

Vysoká škola strojní a textilní Liberec
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23 - 07 - 8 - strojírenská technologie

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

OVĚŘOVACÍ ZKOUŠKY VYMĚNITELNÝCH DESTIČEK

A ŘEZNÉ KERAMIKY

KOM - OM - 299

Mirach Tesema

Vedoucí práce: ing. V. Gabriel / KOM - VŠST Liberec /

Konzultant: ing. V. Křemen / k.p. Nářadí Děčín /

Počet stran:	61
Počet příloh:	20
Počet tabulek:	20
Počet obrázků:	20
Počet výkresů:	0
Počet modelů:	0
Jiné přílohy:	0

Vysoká škola: **strojná a textilní**
Katedra: **strojírenská a montážní**

Fakulta: **strojná**
Školní rok: **1985-86**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Mirach Tesema**

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

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

Název tématu: **Ověřovací zkoušky vyměnitelných destiček a řezné keramiky**

Zásady pro vypracování:

1. Problematika obrábění řeznou keramikou
2. Současný stav výroby řezné keramiky ve světě a v ČSSR
3. Návrh metodiky zkoušek břitových destiček z řezné keramiky s malou tloušťkou
4. Výsledky zkoušek, zhodnocení, využitelnost tenkých destiček z řezné keramiky
5. Závěr

V 298/86 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 6
PSČ 461 17

KOM/OM

429
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah průvodní zprávy: **50 - 60 stran**

Seznam odborné literatury:

Podklady firem Diam, Feldmühle a Náradí k.p.

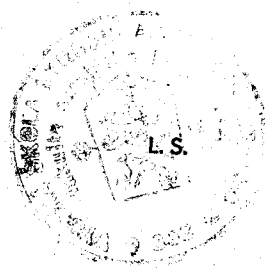
**Azin, A.: Ověření nových typů keramických břitových destiček
/Diplomová práce/ VŠST, Liberec 1984**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimír Gabriel**

Konsultant: Ing. Václav Křemen, Náradí k.p. Děčín

Datum zadání diplomové práce: **30. 9. 1985**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. 5. 1986**



Garda
Doc. Ing. Jaromír Garda, CSc.
Vedoucí katedry

Alaxin
Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.
Děkan

V **Liberci** dne **20. 9.** 19 **85**

P R O H L Á Š E N Í

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

V Liberci dne 23.5.1986

224
MERACH TĚSMA
vl. podpis

VŠST	- 4 -	SF/CM
	OBSAH	str.
	Úvod	6
1.	Keramické řezné materiály	7
1.1	Problematika obrábění řeznou keramikou	8
2	Druhy a vlastnosti keramických řezných materiálů	10
2.1	Základní druhy keramických materiálů	10
2.2	Fyzikálně mechanické a technologické vlastnosti ŘK	11
2.2.1	Tvrdost	11
2.2.2	Odolnost proti opotřebení	12
2.2.3	Pevnost v tlaku	13
2.2.4	Pevnost v ohybu	13
2.2.5	Odolnost proti náhlým změnám teploty	13
3	Řezná keramika v ČSSR	14
3.1	Možné způsoby řezné keramiky v ČSSR	14
3.2	Dodatečné zpracování polotovarů	15
3.3	Struktura a složení korundové keramiky	15
3.4	Mechanické tepelné a chemické vlastnosti čs. keramiky DISAL 100	16
3.5	Zásady pro použití čs. řezné keramiky	17
4	Technologie výroby polotovarů	20
4.1	Surovina a její zpracování	20
4.2	Příprava hmoty	21
4.3	Tažení polotovarů	21
4.4	Sušení a přežah	21
4.5	Řezání	22
4.6	Výpal	22
4.7	Konečné opracování polotovarů řezných destiček	22
5	Řezná keramika v zahraničí	25
5.1	SPK - Feld mühle	25
5.2	KRUPP WIDIA	26
5.3	SECC	27
5.4	KENNAMETAL	28
5.5	WALTER	29
5.6	VALENITA Modco	29
5.7	Ostatní výrobci	30
5.8	Řezná keramika socialistických států SSSR	31
5.9	Řezná keramika NDR	32
6.	Oblasti použití řezné keramiky	33
7.	Rozšíření oblastí použití řezné keramiky	37

VŠST	-5 -	SF/OM
7.1	Rozsah použití různých druhů řezné keramiky	37
7.2	Řezné podmínky a doporučené druhy řezné keram. podle podkladů fy Feldmühle	37
7.3	Rozsah použití řezné keramiky u litiny	39
7.3.1	Rozsah použití řezné keramiky u oceli	40
7.3.2	Soustružení s chladicí kapalinou	40
7.3.3	Jemné soustružení	40
7.4	Podmínky aplikace řezné keramiky	41
7.4.1	Z hlediska stroje	41
7.4.2	Z hlediska nástroje	41
7.4.3	Z hlediska obrobku	41
7.5	Keramické destičky	41
7.5.1	Druhy břitových destiček Fy SPK-Feldmühle	41
7.5.2	Druhy břitových destiček fy KRUPP Widia	42
7.5.3	Druhy břitových destiček fy SECO	43
7.5.4	Druhy břitových destiček n.p. DIAS Turnov	43
7.6	Konstrukce nožových držáků	43
7.7	Označení břitových destiček	44
7.8	Geometrie nožů s keramickými břitovými des t.	44
7.9	Opotřebení nástrojů z keramických materiálů	46
7.9.1	Prvopočáteční opotřebení	46
7.9.2	Otěr břitu	47
7.9.3	Křehké lomy břitu	48
7.9.4	Plastické deformace břitu	49
7.9.5	Formy otupení břitu	49
8	Oblast utváření	50
9	Zkoušky keramických břitových destiček	54
9.1	Statická měření	54
9.2	Oblast utváření	56
9.3	Trvanlivost břitové destičky	58
9.4	Zhodnocení výsledků	59
10	Závěr	60
11	Seznam literatury	61

Ú v o d

S růstem produktivity obrábění úzce souvisí též vývoj nových materiálů na řezné části nástrojů. Hlavním parametrem, na který se vývoj zaměřuje je tepelná odolnost nástrojů a možnost zvyšování řezných rychlostí při obrábění. Počátkem tohoto století přispěly značně ke zvýšení produktivity obrábění rychlořezné oceli, které snesou zahřátí na 500 - 600 °C bez podstatného zmenšení tvrdosti. Jejich zavedením se výkon obrábění zvýšil o 20 - 80 % oproti nástrojovým materiálům z uhlíkových a nízkolegovaných ocelí.

Další vývojový stupeň "Stelity" se pro svou křehkost, citlivost na nesprávné zacházení a vysokou cenu příliš neosvědčily a jejich uplatnění bylo malé. Byly to však první nezelezné nástrojové materiály, které tvoří přechod ke slinutým karbidům.

První slinuté karbidy uvedla na trh v roce 1926 firma Krupp pod názvem Widia a jejich výroba přinesla zvýšení produktivity obrábění o 300 - 600 % oproti nástrojům z rychlořezné oceli. V posledních letech se začínají používat slinuté karbidy povlakované karbidem či nitridem titanu, nebo jejich spojení v karbonitrid. Kombinací velmi tvrdého povlaku s houževnatým podkladovým materiálem se dosahuje několikanásobně vyšší odolnosti proti opotřebení za vysokých teplot. Povlaky z karbonitridu titanu spojují výhodné vlastnosti TIC a TIN, tedy jak snížení otěru na hřbetě nástroje /VB/, tak snížení vymílání čela /KT/ a dobré spojení s podkladovým slinutým karbidem.

Novým materiálem, který nabývá významu jsou keramické řezné materiály.

1. KERAMICKÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY

Vývoj keramických řezných destiček přinesl mnoho výhod oproti všem dřívějším nástrojovým materiálům. Tyto destičky jsou tvrdší a odolnější proti opotřebení a zachovávají si své vlastnosti i za vysokých teplot. Nejdůležitější je to, že náklady na jejich suroviny jsou podstatně levnější než deficitní kovy pro výrobu destiček ze slinutých karbidů. Hlavní ekonomický efekt použití keramických destiček ve strojírenských provozech je ve zkrácení strojních časů. Přesné kování, tváření a další metody ponechávající minimální přídavek na obrábění, vytvářejí předpoklady pro opracování součástí v co nejkratším čase. Zkrácení strojních časů při obrábění načisto lze dosáhnout zvýšenými řeznými rychlostmi. Keramické materiály dovolují v současné době pracovat se zvýšenými řeznými rychlostmi až čtyřikrát vyššími, než jsou používané u materiálů ze slinutých karbidů.

Podle údajů na III. EMO Milano 1979 je předpoklad nasažení řezné keramiky v příštích deseti letech až 30 - 35 % z objemu třískového obrábění. Současný stav je 5 - 6 %.

Výsledky výzkumných prací a výsledky praktického využití keramických destiček jasně dokazují, že keramické řezné materiály zaujaly stálé místo ve vývoji materiálů. Z tohoto hlediska se také na vývoj, výzkum a ověřování vlastností keramických destiček klade značný důraz.

1.1. Problematika obrábění řeznou keramikou

V celkové struktuře strojírenské technologie je podíl obrábění a požadavek neustálého zvyšování produktivity práce stále rozhodující. Podle statistických propočtů má tento podíl obrábění v důsledku vzrůstu ostatních výrobních metod tvořit asi 30 % celkového rozsahu strojírenské výroby. V tomto rozsahu obsahuje technologické obrábění velmi náročné operace, které rozhodují o přesnosti nejdůležitějších strojírenských součástí.

Tato vlastnost obrábění zdůrazňuje význam řezných nástrojů pro strojírenský průmysl.

Kromě toho je nesporné, že řezné nástroje podstatně ovlivňují hospodárnost výroby a růst produktivity práce, zejména materiálem, optimálními úhly, dále správnými rozměry z hlediska pevnosti, tuhosti a trvanlivosti nástrojů.

Vlastnosti řezné keramiky byly v průběhu posledních deseti let stále zlepšovány.

Zlepšení jakosti je možné intenzivními vývojovými a výzkumnými pracemi, jakož i nasazením nejmodernějších výrobních a kontrolních zařízení.

Hlediska s cílem zlepšení kvality:

- a/ snížení opotřebení břitu u všech soustružnických operací
- b/ zabránění lomu na řezné hraně u všech soustružnických operací
- c/ použitelnost řezné keramiky při soustružení s chlad. kapalinami
- d/ zlepšení trvanlivosti u soustružnických operací s přerušovaným řezem
- e/ dobrá obrobitelnost litiny a ušlechtilých ocelí

Aby bylo možno splnit tento požadavek, musí být známa fyzikálně-chemická a technologická kritéria, která musí řezná keramika splňovat, aby bylo možno splnit shora uvedené nároky.

Rozhodující kritéria jsou:

- a/ volba a složení základních surovin
- b/ hustota a zbytková poréznost
- c/ velikost zrna, rozdělení spékaného materiálu
- d/ pevnost v tlaku a ohybu
- e/ tvrdost
- f/ odolnost proti opotřebení
- g/ stálost při změnách teploty

Vyjmenované vlastnosti materiálu musí na sebe vzájemně navazovat tak, že v podmínkách použití vedou ke zlepšení trvanlivosti, což si vyžaduje částečný kompromis mezi požadovanými vlastnostmi.

Z tohoto důvodu se v současné době na trhu vyskytují dva druhy keramických řezných materiálů. "Čistá" - kysličnicková keramika a "směsná", jež je kombinací kysličnickové keramiky a karbidu kovu.

2. DRUHY A VLASTNOSTI ŘEZNÝCH MATERIÁLŮ

Vyráběné keramické řezné materiály lze v zásadě podle složení rozdělit na 3 skupiny:

- čisté oxidy / skoro čistý Al_2O_3 /
- kovevé oxidy / Al_2O_3 + příměsi kovů /
- karbidové oxidy / Al_2O_3 s příměsí karbidů /

Keramický řezný materiál na bázi Al_2O_3 se vyznačuje velkou tvrdostí ve srovnání s jinými řeznými materiály, proto se keramické destičky při teplotách kolem $1\,000\text{ }^\circ\text{C}$ jen neznatelně prohýbají a v důsledku velké tvrdosti nevykazují plastické deformace. Keramický řezný materiál si také zachovává svoji tvrdost a dostatečnou pevnost proti lomu a vzdornost proti opotřebení při značně vyšších teplotách než slinuté karbidy. Keramický materiál dovoluje větší namáhání břitu, takže může být použit při značně větších řezných rychlostech než jiné řezné materiály. Nevýhodou keramického materiálu je velice malá stálost proti teplotním změnám. Např. náhlá změna teploty o $200\text{ }^\circ\text{C}$ způsobuje rozrušení čistého oxidu. Značného zlepšení se dosahuje použitím příměsí TIC nebo WC. Takto byly vyvinuty a vyrobeny karbidové oxidy s lepší odolností proti těmto tepelným šokům, takže s tímto keramickým řezným materiálem je možno obrábět nejen za sucha, ale i s použitím řezné kapaliny nebo při přerušovaném řezu. Keramické materiály byly dříve používány hlavně pro soustružení šedé litiny do tvrdosti 250 HB a zušlechtěných ocelí do pevnosti v tlaku $1\,000\text{ MPa}$. Zlepšením původních druhů čistých oxidů a vývojem karbidových oxidů se podařilo značně rozšířit rozsah jejich použití a zvětšit řezné rychlosti obrábění.

2.1 Základní druhy keramických materiálů

Podle praktických zkušeností mohou být keramické řezné materiály podle jejich složení a hlavního použití rozděleny do dvou skupin a to na tzv. nízkolegované / SN / a na tzv. vysokolegované / SH /.

Ke skupině SN patří všechny materiály s obsahem Al_2O_3 větším než 90 % a naopak ke skupině SH patří materiály s menším obsahem Al_2O_3 než je 90 %. Tímto jsou dány jasné rozdíly v hustotě a tvrdosti a tím také ve fyzikálních vlastnostech. Řezné destičky skupiny SN převažují v tvrdosti za tepla, řezné destičky skupiny SH mají proti tomu vyšší odolnost proti opotřebení a jsou méně citlivé k tepelným šokům. Pro hrubování a hlazení šedé litiny a oceli jsou hospodárnější řezné destičky skupiny SN. Pro jemné obrábění, soustružení tvrzené litiny a kalených ocelí, rovněž pro jemné frézování přinášejí lepší životnost řezné destičky skupiny SH.

Tab. č.1 Základní druhy keramických materiálů

Skupina řezného materiálu	čistá "SN"	směsná "SH"
Obsah Al_2O_3	90 %	90 %
Možné přísady	MgO, TiC	TiC, WC
Hustota g.cm^{-3}	3,95-4,0	4,2-6,0
Tvrдость HV	150-210	150-250

2.2 Fyzikálně mechanické a technologické vlastnosti

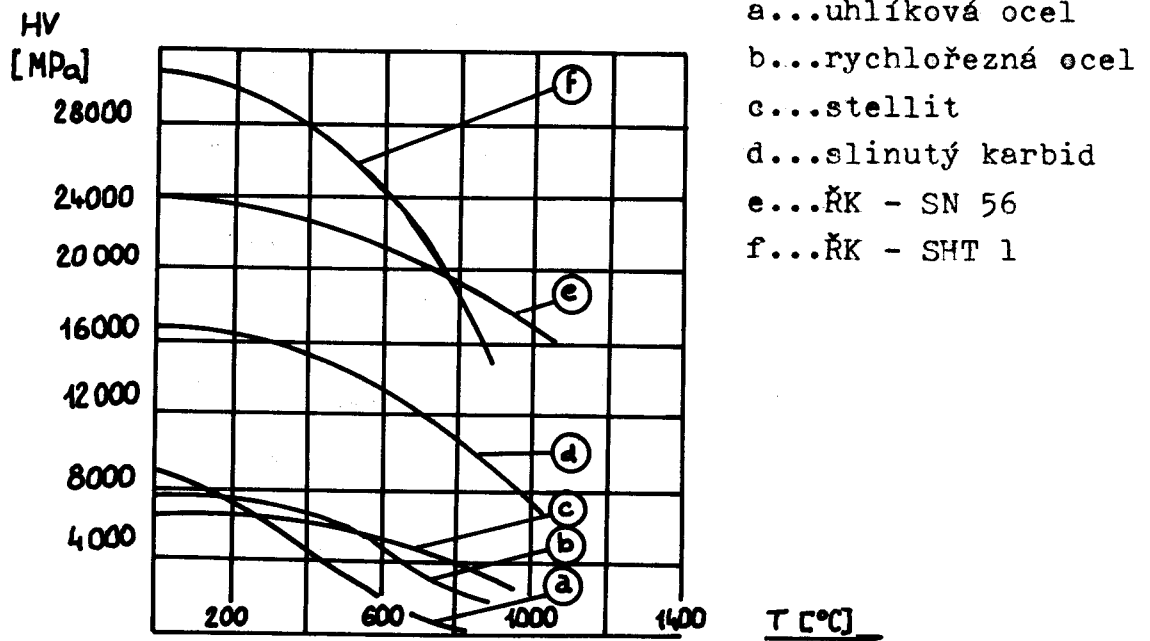
2.2.1 Tvrдость

Nejdůležitější vlastnost nástrojového materiálu je tvrdost. Vzhledem k tomu, že není dosud jednoznačně definována, byla zvolena jako nejvýhodnější metoda pro měření tvrdosti keramických destiček metoda podle Vickerse, podle níž je tvrdost čisté keramiky 23 000 - 24 000 MPa

směsné keramiky 28 000 - 30 000 MPa

Hodnota tvrdosti se může lišit podle toho, byla-li tvrdost měřena na povrchu nebo ve středu vzorku. Ve srovnání s jinými řeznými materiály drží keramika tvrdost i za vysokých teplot.

Diagram č.1 Průběh tvrdosti u nástrojových materiálu

2.2.2 Odolnost proti opotřebení

V obecné rovnici opotřebení vzájemně reagujících kovů

$$V = \frac{K \cdot N \cdot W}{H}$$

V...opotřebení

K...konstanta opotřebení

W...kluzná dráha

H...tvrdost měkčího mater.

nevystupuje explicitně vliv teploty na kluzných plochách. Poněvadž se používá materiálů vysoce odolných proti opotřebení při velkých normálních silách a vysokých rychlostech a tudíž při vysokých teplotách na kluzných plochách, nemůže u nich být zanedbána změna tvrdosti měkčího materiálu s teplotou. Vliv teploty se dá vystihnout exponenciálním členem

$$V = \frac{K \cdot N \cdot W}{H_0} \cdot \exp \{-BT/\}$$

B...teplotní součinitel tvrdosti

T...absolutní teplota

H₀..tvrdost při 0 ° K

Podle předchozích rovnic je opotřebení úměrné podílu normální síly a tvrdosti, tedy skutečné ploše styku. Pokud se

týká natavení mezi mikrozrným korundem a kovem, je pro vznik nastavení nutno překročit určitou teplotu charakteristickou pro každou dvojici materiálů - teplotu adheze T_0 , takže pro korundové materiály má rovnice tvar:

$$V = \frac{K \cdot N \cdot W}{H_0} \cdot \exp / / B / T - T_0 / /$$

Velmi dobrá odolnost proti opotřebení při klouzání oceli po Al_2O_3 je vyjádřena hodnotou $K \dots 5 \cdot 10^{-7}$.

2.2.3 Pevnost v tlaku

Keramický materiál se vyznačuje vysokou pevností v tlaku. Nejvyšší hodnota je až 3 000 MPa. Výhodou je značná nezávislost na velikosti teploty. Při $500^\circ C$ tato hodnota klesá asi na polovinu, při $1\,100^\circ C$ asi o $1/3$ pevnosti v tlaku při pokojové teplotě.

2.2.4 Pevnost v ohybu

Je jedním z limitujících faktorů při použití řezné keramiky. Vývojem technologie výroby a výrobou směsné keramiky se hranice ohybové pevnosti posunula k hodnotě 650/700/MPa.

2.2.5 Odolnost proti náhlým změnám teploty

Je dalším limitujícím faktorem pro použití řezné keramiky.

$$T_{WB} = \frac{\lambda \cdot b}{\alpha \cdot E}$$

λ ...tepelná vodivost

b ...pevnost v tahu

α ...koeficient tepelné roztažnosti

E ...modul pružnosti

Tab. č. 2 Vlastnosti řezné keramiky SN 56 SHT 1
/ podle materiálu Feldmühle /

Vlastnosti	Jednotka	SN 56	SHT 1
Obsah Al_2O_3		90 %	90 %
Ohybová pevnost	$N \cdot mm^{-2}$	500 - 600	600 - 700
Modul pružnosti	$N \cdot mm^{-2}$	$4,1 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^5$
Pevnost v tlaku	$N \cdot mm^{-2}$	4 000	4 500
Tvrdost HV	$N \cdot mm^{-2}$	24 000	30 000
Tepelná vodivost	$J \cdot cm^{-1} \cdot s^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$	0,209	0,376
Odolnost proti tep. šoku	$^\circ C$	200	500

3. Ř E Z N Á K E R A M I K A V Č S S R

Výroba keramiky D I S A L

V ČSSR se výrobou řezné keramiky zabývá národní podnik DIAS Turnov. Zatím byla vyráběna pouze čistá keramika na bázi Al_2O_3 - DISAL 100, která má složení 99,7 % Al_2O_3 a 0,3 % MgO / jako pojivo /.

Tato naše řezná keramika může být použita do teploty 1 200°C. Ve vývoji je i československá směsná řezná keramika o přibližném složení 98 % Al_2O_3 , 2 % TiC , 0,3 % MgO .

S čistou řeznou keramikou DISAL 100 lze obrábět jak ocel, tak i šedou litinu. Obrábění může probíhat jak na čisto, tak i hrubovací operace. Jsou prováděny i zkoušky s řeznou keramikou na chromniklové oceli s hloubkou řezu až 8 mm. Při výrobě posuvu velice záleží na poloměru zaoblení špičky, čím menší je poloměr zaoblení, tím menší by měl být i posuv. U čs. řezné keramiky se zásadně obrábí bez chladicí kapaliny z důvodů velké náchylnosti na tepelný šok. Pro čs. řeznou keramiku DISAL 100 platí obecně stejné zásady, jako pro obdobnou řeznou keramiku SPK.

3.1 Možné způsoby výroby řezné keramiky v ČSSR

a/ Technologie tažením

Do prášku Al_2O_3 se přidá takové množství pojiva, aby vznikla plastická hmota. Tato plastická hmota se protlačuje z lisovacího válce pomocí pístu nebo šneku přes dýzu /hubici/. Vytvářejí se tak protáhlé díly libovolného průřezu, které se vypálí a nařežou se na jednotlivé destičky. Velká nevýhoda této metody je to, že při rotačním šroubovém pohybu šneku vzniká i stejný obraz ve struktuře destičky a mohou tak vzniknout nestejněměrnosti ve struktuře, což má podstatný vliv na mechanické vlastnosti destičky. Velkou výhodou této metody je poměrně malá náročnost výroby.

b/ Lisování suché

V tomto případě se jedná o výrobní postup, kdy prášek Al_2O_3 se smíchá s organickými pojivy, které při slinování beze zbytku vyhoří a granule se zhutní tlakem ve formách, které jsou vyrobeny z oceli nebo SK. U tohoto způsobu je výhodné použití pro slinovací automaty. Výhodou této metody je stejnoměrnost struktury a z toho důvodu rovnoměrné mechanické vlastnosti ve všech směrech.

c/ Izostatické lisování

Je variantou suchého lisování s elastickými stěnami formy /pryžový vak/ s rovnoměrným všestranným zhutněním v tlakové komoře. Protože odpadá tření na stěně formy, je šíření tlaku lepší. Výhodou této a předchozí metody je to, že prášek Al_2O_3 působí jako brusivo a po určitém čase vzniká značné opotřebení lisovací formy a tím pádem i nárůst rozměru desičky.

3.2 Dodatečné zpracování polotovarů

Toto dodatečné zpracování polotovarů je v podstatě broušení. Protože zde frézování z hlediska tvrdosti materiálu není možné, proto zde tyto destičky brousíme diamantovým kotoučem na speciálních bruskách. Při tomto druhu obrábění je možno dosáhnout tolerance vnějšího rozměru $\pm 0,01$ mm a planarity 0,02mm na 100 mm délky.

3.3 Struktura a složení korundové keramiky

Struktura řezné keramiky je především z korundované fáze Al_2O_3 , na jejichž hranicích je spinel $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. Odolnost proti opotřebení závisí na velikosti krystalů a to tak, že větší rozměr krystalů ovlivňuje mechanické vlastnosti nepříznivě. Z teorie pevnosti křehkých krystalů vyplývá, že pevnost je nepřímo úměrná čtverci velikosti ϕ zrna. Abychom dostali malé rozměry krystalů, použijeme inhibitorů růstu zrn, k nimž patří i MgO . Tím vznikne spinel, který podporuje proces slinování. Slinování z makroskopického pohledu si představujeme jako nárůst objemové hmotnosti, smrštění

pelnou vodivost, vyšší modul pružnosti, vyšší pevnost v tahu a menší součinitel tepelné roztažnosti. Tímto se zlepší odolnost proti náhlým změnám teploty / tepelné šoky / ve srovnání s čistým Al_2O_3 .

3.5 Obecné zásady pro používání řezné keramiky

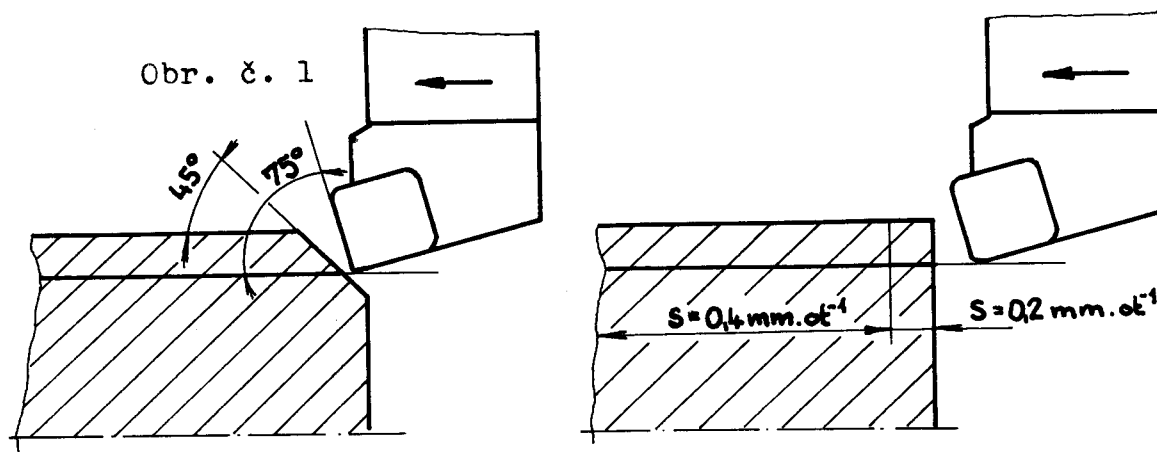
Touto ŘK nelze obrábět všechny materiály jako např. litiny s kůrou po odlití. Také vadí i dlouhé skladování obrobku v agresivním prostředí, kdy se na povrchu odlitku vytvořila kysličíková kůra ze rzi. Tyto povrchové vrstvy vytvářejí na destičce během obrábění hluboký zářez.

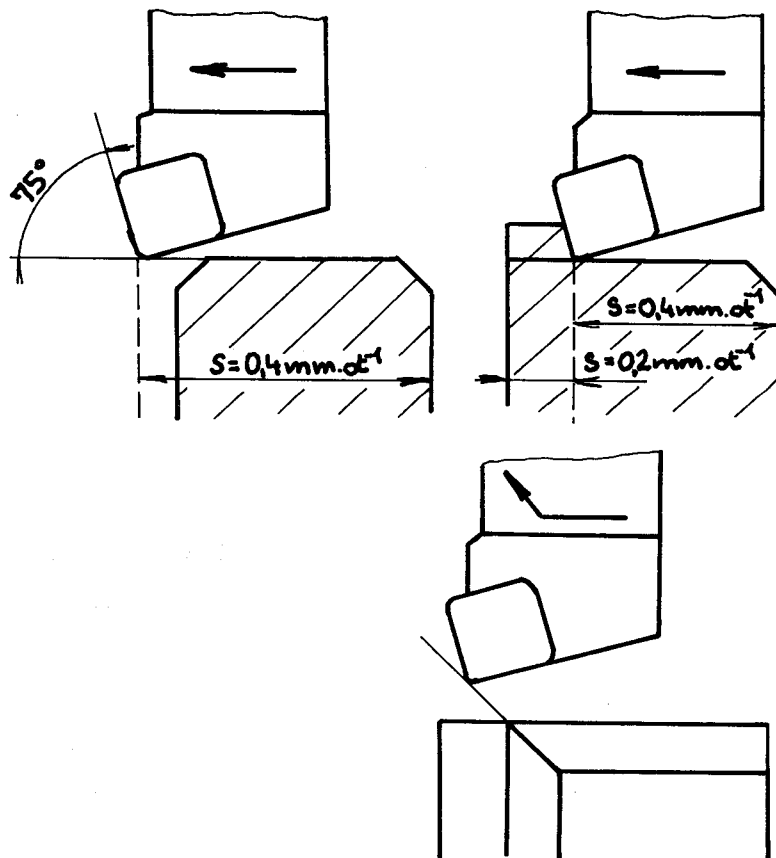
Po stránce uspořádání držáku je nevýhoda ta, že nelze destičky upnout do držáku bez lamače třísek a to proto, že destička má ve svém středu otvor. Toto je velká nevýhoda, protože při některých řezných podmínkách $s = 0,7 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$, $h = 1 \text{ mm}$, $v = 360 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, může nastat případ, že se třísky pod lamač napěchují, nadzvednou jej a toto má za následek znemožnění odchodu třísek a destrukci destičky.

Tomuto lze předejít třemi způsoby:

- 1/ lamač odstraníme úplně / u čs. keramiky nelze /
- 2/ lamač dáme co nejdál od řezné hrany / nevýhodné rozložení napětí v destičce /
- 3/ zvolíme vhodnou geometrii nástroje

U československé keramiky DISAL 100 je podmínkou zvýšení trvanlivosti srážení hran obrobků a pokud to je možné, tak i snížení posuvu při najíždění z řezu. U keramiky SPK je uváděno, že stačí při najíždění a vyjíždění snížit posuv zhruba na polovinu a proto zde odpadá srážení hran.





Pro úspěšné použití řezné keramiky čs. výroby je nutno dodržet několik pravidel:

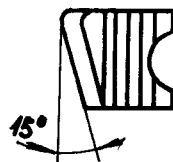
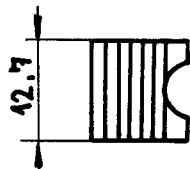
- hospodárnost se dosahuje v sériové a velkosériové výrobě, avšak také v kusové výrobě u obrobků s velkými plochami.
- Je třeba zvážit účelnost nasazení keramiky tam, kde se jedná o komplikovanou geometrii obrobku nebo extrémní suroviny. Naproti tomu tam, kde nejsou problémy s SK nelze očekávat vysoké zvýšení výkonu a racionalizaci výroby při použití řezné keramiky.
- Optimální využití řezné keramiky je podmíněno tuhostí stroj - nástroj - obrobek a kvalitou polotovarů.
- Hospodárnost použití řezné keramiky je dána vysokou řeznou rychlostí. Proto je třeba, aby každý obráběcí stroj byl vybaven dostatečným počtem stupňů otáček a posuvu.

Řezná keramika umožňuje u řady materiálů příznivé utváření třísek při volbě správných řezných podmínek. V určitém rozsahu řezných rychlostí, které jsou při použití řezné keramiky se dosáhne vhodných třísek bez utvařeče na noži.

Zatím, co pro řezné destičky z SK byl vyvinut téměř nepřehled-

ně velký počet utvářečů, aby bylo dosaženo vhodného tvaru třísek, stačí u destiček z řezné keramiky pouze vhodně nastavit utvářeč k řezné hraně.

Obr. č. 2 Některé tvary utvářečů třísek SPK



4. V Ý R O B A K E R A M I K Y D I S A L

4.1 Výroba polotovarů - surovina a její zpracování

a/ Základní surovina

Výchozí surovinou pro výrobu polykrystalického korundu typu DISAL 100 je Al_2O_3 . V tomto speciálním případě se jedná o tzv. startovací prášek - výrobce Spolek pro chemickou a hutní výrobu Ústí nad Labem. Pro účely výroby se dodává Al_2O_3 od výrobce v hobocích po 50 kg. Zrnění dodávaného Al_2O_3 se pohybuje převážně okolo 1 um.

b/ Kalcinace

Kysličník hlinitý ve formě startovacího prášku má krystalovou mřížku, která je pro přímé zpracování na výrobky z polykrystalického korundu nevhodná. Za účelem přeměny krystalové mřížky na potřebný tvar je nutno kysličník před dalším zpracováním kalcinovat. Kalcinace se provádí v korundových pouzdrech a v tunelové peci se vypálí na 1 250°C.

c/ Přísady a mletí

Pro dokonalejší slinutí a snížení slinovací teploty se přidává jako slinovadlo steran hořečnatý /2 váhové díly/, současně se přidá i kyselina olejová, která zlepšuje poměry při mletí kalcinátu / snižuje statický náboj a umožňuje mletí pod 1 um /. Tyto dva komponenty se přidávají za tepla. Nejprve se zahřeje potřebné množství kyseliny olejové a steranu hořečnatého a tento steran se rozpustí v kyselině. Dále se zahřeje část kalcinátu /asi 1/4 potřebného množství/ na 70°C a vmíchají se přísady. Poté se tato část smíchá se zbytkem kalcinátu.

Takto připravený kalcinát má malou měrnou hmotnost a při dalším zpracování by docházelo k velkému zlepšování a též zpracování by bylo velmi obtížné. Proto je nutné provádět mletí v kulovém mlýnku. Tímto dosáhneme dalšího zjemnění struktury rozemletím shluku a větších zrn a současně dojde k zhutnění hmoty. Potřebné parametry vykazuje hmota mletá 34 hodin /další mletí již nevykazuje podstatné zvýšení objemové hmotnosti/. Mletí je prováděno v kulovém mlýnku /4 kg hmoty a 16 kg koulí/.

Hmota se dále přesítuje a je dále připravena k zpracování pojiv a k dalšímu zpracování na polotovary.

4.2 Příprava hmoty

a/ Hnětení

Vzhledem k tvarům břitových destiček a k dalšímu strojnmu zařízení byla zvolena výroba polotovarů tažením z hmoty v plastickém stavu. Do namleté hmoty se na hnětačce vmíchají pojiva a rozpracují se 30 minut hnětením. Jako pojiva se používá směs 32 váhových dílů dibutylftalátu a 68 váhových dílů petroleje.

b/ Vakuování

Zpracovaná hmota se dále zpracovává na vakuovém dvoušnekovém lisu. Nejprve se odstraňuje vzduch obsažený ve hmotě dvojitým protažením vakuovým lisem s nástavcem na tvoření hublů $\varnothing$ 27 mm. Tímto se současně zvýší plasticita hmoty a dosáhne se zlepšení homogenity. Takto připravená hmota je vhodná pro tažení požadovaných tvarů polotovarů.

4.3 Tažení polotovarů

Vlastní tažení provádíme též na vakuovém lisu pomocí tvarového ústí nasazeného na výstup lisu. Z ústí nám vycházejí profily požadovaných tvarů s přídavkem na smrštění, které nastane během slinování při výpalu. Tyto profily jsou v plastickém stavu a nelze s nimi manipulovat, pouze se přímo po vytažení nakrájejí na délku 50 mm a nechají se zaschnout volně na pracovním stole. Po zaschnutí se nařežou profily na délky do přežahových desek /cca 25 cm/ a narovnají se na desky k operaci - sušení.

4.4 Sušení a přežah

Tvarové profily narovnané na přežahových deskách se suší v komorové sušárně na 50°C. V komorové sušárně se odpaří převážná část zpracovaných pojiv a profily značně zkřehnou. Poté se přerovnají do komorové elektrické pece s řízeným volným vzestupem teploty nutným pro zamezení destruktce při odpařování zbytků pojiv. Přežah se provádí na teplotu 620°C, kdy již profily jsou dostatečně pevné a umožňují manipulaci a řezání.

4.5 Řezání

Přežahnuté profily se nařežou rozbrušovacím kotoučem na jed noučelovém strojk u na délku rovnající se výšce břitové destičky s přídavkem na smrštění a opracování.

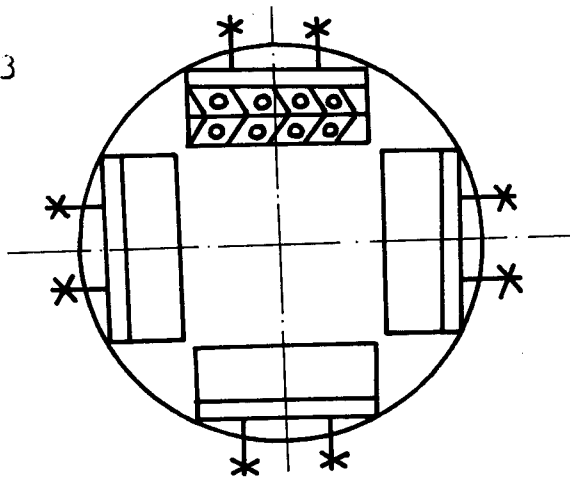
4.6 Výpal

Nařezané destičky se narovnají do korundových pouzder a provede se výpal - 1 480°C. Ostrý výpal se provádí v propanbutanové zvonové peci.

4.7 Konečné opracování polotovarů řezných destiček

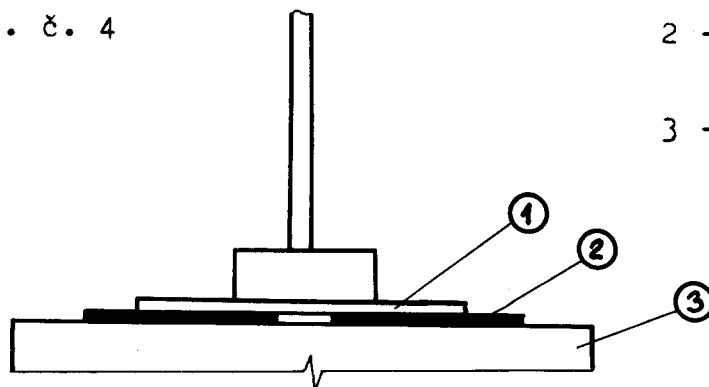
Konečné opracování polotovarů probíhá v národním podniku DIAS Turnov. Tato výroba se radikálně změnila v listopadu 1981 zakoupením a brzkým zavedením do výroby dvou typů brussek WENDT na broušení keramických destiček. V surovinách v podobě nařezaných hrubých destiček přichází do závodu z pobočky v Sobotce. Takto na hrubo rozřezané destičky se rovnají do tzv. talířů / 1 talíř obsahuje cca 48 destiček / - viz obr. č. 3

Obr. č. 3



Jednotlivé talíře jsou specializovány pouze na jeden druh destiček. Tímto způsobem se najednou brousí 4 talíře s takto upnutými destičkami na stroji BS 3 990 / výrobce národní podnik Meopta Přerov /. Uspořádání broušení všech čtyř talířů na stroji BS 3 990 je na obr. č. 4.

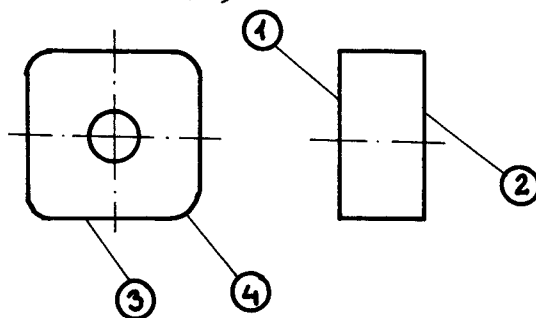
Obr. č. 4



- 1 - diskotouč
- 2 - talíře s destičkami/4 ks/
- 3 - stojan

Zde na tomto stroji je použit brousicí diamantový kotouč typu DSM 63/50 o průměru $D = 420 \text{ mm}$. Broušení jedné strany trvá přibližně 8 minut a celkový čas pro obroušení obou ploch / talíře je nutno otáčet / je 20 minut. V současné době se výrobní tolerance destiček pohybuje v třídě G a to konkrétně na výšku destičky $8^{+0,05}_{-0,1}$. Rovinnost takto vybroušených destiček je přibližně $0,01 \text{ mm}$ a přibližně stejná rovnoběžnost. Zde jsou s měřením těchto hodnot v praktické výrobě velké potíže, a proto se tyto hodnoty rovinnosti a rovnoběžnosti kontrolují jen výjimečně. Na tomto stroji BS 3 990 se opracovávají plochy 1,2 - viz obr.č.5

Obr. č. 5

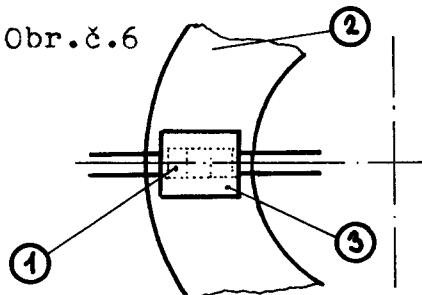


Je třeba dále vybrousit plochy 3 a 4 /radiusy špičky a boky destiček/, které se opracovávají na stroji WENDT WAM 300/11/bruska polygonů/ a na stroji WENDT WCM 100/11.

Na stroji WAM 300/11 se čelním DIA kotoučem o průměru 350 mm a šířce mezikružní 30 mm se brousí rovné úseky boku destiček a poloměry zaoblení. Na tomto stroji se brousí najednou 3 kusy destiček z důvodů omezení maximální šířkou broušení 25 mm . Tento stroj je řízen vačkou a opracování je zase na 2 etapy. V první etapě se brousí rovné plochy a poté ve druhé etapě se celý přípravek s destičkami otočí a brousí se radiusy zaoblení. Celkový čas pro 3 destičky jsou asi 2 min. Při broušení se používá honovací olej, který je dodáván spolu se strojem. Cyklus broušení probíhá zcela automaticky s mož-

ností předvolení posuvových rychlostí a přítlaků. Zvláštností je, že hlavní posuvy jsou řízeny pružinami a vedlejší posuvy hydraulikou. Toto řešení je z důvodů přesnosti nastavených hodnot. Schéma broušení je na obrázku č.6

Obr.č.6

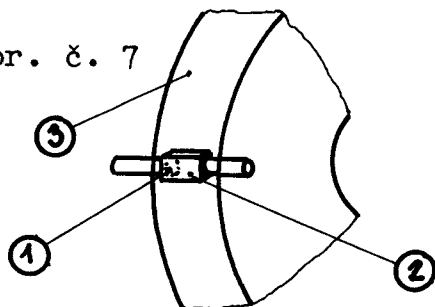


- 1....broušené destičky
- 2....brousící kotouč
- 3....upínací přípravek

Jelikož je zde velký odpad od broušeného materiálu, je přímo u stroje kontinuální čištění kapaliny. Nástrojem je zde diamantový kotouč dodávaný spolu se strojem typu D54.

Konečná fáze broušení destiček je na stroji WCM 100/11, kde se vybrušují fazetky $0,3 \times 20^\circ$. Tyto fazetky se brousí na hraně destičky vždy jednotlivě a také zcela automaticky. Pouze je nutno destičku v zásobníku dvakrát orientovat. Nástrojem je zde čelní diamantový brusný kotouč o $\varnothing 125$ mm a šířce $s = 2,5$ mm z materiálu D 15 / výroba NSR /. Pracovní kapalinou je zde zase speciální honovací olej / dodáván spolu se strojem /. Schema broušení fazetek je na obr. č. 7

Obr. č. 7



- 1...broušená destička
- 2...upínací přípravek
- 3...brousící diakotouč

Takto vyrobené destičky jdou na konečnou kontrolu, kde se pod mikroskopy zkoumá kvalita břitů /výlomky na hranách/ a takto zkontrolované destičky se balí do speciálních kazet z plastické hmoty / po 10 kusech /.

5. ŘEZNÁ KERAMIKA V ZAHRANIČÍ

5.1 a/ SPK - Feldmühle

Nevýznamnější postavení mezi zahraničními výrobci zaujímá firma SPK - Feldmühle, která vyrábí 60 % všech keramických destiček ve světě. Firma vyrábí jak čisté oxidy, tak i směsnou keramiku.

Těmito řeznými materiály lze hospodárně obrábět nejen šedou litinu, ale také temperovanou a tvrzenou litinu, cementační, nitridační, kalené, žáruvzdorné a rychlořezné oceli. Karbidovými oxidy se dosahuje dobrých výsledků zejména při obrábění na čisto a při soustružení s použitím řezné kapaliny. Pro čistý oxid také zde platí zákaz o používání řezné kapaliny.

Vlastnosti a druhy vyráběných oxidů fy SPK jsou v tabulce č. 3

Tab. č. 3 Keramické řezné destičky vyráběné fy SPK

Skupina řezného materiálu	čistá keramika				směsná keramika	
Výroba	lisování za stud.				lis. za tepla	
Složení	Al_2O_3				$Al_2O_3 + TiC$	
Barva destiček	bílá				černá	
Typ destiček	SN56	SN60	SN76	SN80	SH1	SH2C
Hustota/g.cm ³ /	3,91	3,97	3,96	3,96	4,3	4,2
Velikost zrna /um/	3	3	3	3	2	2
Tvrdost /HRV/	2400	2400	2400	2400	3000	2800
Pevnost v ohybu /MPa/	350	380	400	400	380	360

Použití jednotlivých typů řezné keramiky

SN 56 - obrábění normální šedé litiny, prohrubovací i dokončovací operace

SN 60 - obrábění špatně obrobitelné šedé litiny, hrubovací a dokončovací operace

SN 76 - obrábění tvrdé litiny a cementační oceli

SN 80 - vylepšený typ předchozího oxidu, obrábění tvrdých ocelí a slitin, možnost použití i při frézovacích operacích

SH 1 - obrábění tvrzené litiny, kalené oceli, určeno pro dokončovací operace, možnost použití pro jemné frézování

SH 2 - frézování oceli a litiny na čisto

Pro použití řezné keramiky vyvinula firma SPK zvláštní druh frézovacích hlav vlastní konstrukce. Tyto jednozubé frézy osazené destičkami SH 1 /FH 3/ jsou určeny pro dokončovací frézování s řeznou rychlostí do $1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a s posuvem do $5000 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Dosahovaná jekost povrchu je jako při běžném broušení.

Mnohazubé frézy s řeznými materiály SH 1 a SH 20 typu MFS se používají pro hrubovací i dokončovací frézovací práce na litině. U těchto nástrojů se uplatňuje tzv. kazetový systém, přičemž výměnou je možné sestavit nástroje s úhlem nastavení 45° , 75° resp. nástroj s kruhovými destičkami.

5.2 KRUPP - WIDIA

Známým producentem keramických břitových destiček je také firma Krupp z NSR, která vyrábí 3 druhy oxidů. Destičky s obchodním názvem WIDALOX N jsou z čistého oxidu a jsou určeny hlavně pro soustružení litiny a oceli menší tvrdosti nebo pevnosti nepřerušovaných řezů. Jejich pevnost v ohybu je okolo $500 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$.

Destičky s názvem WIDALOX R jsou z křemíkového oxidu. Mají pevnost v ohybu okolo $700 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ a jejich houževnatost je také vyšší než u předchozích typů N. Proto je tento typ destiček vhodný k soustružení běžných druhů ocelí a litin a také tvrzené a temperované litiny, oceli vyšší pevnosti a jejich použití je možno rozšířit i na operace s přerušovaným řezem, což svědčí o menší náchylnosti k teplotnímu šoku.

Pro výkonné soustružení s velkým průřezem třísky a dlouhou trvanlivostí hran břitů se hodí destičky s názvem WIDALOX ZR.

Tab.č.4 Vlastnosti ŘK - fe KRUPP - WIDIA

Typ	WIDALOX R	WIDALOX ZR
Druh	směsná	směsná
Složení /%/	95 Al_2O_3 5 TiC	$Al_2O_3 + ZrO_2$ TiC
Měrná hmotnost /g.cm ³ /	4,0	4,2
Velikost zrna /um/	1 - 3	1 - 2
Pevnost v ohybu /MPa/	450	700
Modul pružnosti /MPa/	$4 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^5$
Tvrdość HV	1 800	1 500
Použití	soustružení	soustružení v přerušovaném řezu

5.3 SECO

Tato švédská firma vyrábí jeden druh karbidového oxidu s názvem REVOLOX. Hlavní složkou těchto materiálů je kromě Al_2O_3 i karbid wolframu, který zvyšuje pevnost a ořetruodolnost. Při používání destiček REVOLOX je možné obrábět ve srovnání se slinutými karbidy o 100 - 300 % vyšší řeznou rychlostí u šedé litiny a o 20 - 80 % vyšší řeznou rychlostí u ocelí. Při stejném posuvu a hloubce řezu.

Tab.č.5 Mechanicko fyzikální vlastnosti ŘK REVOLOX

Složení	40% Al_2O_3 , 50% WC delší přísady cca 10%	Pevnost v tahu	400 MPa
Barva	černá	Pevnost v tlaku	3 900 MPa
Měrná hmotnost	6,9 / $g.cm^3$ /	Tvrdost HV	1 750
Pevnost v ohybu	550 MPa	Tvrdost HRC	92

Keramické řezné destičky REVOLOX se používají v AZNP Mladá Boleslav při obrábění vnitřní plochy brzdového bubnu. Předhrubované obrobky z perlitité temperované litiny tvrdosti 160 - 210 HB se soustruží na čisto na speciálním kopírovacím soustruhu PILOTTE 760 V řezné rychlosti 360 $m.min^{-1}$ při posuvu 0,11 mm. ot^{-1} . Vyšší řezné rychlosti nelze použít s ohledem na stroj. Při těchto řezných podmínkách a šířce soustruženého povrchu 44 mm se obrábí jednou hranou průměrně 50 brzdových bubnů. Trvanlivost břitu je asi 40 min. strojního času, to znamená 320 min. u jedné destičky. Nižší řezná rychlost je proto vyvážena delší trvanlivostí a menší spotřebou řezných destiček.

5.4 KENNAMETAL

Tato firma uvedla v poslední době na rth nový typ řezného materiálu, který nemůžeme jednoznačně zařadit mezi materiály z řezné keramiky. Tento druh řezného materiálu slibuje širší aplikaci možnost kvalitativního skoku v třískovém obrábění. Jedná se o nový materiál KYON 2000, který umožní obrábět takovými řeznými rychlostmi jako směsná keramika lisovaná za tepla, přičemž odolnost proti mechanickým a tepelným rázům je jako u SK s kysličnickovým povlakem. To znamená, že tento materiál umožní kromě vysokých hodnot řezné rychlosti používat i vysoké hodnoty posuvu a hloubky řezu.

Příklady obrábění, které udává firma KENNAMETAL se zatím nejvíce týkají soustružení, ale vzhledem na odolnost materiálu KYON 2000 vůči tepelným a mechanickým rázům je předpoklad jeho úspěšná aplikace i ve frézovacích operacích.

5.5 WALTER

Tato firma zavedla pro frézovací operace dva nové druhy destiček s označením:

CM 1 - jedná se o čistou keramiku bílé barvy, která je určena pro hrubování litiny případně i na dokončovací operace.

Doporučené řezné podmínky: $v - 450 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$h/\text{šířka třísky}/ - 0,25 \text{ mm}$

$a/\text{hloubka řezu}/ - 1-3 \text{ mm}$

CM 2 - jedná se o směsnou keramiku $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$ černé barvy.

Používá se především na dokončovací operace u šedé litiny a oceli.

Doporučené řezné podmínky: $v - 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$h - 0,15 \text{ mm}$

$a - 0,5 - 1 \text{ mm}$

5.6 VALENITA - Modco

Tato firma vyvinula nové řezné keramické materiály s označením V - 34 a V - 32, kterými je možno obrábět materiály do tvrdosti 60 HRC řeznou rychlostí až $800 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Čistý oxid V - 34 má pevnost $690 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$, tvrdost 94 HRC a je vhodný k obrábění různých druhů litiny a také rychlořezné žáruvzdorné a kalené oceli. Karbidový oxid V - 32 má pevnost $830 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$, tvrdost 96 HRC a dobře snáší velké teplotní rázy. Proto je použitelný při obrábění tvrdých slitin a kalených ocelí i při přerušovaném řezu. Oba druhy oxidů umožňují další zvýšení výkonů v obrábění nebo na druhé straně zvýší trvanlivost břitů.

Tab. č. 6 Vlastnosti ŘK - fa VALENITA - Modco

Typ	V 34	V 32
Druh	čistá	směsná
Složení	Al_2O_3	$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{TiC}$
Měrná hmotnost /g.cm ⁻³ /		4,26
Pevnost v ohybu /MPa/	690	830
Tvrdoost HRA	94	96
Použití	soustržení na čisto a hrubování šedé litiny, nitido- vané oceli	hrubování a soustržení na čisto šedé litiny, jemné soustržení šedé litiny a oceli, frézování na čisto

5.7 Ostatní výrobciTab.č.7 Vlastnosti ŘK - fa NGK Spark Plug Co Ltd.
Nagoya Aichi, Japan

Druh	směsná
Složení /%/	60 - 93 Al_2O_3 4 - 25 WC 0,1 - 0,9 W_2C 3 - 15 TiC
Velikost zrna /um/	2
Tvrdoost HV	1 850 - 2 010
Použití	frézování

Tab.č. 8 Vlastnosti ŘK - fa NIPPON, Tungsten Co Ltd.
Tokio, Ingersoll

Typ	NPC - A 2
Druh	směsná
Složení /%/	70 Al_2O_3 30 TiC
Měrná hmotnost /g.cm ⁻³ /	4,24
Velikost zrna /um/	3
Pevnost v ohybu /MPa/	900
Pevnost v tahu /MPa/	500
Modul pružnosti /MPa/	$4 \cdot 10^5$
Tvrdost HRA	94
Použití	frézování

K dalším významným japonským výrobcům patří firma Micu-
bishi vyrábějící směsnou keramiku CERMET NX 33
CERMET NX 35

Řezná keramika socialistických států

5.8 Sovětský svaz

Výzkum v Sovětském svazu se již dlouho zabývá použitím
keramických destiček pro obrábění. Již v r. 1932 bylo těchto
materiálů k řezání použito. Výzkumné práce pokračovaly po dru-
hé světové válce na řadě pracovišť.

Podle dostupných informací se v SSSR vyrábějí 4 druhy
keramických řezných destiček na bázi Al_2O_3 . Čistá keramika
je vyráběna pod označením CM 332, směsná keramika - V 3, VOK 60
a VOK 63.

Základní složkou řezné keramiky je Al_2O_3 s přísadou TiC. Je dosahováno tvrdosti 93 HRA a pevnosti v ohybu 600 - 700 MPa.

Při konzultaci s pracovníky VÚEK Hradec Králové v roce 1981 bylo potvrzeno, že novější informace o výrobě řezné keramiky v SSSR nejsou k dispozici.

5.9' Německá demokratická republika

V NDR se rovněž provádí výzkum a vývoj řezné keramiky. Řezná keramika je vyráběna v závodě VEB Hartmetallwerk Imelborn.

Jedná se o čistou keramiku s následujícími vlastnostmi:

Tab.č.9 Vlastnosti ŘK z NDR

Označení	HARITH 20	HARITH 30
Pevnost v ohybu /MPa/ Použití	400 - 500 obrábění ocelí	obrábění litiny a materiálů, dávajících drobnou třísku

Směry dalšího vývoje

Cílem dalšího vývoje keramického materiálu je dosáhnout hlavně větší pevnosti v ohybu, tvrdosti, otěruvzdornosti a odolnosti proti tepelnému rázu. Účelem je umožnit jeho používání v podstatě větším rozsahu při obrábění různých druhů materiálů velkými řeznými rychlostmi nebo při obrábění přerušovaným řezem.

6.0 B L A S T I P O U Ž I T Í Ř E Z N É K E R A M I K Y

V praxi nacházíme řezné materiály přibližně od roku 1957. Vzhledem ke svým fyzikálním vlastnostem jako např. tvrdost při zvýšené teplotě, větší odolnost proti navařování a chemická stálost umožňují mnohem větší řezné podmínky /v/ než běžné rychlořezné oceli a slinuté karbidy. Dosud v praxi používané řezné rychlosti se pohybují od 300 - 600 m.min⁻¹. To platí jak pro hrubování, tak pro dokončovací operace. Ve zvláště dobře vybavených provozech se dociluje řezných rychlostí i vyšších. Proto při správném použití nabízejí keramické řezné materiály dobré možnosti snížit strojní časy a tím i náklady. Na současný, ale i plánovaný vzestup poptávky po řezné keramice mají vliv tyto faktory:

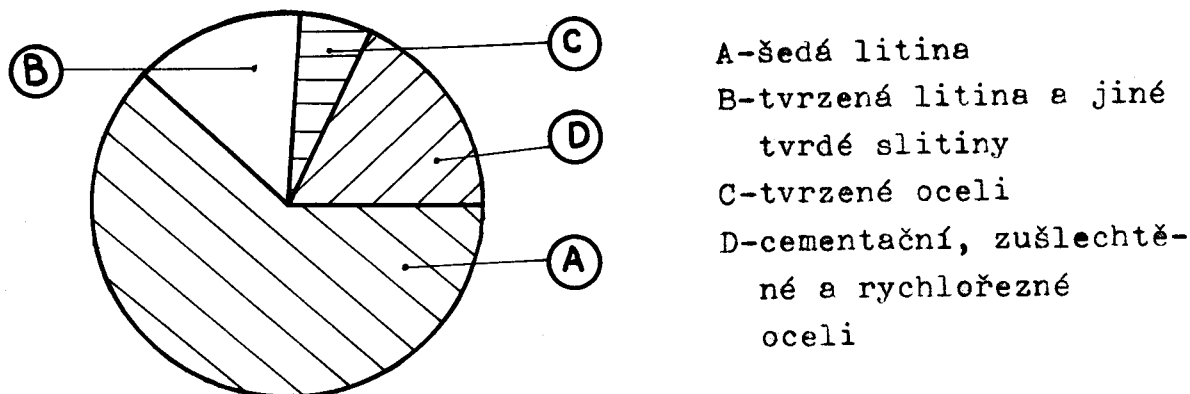
- a/ Stálé zlepšování a vývoj nových druhů ŘK
- b/ Speciální vývoj pojiva pro ŘK
- c/ Výroba obráběcích strojů s vyšším příkonem a s vyššími otáčkovými rozsahy / především NC stroje /

Keramické řezné materiály nejsou dnes již omezeny na hromadnou výrobu, ale používají se i pro málo a středně sériovou výrobu, nebo pro kusovou výrobu velkých obrobků, kde se tyto materiály velmi osvědčily. Zlepšení a další vývoj keramických řezných materiálů je obrácen především na optimální hustotu, jemnozrnost a stejnoměrnost struktury a dobrou ohybovou pevnost. V současné době se nejmenší zrnitost dosažená v provozních podmínkách pohybuje okolo 1,5 μ m a ohybová pevnost kolem 700 MPa.

Řezná keramika se vyznačuje tím, že je použitelná ve velmi širokém rozsahu řezných rychlostí. Nejohospodárnější hranice řezné rychlosti je u litiny asi 50 m.min⁻¹ a u čelních soustružnických operací je možno dokonce pracovat v 0. Ale např. v automobilovém průmyslu se obrábí s řeznou keramikou rychlostmi až 1 200 m.min⁻¹.

Při obrábění řeznou keramikou je nutno věnovat uspořádání pracovního průběhu daleko více pozornosti než při obrábění slinutými karbidy. Velké množství druhů a jakostí slinutých karbidů dává možnost přizpůsobování se obráběné součástce a stroji. Zcela jiné jsou však poměry při soustružení řeznou keramikou neboť k dispozici je pouze určitá kvalita řezné keramiky s určitou geometrií.

Obr.č.8 Oblasti použití řezné keramiky



Z tohoto obrázku lze jasně rozpoznat, že největší oblast použití řezné keramiky je při soustružení šedé litiny. Nutno ještě podotknout, že v poslední době řezná keramika získává stále více na významu při frézování. Přitom stojí v popředí jemné případně velmi jemné frézování, které nahrazuje broušení.

Jestliže se dnes keramické, řezné materiály používají k použití ve větším objemu, pak je to výsledkem důsledně prováděného výzkumu v následujících oblastech:

- cílevědomý další vývoj keramických řezných materiálů
- optimalizace upínacích nástrojů pro řezné keramiky
- studie techniky zpracování nástrojových držáků vyhovujících řezné keramice

Jak je vidět, řezná keramika je vhodná k soustružení, jak oceli, tak litin všech druhů. Určitou nevýhodou je, že před vlastním obráběním řeznou keramikou se musí např. u odlitků odstranit tvrdá licí kůra slinutým karbidem a potom ještě srazit hrany pro plynulý záběr keramické destičky. Tyto operace zvyšují operační čas součástí, ale na druhé straně by tato ztráta měla být vyvážena zkrácením strojního času

Tab. 8.9 Materiál pro obrábění řeznou keramikou

Skupina materiálu	Označení materiálu podle DIN	Soustružení formou hrubování hlazení	Frézování jemné frézování
Šedá litina	GG 15 GG 20 GG 25 GG 30	SN 56 SH 60	x SH 1 PH 3
Sférolitina	GGG50 GGG60 GGG65 GGG70	SN 60 SN 56	x SH 1 PH 3
Temper. litina	GTS 45	SN 56	x SH 1 -
Cementační oceli	16MnCr 5 24 CrMo4 C15 20 MnCr5 21 CrMoV5 C22	/SN 76/ /SN 76/ SN 56 /SN 56/	x SH 1 x SH 1 -
Zušlechťovací oceli	Cr35 Ok 35 41 Cr 4 pouze zušl. C 45 Ok 45 100Cr 6 30CrNiMo8 C 60 Ok60 34CrMo4 34CrNiMo6 Cf43 Ok53 42CrMo4 31NiCr14 34Cr4 50CrV4 34CrAlNi7	SN 76 /SN 56/	x SH 1 PH 3
Rychlořezné oceli	S 18-1-2-5 S 10-4-3-10 S 18-1-2-10 S	SN 76	-
Tvrzená litina	až do 850Vickers až do 90ShoreA	SH 1/ SH 1	/PH 3/ SH 1
Kalené oceli	až do 700Brinell až do 65RockwelC x 12 Cr Mo S 17 x 2 Ni Co Mo Ti X210 Cr W 12 90 Mn V 8	SH 76 /SN 56/	x SH 1 -

x / ve sloupci soustružení / možno použít řezné kapaliny

Porovnání některých ocelí podle DIN a odpovídajících ocelí ČSN udává tabulka na další straně.

při vysokých řezných rychlostech. Je proto nutné navrhovat součást s ohledem na to, že při jejím obrábění bude použito keramických destiček a i celá obráběcí technologie by měla být upravena k tomuto účelu.

V budoucnu se předpokládá, že z celkových 100 % obráběcích operací by asi tak 5 - 8 % mělo být prováděno řeznou keramikou. Nad tuto hranici 8 % se budeme dostávat jen velmi těžko, jelikož charakter některých operací a vlastnosti současných druhů řezné keramiky tuto možnost zavedení vylučují.

Porovnání ocelí DIN a ČSN

Ck 35	= 12 040	21 Cr Mo V 5	= 15 320
Ck 45	= 12 050	34 Cr Mo 4	= 15 131
Ck 60	= 12 061	50 Cr V 4	= 15 260
34 Cr 4	= 14 230	36 Cr Ni Mo 4	= 16 341
41 Cr 4	= 14 140	90 Mn V 8	= 19 314
100 Cr 6	= 14 109	C 35	= 19 063
16 Mn Cr 5	= 14 220	C 45	= 19 083
20 Mn Cr 5	= 14 221	označené x	= vybrané oceli tř.17 nebo 19
24 Cr Mo 4	= 15 130		

7. ROZŠÍŘENÍ OBLASTI ŘEZNÉ

K E R A M I K Y

Řezná keramika byla doposud používána hlavně pro soustružení šedé litiny až 2 500 MPa dle Brinella a zušlechtěných ocelí až do pevnosti tahu 1000 MPa. Všechny ostatní litiny a druhy ocelí byly vyhrazeny řezným materiálům ze slitinutých karbidů. Zlepšením původních druhů keramiky a vytvořením nových druhů směsné keramiky se podařilo značně rozšířit oblast jejich použití.

7.1 Rozsah použití různých druhů řezné keramiky

Rozsah veličin je shrnut v následujících tabulkách pro nejrozšířenější představitele řezné keramiky SN 76, SH 1.

Tab.č.11 Rozsah použití různých druhů řezné keramiky

Oblasti použití	SN 56	SN 60	SN 76	SH 1
Šedá litina	x			
Tvárná litina		x		
Cementační ocel			x	
Zušlechtitelné oceli			x	
Tvrzená litina				x
Kalené oceli				x

7.2 Řezné podmínky a doporučené druhy řezné keramiky podle podkladů fa Feldmühle

Tab.č.12 Řezná rychlost při soustružení litiny bez chladící kapaliny

HB /MPa/	v / m.min ⁻¹ /		Druh keramických destiček		
	doporučená	rozsah	SN 56	SN 60	SH 1
1500	700	150 - 1000	x		
2000	500	130 - 800	x	alt.	
2500	400	110 - 600	alt.	x	
3000	250	80 - 300		x	alt.
3500	150	70 - 200		alt.	x
4000	100	40 - 150			x

4500	75	30 - 120	x
5000	50	20 - 80	x
5500	30	10 - 60	x

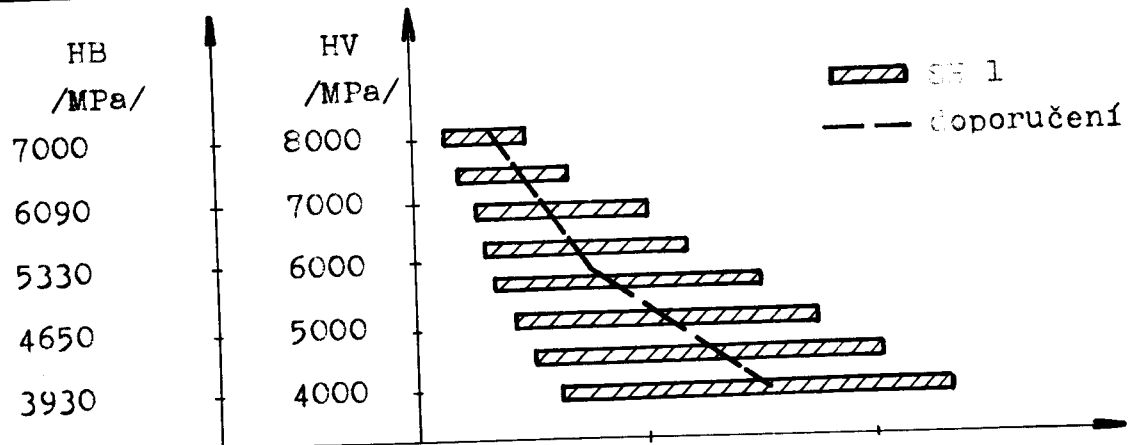


Diagram č.1 Rozsah řezných rychlostí pro soustružení litiny

Tab. č.13 Řezná rychlost při soustružení ocele bez chladící kapaliny

Rm /MPa/	HRc /MPa/	v /m.min ⁻¹ /		Druh keramických destiček		
		doporuč.	rozsah	SN 56	SN 76	SH 1
500		650	180 - 900	alt.	x	
750		450	120 - 600	alt.	x	
1000		350	100 - 500		x	
1250	370	300	80 - 400		x	alt.
1500	450	225	65 - 325		alt.	x
1750	520	180	55 - 260		alt.	x
2000	570	100	40 - 150			x
2250	610	80	30 - 120			x
2500	650	60	20 - 80			x

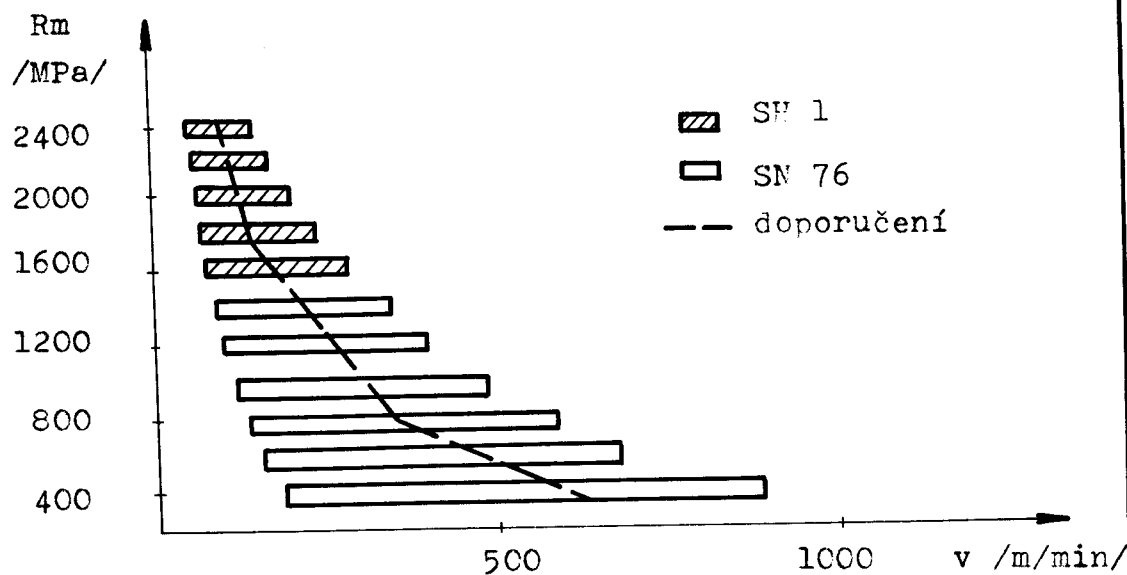


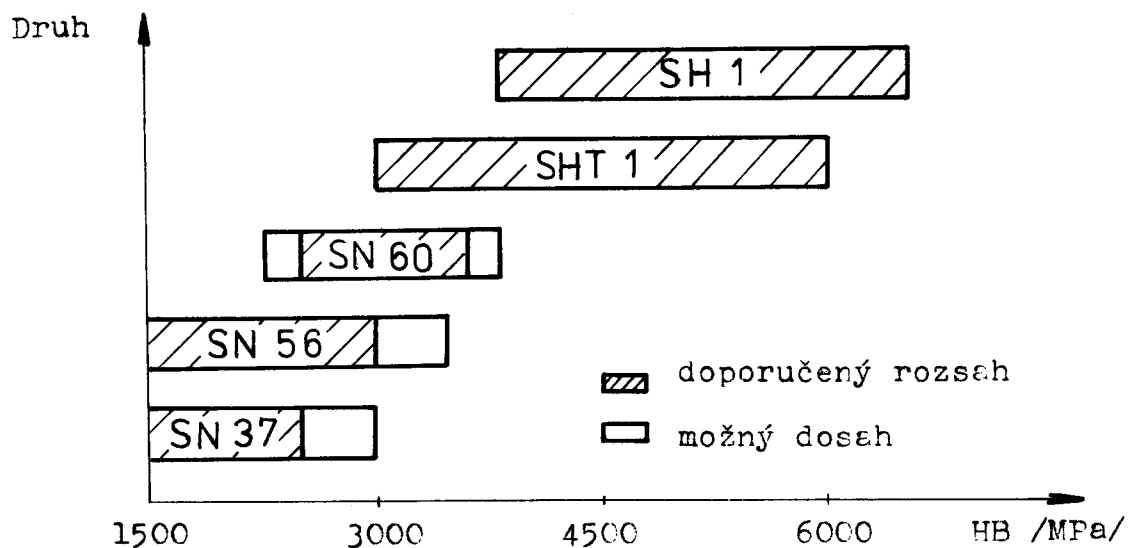
Diagram č.2 Rozsah řezných rychlostí pro soustružení ocelí

Tab.č. 14 Doporučené hodnoty pro posuv a hloubku řezu

Operace	s / mm.ot ⁻¹ /	t / mm /
Hrubování	0,3 - 0,6	max. 12
Dokončování	0,2 - 0,4	0,5 - 1,5
Jemné soustružení	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3

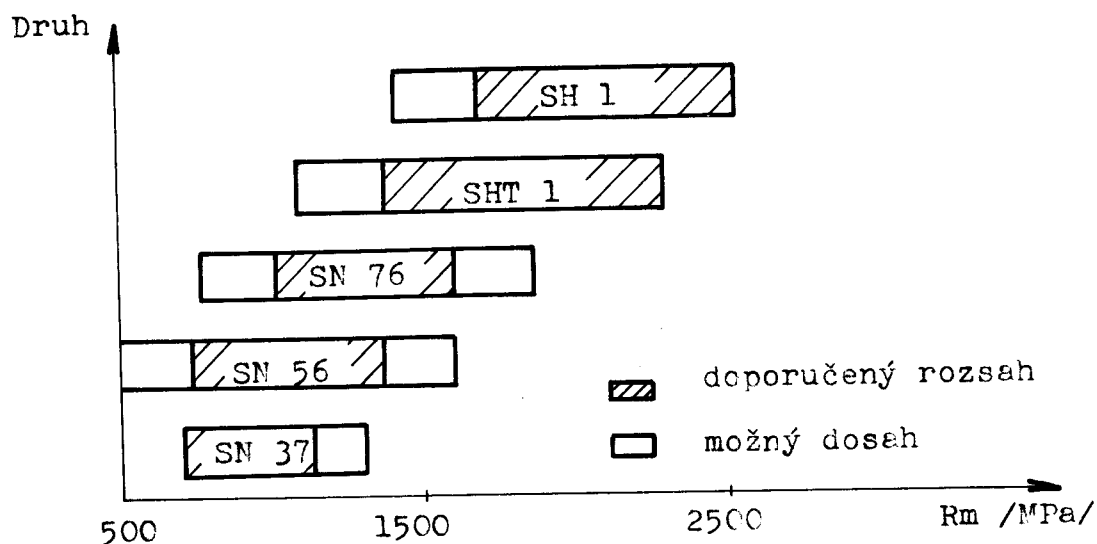
7.3 Rozsah použití řezné keramiky u litiny

Zde lze čisté keramiky hospodárně využít do hodnoty tvrdosti podle Brinella cca 3500 MPa; u směsné keramiky je to od 3600 - 7000 MPa.



7.3.1 Rozsah použití řezné keramiky u oceli

Druh SN 76 rozšiřuje použití čisté keramiky pro oceli s pevností v tahu od 400 MPa do 1500 MPa. Těžiště pro směsnou keramiku leží v zušlechtěných a kalených ocelích.



7.3.2 Soustružení s chladicí kapalinou

Pro tento způsob obrábění lze s výhodou použít směsnou keramiku / SHT 1, SH 1, SH 20 /, která je značně odolná proti tepelným šokům. Při soustružení s chladicí kapalinou je šířka optřebení poněkud menší než u nástrojů ze slinutých karbidů. Soustružení s chladicí kapalinou je vhodné použít tam, kde by se nadměrným zahřátím opracovávaných dílů změnila stanovená tolerance rozměrů.

7.3.3 Jemné soustružení

Zde se osvědčil zvláště druh směsné keramiky SHT 1, SH 1. Mimo čtyřhranných vyměnitelných destiček lze s výhodou použít i trojhranných. Běžný radius hrany je $r = 0,8 \text{ mm}$, méně $r = 1,2 \text{ mm}$. U menších posuvů pod $0,2 \text{ mm/ot.}$ se používají destičky se zmenšenou fazetkou $0,5 \text{ krát } 20^\circ$.

7.4 Podmínky aplikace řezné keramiky

7.4.1 Z hlediska stroje

- a/ dostatečný rozsah otáček vřetena
- b/ dostatečný výkon pohonného agregátu
- c/ automatický pracovní chod
- d/ plynulá změna posuvu
- e/ dobrá ochrana proti třískám a transport třísek
- f/ dobré a stabilní uchycení stroje
- g/ snadný přístup k nástrojům

7.4.2 Z hlediska nástroje

- a/ oddálení břitu od povrchu při zpětném chodu
- b/ malé vyložení nože, špička musí směřovat do osy
- c/ malé upínací síly destiček - čistota ložek
- d/ utvařeč
- e/ včasná výměna destičky

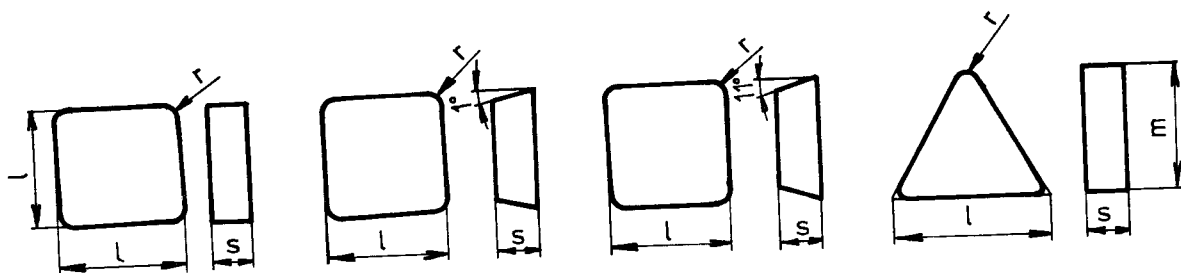
7.4.3 Z hlediska obrobku

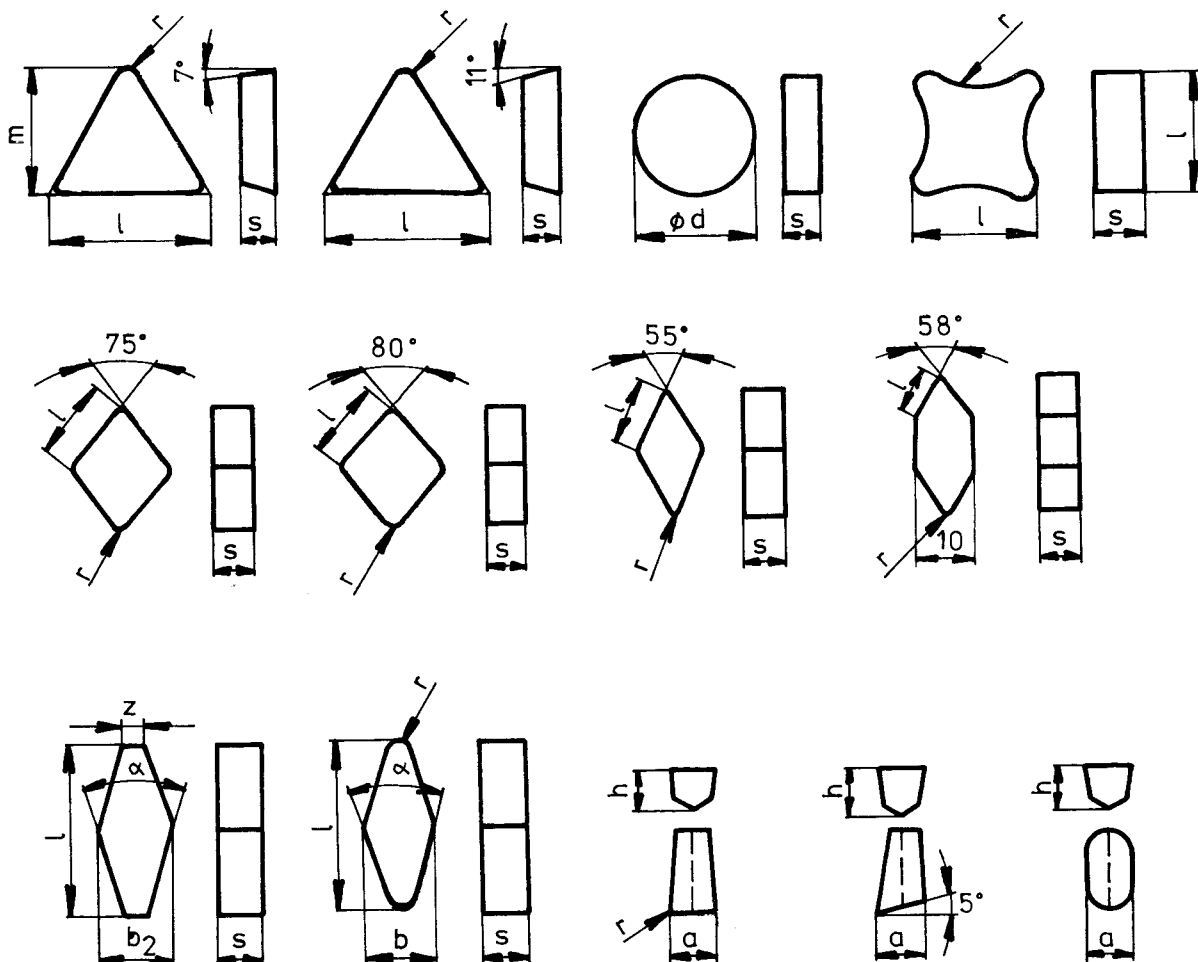
Neobrábíme - příliš dlouhé a tenké součásti
nesymetrické součásti

7.5 Keramické destičky

V současné době je vyráběno mnoho druhů a tvarů keramických destiček, přičemž každý tvar má svoji specifickou funkci, která dává destičce vhodnost použití pro jednotlivé operace nebo soubor operací. Dalo by se říci, že pro každý soubor operací se používají určité tvary destiček.

7.5.1 Druhy břitových destiček fa SPK - Feldmühle

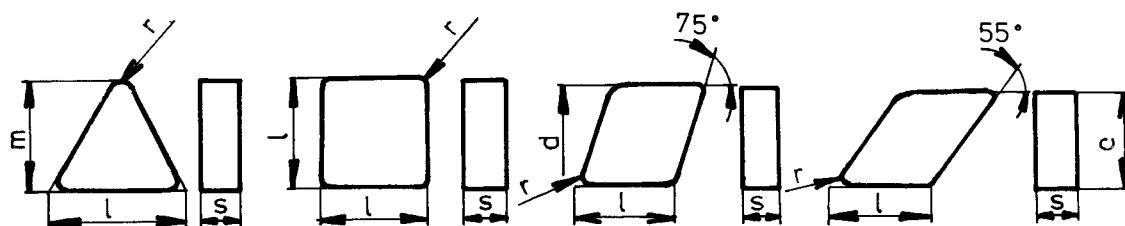




7.5.2 Druhy břitových destiček fa Krupp Widia

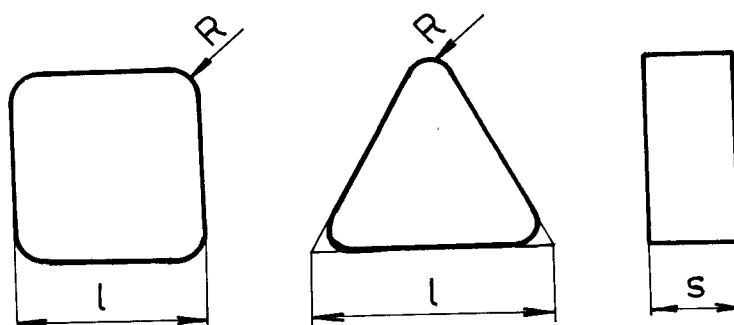
Tato firma vyrábí dva základní typy keramických břitových destiček: Vidarox R a ZR.

Druh ker. destiček	Složení	Hustota /g.cm ⁻³ /	HV /MPa/	Pevnost v ohybu	/MPa/ v tahu
Vidarox ZR	Al ₂ O ₃ +TiC+ZrO	4,2	1500	700	3300
Vidarox R	Al ₂ O ₃ +TiC	4,0	1800	450	3500

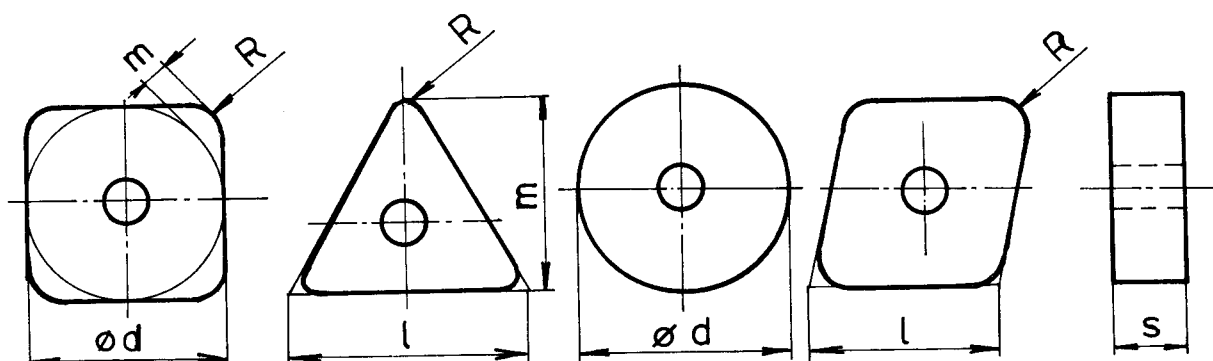


7.5.3 Druhy břitových destiček fa SECO

Typ Revolox je jediným představitelem keramických břitových destiček, vyráběných touto firmou.



7.5.4 Druhy břitových destiček n.p. DIAS Turnov



7.6 Konstrukce nožových držáků

Keramické destičky lze na nožový držák upevnit celkem třemi způsoby:

- a/ lepením
- b/ pájením
- c/ mechanicky

První dva způsoby upevnění keramických destiček nena-
cházejí velikého uplatnění v praxi, neboť:

- při pájení činí obtíže špatná smáčivost řezné kerami-
ky kovovou pájkou
- při lepení činí obtíže malá pevnost spoje při teplo-
tách nad 150°C

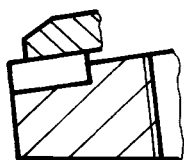
- u obou způsobů je k dispozici jen jeden břit a nástroj je po otupení nutno přeostřovat

Využitím držáku s keramickými destičkami upínanými mechanicky, který odstranil nevýhody přeostřování snadnou výměnou destičky, je od obou předešlých metod upuštěno, používají se jen ve zvláštních případech.

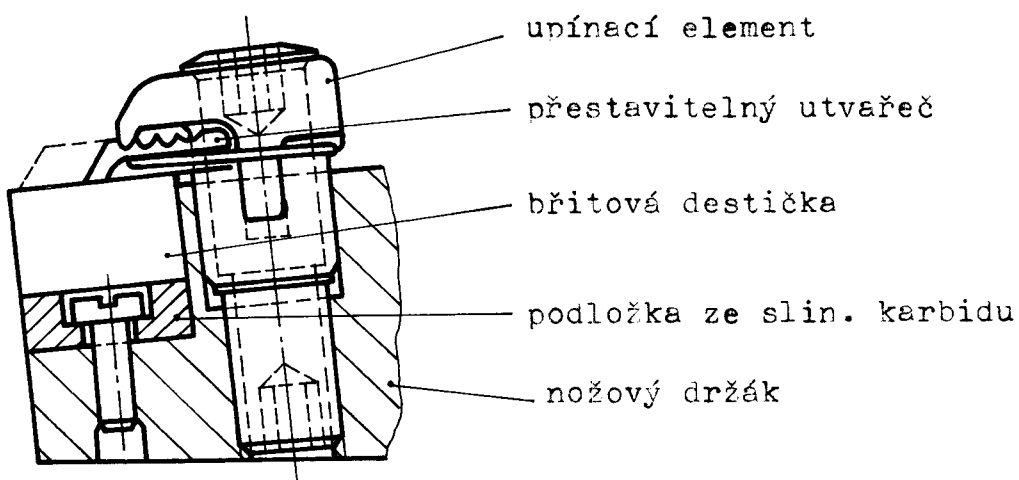
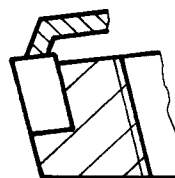
Nožové držáky lze podle mechanického uložení destičky rozdělit do dvou základních skupin:

- a/ s destičkou v radiální poloze
- b/ s destičkou v tangenciální poloze

a/



b/



OBR.č.13 Řez upínacím elementem nože pro mechanické upínání destiček

Požadavky na nožové držáky:

- dostatečné pevnost konstrukce
- spolehlivá upevnění - rychlé a bezpečné

- zaručení stálé geometrie nástroje
- správná volba tvaru a rozměrů
- rovné, dostatečně tvrdé uložení
- snadná výroba
- při destrukci keramické destičky se nesmí poškodit

7.7 Označování břitových destiček / výťah z ČSN 220904 /

1	2	3	4	5	6	7	8	9
T	N	M	M	16	04	08		

1. TVAR DESTIČKY

T trojúhelník
 S čtverec
 C kosočtverec 80°
 K kosodélník
 R kruh
 D kosočtverec 55°

2. ÚHEL HRBETU

N 0°
 C 7°
 P 11°

3. TŘÍDA PŘESNOSTI

rozměr m tloušťka
 M $+0,08 \div 0,18 \pm 0,13$
 G $\pm 0,025 \pm 0,13$
 U $+0,13 \div 0,380 \pm 0,13$
 F $\pm 0,005 \pm 0,025$
 C $\pm 0,013 \pm 0,025$

4. PROVEDENÍ DESTIČKY

N bez otvoru a bez utvařeče
 R bez otvoru a s utvařečem
 A s otvorem a bez utvařeče
 M s otvorem a s jednostr. utvařečem
 G s otvorem a s oboustr. utvařečem
 X speciální

5. DÉLKA ŘEZNÉ HRANY /mm/

6. PRACOVNÍ TLOUŠŤKA / zaokrou.mm /

7. TVAR ŠPIČKY

Radius špičky v 0,1 mm

Tvar přechod. ostří EN neg.ED pos.

8. PROVEDENÍ OSTŘÍ

T s fazetkou
 E rektifikovaná

9. SMĚR ŘEZU

R pravořezné
 L levořezné

7.8 Geometrie nožů s keramickými břitovými destičkami

Jestliže řezný keramický materiál má ze všech současných řezných materiálů nejnižší ohybovou pevnost, je nutné volbou geometrie zabezpečit dostatečnou pevnost břitů, aby se zabránilo předčasnému poškození ostří. Splnit tento požadavek znamená zvětšit úhel břitu.

Hodnoty geometrických parametrů závisí na podmínkách obrábění. Meze optimálních hodnot úhlů jsou hlavně při těchto dvou způsobech soustružení:

- a/ je-li nůž v plynulém řezu delší čas
- b/ jde-li o přerušovaný řez

Nejběžnější používané hodnoty jsou:

$$\alpha_o = 6^\circ$$

$$\gamma_o = -6^\circ$$

$$\lambda_s = -4^\circ$$

$$\kappa_r = 70^\circ$$

$$\epsilon_r = 90^\circ$$

$$\alpha_o = 5^\circ$$

$$\gamma_o = 6^\circ$$

$$\lambda_s = 0^\circ$$

$$\kappa_r = 70^\circ$$

$$\epsilon_r = 90^\circ$$

7.9 Opotřebení nástrojů z keramických materiálů

Způsob otupování řezných nástrojů závisí kromě řezných podmínek na fyzikálních vlastnostech a chemickém složení materiálu. břitu. Z fyzikálních vlastností řezných materiálů ovlivňuje způsob otupování jejich tvrdost a houževnatost, zejména však závislost tvrdosti na teplotě.

Břity z keramických řezných materiálů se otupují jednak brusným otěrem, jednak křehkým lomem. Vzniku křehkého lomu napomáhá malá tepelná vodivost a křehkost keramického materiálu. Určitou měrou se na otupování podílí také adhézní a chemický otěr.

7.9.1 Prvopočáteční opotřebení

Na řezných hranách naostřeného nástroje jsou mikroskopické výstupky, které nemohou čelit řezným silám. V okamžiku, kdy řezná hrana nástroje vnikne do materiálu, tyto výstupky se odlamují a jsou odnášeny třískou. Toto opotřebení se zpočátku maluje ve chvíli, kdy se na řezné hraně objeví úzký pásek opotřebení. Menší otupení vzniká, je-li drsnost řezných ploch po naostření co nejmenší.

7.9.2 Otěr břitů

Proces otírání břitů je výslednicí dějů fyzikálních a chemických. Podle druhu materiálu břitů a obrobku probíhají tyto jevy současně nebo je otěr břitů důsledkem pouze fyzikálního jevu /brusný účinek a adheze/, či chemického jevu /difúze a vytváření chemických sloučenin na stykových místech břitů/.

a/ Brusný otěr

Předpokladem ke vzniku brusného otěru je, aby tvrdost některých mikročástic materiálu obrobku převyšovala tvrdost určitých částic materiálu břitů.

Vzniká tím, že tvrdá částice materiálu třísky nebo povrchu obrobku vytváří mikrorýhy na stykových místech břitů s třískou a obrobkem.

Brusný otěr vyvolávají také vysoce zpevněné částice třísky a oxidy, tvořící se na okraji stykových ploch.

U keramických řezných materiálů jsou jednotlivá zrna Al_2O_3 vlivem chvění soustavy SPID a povrchového napětí vylamována z aktivní keramické destičky. Tímto brusným otěrem mikročástice rozrušeného povrchu břitů dochází k jeho otupování.

b/ Adhezní otěr

Adhezní otěr se na celkovém otupení keramické destičky podílí malou měrou. Vlivem mikronerovností povrchu destičky dochází ke vzniku vysokého měrného tlaku ve stykových místech, což spolu s vysokou teplotou vede k vytváření lokálních spojů - mikrosvarů.

Na jejich tvorbu má vliv řada faktorů. Je to především chemická příbuznost materiálu břitů a obrobku. Základní surovinou keramických řezných materiálů je Al_2O_3 , proto tato podmínka pro vznik spojů u těchto materiálů není splněna.

c/ Difúzní otěr

Difúzní otěr patří do kategorie chemického otěru. Vyskytuje se u materiálu, jehož prvky mají disociační teplotu

680°C až 1200°C. Z této teploty vyplývá, že se může vyskytnout při obrábění nástrojem ze slinutého karbidu a keramického materiálu; předpoklady pro jeho vznik u keramického materiálu však nejsou žádné.

d/ Chemický otěr

Chemickým otěrem označujeme vytváření defektní vrstvy na pracovních místech břitu v důsledku jejich oxidace, popřípadě v důsledku vytváření chemických sloučenin z prvků řezného materiálu a řezného prostředí.

Opotřebení řezné keramiky je především podmíněno chemickou reakcí mezi kysličníky obráběného materiálu a nástrojového materiálu. Výsledkem tohoto vzájemného působení se tvoří dvojité kysličníky, které jsou charakteristické nízkou teplotou tavení. Chemické opotřebení má své místo v určité vzdálenosti od vrcholu, kde se tříska odděluje od povrchu nástroje za přístupu vzduchu.

7.9.3 Křehké lomy břitu

Porušení břitu křehkými lomy se nejvýrazněji projevuje při práci nástroje, vyskytuje se i při ostření břitu, ale v daleko menší míře.

Dochází k němu, překročí-li zatížení břitu na některém jeho místě pevnost materiálu v ohybu. Příčinou přetížení může být:

- ráz přerušovaného řezu
- okamžité zvýšení řezného odporu v důsledku tvrdého vměstku v materiálu obrobku /při obrábění litiny může jít o zakalené zrníčko - tzv. "pecku"/
- neúměrně velký průřez odřezávané vrstvy materiálu
- popřípadě i tepelný ráz

Vznik křehkých lomů je také podporován mikrotrhlíčkami v materiálu břitu, které se vytvoří v povrchové vrstvě při ostření nástroje.

Příčinou vzniku mikrotrhlin je:

- velký teplotní spád mezi povrchovou vrstvou a ostatním materiálem nástroje
- vnitřní pnutí

Ke vzniku křehkých lomů dochází u materiálů málo houževnatých jako jsou slinuté karbidy a keramický materiál.

U keramických řezných nástrojů je hlavní příčinou jeho vzniku spojitě mechanické a teplotní namáhání, spojené s malou ohybovou pevností a křehkostí.

7.9.4 Plastická deformace břitů

Podstatou této formy otupování břitů je kontinuální přesun plasticky deformované vrstvičky materiálu břitů. Na čele se posouvá materiál ve směru odchodu třísky, na hřbetě ve směru relativního pohybu obrobku. Předpokladem pro vznik této formy otupení je určitý stupeň plasticity povrchových vrstev materiálu břitů. Plasticita je vyvolávána mechanickým zatížením spolu se zahřátím této vrstvy.

U keramických nástrojů může dojít k této plastické deformaci vlivem malé tepelné vodivosti, která zapříčiňuje koncentraci tepla v povrchových vrstvách břitů, což spolu se všestranným stlačováním zvyšuje jejich plasticitu.

Výsledkem plastické deformace je změna geometrie řezného klínu.

7.9.5 Formy otupení břitů

Břit je při obrábění vystaven intenzivnímu tepelnému a mechanickému namáhání, což vede za určitou dobu k opotřebení funkčních ploch- jestliže otupení dosáhne určité hodnoty, nástroj se stane neschopným dalšího pracovního procesu, neboť vlivem vzrůstajícího otupení se mění rozměr obrobku i jakost obráběného povrchu, která se zhoršuje.

Nejčastěji dochází k těmto typům otupení:

- a/ opotřebení hřbetu a čela otěrem
- b/ vylamování ostří nebo lom celé břitové destičky

8. O B L A S T U T V Á Ř E N Í

Podstatou řezného procesu je plastická deformace a tření. Plastická deformace se promítá v lokálních objemech a vede k porušení materiálu.

Třísku vytvářejí částice oddělené od základního materiálu ve fázi porušení materiálu.

Deformace při obrábění má dvě stadia: primární
sekundární

Oddělení částic ve formě třísky probíhá v závislosti na stavu obráběného materiálu dvěma způsoby:

- a/ odtrhnutím, převládají-li v zóně řezání tahová napětí
- b/ odstřížením při převládajících napětích tangenciálních

Plastickou deformaci provází vznik tepla, tzn. část energie na plastickou deformaci se přeměňuje na teplo. Následkem toho roste i teplota deformovaného - obráběného - tělesa a může se měnit i jeho stav.

Významný je i vliv rychlosti deformace.

Deformace v oblasti řezání je kromě vnějších sil ovlivňována i třením. Koeficient tření roste se stupněm pórovitosti řezného materiálu.

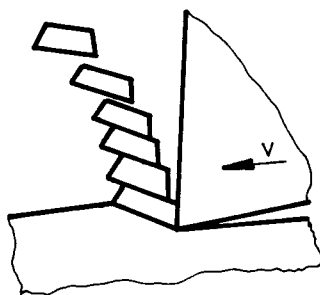
Podle stavu napjatosti v oblasti řezání a podle charakteru oddělování materiálu mohou vznikat dva druhy třísek:

- trhané
- stříhané

Materiály, u nichž v oblasti řezání převažují normální napětí nad tangenciálními, tzn. křehké materiály, jsou charakteristické třískami trhanými. Třísky mají tvar samostatných elementů materiálu vytrháváných tlakem nástroje z obráběného materiálu. Na straně obrácené k noži je tato tříska narovná. Obrobená plocha je drsná. Tyto třísky jsou obvyklé při obrábění litiny a bronzu.

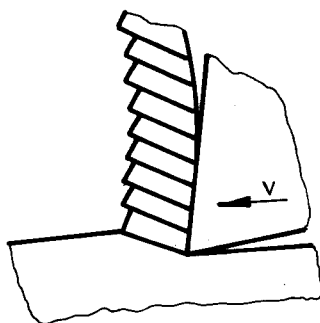
Obráběním materiálů v oblasti řezání plastických vznikají třísky stříhané. V závislosti na stupni plastičnosti může mít tříska různé tvary.

- 1/ elementární tříska - odstřihnuté částice spolu navzájem souvisí / obr. 14 /



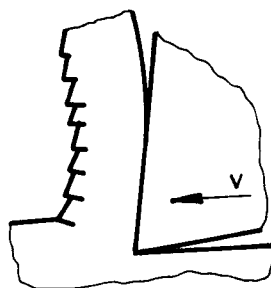
Obr. 14

2/ stupňovitá tříska - jednotlivě spojené částice mají jasně odlišnou strukturu / obr. 15 /



Obr. 15

3/ plynulá tříska - obvykle bývá ve formě dlouhé zakroucené stuhý. Patří k nejobvyklejším druhům stříhané třísky / obr. 16 /



Obr. 16

Stříhané třísky jsou ze strany nože hladké.

Mimo uvedené typy třísek vznikají i různé přecodné typy. Jejich vznik závisí na vlastnostech obráběného kovu, ale i na hloubce řezu, posuvu a řezné rychlosti.

Růstem řezných rychlostí se zvyšuje i význam odvodu

třísky z místa vzniku a objem, který zaplňuje.
Podle geometrického tvaru lze třísky rozdělit:

- A/ NEVYHOVUJÍCÍ - přímá
- smotaná
- plochá
- B/ VYHOVUJÍCÍ - zborcená šroubovice
- dlouhá válcová
- krátká válcová
- spirálově šroubovitá výhodná
- spirálová
- polozávitová
- elementární

Vhodnost posuzujeme s ohledem na snadné odsranění třísky z místa řezání.

U dlouhých třísek hrozí nebezpečí poškození nástroje a mechanismů stroje, tyto třísky se namotávají na obrobek. Při ruční obsluze stroje mohou snadno způsobit i úraz. Naproti tomu velmi krátké třísky se mohou dostat do mezer na stroji, mezi suport a lože a poškodit tak vedení stroje. K nejvhodnějším patří tříska krátká spirálová nebo šroubovitá.

Číselně můžeme vhodnost třísky charakterizovat objemovým součinitelem

$$w_t = \frac{V_t}{V_m}$$

V_t = objem třísek vzniklých
z objemu V_m

V_m = objem odebraného materiálu

Délka styku třísky s čelem nástroje je závislá na plastickém stavu obráběného kovu a tření. Při zvýšení stupně plasticity a tření dochází ke zvětšení délky styku.

Mechanismus stáčení třísky závisí na mechanismu tvorby třísky. Tříska se rozšiřuje a prodlužuje ze strany zatížení řeznou silou. Současně se tříska zakřivuje.

Při volném řezání se tříska stáčí do rovinné spirály, při vázaném do šroubovice.

K nejdůležitějším faktorům ovlivňujícím stáčení třísky patří: úhel, čela, hloubka řezu, posuv, hloubka žlábků na čele, řezná rychlost či řezná kapalina.

Objemový součinitel třísky stočené do spirály se pohybuje od 50 do 90, u stuhovité třísky dosahuje až hodnot 500.

Drobení třísky se řeší používáním utvařečů a lamačů třísky.

9. ZKOUŠKY KERAMICKÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK

Keramické břitové destičky byly měřeny a sledovány ve třech oblastech:

- a/ STATICKÁ MĚŘENÍ
- b/ OBLAST UTVÁŘENÍ
- c/ ZKOUŠKA TRVANLIVOSTI

9.1 Statická měření

Zkouška byla prováděna zatěžováním destičky za pomoci radiální vrtačky VR 4 s napojeným třmenovým dynamometrem dvěma způsoby

- a/ s destičkou upevněnou v nožovém držáku / obr. 18 /
- b/ s destičkou přidržovanou jednoduchým přípravkem/obr.17/

Byly zkoušeny tyto typy destiček

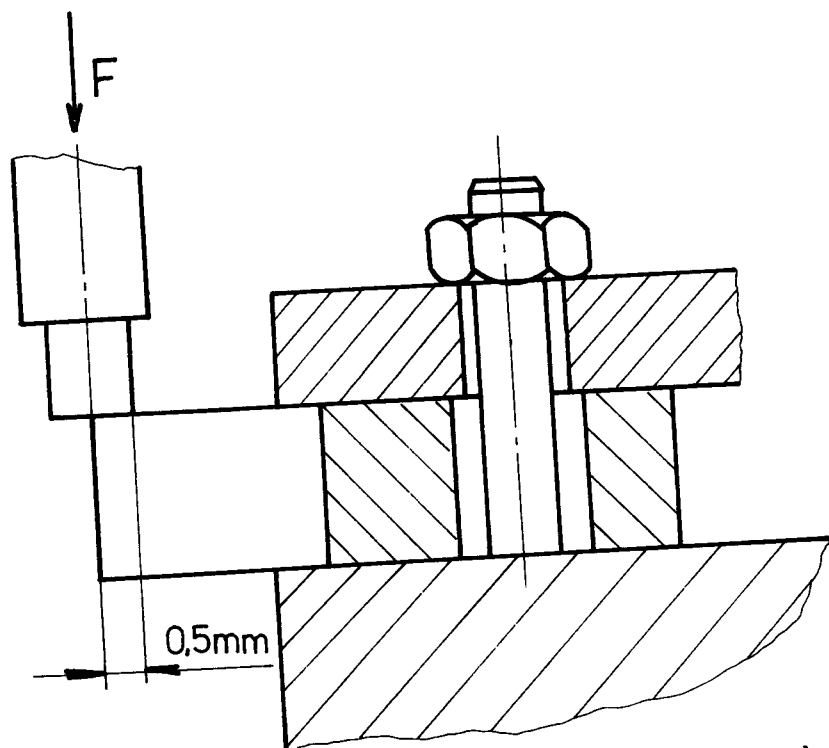
- | | |
|--------------|----------------------|
| 1/ SNGA 1208 | čtvercová silná |
| 2/ SNGA 1204 | čtvercová tenká |
| 3/ TNGA 1608 | trojúhelníková silná |
| 4/ TNGA 1604 | trojúhelníková tenká |

Při měření jsme zvyšovali sílu, na destičku, až do okamžiku poškození.

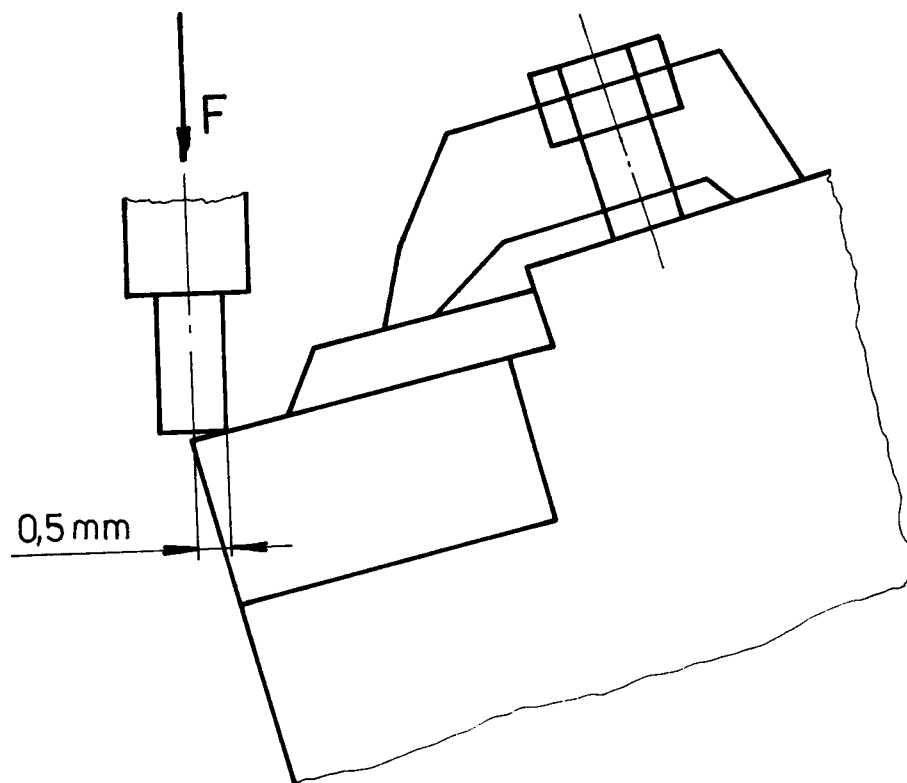
Zatěžovací síly F se pohybovaly od 800 N do 3 200 N. U jednotlivých destiček byly naměřeny následující síly při poškození. Naměřené hodnoty jsou v tabulce č.

ZÁVĚR: Zkoušky tlustých a slabých destiček dokázaly, že k poškození tlustých destiček dochází při větší zatěžovací síle. U slabých destiček došlo k poškození při nižší síle N .

Hodnota napětí u slabých destiček byla však vyšší než u tlustých destiček



Obr.č.17 S destičkou přidržovanou jednoduchým přípravkem



Obr.č.18 S destičkou upevněnou v nožovém držáku

9.2 Oblast utváření

Všechna měření byla prováděna na soustruhu EE 800.
Obráběným materiálem byla ocel Břítový držák byl
ve všech případech upevněn v nožové hlavě soustruhu.

Zkouška byla prováděna dvěma způsoby:

- a/ plným řezem
- b/ přerušovaným řezem

Řezné podmínky byly zvoleny následovně:

- 1/ PLNÝ ŘEZ hloubka řezu - $h = 1,5; 3; 6; \text{ mm}$
posuv - $s = 0,1; 0,2; 0,315; 0,6;$
 $0,7; \text{ mm/ot}$

- 2/ PŘERUŠOVANÝ ŘEZ - řezné podmínky byly zvoleny
u silných destiček
hloubka řezu - $h = 6; 3; 1,5; \text{ mm}$
posuv - $s = 0,1; 0,2; 0,315; 0,4; 0,5; 0,6;$
 $0,7; \text{ mm/ot}$

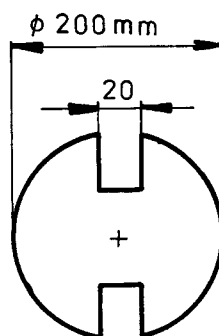
Řezná rychlost v plném řezu byla zvolena 223 m/min a řezná
rychlost přerušovaného řezu byla 140,7 m/min.

Byly odebírány vzorky třísek při různých kombinacích
posuvů a hloubek řezu.

Byly zkoušeny tyto typy destiček:

- a/ SNGA 120812 čtvercová silná
SNGA 120412 čtvercová tenká
- b/ TNGA 160812 trojúhelníková silná
TNGA 160412 trojúhelníková tenká

Trojúhelníková silná destička nevyhovuje při rychlosti
 $V = 223 \text{ m/min}$. Pro měření jsme museli použít rychlosti
 $V = 140 \text{ m/min}$.



Obr.č.19 Materiál při přerušovaném řezu

Oblast utváření je v přílohách č. 9 - 16. Vyhovující řezné podmínky pro oblast utváření v tabulce č.

ZÁVĚR: Schemata tvorby třísek jsou v příloze 1 - 8.

1. Hodnocení destiček při plném řezu

- A. Tlustá destička - v plném řezu vykazuje nejlepší výsledky utváření třísky při hloubkách řezu 1,5 - 6 mm a posuvech od 0,315 mm/ot do 0,71 mm/ot.
- B. Tenká destička - vykazuje při plném řezu obdobné výsledky jako destička silná. Toto hodnocení je platné jak pro destičky čtvercové, tak i pro trojúhelníkové.

2. Hodnocení destiček pro přerušovaný řez

- A. Tlustá destička v přerušovaném řezu vykazuje nejlepší výsledky utváření třísky při hloubkách řezu od 1,5 - 6 mm a posuvech 0,315 mm/ot - 0,4 mm/ot. Pouze trojúhelníkové destičky jsou použitelné při hodnotách 0,315 mm/ot - 0,4 mm/ot.
- B. Tenké destičky nelze použít při hloubkách řezu 3 - 6 mm. Proto bylo nutné snížit hloubku řezu na hodnoty 0,5 - 1,5 mm. S tímto výsledkem. Oblast utváření se pohybuje u čtvercových destiček od 0,4-0,71 mm/ot, u trojúhelníkových pouze

pro hloubkách řezu $h = 1,5 \text{ mm}$ a $s = 0,2 \text{ mm/ot.}$
 při $n = 300 \text{ min}^{-1}$

3.2 Trvanlivost špičkové destičky

Zkouška trvanlivosti byla prováděna na soustruhu BR 800 nožem upnutým v nožové hlavě. Na soustruhu byl obráběn materiál $\phi 310 \text{ mm}$ o délce 1000 mm . K lisování byly keramické destičky výrobce SIV řady:

- TNGA 160412 - trojúhelníkové tenké
- TNGA 160812 - trojúhelníkové silné
- ONGA 120412 - čtvercové tenké
- ONGA 120812 - čtvercové silné

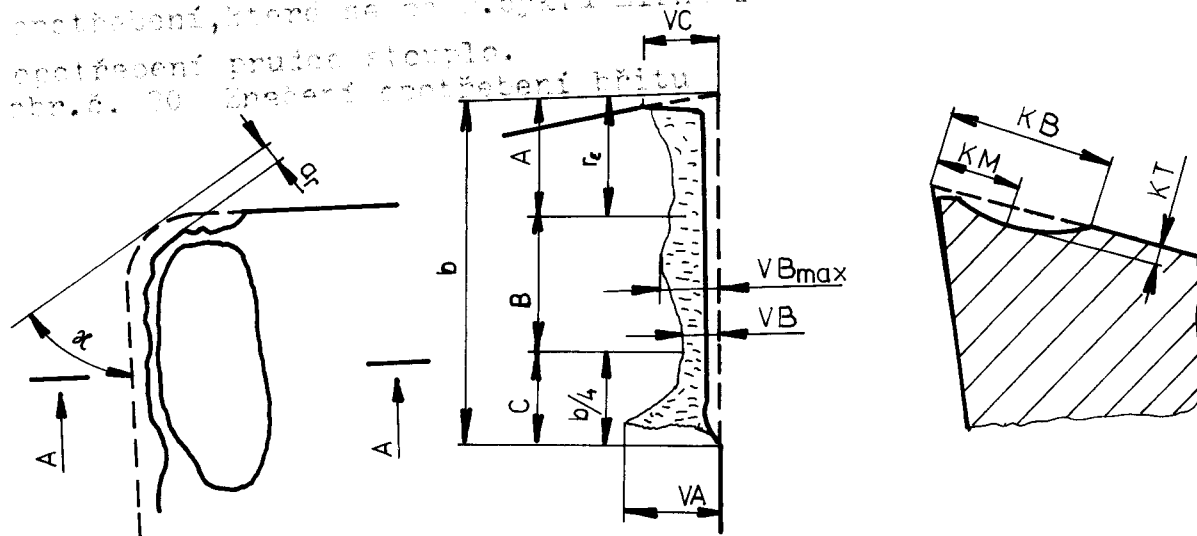
Řezné podmínky byly u všech měření stejné:

hloubka řezu $h = 1,5 \text{ mm}$
 posuv $s = 0,2 \text{ mm/ot.}$
 otáčky $n = 300 \text{ min}^{-1}$

Hodnota opotřebení se měřila VB jame měřicími mikroskopy. Velikost VB jame odečetli v úseku $1/4$ od předního konce seoblení špičky r_0 a část o délce $1/4$ od konce vyskytnout největší chyby.

Každý druh destičky byl změřen po 2min. práce v rovinném a vlnném cyklu. U všech typů destiček došlo k počátečnímu opotřebení, které se po 2. cyklu mírně zvýšilo a po 4. cyklu opotřebení pružně stoupla.

obr. 6. 30 Změrači opotřebení řezu



Závěr: Zkouška trvanlivosti byla provedena na soustruhu BR 800 a výsledky jsou srovnatelné s výsledky u destiček v rovinném řezu.

9.4 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.

Cílem diplomové práce bylo ověření funkčních vlastností keramických břitových destiček.

Statická měření - sloužila pro stanovení maximální zatěžovací síly. Srovnáním silné a tenké destičky bylo zjištěno poškození silné destičky vyšší silou než tenké. U tenké destičky bylo vyšší napětí. To znamená, že silná destička vydrží podle předpokladu vyšší řeznou sílu.

Oblast utváření - silná destička: vykazovala větší možnost využití při plném řezu i při přerušovaném. Při větších hloubkách řezu / do 6 mm / tříška byla vhodně utvářena.

Slabá destička: vykazovala možnost použití pouze při plném řezu do hloubky řezu 6 mm. Při přerušovaném řezu bylo nutné snížit hloubku řezu do 1,5 mm.

Nejužší oblast byla zjištěna u destiček trojúhelníkových tenkých.

Bylo zjištěno, že u silných destiček můžeme použít vyšší hloubku řezu, protože vydrží vyšší zatěžovací sílu.

Zkouška trvanlivosti - byla pouze orientační, její výsledky byly zhruba stejné jak u tenkých, tak u silných destiček v plném řezu.

10. Z Á V Ě R

Úkolem této diplomové práce byly ověřovací zkoušky vyměnitelných destiček s řezné keramiky

Vzhledem k zadání diplomové práce a výsledkům provedených zkoušek jsem došel k těmto závěrům:

Tenké destičky - jsou vhodné k obrábění na čisto, vykazují menší průřez třísky, jsou vhodné pro plynulý řez, dosáhneme úspory materiálu a je možné použít normálních držáků pro SK

Silné destičky - jsou vhodné, pro hrubování, mají větší průřez třísky, jsou vhodné pro přerušovaný řez.

Závěrem bych chtěl poděkovat ing. Vladimíru Gabrielovi za mnohé rady a odborné vedení při řešení této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat všem pracovníkům laboratoří a dílen katedry obrábění VŠST v Liberci, kteří mi byli nápomocni.

11. SEZNAM LITERATURY

- 1/ Buda, J.: Teória obrábania, Bratislava, Alfa 1983
- 2/ Buda, J.: Teoretické základy obrábania kovov,
Bratislava, Alfa 1977
- 3/ Dráb V.: Technologie I, Liberec, VŠST 1979
- 4/ Přikryl: Teorie obrábění, Praha 1982
- 5/ Vintner F.: Obrábění keramickými řeznými destičkami
Praha SNTL 1962
- 6/ Křístek F.: Obrábění vysokými řeznými rychlostmi
Gabriel V / Zpráva / VŠST Liberec 1973
- 7/ Hatschek R.L.: Nový pohled na keramiku, / Zpráva /
733 květen 1981
- 8/ Stříž B.: Pružnost a pevnost, VŠST Liberec
- 9/ Hubený P.: Zkrácení funkční zkoušky keramických břito-
vých destiček, / diplomová práce / VŠST
Liberec 1980 -
- 10/ Kubíková Z.: Ověření funkčních vlastností stavitelných
držáků z výrobního programu k.p. Nářadí
Děčín, / diplomová práce / VŠST Liberec 1985
- 11/ Zahradník P.: Optimální použití obráběcích nástrojů
s řeznou keramikou, / diplomová práce /
ČVÚT Praha 1981
- 12/ Turek M.: Keramické destičky a cermety, ČVÚT Praha 1970

TABULKY

- 1/ Hodnoty síly při statickém zatěžování destiček upnutých do přípravku
- 2/ Hodnoty síly při statickém zatěžování destiček do nožového držáku
- 3/ Hodnoty síly a napětí při zatěžování tlusté čtvercové destičky
- 4/ Hodnoty síly a napětí při zatěžování tenké čtvercové destičky
- 5/ Průměrná síla a napětí při statickém měření
- 6/ Vyhovující řezné podmínky pro oblast utváření
- 7/ Trvanlivost břitové destičky
- 8/ Maximální použití průřezu třísek při přerušovaném řezu

Tab.č.13 Hodnoty síly pro statické měření destiček upnutých do přípravku.

Druhy destiček	Poškozena	F /N/	σ /MPa/
□ tlustá	přes díru	1760	29,3
□ tenká	přes díru	1312	36,2
△ tlustá	přes díru	1472	25,96
△ tenká	přes díru	1172	32,5

Tab.č.14 Hodnoty síly při statickém zatěžování destiček do nožového držáku.

Druhy destiček	Poškozena	F / N /
□ tlustá	na břit	1600
□ tenká	- " -	1504
△ tlustá	- " -	960
△ tenká	- " -	800

Tab.č. 15 Hodnoty síly a napětí při zatěžování tenké čtvecové destičky.

F / N /	S / mm ² /	σ / MPa /
2720	60	45,3
2 688	60	44,8
1472	60	40,5
2 432	60	24,5
3 200	60	53,3

Tab.č.16 Hodnoty síly a napětí při zatěžování tenké čtvercové destičky.

F / N /	S / mm ² /	σ / MPa /
2 080	36,24	57,39
1 440	36,24	39,73
3 200	36,24	88,3
1 632	36,24	45,1
1 312	36,24	36
2 240	36,24	61,8

Tab.č.17 Průměrná síla napětí při statickém měření.

Druhy destiček	Průměrná síla /N/	Průměrná σ /MPa/
□ tlustá	2 502,4	41,6
□ tenká	1 984	54,7

Tab.č.19 Trvanlivost břitové destičky.

Druhy destiček	opot. VB /mm/ V čas T / min /				
	2	4	6	8	10
△ tenká	0,04	0,06	0,1	0,13	0,16
△ tlustá	0,06	0,1	0,11	0,12	0,15
□ tlustá	0,03	0,09	0,11	0,14	0,15
□ tenká	0,05	0,07	0,08	0,11	0,12

Tab.č.18 Vyhovující řezné podmínky pro oblast utváření.

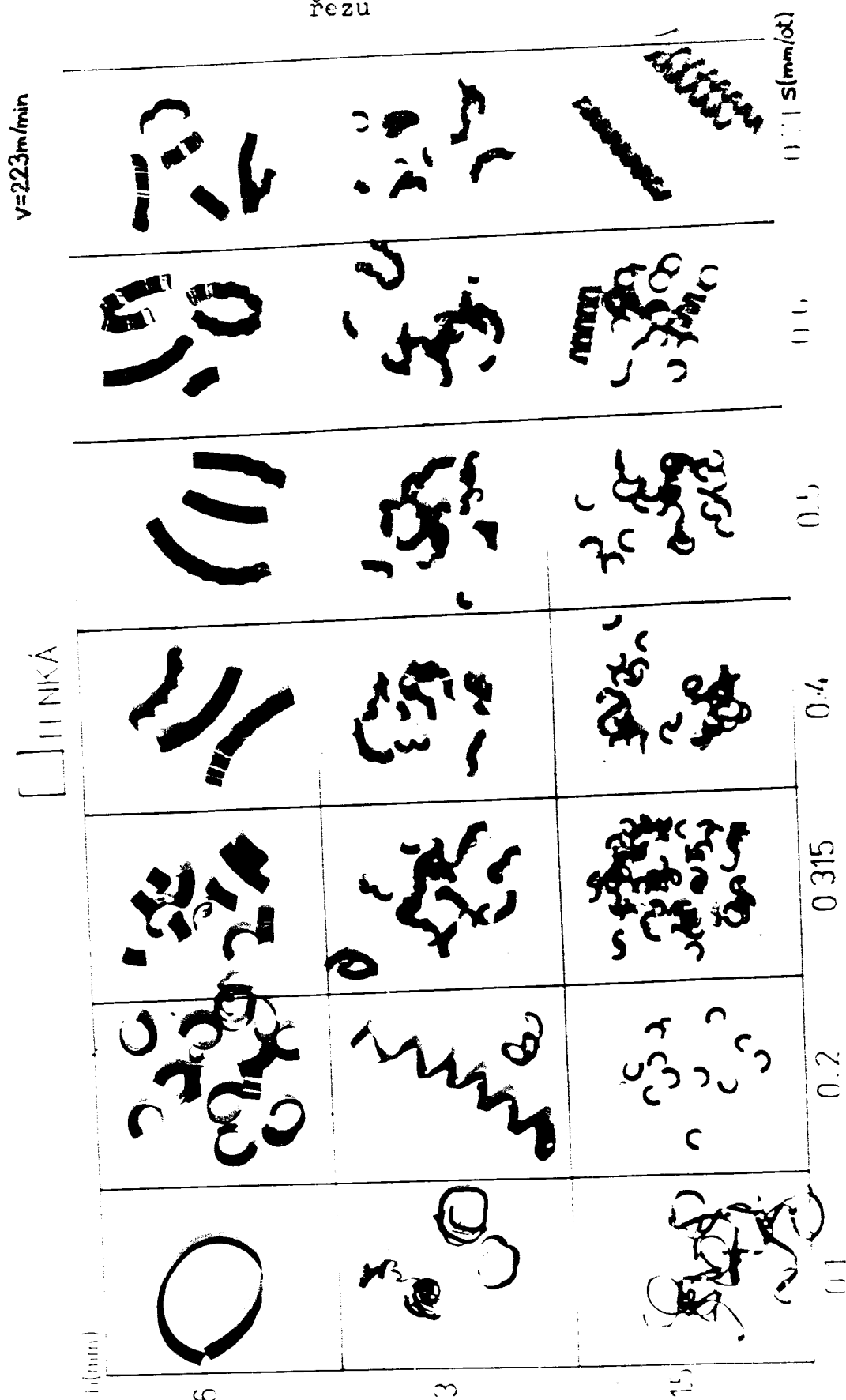
Druhy destiček	h /mm/	s / mm/ct/	s /mm ² /	V m/min	Způsob řezu	
□ silná	1,5 3 6	0,71 0,50 0,5	1,065 1,5 3,0	140	prerus.	
□ tenká	0,5 1 1,5	6,71	6,355 6,71 1,665			
Δ silná	1,5 3 6		0,6 1,2 2,4			
Δ tenká	0,5 1 1,5		0,71 0,5 0,5			0,355 0,5 0,76
□ silná	1,5 3 6		0,71	1,065 2,13 4,16	223	plný
□ tenká	1,5 3 6	1,063 2,13 4,16				
Δ silná	1,5 3 6	0,71 0,71 0,6		1,065 2,15 3,6		
Δ tenká	1,5 3 6	0,71 0,71 0,6		1,065 2,3 3,6		

Tab.č.20 Maximální použití průřezu trisek při přerušovaném řezu.

Druh destiček	S max. / mm ² /
Δ silná	2,4
Δ slabá	0,75
□ silná	3
□ slabá	1,065

Příloha I

SCHEMA UTVÁŘENÍ u obdélníkové tenké destičky při plném řezu

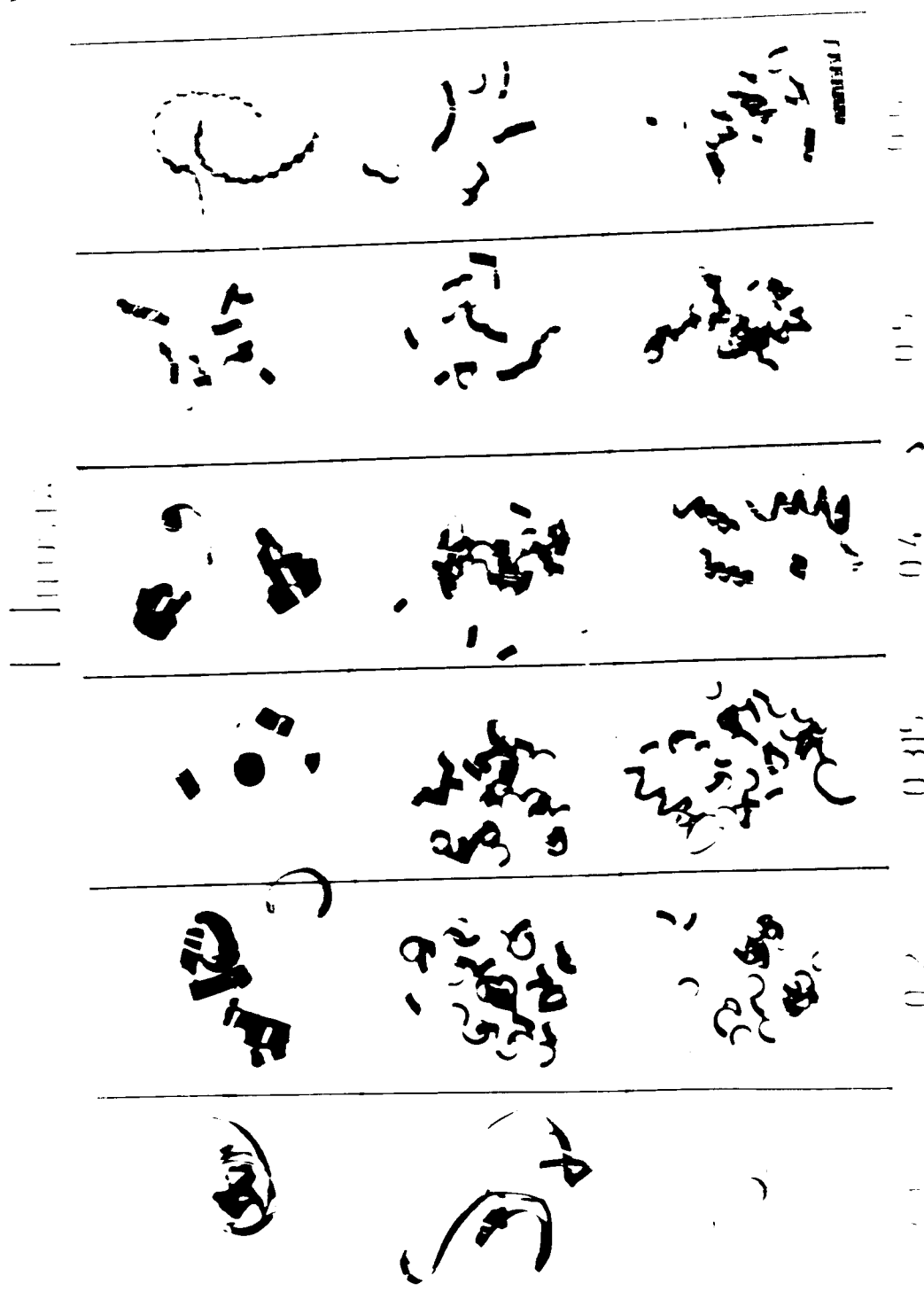


Příloha II

SCHEMA UTVÁŘENÍ u obdélníkové tlusté destičky při plném řezu

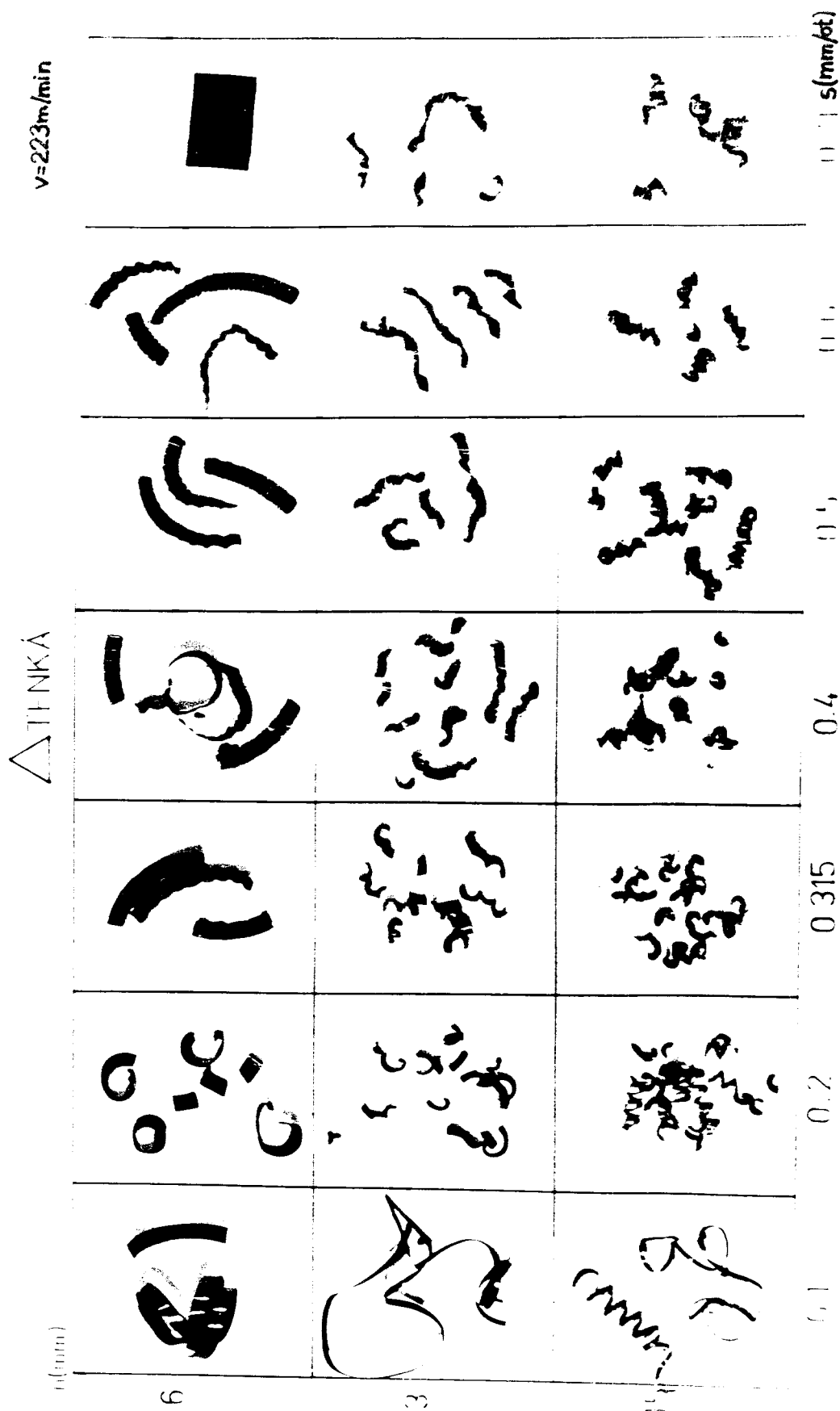
$v=223\text{ m/min}$

$S(\text{mm/ot.})$



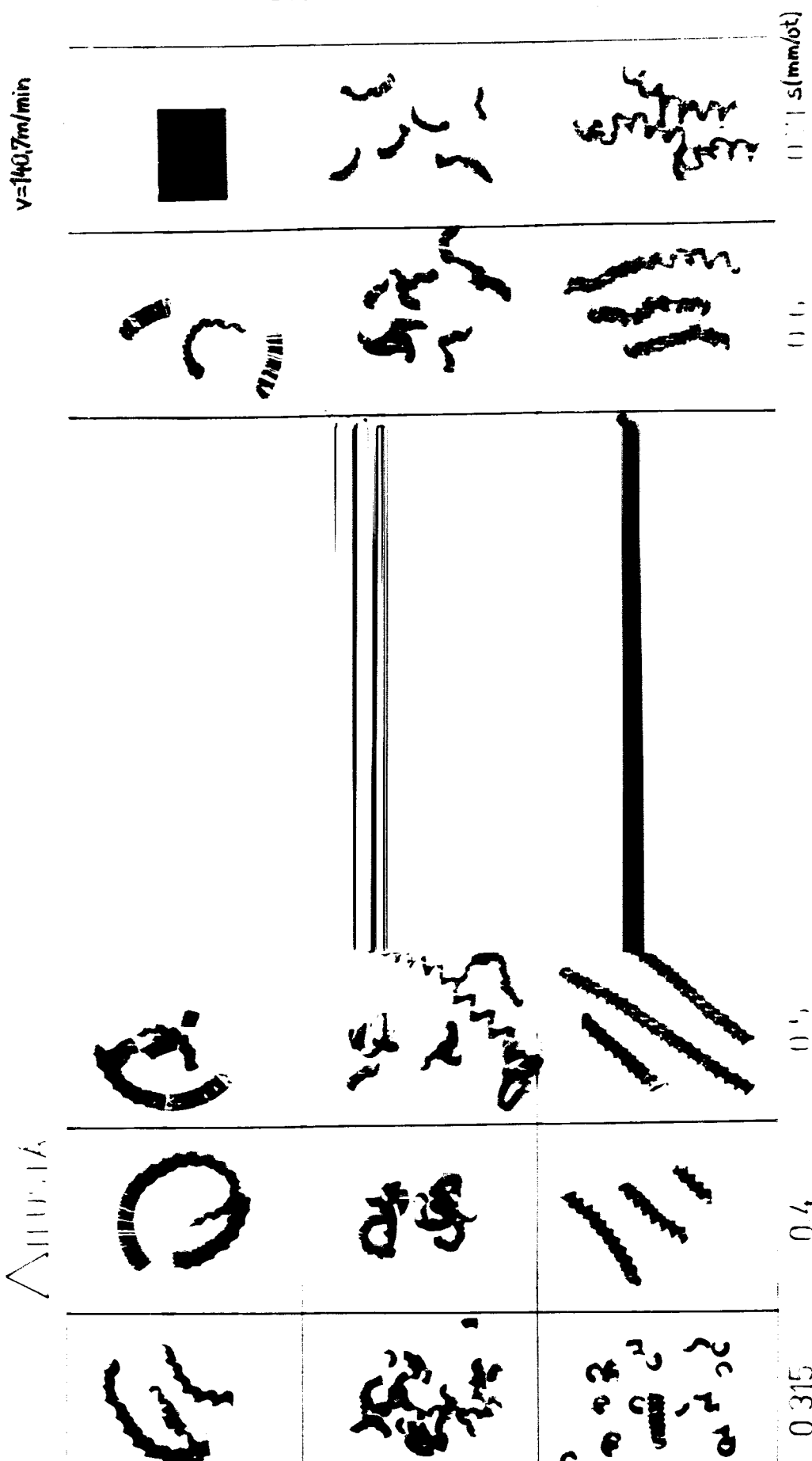
Příloha III

SCHÉMA UTVÁŘENÍ u trojúhelníkové destičky tenké při plném řezu



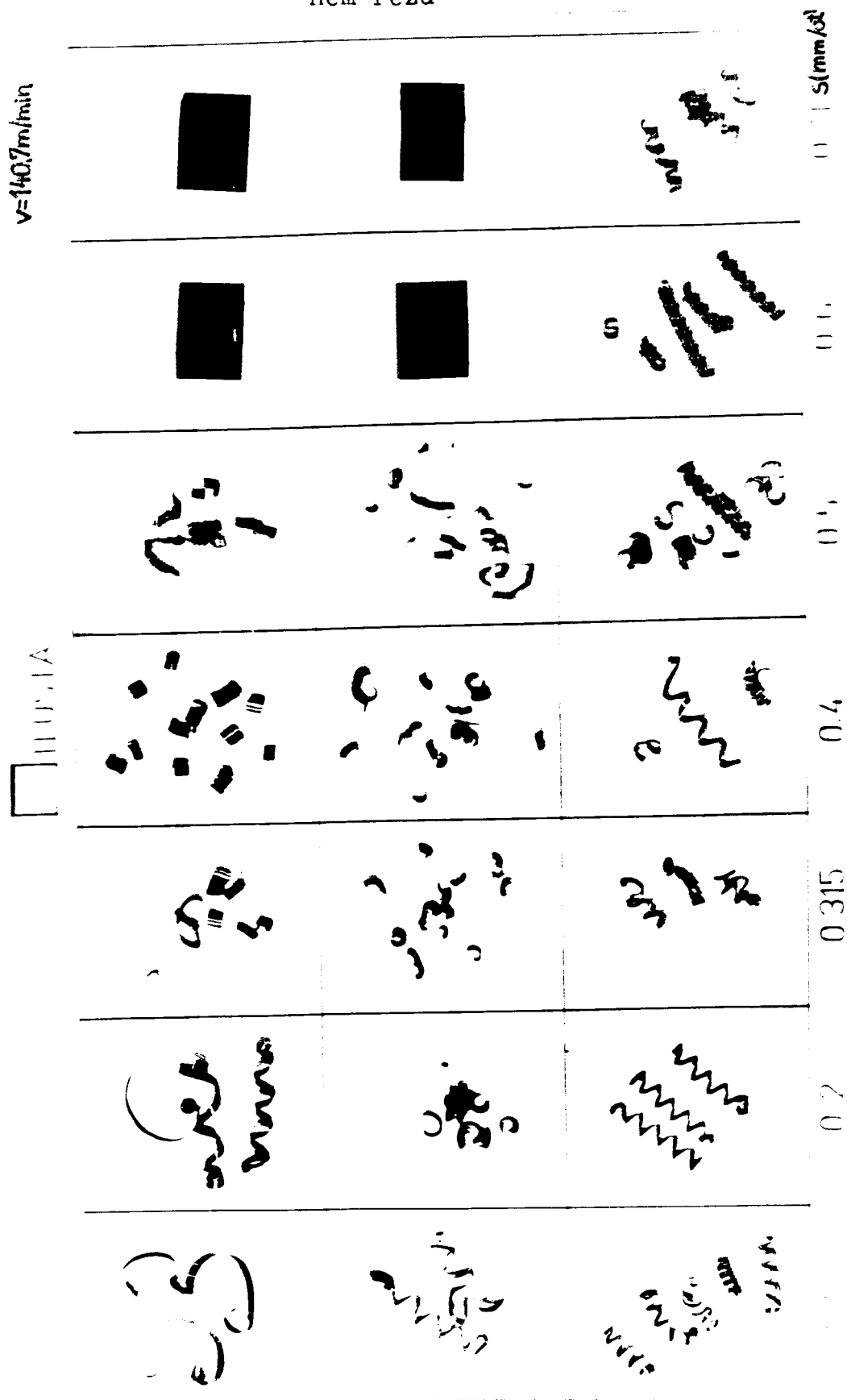
Příloha IV

SCHÉMA UTVÁŘNÍ u trojúhelníkové tlusté destičky při plném řezu



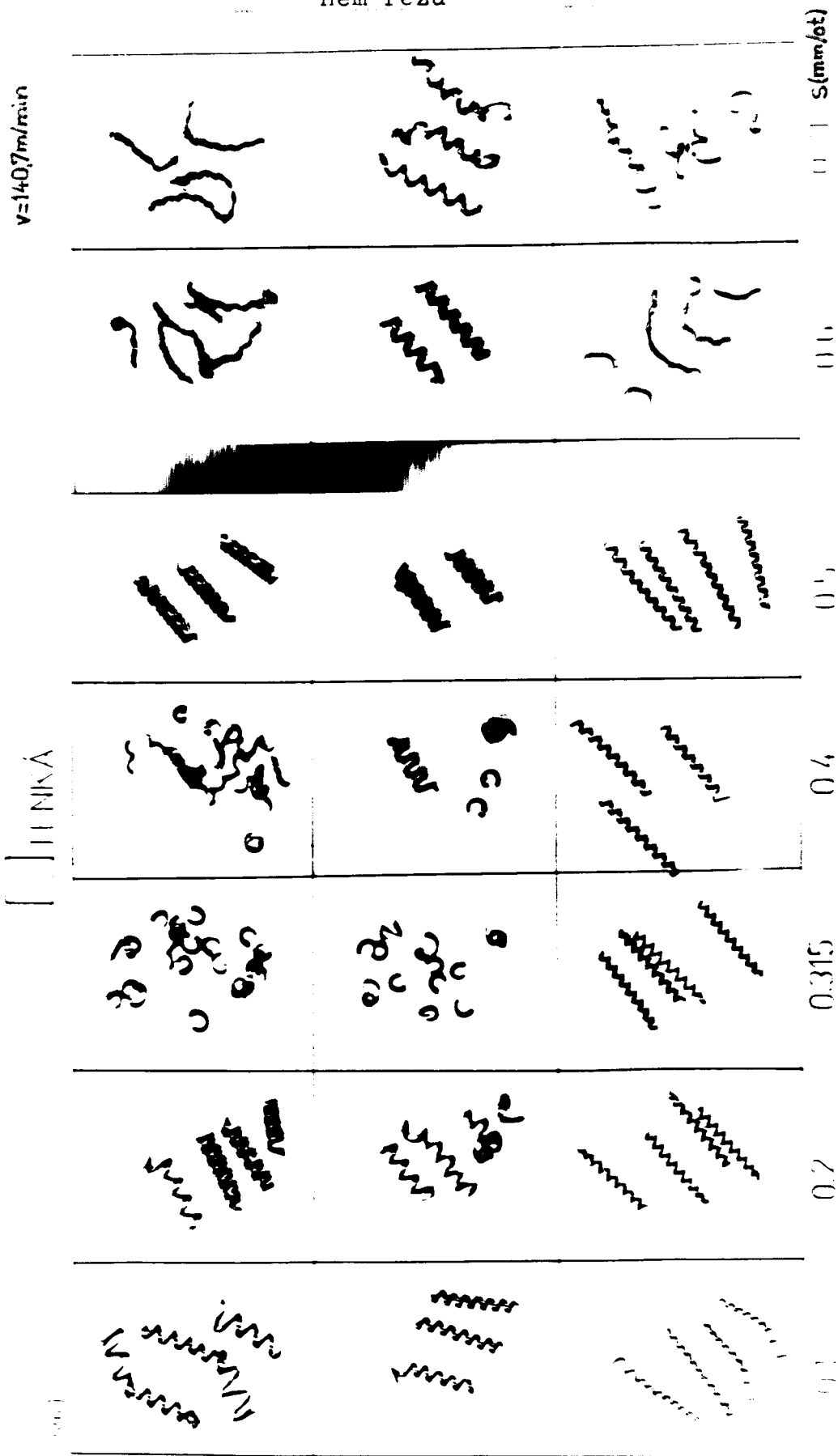
Příloha V

SCHEMA UTVÁŘENÍ u čtvercové silné destičky při přerušova-
ném řezu



Příloha VI

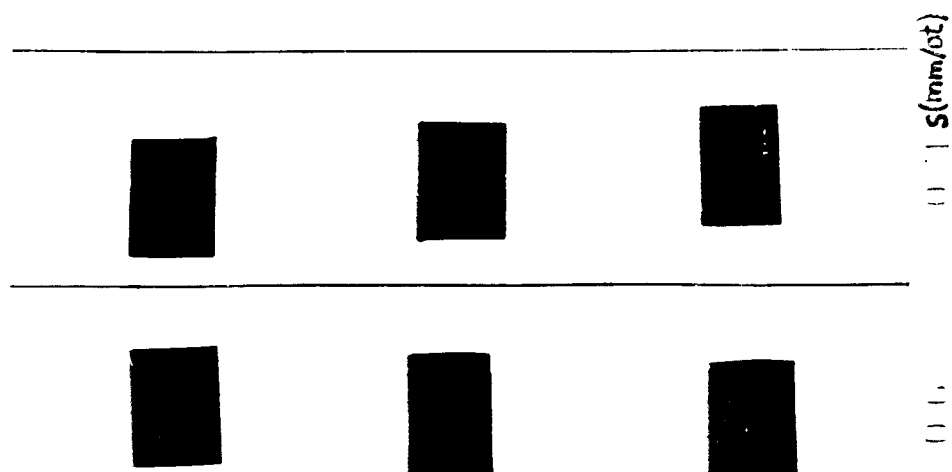
SCHEMA UTVÁŘENÍ u čtvercové tenké destičky při přerušova-
ném řezu



Příloha VII

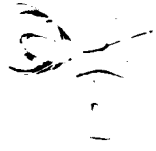
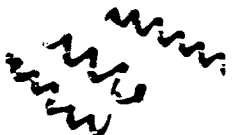
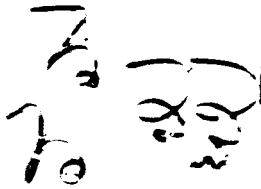
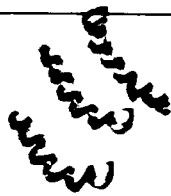
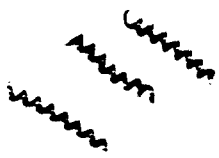
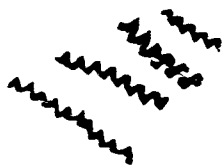
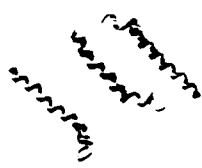
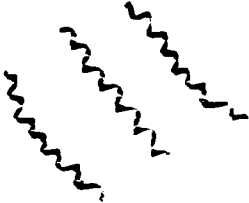
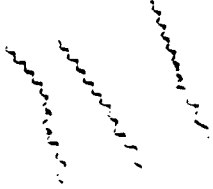
SCHEMA UTVÁŘENÍ u trojúhelníkové tlusté destičky při přeru-
šovaném řezu

$v=140,7\text{m/min}$



Příloha VIII

SCHEMA UTVÁŘENÍ u trojúhelníkové tenké destičky při přerušovaném řezu

v=140,7m/min				1000	s(mm/ot.)
				100	s(mm/ot.)
Δ IIIA				100	s(mm/ot.)
				04	s(mm/ot.)
				0315	s(mm/ot.)
				02	s(mm/ot.)
				01	s(mm/ot.)
				01	s(mm/ot.)

Příloha IX

Značka: x - znamená vhodnou oblast utváření

- - znamená nelze použít

0 - nevhodná oblast utváření

x = oblast utváření u obdélníkové tenké destičky při plném řezu

V = 223 m/min

h/mm/

6

3

1.5

0	x	x	x	x	x	x
0	0	x	x	x	x	x
0	x	x	x	x	x	x

0.1 0.2 0.315 0.4 0.5 0.6 0.71 s /mm/ot/

Příloha č. X

Oblast utváření u obdélníkové tlusté destičky při plném řezu

V = 223 m/min

h/mm/

6

3

1.5

0	x	x	x	x	x	x
0	x	x	x	x	x	x
0	x	x	x	x	x	x

0.1 0.2 0.315 0.4 0.5 0.6 0.71 s / mm/ot /

Příloha č. XI

tenké

Oblast utváření u trojúhelníkové destičky při plném řezu

 $v = 223 \text{ m/min}$

$h/\text{mm}/$							
6	0	x	x	x	x	x	-
3	0	x	x	x	x	x	x
1.5	0	x	x	x	x	x	x
	0.1	0.2	0.315	0.4	0.5	0.6	0.71 s/mm/ot/

Příloha č. XII

Oblast utváření u trojúhelníkové silné destičky při plném řezu

 $v = 140,7 \text{ m/min}$

$h/\text{mm}/$							
6	0	x	x	x	x	0	-
3	0	0	x	x	x	x	x
1.5	0	0	x	x	x	x	x
	0.1	0.2	0.315	0.4	0.5	0.6	0.71 s/mm/ot/

Příloha č. XIII

Oblast utváření u čtvercové silné destičky při přerušovaném řezu.

 $v = 140, \text{m/min}$

$h/\text{mm}/$							
6	0	0	x	x	x	-	-
3	0	x	x	x	x	-	-
1.5	x	x	x	x	x	x	x
	0.1	0.2	0.315	0.4	0.5	0.6	0.71 s/mm/ot/

Příloha č. XIV

Oblast utváření u čtvercové tenké destičky při přerušovaném
řezu. $v = 140,7 \text{ m/min}$

$h/\text{mm}/$	0.1	0.2	0.315	0.4	0.5	0.6	0.71
1.5	0	0	x	x	x	x	x
1	0	0	x	x	x	x	x
0.5	0	0	0	x	x	x	x

Příloha č. XV

Oblast utváření u trojúhelníkové tlusté destičky při přerušovaném řezu. $v = 140,7 \text{ m/min}$

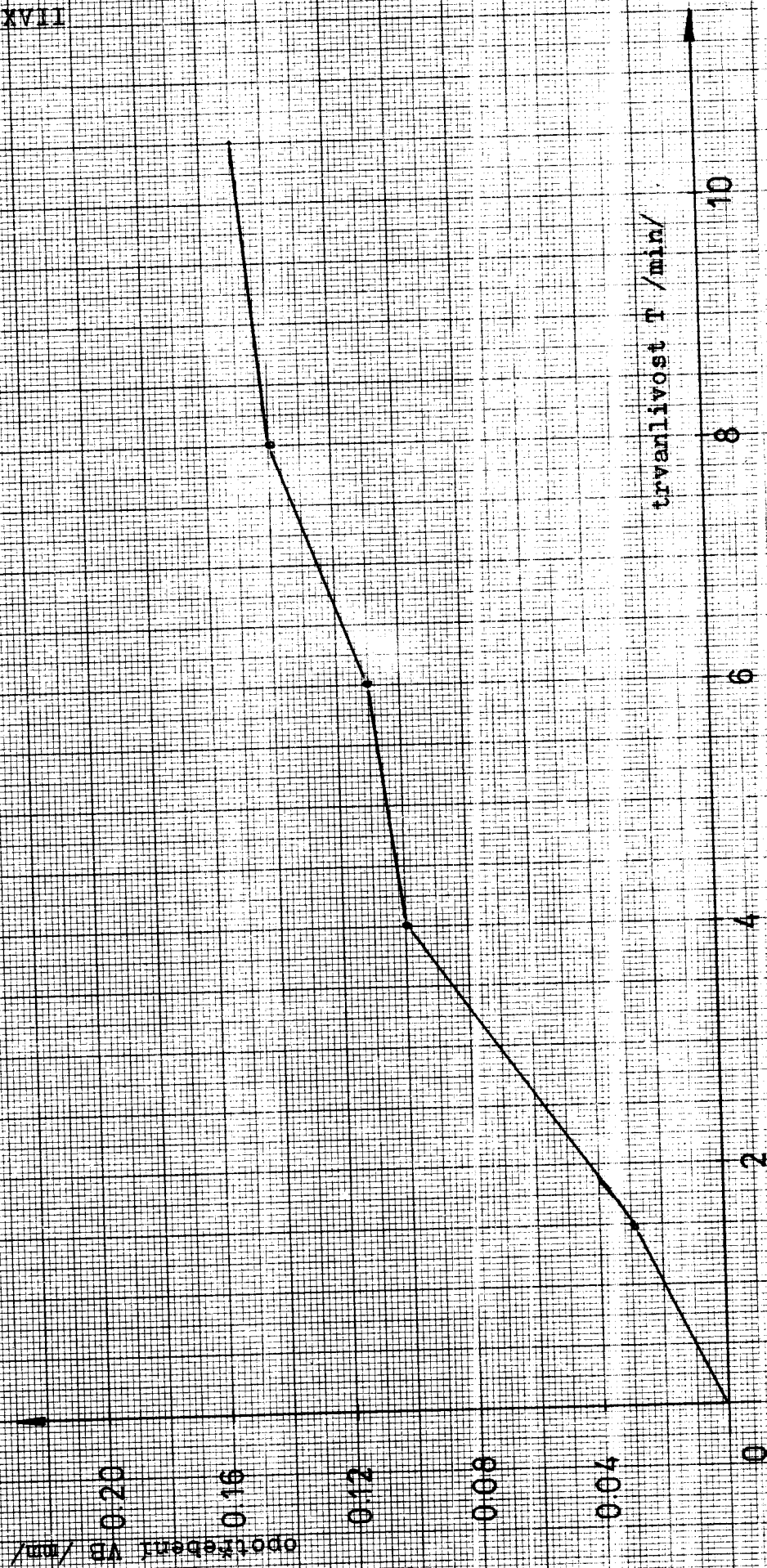
$h/\text{mm}/$	0.1	0.2	0.315	0.4	0.5	0.6	0.71
6	0	x	x	x	-	-	-
3	0	0	x	x	-	-	-
1.5	0	0	x	x	-	-	-

Příloha č. XVI

Oblast utváření u trojúhelníkové tenké destičky při přerušovaném řezu. $v = 140,7 \text{ m/min}$

$h/\text{mm}/$	0.1	0.2	0.315	0.4	0.5	0.6	0.71
1.5	0	x	x	x	x	-	-
1	0	x	x	x	x	-	-
0.5	0	0	0	0	0	0	0

Graf č. 2 Závislost VB -T u obdélníkové silné destičky



VŠST

SF/OM

Příloha č. XVIII

Graf 8.2. Závislost VB - T u obdélníkové tenké destičky

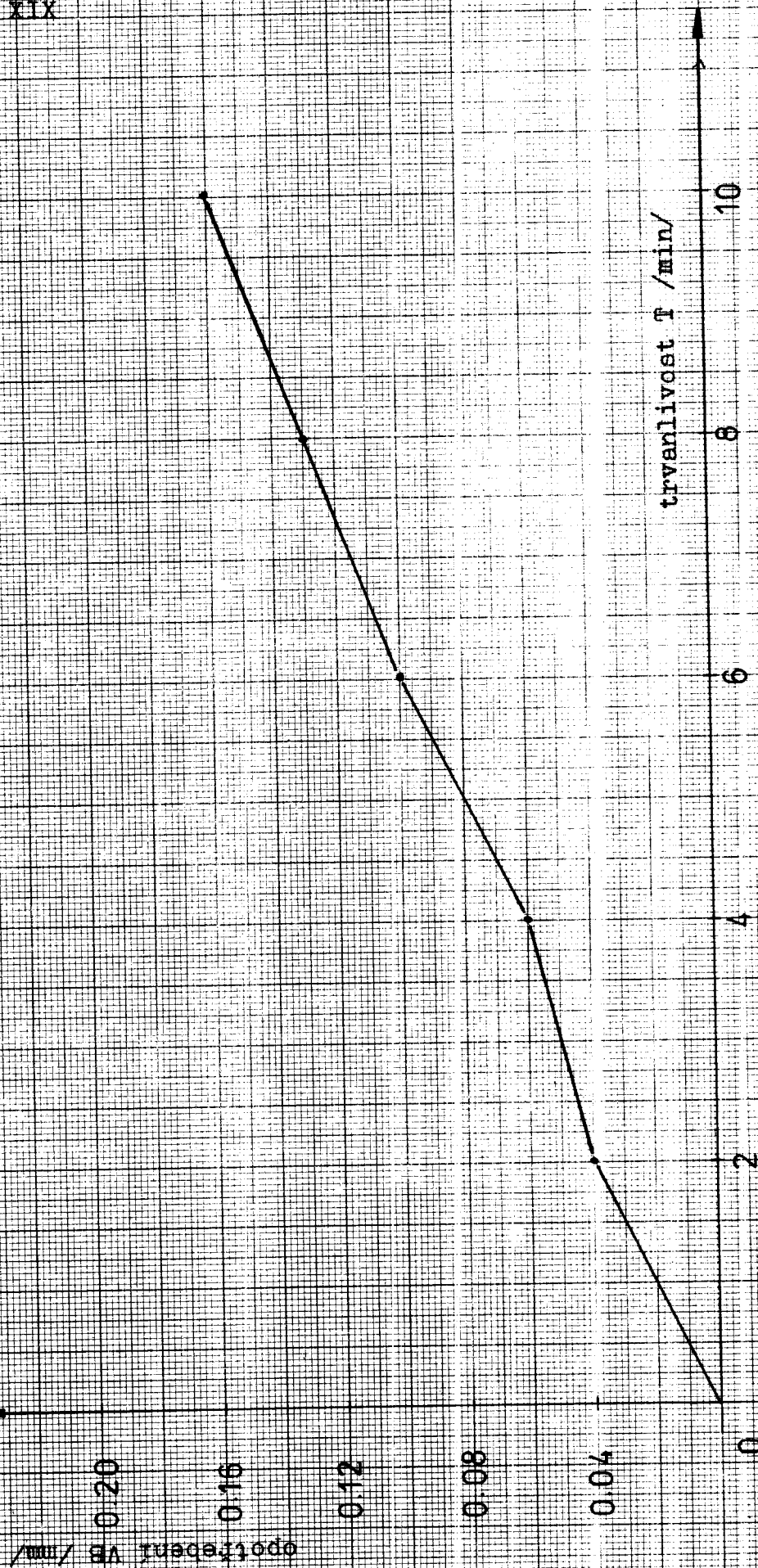


VŠST

SF/CM

Příloha č. XIX

Graf č. 3 Závislost VB - T u trojúhelníkové tenké destičky



VŠST

SF/OM

Příloha č. XX

Obr. 8.2 Závislost VB - T u trojúhelníkové silné destičky

