

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Školní rok: 1992/1993

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro

Bohumila S T A Ň K A

obor

(23 - 07 - 8) strojírenská technologie

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

Název tématu: Zapichovací nože z řezné keramiky

Zásady pro vypracování:

- 1) Úvod, cíl práce, literární rešerše
- 2) Řezná keramika, vlastnosti a použití; řezná keramika DIAS
- 3) Návrh tvaru břitové destičky a držáku zapichovacího nože
- 4) Zkoušky navrženého nástroje, porovnání se slinutými karbidy
- 5) Návrh řezných podmínek pro vybrané materiály
- 6) Zhodnocení, doporučení pro výrobce, závěry, ekonomická úvaha.

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

V JB 1935

KOM / OM

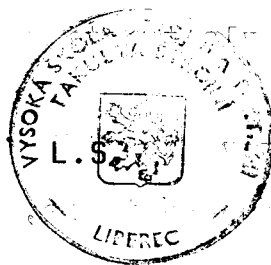
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah průvodní zprávy: 40 až 60 stran
Seznam odborné literatury:

LANG, T. a kol.: Řezná keramika. Praha, Orbis 1987,
148 s.

HATSCHEK, L.: Take a new look at ceramics/cermets.
American Machinist, 5, 1981, s. 165.

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Vladimír Gabriel, CSc.
Konzultant: Ing. Vladimír ŠÍDA, CSc. - DIAS a. a. Turnov
Ing. Aleš Průšek, CSc. - VŠST Liberec

Zadání diplomové práce: 30. 10. 1992
Termín odevzdání diplomové práce: 31. 12. 1993




Doc. Ing. Vladimír Gabriel, CSc.
Vedoucí katedry


Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.
Děkan

V Liberci

dne 30. 10. 1992

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor strojírenská technologie

zaměření o b r á b ě n í a m o n t á ž

ZAPICHOVACÍ NOŽE Z ŘEZNÉ KERAMIKY

KOM - OM - 822

Bohumil S t a n ě k

Vedoucí práce : Doc. Ing. Vladimír Gabriel, CSc.

Konzultant : Ing. Vladimír Šída, CSc. - Dias Turnov

Ing. Aleš Prášek, CSc. - VŠST Liberec

Počet stran : 42

Počet příloh : 4

Počet obrázků : 5

Počet tabulek : 12

Počet diagramů : 7

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146075648

19.5.1993

Označení DP :

Řešitel : Bohumil S t a n ě k

ZAPICHOVACÍ NOŽE Z ŘEZNÉ KERAMIKY.

Přehled zhodnocení stavu výroby ve světě i u nás, vlastností, použití a perspektiv řezné keramiky je východiskem návrhu tvaru břitové destičky a držáku zapichovacího nože. Zkouškami byl porovnán navržený nástroj s držákem na slinuté karbidy. Šlo o experimentální měření složek řezné síly při soustružení zapichováním, síly a napětí v držáku. Návrh řezných podmínek pro vybrané materiály vychází z vyhodnocení závislosti opotřebení hřbetních ploch na destičkách z řezné keramiky a ze slinutých karbidů, určení optimální řezné rychlosti, a na základě klasifikace nástroje při jedné řezné rychlosti a určení intervalu spolehlivosti střední hodnoty. Závěrem je podáno ekonomické zhodnocení a doporučení pro výrobce.

Desetinné třídění :

Klíčová slova : obrábění zapichováním, řezná keramika,
slinuté karbidy, držák.

Zpracovatel : VŠST Liberec - KCM

Dokončeno 1993

Archivní označení zprávy :

Počet stran : 42

Počet příloh : 4

Počet obrázků : 5

Počet tabulek : 12

Počet diagramů : 7

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultantem.



V Liberci 19.5.1993

Bohumil Staněk

Obsah :

Seznam symbolů	6
Seznam literatury	7
I.Úvod	8
II.Současný stav ve výrobě keramiky	10
II/1 Řezná keramika	10
II/2 Řezná keramika Dias	11
III.Návrh tvaru břitové destičky a držáku zapichova- cího nože	13
III/1 Návrh břitové destičky	13
III/2 Geometrie zapichovacího nože	14
III/3 Držák zapichovacího nože	15
IV.Zkoušky navrženého nástroje, porovnání se slinutými karbidy	18
IV/1 Experimentální měření složek řezné síly při soustružení zapichováním	18
IV/2 Síly a napětí na držáku	22
V.Návrh řezných podmínek pro vybrané materiály	26
V/1 Závislost opotřebení VB při různých řezných rychlostech	27
V/2 Stanovení trvanlivosti při jedné řezné rychlosti.	32
VI.Ekonomické zhodnocení	38
VII.Závěr	41

Seznam symbolů

- a, b, h
 s, H, L - rozměr matematického modelu
- r_ϵ - poloměr zaoblení břitu nástroje
- λ'_r - nástrojový úhel nastavení vedlejšího ostří
- ξ_r - nástrojový úhel špičky
- α_o - nástrojový ortogonální úhel hřbetu
- β_f - nástrojový boční úhel břitu
- γ_f - nástrojový boční úhel čela
- s - posuvová rychlost
- v_c - řezná rychlost / $m \min^{-1}$ /
- φ - úhel sklonu síly F od složky F_c
- F - síly, působící při obrábění
- I - moment setrvačnosti
- E - modul pružnosti v ohybu
- G - modul pružnosti ve smyku
- T - trvanlivost / min /
- VB - střední šířka otěru na hřbetě / μm /
- HB - tvrdost dle Brinela
- $HV-10$ - tvrdost dle Vickerse
- Al_2O_3 - oxid hlinitý
- ZrO_2 - oxid zirkoničitý
- Si_3N_4 - nitrid křemíku
- TiN - nitrid titanu
- TiC - karbid titanu
- SK - slinutý karbid
- HIP - žárově isostatické lisování
- PKD - polykrystalický diamant
- KNB - kubický nitrid bóru

Seznam literatury :

- 1/ Tomáš Lang a kol., Rezná keramika, Obis VTEI INPRO
Praha, 1987
- 2/ J. Řasa a kol., Výpočetní metody v konstrukci řezných
nástrojů, SNTL, 1986
- 3/ Ing. Robert Kvapil, CSc., Ing. Aleš průšek, Řezné nástroje
cvičení, VŠST Liberec, 1989
- 4/ V. Gabriel, K. Bukač, Vypracování návrhu normy metodiky
zkoušení řezivosti jednobřitých nástrojů ze slinutého
karbidu, Výzkumná zpráva, Liberec, VŠST 1974
- 6/ Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc., Pružnost a pevnost I,
Liberec, VŠST 1983
- 7/ V. Společné vědecké sympozium družebních škol, VŠST
Liberec - TU Dresden, 1985, VŠST Liberec 1988
- 8/ Z. Přikryl, R. Musílkové, Teorie obrábění, SNTL / ALFA,
Praha 1971
- 9/ J. Buda, J. Souček, K. Vasilko, Teória obrábania,
ALFA, Bratislava 1983
- 10/ František Egermayer, Milan Boháč, Statistika pro techniky,
SNTL, Praha 1984

I. Úvod

Podmínky tržního mechanismu nutí podniky pružně reagovat na požadavky zákazníka, zamyslet se nad efektivním využitím svých možností. Výroba sama musí hledat uplatnění stávajících programů a programů inovovaných nebo nová řešení, jejíž ekonomický dopad by se kladně projevil v hospodaření podniku. Chtěl bych se tedy pokusit zaměřit práci nejen teoreticky, ale najít, nebo alespoň nastínit konkrétní využití zjištěných skutečností ve výrobě, popřípadě posoudit i jejich ekonomický efekt.

Obrábění je jednou z nejstarších technologií. Teorie obrábění zkoušela vždy nové a nové materiály, nová konstrukční i nástrojová řešení. V současné době má stále větší uplatnění řezná keramika k třískovému obrábění kovů. Řezný materiál se stává významným ekonomickým faktorem ovlivňujícím techniko - ekonomickou úroveň nářadí. Volba řezného materiálu souvisí zároveň s optimální volbou řezných podmínek. Je mým úkolem vyzkoušet vlastnosti břitových destiček a upichovacího nože.

Dias Turnov vyrábí širokou škálu břitových destiček z řezné keramiky. Při soustružení jsou schopny obrábět jednotlivé průměry hřídelů a otvorů, na kopírovacích strojích různé profily, při frézování pak rovinné plochy. Stále chybí základní výzkum břitových destiček z řezné keramiky pro operaci upichování a nalezení konkrétních možností uplatnění v praxi, což je předpokladem zahájení seriové výroby. Aplikace upichovacích břitových destiček je ve světě poměrně neobvyklá.

V roce 1992 bylo v Diasu Turnov vyrobeno několik kusů zapichovacích destiček z Disalu 210, 220 a 400. Je třeba provést zkoušky těchto destiček, zjistit pro jaký typ materi-

álu lze destičky použít, zpracovat návrh upichovacího nože
a zhodnotit další možnosti jejich aplikace.

II. Současný stav ve výrobě řezné keramiky

Řeznou keramiku představují nekovové anorganické řezné materiály, které na rozdíl od slinutých karbidů nemají žádnou spojovací fázi, jako například slinuté karbidy mají kobalt. Podle složení se dělí do tří hlavních skupin.

II/1 Řezná keramika

OXIDOVÁ KERAMIKA - břitové destičky z čistého oxidu hlinitého / 99,5% Al_2O_3 /. V současné době se vývoj zaměřuje na oxidovou směsnou keramiku, která se někdy označuje termínem disperzní keramika. Jedná se při tom o kombinace $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$ / max. do 20% /. Výhodou oxidové keramiky je její vysoká stálost tvrdosti při zvýšených teplotách a dobrá chemická stabilita, nevýhodou pak nedostatečná schopnost snášet prudké výkyvy teplot, t.j. malá odolnost vůči tepelným šokům a nízká houževnatost. Jemnozrnná struktura se vyznačuje velkou odolností proti opotřebení a zvýšenými pevnostními hodnotami. Pro praxi to znamená vyšší trvanlivost a zatížitelnost břitu, což se využívá při obrábění litiny a při soustružení materiálu z cementační a zušlečněné oceli.

SMĚSNÁ KERAMIKA - žárově lisované řezné materiály na bázi Al_2O_3 s karbidem titanu / TiC , /, nitridem titanu nebo karbonitridem titanu / TiN , TiCN /. Technologie výroby polotovaru vychází z mletí surovin za sucha, plastifikace, va-kuové extruze a slinování v argonové atmosféře s využitím sinter HIP k dotlačování. Takto vyráběné materiály mají vysokou měrnou hmotnost a pevnost hran. Používáme je při soustružení kalených ocelí a tvrzené litiny, ale i při jemném obrábění.

NEOXIDOVÁ KERAMIKA - polykrystalický diamant /PKD/ a kubický nitrid boru /KNB/. V této skupině dominují pak řezné materiály na bázi nitridu křemíku / Si_3N_4 /. Jsou necitlivé pro-

ti teplotním šokům a mají zřetelně vyšší pevnost v ohybu.

Použití - při hrubém obrábění nelegované litiny.

II/2 Řezná keramika Dias

Dias Turnov vyrábí břitové destičky z řezné keramiky v cca 250 ti typorozměrech dle normy ISO 1852, a to Disal - 100 ; 210 ; 220 ; 310 ; 400 a sice tyto typy - T /trojúhelník/; S /čtverec/; R /kruh/; C, E, G¹ a D /kosočtverec/. Ve výrobě sortimentu máme 5 typů keramických materiálů na bázi oxidu hliníku, zirkonu, kobaltu, karbidu titanu a nitridu křemíku.

DISAL 100 - keramika na bázi 99,5% Al_2O_3 / slonově bílé barvy /. Použití nachází při soustružení šedé litiny a konstrukčních ocelí nepřerušovaným řezem vysokými rychlostmi.

DISAL 210 - oxidová směsná keramika o obsahu 80% Al_2O_3 + 20% ZrO_2 / barva křídově bílá /. Používá se při hrubém a jemném soustružení litiny, cementačních i zušlechtěných ocelí částečně přerušovaným řezem.

DISAL 220 - oxidová směsná keramika o obsahu 80% Al_2O_3 + 20% ZrO_2 + dopován CoO / barva světle modrá /. Má vyšší houževnatost a pevnost v ohybu než Disal 210. Hodí se k obrábění při přerušovaném řezu a jemnému frézování šedé litiny a speciálních litin, dále pak konstrukčních a nástrojových ocelí a ocelí zušlechtěných.

DISAL 310 - směsná keramika na bázi Al_2O_3 a TiC / barva sytě černá /. Je vhodná pro soustružení litin s vyšší tvrdostí, kalených ocelí a pro frézování.

DISAL 400 - materiál na bázi nitridu křemíku Si_3N_4 / barva černohnědá /. Používá se při hrubém obrábění nelegované litiny soustružením i frézováním. Při obrábění ocelí je vhodná u slitin s vysokým obsahem legujících prvků / Ni ; Cr /.

Hlavní fyzikálně mechanické vlastnosti při cca 1 mikronové zrnitosti keramické matrice dosahují u pevnosti v ohybu od 450 do 850 MPa, u mikrotvrdosti HV od 1800 do 2100 a nemění se podstatně ani za pracovních teplot kolem 1200°C.

Jen v tuzemsku je spotřeba břitových destiček 100 000 až 150 000 ks ročně. "Správné využití destičky přináší ve srovnání s destičkou ze slinutých karbidů průměrný ekonomický přínos 400 - 1 000 Kč/ks." /Vl.Šída, Novinky z řezné keramiky a biokeramiky, Zpráva pro Dias, Turnov 1990, str.2/.

V současné době jsou na evropském trhu upichovací břitové destičky z řezné keramiky především od firem Feldmühle a Hertel. Pro podnik Škoda Volkswagen Group je eventuální použití výrobků těchto značek finančně náročná záležitost, proto by měli velký zájem o výrobky odpovídající kvality podniku Dias Turnov.

III. Návrh tvaru břitové destičky a držáku zapichovacího nože.

III/1 Návrh břitové destičky :

Vychází z požadavku podniku Škoda Volkswagen Group -

šířka destičky $s' = 3,95 \text{ mm}$

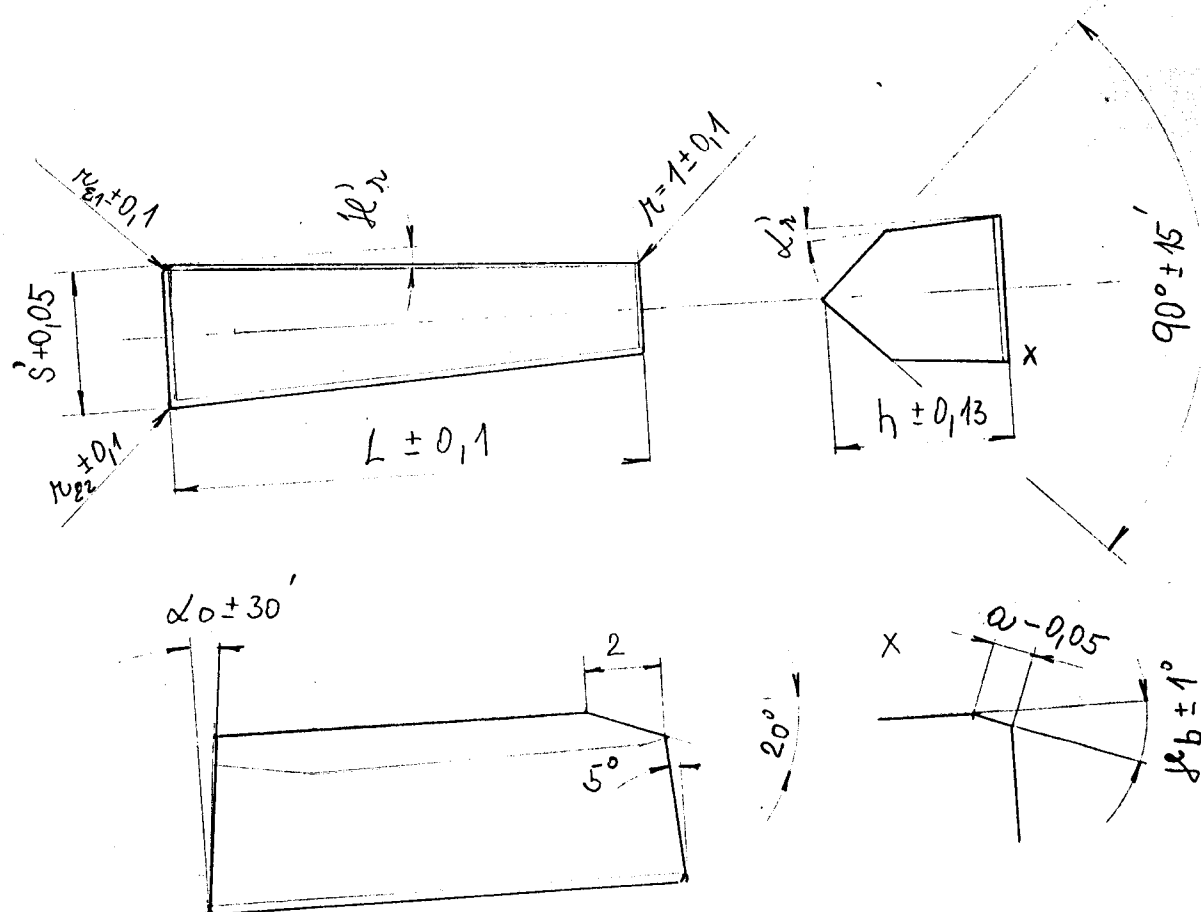
radius $r_{\xi 1} = r_{\xi 2} = 1,2 \text{ mm}$, nebo $r_{\xi 2} > r_{\xi 1}$, $r_{\xi 1} = 1,0 \text{ mm}$

a $r_{\xi 2} = 1,8 \text{ mm}$

Z výrobních možností st. p. Dias Turnov - použijeme polotovary, nebo hotové destičky / nejlépe tvaru "S" /, které byly vyřazeny pro rozměrové vady - jako je "m", rovnoběžnost, rovinnost, ap.

délka $L = 12,7 \text{ mm}$

výška $h = 4,76 \text{ mm}$



obr. č. 1

Z úpravy podmínek známých z použití destiček ze slinutých karbidů :

$$\text{úhel } \gamma_r = 3^\circ$$

$$\text{úhel } \gamma_o = 0^\circ$$

$$\text{úhel } \alpha_o = 5^\circ$$

$$\text{úhel } \zeta_r = 4^\circ 30'$$

$$\text{fazetka : úhel } \gamma_b = - 20^\circ$$

$$\text{šířka } a = 0,10 \text{ mm}$$

Zbývající rozměry a rozkreslení podaného návrhu jsou na obr. č. 1

III/2 Geometrie zapichovacího nože / viz obr. č. 2 /

Nejprve musíme definovat některé základní pojmy. Následující definice jsou vybrány ze statí : Vladimír Gabriel, Robert Kvapil, Výpočet a volba geometrických parametrů břitu nástroje - základní pojmy, "In :" J. Řasa a kol., Výpočetní metody v konstrukci řezných nástrojů, SNTL 86, str.83.

Hlavní řezný pohyb - relativní pohyb nástroje nebo obrobku, obvykle určovaný řeznou rychlostí a podmiňující řezný proces. Čelo A_γ - plocha nebo více ploch nástroje, po kterých odchází odebraná tříska.

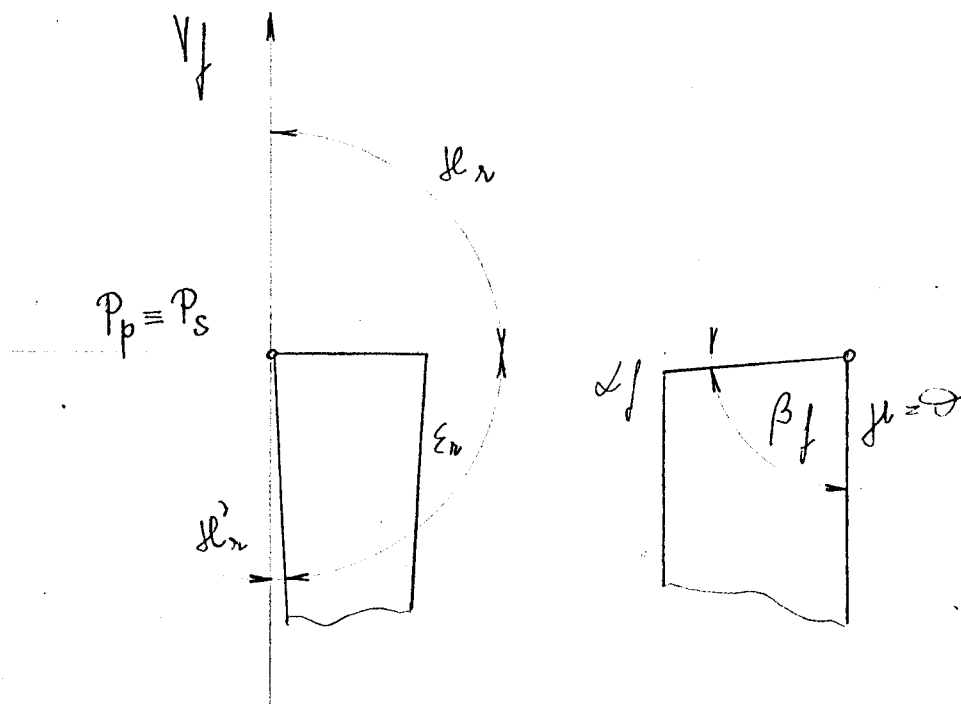
Hřbet A_ζ - plocha nebo více ploch nástroje, které jsou přikloněny k řezné ploše / hlavní hřbet / a odebrané ploše / vedlejší hřbet /.

Nástrojová základní rovina Pr - rovina procházející uvažovaným bodem ostří, kolmá na vektor rychlosti hlavního řezného pohybu.

Nástrojová boční rovina Pf - rovina procházející uvažovaným bodem ostří v předpokládaném směru rychlosti hlavního řezného pohybu a posuvu.

Nástrojová rovina ostří Ps - rovina tečná k ostří v uvažova-

ném bodu ostří a kolmá na základní rovinu P. / Hlavní ostří Ps a vedlejší ostří Ps' /.



obr. č. 2

Nástrojový úhel nastavení $\chi_r = 90^\circ$. Úhel mezi rovinami Ps - Pf v rovině Pr.

Nástrojový úhel nastavení vedlejšího ostří $\chi_r' = 3^\circ$. Úhel mezi rovinami Ps' - Pf v rovině Pr.

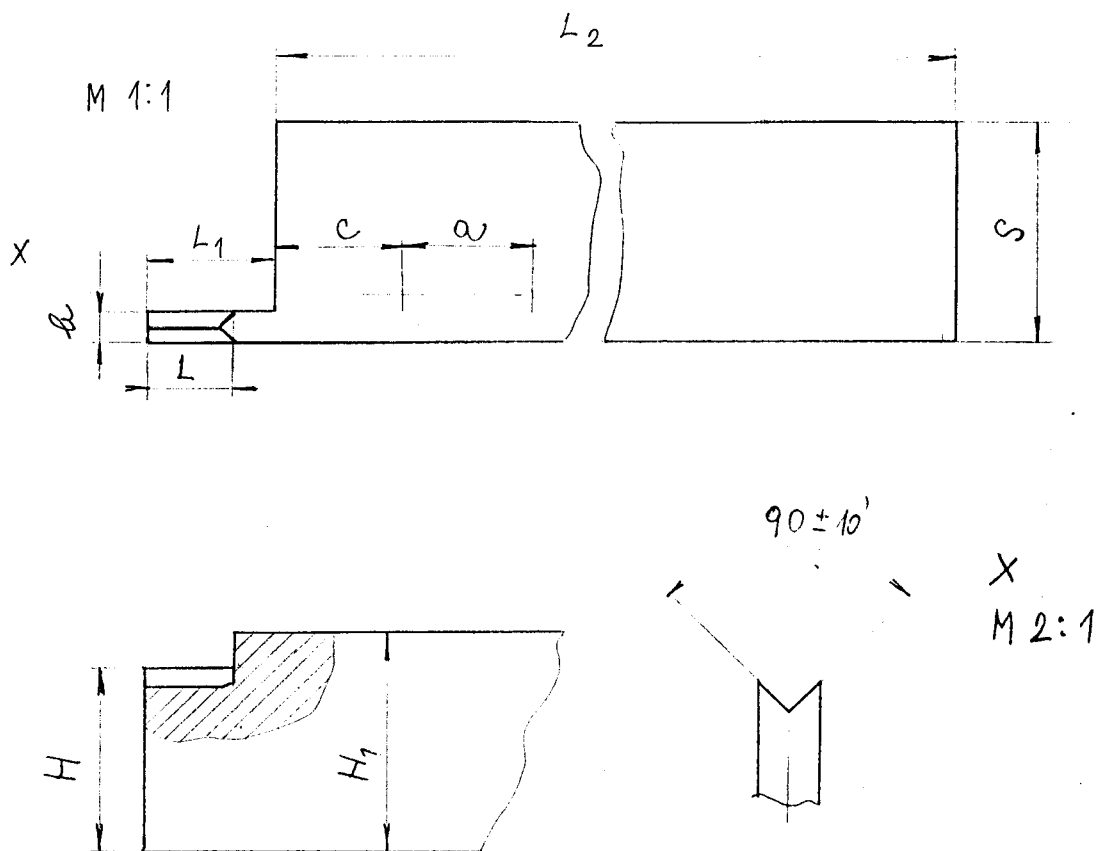
Nástrojový úhel špičky $\xi_r = 87^\circ$. Úhel mezi rovinami A_λ - Ps v rovině Pf.

Nástrojový boční úhel břitu $\beta_f = 85^\circ$. Úhel mezi rovinami A_γ - A_λ v rovině Pf.

III/3 Držák zapichovacího nože

Návrh vychází z dosud používaných noží, ale upořádkuje se od "držáku samosvorného" / pro malou houževnatost břitové destičky /. Přistupuji tedy k držáku s "pevným upnutím". Úpínka stabilizuje destičku na dosedací ploše. Rozměry upínací-

ho systému jsou odvozeny z rozměrů výše navržené destičky
/ viz obr. č. 3 /



obr. č. 3 a/

b/

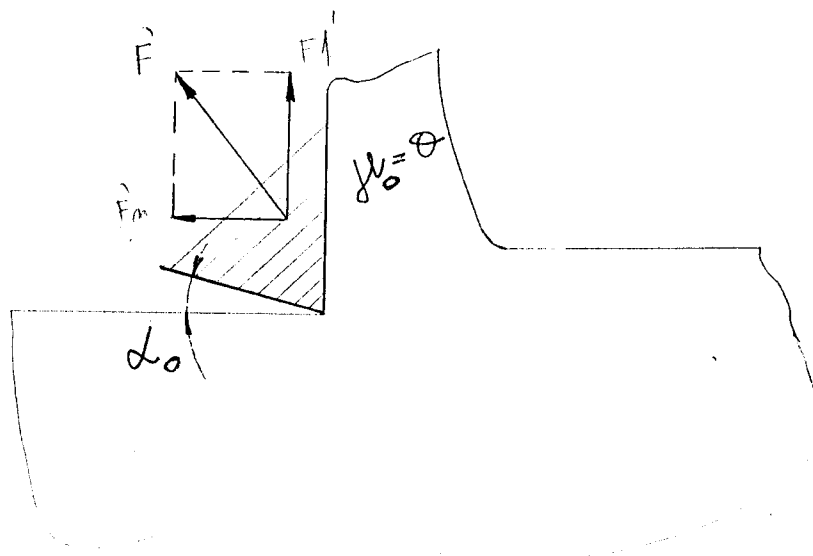
Na obrázku se zaměřuji na lůžko pro břitovou destičku. Je třeba, aby rozměr L byl kratší než délka břitové destičky - navrhuji $L = 12,0$ mm, a rozměr b menší než síla břitové destičky - navrhuji $b = 3,5$ mm. Stabilita břitové destičky závisí na přesnosti úhlu dosedací plochy, proto navrhuji toleranci $\pm 10'$ / obr. 3b /. Aby byla zajištěna tuhost systému, musí být výška H min. 20 mm / zkoušky jsou prováděny s držákem o velikosti $H = 25$ mm /. Dále navrhuji otvor pro kolík o $\varnothing 6$ mm i závit M6 do hloubky 10 mm a roz-

teč $a = 15 \text{ mm}$ / uzpůsobení dle upínky /.

Ostatní rozměry musí odpovídat typu stroje.

IV. Zkoušky navrženého nástroje, porovnání se slinutými karbidy.

Cílem zkoušek bylo porovnání namáhání navrženého držáku na břitové destičky se stávajícím držákem na slinuté karbidy. Proto bylo nutné provést analýzu řezných sil. Jejich měření je založené na snímání tlaku působících na nástroj.



Řezné síly působící na nástroj při obrábění, obr. č. 4

IV/1 Experimentální měření složek řezné síly při soustružení zapichováním.

Metodika měření : kalibrací převedeme elektrickou veličinu na mechanickou, z odečtených hodnot určíme u řezné keramiky a slinutého karbidu největší hlavní složky řezné síly F_c a největší přísluvové složky řezné síly F_f , nakonec přistoupíme k vypočítání síly a napětí v držáku.

Bylo použito :

Břitové destičky Disal 220 s $r_{z1} = r_{z2} = 1,2 \text{ mm}$

Disal 210 s $r_{z1} = 1,8 \text{ mm}$, $r_{z2} = 1,0 \text{ mm}$

Držák / viz kapitola III/3 obr. č. 3 /

Destičky ze slinutých karbidů TYP LFUX 04 08 02 TN,

JK 206 139 600 221 00 ; MAT H1 ISO K10.

Držák Narex XLOFR 20 16 K04.

Stroj :

SU 50 s výkonem motorů 11 kW

Obráběný materiál :

Litina 42 24 20 ; HB = 207 ; ϕ 100 , L = 200

Měřicí přístroje :

Třísložkový tenzometrický dynamometr

Vyhodnocovací přístroj - Můstek M 1000

Zapisovač MTA 175

Postup měření :

a/Upneme cejchovací třmen, abychom pomocí výchylky třmenu

/10 kN odpovídá výchylce 1,92 mm/ vypočítali z lineární cha-

rakteristiky v mezích Hookeova zákona síly F_c a F_f , které re-

gistruje dynamometr. Dílky na vyhodnocovací dynamometru a

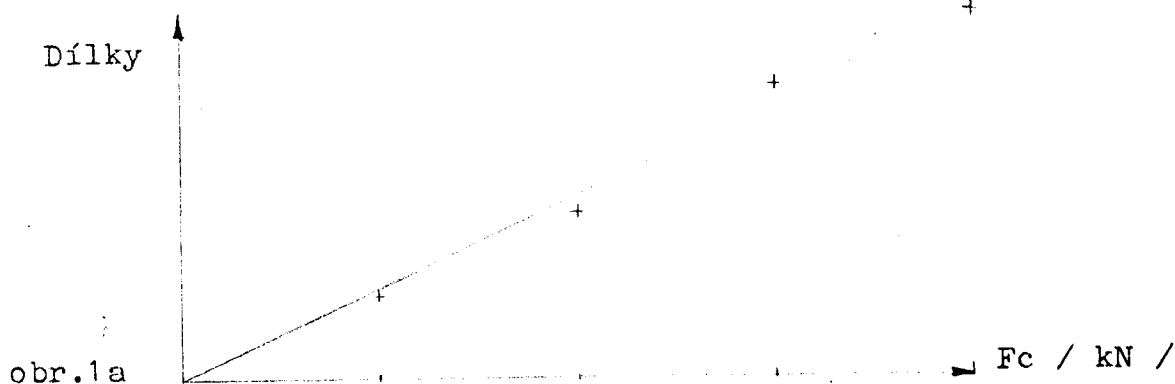
vypočítané síly převedeme do grafu. Spojením dvou bodů -

- počtu dílků na ose y, velikosti síly na ose x/viz graf

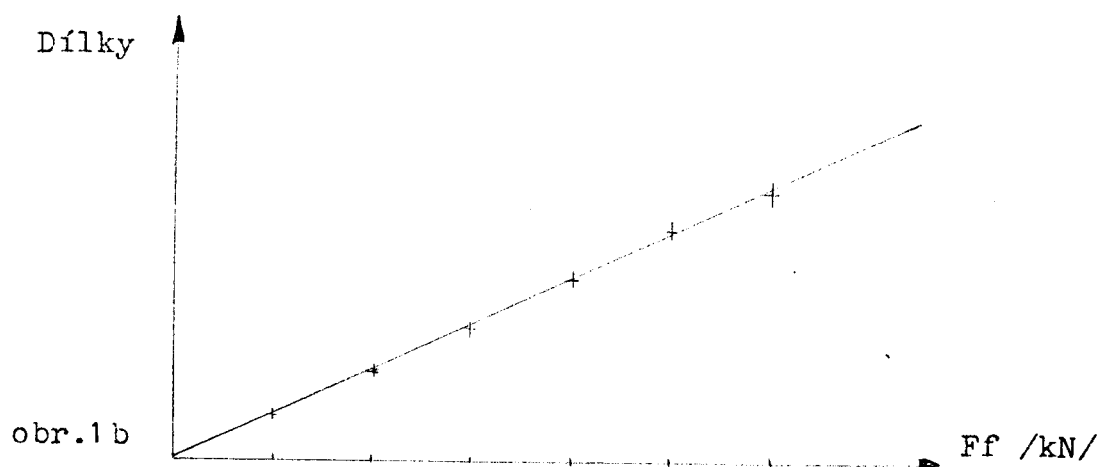
a tabulku la; lb;/. Z grafů budeme odečítat konkrétní hodnoty

síl F_f a F_c .

VÝCHYLKA / mm /	0,05	0,10	0,15	0,20	MĚŘÍTKO
DÍLKY	22	44	68	92	1 dílek $\hat{=}$ 0,5mm
SÍLA F_c / kN /	0,26	0,52	0,78	1,04	1 kN $\hat{=}$ 100mm



VÝCHYLKA /mm/	0,025	0,05	0,075	0,10	0,125	0,15
DÍLKY	11	24	35	48	62	73
SÍLA Ff /kN/	0,13	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78



b/Měření řezných sil.

Z počtu dílků vypočítáme síly na dynamometru - Ff , Fc
a zapíšeme do tabulek / grafy v příloze 2 /.

Měření sil na řezné keramice Disal 220 /viz tab. 2/

$v = 283 \text{ m min}^{-1}$; $h = 3 \text{ mm}$					
Poř.	s mm ot ⁻¹	Fc		Ff	
		Dílky	kN	Dílky	kN
1.	0,065	57	0,65	82	0,89
2.	0,080	61	0,69	86	0,94
3.	0,12	72	0,82	87	0,95

Disal 210 / viz tab. 3 /

$v = 283 \text{ m min}^{-1} ; h = 3 \text{ mm}$					
Poř.	s mm ot ⁻¹	Fc		Ff	
		Dílky	kN	Dílky	kN
4.	0,12	72	0,81	71	0,77

Měření sil u slinutého karbidu / viz tab. 4 /

$v = 88 \text{ m min}^{-1} ; h = 3 \text{ mm}$					
Poř.	s mm ot ⁻¹	Fc		Ff	
		Dílky	kN	Dílky	kN
5.	0,1	57	0,65	43	0,43
6.	0,205	neplatné			
7.	* 0,205	52 x 2	1,15	72	0,78
8.	0,305	49 x 2	1,12	70	0,74
9.	0,305	49 x 2	1,12	70	0,74
10.	0,205	54 x 2	1,20	73	0,78

* Pozn. Od měření č. 7 změněn rozsah měření, proto musí být počet dílků u Fc vždy násoben dvěma.

Výslednou řeznou sílu vypočteme geometrickým součtem

$$F = \sqrt{F_f^2 + F_c^2} \quad / \text{ viz obr. č. 5 } /$$

Pro výpočet výsledné síly u řezné keramiky volíme 3. měření v pořadí, protože síly Fc a Ff vykazují nejvyšší hodnoty.

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2} = \sqrt{0,81^2 + 0,95^2} = 1,248 \text{ kN}$$

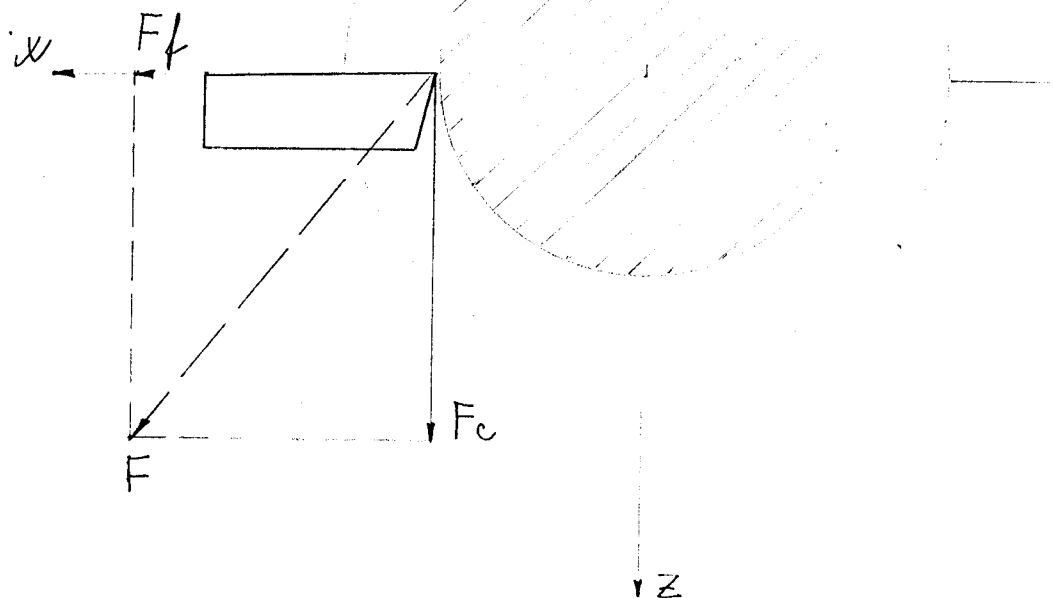
$$\cos \varphi = \frac{F_c}{F} \Rightarrow \varphi = 49,5^\circ$$

Pro výpočet výsledné síly u slinutého karbidu bereme také

nejvyšší hodnoty sil, to znamená tedy hodnoty 10. měření.

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_r^2} = \sqrt{1,2^2 + 0,78^2} = 1,431 \text{ kN}$$

$$\cos \varphi = \frac{F_c}{F} \Rightarrow \varphi = 33^\circ$$



obr. č. 5

IV/2 Síly a napětí v držáku.

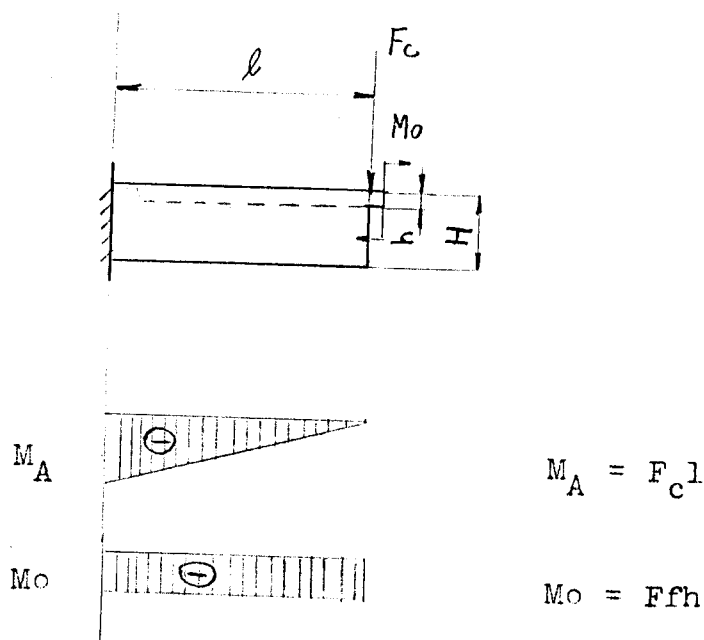
Vypočteme průhyb části držáku po stránce statického namáhání. Z hlediska pružnosti a pevnosti jde o výpočet průhybu vetknutého nosníku. Pakliže by šlo o nosník, kde je výška zanedbatelná vůči délce, lze použít Mohrovy metody, která řeší daný problém zavedením fiktivního nosníku - podle vzorce $y = \frac{M}{EI}$.

V našem případě výška H není malá vzhledem k délce nosníku L, nelze proto pominout průhyb vlivem smykového na-

pětí $w_{(s)}$ a proto jsem provedl algebraický součet průhybu fiktivního nosníku $w_{(l)}$ a průhybu vlivem smykových napětí $w_{(s)}$. Průhyb vlivem smykových napětí počítám podle vzorce

$$w_s = \frac{Fln}{bHG} .$$

/ Jaroslav Krutina, Sbírka vzorců z pružnosti a pevnosti, SNTL 62, str. 72/.



Průhyb na konci nosníku w_l

$$w_{(l)} = \frac{1}{EI} / \overline{M}_A + \overline{M}_o /$$

$$\overline{M}_A = F_c \cdot l \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} l = \frac{F_c \cdot l^3}{3}$$

$$\overline{M}_o = F_c \cdot h \cdot l \cdot \frac{1}{2} = \frac{F_c \cdot h \cdot l^2}{2}$$

Průhyb na konci nosníku vlivem smykového napětí w_s

$$w_{(s)} = \frac{Fln}{bHG}$$

Celkový průhyb

$$w_{(l)} + w_{(s)} = \frac{1}{EI} \left[\frac{F_c l^3}{3} + \frac{F_c h l^2}{2} + \frac{F_c n l EI}{bHG} \right]$$

$$E \text{ pro ocel} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$G \text{ pro ocel} = 0,808 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

Pro obdélníkový průřez nosníku $n = 2$

$$I = \frac{bH^3}{12}$$

a/Řešení průhybu držáku na destičky z řezné keramiky .

Máme dány hodnoty :

$$F_c = 810 \text{ N} ; F_f = 950 \text{ N}$$

$$b = 3,5 \text{ mm} ; H = 25 \text{ mm} ; L = 17 \text{ mm} ; h = 4,76 \text{ mm}$$

$$I = \frac{bH^3}{12} = 4558 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} w_{(l)} + w_{(s)} &= \frac{1}{EI} \left[\frac{F_c l^3}{3} + \frac{F_f h l^2}{2} + \frac{F_c n l EI}{b H G} \right] = \\ &= \frac{1}{EI} \left[\frac{F_c l^3}{3} + \frac{F_f h l^2}{2} + \frac{5,2 F_c H^2 l}{12} \right] = 0,00139 + 0,00068 + 0,0039 = \\ &= \underline{\underline{0,00597 \text{ mm}}} \end{aligned}$$

b/Řešení průhybu držáku na destičky ze slinutého karbidu.

Máme dány hodnoty :

$$F_c = 1200 \text{ N} ; F_f = 780 \text{ N}$$

$$b = 3,5 \text{ mm} ; H = 12 \text{ mm} ; L = 16 \text{ mm} ; h = 7 \text{ mm}$$

$$I = \frac{bH^3}{12} = 504 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} w_{(l)} + w_{(s)} &= \frac{1}{EI} \left[\frac{F_c l^3}{3} + \frac{F_f h l^2}{2} + \frac{5,2 F_c H^2 l}{12} \right] = 0,0155 + 0,0066 + \\ &+ 0,0113 = \underline{\underline{0,0334 \text{ mm}}} \end{aligned}$$

Zhodnocení : Porovnání tuhosti držáku na destičky ze slinutých karbidů s držákem na destičky z řezné keramiky.

Odborná literatura udává, že houževnatost řezné keramiky je 5x menší, než destiček ze slinutých karbidů, což musí respektovat průhyb držáku, jeho tuhost.

Navržený držák splňuje žádané podmínky, byl zjištěn průhyb téměř 6x menší než u držáku na destičky ze slinutého karbidu. Nesmíme však zapomínat, že na držák ze slinutého karbidu byly vyvíjeny větší síly.

Jestliže nebude možné dodržet rozměry, může být H zmenšeno na 20 mm, ale musíme zkrátit L_1 na minimum / $L_1 = 12$ až 13 mm / a nelze použít destiček z Disalu 100 a 210.

V. Návrh řezných podmínek pro vybrané materiály.

Cílem zkoušek bylo :

- zjistit závislost opotřebení hřbetních ploch /VB/ při různých řezných rychlostech na destičkách ze slinutých karbidů a řezné keramice
- zvolit řeznou rychlost v_{15}
- provést klasifikaci nástroje při jedné řezné rychlosti a určit z naměřených výsledků pomocí Studentova t - testu interval spolehlivosti střední hodnoty. Popřípadě porovnat pomocí t - testu stejné typy břitových destiček ze dvou různých druhů materiálu.

Pro oba typy zkoušek bylo použito :

Stroj :

SUI 40 s plynulou regulací otáček

Obráběný materiál :

Litina 42 24 20 ; HB = 207^2 ; $\varnothing$ 130 mm ; L = 200 mm

Měřicí přístroj :

Univerzální mikroskop Zeiss

Postup měření - opotřebení na hřbetě bylo měřeno metodikou dle návrhu normy zkoušení řezivosti jednobřitých nástrojů ze slinutého karbidu a zkoušení obrobitelnosti kovových materiálů nástrojem ze slinutého karbidu / Vladimír Gabriel, Karel Bukač / v časových intervalech 5 min.

Vzhledem ke zkrácení času trvání zkoušky a šetření materiálu vycházím z realizace krátkodobé zkoušky při snížení kritéria opotřebení. Je založena na tom, že za kritérium opotřebení volím zmenšenou hodnotu opotřebení nástroje, t.j. $VB_k = 250 \mu m$

V/1 Závislost opotřebení VB při různých řezných rychlostech

Bylo použito břitových destiček z řezné keramiky Dásal 220
s $r_{z1} = r_{z2} = 1,2 \text{ mm}$; držáku / viz kap. III/3 obr.č.3 /.

Pro sestavení T - v diagramu na destičky z řezné keramiky jsem provedl měření opotřebení VB při čtyřech řezných rychlostech. Od řezné rychlosti $v_c = 400 \text{ mmmin}^{-1}$ do $v_c = 250 \text{ mmmin}^{-1}$ / v intervalech po 50 ti mmmin^{-1} /.

Posuv $s = 0,1 \text{ mmot}^{-1}$ / při vyšším posuvu u tohoto stroje dochází k chvění /.

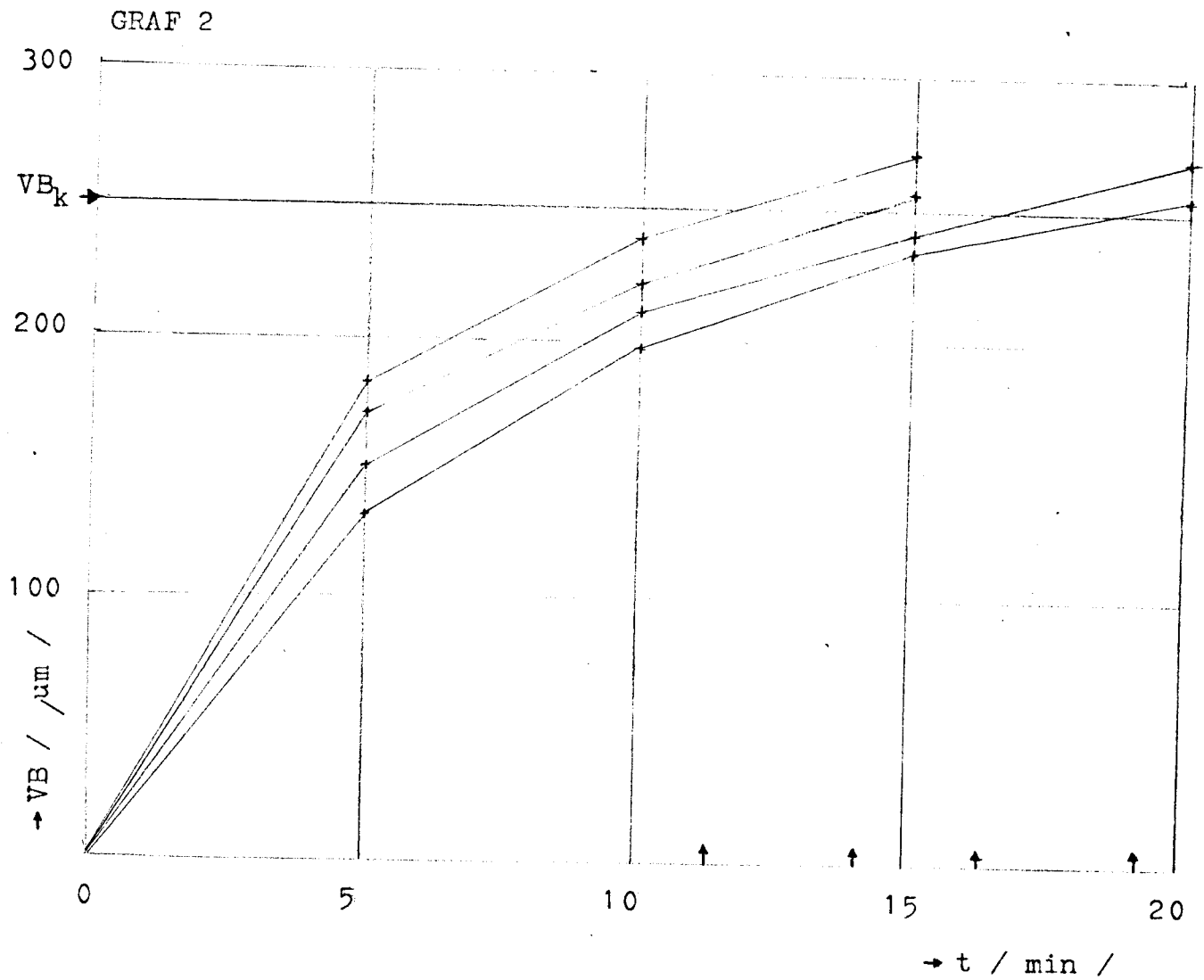
Hloubka zápichu 3 mm.

Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení

V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty opotřebení na hřbetě VB v závislosti na řezné rychlosti a době obrábění. Tyto hodnoty jsou vyneseny do grafu 2. Z diagramu byly pro kritériální opotřebení $VB_k = 0,25 \text{ mm}$ stanoveny trvanlivosti jednotlivých břitů, uvedené v tabulce 6. Z tabulky 6 byl sestaven T - v diagram / viz graf 3 /.

tab.5

v_c /m.min ⁻¹ /	Doba obrábění / min /			
	5	10	15	20
	Opotřebení hřbetu VB / mm /			
250	0,129	0,197	0,234	0,253
300	0,151	0,209	0,242	0,268
350	0,170	0,221	0,255	-
400	0,184	0,239	0,271	-

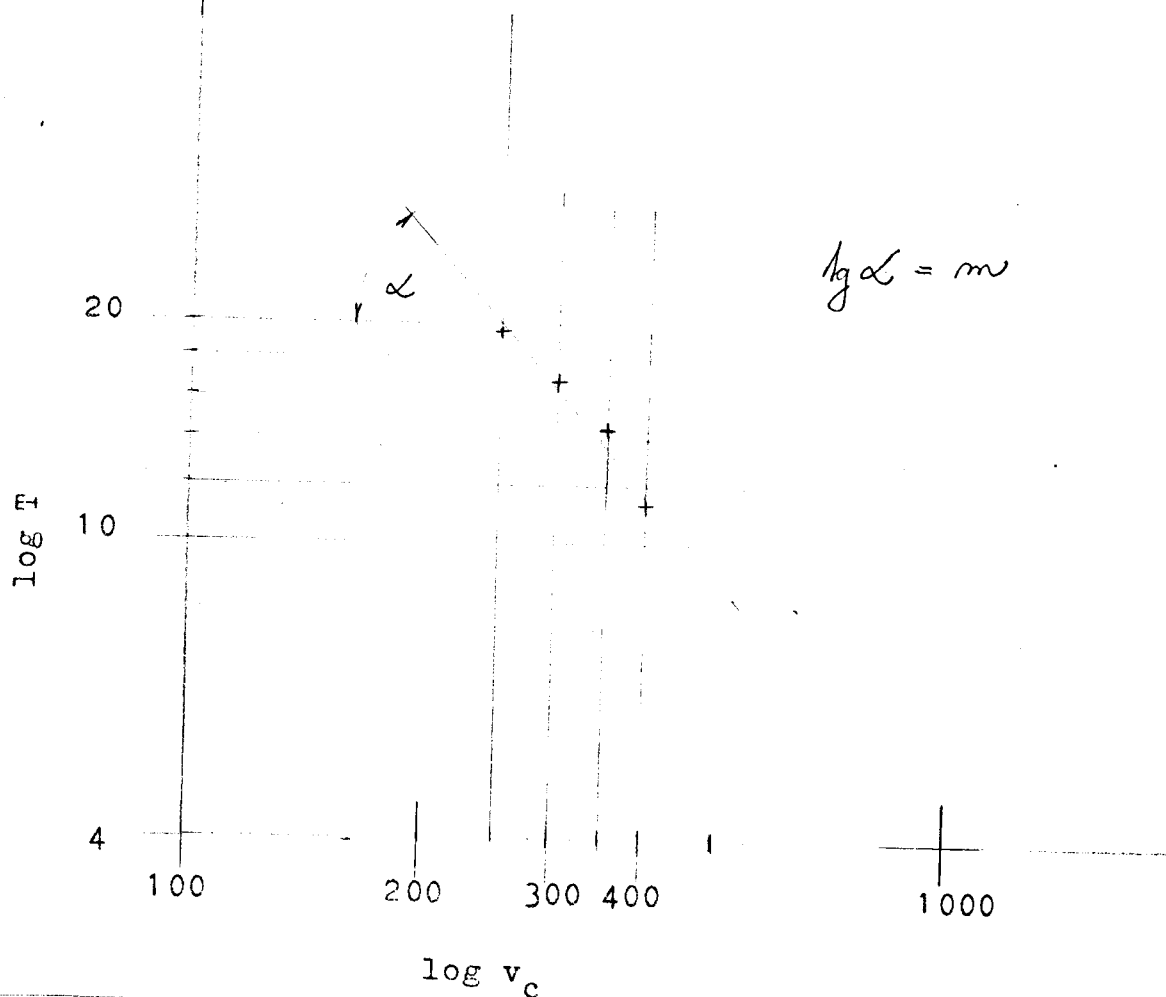


tab. 6

$v_c / \text{mm} \cdot \text{min}^{-1} /$	Trvanlivost pro $VB_k / \text{min} /$
250	19,3
300	16,5
350	14,2
400	11,5

GRAF 3

diagram T - v



Z výše uvedeného diagramu 2 vyplývá prudký vzestup počátečního opotřebení, které se po relativně krátké době stabilizuje. Pro zkoušky při jedné řezné rychlosti a při ekonomickém zhodnocení jsem zvolil řeznou rychlost v_{15} . Řezná rychlost $v_{15} = 310 \text{ m min}^{-1}$ / viz graf 3 /. Analyticky je tento diagram popsán tzv. Taylorovým vztahem.

$$T = \frac{c_T}{v_c^m}, \quad m - \text{směrnice přímky } T-v_c \text{ ve dvojité logaritmické síti}$$

c_T - konstanta rovna teoretické trvanlivosti při řezné rychlosti 1 m min^{-1}

Bylo použito destiček ze slinutých karbidů
 TYP LFUX 04 08 02 TN ; JK 206 139 600 221 00 ;
 MAT H 1 ISO K10 ;
 držáku Narex XLOFR 20 16 K 04.

Pro sestavení T - v diagramu na destičky ze slinutého karbidu jsem provedl měření opotřebení VB při třech řezných rychlostech.

Od řezné rychlosti $v_c = 50 \text{ m min}^{-1}$ do $v_c = 110 \text{ m min}^{-1}$
 / v intervalech po 30 m min^{-1} /

Posuv $s = 0,2 \text{ mm ot}^{-1}$

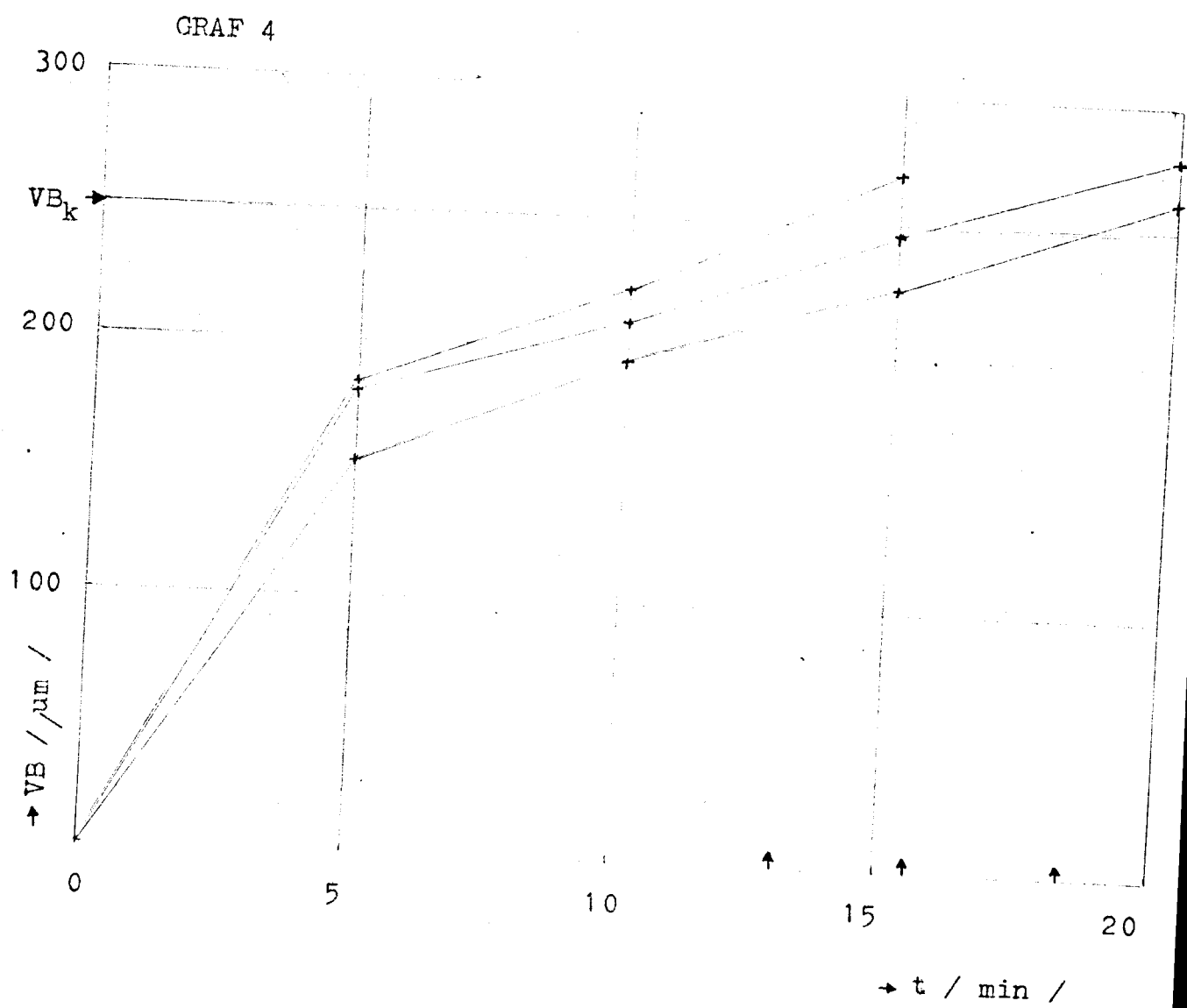
Hloubka zápichu 3 mm .

Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení

V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty opotřebení na hřbetě VB v závislosti na řezné rychlosti a době obrábění. Tyto hodnoty jsou vyneseny do grafu 4. Z tohoto grafu byly pro kritériální opotřebení $VB_k = 0,25 \text{ mm}$ stanoveny trvanlivosti jednotlivých břitů, uvedené v tabulce 8. Z tabulky 8 byl sestaven T - v diagram / viz graf 5 /.

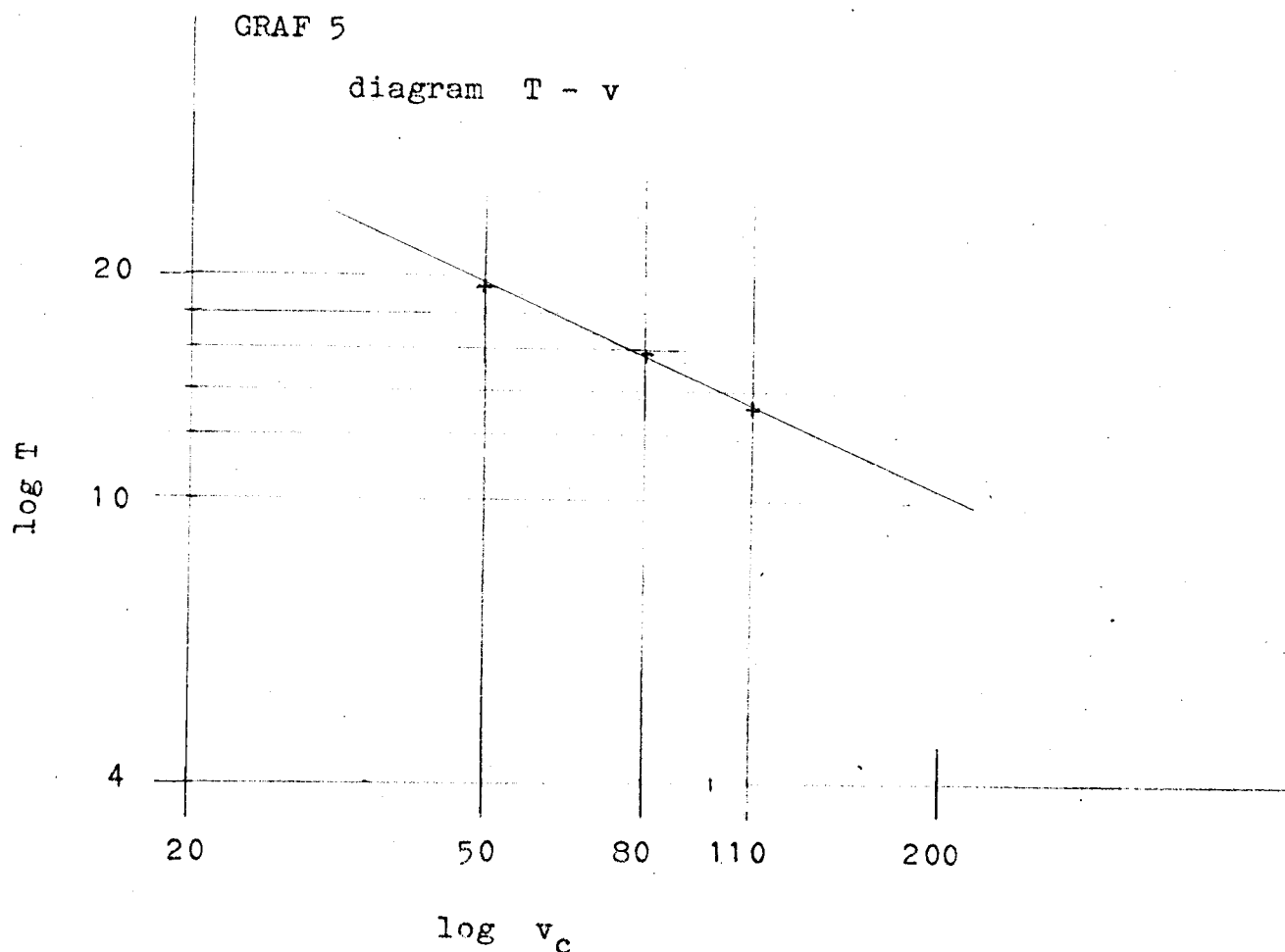
tab. 7

v_c / m min^{-1} /	Doba obrábění / min /			
	5	10	15	20
Opotřebení hřbetu VB / mm /				
50	0,152	0,195	0,225	0,262
80	0,176	0,209	0,246	0,282
110	0,179	0,221	0,271	-



tab. 8

$v_c / m \cdot min^{-1} /$	Trvanlivost pro $VB_k = 0,25 / min /$
50	18,8
80	15,6
110	13,25



Pro ekonomické zhodnocení jsem zvolil řeznou rychlost
 $v_{15} = 100 \text{ m min}^{-1}$

V/2 Stanovení trvanlivosti při jedné řezné rychlosti.

Bylo použito břitových destiček Disal 220 a Disal 400

s $r_{e1} = r_{e2} = 1,2 \text{ mm}$; držáku /viz kap. III/3 obr.č.3/

Destičky byly označeny římskými číslicemi I až III.

Disal 220 jako druh A

Disal 400 jako druh B

Řezné podmínky / dle V/1/

řezná rychlost $v_c = 310 \text{ m min}^{-1}$

hloubka zápichu 3 mm

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

Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení

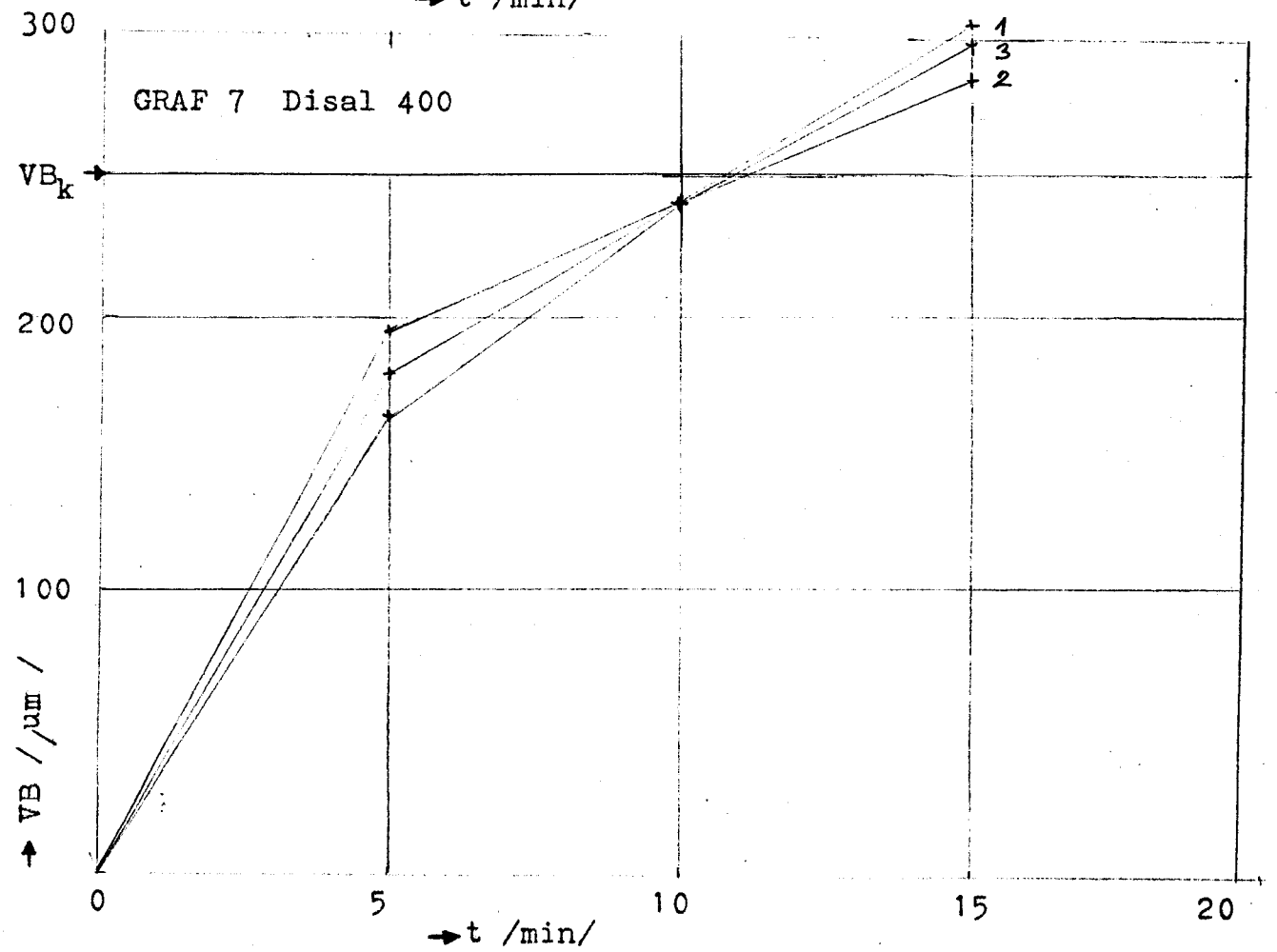
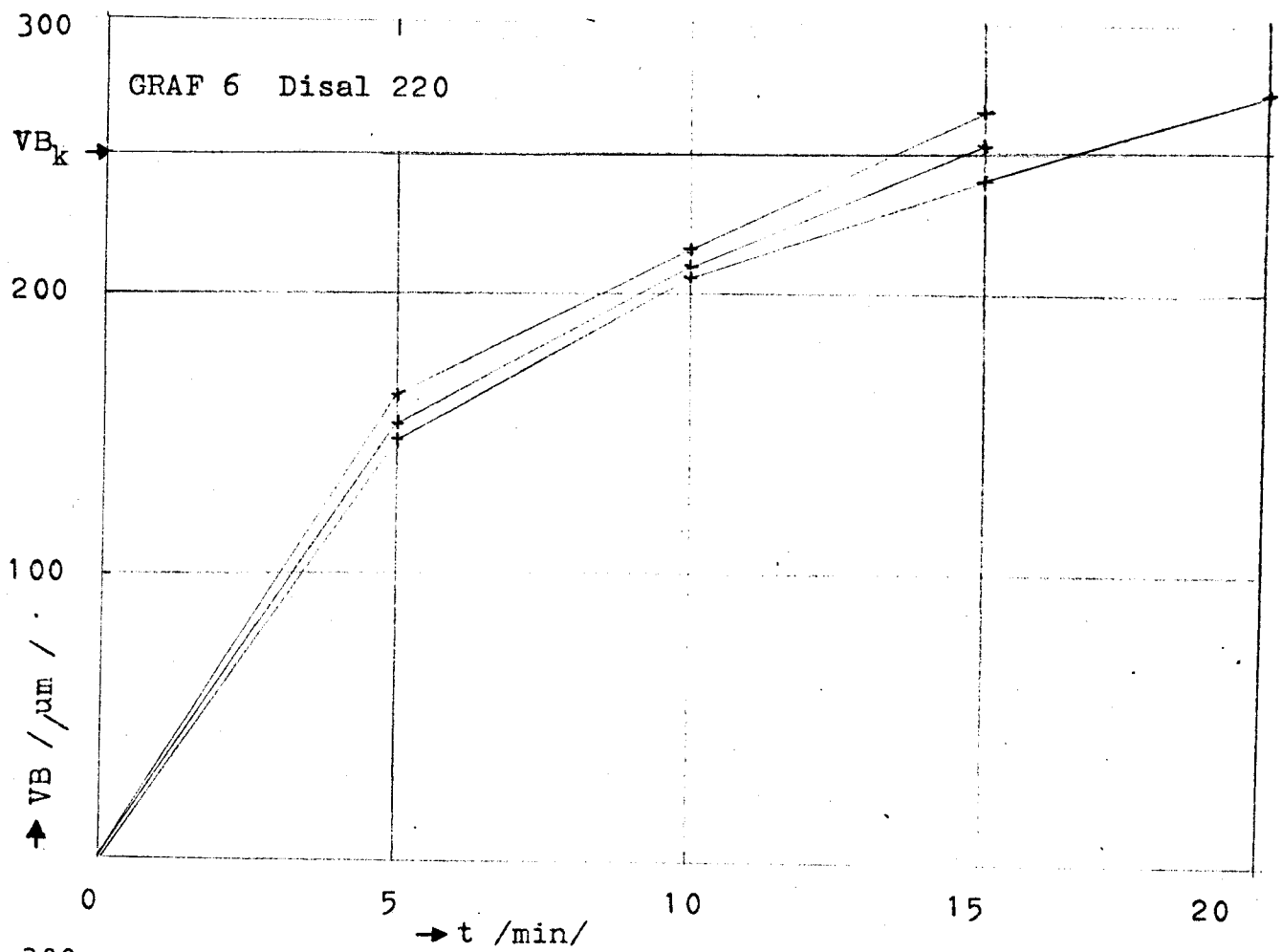
V tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty opotřebení na hřbetě VB v závislosti na době obrábění. Tyto hodnoty jsou vyneseny v grafech 6 a 7. Z těchto grafů byly pro kritériální opotřebení $VB_k = 0,25$ mm stanoveny trvanlivosti jednotlivých břitů a uvedeny v tabulce 10.

tab. 9

Druh a číslo destičky		Doba obrábění / min /			
		5	10	15	20
		Opotřebení hřbetu VB / mm /			
A	I	0,152	0,206	0,240	0,270
	II	0,154	0,211	0,252	-
	III	0,165	0,217	0,265	-
B	I	0,169	0,238	0,304	-
	II	0,180	0,243	0,285	-
	III	0,196	0,242	0,298	-

tab. 10

Destička	Trvanlivost pro $VB_k = 0,25$ mm/min/	
	A	B
I	13,5	10,4
II	14,75	10,9
III	16,55	10,7



Vyhodnocení obou skupin měření je provedeno Studentovým
t - testem.

T_A, T_B - trvanlivost destičky A, B / min /

$\bar{T}_A, \bar{T}_B$ - aritmetický průměr trvanlivosti ve skupině
A, B / min /

T_{Ai}, T_{Bi} - i-tá měření v obou skupinách

n_A, n_B - počty měření v obou skupinách

s_A, s_B - směrodatné odchylky

$t_{0,10}$ - tabulková hodnota, Studentova rozdělení pravděpodob-
nosti pro koeficient spolehlivosti 0,9

t - testovací veličina Studentova rozdělení
s $n_A + n_B - 2$ stupni volnosti

tab. 11

Destička "A"	T_A	$T_{Ai} - \bar{T}_A$	$/ T_{Ai} - \bar{T}_A /^2$
I	13,5	- 1,433	2,053
II	14,75	- 0,183	0,033
III	16,55	1,617	2,615
			$\Sigma 4,701$

$$\bar{T}_A = \frac{\sum T_{Ai}}{n_A} = 14,933, \quad s_A = \sqrt{\frac{\sum /T_{Ai} - T_A /^2}{n_A - 1}} = 1,533$$

$$\bar{T}_A \pm \frac{s_A t_{0,10}}{\sqrt{n_A}} = \underline{14,933 \pm 2,58 \text{ min}}$$

tab. 12

Destička "B"	T_B	$T_{Bi} - \bar{T}_B$	$/T_{Bi} - \bar{T}_B/2$
I	10,50	- 0,20	0,04
II	10,90	0,20	0,04
III	10,70	0,00	0,00
			Σ 0,08

$$T_B = \frac{\Sigma T_{Bi}}{n_B} = 10,7 ; s_B = \sqrt{\frac{\Sigma /T_{Bi} - T_B/2}{n_B - 1}} = 0,2$$

$$T_B \pm \frac{s_B t_{0,10}}{\sqrt{n_B}} = 10,7 \pm 0,34 \text{ min}$$

$$t = \frac{\bar{T}_A - \bar{T}_B}{\sqrt{\Sigma /T_{Ai} - T_A/2 + \Sigma /T_{Bi} - T_B/2}} \cdot \sqrt{\frac{/n_A + n_B - 2/.n_A.n_B}{n_A + n_B}}$$

$$= \frac{14,933 - 10,7}{\sqrt{4,701 + 0,08}} \cdot \sqrt{\frac{/3 + 3 - 2/.3.3}{3 + 3}} = 4,74$$

Pro $n_A + n_B - 2$ stupňů volnosti je $t_{0,10} = 1,90$

Protože $t > t_{0,10}$, je rozdíl mezi T_A a T_B statisticky významný na hladině významnosti 0,1.

Zhodnocení :

Jestliže porovnáme vyměnitelné břitové destičky Disal 220 a 400 při konstantní rychlosti a posuvu / viz výše uvedené grafy / jeví se lepší Disal 220, protože se u něho projevila vyšší průměrná trvanlivost, a to více jak o jednu čtvrtinu.

Je možné, že pro jiný druh materiálu než litina

42 24 20 bude výhodný Disal 400, neboť jeho větší houževnatost umožňuje vyšší stupeň opotřebení hřbetu. Nelze mezi sebou jednostránně porovnávat jednotlivé druhy břitových destiček. Specifické materiálové vlastnosti určují jejich výběr pro obráběný materiál.

VI. Ekonomické zhodnocení.

Ekonomické zhodnocení obrábění břitovými destičkami ve srovnání se slinutými karbidy by mělo podat obraz výhodnosti, nebo nevýhodnosti jejich nasazení. Je zpracováno podle statě Jiřího Cejnara - Ekonomické aspekty nasazení vrtacích a frézovacích nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami, ze závěrů V. mezinárodního vědeckého sympozia VŠST Liberec - TU Dresden / 1988, str. 47 + 50 /.

Je třeba odvodit náklady na životnost jedné řezné hrany řezného elementu N_{hRK} / řezná keramika / a N_{hSK} / slinutého karbidu /.

$$N_{hRK} = \frac{Cd + Ce + Ne}{Fv}$$

$$N_{hRK} = \frac{1150 + 200 \cdot 50 + 50 \cdot 200}{200} = 100,75$$

$$N_{hSK} = \frac{300 + 200 \cdot 25 + 150 \cdot 200}{200} = 176,5$$

Cd = cena držáků řezných elementů

Ce = cena řezných elementů na dobu životnosti držáku

Ne = náklady na výměnu řezných elementů / seřízení stroje /

Fv = počet výměn řezných elementů

Držák na destičky ze slinutých karbidů se vyrábí seriově a jeho cena je 300 Kč. U držáku na destičky z řezné keramiky jde o výrobu prototypu, cena je 1150 Kč.

Cena řezných elementů v dvousměnném provozu za 1 rok odpovídá ceně 200 destiček, protože počítáme s každodenním nasazením nové destičky. Cena destičky ze slinutých karbidů je 25 Kč, cena destičky z řezné keramiky by se podle současného stavu výroby měla pohybovat kolem 50 Kč.

Rozhodující položkou jsou náklady na výměnu řezných elementů. U destičky ze slinutých karbidů je nutné provést

kromě výměny také celkové seřízení stroje, které u destiček z řezné keramiky odpadá. Proto je rychlost nasazení řezné keramiky 3x větší. U destiček ze slinutých karbidů potřebujeme na výměnu a seřízení 15 min, u destiček z řezné keramiky jen 5 min. Protože vycházím z průměrné ceny práce NC stroje za 1 hod., což je 600 Kč, představují cenové náklady na výměnu u destiček ze slinutých karbidů 150 Kč, u destiček z řezné keramiky 50 Kč.

Koeficient zvýšení výkonnosti nástroje.

$$K_v = \frac{O_h}{O_s} = \frac{310 \cdot 0,1}{100 \cdot 0,2} = 1,55$$

O_h = objem materiálu odebraný za časovou jednotku hodnoceným nástrojem / řeznou keramikou /

O_s = objem materiálu odebraný za časovou jednotku srovnávaným nástrojem / slinutý karbid /

Specifickou vlastností řezné keramiky je obrábění velkými řeznými rychlostmi a menší posuv než u slinutých karbidů. Ačkoli byl posuv u slinutých karbidů při zkouškách dvojnásobný, více jak trojnásobná řezná rychlost u řezné keramiky má za následek vyšší objem materiálu odebraný za časovou jednotku a koeficient zvýšení výkonnosti nástroje vychází 1,55.

Konečné hodnocení ekonomické efektivnosti nasazení hodnoceného nástroje je nutno uskutečnit přepočtem nákladů na jednotku obrábění u hodnoceného nástroje za pomoci následujícího vztahu :

$$N_{jh} = \frac{N_{hRK}}{K_v} = \frac{100,75}{1,55} = 65$$

Konečnou představu o vzájemném poměru hodnot dosahovaných

v oblasti vynaložených nákladů nástrojem hodnoceným a nástrojem srovnávaným nám potom poskytuje koeficient nákladů na jednotku obrábění, kde za základní je brána hodnota dosahovaná nástrojem srovnávaným podle vzorce :

$$K_n = \frac{N_{jh}}{N_{hSK}} = \frac{65}{176,5} = 0,37$$

Výhodné jsou ty případy, kdy hodnota $K_n < 1$.

V našem případě činí hodnota koeficientu nákladů na jednotku obrábění 0,37 , což představuje snížení nákladu na jednotku obrábění ve výši 63%. Měla by tedy být řezná keramika pro uživatele ekonomicky výhodná.

VII. Závěr

Práce byla zaměřena teoreticky i prakticky. Cílem bylo objasnit vlastnosti a použití řezné keramiky Dias, pro operaci upichování navrhnout tvar břitové destičky a držáku zapichovacího nože, na navrženém držáku porovnat tuhost se sériově vyráběným držákem na destičky ze slinutých karbidů, přičemž musíme brát v úvahu 4x + 5x menší houževnatost destiček z řezné keramiky. Nakonec šlo o to porovnat navrženou destičku z řezné keramiky s destičkou ze slinutých karbidů.

Dospěl jsem k následujícím závěrům. Držák na destičky z řezné keramiky pro operaci upichování musí mít minimální velikost $H = 20 \text{ mm}$ / t.j., výšku části držáku, kde se upíná destička /, a to ještě za předpokladu použití houževnatějších destiček.

Destičkami z řezné keramiky pro operaci upichování lze oproti destičkám ze slinutých karbidů obrábět více jak 3x většími řeznými rychlostmi, ale polovičním posuvem. Destička z řezné keramiky se vyrábí obráběním, její rozměry jsou přesnější než u destiček ze slinutých karbidů, která je lisovaná. Upínání destiček je rozdílné. Držák s "pevným upnutím" na destičky z řezné keramiky je výhodnější, než držák "samosvorný" na destičky ze slinutého karbidu. U břitové destičky je proto o 2/3 rychlejší výměna a seřízení stroje.

Obrábění řeznou keramikou vyžaduje použití stroje s dokonalou tuhostí a šetrné zacházení s destičkou. Je potřebné věnovat pozornost eliminaci náhodných vlivů poškození destičky v záběru a tím následnému poškození nákladného držáku.

Ekonomické zhodnocení ukázalo, že správné využití břitové destičky přináší ve srovnání s destičkou ze slinutých karbidů přínos více jak 110 Kč / ks , Je to odečet nákladů na životnost jedné řezné hrany slinutého karbidu od přepočtených nákladů na jednotku obrábění jedné řezné hrany /trvanlivost břitu/ břitových destiček / náklady na životnost břitu řezné keramiky podělené koeficientem výkonnosti nástroje/.

Závěrem mohu říci a zkoušky i výpočty to potvrdily, že vezmeme-li v úvahu výše uvedené přednosti i problémy, jsou destičky z řezné keramiky pro vybraný obráběný materiál výhodné.

P O D Ě K O V Á N Í

Děkuji Doc. Ing. Vladimíru Gabrielovi, CSc., vedoucímu katedry obrábění a montáže VŠST Liberec za vedení, pomoc, připomínky a cenné rady.

Ing. Vladimíru Šídovi, CSc. z Diasu Turnov především za vytvoření podmínek pro splnění praktické části práce a odborné rady.

Dále pak Ing. Aleši Průškovi, CSc.
a Doc. Ing. Jiřímu Cejnarovi, CSc. z VŠST Liberec.

Obsah příloh :

Příloha I - Stanovení objemové hmotnosti, tvrdosti HV 10 a drsnosti povrchu	2
Příloha II - Výsledky měření sil F_c a F_f na zapisovači MTA 175	4
Příloha III - Obrázky opotřebení hřbetu a čela u destiček z Disalu 220 a 400	5
Příloha IV - Kritické hodnoty rozdělení $t_{0,10}$	7

Příloha I.

Příloha obsahuje :

1/Stanovení objemové hmotnosti :

Provádí se podle ČSN 72 50 10 metodou dvojího vážení - na vzduchu a pod vodou. Stanovení se provádí na hotových výrobcích. Objem se zjistí hydrostatickým vážením na tenkém závěsu.

Objemová hmotnost OH / g cm^{-3} / se vypočítá podle vzorce :

$$OH = \frac{m_s}{m_n - m_n'} \cdot \rho_v$$

m_s - hmotnost vysušeného vzorku /g/

m_n - hmotnost vzorku nasyceného vodou váženého na vzduchu /g/

m_n' - hmotnost nasyceného vzorku váženého ve vodě /g/

ρ_v - hustota vody / g cm^{-3} /

Měření bylo provedeno na třech kusech břitových destiček jednotlivých druhů vahou Sartorius 2001 s odečtem 0,0001 g .

Povolené rozsahy - uvádím dle předpisu Dias.

Disal 210 : $4,15 \div 4,28 \text{ g cm}^{-3}$

Disal 220 : $4,00 \div 4,10 \text{ g cm}^{-3}$

Disal 400 : $3,18 \div 3,23 \text{ g cm}^{-3}$

Výsledky :

Disal 210 : $4,21 \text{ g cm}^{-3}$

Disal 220 : $4,06 \text{ g cm}^{-3}$ a Disal 400 : $3,23 \text{ g cm}^{-3}$

2/Stanovení tvrdosti dle Vickerse :

Provádí se podle ČSN 42 03 74 na přístroji Herkert - HMO 10u na vyleštěné ploše čela břitové destičky / destička bez 90° úhlu /. Zatížení 98 N , časová prodleva zatížení 15 s . Měřícím okulárem se změří obě uhlopříčky vrypu a vypočítá se průměr. Tvrdost HV 10 /tvrdost při zatížení 10 kp/ se vypočítá podle vzorce :

$$HV 10 = \frac{F \cdot 0,189}{d^2}$$

F - zkušební zatížení /N/

d - úhlopříčka vtisku /mm/

Povolené rozsahy :

Disal 210 : 1700

Disal 220 :

Disal 400 : 1600

Výsledky :

Disal 210 : 1750

Disal 220 : 1682

Disal 400 : 1650

3/Stanovení drsnosti povrchu Ra :

Měření bylo provedeno na přístroji Diavit MT - 20 .

Výsledky :

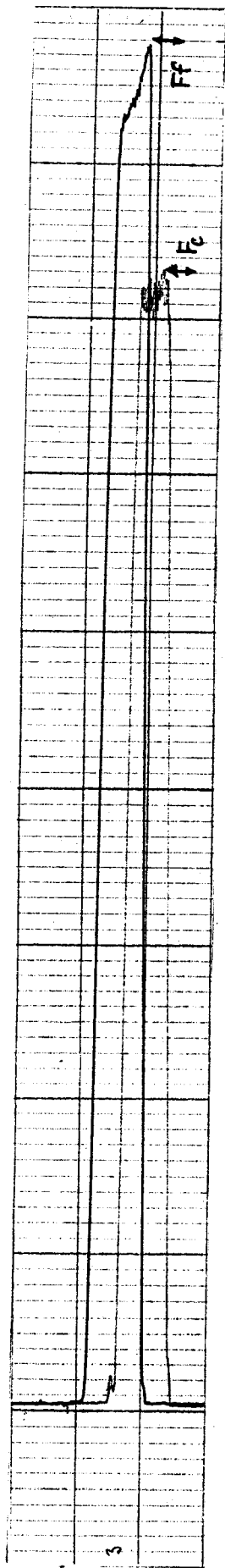
Disal 210 : hřbet = $0,20 \pm 0,35$ μm , čelo = $0,25 \pm 0,30$ μm

Disal 220 : hřbet = $0,25 \pm 0,35$ μm , čelo = $0,18 \pm 0,23$ μm

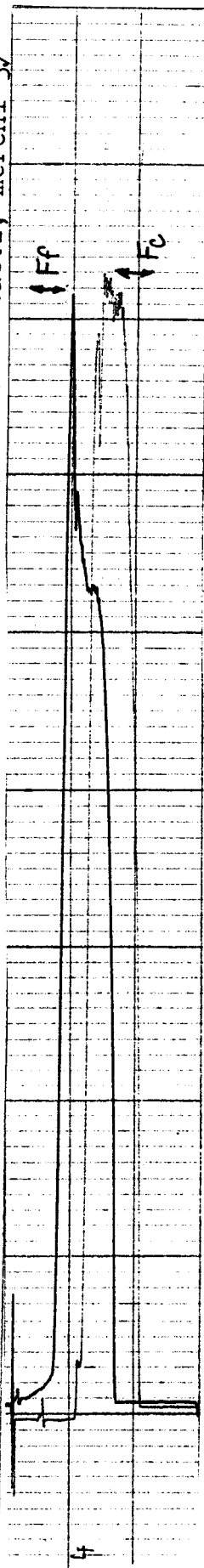
Disal 400 : hřbet = $0,30 \pm 0,38$ μm , čelo = $0,16 \pm 0,22$ μm

Příloha II.

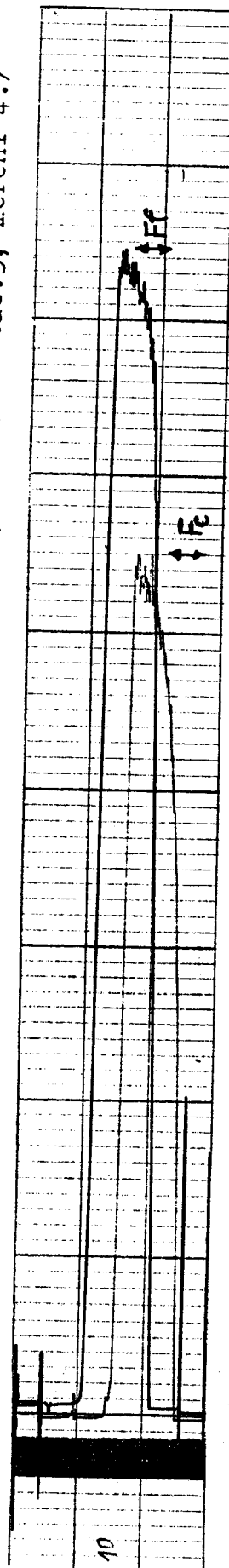
Výsledky měření sil F_c a F_f na zapisovači MTA 175 .



Měření sil na řezné keramice Disal 220 s $r_{\Sigma 1} = r_{\Sigma 2} = 1,2 \text{ mm}$; řezná rychlost $v_c = 283 \text{ m/min}$;
posuv $s = 0,12 \text{ mm ot}^{-1}$. Výsledky : $F_c = 0,82 \text{ kN}$; $F_f = 0,95 \text{ kN}$ /viz tab.2, měření 3/



Měření sil na řK Disal 210 s $r_{\Sigma 1} = 1,8 \text{ mm}$, $r_{\Sigma 2} = 1,0 \text{ mm}$, řezná rychlost $v_c = 283 \text{ m min}^{-1}$;
posuv $s = 0,12 \text{ mm ot}^{-1}$. Výsledky: $F_c = 0,81 \text{ kN}$; $F_f = 0,77 \text{ kN}$ /viz tab.3, měření 4./



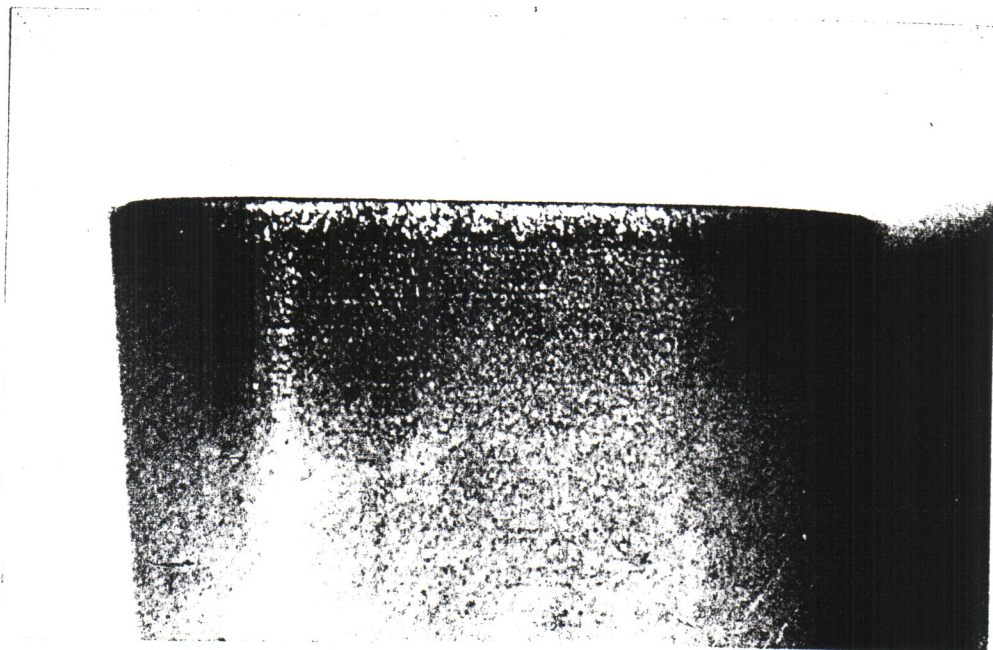
Měření sil u slinutého karbidu ; řezná rychlost $v_c = 88 \text{ m min}^{-1}$; posuv $s = 0,205 \text{ mm ot}^{-1}$;
Výsledky: /u F_c násobit 2, změněn rozsah / $F_c = 1,20 \text{ kN}$; $F_f = 0,78 \text{ kN}$;
/viz tab.4, měření 10./

Příloha III.

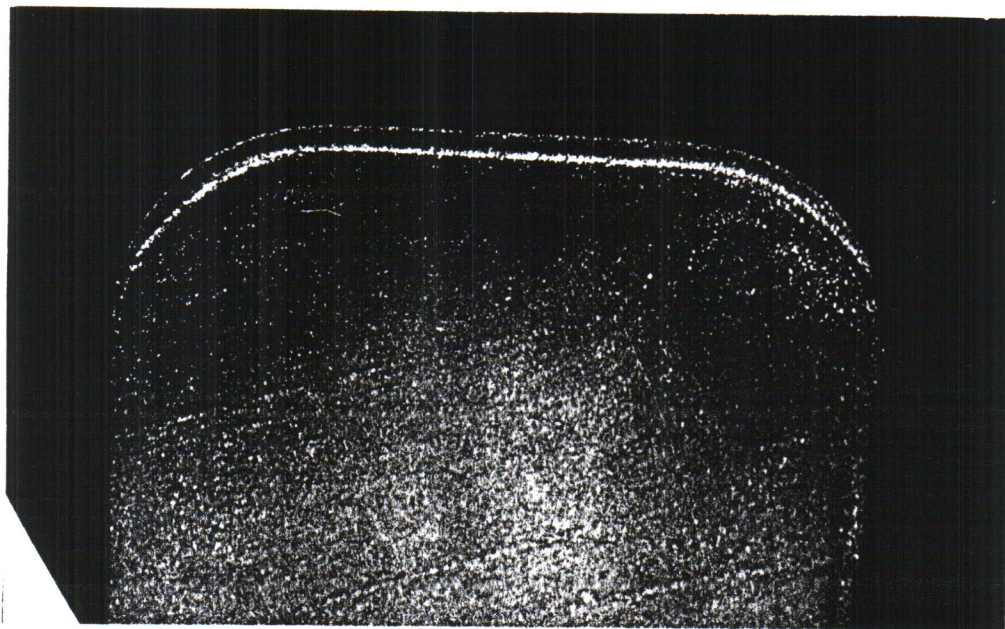
Obrázky opotřebení hřbetu a čela u destiček z Disalu 220.

Řezná rychlost $v_c = 310 \text{ m min}^{-1}$; posuv $s = 0,1 \text{ mm ot}^{-1}$;

čas $t = 15 \text{ min}$

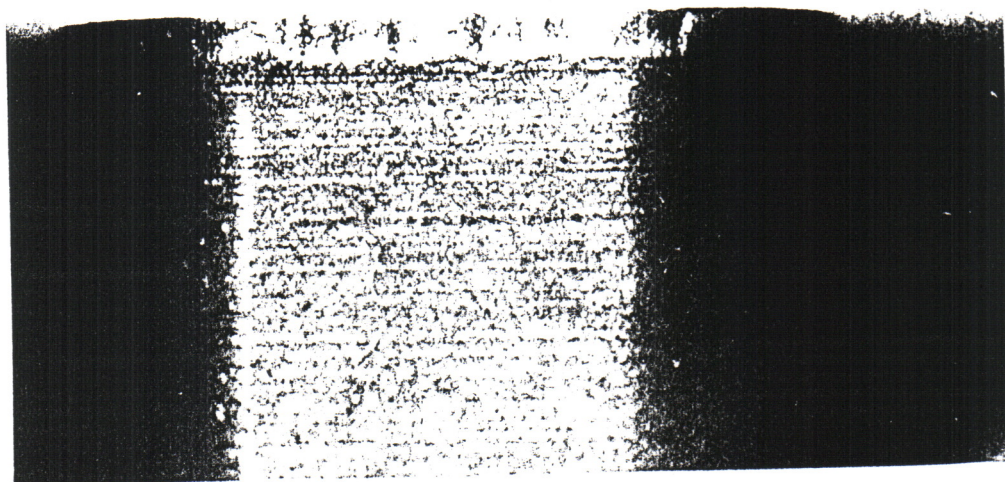


Opotřebení hřbetu $VB = 252 \text{ } \mu\text{m}$

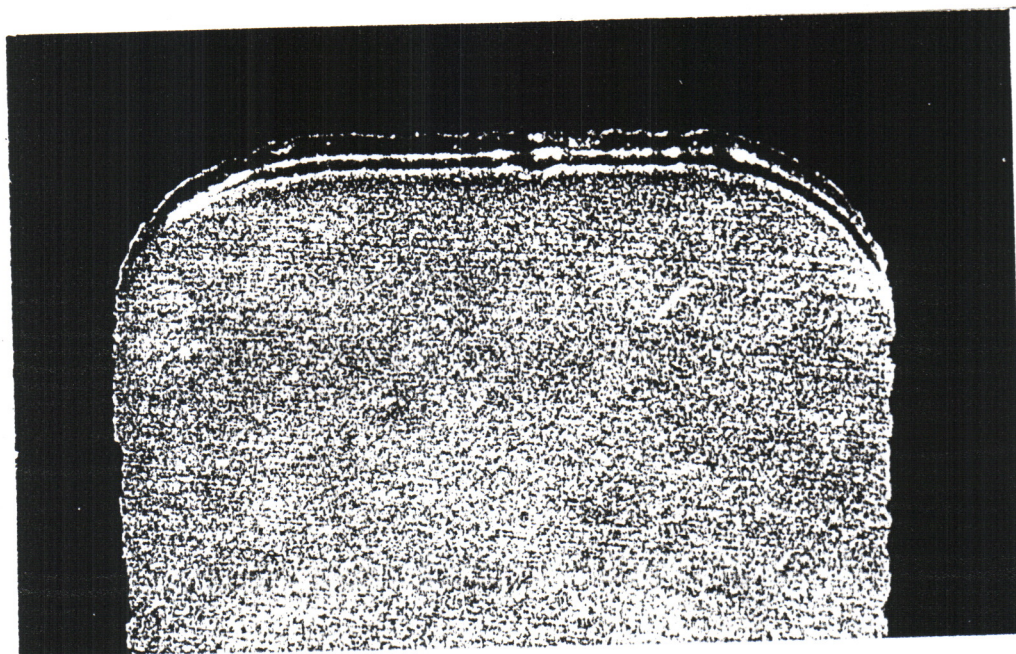


Opotřebení čela

Obrázky opotřebení hřbetu a čela u destiček z Disalu 400.
Řezná rychlost $v_c = 310 \text{ m min}^{-1}$; posuv $s = 0,1 \text{ mm ot}^{-1}$;
čas $t = 15 \text{ min}$



Opotřebení hřbetu $VB = 298 \text{ } \mu\text{m}$



Opotřebení čela

Příloha IV.

Kritické hodnoty rozdělení $t_{0,10}$.

Pravděpodobnost, že střední hodnota trvanlivosti břitu leží v uvedeném intervalu spolehlivosti je 0,9 .

Počet stupňů volnosti	$t_{0,10}$
1	6,313 8
2	2,920 0
3	2,353 4
4	2,131 8
5	2,015 0
6	1,943 2
7	1,894 6
8	1,859 5
9	1,833 1
10	1,812 5
11	1,795 9
12	1,782 3