$ kg/min a do operace tvarování $Q_{tv} = 1,4$ kg/min.

Z tohoto důvodu lze navrhnout tyto obráběcí podmínky:

Operace hrubování

$Q = 4,3$ kg/min.

Při konstantních otáčkách $n = 300 \frac{1}{min}$ lze zvolit obrábění jedním nástrojem.

při $t = 15$ mm	bude $s = 0,7$ mm/ot
$t = 30$ mm	$s = 0,35$ "
$t = 45$ mm	$s = 0,23$ "
$t = 60$ mm	$s = 0,175$ "

Operace tvarování

$Q = 1,4$ kg/min.

Při plynulé změně otáček od 176 do $530 \frac{1}{min}$ v závislosti na průměru obrobku při konstantní řezné rychlosti $v = 160$ m/min můžeme volit obrábění jedním nástrojem.

Při těchto parametrech dosahuje složka řezného odporu F_v hodnot v rozmezí 100 - 200 N.

Z předchozích úvah (kapitola 2.3.) je patrné, že ostatní složky řezného odporu, které působí na namáhání obrobku jsou menší nebo rovné složce F_v a můžeme tedy navržené řezné podmínky použít.

4.2. Popis NC stroje S01-NC

4.2.1. Strojní jednotka S01-NC

Číslicově řízený stroj S01-NC je určen pro automatické obrábění izolátorů z izostaticky lisované keramiky o vlhkosti 0,5 - 1 % do průměru 350 mm a délky 2100 mm, přičemž délka pojezdu suportu je 1 850 mm. Stroj se skládá ze tří samostatných dílů - vlastní stroj s pohony, řídicí systém ŠKODA RMG 409 a hydraulická jednotka s ovládací skříní VÚEK.

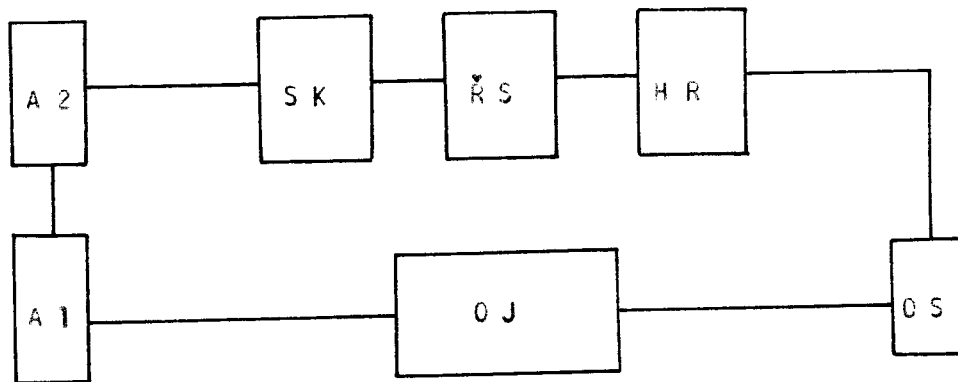
Stroj je řešen jako portálový, třípolohový, svislý soustruh. V jedné poloze se zakládá polotovar a vyjímá hotový výrobek, v další poloze se obrobek hrubuje a ve třetí poloze se dotváří konečný tvar obrobku.

Stroj je řízen NC systémem RMG 409 a pohony vřeten i většina ovládacích prvků jsou hydraulické.

Strojní jednotka sestává z těchto hlavních částí:

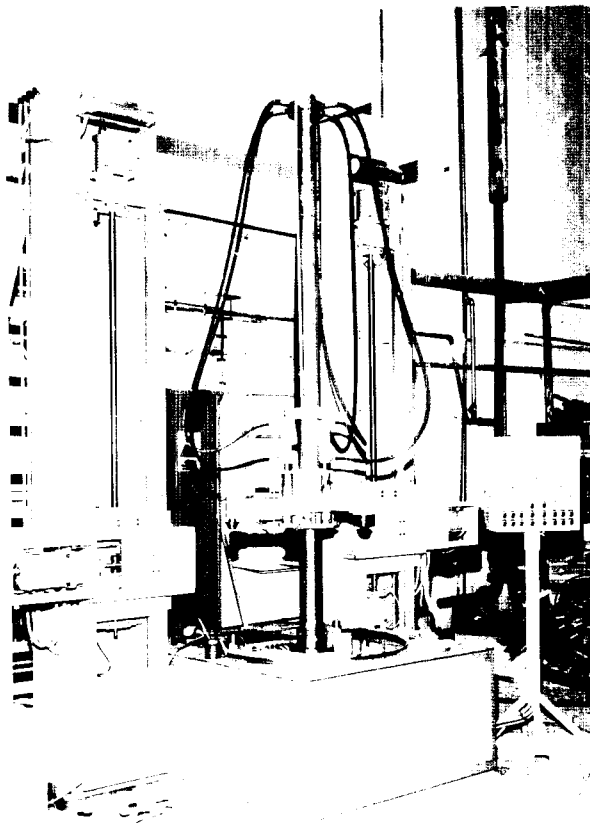
- 1) část pohonů s přetáčením a aretací poloh
- 2) stojany
- 3) suporty s odsávacími kryty
- 4) příčník s rotačním rozvaděčem
- 5) sloup s koníky
- 6) ovládací a jistící skříň
- 7) hydraulické agregáty
- 8) řídicí magnetofony.

Blokové schéma S01-NC



- OJ obráběcí jednotka
ŘS řídicí systém RMG 409 ŠKODA
HR hlavní rozvaděč
SK skříň pro automatiku
OS ovládací skříňka
A1, A2..... hydraulické agregáty

OBR. 3



S01-NC

4.2.2.

Řídicí systém

Řídicí systém RMG 409 je určený k souvislému programovému řízení obráběcích strojů. Umožňuje řídit ze záznamu na magnetofonovém pásku 2 + 2 souřadnice současně, provádět dodatečnou korekci rychlosti v rozsahu minus 30 % ÷ plus 50 % a programově řídit 64 pomocných funkcí.

Řídicí systém, umístěný v samostatné skříni, se skládá z řídicího magnetofonu, obsahujícího vlastní magnetofon a příslušné elektronické obvody na zpracování a vyhodnocení zaznamenané vstupní informace, z výkonových stupňů pro buzení čtyř krokových motorů Z 22 ZZ 128.

Ovládací prvky jsou umístěny jednak na ovládacím panelu skříně řídicího magnetofonu, jednak na panelu ovládací skříně strojní jednotky. Elektronické obvody řídicího systému jsou konstrukčně uspořádány na stavebnicových výměnných jednotkách s tištěnými spoji.

Technické parametry RMG 409 (S01-NC)

napájecí napětí	220 Vef, 50 Hz
příkon	650 VA
počet řízených os	4
pohonné motory	krokové motory s aktivním rotorem Z 22 ZZ 128
krouticí moment motoru	8 - 10 Nm
jmenovitá rychlost magnetofonového pásku	9,5 cm/sec
rozsah korekce rychlosti	- 30 % ÷ + 50 %
délka záznamu	120 minut při jmenovité rychlosti pásku
doba zpětného převíjení	3 minuty
maximální frekvence kroků	500 m/sec
rychloposuv	1 000 m/sec
počet pomocných funkcí	64
rozsah plynulé regulace frekvence kroků	1 - 200 kroků/sec

Záznam řídicí informace na magnetofonový pásek se provádí přes univerzální počítač pomocí vhodného počítače (NLI-3c, DAPOS) a speciálního záznamového zařízení.

4.2.3. Ovládací systém

Elektrické ovládání je řešeno v návaznosti na funkci strojní jednotky, hydraulického ovládání a je vlastně silovým a kontrolním orgánem řídicího systému KNG 409 ŠKODA.

Je řešeno na základě použití stykačů, mnohokontaktních relé a koncových spínačů, s možností řízení ručního a automatického signály pomocných funkcí. Ke kontrolnímu účelu automatického řízení slouží kontrolní smyčka, která zajišťuje kontrolu nad celým programem. Ruční ovládací prvky jsou umístěny na panelu ovládací skříňky. Silové a jistící prvky jsou umístěny v rozvodné a jistící skříni hlavní^{ho} rozváděče. Vlastní prvky automatiky jsou spolu s prvky buzení krokových motorů umístěny ve skříni SK 09. Ovládací napětí je 24 V, 50 Hz nebo ss.

Veškeré funkce jsou vzájemně blokovány a jištěny.

Pro zajištění konstantní řezné rychlosti v tvarovací poloze je užit servopohon s elektronikou ESH 1 ve spojení se snímačem poloos. Pohyb suportů ve všech souřadnicích je sledován snímačem S 700, jehož impulsy jsou registrovány elektromechanickými počítadly, umístěnými na panelu ovládací skříňky stroje. Zde je také umístěna dálková kontrola otáček.

Hydraulický pohon stroje je rozdělen na dvě základní části:

- 1) hydraulické agregáty
- 2) prvky umístěné na strojích.

Hydraulické agregáty s olejovým hospodářstvím, náhradními díly atd. jsou umístěny mimo strojní jednotku. Strojní jednotka je s agregáty spojena ocelovým potrubím příslušné světlosti vedeným spojovacím kanálem.

4.3.

Výrobní prostředky a technologické podmínky

Stroj

Číslicově řízený stroj na suché obrábění keramiky

Typ: S01 - NC

Výrobce: VÚEK Hradec Králové

Řídicí systém: RMG 409 ŠKODA Plzeň

Nástroj

Pro operaci hrubování je použita keramická břitová destička z mikrozrn-
ného korundu VÚEK obdélníkového tvaru (60 x 14 mm).

Pro operaci tvarování je nástroj ze stejného materiálu kruhového tvaru
(průměr 20 mm).

Geometrie nástrojů je uvedena v kapitole 2.5.2.

Obrobek

Podpěrný plnojádrový izolátor (č.v. DP - ST 1180/76 - 02).

Typ: FNS 110

Výr. č.: 47 39

Výrobce: EPL Louny n.p., závod 05 Čab

Polotovár: průměr hublu 280 mm, délka 1800 mm, materiál - izostaticky
lisovaná keramika (provozní hmota č. 14).

Řezné podmínky

Optimální řezná rychlost pro operace hrubování a tvarování je 160 m/min.

Při hrubování jsou použity konstantní otáčky hublu, řezná rychlost se
tedy bude měnit dle obráběného průměru v rozmezí (134 - 188) m/min.

Při konstantní řezné rychlosti $v = 160$ m/min se budou měnit otáčky dle
obráběného průměru v rozmezí $n = (180 - 440)$ 1/min v případě tvarování.

Pro obrábění izolátoru FNS 110 zvolíme tyto posuvy:

hrubování

- | | |
|-----------|--------------------------|
| - průměru | $S1 = 0,6 \text{ mm/ot}$ |
| - podélné | $S2 = 0,3 \text{ mm/ot}$ |
| - příčné | $S3 = 0,1 \text{ mm/ot}$ |

tvarování

- | | |
|-----------|--------------------------|
| - podélné | $S4 = 50 \text{ mm/min}$ |
| - příčné | $S5 = 20 \text{ mm/min}$ |

Posuvy a hloubky třísky jsou voleny s ohledem na potřebný výkon obrábění. V případě plynulé změny otáček při operaci tvarování nejsou posuvy závislé na otáčkách vřetena.

4.4.

Příprava programu pro izolátor FNS 110

Zpracování programů pro S01-NC provádí n.p. ŠKODA Plzeň závod ET, provoz 98 - Výzkum automatizace. Program zpracovává počítač Elliot v jazyce JAPO. Jako podkladový materiál pro vypracování programu slouží výkres izolátoru se zakreslením ekvidistanty, označením bodů změn směru nástroje a uvedením přírůstků v ose "x" a "z" a dále s uvedením řezných podmínek.

Příklad zpracování technologického postupu pro NC stroj S01-NC do formy vhodné k vypracování programu je uveden na výkresu DP - ST 1180/76 - 02. Tvar izolátoru se vytváří pomocí číslicového řízení dle předepsané dráhy nástroje na výkresu.

Naznačená dráha nástroje v případě tvarování platí pro střed kruhové destičky o průměru 20 mm.

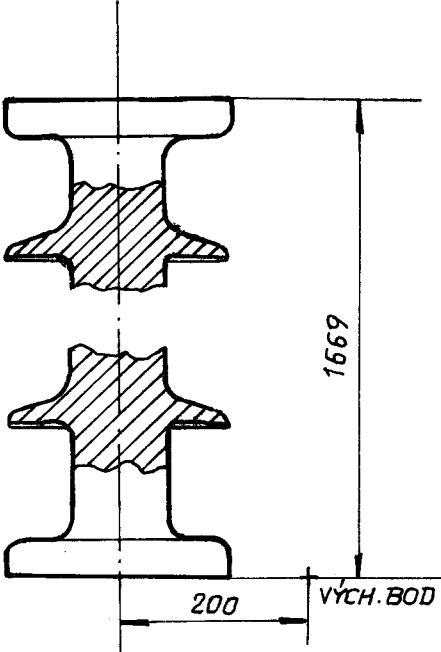
Hrubování

- krčku (body C, D, E, F), posuvy S2, S3
- průměru (body F, G), posuv S1
- krčku (body G, H, I, J), posuvy S2, S3
- stříšek (body L, A, V), posuvy S2, S3

Ivarování

Přesný tvar izolátoru se provede dle naznačené dráhy na výkresu (body A - W), posuvy S4, S5.

Výchozím podkladem pro vypracování programu je programový list.

PROGRAMOVÝ LIST		č. programu	č. pásku C 400
č. objednávky		zak. číslo	
č. výkresu: DP-ST 1180/76-02		název součásti: podpěrný izolátor FNS 110, výr. č. 47 39	
doba cyklu: 38 minut		stroj: S01-NC	
posuv: S4=50 mm/min, S5=20 mm/min		závod/provoz/: VÚEK H.K.	
nástroj: keram. dest. Ø 20 mm		systém: RMG 409	
operace: TVAROVÁNÍ			
Nákres výchozího bodu: RYCHLOST: $v = 160 \text{ m/min}$ 			
Datum: 28. 5. 1976		Podpis /tlf/	

5. NÁVRH VÝMĚNNÉ NÁSTROJOVÉ HLAVY

5.1. Účel zadání a požadavky

V důsledku složitosti tvaru některých typů izolátorů a rozšíření možností stroje obrábět různé typy izolátorů se přistoupilo ke konstrukci výměnné nástrojové hlavy.

Mezi základní požadavky kladené na výměnnou hlavu patří:

- provádět automaticky dle programu výměnu dvou různých břitových destiček
- minimální čas výměny
- snadná seřaditelnost nástrojů
- snadná výměna poškozené břitové destičky popř. držáku
- dodržení podmínek daných konstrukcí stroje
- těsnost proti vnikání prachu vzniklého při suchém obrábění
- jistit celé zařízení proti poškození při poruše.

5.2. Návrh konstrukce a kontrola hlavních částí

5.2.1. Převodové poměry, kontrola hlavních částí pohybové jednotky

Pro pohon celého zařízení byl navržen reverzační komutátorový motorek K2 LL 130 - 8W pro svoje malé rozměry i hmotnost (0,6 kg) a dostatečný krouticí moment. Výstupní otáčky na hřídeli motorku jsou 3 000 1/min. Napájecí napětí je 24 V, výkon 8 W.

Pohybový šroub

Zvolíme rychlost pohybového šroubu $v = 1,8 \text{ m/min.}$ Dle / 9 / je $v_{\text{max}} = 6 \text{ m/min.}$

Aktivní délku šroubu volíme dle požadavku konstrukce $L = 0,08 \text{ m.}$

Z těchto hodnot zjistíme čas potřebný na výměnu " t_v ":

$$t_v = \frac{L}{v} \cdot 60 = 2,7 \text{ s}$$

Navržená rychlost pohybového šroubu je vyhovující, neboť čas výměny při této odpovídá požadavkům na konstrukci.

Pro pohybové šrouby se dnes běžně používá lichoběžníkový závit. / 9 /
V našem případě zvolíme dvouchodý lichoběžníkový závit s jemným stoupáním Tr 12 x 2/2.

Převodové poměry

Otáčky šroubové matice " n_m ":

$$n_m = \frac{v \cdot 1000}{s} = 450 \text{ 1/min}$$

s stoupání závitů / mm /

n počet závitů

t rozteč závitů /mm/

$$s = n \cdot t = 4 \text{ mm}$$

Celkový převod " i_c ":

$$i_c = \frac{n}{n_m} = 6,66$$

n otáčky motorku / 1/min /

$$i_c = i_{1,2} \cdot i_{2,3} = 6,66$$

$i_{1,2}$ ozubený převod

$i_{2,3}$ řemenový převod

Převodový poměr ozubeného převodu $i_{1,2}$ volíme $i_{1,2} = 2$, potom:

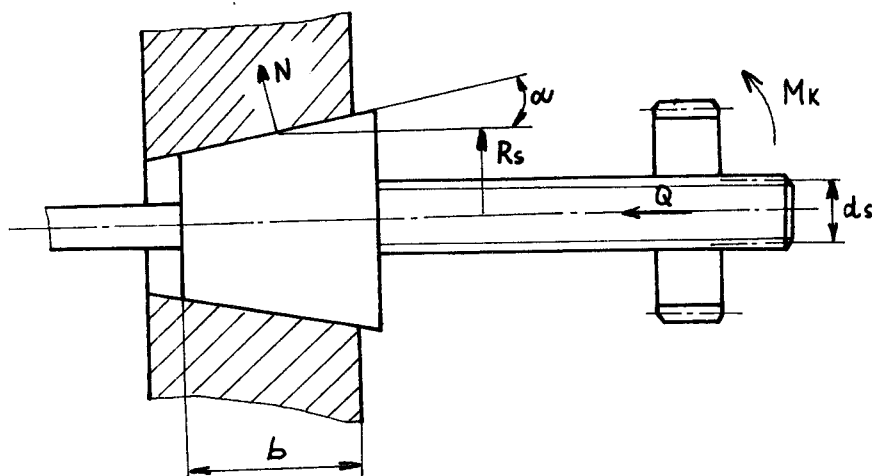
$$i_{2,3} = \frac{i_c}{i_{1,2}} = 3,33$$

Převodový poměr řemenového převodu je $i_{2,3} = 3,33$.

5.2.2.

Upínací síly, rozměry upínacích částí

Pro zachycení části rezného odporu a chvění při obrábění bylo zvoleno kuželové upnutí držáku dle schématu:



Síla vyvozená pohybovým šroubem " Q " :

$$(1) \quad Q = \frac{M_k}{r_s \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \quad /N/$$

/ 10 /

Pro lichoběžníkový závit platí:

$$\operatorname{tg} \varphi = f' = 0,155$$

f' součinitel tření (ocel na bronz)

Pro zachycení řezné síly byl zvolen samosvorný pohybový šroub, pro něhož platí podmínka samosvornosti :

$$f' > \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{\pi \cdot d_s} = 0,116$$

α úhel sklopání šroubovice závitů

d_s střední průměr závitů šroubu
Tr 12 x 2/2 /mm/

Pro navržený pohybový šroub se závitem Tr 12 x 2/2 je podmínka samosvornosti splněna.

Krouticí moment M_k na šroubu :

$$(2) \quad M_k = 9\,740 \cdot \frac{P}{n} \cdot i_c = 0,17 \text{ Nm}$$

P výkon elektromotoru /kW/

Dle (1) je posuvová síla: $Q = 114 \text{ N}$

Krouticí moment " M_{ku} ", který přenesou kuželová upínací část je dle /12/:

$$(3) \quad M_{ku} = f \cdot \pi \cdot D_s \cdot b \cdot p \cdot \frac{D_s}{2} \text{ /Nm/}$$

D_s střední průměr kužele /m/

f součinitel tření

b délka kuželového spojení /m/

p měrný tlak /N · m⁻²/

$$(4) \quad p = \frac{Q}{\pi \cdot D_s \cdot b \cdot \sin \omega} \text{ /Nm}^{-2}\text{/}$$

ω úhel sklonu kuželového spojení

Dle /12/ je $\omega = (5 - 18)^\circ$, volíme $\omega = 12^\circ$.

Střední průměr kuželového spoje volíme vzhledem ke konstrukci $D_s = 52 \text{ mm}$.

Délka kuželového spojení se volí s ohledem na průměr : $b = (0,15 - 0,25) D_s$.

/12/

Volíme $b = 20 \text{ mm}$.

Dosazením vztahu (4) do (3) dostaneme :

$$(5) \quad M_{ku} = \frac{Q}{\sin \omega} \cdot f \cdot \frac{D_s}{2} \text{ /Nm/}$$

f součinitel tření (ferodo na ocel)

$f = 0,3$

Dosazením do (5) dostaneme $M_{ku} = 4,25 \text{ Nm}$.

Vzhledem k předpokládanému krouticímu momentu vyvozenému hlavní složkou řezné síly $M_{ko} = 2,5 \text{ Nm}$ je navržené kuželové spojení vyhovující.

$$M_{ko} = F_v \cdot r = 2,5 \text{ Nm}$$

F_v předpokládaná velikost hlavní složky řezné síly /N/ (2.3.)

r navržený poloměr řezného plátku /m/ (kapitola 2.5.)

Kontrola měrného tlaku kuželového spoje se provede ze vztahu (4) a dostaneme: $p = 1,73 \cdot 10^5 \text{ Nm}^{-2}$.

Dovolený měrný tlak dle /13/ je $p < 3 \cdot 10^5 \text{ Nm}^{-2}$, měrný tlak je tedy v dovolených mezích.

5.2.3. Ozubený převod

Pro ozubený převod volíme soukolí N se šikmými zuby.

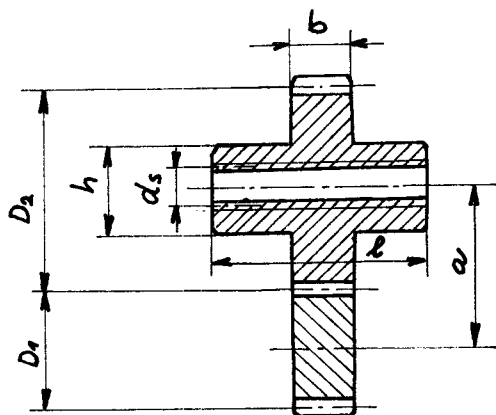
Navržený převodový poměr je $i_{1,2} = 2$.

Dle /14/ volíme : úhel sklonu zubu $\beta = 25^\circ$

úhel sklonu šroubovice $\alpha = 20^\circ$

normální modul $m_n = 2 \text{ mm}$.

Volba hlavních rozměrů



d_s střední průměr závitu Tr 12 x 2/2

D_1 střední průměr pastorku

D_2 střední průměr ozubené matice

h výška ozubené matice

l délka matice

b šířka ozubení

a osová vzdálenost

Délka matice se volí $l = (1,5 - 4) d_s \dots /9/$, s ohledem na konstrukční uspořádání volíme $l = 50 \text{ mm}$.

Výška matice se volí $h \doteq 2 d_s \dots /15/$, vzhledem k navrženým ložiskům volíme $h = 25 \text{ mm}$.

Mezní počet zubů " z_m " pro navržené úhly $\beta = 25^\circ$ a $\alpha = 20^\circ$ je dle /14/ $z_m = 13$.

S ohledem na mezní počet zubů volíme počet zubů pastorku $z_1 = 14$, potom počet zubů ozubené matice:

$$z_2 = z_1 \cdot i_{1,2} = 28$$

Střední průměry:

$$D_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z_1 = 30,8 \text{ mm}$$

$$D_2 = D_1 \cdot i_{1,2} = 30,8 \cdot 2 = 61,6 \text{ mm}$$

Šířku ozubení volíme $b = 10 \text{ mm}$.

Osová vzdálenost :

$$a = \frac{m_n}{2 \cdot \cos \beta} (z_1 + z_2) = 46,3 \text{ mm}$$

Vzhledem k velmi malým silám není třeba pevnostní kontroly ozubení, neboť rozměry ozubení jsou dostatečně velké z konstrukčních důvodů.

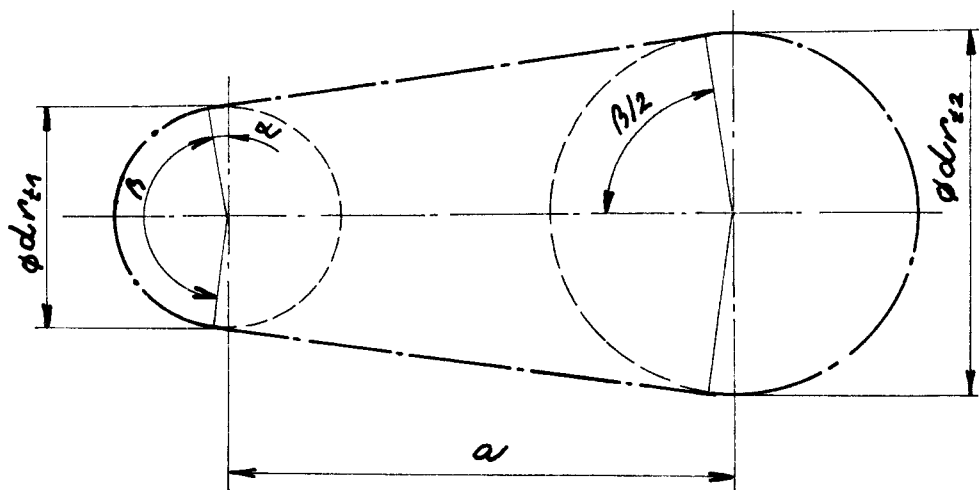
Materiál ozubené matice je bronz (ČSN 42 85 10), materiál pastorku je ocel 11 500.

5.2.4.

Řemenový převod

Pro řemenový převod použijeme progresivního prvku konstrukce strojů - ozubených řemenů, které splňují požadavky na konstrukci. Výrobce těchto řemenů je n.p. Gumárny Zubří, výpočet je proveden dle prospektu tohoto podniku.

Schema ozubeného převodu a použité značky



- L délka řemene
- z_r počet zubů řemene
- t_B rozteč zubů řemene
- b šířka řemene
- m modul
- dr_{t1} průměr roztečné kružnice malé řemenice
- dr_{t2} průměr roztečné kružnice velké řemenice
- δ_d přídavek na průměr
- p specifický tlak na řemen
- S součinitel druhu provozu
- z_z počet zabírajících zubů
- a osová vzdálenost
- h_z výška zubu řemene
- u vzdálenost osy lanka od paty zubu.

Převodový poměr ozubeného převodu je navržen $i_{2,3} = 3,33$.

Všechny rozměry jsou v mm.
Všechny úhly jsou v °.
Všechny hodnoty jsou zaokrouhleny na 3 desetinná místa.
Všechny hodnoty jsou v jednotkách SI.

Volba řemene

Typ řemene volíme podle druhu stroje s přihlédnutím na počet otáček a na přenášený výkon.

Volíme: $t < 10$ mm

průměr lanka 0,3 mm

Volíme řemen typu 272 213 044: délka $L = 315,35$ mm

počet zubů $z_r = 49$

modul $m = 2,0486$ mm

rozteč zubů $t_B = 6,436$ mm.

Počet zubů řemenic:

z_{r1} ... počet zubů malé řemenice, $z_{r1} = 10$

z_{r2} ... počet zubů velké řemenice, $z_{r2} = i_{2,3} \cdot z_{r1} = 33,3$, volíme $z_{r2} = 34$

Osová vzdálenost

$$(6) \quad a = \frac{t_B}{4} \left[\left(z_r - \frac{z_{r1} + z_{r2}}{2} \right) + \sqrt{\left(z_r - \frac{z_{r1} + z_{r2}}{2} \right)^2 - \frac{2}{9} (z_{r2} - z_{r1})^2} \right] = 83,6 \text{ mm}$$

Vypočtená osová vzdálenost $a = 83,6$ mm vyhovuje konstrukčnímu provedení a tedy i navržený řemen.

Šířka řemene

Šířka řemene se vypočte z přípustného specifického tlaku na řemen, při výpočtu se vychází ze zatížení od malé řemenice.

Obvodová síla U je dána vztahem:

$$(7) \quad U = \frac{N \cdot 1,95}{n \cdot d_k} \text{ /kp/} +$$

+ Pozn.: Jednotky jsou použity dle uvedeného prospektu Gumáren Zubří.

N přenesený výkon /W/

n výstupní otáčky motorku /1/min/

d_k průměr řemenice /mm/

$d_k = 20$ mm

Počet zabírajících zubů z_z na malé řemenici se určí:

$$(8) \quad \sin \alpha = \frac{dr_{t2} - dr_{t1}}{2a}$$

$$\beta = 180 - 2\alpha$$

$$z_z = \frac{z_r \cdot \beta}{360}$$

Šířka řemene se určí ze vztahu :

$$(9) \quad b = \frac{100 U}{z_z \cdot p \cdot h_z} \cdot S \text{ /mm/}$$

$$S = S_1 + S_2$$

S_1 součinitel vyjadřující vliv
hnacího stroje

S_2 součinitel vyjadřující vliv
hnaného stroje

Dle vztahu (7) určíme obvodovou sílu $U = 0,27 \text{ (kp)}$.

Počet zabírajících zubů je dle vztahů (8) $z_z = 4,05$.

Počet zabírajících zubů se zaokrouhlí na celé číslo, potom $z_z = 4$.

Šířka řemene dle (9) bude $b = 1,8 \text{ mm}$.

$$p = 8,5 \text{ (kp/cm}^2\text{)} \quad \dots /16/$$

$$s = 2,5 \quad \dots "$$

Šířku řemene zvolíme s ohledem na konstrukční provedení řemenice $b=6 \text{ mm}$.

5.3.

Popis nástrojové hlavy a její funkce

Konstrukční řešení nástrojové hlavy vycházelo z požadavků kladených na celé zařízení tak, aby dobře plnilo svůj účel.

Hlavní části (č.v. DP-ST 1180/76-01)

- 1) Pohybová jednotka (pos. 10, 11, 12, 47)
- 2) Upínací část (pos. 6, 8)
- 3) Vodící část (pos. 7, 16, 17)
- 4) Kryt a těsnění (pos. 1, 21, 22, 23)

Pohybová jednotka

Základem mechanické pohybové jednotky je pohybový šroub (pos. 10) a ozubená matice (pos. 11). Otáčivý pohyb ozubené matice je vyvozen elektromotorem (pos. 47) přes kuličkovou pojistnou spojku (pos. 12, 25, 26). Převod mezi spojkou a elektromotorem je proveden řemenovým převodem.

Každá z obou ozubených matic je uložena na dvou kuličkových ložiskách. Pastorek je proveden jako hnaná část kuličkové spojky.

Upínací část

Upínací část je tvořena tělesem (pos. 6) a dvěma upínacími kuželi (pos. 8). Rozměry upínacích částí jsou voleny s ohledem na chvění vzniklé při obrábění.

Vodící část

Konec pohybového šroubu (pos. 10) je opatřen palcem (pos. 17), který je veden v drážce vodícího tělesa (pos. 7).

Kryt a těsnění

Celé zařízení je v plechovém krytu (pos. 1), který je odklopný. Jako těsnění je použita mechová pryž a pryžová lemovka.

Hlavní části zařízení jsou připevněny na základovou desku (pos. 2), která bude připevněna na tvarovací suport.

Popis funkce a seřízení

Posuvný pohyb nástrojových držáků a jejich vzájemná výměna dle programu je provedena mechanicky pomocí pohybových šroubů a ozubených matic. Pohybové šrouby jsou pevně spojeny s upínacími kuželi, do kterých je zašroubován konec nástrojového držáku. V krajní poloze (pracovní) je nástrojový držák upevněn pomocí kuželového spojení upínacího kužele s tělesem.

Nastavení přesné pracovní polohy držáku umožňuje otočné uložení kužele a pohybového šroubu, které je v nastavené poloze zajištěno mechanicky šroubem.

Pohyb celého zařízení je vyvozen od elektromotoru, který je ovládán a zdvojeně jištěn elektrickým okruhem, jež je propojen s řídicím systémem RMG 409. Mazání ložisek a spojky je provedeno stálou náplní vazelíny.

6.

EKONOMICKÉ ZDUVODNĚNÍ ZADÁNÍ

6.1.

Přínosy z provozu NC techniky při obrábění keramických izolátorů

Hlavním přínosem číslicově řízených strojů je v dlouhodobém výhledu úspora pracovních sil.

Úspora pracovních sil se projeví v těchto základních směrech:

- zvýšení výroby
- zlepšení struktury výroby
- lepší využití základních fondů
- urychlení technického rozvoje
- zlepšení pracovních podmínek
- zvýšení efektivnosti zahraničního obchodu

Zvýšení výroby

Průkopníky NC techniky jsou především podniky vyrábějící výrobní prostředky. Výroba nových, výkonnějších strojů vyvolá úsporu pracovních sil i v oblasti výroby vn a vvn izolátorů stejně jako v ostatních odvětvích národního hospodářství.

Zlepšení struktury výroby

V důsledku výroby a použití NC strojů lze očekávat zvýšení podílu strojírenské produkce, zvýšení produkce elektronického průmyslu. Z toho vyplývá zvýšení podílu živé práce na úkor spotřeby materiálu.

Lepší využití základních fondů

Vzhledem ke sníženému počtu obsluhujících pracovníků je NC strojů obvyklá vyšší směnnost. Kromě toho se sníží spotřeba výrobních i pomocných ploch.

Urychlení technického rozvoje

Číslicově řízené stroje urychlí zavádění nové, moderní techniky u výrobců keramických izolátorů.

Zlepšení pracovních podmínek

Za hlavní mimoekonomický účinek NC strojů je nutno považovat zlepšení pracovního prostředí, zvýšení kultury a hygieny práce a snížení rozdílu mezi fyzickou a duševní prací.

Zvýšení efektivity zahraničního obchodu

Vývoj vlastních NC strojů a produkce na nich vyrobená umožní zvýšení objemu vývozu. Číslicově řízené stroje na obrábění keramických izolátorů vyvinuté VÚEK Hradec Králové jsou prvními stroji tohoto druhu v rámci zemí RVHP. Z jednání Interelektra vyplynulo, že Československo bude dodavatelem NC strojů na obrábění keramiky pro země RVHP.

6.2.

Ekonomická rozvaha použité technologie

S ohledem na to, že metodika hodnocení efektivity nasazení NC techniky je velice rozsáhlá a náročná na vysokou četnost prvotních údajů a podle ní provedené hodnocení by přesáhlo rámec této práce. Vzhledem k tomu byly použity závěry k této problematice zpracované a publikované ve VÚEK Hradec Králové.

Předmětem vlastního ekonomického posouzení je ekonomické srovnání technologických operací v současné době běžně užívaných při výrobě keramických izolátorů s nově navrhovanými technologiemi. Z výše uvedené publikace vyplývá, že zavedením nové technologie bude docíleno u výrobku FNS 110 (č.v. DP-ST 1180/76-02) zvýšení zisku o 24 280 Kčs na 100 kusů.

" Koeficient ekonomické efektivity " navrhované technologie je 0,245 , z čehož plyne " doba návratnosti jednorázových prostředků " 4,08 roku.

ZÁVĚR

Zavádění číslicově řízených strojů na obrábění keramických izolátorů řeší některé nesnáze dosavadních způsobů výroby a podstatně zvyšuje produktivitu práce. Použití nové moderní techniky vyžaduje odpovídající úroveň konstrukce nástrojů a nástrojových materiálů. S vývojem keramických řezných materiálů vzniká nová technologie výroby vn a vvn izolátorů - " suché obrábění " s použitím NC stroje. Tato produktivní technologie má značný ekonomický efekt na straně výrobců keramických izolátorů.

V diplomové práci jsme se zaměřili na některé otázky spojené se zaváděním nové techniky a technologie výroby v oblasti obrábění keramických izolátorů. Vzhledem k tomu, že tato technologie je nová, přistoupili jsme ke zjištění některých zákonitostí, jejichž znalost byla nutná pro vypracování technologického postupu pro NC stroj (především volba řezných podmínek a geometrie nástroje) a částečně pro návrh konstrukce výměnné nástrojové hlavy. K návrhu konstrukce výměnné nástrojové hlavy se přistoupilo na základě požadavku nepřetržitosti automatického procesu obrábění s použitím vyměnitelných nástrojů dle programu.

Teorie obrábění keramických izolátorů z izostaticky lisované keramiky není doposud zpracována. Při hromadném nasazení nové technologie bude třeba sledovat další zákonitosti, které jsou známy při obrábění kovů. Dalším krokem ve výzkumu suchého obrábění keramiky by mělo být sledování velikosti chvění a jeho vlivu na průběh obrábění.

Mojí milou povinností v závěru této práce je poděkovat svému konzultantu Ing. J. Frintovi za cenné připomínky a rady, kterými vhodně usměrňoval vypracování celé diplomové práce. Při této příležitosti nesmím zapomenout ani na kolektiv pracovníků VÚEK Hradec Králové, především na Ing. S. Růžičku a s. I. Richtera.

8.

SEZNAM LITERATURY

- / 1/ Směrnice pro hosp. a soc. rozvoj v ČSSR v letech 1976-1980,
články RP 1976
- / 2/ Preisler J. : Programově řízené obráběcí stroje
- / 3/ Přikryl a kol.: Obrábění. I. díl-Technologie obrábění, SNTL 1976
- / 4/ Růžička S.: Výzkum strojního obrábění za sucha,
Výzkumná zpráva VÚEK 1975
- / 5/ Růžička S.: Číslicově řízené obrábění izolátorů,
studijní zpráva VÚEK 1971
- / 6/ Mikovec M.: Obrábění těžkoobrobitelných materiálů, SNTL 1963
- / 7/ Liemert G.: Obrábění, SNTL Praha 1974
- / 8/ Zazerski E.I.: Technologie obrabotki detalej na stankach s program-
nym upravljenijem, Leningrad 1975
- / 9/ Píč J.: Základy stavby obráběcích strojů, SNTL Praha 1958
- /10/ Chvála B.: Moderní přípravky k obráběcím strojům, Práce 1962
- /11/ Černoch S.: Strojně technická příručka. I. díl, SNTL Praha 1968
- /12/ Ačerkán N.S.: Výpočet a konstrukce obráběcích strojů. I. díl
SNTL Praha 1955
- /13/ Bolek A.: Hřídelové spojky, SNTL Praha 1967
- /14/ Bolek A.: Části strojů. III. díl, SNTL Praha
- /15/ Kochmann J.: Části strojů. I. díl, SNTL Praha 1956

Seznam příloh

1. výkres nástrojové hlavy - č.v. DP-ST 1180/76 - 01
kusovník - č.v. DP-ST 1180/76 - 01, 21 listy
2. Výkres izolátoru FNS 110 - č.v. DP-ST 1180/76 - 02
3. Diagram $F_v, F_t = f(s)$
4. -"- $F_v, F_t = f(v)$
5. -"- $F_v, F_t = f(t)$
6. -"- $F_v = f(\varphi)$
7. -"- $F_v = f(a_h)$
8. -"- $F_v, F_t = f(s)$ při otupení a_h

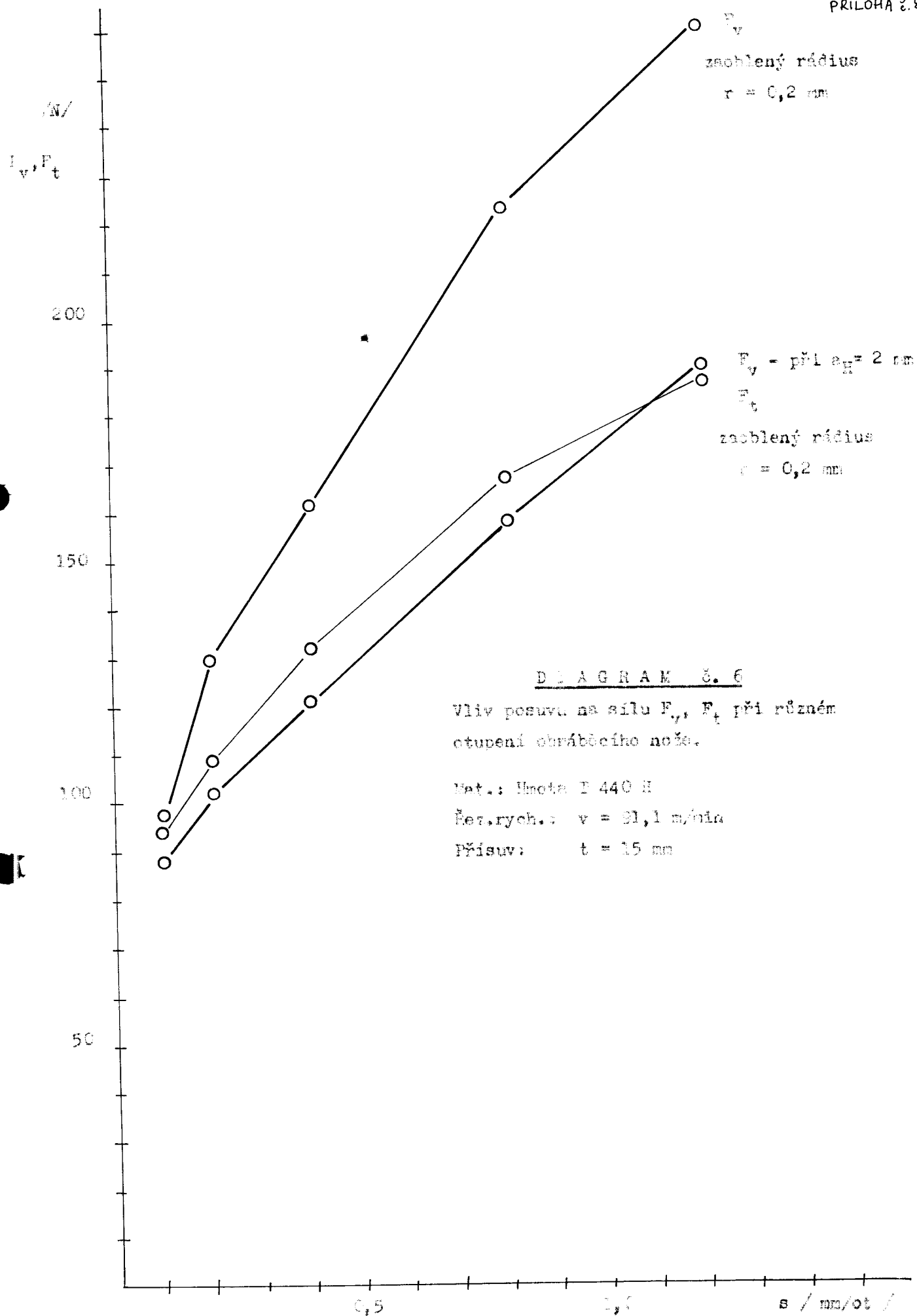


DIAGRAM č. 2 - Vliv řezné rychlosti v
na F_v a F_t .

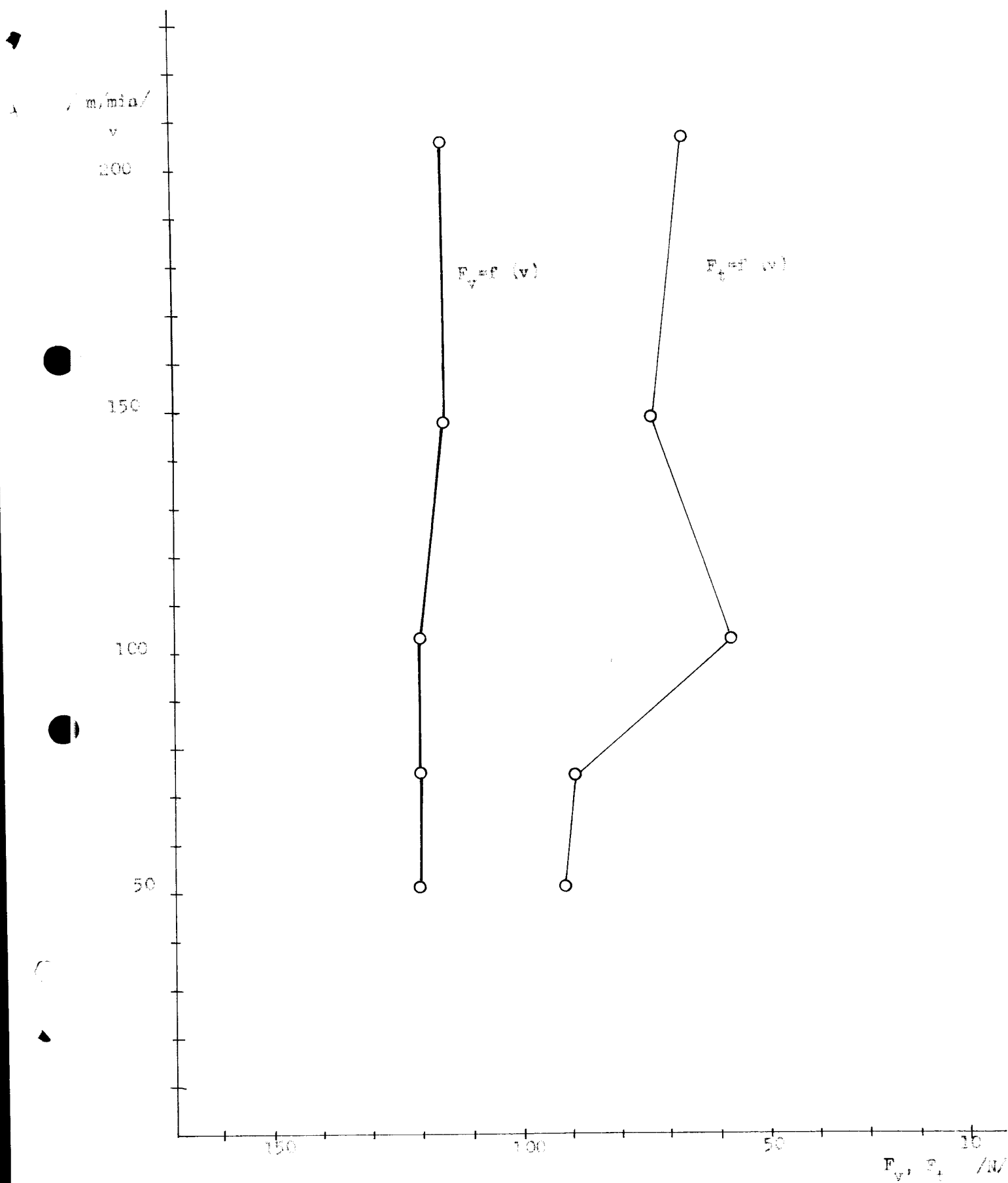


DIAGRAM č. 5Vliv otupení nože na sílu F_v

Mat.: Hnuta T 440 H

Řez. rych. $v = 91,1 \text{ m/min}$ Přibuv: $t = 18 \text{ mm}$ Posuv: $s = 0,4 \text{ mm/ot}$ F_v

/N/

200

150

100

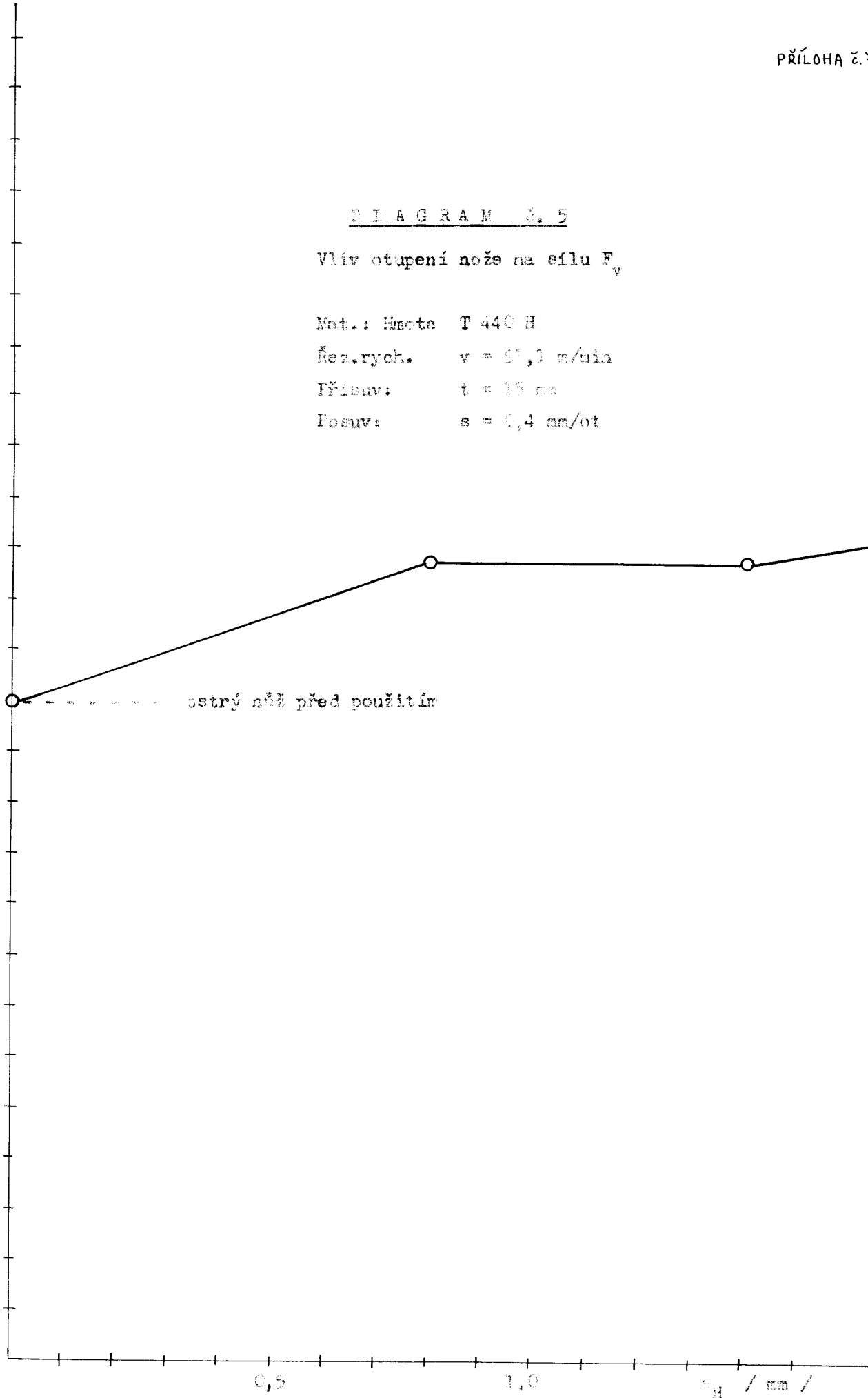
50

0,5

1,0

 r_H / mm /

ostrý nůž před použitím

neostrý nůž - zaoblený radius $r = 0,2 \text{ mm}$ 

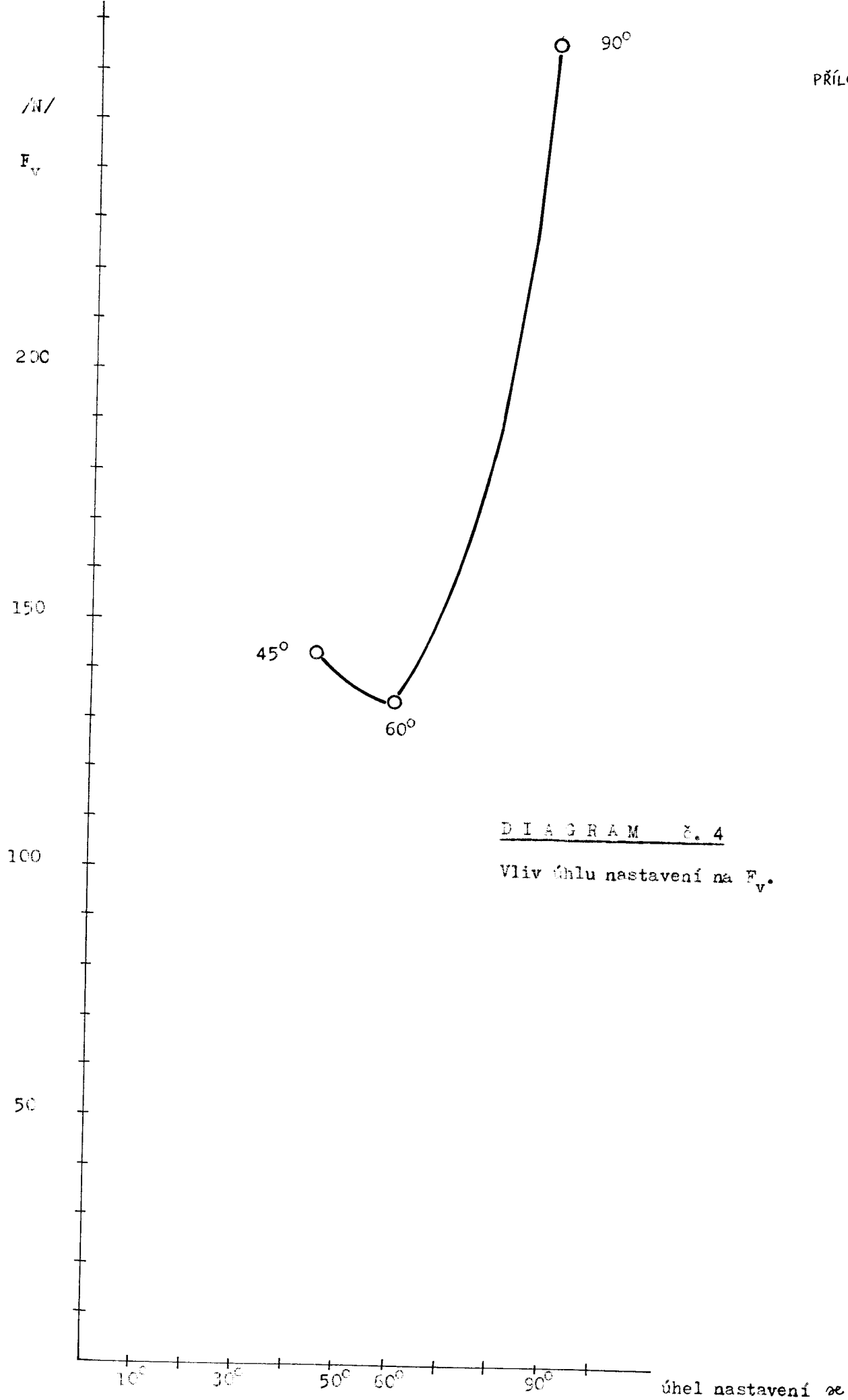
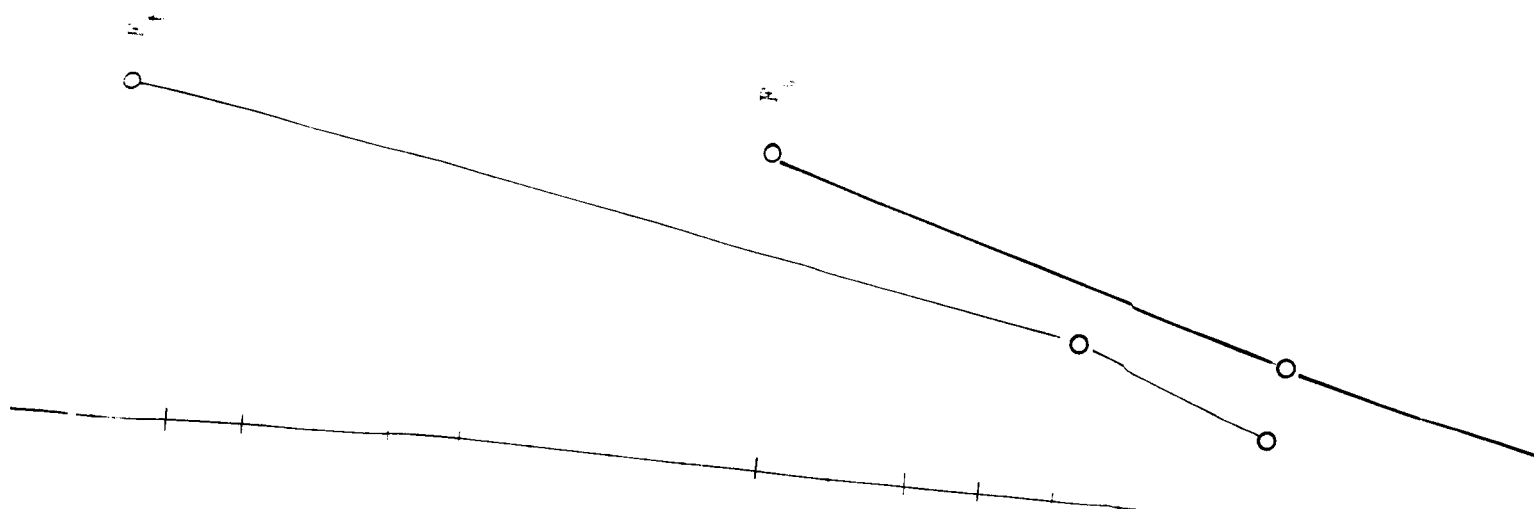


DIAGRAM č. 1.

Vliv posuvu s přísluvu t
na F_v .

$t = 70 \text{ mm}$



P.KS.	NÁZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MAT. KONEČ.	MAT. VÝCHOZÍ	TRÍDA ODP.	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
1	FRUŽINA ϕ 1-30	ČSN 026003	12061.9	12061.1	2	0,01			26
2	KROUŽEK 47	ČSN 022931				0,02			27
4	KROUŽEK 25	ČSN 022930				0,01			28
2	KROUŽEK 10	ČSN 022930				0,005			29
1	KROUŽEK 25	ČSN 022931				0,01			30
6	ŠROUB M6 x 16	ČSN 021101				0,05			31
2	ŠROUB M6 x 28	ČSN 021101				0,06			32
2	ŠROUB M4 x 16	ČSN 021101				0,04			33
4	ŠROUB M4 x 20	ČSN 021101				0,04			34
4	ŠROUB M6 x 20	ČSN 021101				0,055			35
6	ŠROUB M5 x 15	ČSN 021101				0,04			36
4	ŠROUB M5 x 15	ČSN 021146				0,04			37
2	ŠROUB M6 x 12	ČSN 021143				0,05			38
1	ŠROUB M4 x 10	ČSN 021185				0,02			39
4	MATICE M6	ČSN 021401				0,03			40
1	MATICE M5	ČSN 021401				0,025			41
10	PODLOŽKA 6,1	ČSN 021740.00				0,02			42
7	PODLOŽKA 5,1	ČSN 021740.00				0,02			43
4	LOŽISKO 6005	ČSN 024633				0,4			44
2	LOŽISKO 6000	ČSN 024633				0,25			45
1	OTZUB. ŘEMEN 272213044006					0,2			46
1	MOTOREK KZLL - 130					0,59			47
2	POLÍK 5 x 12	ČSN 022150				0,01			48

POČET KUSŮ	NÁZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MAT. KONEČNÝ	MAT. VÝCHOZÍ	TRÍDA ODP.	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
POZN. MKA									
PŘÍKLAD	PRESLIL	Katule	ČSN MKU						
	PŘEZKOUŠEL								
	NORM. REF.								
	VÝR. PROJEDNAL	SCHVÁLIL:	Č. TRANSP.						
	MAT. REF.	DNE: 28.5.1976							

VŠST
LIBEREC

KUSOVNÍK

DP-ST1180/76-01
POČET LÍSTKŮ

PKS	NÁZEV - ROZM.	POLOTOVAR	MAT. KONEČNÝ	MAT. VÝCHOZÍ	TRIDA ODP.	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
1	KRYT PLECH 2	ČSN 425302.5	11 302 93	—	1	0,83	1,0		1
1	AKL. DESKA PL. 6	ČSN 425310.11	11 500	—	1	2,41	2,5		2
1	TELESO □ 25x85-225	ČSN 425522	11 500	—	1	2,2	2,6		3
1	TELESO □ 32x85-225	ČSN 425522	11 500	—	1	2,31	2,8		4
1	KONZOLA PL 680x130	ČSN 425510	11 500	—	1	0,43	0,6		5
1	TELESO □ 38x85-225	ČSN 425522	11 700	—	1	2,21	3,0		6
1	ODÍČÍ TELESO □ 35x58-95	ČSN 425522	11 500	—	1	0,8	1,7		7
2	OPINACÍ KUŽEL φ 60-70	ČSN 425510	11 700	—	1	0,51	1,2		8
2	NÁSTROJ. DRŽÁK φ 20-200	ČSN 425510	11 500	—	1	0,63	0,8		9
2	POHYB. ŠROUB R. 12x 2/2 φ 15-170	ČSN 425510	11 600	—	1	0,35	0,5		10
2	OTZUB. MATICE R. 12x 2/2 φ 70-50	ČSN 428510	423 123	—	324	0,42	0,9		11
1	PASTOREK YL φ 40-75	ČSN 425510	11 500	—	1	0,35	0,8		12
1	OTZUB. ŘEMENICE φ 25-15	ČSN 425510	11 500	—	1	0,28	0,4		13
1	OTZUB. ŘEMENICE φ 72-10	ČSN 425510	11 500	—	1	0,47	0,8		14
2	ILČKO φ 70-13	ČSN 425510	11 500	—	1	0,18	0,7		15
2	DRŽÁK φ 20-10	ČSN 425510	11 373	—	1	0,08	0,2		16
2	ODÍČÍ ČEP φ 5-9	ČSN 425510	11 373	—	1	0,02	0,04		17
4	ROZP. KROUŽEK TRUBKA 30x3-2	ČSN 425715.0	11 350.0	—	1	0,03	0,04		18
2	ROZP. KROUŽEK TRUBKA 30x3-2	ČSN 425715.0	11 350.0	—	1	0,03	0,04		19
2	PERO 3e 7x3x8	ČSN 022562		—	-	0,01			20
1	ŘEŠNÍČÍ LEMOVKA 2-980	DN 029410	PRYZ	—	-	0,015			21
1	ŘEŠNĚNÍ 5x9-225	ČSN 622871.00	MECH. PRYZ	—	-	0,01			22
2	ŘEŠNĚNÍ 5x14-85	ČSN 622871.00	MECH. PRYZ	—	-	0,01			23
6	ŘEŠNÍČÍ KROUŽEK 18x24	ČSN 029310.7			-	0,015			24
2	KULIČKA 1/8 "					0,01			25

POČET KUSŮ	NÁZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MAT. KONEČNÝ	MAT. VÝCHOZÍ	TRIDA ODP.	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
POZNÁMKA				CELKOVÁ ČISTÁ VÁHA kg 20,43					
Č. VÝKRESU	KRESLIL	Katele	Č. SN/HRU						
PRŮV. KONTROLA	PŘEZKOUŠEL								
	NORM. REF.								
	VÝR. PROJEDNAL	SCHVÁLIL:	Č. TRANSP.						
	MAT. REF.	DNE: 28.5.1976							

ZMĚNA

VÝST
LIEČEC

KIKONINIV

DP-ST1180/76-04

P.KS.	NÁZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MAT. KONEČ	MAT. VÝCHOZÍ	TRÍDA ODP.	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
1	PRUŽINA ϕ 1-30	ČSN 026003	12061.9	12061.1	2	0,01			26
2	KROUŽEK 47	ČSN 022931				0,02			27
4	KROUŽEK 25	ČSN 022930				0,01			28
2	KROUŽEK 10	ČSN 022930				0,005			29
1	KROUŽEK 25	ČSN 022931				0,01			30
6	ŠROUB M6 x 16	ČSN 021101				0,05			31
2	ŠROUB M6 x 28	ČSN 021101				0,06			32
2	ŠROUB M4 x 16	ČSN 021101				0,04			33
4	ŠROUB M4 x 20	ČSN 021101				0,04			34
4	ŠROUB M6 x 20	ČSN 021101				0,055			35
6	ŠROUB M5 x 15	ČSN 021101				0,04			36
4	ŠROUB M5 x 15	ČSN 021146				0,04			37
2	ŠROUB M6 x 12	ČSN 021143				0,05			38
1	ŠROUB M4 x 10	ČSN 021185				0,02			39
4	MATICE M6	ČSN 021401				0,03			40
1	MATICE M5	ČSN 021401				0,025			41
10	PODLOŽKA 6,1	ČSN 021740.00				0,02			42
7	PODLOŽKA 5,1	ČSN 021740.00				0,02			43
4	LOŽISKO 6005	ČSN 024633				0,4			44
2	LOŽISKO 6000	ČSN 024633				0,25			45
1	OZUB. ŘEMEN 272213044006					0,2			46
1	MOTOREK KZLL - 130					0,59			47
2	KOLÍK 5 x 12	ČSN 022150				0,01			48

POČET KUSŮ	NÁZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MAT. KONEČNÝ	MAT. VÝCHOZÍ	TRÍDA ODP.	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
POZNÁMKA				CELKOVÁ ČISTÁ VÁHA Kg 20,43					
PŘÍLOHA	KRESLIL	Kotlár		Č. SNÍMKU	ZMĚNA				
	PŘEZKOUSEL								
	NORM. REF.								
	VÝR. PROJEDNAL	SCHVÁLIL:	Č. TRANSP.						
	MAT. REF.	DNE: 28.5.1976							

VŠST
LIBEREC

KUSOVNÍK

DP-ST1180/76-01

P.KS	NÁZEV - ROZM.	POLOTOVAR	MAT. KONEČNÝ	MAT. VÝCHOZÍ	TRIDA ODP	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
1	KRYT PLECH 2	ČSN 4253025	11 30293	—	1	0,83	1,0		1
1	ZÁKL. DESKA PL. 6	ČSN 425310.11	11 500	—	1	2,41	2,5		2
1	TELESO □ 25x85-225	ČSN 425522	11 500	—	1	2,2	2,6		3
1	TELESO □ 32x85-225	ČSN 425522	11 500	—	1	2,31	2,8		4
1	KONZOLA PL 80x130	ČSN 425510	11 500	—	1	0,43	0,6		5
1	TELESO □ 38x85-225	ČSN 425522	11 700	—	1	2,21	3,0		6
1	VODÍČÍ TELESO □ 35x58-95	ČSN 425522	11 500	—	1	0,8	1,7		7
2	UPÍNAČÍ KUŽEL φ 60-70	ČSN 425510	11 700	—	1	0,51	1,2		8
2	NÁSTROJ. DRŽÁK φ 20-200	ČSN 425510	11 500	—	1	0,63	0,8		9
2	POHYB. ŠROUB TR 12x 2/2 φ 15-170	ČSN 425510	11 600	—	1	0,35	0,5		10
2	OZUB. MATICE TR 12x 2/2 φ 70-50	ČSN 428510	423123	—	324	0,42	0,9		11
1	PASTOREK TYČ φ 40-75	ČSN 425510	11 500	—	1	0,35	0,8		12
1	OZUB. ŘEMENICE φ 25-15	ČSN 425510	11 500	—	1	0,28	0,4		13
1	OZUB. ŘEMENICE φ 72-10	ČSN 425510	11 500	—	1	0,47	0,8		14
2	VÍČKO φ 70-13	ČSN 425510	11 500	—	1	0,18	0,7		15
2	DRŽÁK φ 20-10	ČSN 425510	11 373	—	1	0,08	0,2		16
2	VODÍČÍ ČEP φ 5-9	ČSN 425510	11 373	—	1	0,02	0,04		17
4	ROZP. KROUŽEK TRUBKA 30x3-2	ČSN 4257150	11 350.0	—	1	0,03	0,04		18
2	ROZP. KROUŽEK TRUBKA 30x3-2	ČSN 4257150	11 350.0	—	1	0,03	0,04		19
2	PERO 3e. 7x3x8	ČSN 022562		—	-	0,01			20
1	TĚSNÍCÍ LEPOVKA 2-980	DN 029410	PRYZ	—	-	0,015			21
1	TĚSNĚNÍ 5x9-225	ČSN 62287100	MECH. PRYZ	—	-	0,01			22
2	TĚSNĚNÍ 5x14-85	ČSN 62287100	MECH. PRYZ	—	-	0,01			23
6	TĚSNÍCÍ KROUŽEK 18x24	ČSN 029310.7			-	0,015			24
2	KULIČKA 1/8 "					0,01			25

POSL KUS	NÁZEV - ROZMĚR	POLOTOVAR	MAT. KONEČNÝ	MAT. VÝCHOZÍ	TRIDA ODP.	Č. VÁHA	HR. VÁHA	ČÍSLO VÝKRESU	POS.
POZNÁMKA				CELKOVÁ ČISTÁ VÁHA kg 20,43					
VÝK. PŘÍKUS	KRESLIL	Kubice	Č. SNÍMKU	ZMĚNA					
	PŘEZKOUŠEL								
	NORM. REF								
	VÝR. PROJEDNAL	SCHVÁLIL:	Č. TRANSP.						
	MAT. REF	DNE: 28.5.1976							

VŠST
LIBEREC

KUSOVNÍK

DP-ST1180/76-01