

Vysoká škola strojní a textilní Liberec
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23-07-8-strojírenská technologie
zaměření obrábění a montáž

NÁVRH UTVAŘEČŮ TRÍSEK PRO VYMĚNITELNÉ ŘEZNÉ DESTIČKY
Z ŘEZNÉ KERAMIKY

KOM - OM - 454
PETR VACÍK

Vedoucí práce : Ing. Robert Kvapil, CSc.
Konzultant : Ing. Vladimír Šída, CSc. - DIAS Turnov

Počet stran	89
Počet příloh a tabulek	3
Počet obrázků	80
Počet výkresů	0
Počet modelů nebo jiných příloh	0

Vysoká škola: strojná a textilní

Fakulta: strojná

Katedra: obrábění a montáže

Školní rok: 1986/87

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VYKONU)

pro Petr Vaoík

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: Návrh utvařečů třísek pro vyměnitelné řezné
destičky řezné keramiky

Zásady pro vypracování:

1. Politicko-hospodářský význam diplomního zadání
2. Současný stav aplikace utvařečů na řezné keramice
3. Návrh geometrie utvařečů pro obrábění ocelí tříd obrobitelnosti 13b a 14 b
4. Výroba a odzkoušení utvařeče

✓ 276/875

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

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

Šída, V.: Přehled vývoje a výroby čs. řezné keramiky.

In: Sb. konference technologov obrábění. DT Bratislava
1985

Valčuha, Š.: Výzkum tvarovania triesok a návrh tvarovania triesok.

In: Výzkumná zpráva. SVŠT Bratislava 1980.

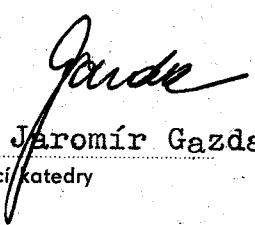
Vedoucí diplomové práce: Ing. Robert Kvapil, CSc.

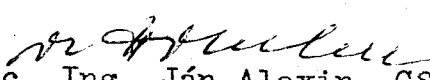
Konzultant: Ing. V. Šída, CSc. - Dias Turnov

Datum zadání diplomové práce: 6. 10. 1986

Termín odevzdání diplomové práce: 11. 5. 1987

L. S.


Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.
Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.
Děkan

v Liberci dne 30. 9. 19 86

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

V Liberci dne 11.května 1987

Podpis

Mil. Těch

Použité označení

- a - hloubka třísky [mm]
h - výška schůdku utvařeče [mm]
k - šířka dna schůdku utvařeče [mm]
M - hmotnost třísek [kg]
n - otáčky [ot/min]
 r_z - poloměr zaoblení špičky břitové destičky [mm]
 R_a - střední aritmetická úchylna profilu [μm]
 R_{max} - nejvyšší výška nerovností profilu [μm]
s - posuv [mm/ot]
t - hloubka řezu [mm]
v - řezná rychlost [m/min]
w - šířka utvařeče [mm]
 V_{tr} - objem nestlačených třísek
 V_{mat} - objem odebraného materiálu
 ρ - poloměr křivosti třísky [mm]
 ρ_m - měrná hmotnost materiálu [g/cm^3]
 σ - normálové tahové napětí
 σ_p - pevnost materiálu [kg/m^2]
 τ - tangenciální napětí
 ψ - sklon schůdku
 ω - objemový koeficient

Obsah

<u>1. Politicko-hospodářský význam diplomového zadání</u>	6
<u>2. Současný stav aplikace utvařečů na řezné keramice</u>	10
2.1. Současný stav řezné keramiky	10
2.2. Vývoj klasifikace tvarů třísek	13
2.3. Fyzikální podstata tvarování a dělení třísek	22
2.4. Matematické základy utváření třísek pomocí utvařečů	24
2.5. Základní principy utváření třísky při soustružení	30
2.6. Stav utvařečů na keramických řezných destičkách	34
<u>3. Návrh geometrie utvařečů pro obrábění ocelí tříd</u> <u>obrobitelnosti 13 b a 14 b</u>	38
3.1. Návrh geometrických prvků utvařeče	38
3.2. Popis měření a vyhodnocení	39
3.3. Návrh geometrie utvařečů	42
<u>4. Výroba a odzkoušení utvařeče</u>	45
4.1. Popis výroby utvařečů	45
4.2. Vyhodnocení vyrobených utvařečů	45
<u>5. Závěr</u>	88
Literatura	89

1. Politicko-hospodářský význam diplomového zadání

Tato diplomová práce má být příspěvkem k řešení aktuálního problému zvyšování efektivnosti a produktivity práce při obrábění, kterému se v současné době věnuje značná pozornost na všech stupních řízení. O nutnosti zvyšování produktivity práce bylo jednáno i na XVII. sjezdu KSČ. V jeho závěrech se uvádí, že strojírenství se musí zaměřit hlavně na vytváření nezbytných podmínek pro podstatné zvýšení technického rozvoje, urychlení zavádění nových progresivních technologií, umožňujících výrazné snížení materiálové a energetické náročnosti a na zlepšení pracovních podmínek při výrazném zvýšení produktivity práce. Je nutné zajistit urychlení modernizace a automatizace ucelených pracovišť a postupný přechod ke komplexní automatizaci technologických celků a soustředit se na osvojení a výrobu nových generací strojů a zařízení. Uplatňovat ve větším rozsahu standartizaci a unifikaci rozhodujících uzlů a prvků. Rychlejším zajišťováním směnnosti zajistit zejména maximální využití vysoce výkonných a drahých strojů a výrobního zařízení. Musí se urychlit likvidace zastaralé výrobní techniky, budovat racionalizační dílny, zabezpečit rozvoj jed nou účelových strojů.

Podle závěrů XVII. sjezdu KSČ je nutno zvýšit výrobu ve všeobecném strojírenství o 25%. Dále je nutno zaměřit se na zajišťování dodávek progresivních technologií a na zvýšení výroby spotřebního zboží při výrazné inovaci výrobků. Pro plnění těchto náročných úkolů je nutné provést potřebné strukturální změny ve výrobě, rozvíjet vybrané obory / mezi něž patří i rozvoj obráběcích strojů a nástrojů/

a výrobu nových generací strojů a zařízení, umožňujících snížení energetické náročnosti výrobních procesů. Musí se využívat automatizované systémy řízení obráběcích a tvářecích strojů s číslicovým programovým řízením.

V duchu těchto zásad je třeba prosazovat při obrábění používání nových progresivních řezných materiálů, jakým je i řezná keramika. Její rozšíření bylo možné až po překonání některých ekonomických a technických překážek, bránících jejímu hromadnému nasazení. Vývoj ve strojírenské výrobě je velmi intenzivně zaměřen na zvýšení produktivity práce, jakosti obráběných ploch, rozměrové i tvarové přesnosti obrobků a životnosti vyráběných součástí. Tyto požadavky přispěly k urychlenému vývoji automatických obráběcích strojů vysoké tuhosti s dostatečným rozsahem řezných parametrů. V této první části vývoje bylo snahou především snížení vedlejších časů, nepožadovala se intenzifikace řezných podmínek a tím se pak neovlivnil ani další vývoj řezných materiálů. Snížení vedlejších časů však způsobilo, že vzrostl podíl strojních časů, takže se stala aktuální otázka jejich podstatného zkrácení. Tento požadavek podporovaly hlavně ekonomické důvody, protože vyšší ceny nových obráběcích strojů, vybavených řídicími systémy, automatickou výměnou nástrojů a manipulací s obrobky, způsobily vzrůst nákladů na strojní zařízení, zvláště nákladů na odpisy. Proto je nutné jejich maximální využití t.j. nasazení intenzivních řezných podmínek. Podstatného zkrácení strojních časů na automatických obráběcích strojích se dosahuje především použitím vyšších řezných rychlostí. Stávající řezné materiály by při požadovaných intenzivních podmínkách pracovaly blízko meze svých

řezných možností, rychle by se otupovaly a snadno by docházelo k časté výměně nástroje a tak i k ekonomickým ztrátám. Proto bylo třeba vyvíjet nové materiály, které by vyhovovaly zvýšeným nárokům na řeznou rychlost. Na tuto potřebu rychle zareagovali výrobci řezných materiálů a urychleně zahájili vývoj nové generace řezné keramiky z polykrystalických materiálů a kubického nitridu bóru. V poměrně krátké době byly dodány na trh výměnné destičky z tohoto materiálu, které mohou konkurovat novým druhům rychlořezných ocelí i povlakovaným vyměnitelným destičkám ze slinutých karbidů s předlisovanými utvařeči.

Používání dražších řezných materiálů - řezné keramiky umožnila i ta skutečnost, že se vzrůstem celkových výrobních nákladů klesl podíl nákladů na nástroje. Přednosti řezné keramiky vzhledem k současné používaným slinutým karbidům pro použití při vysokých řezných rychlostech plynou z rozdílné stavby těchto dvou materiálů /1/. U slinutých karbidů jsou nositeli tvrdosti karbidy /wolframu - WC, titanu - TiC, tantalu - TaC/ spojené kovovým pojivem /kobaltem - Co nebo niklem - Ni/. V keramice jsou nositelé tvrdosti /oxid hlinitý Al_2O_3 , karbid titanu TiC/ slinovány bez pojiva. Se stoupající teplotou na řezné hraně klesá u slinovaných karbidů rychle tvrdost pojiva, tím se zvyšuje i opotřebení a při překročení mezní teploty vzniká plastická deformace řezné hrany. Proto u slinutých karbidů musí být řezné parametry voleny tak, aby byla na řezné hraně teplota pokud možno co nejmenší. U řezné keramiky vliv teploty není zdaleka

tak výrazný. To dokazuje i dostatečná stálost tvrdosti za vysokých teplot, kde tvrdost podstatně neklesá ani při teplotě okolo 1000°C. Nejlepší stálost tvrdosti za vysokých teplot vykazuje směsná keramika, potom následuje čistá řezná keramika a pak keramika na bazi nitridu křemíku.

Při hodnocení používaných řezných materiálů rozhoduje podíl daného materiálu z celkového objemu všech řezných materiálů, používaných při obrábění. Uvedená literatura /1/ udává, že v roce 1984 bylo toto pořadí užívaných řezných materiálů :

67% nástroje ze slinutých karbidů

27% nástroje z rychlořezné oceli

4% nástroje z řezné keramiky

1% diamantové nástroje.

Předpokládá se, že v roce 1987 stoupne podíl řezné keramiky na nástrojích nejméně na 6%. Prognózy expertů počítají i nadále se zvyšováním nasazení řezné keramiky hlavně po rozšíření používání nitrokřemíkové keramiky.

Z uvedeného vyplývá, že i řezná keramika se zřejmě natrvalo zařadila mezi používané řezné materiály. Proto je nutné i pro ni zajistit vhodné odcházení třísky při řezném procesu, aby mohla být používána ještě v širším rozsahu. Pak se při jejím správném použití může značně zvýšit produktivita a efektivnost práce.

2. Současný stav aplikace utvařeců na řezné keramice

2.1. Současný stav řezné keramiky

Správné určení tvarování třísky je v současné době jedním z určujících faktorů stupně automatizace obráběcích strojů. Na utváření třísky má mimo jiné vliv i použití různých řezných materiálů s příslušnými řeznými vlastnostmi. Jedním z progresivních řezných materiálů je i řezná keramika, která umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a tím i zkrácení strojních časů u automatizovaných obráběcích strojů.

Používání řezné keramiky bylo možné až po úspěšném zvládnutí technologie výroby keramických destiček, což se v minulých letech podařilo i domácímu podniku DIAS Turnov. V současné době nabízí tento podnik několik druhů keramických řezných destiček s různými vlastnostmi. Materiály, z kterých jsou destičky vyráběny, lze stručně charakterizovat podle /2/ takto :

DISAL 100 - materiál na bázi téměř čistého oxidu hlinitého / 99% Al_2O_3 /. Protože má tento materiál vysokou tvrdost a odolnost proti opotřebení za vysokých teplot /1200°C/ lze jej dobře použít při obrábění běžné šedé litiny a konstrukčních ocelí nepřerušovaným řezem vysokými rychlostmi / až 1000m/min/. Fyzikální vlastnosti tohoto materiálu jsou srovnatelné s ekvivalentním materiálem firmy Feldmühle typu SN-60. Materiál se vyrábí od roku 1980. Barva - slonovina.

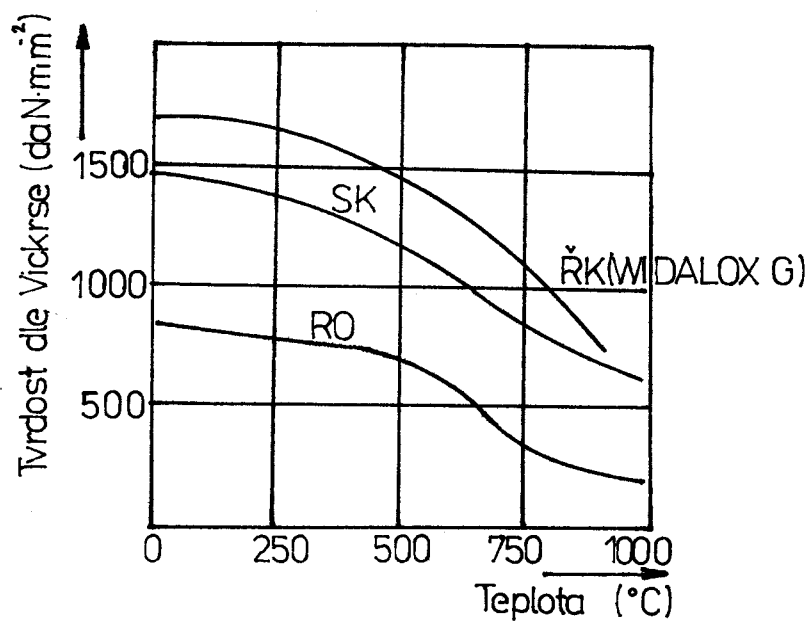
DISAL 200 /210/220/ - jde o polosměsnou oxidickou řeznou keramiku na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$. Vyniká hlavně tvrdostí a odolností proti opotřebení za vysokých teplot, což

umožňuje obrábění částečně přerušovaným řezem temperované litiny a zušlechtěné i rychorezné oceli. Modifikace tohoto materiálu DISAL 210 se vyrábí od roku 1984 a svými fyzikálními vlastnostmi je srovnatelný s materiálem firmy Feldmühle typu SN - 80. Barvu má křídově bílou. Modifikace DISAL 220 má barvu světle modrou a vyrábí se od roku 1985.

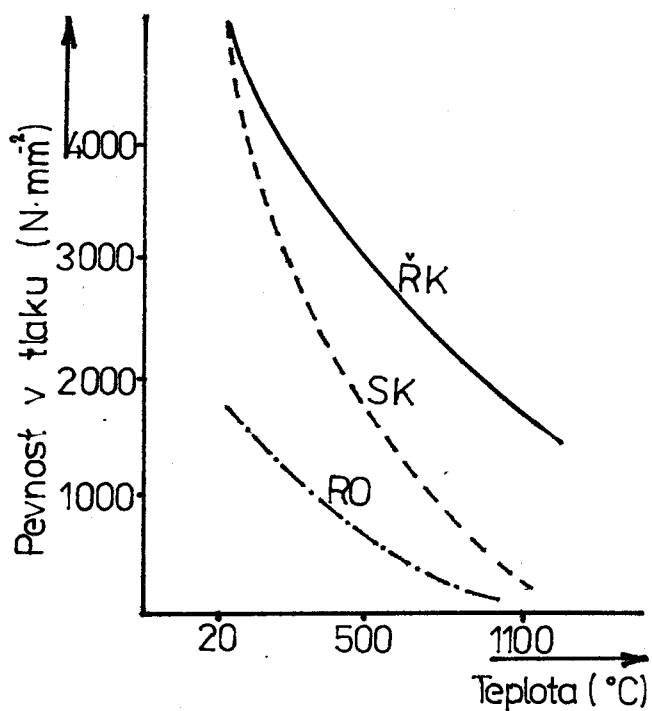
DISAL 300 (310/320) - jde o směsnou oxidokarbidickou řeznou keramiku na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$. Při zachování vysoké tvrdosti a houževnatosti je odolná i proti teplotním šokům, což umožňuje i obrábění s použitím chladicí kapaliny. Výhodně ji lze použít při obrábění tvrzené litiny a kalených ocelí nebo pro střední a jemné frézování. Barva materiálu je černá. Fyzikální vlastnosti se dají srovnat s ekvivalentním materiálem firmy Feldmühle typu SH - 1 a SH - 20. DISAL 400 - jde o připravovaný materiál směsné nitrokarbidové keramiky na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Si}_3\text{N}_4$. Předpokládá se pevnost v ohybu aspoň 850 MPa. Bude možné použití rychlostního obrábění těsně u oblasti P10 - P20, respektive K10 - K20, které dosud zajišťovaly pouze slinuté karbidy.

Vhodnost použití řezné keramiky ukazuje i několik následujících diagramů, sestavených firmou Krupp Widia /3/. První diagram ukazuje průběh tvrdosti různých řezných látek v závislosti na zvyšující se teplotě. Z obrázku plyne, že právě řezná keramika má nejvyšší stálost tvrdosti i za zvýšené teploty. Obr.1. / pro obrázky 1 - 4 platí : NO-nástrojová ocel, RO-rychlořezná ocel, SK-slinuté karbidy, RK-řezná keramika /.

Obr.1. Tvrdost různých řezných látek v závislosti na teplotě

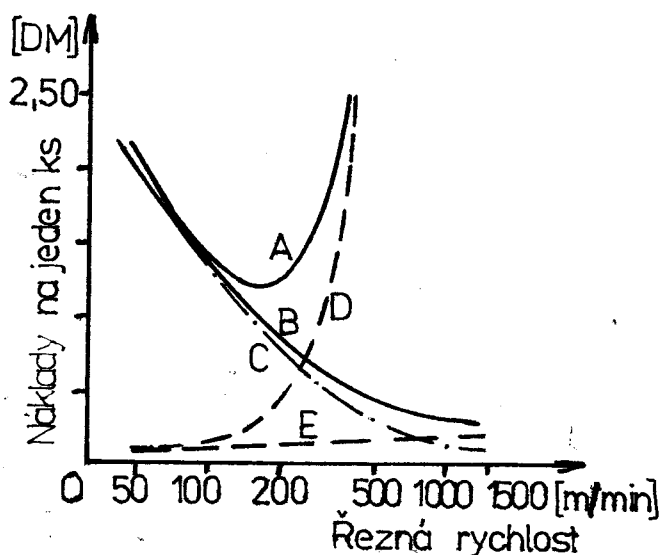


Obr.2. Pevnost v tlaku řezných materiálů v závislosti na teplotě



Obr.2. ukazuje, jak se podařilo poměrně úspěšně vyřešit problém pevnosti v tlaku u řezných destiček z keramiky. Při teplotě místnosti je pevnost v tlaku destiček WIDALOX G 5000 Nmm^{-2} a destiček ze slinutých karbidů stejná. Při stoupající teplotě se však pevnost v tlaku mění dle přiloženého obrázku.

Vhodnost nasazení řezné keramiky je nutné sledovat i z ekonomického hlediska. Obrázek 3 zobrazuje závislost výrobních nákladů na řezné rychlosti.



Obr.3. Závislost výrobních nákladů na 1 ks na řezné rychlosti
A-náklady při obrábění nástrojem ze slinutého karbidu
B-náklady při obrábění nástrojem z řezné keramiky

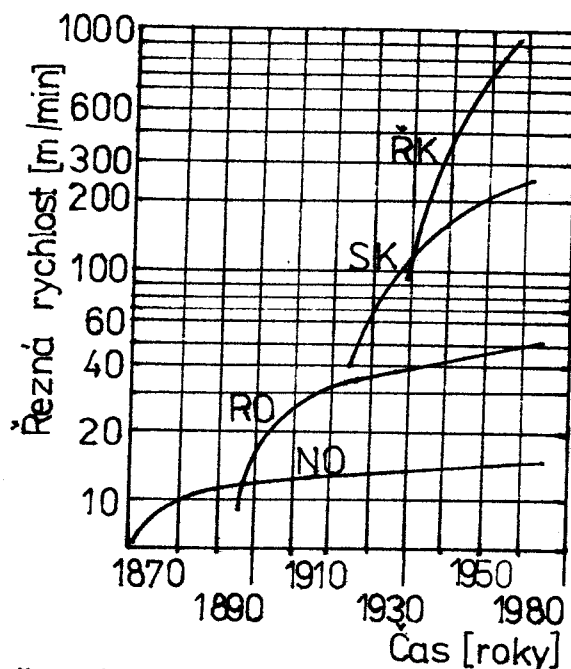
C-strojní čas + cena práce atd.

D-náklady na nástroj při použití slinutých karbidů

E-náklady na nástroj při použití řezné keramiky

Obr.3 ukazuje ekonomickou výhodnost použití řezné keramiky zvláště při vyšší řezné rychlosti. V této oblasti se projeví nižší náklady na nástroj z řezné keramiky, které rostou podstatně pomaleji než u nástrojů ze slinutých karbidů.

Na závěr této kapitoly lze ještě uvést obrázek, který ukazuje historický vývoj řezných materiálů a jejich použití z hlediska řezné rychlosti.



Obr.4. Vývoj řezných materiálů z hlediska řezné rychlosti

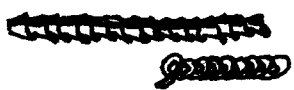
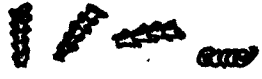
2.2. Vývoj klasifikace tvarů třísek

Návrhu a použití utvařečů třísky nutně musely předcházet práce na pochopení principu tvoření třísky. Práce v této oblasti byly publikovány v letech 1940- 1967/ Time, Klušin, Merchant, Zarev aj/. Z novějších autorů pak na př. Vulf, Schaffner, Leadze, Rosenberg. Tyto práce měly mnoho zjednodušujících předpokladů a určovaly většinou směr odchodu třísky a její poloměr ztáčení především z experimentů.

Při nástupu číslicově řízených obráběcích strojů, a tedy při značné automatizaci, bylo nutno vyřešit i problém utváření odcházející třísky v zájmu správné funkce stroje. Proto bylo nutno přejít od experimentálních poznatků k vytvoření matematicko-fyzikálního popisu procesu utváření třísky. I když použitý matematický model nevystihuje beze zbytku všechny jevy při procesu tvarevání a odštělování třísky v závislosti na daných řezných podmínkách, je schopen za daný problém poměrně úspěšně řešit. Při současném stavu předlisevaných utvařečů na slitutých karbidech je tedy možné, známe-li všechny vstupní údaje obráběcího procesu, na základě znalostí utváření třísky vybrat destičku nebo zkonstruovat utvařeč, který bude vyhovovat podmínkám s dostatečnou přesností.

Při pozorování odchodu třísky bylo vytvořeno několik klasifikačních stupnic, podle kterých se konkrétní třísky hodnotí. Příkladem dělení může být klasifikace třísek podle Kufta /4/. Tuto klasifikaci ukazuje tabulka 1. Podle autora třísky označené v této tabulce číslem 1 - 3 jsou úplně nevhodné, číslem 4-10 jsou přijatelné a třísky s číslem 6-8 jsou vhodné.

Tab.1. Klasifikace třísek podle Kufta

Č.	NÁZEV TŘÍSKY	OBRÁZEK
1	STUHOVÁ	
2	MOTANÁ	
3	ŠROUBOVITÁ	
4	ZÁVITOVÁ	
5	DLOUHÁ TRUBKOVITÁ	
6	KRÁTKÁ TRUBKOVITÁ	
7	SPIRÁLOVÁ TRUBKOVITÁ	
8	SPIRÁLOVÁ	
9	DLOUHÁ ČLÁNKOVITÁ	
10	KRÁTKÁ ČLÁNKOVITÁ	

Uvedený způsob klasifikace je pouze ukázka možného dělení, jiný přístup v členění udává na př. dělení podle A.M.Vulfa nebo podle normy ISO, kde se stupeň utváření hodnotí podle

objemového koeficientu. Oba jmenované způsoby jsou popsány dále.

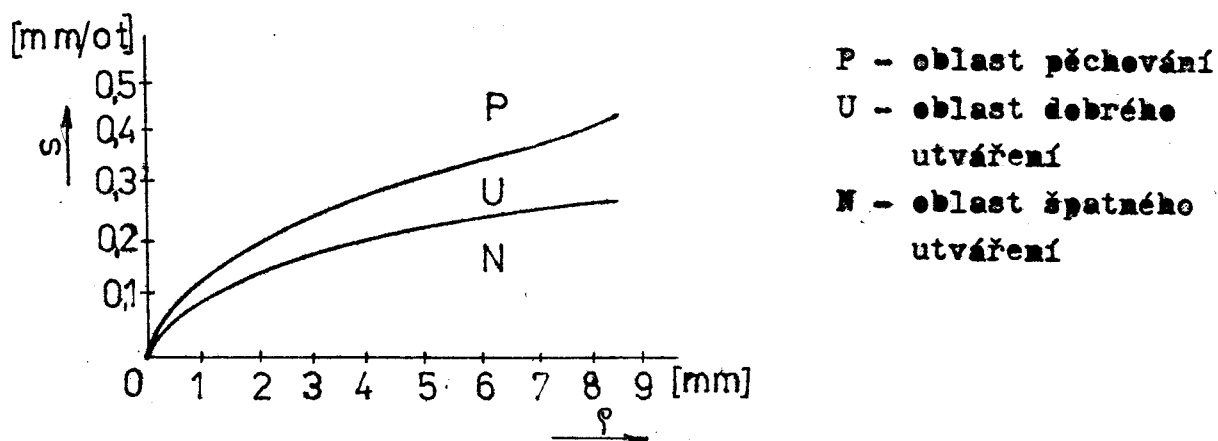
Jednoznačné a obecné kritérium pro hodnocení stupně utváření nebylo dosud určeno. Přesto však existuje celá řada způsobů jimiž je možné více či méně objektivně utváření třísky posuzovat. Podle /5/ se jedná především o :

1. Hodnocení podle poloměru zakřivení třísky
2. Hodnocení podle objemového koeficientu
3. Hodnocení třísky podle normy ISO a z ní odvozené další způsoby hodnocení

ad 1. Hodnocení podle poloměru zakřivení třísky

Jde o metodu uváděnou hlavně v zahraniční literatuře .

Je založená na názoru, že stupeň utváření třísky závisí na posuvu, resp. tloušťce třísky a na poloměru zakřivení třísky. Podle poloměru zakřivení třísky můžeme určit stupeň utváření z obrázku č.5.



Obr.5. Vliv posuvu a poloměru zakřivení třísky na stupeň utváření

ad 2. Hodnocení podle objemového koeficientu.
Tento koeficient se vypočte ze vztahu :

$$\omega = \frac{V_{tř}}{V_{mat}}$$

ω - objemový koeficient

$V_{tř}$ - objem nestlačených třísek

V_{mat} - objem odebraného materiálu, tento objem zjistíme vážením třísky a výpočtem podle vztahu

$$V_{mat} = \frac{M \cdot 1000}{\rho_m}$$

M - hmotnost třísek v kg

ρ_m - měrná hmotnost materiálu

Kriteriem utváření třísky je pak hodnota koeficientu ω .

Většinou se za dobře utvářenou třísku považuje tříska s objemovým koeficientem $\omega \leq 50$. Obecně platí, že čím je koeficient menší, tím je snadnější doprava a skladovatelnost třísek a větší bezpečnost práce. Hodnocení podle tohoto koeficientu používá na př. A.M.Vulf, což ukazuje obr.6.

Z tohoto rozdělení je možné posoudit vhodný či nevhodný tvar třísky pro odpovídající způsob a objem výroby :

1a - 1c stužkové třísky dlouhé nebo motané

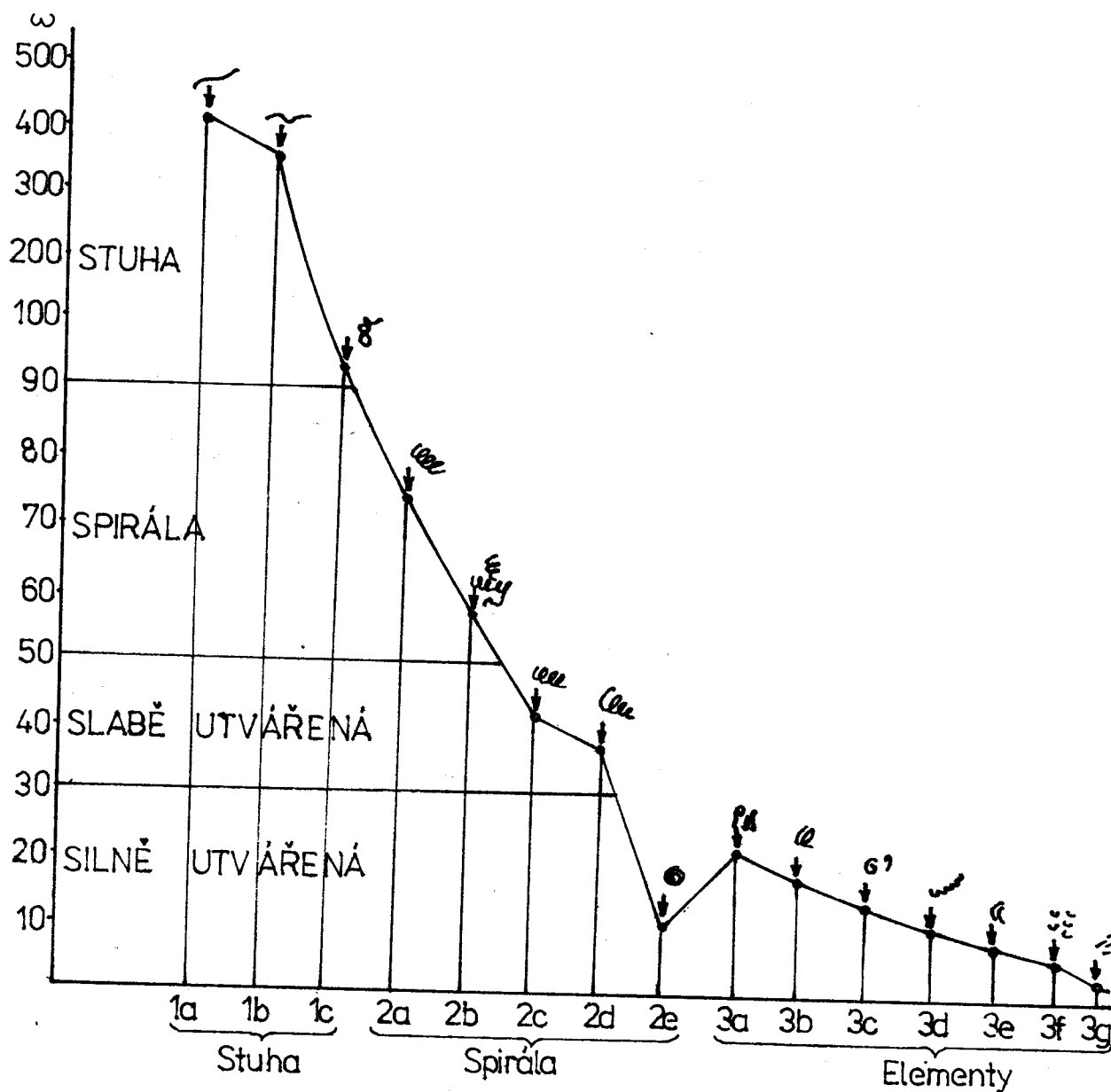
vinuté třísky motané

spirálové třísky motané

1c - 2a vinuté šroubovitě třísky s velkým průměrem spirály

2b šroubovitě třísky vinuté, motané

Obr.6. Rozdělení třísek v závislosti na tvaru a velikosti objemového koeficientu podle A.M.Vulfa



- 2c spirálové třísky krátké, které se po dosažení určité délky svou vahou ulomí
 2d spirálové třísky kuželevité
 2e spirálové třísky ploché

3a stužkové třísky krátké

3b vinuté třísky krátké, šroubovitě tř. vinuté

3c krátké, kuželovité třísky, šroubovitě krátké tř.

3d obloukovité třísky, dělené půlprstence

3e obloukovité třísky

3f elementární třísky polekroužky

3g elementární třísky jehlicové

ad 3. Hodnocení třísky podle normy ISO.

Hodnocení plyne z příložené tabulky ISO, kde se jako kritérium též používá objemový koeficient ω .

Tab.2. Klasifikace utváření třísky podle normy ISO

1. Stužkovité třísky

	ω
a/ dlouhé	300 - 500
b/ krátké	20 - 50
c/ smotané	200 - 300

2. Vinuté třísky

a/ dlouhé	55 - 80
b/ krátké	30 - 50
c/ motané	100 - 200

3. Spirálové třísky

a/ ploché	10 - 40
b/ kuželovité	10 - 45
c/ motané	80 - 150

4. Šroubovitě třísky vinuté

a/ dlouhé	80 - 100
-----------	----------

b/ krátké	30 - ^ω 50
c/ metané	100 - 200
5. Kuželevité třísky šroubovité	
a/ dlouhé	80 - 100
b/ krátké	20 - 50
6. Obloukovité třísky	
a/ spojené	5 - 15
b/ dělené půlprstence	5 - 10
7. Elementární třísky	
a/ polokroužky	3 - 10
8. Jehlicové třísky	

Jak je z této tabulky zřejmé je klasifikace třísek podle normy ISO provedena velmi podrobně a poněkud složitě, takže není příliš vhodná pro praktické využití. Hodí se spíše pro teoretické studium utváření třísky, jejího odchoedu z místa řezu a lámání.

Některé zahraniční firmy, zabývající se touto problematikou, si vytvořily na principu tabulky ISO vlastní třídění třísek podle něhož posuzují stupeň utváření. Nutnost takového řešení je vyvolána především snahou o celkové zjednodušení zkoušek utváření a zvýšení jejich objektivnosti, protože kromě hodnocení třísek podle objemového koeficientu je většina dalších metod založena na vizuálním pozorování utvářené třísky.

2.3. Fyzikální podstata tvareování a dělení třísek

Při obráběcím procesu se snažíme pracovat hospodárně, produktivně a kvalitně. Tyto požadavky závisí hlavně na /6/ :

1. stroji /výkon, přesnost, tuhost, rozsah et./
2. nástroji /materiál, geometrie řezného klínu /
3. druhu a rozměru obráběného materiálu
4. řezných podmínkách
5. ostatních požadavcích na obráběcí proces

Geometrické parametry řezné části nástroje plynou z procesu řezání různě. Při volbě optimální geometrie je nutné sladit různé požadavky a docílit výhodnosti geometrie z těchto hledisek :

1. zabezpečit maximální trvanlivost nástroje, t.j. volit geometrické parametry tak, aby trvanlivost byla v mezích možností co největší a opotřebení co nejmenší.
2. zabezpečit dostatečnou pevnost řezné části nástroje
3. zabezpečit minimální spotřebu energie a docílit výhodný poměr řezných sil
4. zabezpečit technologické požadavky na přesnost a jakost povrchu vyráběné součástky
5. zabezpečit klidný průběh řezání, to znamená zamezit vzniku dlouhých stuhovitých nepřerušovaných třísek a zamezit možnosti vzniku nežádoucího chvění soustavy stroj-nástroj-obrobek.

Podle stavu materiálu lze uskutečnit oddělení třísky různými způsoby : 1/ odtržením

2/ odstřižením

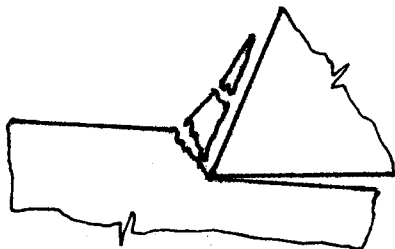
ad 1/ odtržením vznikají neutvářené třísky. Poměr napětí musí být

$$\frac{\tau}{\sigma} < 1$$

τ - tangenciální napětí

σ - normálové tahové napětí

Vznik odtržené třísky ukazuje obr.7.

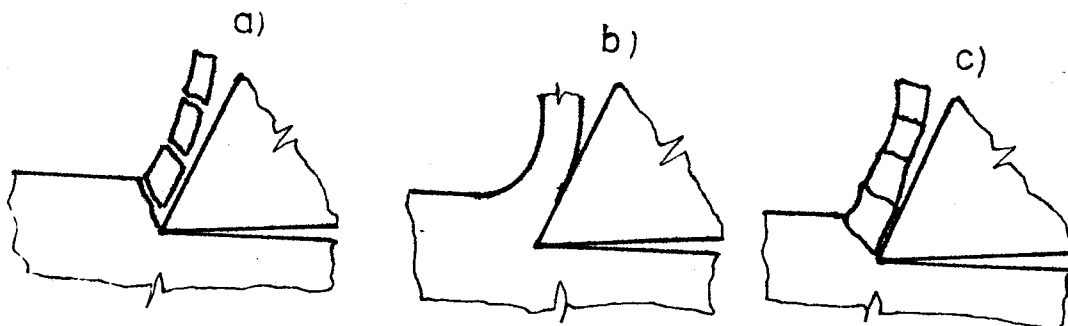


Obr.7. Tříška vzniklá odtržením

ad 2/ odstřižením vznikají utvářené třísky. Poměr tangenciálního a tahového napětí musí být větší než 1.

$$\frac{\tau}{\sigma} > 1$$

Vznik třísek odstřižením ukazuje obr.8.



Obr.8. Tříška vzniklá odstřižením

- a/ člankovitá tř. - jednotlivé člankovité elementy navzájem nespojené
- b/ plynulá tř.
- c/ stupňovitá tř. - jednotlivé spojené elementy, které se od sebe strukturálně liší

Jak zde bylo uvedeno a jak uvádí /5/ může tedy vzniknout tříska : A/ neutvářená

B/ utvářená

C/ pěchovaná

ad A/ Neutvářenou třískou nemusí být pouze tříska nedělená, plynulá tak zvaný "drát". Může se jí stát i tříska dělená, která však má buď nestabilní, resp. nerovnoměrný průběh dělení nebo se dělí na příliš dlouhé části, které špatně odcházejí z místa řezu nebo se namotávají na obrobek či nástroj.

ad B/ Za třísku utvářenou se považuje tříska, která se pravidelně dělí na dostatečně krátké elementy, odcházející z místa řezu bez nebezpečí poškození obrobku, nástroje nebo poranění obsluhy stroje.

ad C/ Jestliže jsou řezné podmínky příliš odlišné od podmínek vhodných pro daný typ utvařeče, dochází sice k oddělování třísek ve smyslu bodu B, ale tříska je velmi pěchovaná. Projevuje se to výrazným zhoršením jakosti obráběné plochy i zvýšeným namáháním břitu nástroje a chvěním soustavy stroj - nástroj - obrobek.

2.4. Matematické základy utváření třísek pomocí utvařečů

Při matematickém řešení utváření třísky je nejprve nutné seznámit se s geometrickým tvarem utvařečů. K tomu slouží obr.9.

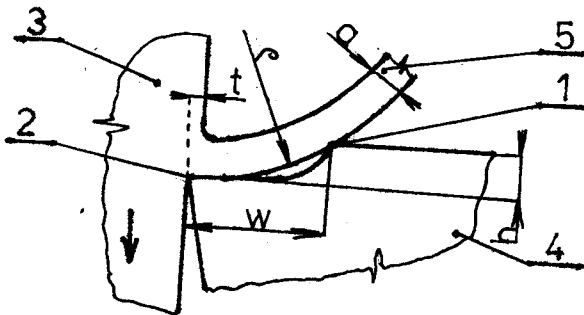
Obr.9. Geometrické prvky

utvařeče třísek

1. Vrchol žlábků

2. Řezná hrana

3. Obrobek



4 Nástroj

5 Tříska

a - hloubka třísky

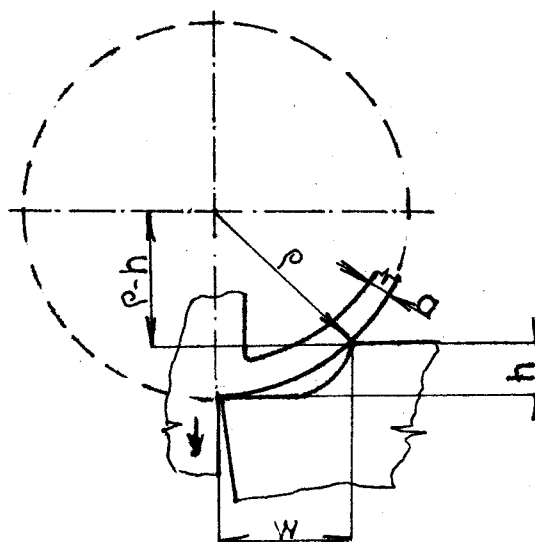
t - hloubka řezu

h - výška utvařeče

w - šířka utvařeče

ρ - poloměr křivosti třísky

Nejjednodušší matematický výpočet poloměru zakřivení odcházející třísky vypracoval Hamdriksen. Ve své práci při měření utváření třísky pomocí utvařečů předpokládal, že se tříska a nástroj dotýkají pouze ve dvou bodech. Místo dotyku uvažoval jednak na řezné hraně, jednak na vrcholu schůdku. Model práce utvařeče ukazuje obr.10.



Obr.10. Utvařeč třísky ve tvaru schůdku

Poloměr křivosti je pak dán vztahem :

$$(\rho - h)^2 + w^2 = \rho^2 \text{ a po úpravě}$$

$$\rho = \frac{1}{2} \left(\frac{w^2}{h} + h \right)$$

Získáme tak poloměr stáčení třísky při známých hodnotách w a h . Dotýká-li se tříska čelní plochy určité části utvařeče v délce l , pak vztah pro ρ je pozměněn na tvar

$$\rho = \frac{\sqrt{w-l}^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

Creveling a Jordan stanovili závislost dotyku třísky na čele nástroje

$$\frac{l}{a} = k \quad \text{a po úpravě} \quad l = k \cdot a$$

k - konstanta pro daný materiál/ pro ocel $k=1$ /
Po dosazení získáme výsledný vztah

$$\rho = \frac{\sqrt{w - k \cdot a}^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

Zěna dotyku nástroj-tříska ovlivňuje poloměr křivosti materiálu, že neuvažování tohoto vlivu může způsobit ve výpočtu značnou chybu.

Procesem utváření třísky se zabýval Nakayama. Zjistil, že při tvareování třísky rovinným schůdkovitým utvařečem nakloněným pod úhlem φ k čelní ploše nože je poloměr křivosti stáčení třísky dán vztahem :

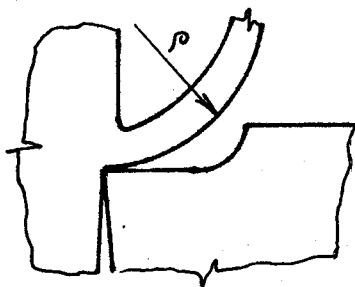
$$\rho = k \cdot C \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

C - konstanta závislá na obráběném materiálu

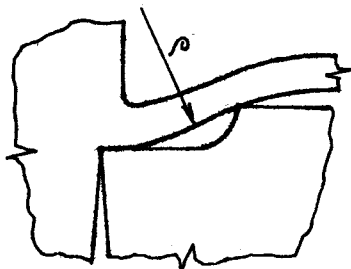
k - šířka dna schůdkového utvařeče

φ - sklon schůdku

Velikost hodnoty ρ je přímo závislá na procesu utváření třísky a tím ovlivňuje návrh tvaru a rozměru utvařeče. Je-li hodnota ρ příliš malá, tříska se neopře o boční plochu schůdku a dostáváme tak neporušenou stáčenou třísku. Tuto situaci zobrazuje obr.11.



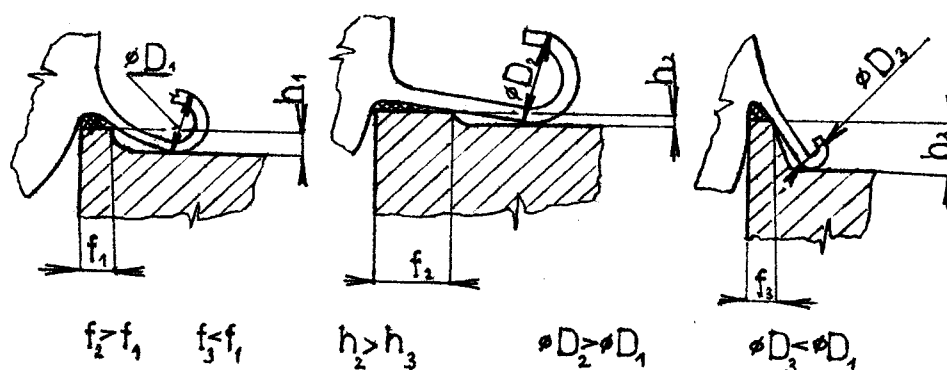
Obr.11. Utváření třísky s malou hodnotou ρ
 Je-li hodnota ρ příliš velká a tloušťka třísky je malá, tříska sklouzne po boční hraně, nestáčí se a dochází k nebezpečnému namotávání na nůž. To ukazuje obr.12.



Obr.12. Utváření třísky s velkou hodnotou ρ

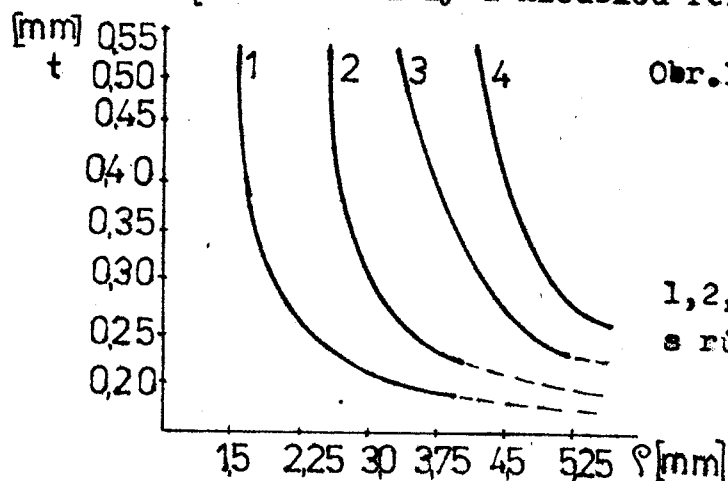
Obdobná pravidla platí, tvarujeme-li třísku tak že ji postavíme do cesty i na př. rovnou plochu /obr.13./.

Pak podle /6/ je průměr stáčení třísky závislý na skutečném úhlu čela, který je ovlivňován tvarem nárůstku. Dále závisí na šířce fasetky, hloubce tvarevací plošky, velikosti posuvu a plastičnosti obráběného materiálu.



Obr.13. Utváření třísky rovinným utvařečem

Jedním z rozhodujících prvků pro správnou funkci utvařeče je i šířka žlábků. Vliv šířky žlábků na závislost mezi poloměrem stáčení třísky a hloubkou řezu plyne z obr.14.



Obr.14. Závislost poloměru stáčení tř. na hl. řezu při různých šířkách žlábků

1,2,3,4 - nástroje s různou šířkou žlábků

Při studiu přirozeného stáčení třísky došel podle /7/ japonský výzkumný kolektiv k těmto úvahám a závěrům :

1. tříska má šroubovitý tvar

2. jestliže je čelo nástroje rovné , pak je zakřivení a stoupání šroubovice třísky a poloha její osy vzhledem k obručkovému povrchu dána třemi nezávislými veličinami :

a/ úhlem odchodu třísky

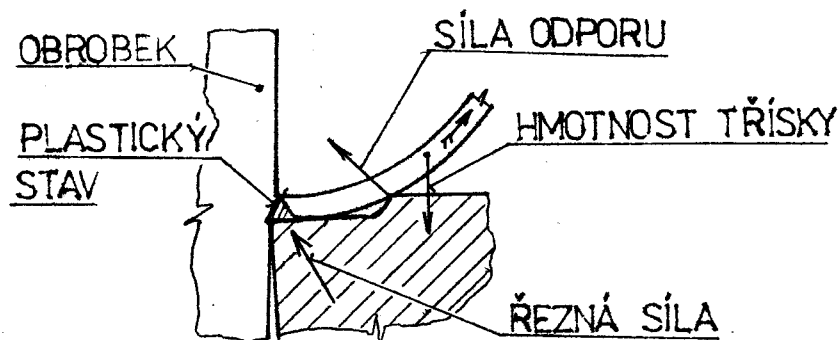
b/ poloměrem stočení třísky v přímém pohledu

c/ poloměrem stočení třísky v bočním pohledu

Kolektiv uvádí, že při většině operací obrábění kovů je tvar třísky nestabilní i když řezné podmínky jsou zdánlivě shodné. K tomu dochází především z těchto důvodů :

1. Změny hodnot a směrů sil , účinkujících na třísku.

Jestliže se na čelo nástroje nachází překážka , vzniká síla odporu , působí zde ještě výsledná řezná síla a hmotnost třísky /obr.15./. Tyto síly vyvolávají v třísce nestálé rozložení vnitřních napětí a ohybových momentů. V době řezání je materiál obrobku v místě kořene třísky v plastickém stavu a stčí malá změna rozložení napětí, aby se změnil směr odchodu třísky. Tříska se odchýlí ve směru, v kterém klesá ohybový moment a síla odporu.



Obr.15. Síly působící na třísku

2. Nesourodost obráběného materiálu.

Obráběný a řezný materiál, který se používá v průmyslu nemá stejné chemické složení, strukturu a dodržovaný postup při zpracování za tepla a za studena v porovnání s materiálem stejného normativního označení.

3. Přejížděvací stav v počátečním stadiu řezání.

Před řezáním je čela nástroje pokryté mastnou emulzí, vrstvou pohlceného kyslíku a dalších chemických prvků. Při řezném procesu se tyto vrstvy odstraňují a zóna se chemicky stabilizuje. Koeficient tření a poloměr stáčení třísky se tedy zpočátku mění, po stabilizaci zóny se ustálí.

Z uvedeného je zřejmé, že proces utváření třísky je velice složitý a má na něj vliv mnoho faktorů, které je nutno brát v úvahu.

2.5. Základní principy utváření třísky při soustružení

Tvar vznikající třísky a směr jejího odchodu je možné ovlivnit různými způsoby. Podle /5/ patří mezi tyto způsoby hlavně : 1/ Použití vybrušovaných stupňů a drážek na čele nástroje.

2/ Použití příložných typů utvařečů třísky

3/ Použití předlisovaných typů utvařečů třísky

4/ Volba vhodných řezných podmínek

5/ Oscilace nástroje nebo přerušování posuvů

až 1/ Použití vybrušovaných stupňů a drážek na čele nástroje. Velkou výhodou u tohoto způsobu je jednoduchost výroby i obsluhy, ale tento způsob má i své nevýhody a proto je jeho použití omezené. Výroba těchto utvařečů zvětšuje cenu destičky o zvýšené náklady na broušení. Opakovatelnost utvářecích

schopností po přeostření je problematická a tyto utvařeče není možno použít v širokém rozmezí.

Šířka vybrušovaného stupňovitého utvařeče se podle ing. Staňka dá vypočítat pro konkrétní řezné podmínky ze vztahu

$$w = 8,35 \frac{s^{0,26} t^{0,21}}{v^{0,08} G_1^{0,23}} \quad [\text{mm}]$$

w - šířka utvařeče

t - hloubka řezu [mm]

v - řezná rychlost [m/min]

s - posuv [mm/ot]

G_1 - pevnost materiálu obrobku [kg/mm²]

ad 2/ Použití příložných typů utvařečů třísek.

Tento způsob odstraňuje některé nevýhody vybrušovaných utvařečů - snižuje pracnost, je zde možnost změny vzdálenosti utvářecího stupně od řezné hrany. Nevýhodou příložných utvařečů je však možnost vniknutí třísky mezi destičku a utvařeč, z čehož může vzniknout porušení destičky. Příložné utvařeče se používají : a/ pevné

b/ přestavitelné

ad 3/ Použití předlisovaných typů utvařečů.

Metoda předlisovaných utvařečů se v současné době používá nejvíce. Je nejmodernější a nejproduktivnější, vhodná hlavně pro MC stroje na automatických obráběcích pracovištích.

Na čele destičky se vyrábějí utvařeče nejrozličnějších tvarů, zajišťujících utváření třísky v širokém rozmezí řezných podmínek a pro různé druhy obráběného materiálu.

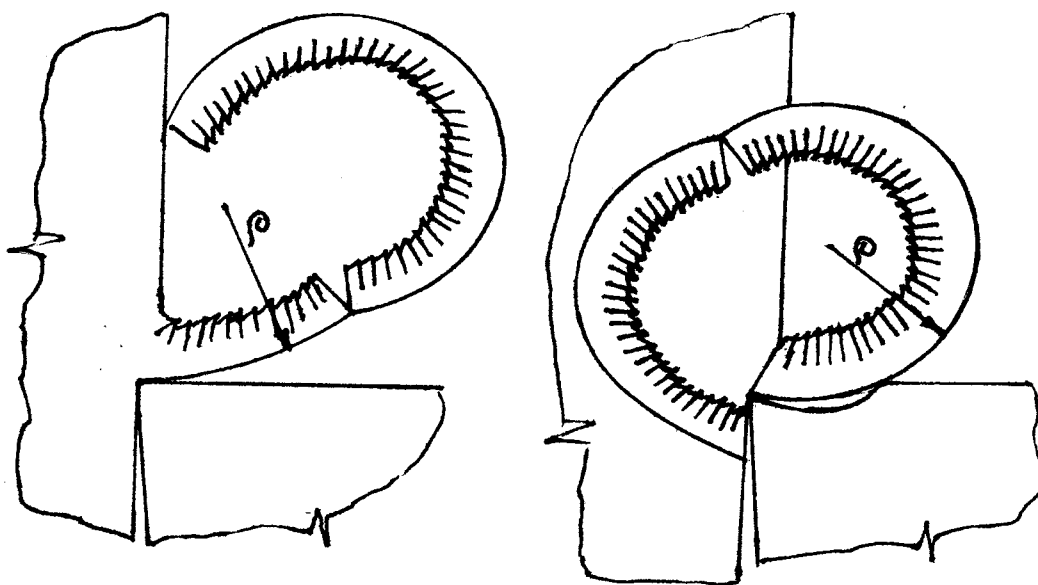
Utváření a lámání má pomocí předlisovaných uvařečů v principu následující průběh :

a/ třísky je utvařečem usměrněna a odváděna s radiusem zakřivení

b/ přední konec odcházející třísky narazí na hřbet nástroje nebo na povrch obrobku

c/ dochází ke zvětšení poloměru zakřivení třísky

d/ vlivem zvětšení poloměru zakřivení třísky dojde k tzv. napružení , při kterém se překročí kritická hodnota napětí potřebná k porušení třísky a dojde k jejímu lomu /Obr.16./.



Obr.16. Mechanismus lámání třísky

Rozhodující vliv na tvorbu třísky má fazetka, která

určuje délku kontaktu tříška-nástroj. Její rozměry určují minimální posuv, při kterém začíná odřezávaná tříška vstupovat do utvářecího žlábků a spolu se šířkou žlábků ovlivňuje poloměr zakřivení třísky a tím i způsob jejího lámání.

ad 4/ Volba vhodných řezných podmínek.

Na utváření mají vliv i řezné podmínky, zejména posuv a hloubka řezu. Vliv řezné rychlosti na utváření je v poměrně širokém rozsahu nevýrazný.

Při volbě posuvů a houbek řezu je účelné přihlídnout ke skutečnosti, že při poměru posuv : hloubka = 1 : 10 dochází velmi často k samovolnému utváření třísky. Velké hloubky a malé posuvy jsou nevhodné. V případech dokončovacích operací je vhodné volit vyšší hodnoty posuvu a vyměnitelné destičky s větším radiusem špičky, aby byl splněn požadavek drsnosti povrchu i utváření třísky. Tam, kde je nezbytná volba malého posuvu /pod hranicí $s=0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$ / je třeba navrhovat destičky s malým radiusem, aby utvařeč zasahoval co nejvíce do špičky a vhodně ovlivnil dělení třísky.

ad 5/ Oscilce nástroje nebo přerušování posuvu.

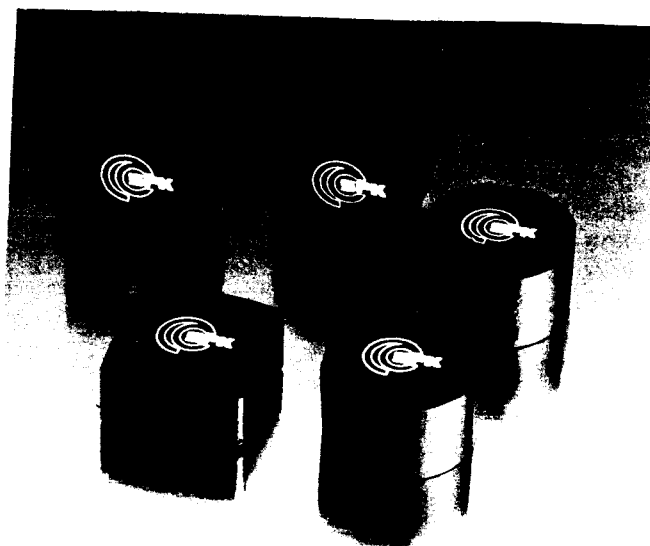
Tato metoda umožňuje utvářet třísky bez seřizování na libovolný druh obráběného materiálu. K lámání třísky dochází v důsledku koncentrace napětí v průřezu třísky, který se periodicky mění vlivem kmitavého pohybu nástroje. Kmitání nástroje nebo celého suportu se provádí buď mechanicky nebo hydraulicky. Tento způsob je vhodný pro hrubování, kde nejsou zvýšené nároky na dosažení drsnosti obráběných ploch.

2.6. Stav utvařečů na keramických řezných destičkách

V současné době vyrábějí některé zahraniční firmy i na keramických řezných destičkách příslušné utvařeče. Na př. fy Feldmühle /8/ dodává své výrobky s různými druhy utvařečů. Nejjednodušší konstrukční úpravou jsou standartní fazetky : $0,5 \text{ mm} \times -20^\circ$ používá se hlavně pro jemné soustružení a soustružení na čisto litin a ocelí.

$0,2 \text{ mm} \times -20^\circ$ používá se hlavně pro hrubování a soustružení na čisto litiny.

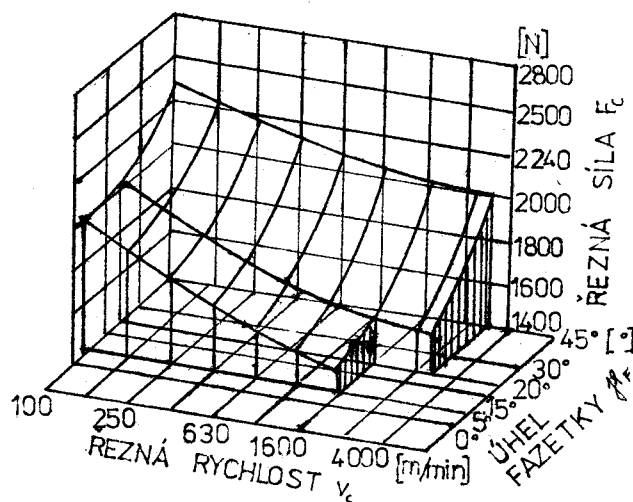
$0,1 \text{ mm} \times -20^\circ$ používá se hlavně pro hrubování a soustružení na čisto ocelí. Tyto fazetky ukazuje obr.17.



Obr.17. Aplikace fazetek na řezné keramice

Při aplikaci fazetek se využívá vlivu změny geometrie

fazetky na řeznou sílu /obr.18/. Se vzrůstajícím úhlem fazetky strmě vzrůstá i řezná síla F_c . Je zřejmé, že řezná síla poklesne se vzrůstající rychlostí. Dobrá pevnost této keramiky usnadňuje volbu malé fazetky a umožňuje tak práci s malými řeznými silami.



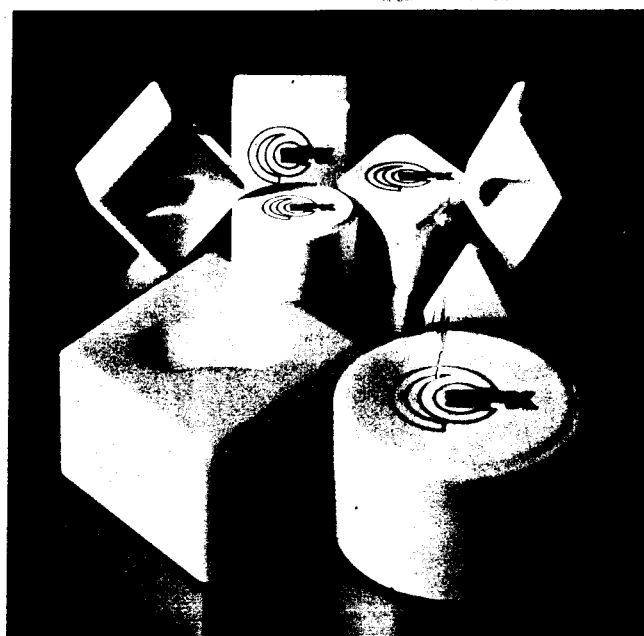
Obr.18. Prostorový diagram řezné rychlosti, úhlu fazetky a řezné síly

Pro případy, kdy použití fazetky nestačí je destička doplněna ještě o utvařeč. Používají se utvařeče mechanické i předlisované. Mechanické utvařeče se většinou používají pro obrábění litiny. Zajišťují příznivé rozložení řezných sil/obr.19/.

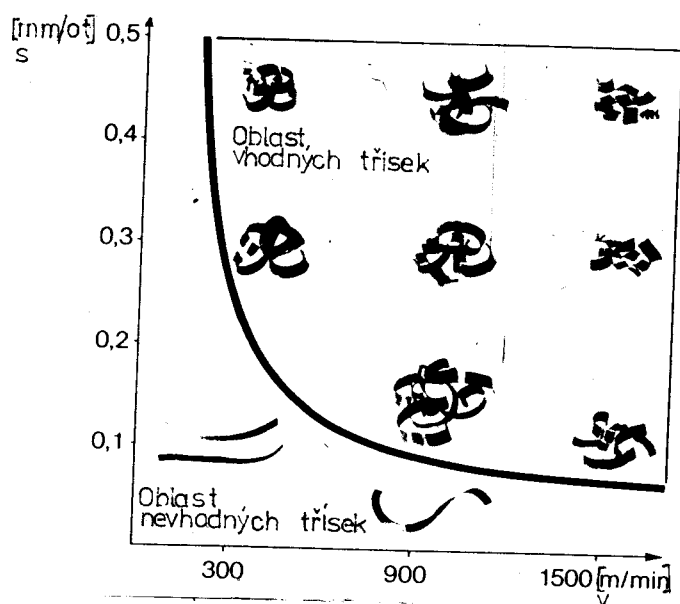
Pro oblast malých posuvů a malých hloubek byly vyvinuty předlisované utvářecí elementy, které mohou značně usnadnit situaci s odvodem třísek. Obr.20 ukazuje destičky s takovýmito utvařeči. Vliv řezné rychlosti na utváření třísky v závislosti na posuvu ukazuje obr.21.



Obr.19.Mechanický utvařeč třísek používaný fy Feldmühle

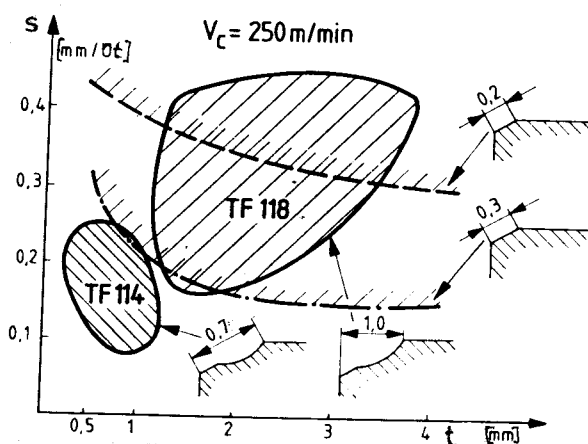


Obr.20.Předlisované utvařeče pro oblast malých posuvů
a malých hloubek řezů



Obr.21. Vliv řezné rychlosti na utváření třísky v záv. na posuvu
/Formování třísky fazetkou $0,2 \times 20^\circ$ /

Na obr. 22. je možno sledovat pracovní oblast popsaných utvařečů, které označuje firma jako TF114 a TF118 a pracovní oblast ochranné fazetky v diagramu posuv hloubka řezu.



Obr.22. Pracovní oblast utvařečů TF 114 a TF 118 a ochranných fazetek

⊗ - oblast vhodného utváření tř.

3. Návrh geometrie utvařečů pro obrábění ocelí tříd obrobitelnosti 13 b a 14 b

3.1. Návrh geometrických prvků utvařeče

Při navrhování geometrie utvařeče jsem vycházel z prostudované literatury s nutným přihlédnutím ke konkrétním podmínkám obrábění, pro které je utvařeč konstruován. Bylo nutné brát v úvahu možnosti výrobce keramických destiček koncernového podniku DIAS Turnov a požadavky podniku AZNP Mladá Boleslav, který tento utvařeč požaduje pro práce na svém výrobku. Jedná se o obrábění rejdového čepu na vnitřním průměru, na čisto.

Při navrhování modelu utvařeče je nutné vycházet z těchto poznatků : 1. podle obráběného materiálu volit hloubku schůdku : a/ minimální hloubka $h \geq 0,16 \text{ mm}$ - při této hodnotě dochází již k tvarování třísky

b/ při velikosti $h \geq 0,6 \text{ mm}$ se prodlužuje styk třísky s destičkou, což může způsobit větší opotřebení destičky

2. poloměr zaoblení špičky břitové destičky r_c , má být volen podle vztahu /4/

$$r_c = (2+2,5) s$$

Volba poloměru závisí nejvíce na posuvu /špatná volba poloměru způsobuje velké opotřebení špičky/.

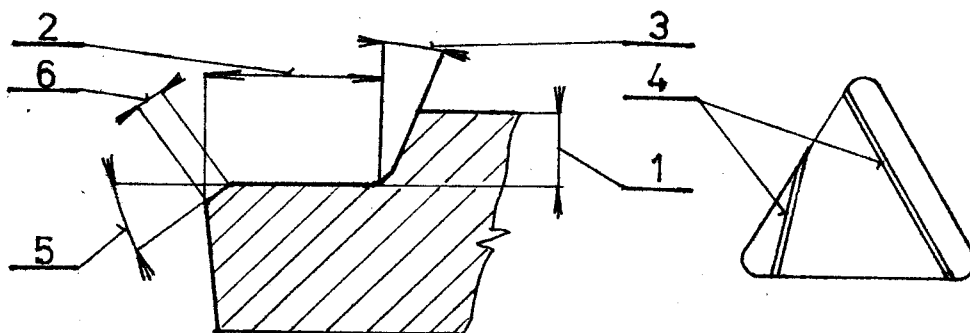
3. úhel nastavení nástroje je třeba volit tak, aby odcházející tříska se nelámala o obráběný povrch

4. Je nutné respektovat praktické

poznatky z procesu řezání kovů i teoretické vědomosti.

Volené geometrické prvky utvařeče :

- 1/ hloubka schůdku
- 2/ vzdálenost schůdku od řezné hrany k ose zaoblení
- 3/ úhel sklonu čela schůdku
- 4/ poloha utvařeče na břitové destičce
- 5/ úhel fazetky
- 6/ velikost fazetky



Obr.23. Volené geometrické prvky utvařeče

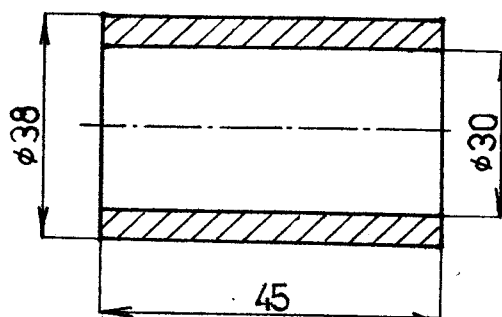
3.2. Popis měření a vyhodnocení

Podmínky měření

S přihlédnutím k požadavkům AZNP Mladá Boleslav jsem volil tyto podmínky:

1. Obráběcí stroj - universální soustruh SU - 32 standardního provedení .
2. Nástroj - soustružnický nůž Narex 20×20 PN 3866.2 s mechanicky upnutou keramickou destičkou TPUN 090304 - E00300
3. Obráběná součást - rejdový čep , materiál 14 140

ČSN 41414 upravený pro zkoušení v podmínkách dílen
VŠST Liberec podle přiloženého obrázku /obr.24/



Obr.24. Obráběná součást

4. Řezné podmínky - požadovaná řezná rychlost $v=94\text{m/min}$
z toho

$$n = \frac{v \cdot 1000}{D} = 997,3 \text{ což } \approx 1000 \text{ ot/min}$$

$$a = 0,05 ; 0,1 ; 0,145 ; 0,2 \text{ [mm/ot]}$$

$$t = 0,1 ; 0,2 ; 0,3 \text{ [mm]}$$

Při zkoumání oblasti utváření byl k vyhodnocení použit $t - s$ diagram. Tento diagram je velice často používán, protože dává rychlý a dostatečný přehled o kvalitě utváření. K jeho sestavení byl celý zkoumaný interval posuvu a hloubek řezu rozložen do několika kroků. Pro příslušnou oblast byl vždy posuv a hloubka řezu konstantní. Diagram byl rozdělen na 12 oblastí :

$s = 0,05$	$t = 0,1$
$s = 0,1$	$t = 0,2$
$s = 0,145$	$t = 0,3$
$s = 0,2$	

Z každé kombinace posuvu a hloubky řezu byly odebrány

třísky, které byly ukládány do sáčků označených příslušným posuvem a hloubkou řezu. Třísky z každé oblasti byly odebírány z nového obrobku, tedy vždy na 12 obrocích byl odzkoušen jeden utvařeč. Tento způsob byl volen s ohledem na měření drsnosti obrobené plochy, aby se měření neprodlužovalo. Kvalita obrobených ploch byla zjišťována přístrojem HOMMEL - TESTER TYP - T3.

Získané třísky byly rozmístěny do příslušných políček t - s diagramů a odfotografovány. Podle fotografií byly t - s diagramy vyhodnoceny. Toto vyhodnocení probíhalo až po skončení měření a během měření bylo možné sledovat další vlivy na utváření /chvění, vytváření smotků, odletování třísky a pod./.

K vyhodnocování utvařečů bylo přistupováno z několika hledisek :

1. Vyhodnocení t - s diagramů
2. Odchod utvářené třísky
3. Kvalita obrobené plochy

Při utváření má většinou velký vliv kombinace hloubky třísky a posuvu. Podle těchto parametrů vzniká oblast správného utváření. Uvnitř této oblasti jsou třísky, které jsou správně utvářené, vně oblasti pak třísky nevhodně utvářené nebo vůbec neutvářené.

Při určování oblasti utváření je vhodné přihlédnout i k součiniteli spolehlivosti utváření /4/. Podle této literatury se součinitel spolehlivosti vypočte ze vztahu

$$A_c = \frac{P_c}{N_c}$$

A_c - součinitel spolehlivosti pro celý rozsah použití
břitové destičky s utvařečem

P_c - počet prvků /průsečíků v diagramu $t - s$ / při kterých odcházející tříska odpovídá utváření

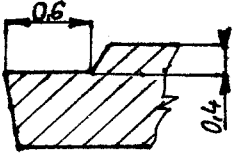
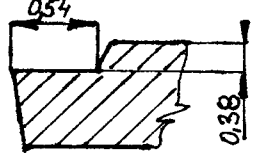
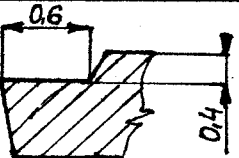
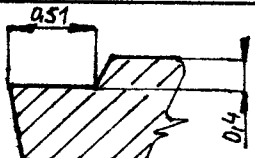
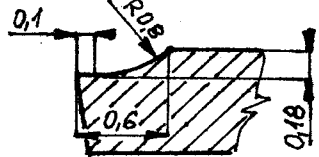
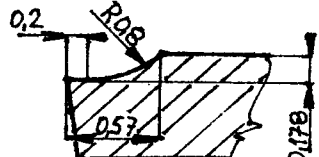
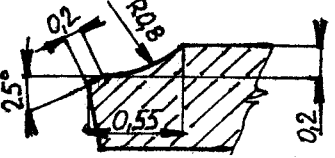
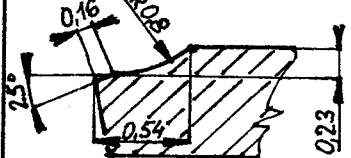
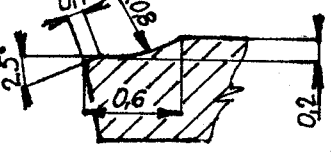
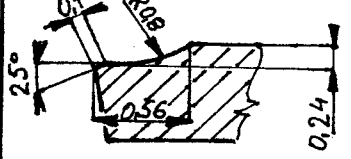
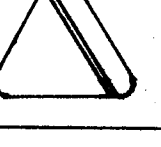
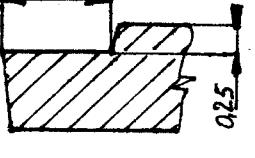
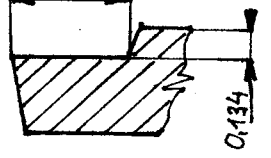
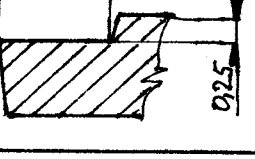
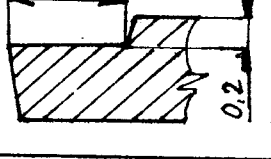
N_c - počet všech prvků v $t - s$ diagramu

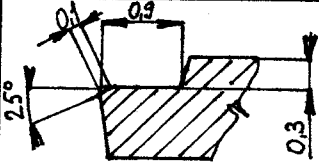
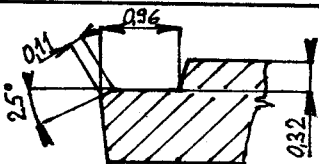
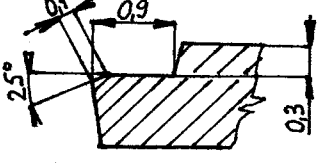
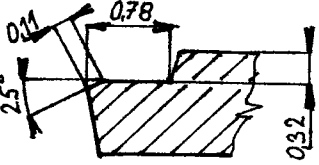
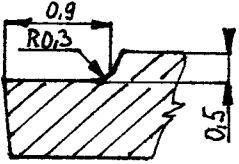
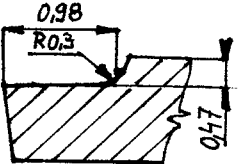
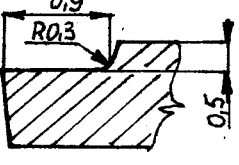
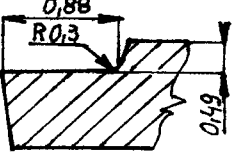
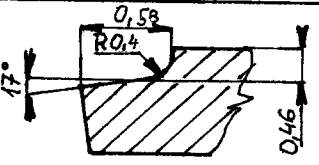
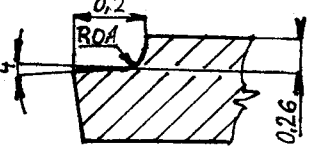
Součinitel spolehlivosti byl jedním z kritérií, použitých při hodnocení utvařečů. Celkové hodnocení bylo souhrnem všech působících vlivů na práci utvařeče.

3.3. Návrh geometrie utvařečů

Utvařeče byly navrhovány po prostudování příslušné literatury s ohledem na požadavky výrobce i zákazníka. Jedná se o utváření při jemném soustružení. S ohledem na obtížnost vybrušování většího počtu kusů utvařečů s určitým úhlem sklonu schůdku bylo na přání výrobce destiček od této varianty upuštěno a volen nulový úhel sklonu schůdku. Byl měněn úhel čela schůdku, hloubka schůdku, vzdálenost schůdku od řezné hrany k ose zaoblení a poloha utvařeče na břitové destičce. Použito bylo také několik typů utvařečů s plynulým radiusem místo klasického schůdku. Některé typy byly doplněny fazetkou $0,1$ nebo $0,2 \times - 20^\circ$. Přehled navržených a skutečných hodnot vybrušených na destičce ukazuje tab.3. Destičky s utvařečem č.12 a č.13 byly navrženy výrobcem a v dílnách VŠST Liberec pouze odzkoušeny. Destička č.14 byla "hladká", bez utvařeče a je zařazená pro srovnání utváření a kvalitu obrobené plochy.

Tab.3. Přehled navržených a skutečných rozměrů vybroušených utvařečů

Č.	UMÍSTĚNÍ UTVAREČE	NAVRŽENÉ HODNOTY	SKUTEČNÉ HODNOTY
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

Č.	UMÍSTĚNÍ UTVÁŘEČE	NAVRŽENÉ HODNOTY	SKUTEČNÉ HODNOTY
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			

4. Výroba a odzkoušení utvařeče

4.1. Popis výroby utvařečů

Použití vybrušovaných utvařečů na řezné keramice má sice značný přínos z hlediska dobrého odchodu třísky z místa řezu, ale na druhé straně je nutné brát v úvahu i nevýhodu tohoto způsobu. Při výrobě uvedených utvařečů byla použita tuzemská keramika DISAL 100, která je prvním z vyráběných druhů řezné keramiky. Tento materiál byl velice citlivý na vyštipování řezné hrany v průběhu broušení utvařečů. Broušení bylo možné pouze diamantovým kotoučem, jehož "házení" bylo velice malé. I na velikost zrna kotouče byl broušený materiál značně citlivý. Z těchto důvodů nebylo možno v dílnách VŠST Liberec tyto utvařeče vyrobit. Proto bylo využito pomoci n.p. ELITEX Ústí n. Orlicí, který je dostatečně vybaven příslušnými stroji i nástroji. Zde byly požadované utvařeče vyrobeny.

Vzhledem k náročné výrobě utvařečů na řezné keramice doporučuji používat těchto utvařečů po přechodnou dobu obrábění, než bude výrobce moci vyzkoušený a vyhovující utvařeč na své destičky lisovat.

4.2. Vyhodnocení vyrobených utvařečů

Na následujících stránkách jsou vždy pro jeden utvařeč zařazeny tyto diagramy a nákresy :

- nákres geometrických rozměrů utvařeče
- fotografie řezné destičky
- fotografie t-s diagramu s ukázkou vzniklých třísek
- t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a a R_{max} v μm
- vyhodnocení zkoumaného utvařeče

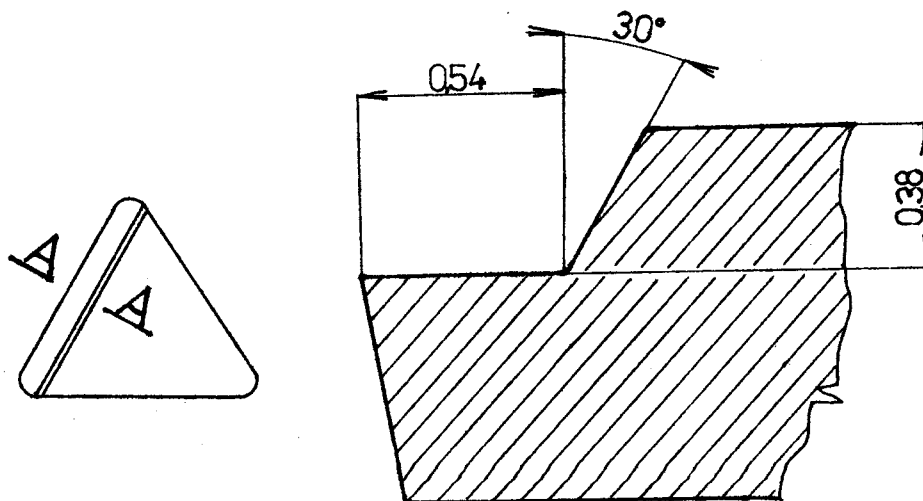
UTVAREČ č.1.

Obr.25.Geometrické rozměry utvařeče

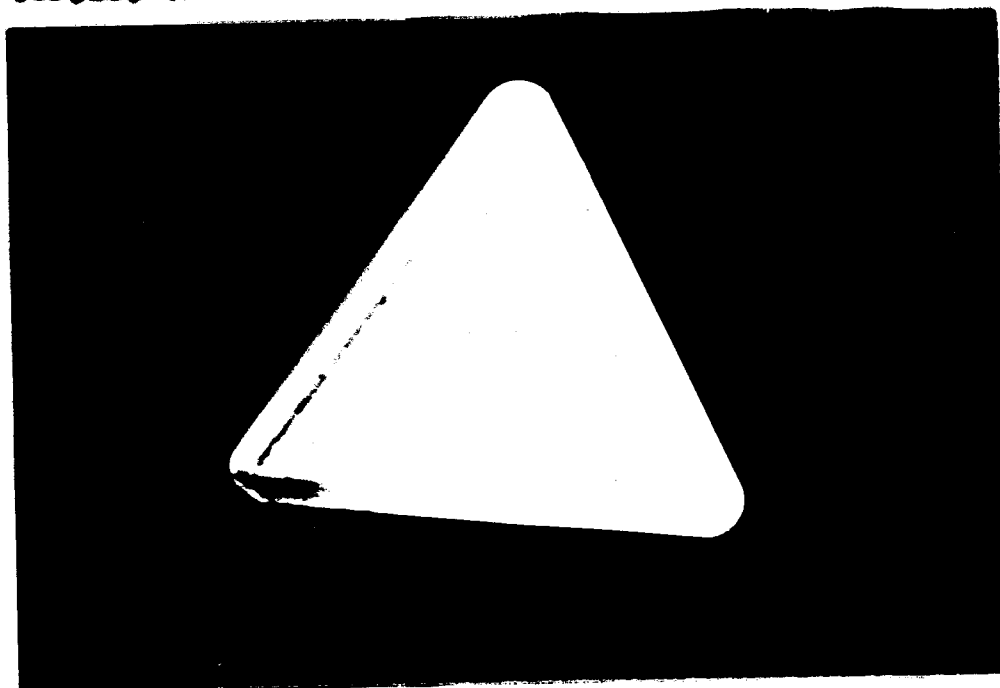
M 5:1

ŘEZ A-A

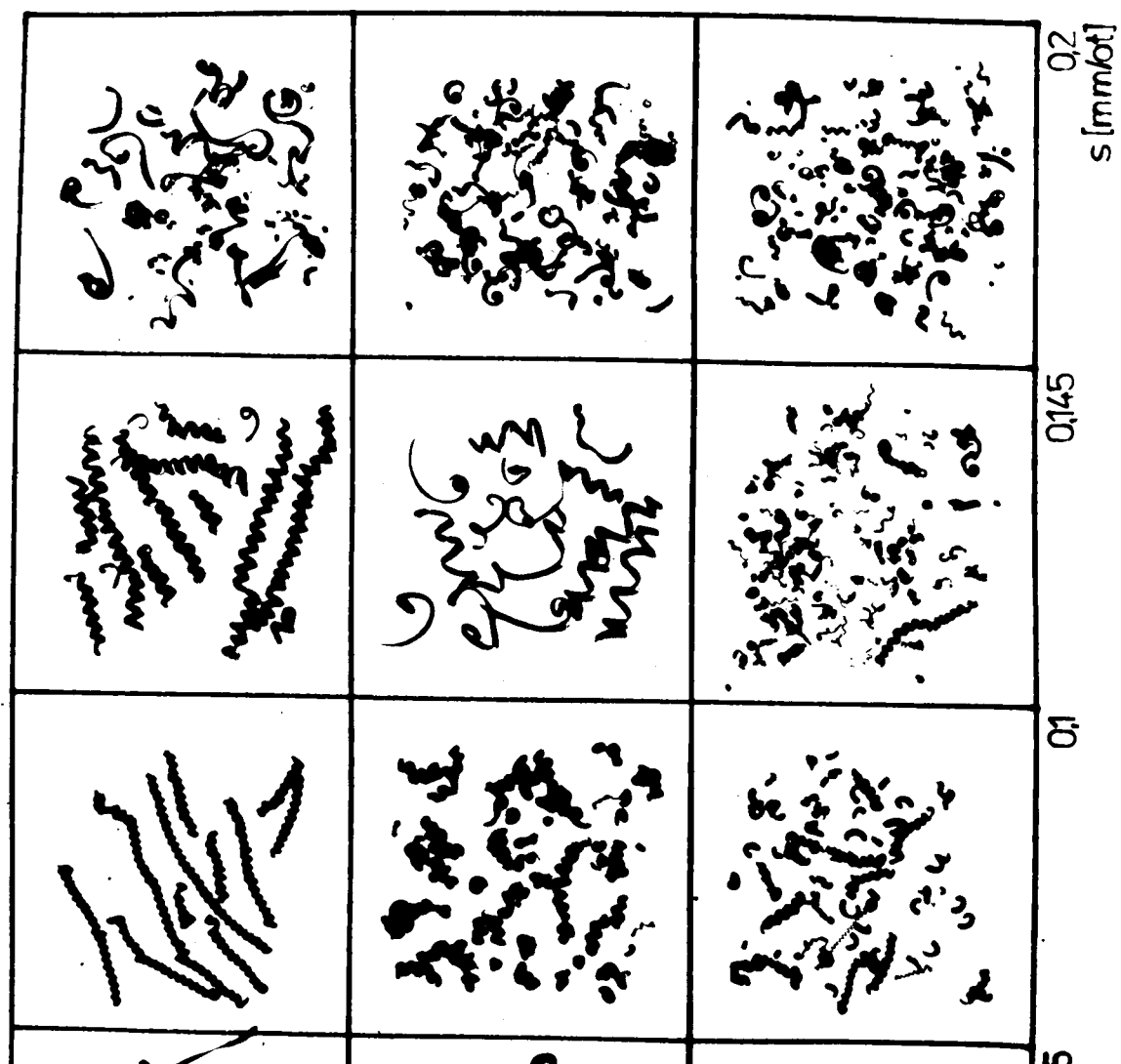
M 50:1



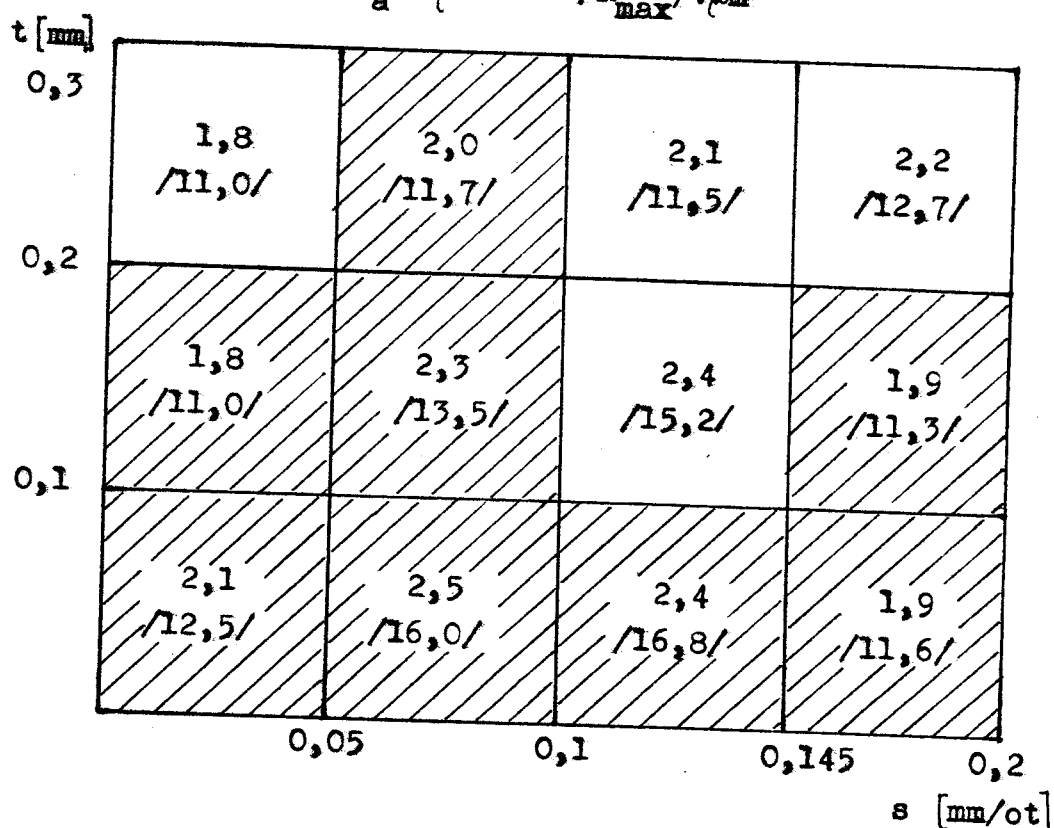
Obr.26. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.27. t-s diagram pro utv. č.1. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.28. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/\text{v}\mu\text{m}$



Vyhodnocení :

Utvařec č.1. je schůdkovitého tvaru s drážkou podél celé hrany břitové destičky. Při hodnocení byla určena oblast správného utváření podle diagramu č.28. Poměr správného utváření ku celkovému rozsahu t-s diagramu je podle součinitele spolehlivosti

$$A_c = \frac{8}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,1 \mu\text{m}$

$$R_{\text{max}} = 12,8 \mu\text{m}$$

Vzhledem k celkovému zhodnocení vlastností utvařeče i k poměrně vysokým hodnotám drsnosti byl utvařec hodnocen jako nevyhovující.

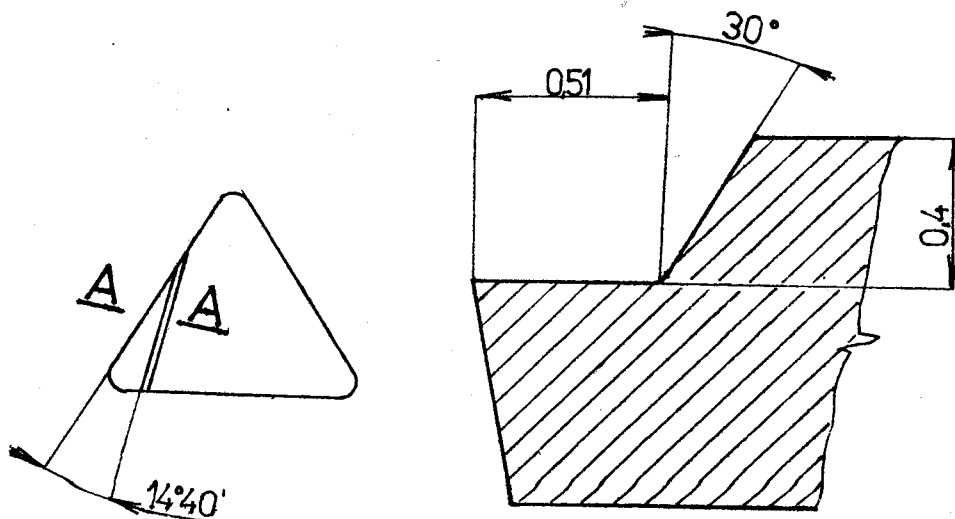
UTVAŘEČ č.2.

Obr.29. Geometrické rozměry utvařeče

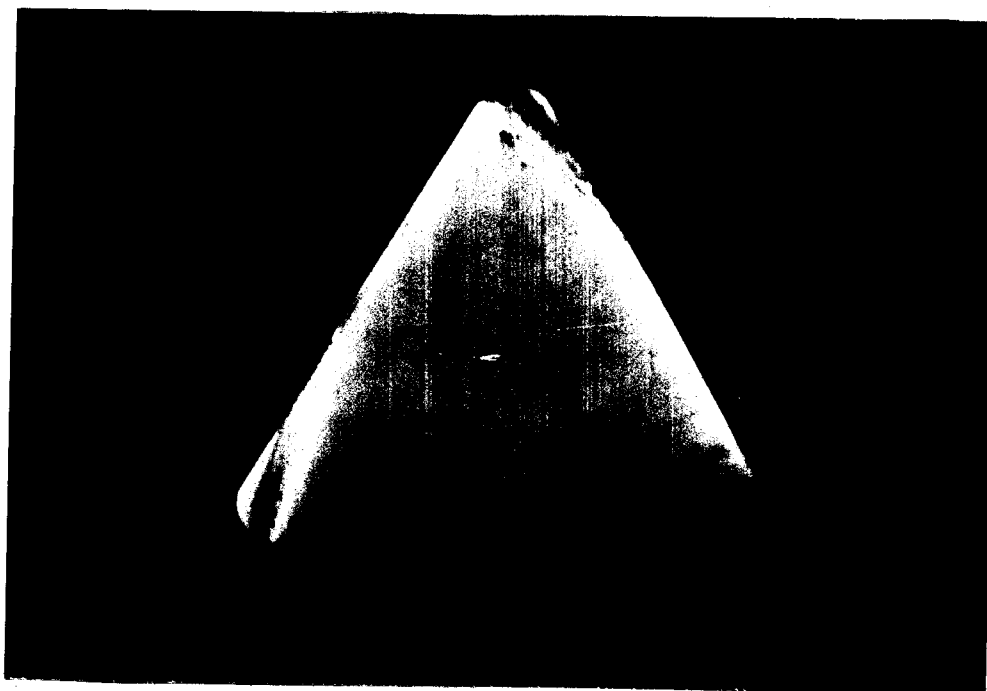
M 5:1

ŘEZ A-A

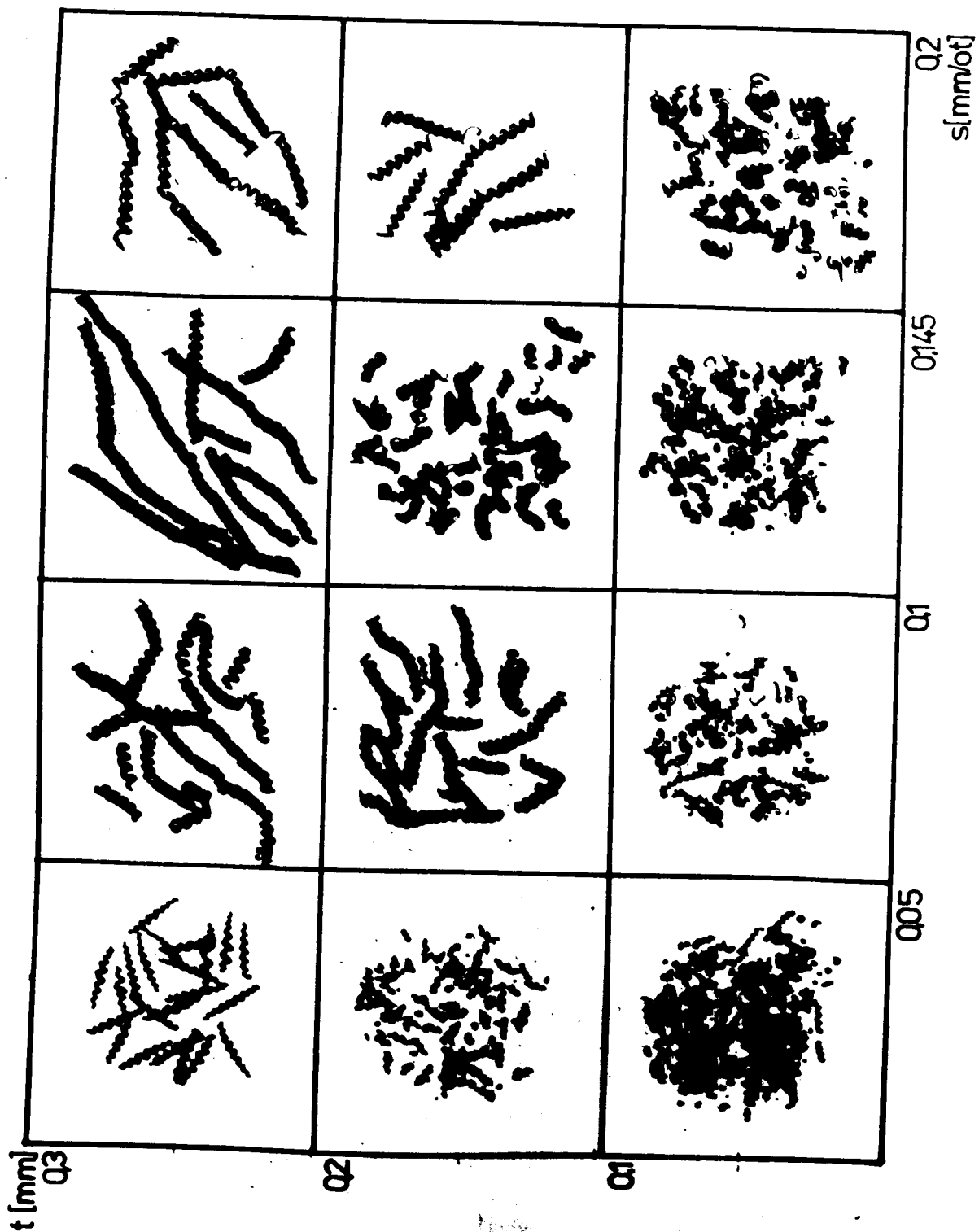
M 50:1



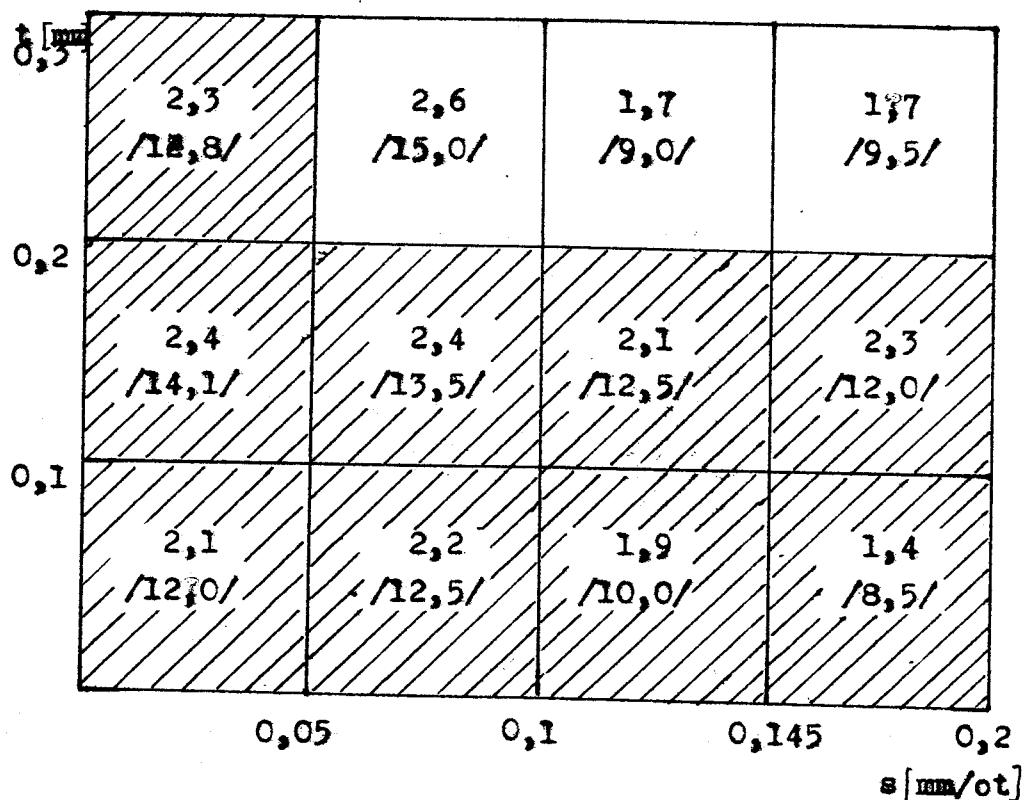
Obr.30. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.31. t-s diagram pro utv. č.2. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.32. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Destička s utvařečem č.2. má stejný tvar schůdku jako utvařeč č.1., ale jiné umístění na břitové destičce. Z hlediska drsnosti obrobených ploch se dá konstatovat, že poloha utvařeče nemá výraznější vliv na kvalitu obrobených ploch. Součinitel spolehlivosti

$$A_c = \frac{9}{12}$$

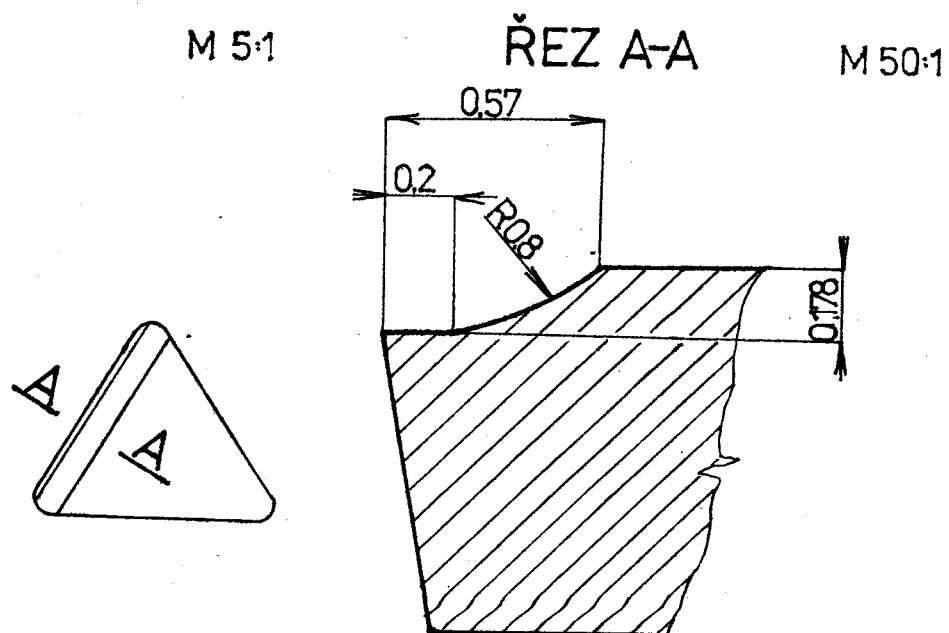
Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,09 \mu\text{m}$

$$R_{\text{max}} = 10,75 \mu\text{m}$$

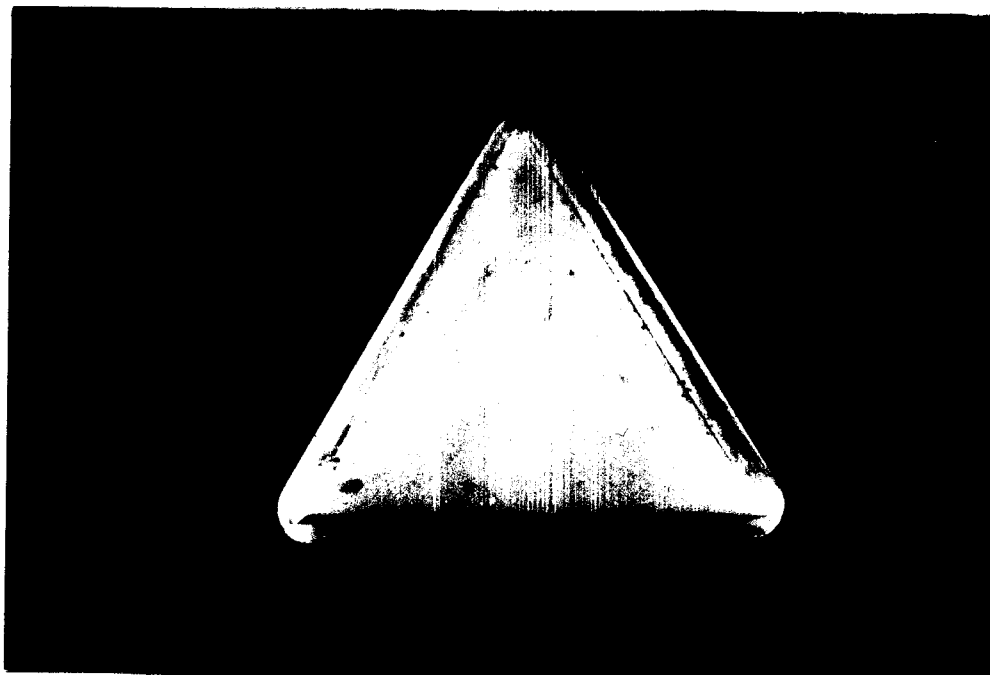
Při hodnocení vlastností s přihlédnutím k dobrému utváření byl utvařeč č.2 vyhodnocen jako vyhovující v užší oblasti obrábění.

UTVAŘEČ č.3.

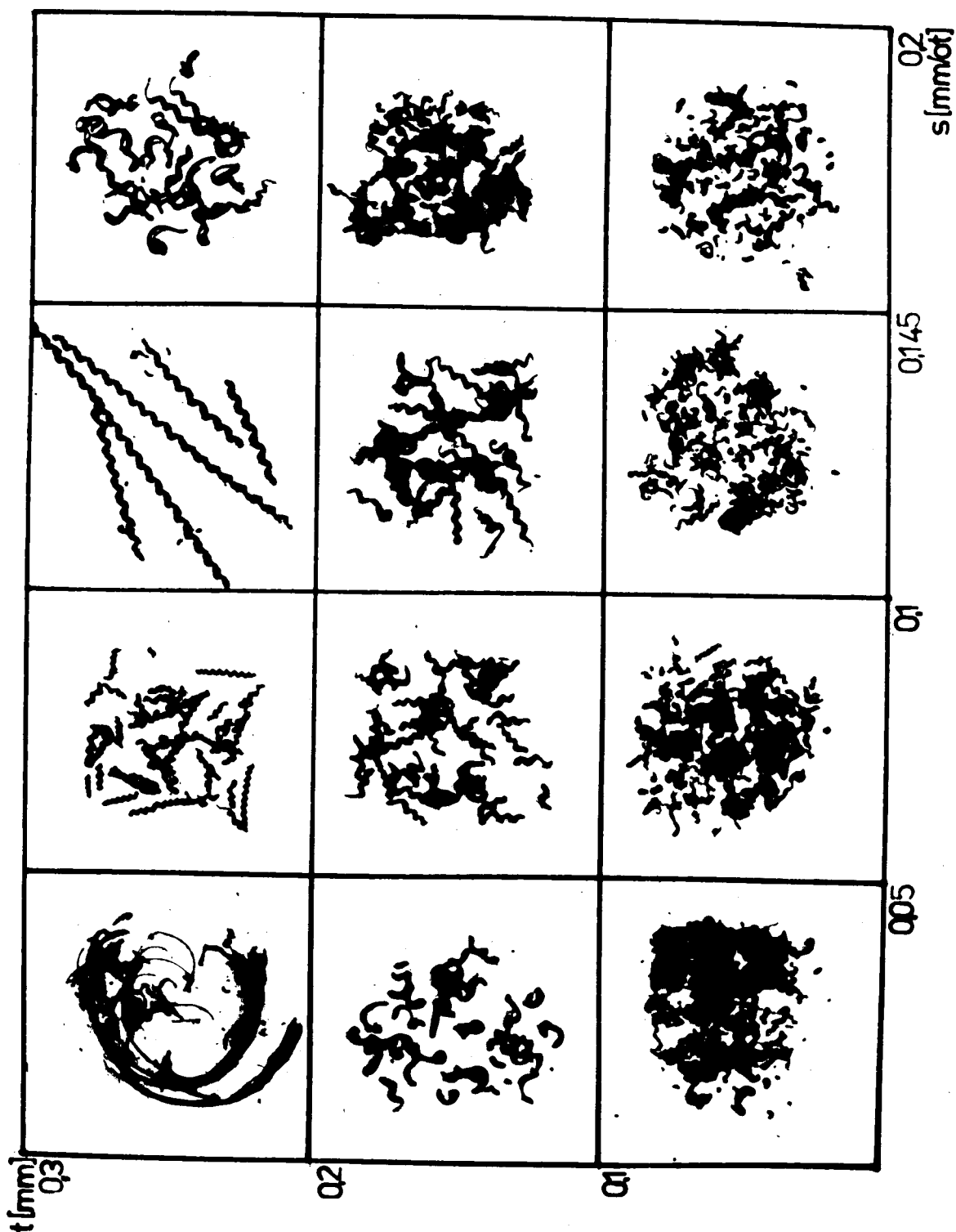
Obr.33. Geometrické rozměry utvařeče



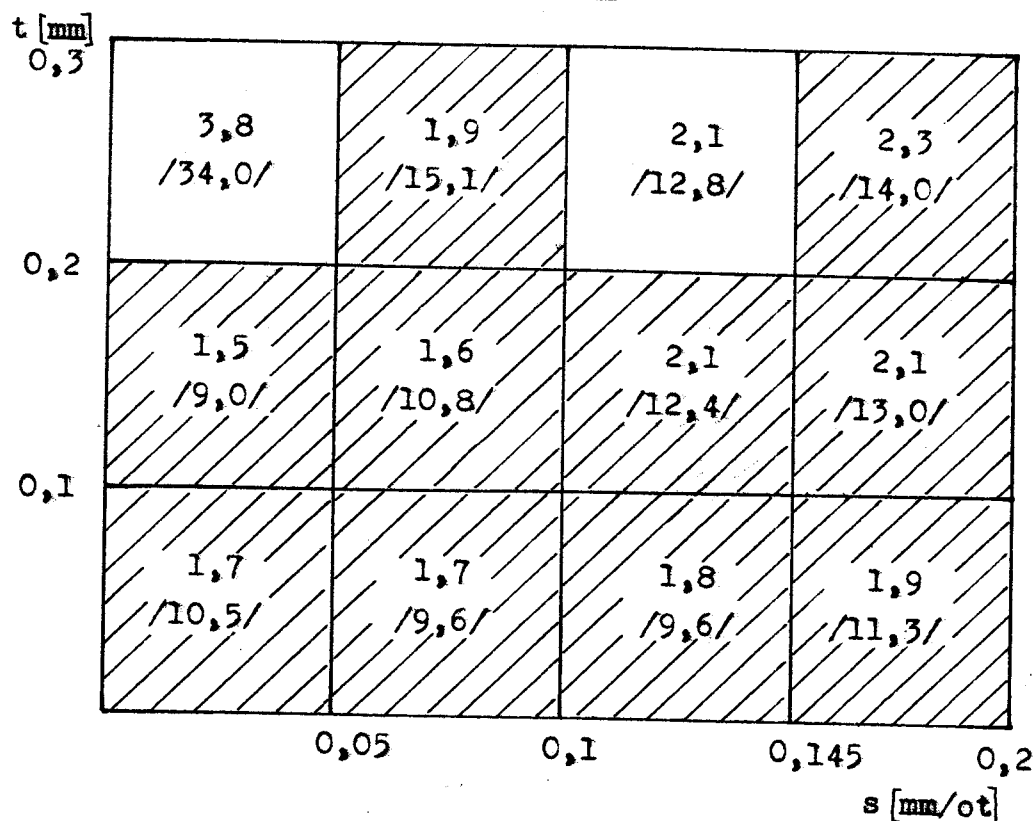
Obr.34. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.35. t-s diagram pro utv. č.3. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.36. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Břitová destička s utvařečem č.3. dobře utváří v rozsahu naznačeném v diagramu č.36. Jedná se o jiný druh utvařeče, kde překážku netvoří rovná hrana ve tvaru schůdku, ale plynný oblouk. Součinitel spolehlivosti

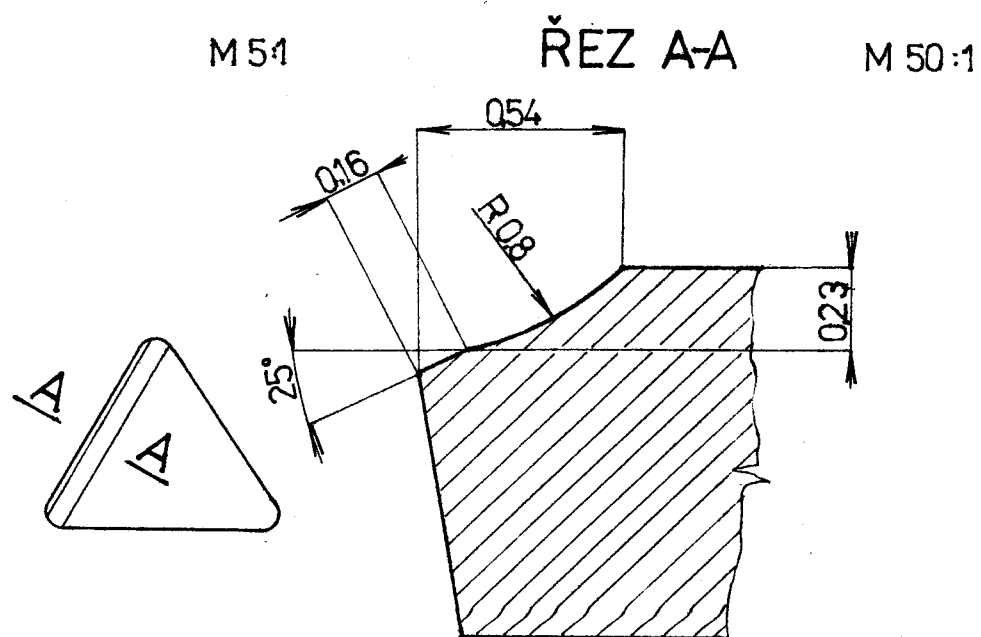
$$A_c = \frac{10}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,03 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 13,5 \mu\text{m}$

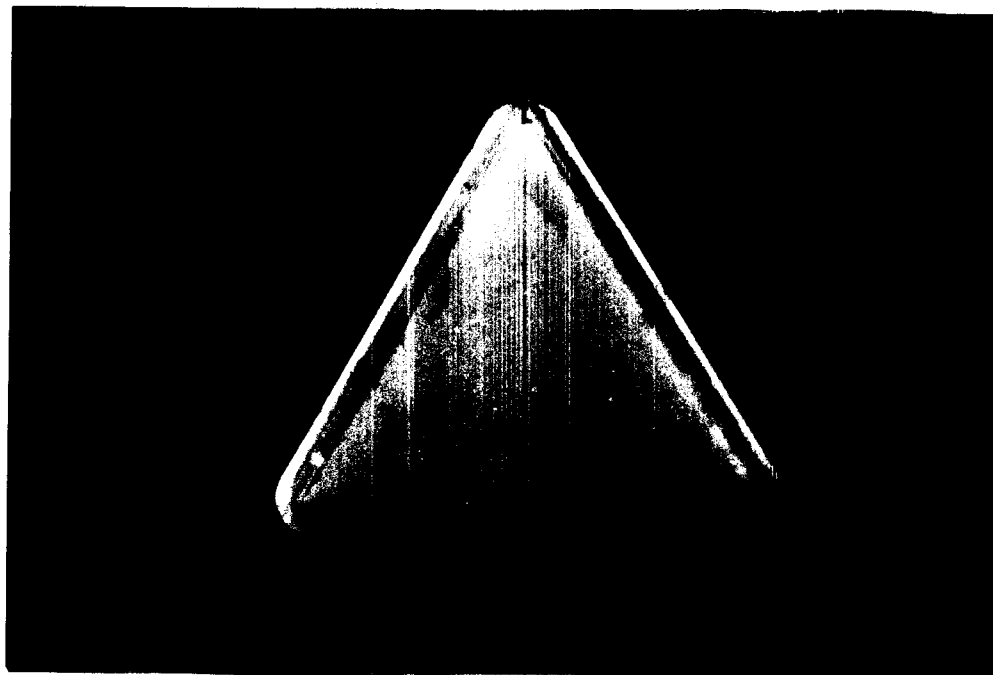
Po zhodnocení všech vlastností s přihlédnutím k vysokému koeficientu spolehlivosti byl utvařeč č.3 hodnocen jako vyhovující v užší oblasti obrábění.

UTVAŘEČ č.4.

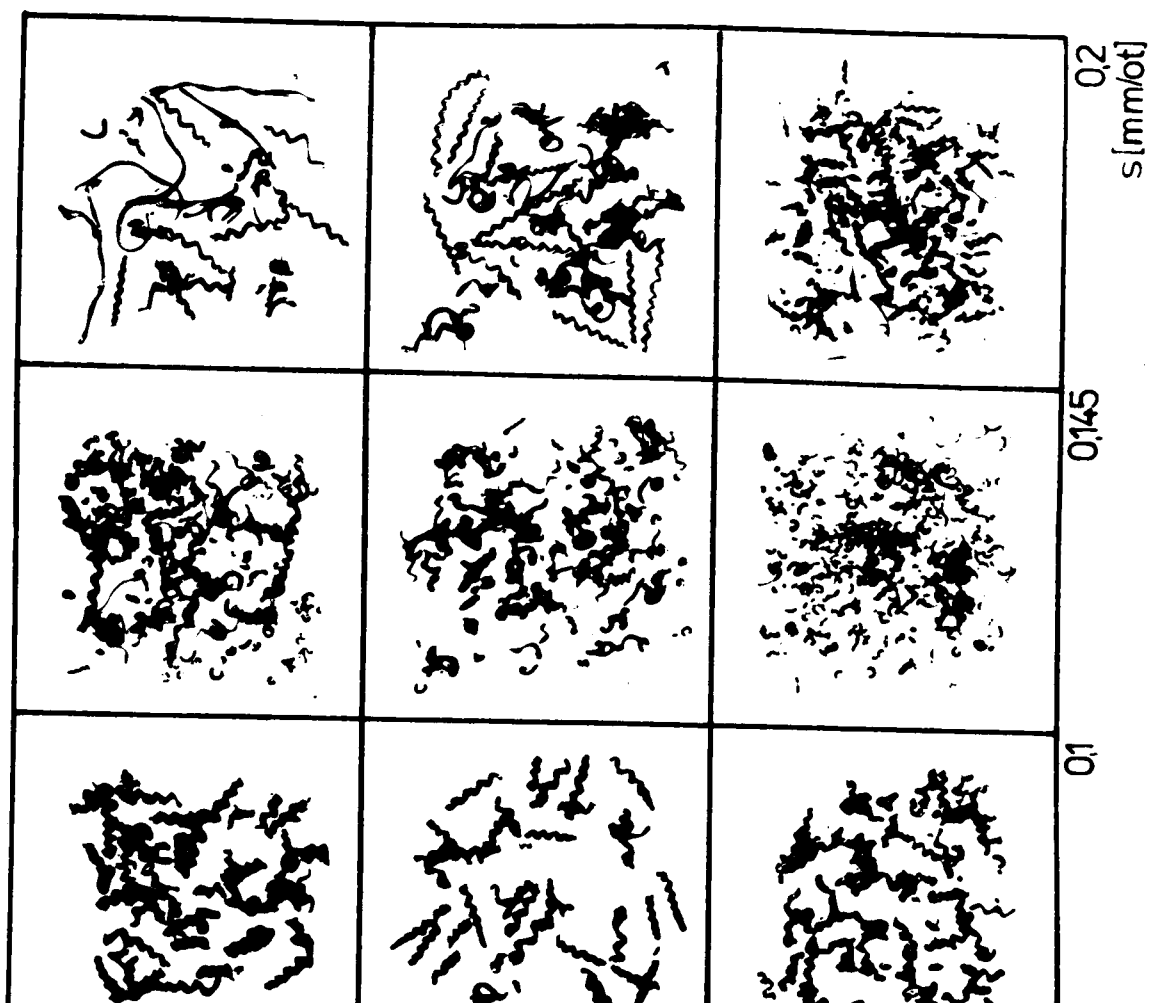
Obr.37. Geometrické rozměry utvařeče



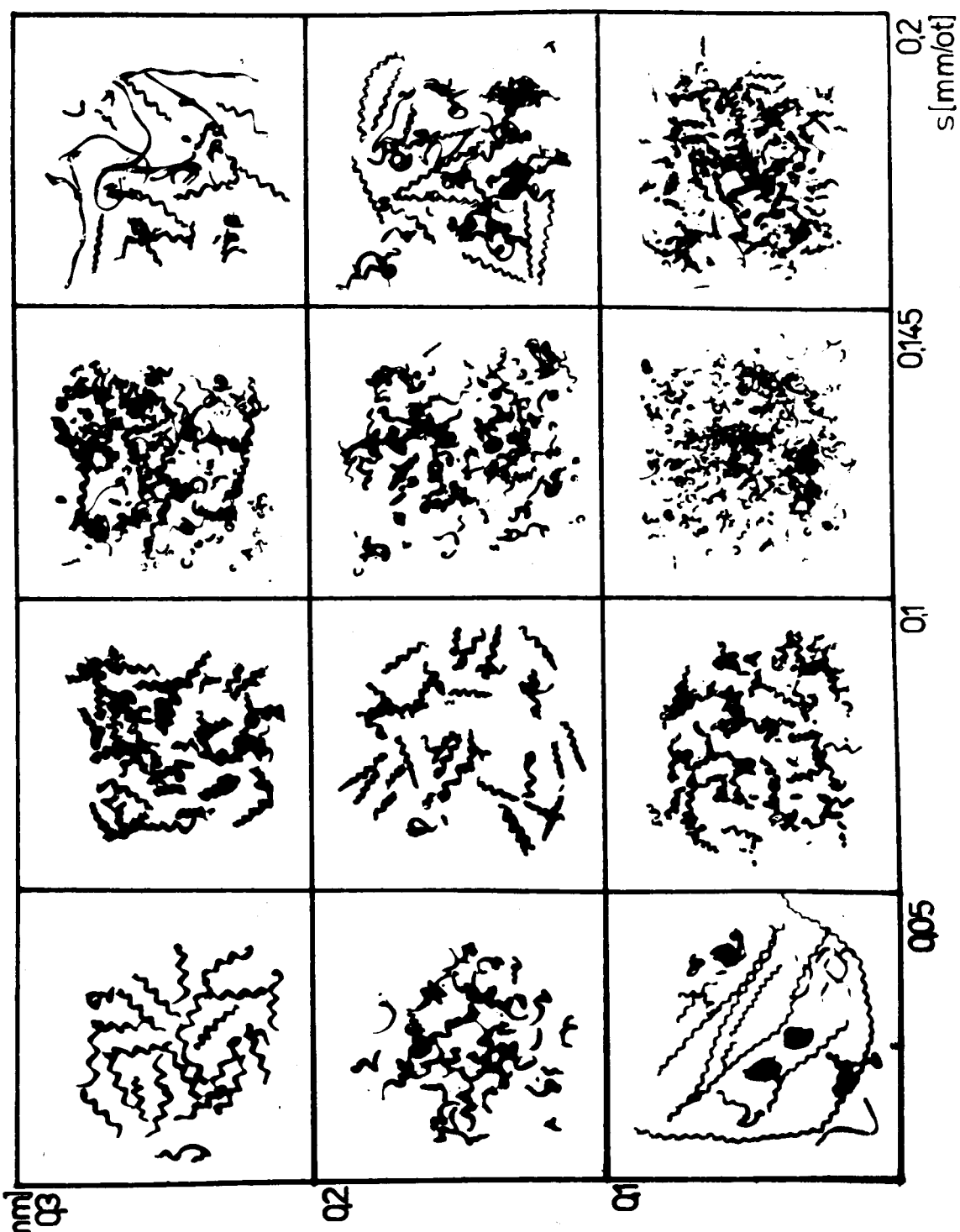
Obr.38. Umístění utvařeče na řezné destičce



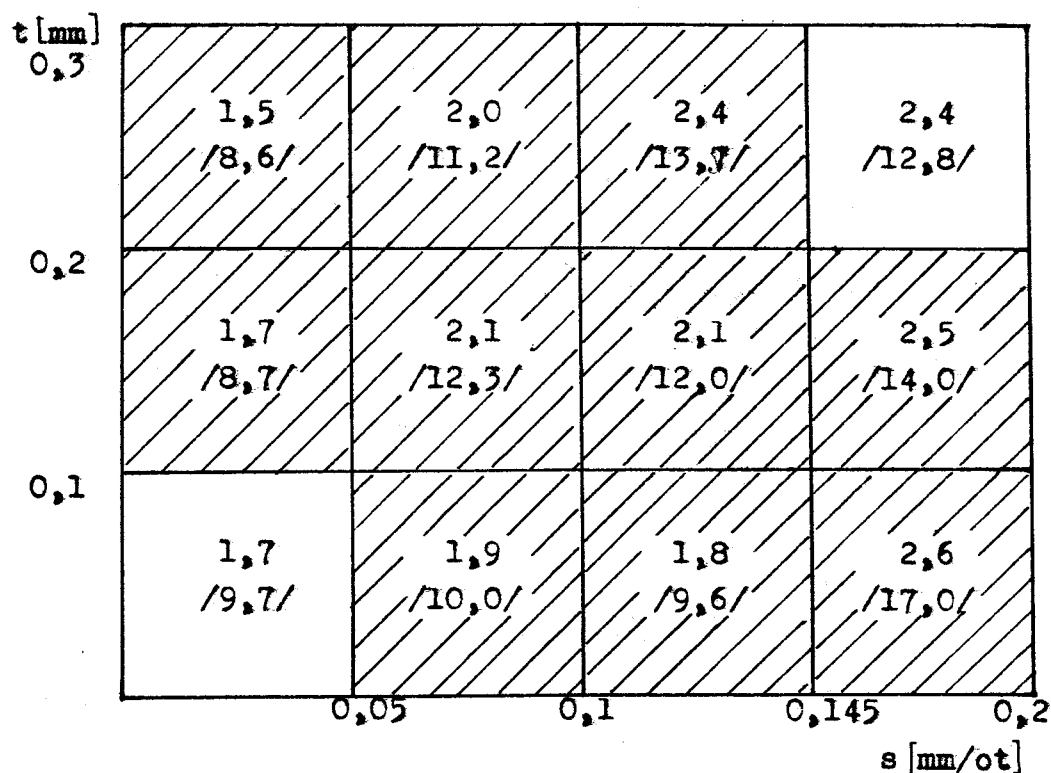
Obr.39. t-s diagram pro utv.č.4. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.39. t-s diagram pro utv.č.4. s ukázkou vzniklých třísek



Obr. 40. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a R_{max} v μm



Vyhodnocení :

Destička s utvářečem č. 4. je stejné koncepce jako předcházející destička č. 3., doplněná ještě o fazetku $0,16 \times -26^\circ$ /návrh $0,2 \times -25^\circ$. Tato fazetka způsobila plynulejší odchod třísky. Správné utváření v daném rozsahu řezných podmínek ukazuje diagram č. 40. Součinitel spolehlivosti

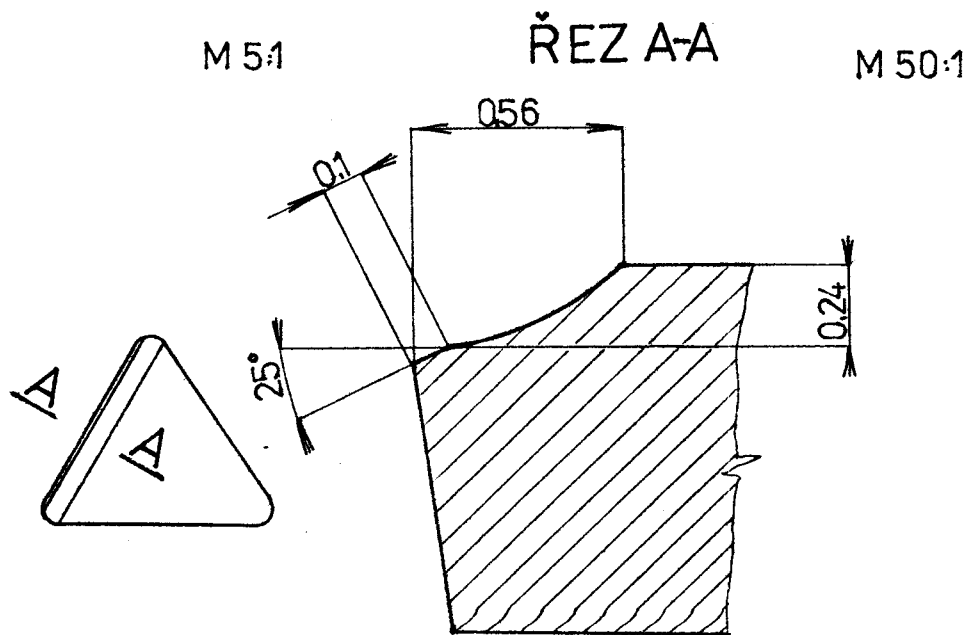
$$A_c = \frac{10}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,05 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 11,63 \mu\text{m}$

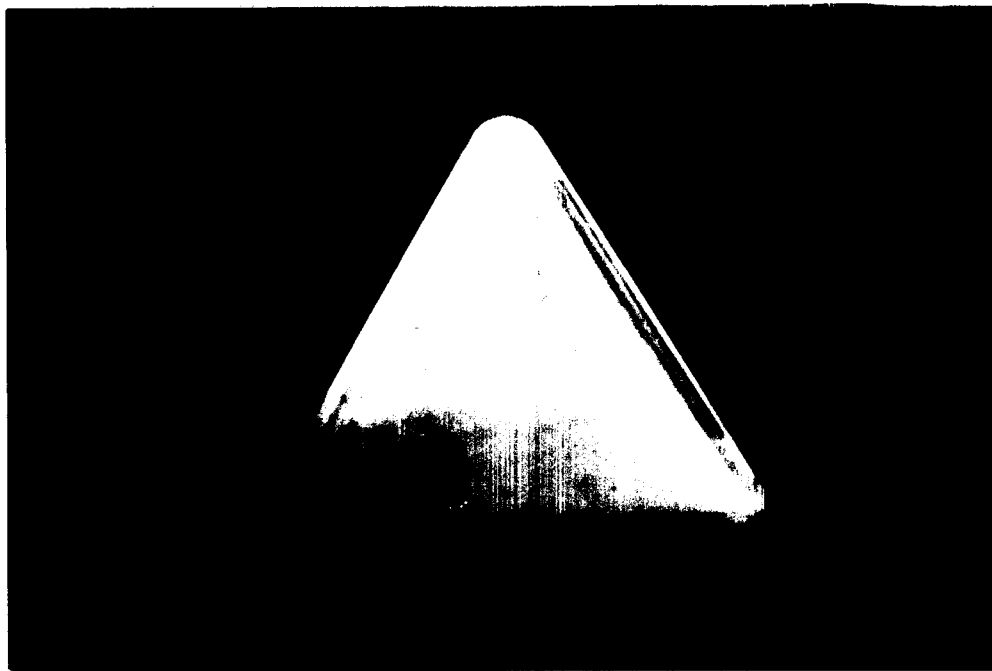
Utvářené elementy jsou krátké, vyhovující. Pouze při min. a max. podmínkách došlo k nežádoucím tvaru třísky. Vzhledem k dobrým utvářecím schopnostem byl utvářeč hodnocen jako vyhovující.

UTVAŘEČ č.5.

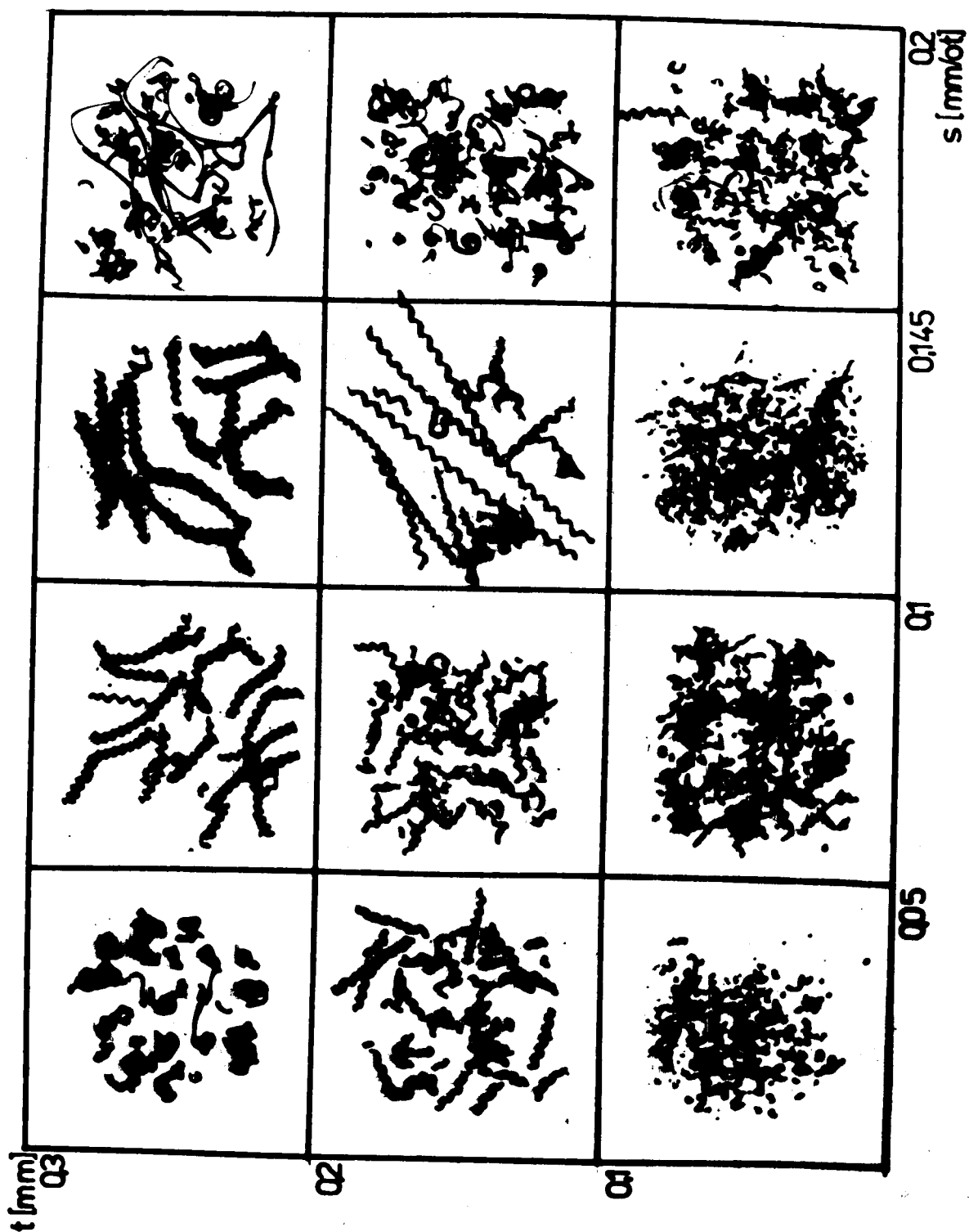
Obr.41. Geometrické rozměry utvařeče



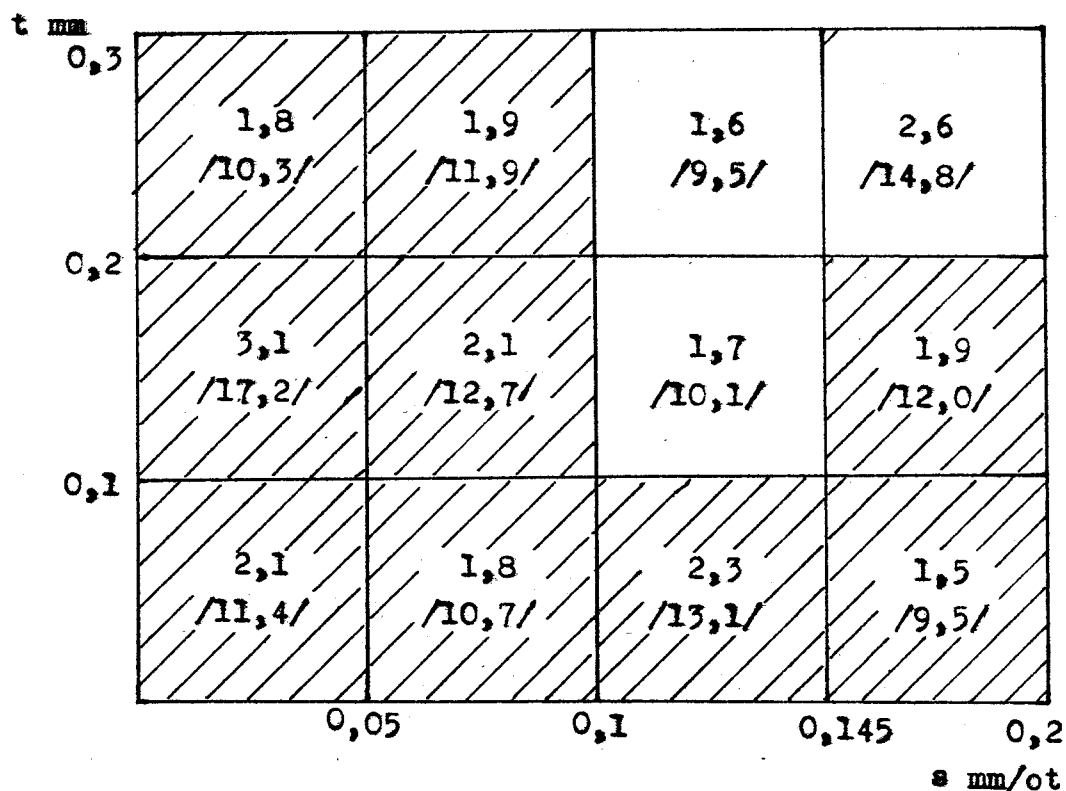
Obr.42. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.43. t-s diagram pro utv.č.5. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.44. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Utvařeč č.5. je stejné konstrukce jako předešlé dva utvařeče č.3. a č. 4. , pouze s jinými parametry fazetky. Oblast utváření je znázorněná na obr. č.44. V oblasti vyšších posuvů a hloubek řezu docházelo k nevhodným jevům, k ostrému pískání a ke chvění. Součinitel spolehlivosti:

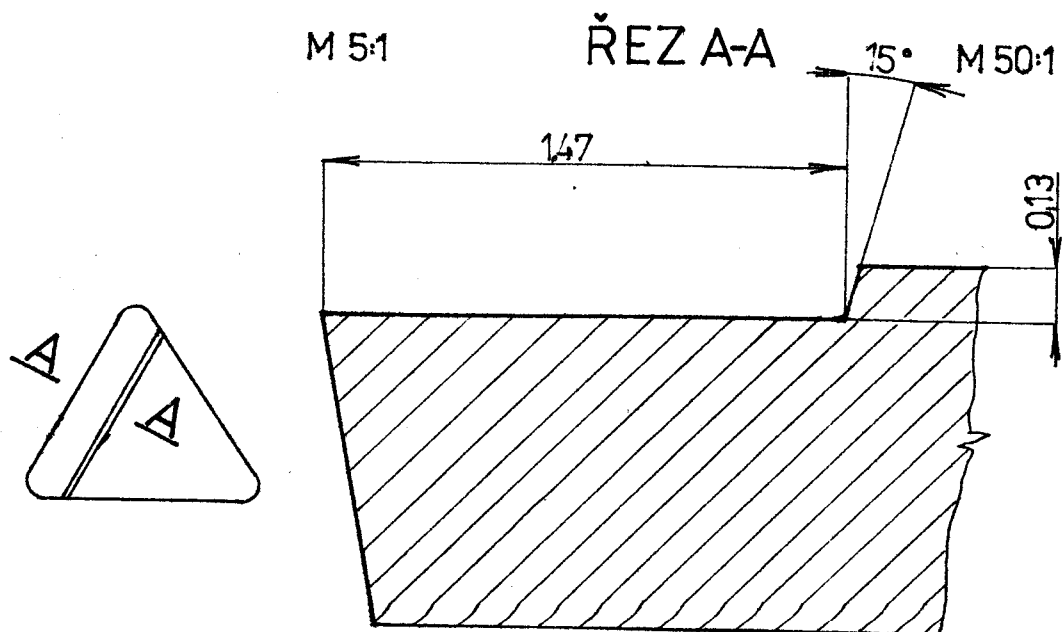
$$A_c = \frac{9}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,0 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 11,9 \mu\text{m}$

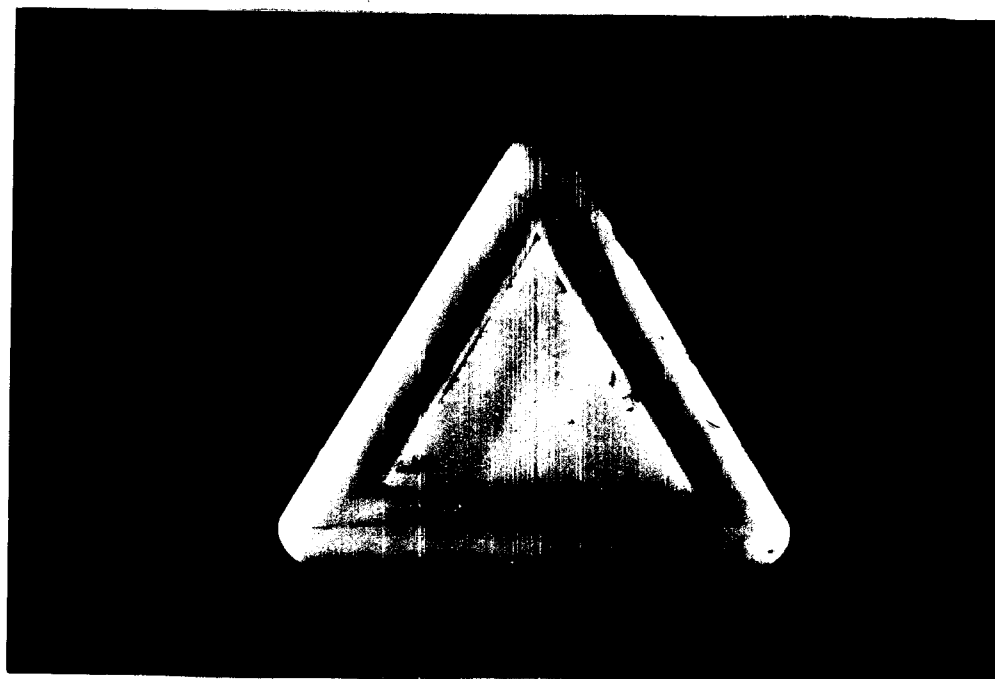
Utvařeč č.5. byl určen jako nevyhovující.

UTVAŘEČ č.6.

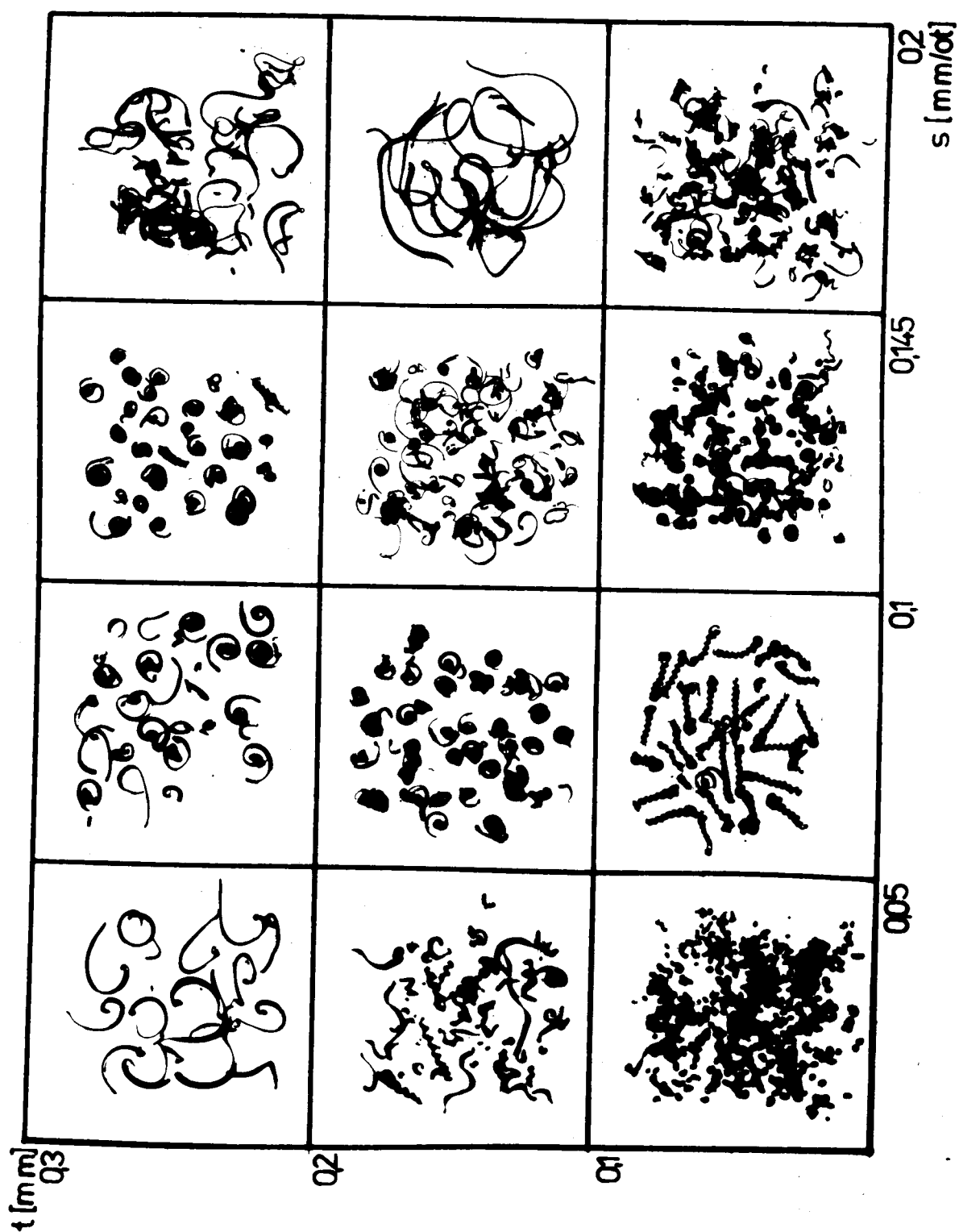
Obr.45. Geometrické rozměry utvařeče



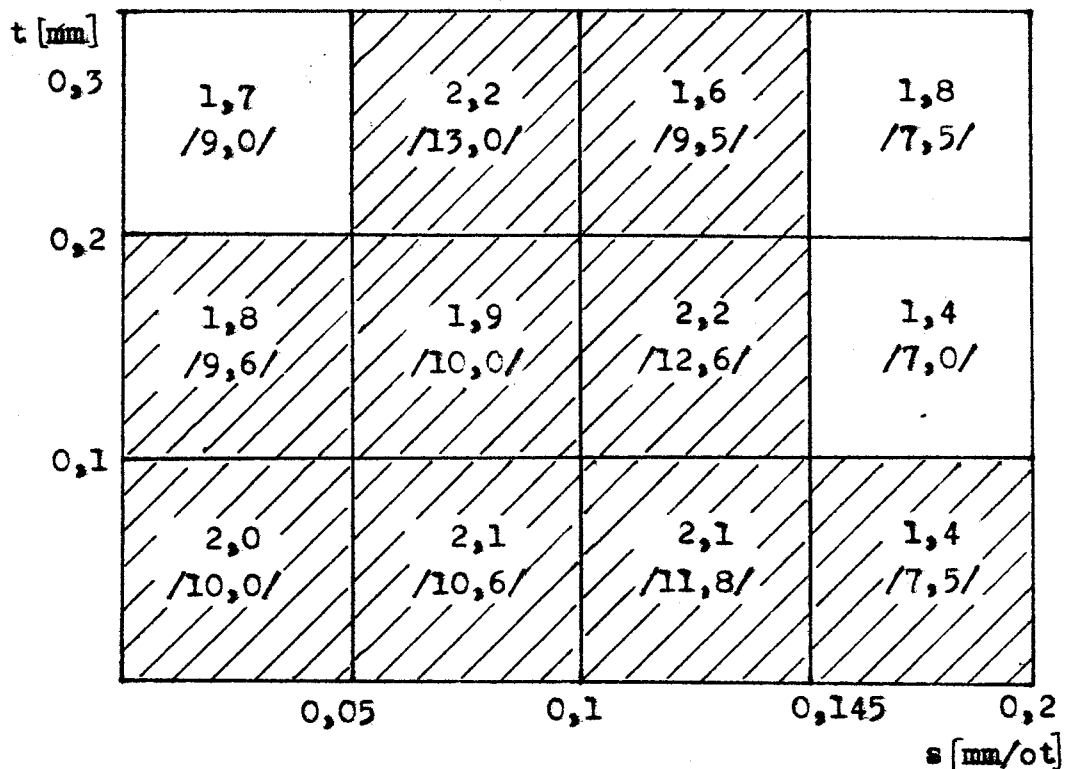
Obr.46. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.47. t-s diagram pro utv.č.6. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.48. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Jedná se o klasický typ schůdkového utvařeče s větším rozměrem schůdku, zvoleným podle /9/. Oblast správné funkce utvařeče je v užší oblasti. Situaci zázorně diagram č.48. Součinitel spolehlivosti

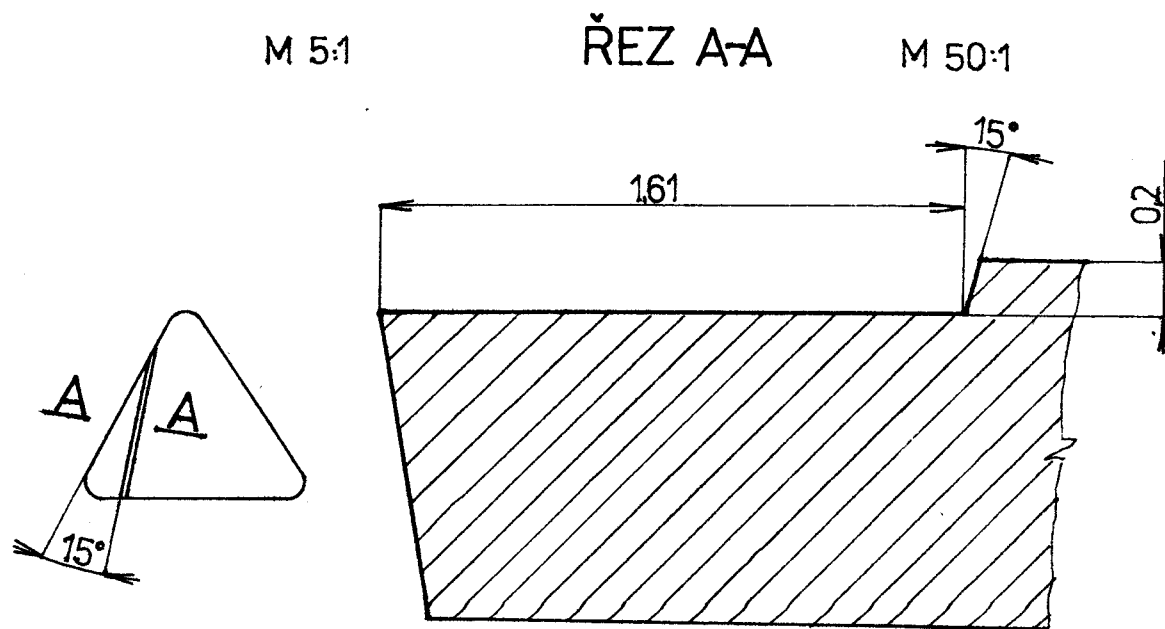
$$A_c = \frac{9}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 1,8 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 9,8 \mu\text{m}$

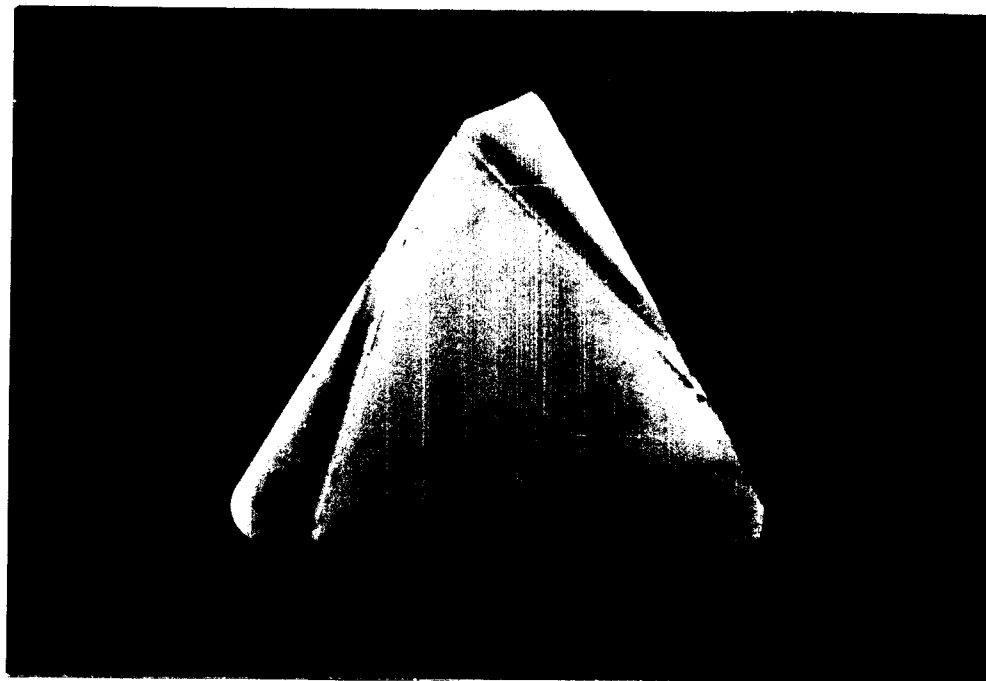
což lze považovat za dobrou kvalitu obrobených ploch. S přihlédnutím k ostatním vlastnostem byl utvařeč č.6. hodnocen jako vyhovující v užší oblast obrábění.

UTVAŘEČ č.7.

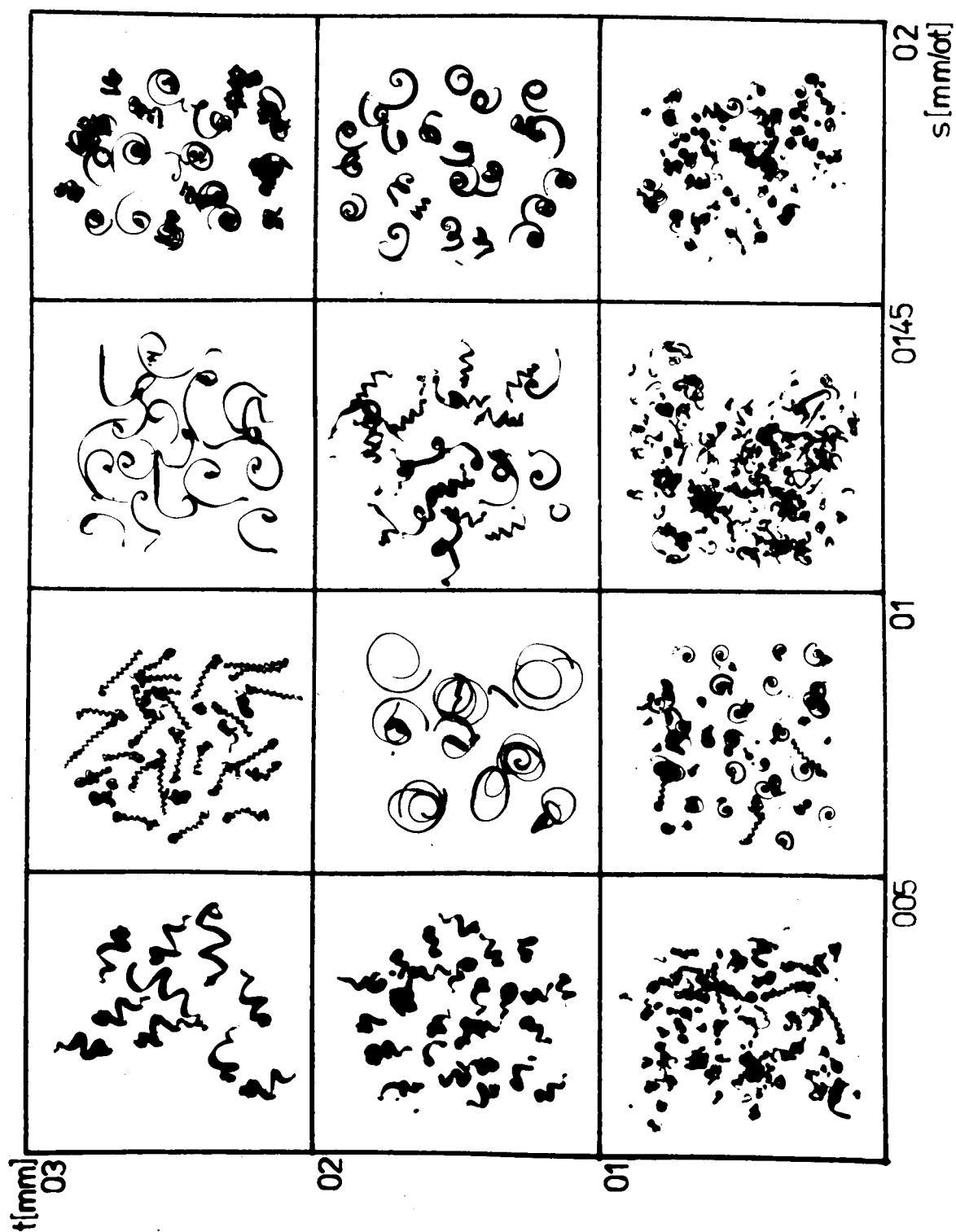
Obr.49. Geometrické rozměry utvařeče



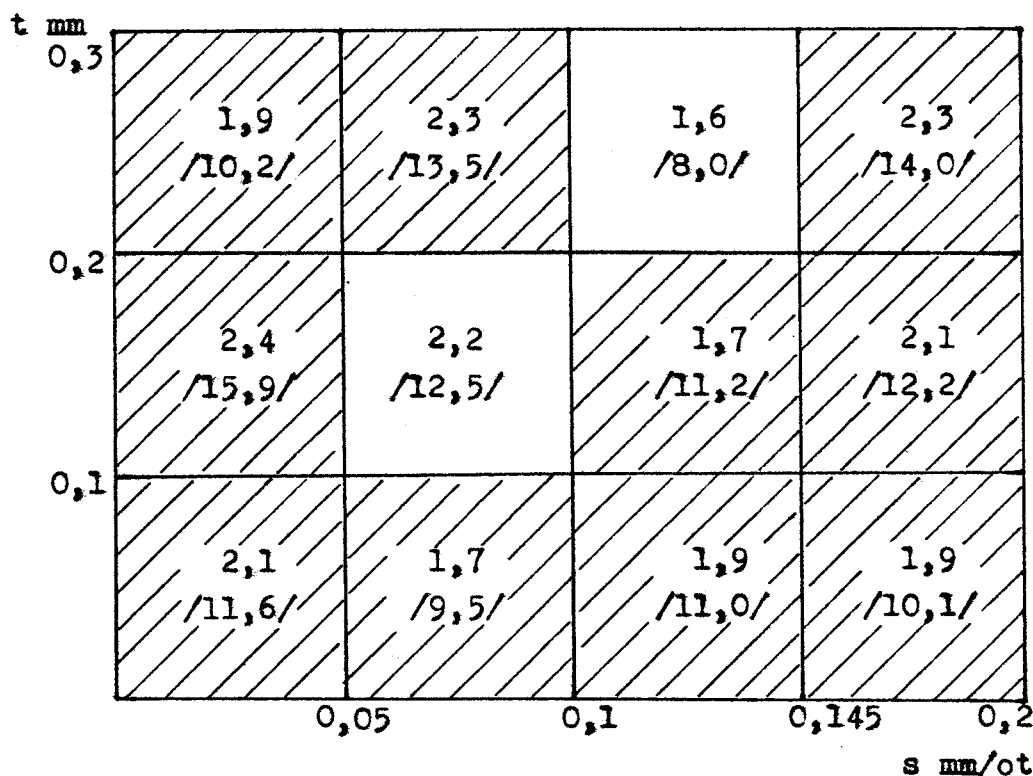
Obr.50. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr. 51. t - s diagram pro utv. č. 7. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.52. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Konstrukce utvařeče č.7. měla být stejná jako u předešlého modelu č.6., pouze je umístěna na destičce pod úhlem 16° /požadavek 15° /. Ve skutečnosti se svými rozměry však liší /nepřesnost výroby /. Z hlediska utváření je podle diagramu č.52 . zřejmé, že tato konstrukce svými rozměry lépe vyhovuje. V oblasti posuvu 0,1 a hl. řezu 0,2 docházelo k nevhodným jevům - chvění. Součinitel spolehlivosti

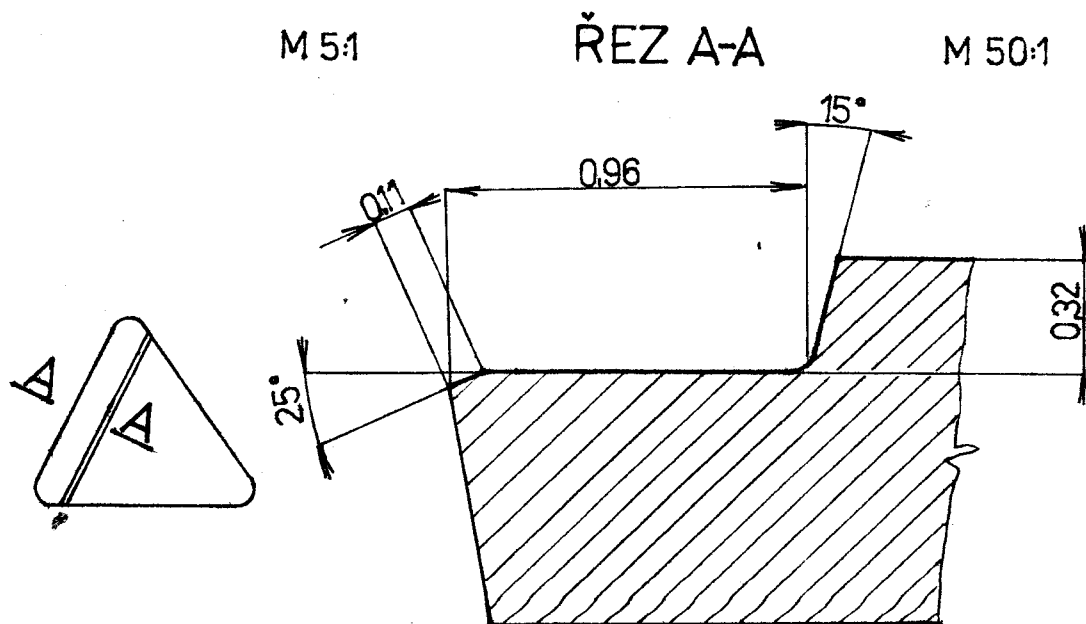
$$A_c = \frac{10}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,0 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 11,7 \mu\text{m}$

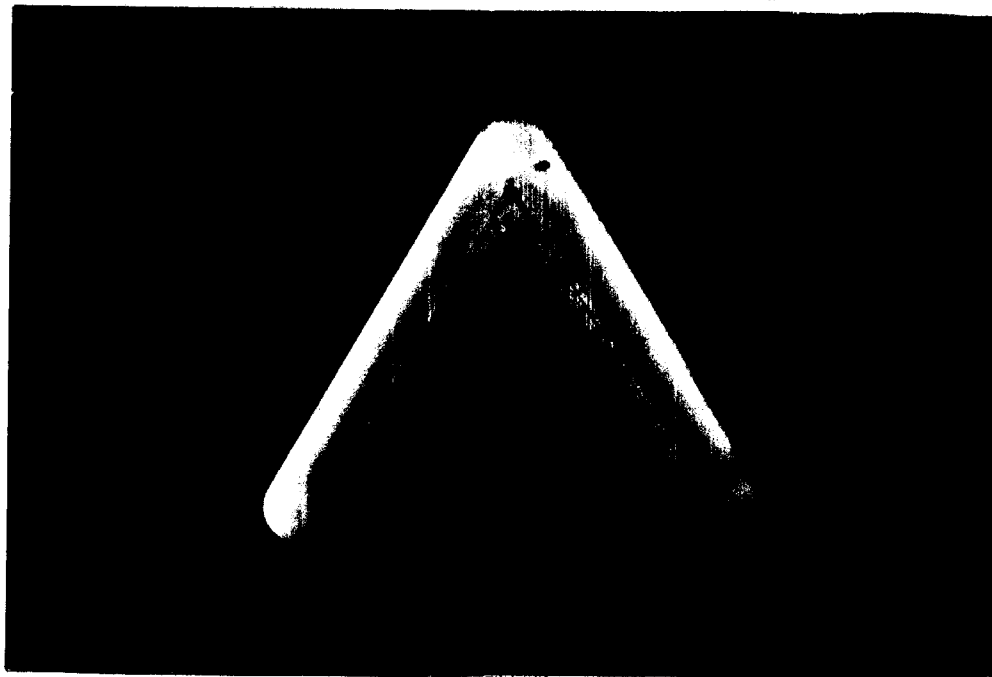
Pro nevhodnou oblast nestabilního utváření uprostřed utvářené oblasti je utvařeč č.7. hodnocen jako nevyhovující.

UTVAŘEČ č.8.

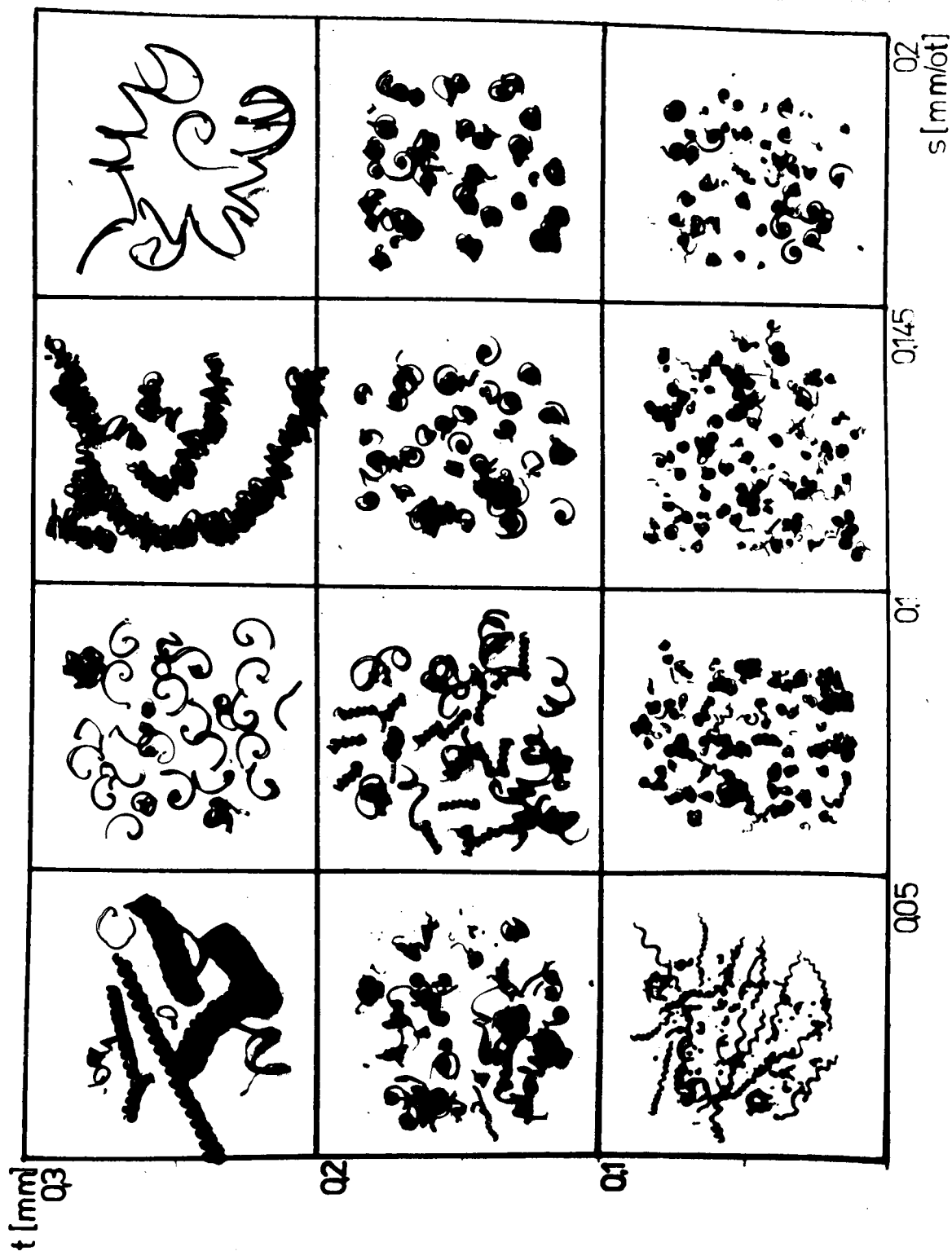
Obr.53. Geometrické rozměry utvařeče



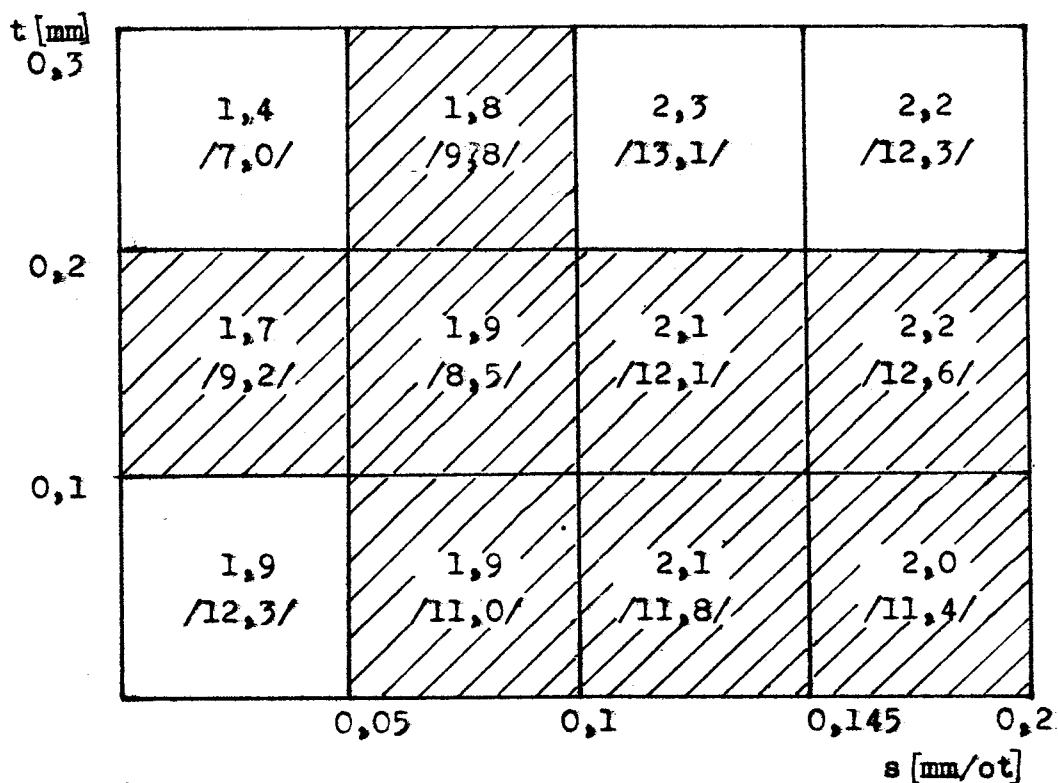
Obr.54. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.55. t-s diagram pro utv.č.8. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.56. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Břitová destička s utvařečem č.8. je klasické koncepce se schůdkovým utvařečem doplněná o fazetku $0,1 \times 25^\circ$. Správné utváření zobrazuje diagram č.56. Součinitel spolehlivosti

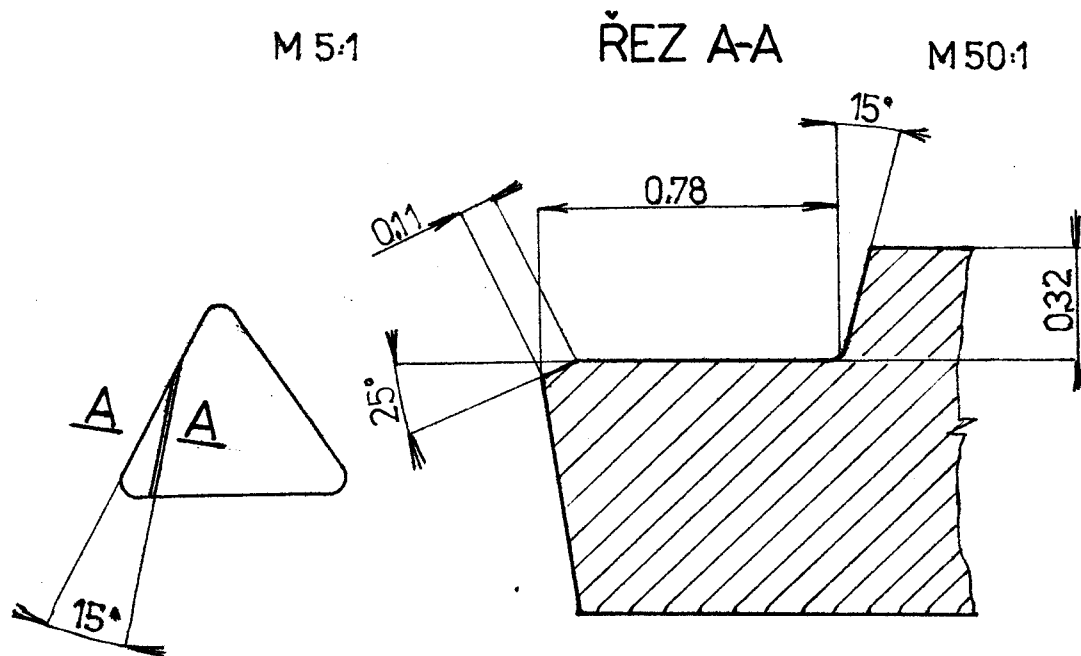
$$A_c = \frac{8}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 1,9 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 10,9 \mu\text{m}$

S přihlédnutím k plynulému odchodu třísky je možno utvařeč č.8. považovat za vyhovující v užší oblasti obrábění.

UTVAŘEČ č.9.

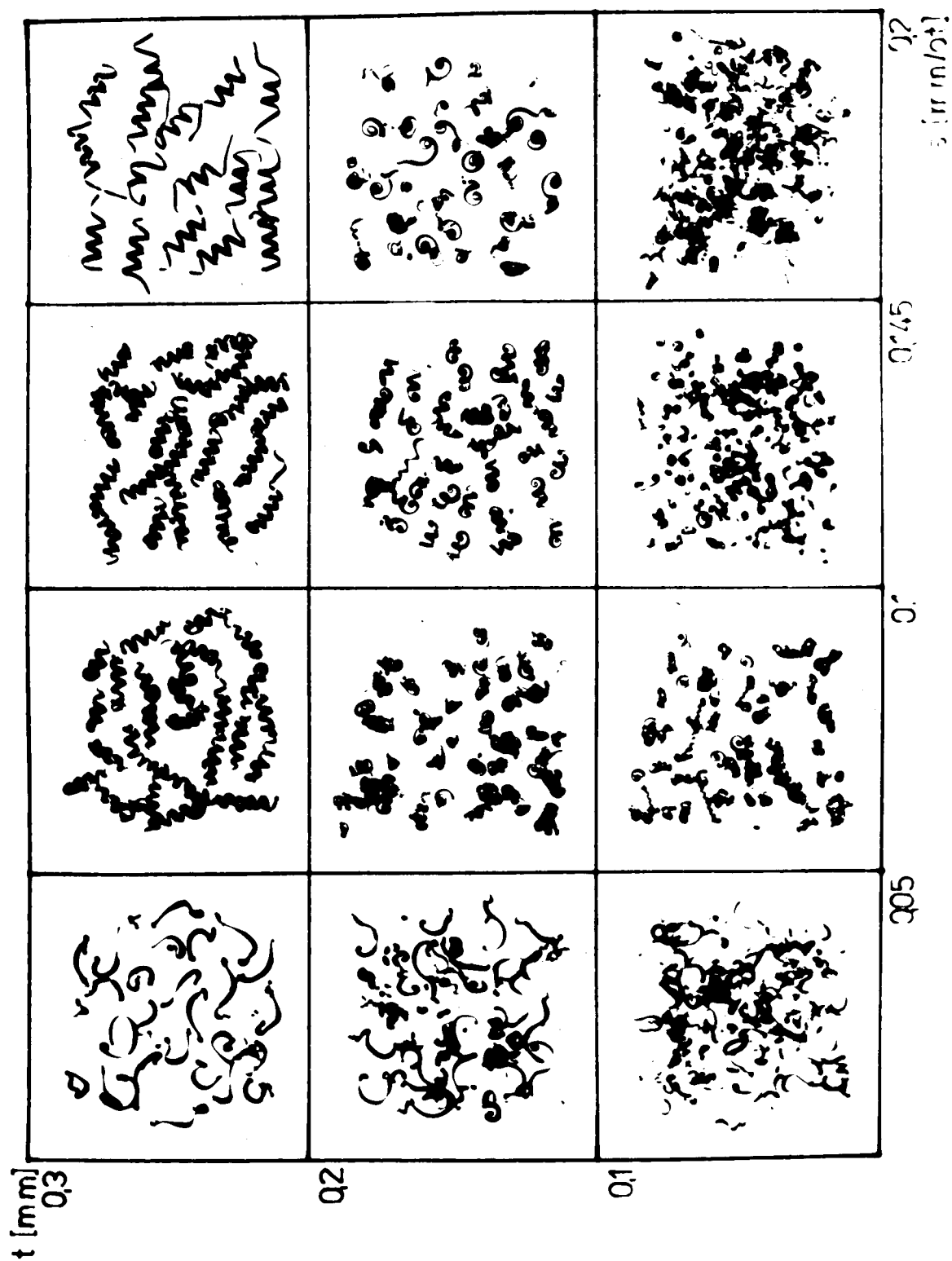
Obr.57. Geometrické rozměry utvařeče



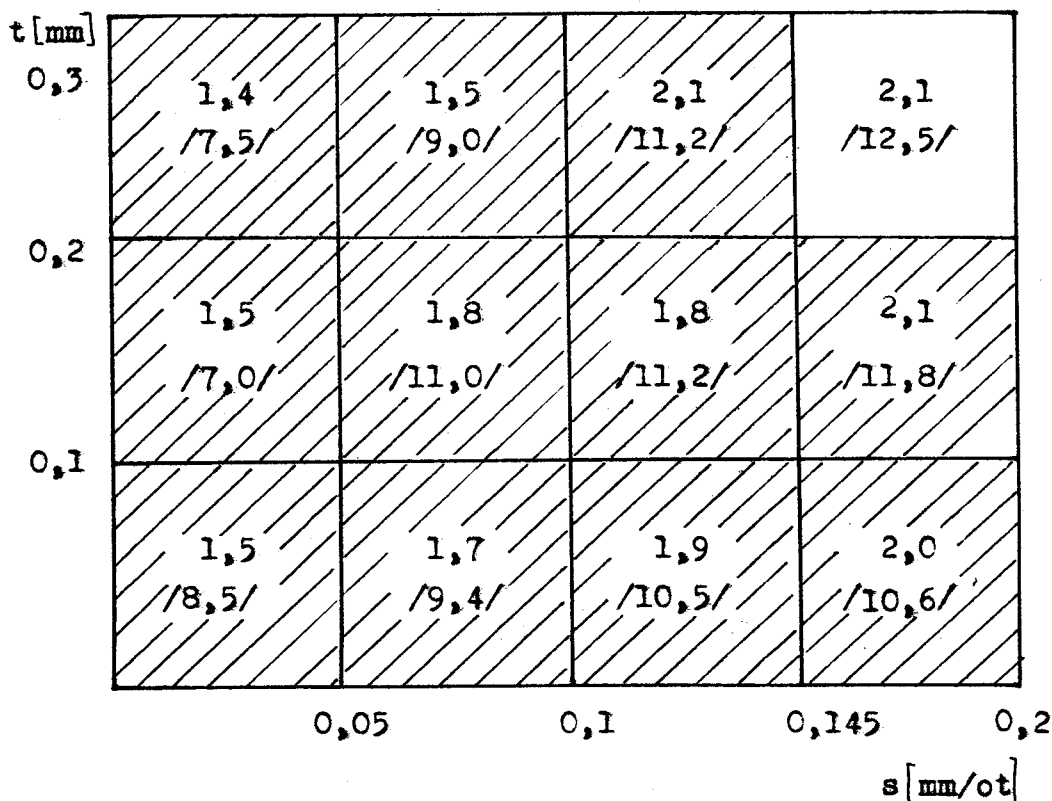
Obr.58. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.59. t-s diagram pro utv.č.9. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.60. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Utvařeč č.9. je utvařeč schůdkové koncepce doplněný o fazetku a umístěný na břitové destičce pod úhlem $15^{\circ} 20'$. Oblast správného utváření ukazuje diagram č.60. Z diagramu je patrné, že utvařeč pracuje téměř v celé oblasti měření správně. Součinitel spolehlivosti je ze všech měření nejvyšší

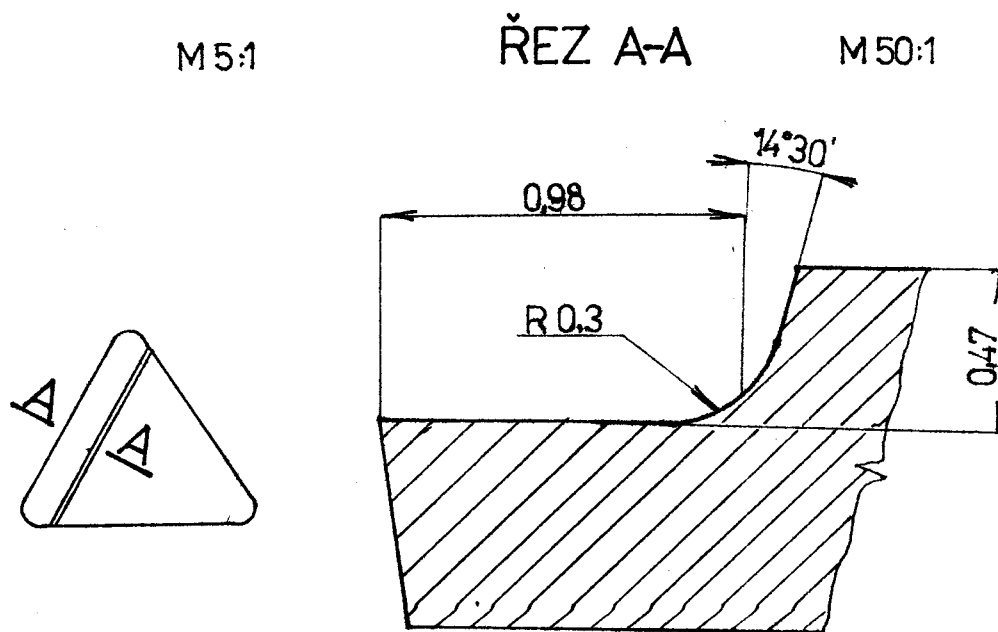
$$A_e = \frac{11}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 1,7 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 10,0 \mu\text{m}$

Po zvážení všech dalších okolností, byl utvařeč č.9. hodnocen jako téměř optimálně pracující v měřené oblasti.

UTVAŘEČ č.10.

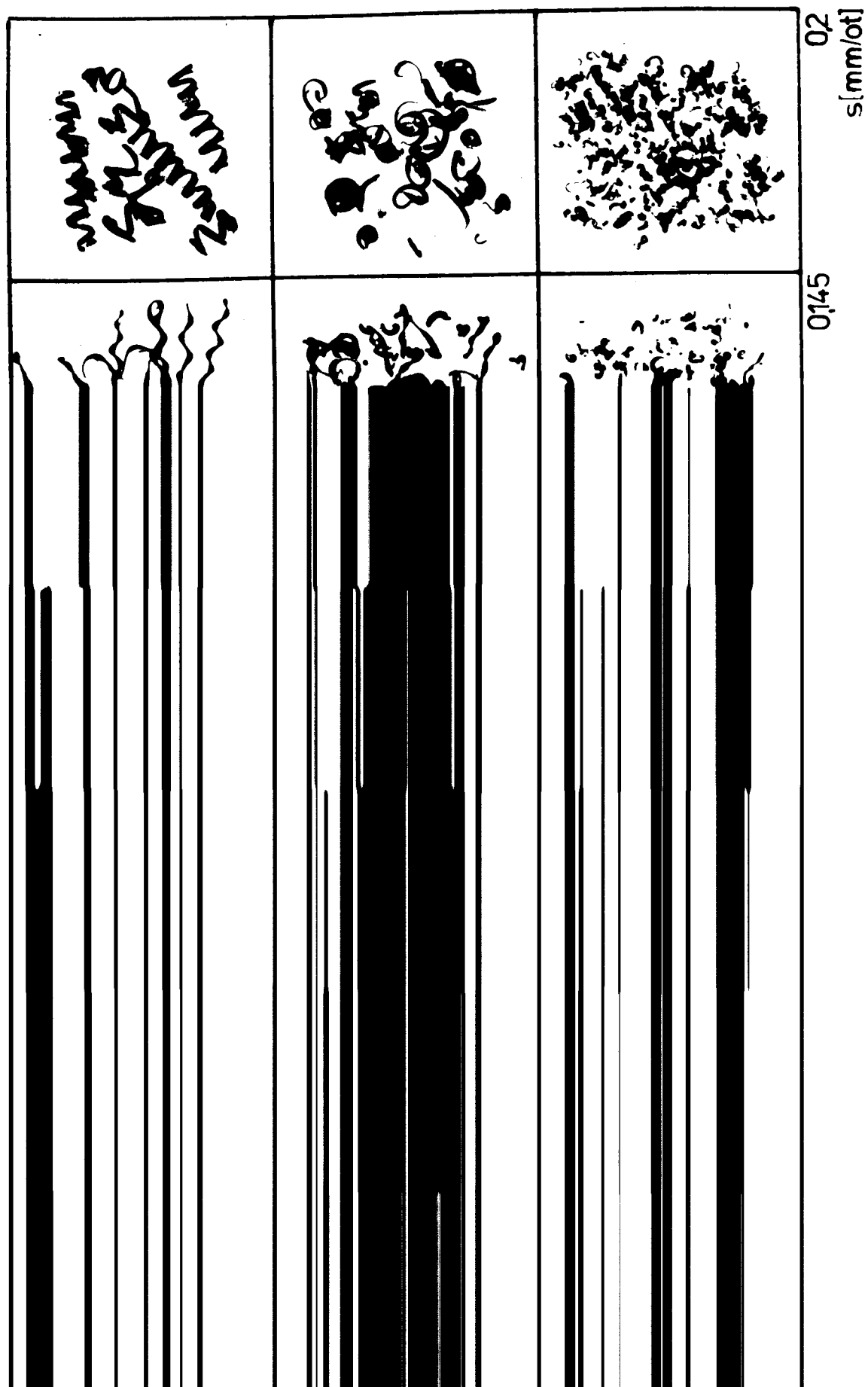
Obr.61. Geometrické rozměry utvařeče



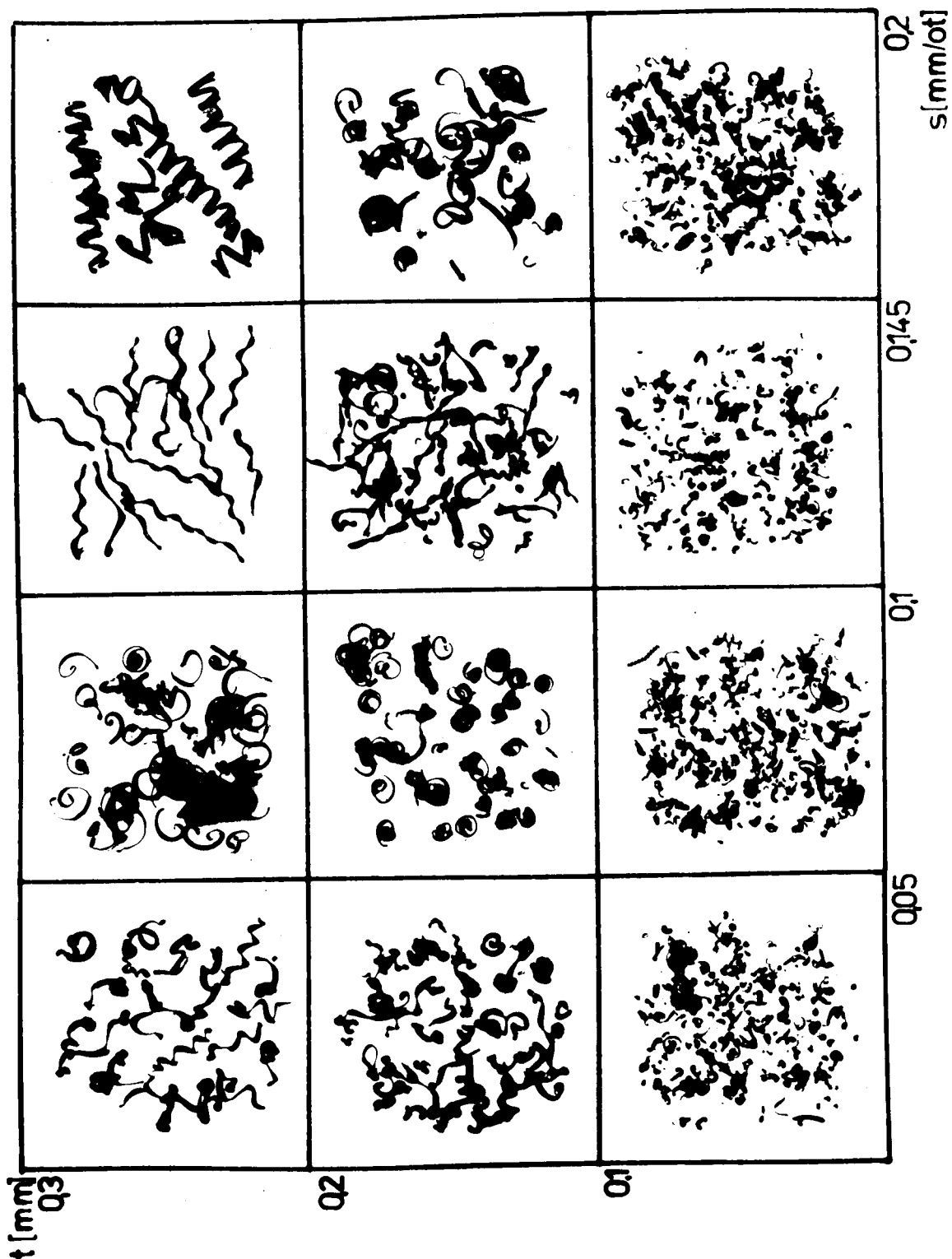
Obr.62. Umístění utvařeče na řezné destičce



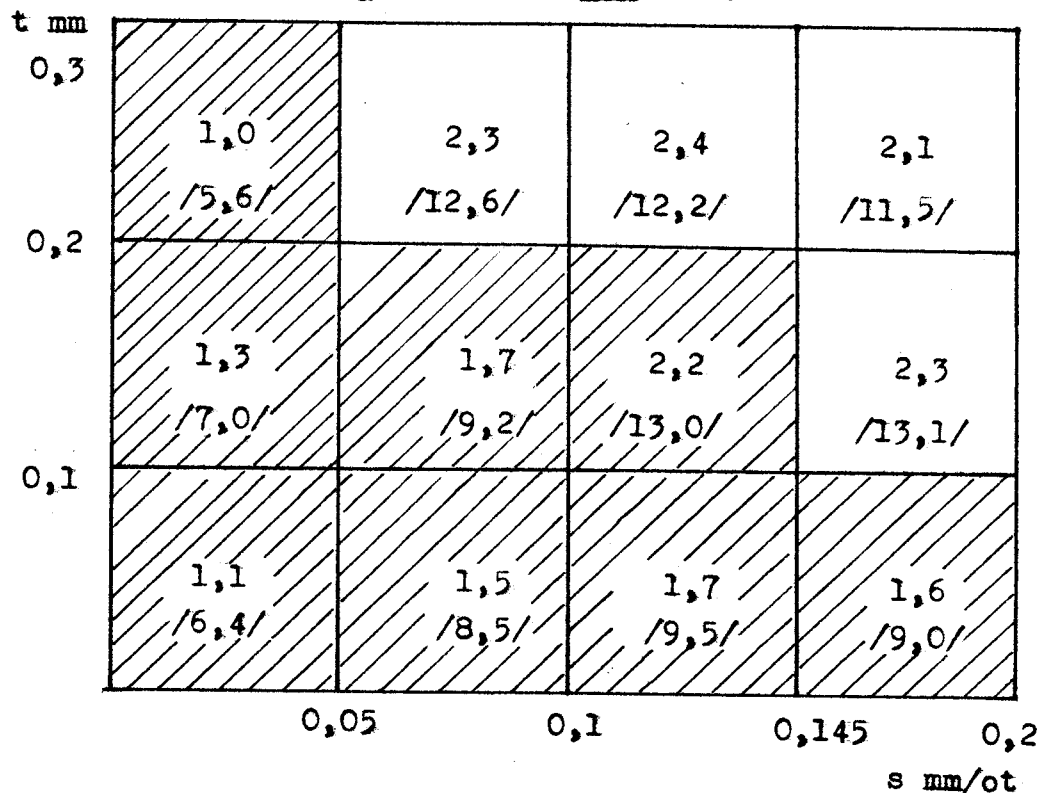
Obr.63. t-s diagram pro utv.č.10 s ukázkou vzniklých třísek



Obr.63. t-s diagram pro utv.č.10 s ukázkou vzniklých třísek



Obr.64. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Konstrukce utvařeče č.10. je zvolena jako schůdek s podélným průběhem drážky podél celé břitové destičky. Utvářenou oblast ukazuje diagram č.64. V průběhu obrábění se při parametrech $t=0,3 \text{ mm}$, $s=0,1 \text{ mm/ot}$ vytvářely značné smotky, které posléze nebezpečně odletovaly. Součinitel spolehlivosti

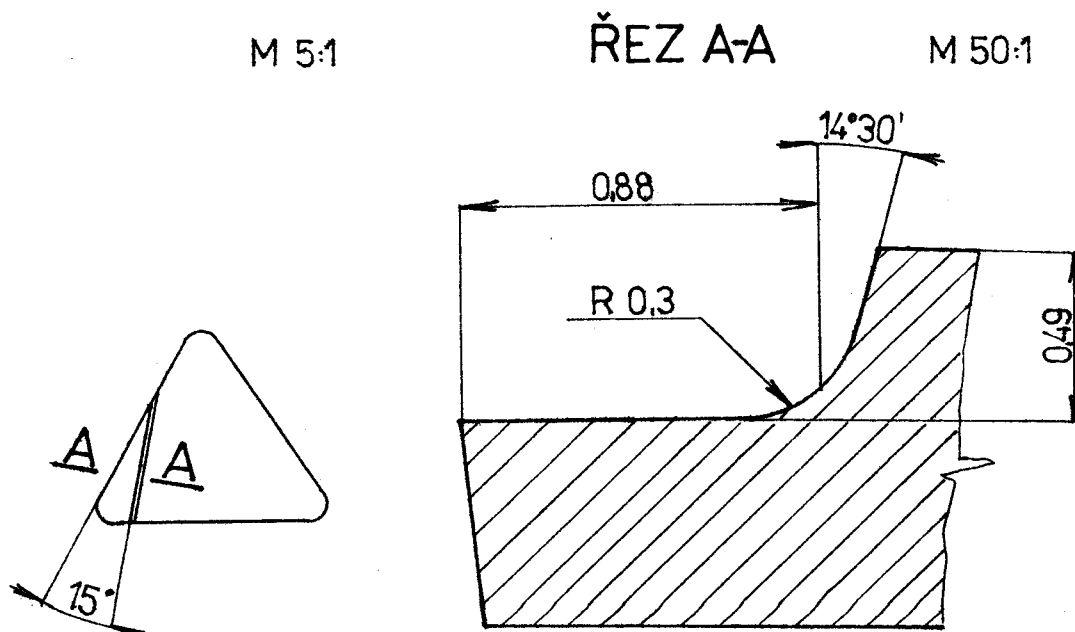
$$A_c = \frac{8}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 1,8 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 9,8 \mu\text{m}$

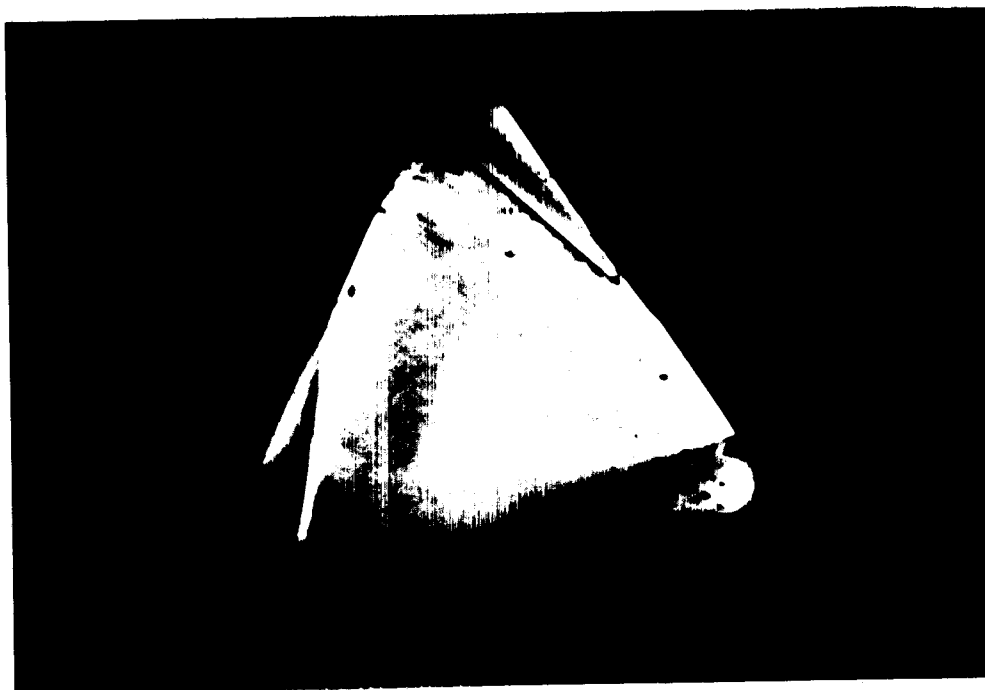
Po celkovém zhodnocení vlastností byl utvařeč č. 10 hodnocen jako vyhovující pouze v užší oblasti obrábění.

UTVAŘEČ č.11.

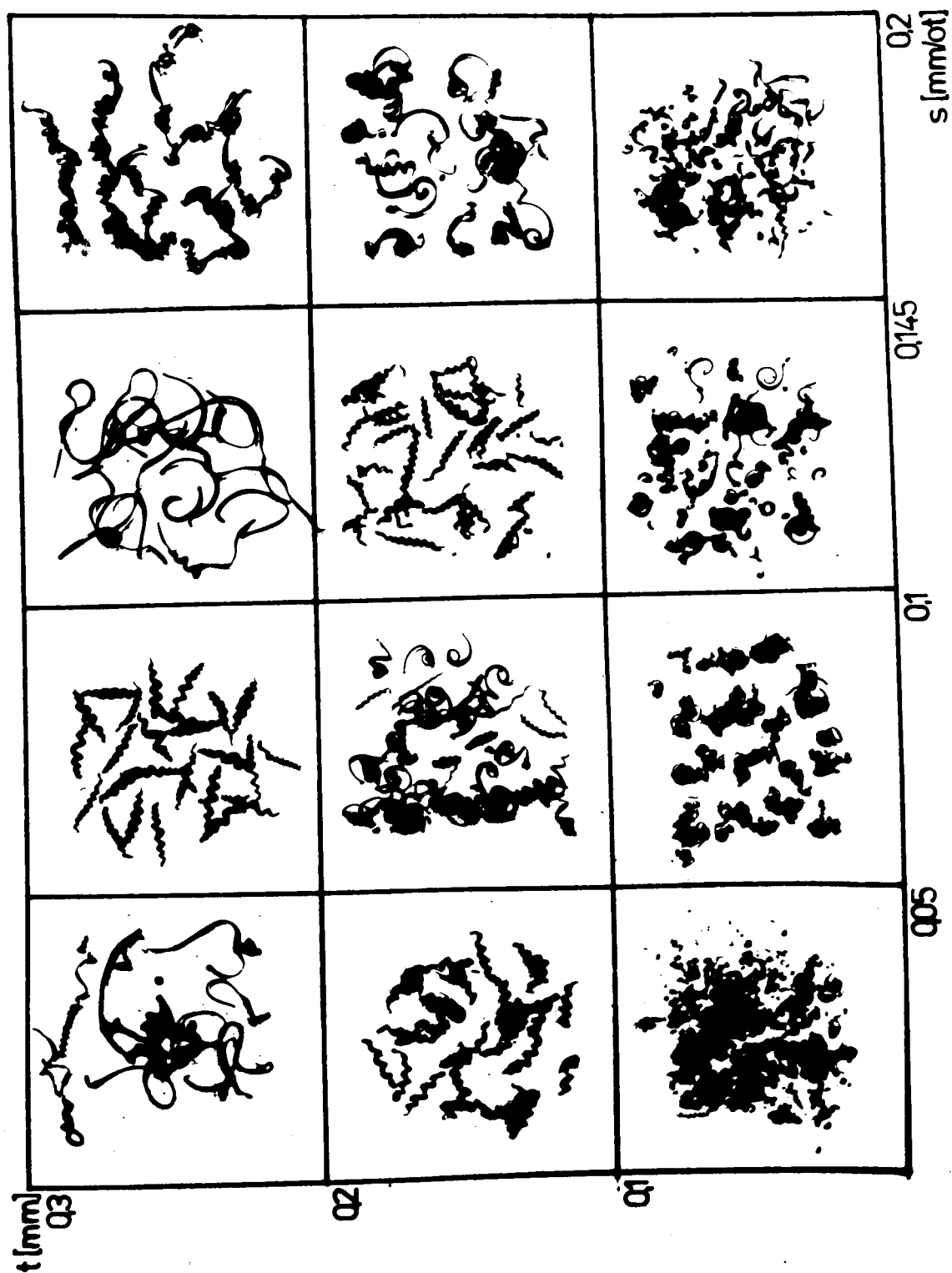
Obr.65. Geometrické rozměry utvařeče



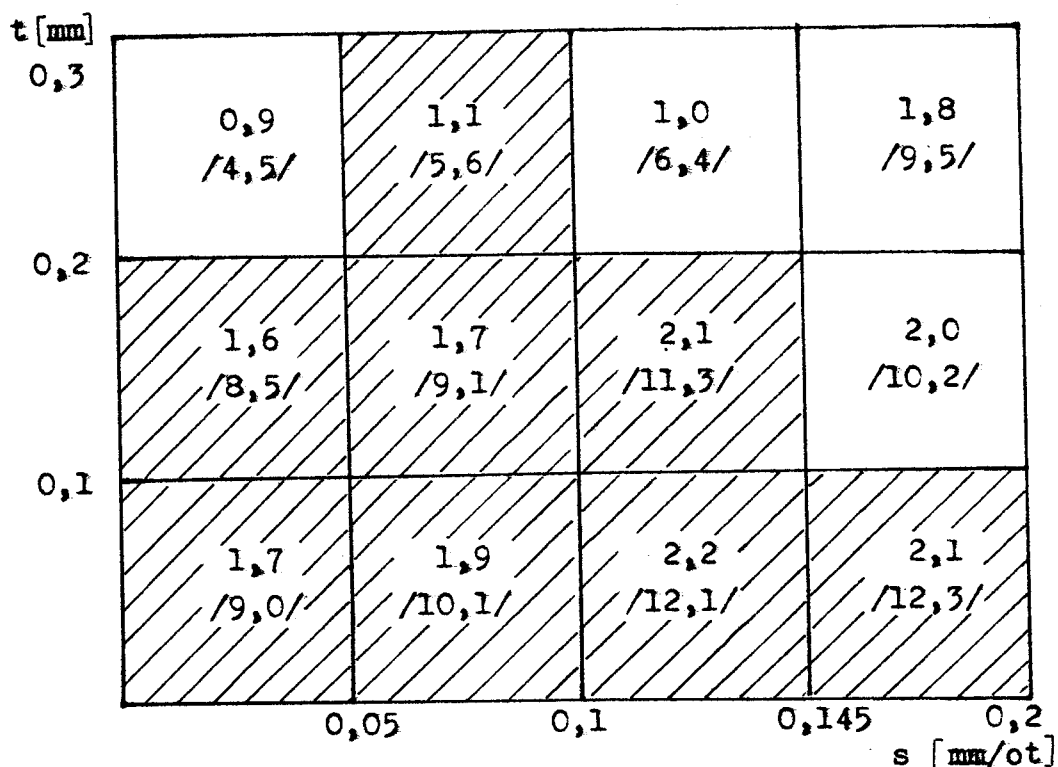
Obr.66. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.67. t-s diagram pro utv.č.11. s ukázkou vzniklých třísek



Obr.68. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Utvařeč č.11. má schůdkovou koncepci s umístěním schůdku pod úhlem 15° . Je zřejmé, že velká hodnota hloubky utvářecího stupně působí nepříznivě. Správnou oblast utváření ukazuje diagram č.68. Součinitel spolehlivosti

$$A_c = \frac{8}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobeného povrchu $R_a = 1,6 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 9,1 \mu\text{m}$

Po zhodnocení všech vlastností byl utvařeč č.11 hodnocen jako nevyhovující.

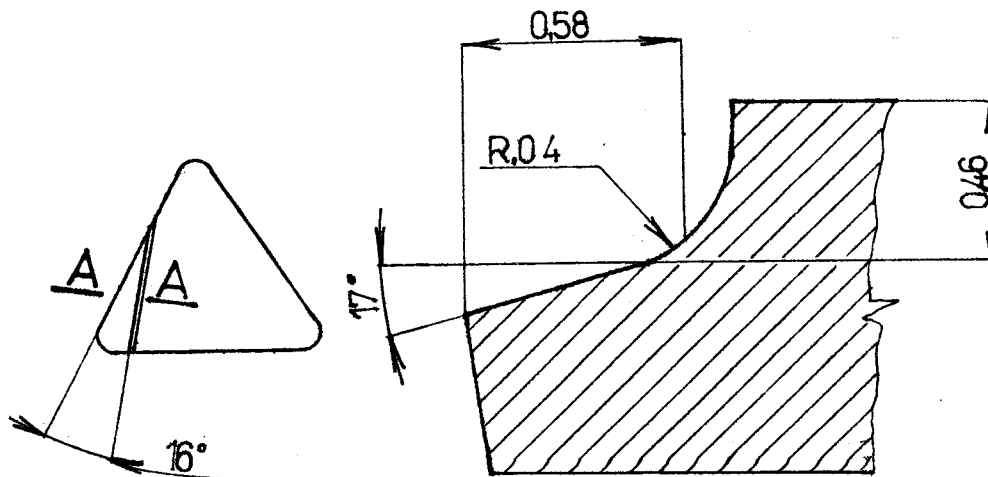
UTVAŘEČ č.12.

Obr. 69. Geometrické rozměry utvařeče

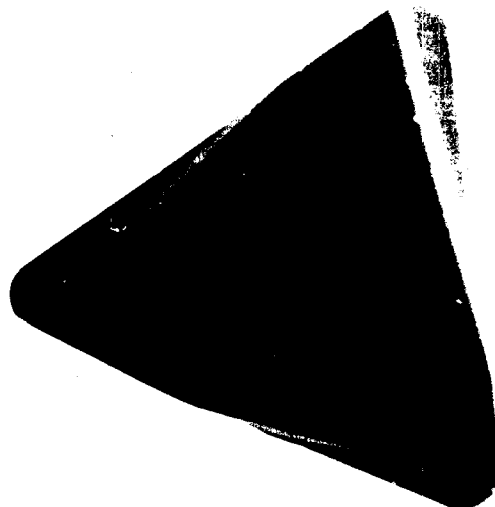
M 5:1

ŘEZ A-A

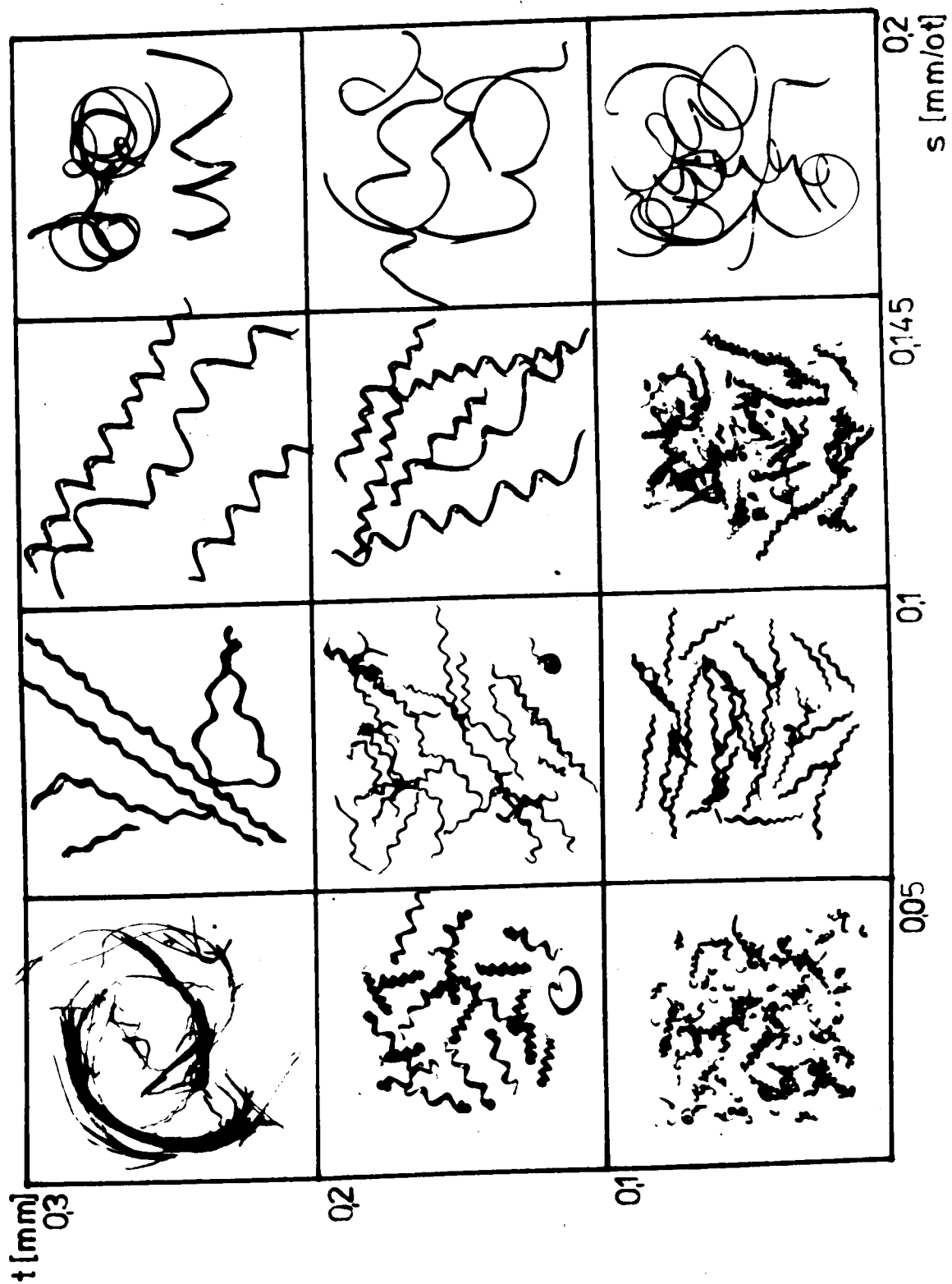
M 50:1



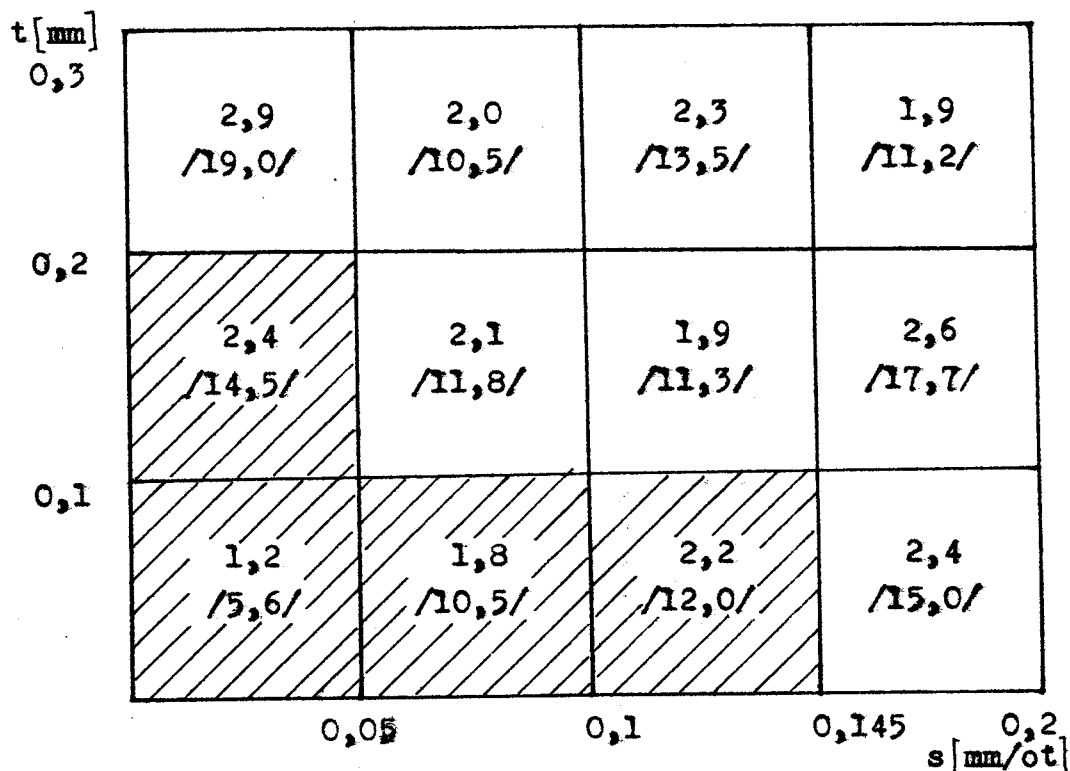
Obr.70. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr. 71. t-s diagram pro utv. č. 12 s ukázkou vzniklých třísek



Obr.72. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Utvařec č.12 byl dodán výrobcem keramických destiček k odzkoušení v dílnách VŠST Liberec. Jde o schůdkový utvařec, který má záporný úhel sklonu schůdku -17° . Podle zkoušek lze konstatovat, že tento záporný úhel má negativní vliv na utváření třísky. Součinitel spolehlivosti

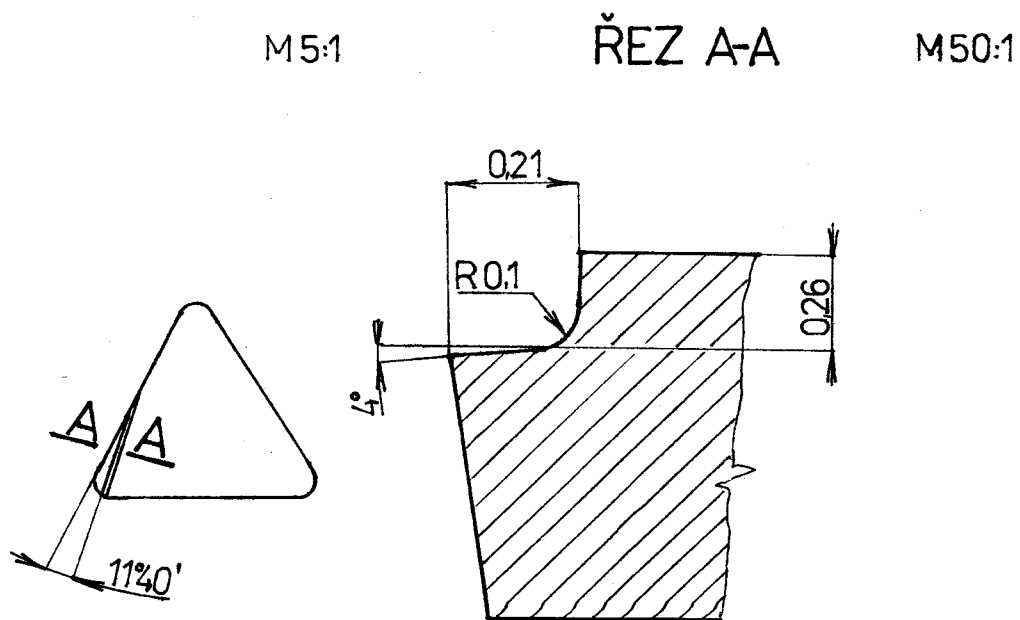
$$A_c = \frac{4}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,1 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 12,7 \mu\text{m}$

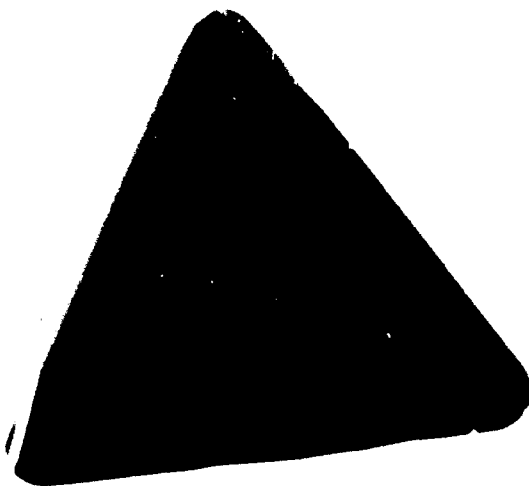
Utvařec č.12 byl hodnocen jako nevyhovující.

UTVAŘEČ č.13.

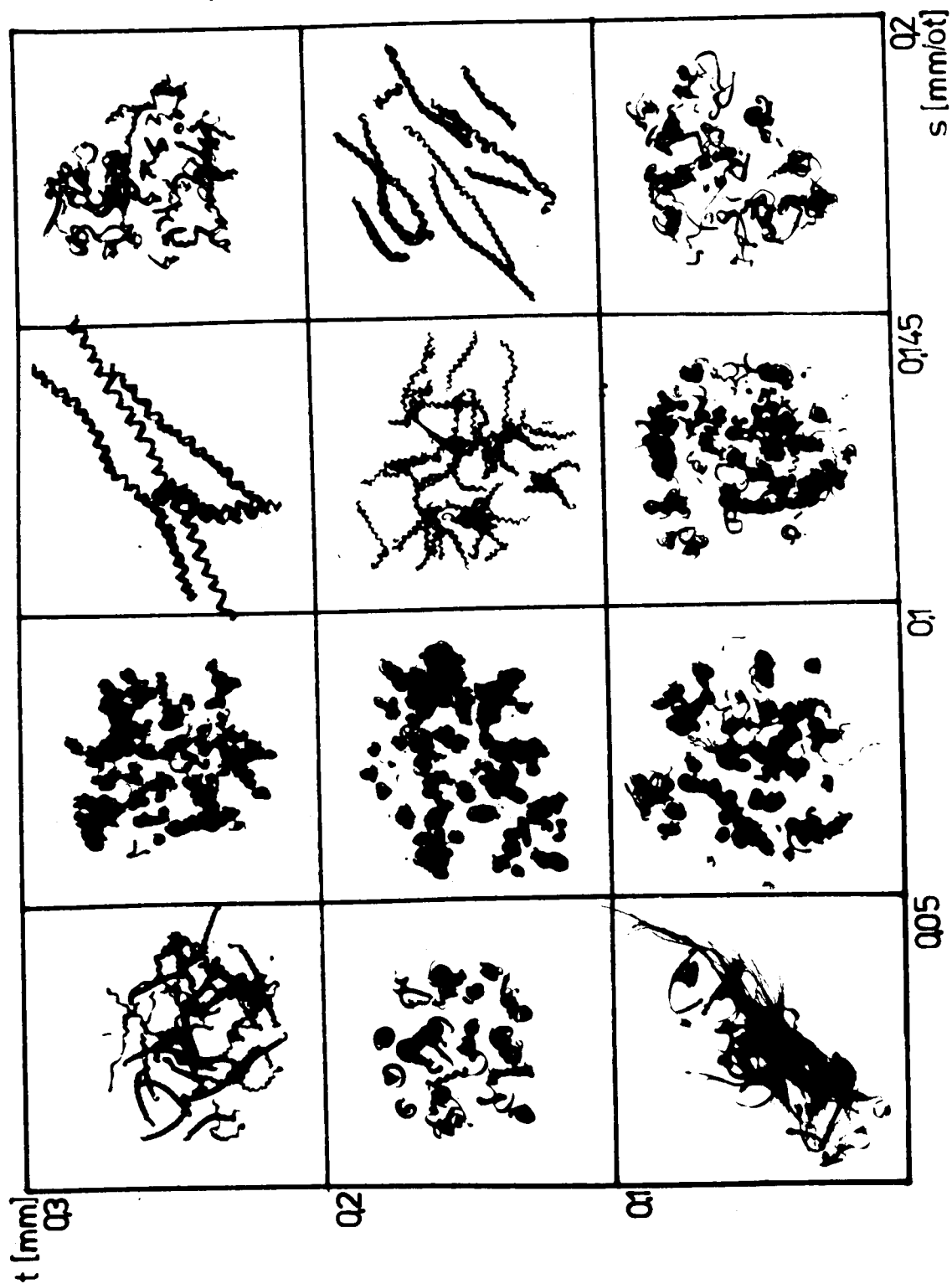
Obr.73. Geometrické rozměry utvařeče



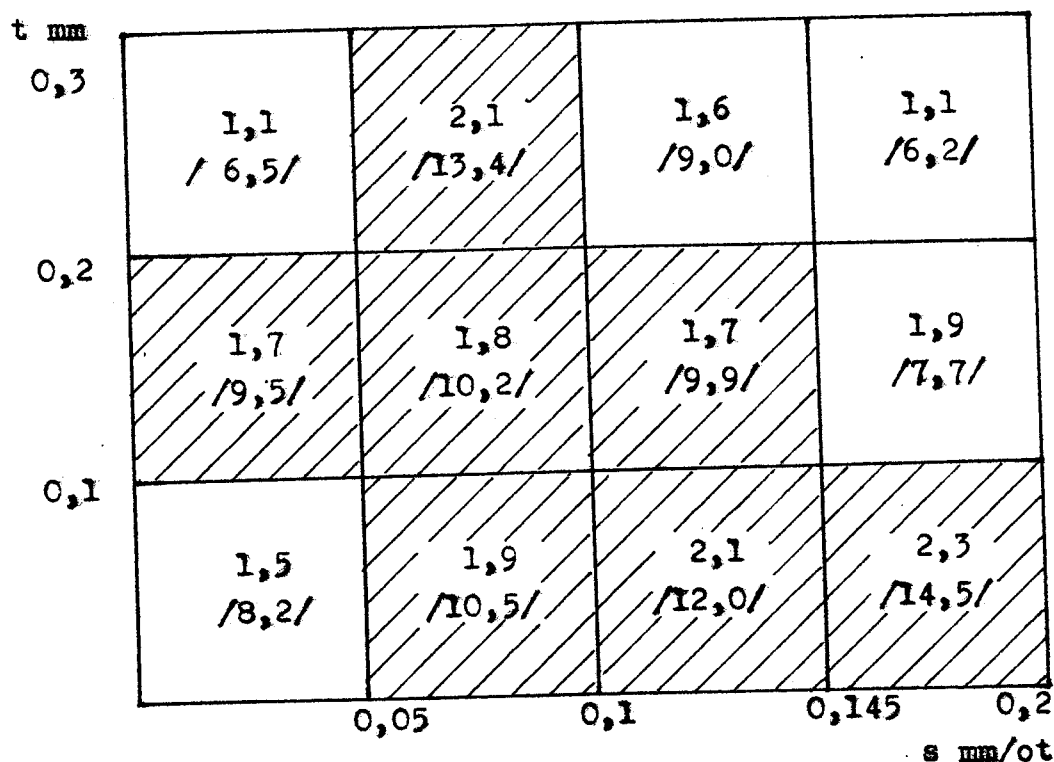
Obr.74. Umístění utvařeče na řezné destičce



Obr.75. t-s diagram pro utv.č.13 s ukázkou vzniklých třísek



Obr.76. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Utvařeč č.13. byl pouze odzkoušen v dílnách VŠST Liberec. Koncepce utvařeče je schůdkovitá. Projevuje se zde záporný úhel sklonu schůdku i když v menší míře než u utvařeče č.12, protože je jeho hodnota malá -4° . Oblast správného utváření ukazuje diagram č.76. Součinitel spolehlivosti

$$A_c = \frac{7}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 1,7 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 9,8 \mu\text{m}$

Po zvážení všech vlastností utvařeče č.13. byl tento hodnocen jako nevyhovující.

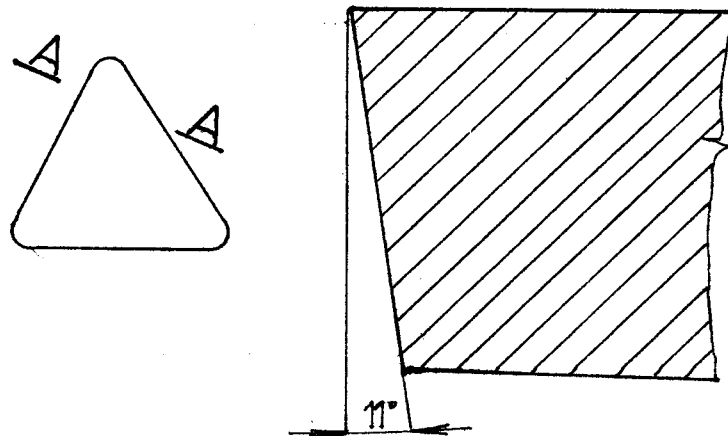
DESTIČKA č.14.

Obr.77. Geometrické rozměry destičky

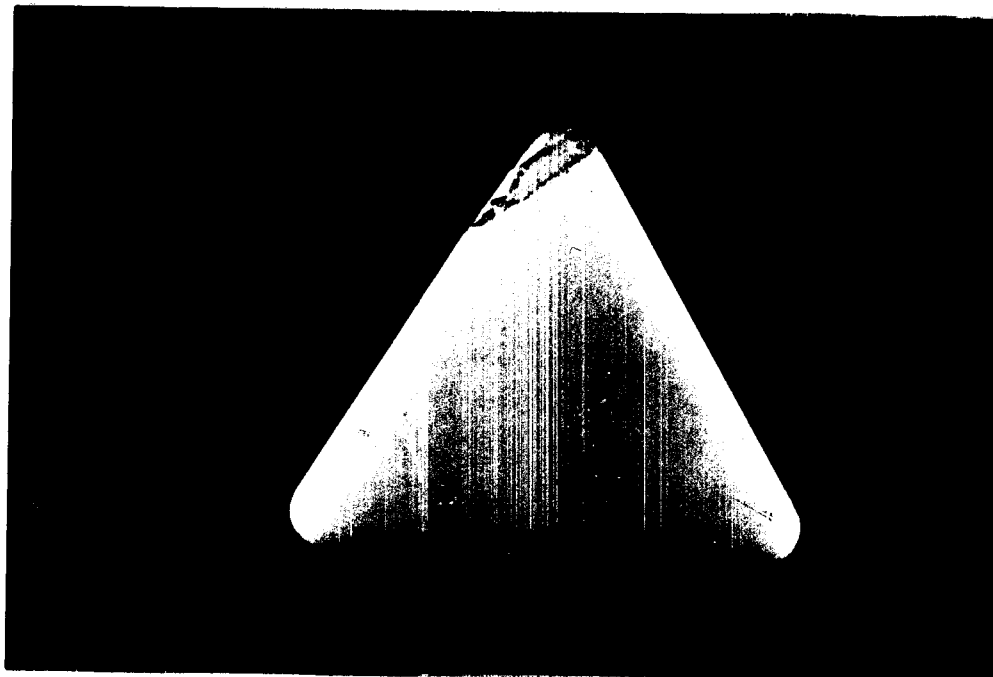
M 5:1

ŘEZ A-A

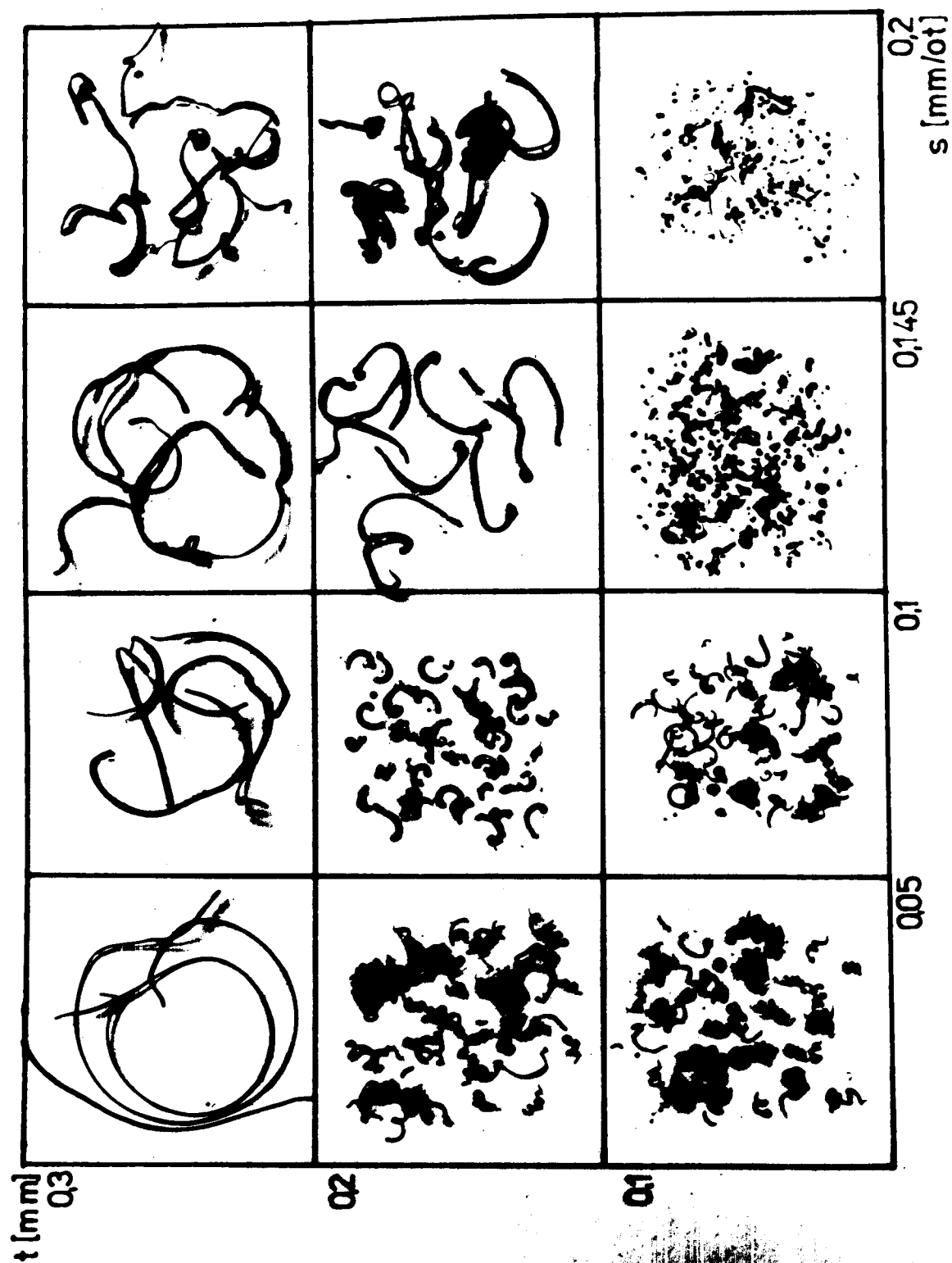
M 50:1



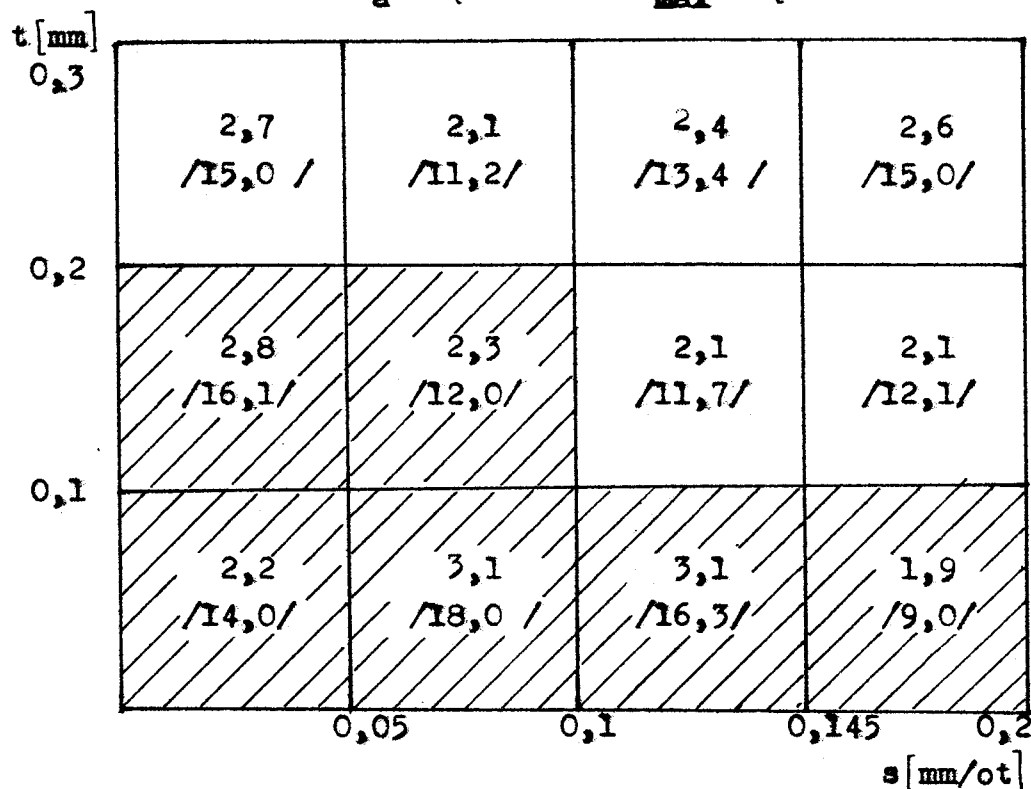
Obr.78. Ukázka řezné destičky



Obr.79. t-s diagram pro řez. destičku č.14 s ukázkou vzniklých třísek



Obr.80. t-s diagram s vyznačenou oblastí utváření a hodnotami drsnosti R_a v μm a $/R_{\text{max}}/$ v μm



Vyhodnocení :

Pro srovnání všech parametrů byla měřena destička bez utvařeče. Na první pohled je zřejmé, že oblast utváření je úzká. Také drsnost obrobeného povrchu vykazuje vysoké hodnoty. Lze konstatovat, že i nejhorší model utvařeče vykazoval jakostnější obrobené plochy než destička bez utvařeče. Součinitel spolehlivosti

$$A_c = \frac{6}{12}$$

Průměrná naměřená drsnost obrobených ploch $R_a = 2,5 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 13,6 \mu\text{m}$

Je zřejmé, že kromě utvařeče č.12, který má nevhodný úhel sklonu schůdku, pracují všechny utvařeče na vyšší úrovni než destička bez utvařeče.

5. Závěr

Úkolem této diplomové práce bylo zkonstruovat vhodné utvařeče třísek na vyměnitelných břitových destičkách z řezné keramiky. Při tvorbě návrhu utvařečů třísek bylo přihlédnuto k možnostem výrobce keramických destiček i k potřebám budoucího uživatele. Bylo zhotoveno 13 různých modifikací řezných destiček, určených pro jemné soustružení a jejich vlastnosti odzkoušeny v dílnách VŠST Liberec při obrábění součástek budoucího uživatele - AZNP Mladá Boleslav. Nejvíce se osvědčil model č.9., který pracuje v celé měřené pracovní oblasti téměř optimálně. Jako vyhovující byl určen utvařeč č.4. Dalších pět utvařečů bylo hodnoceno jako dobře pracující v užší oblasti utváření. Dále bylo zjištěno, že všechny navržené utvařeče zmenšují drsnost obrobené plochy vzhledem k obrábění keramickou destičkou bez utvařeče. Také bylo zjištěno, že u navrhovaných modifikací nemá poloha utvařeče na břitové destičce významější vliv na drsnost obrobeného povrchu.

Výsledky diplomové práce ukazují, že daný úkol /jemné soustružení v měřené pracovní oblasti / byl splněn. Vzhledem k ekonomické výhodnosti použití řezné keramiky by bylo vhodné tuto problematiku dále řešit i za jiných podmínek, zvláště vyšších posuvů a hloubek řezu.

Za cenné rady a pomoc při práci děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Robertu Kvapilovi, CSc a konzultantovi Ing. Vladimíru Šídovi, CSc.

Literatura

- /1/ Kalousek V. : Řezná keramika - progresivní řezný materiál,
In : Nové poznatky z technologie obrábění.
Koncernový výzkumný ústav obráběcích strojů
a obrábění, Praha pobočka ČSVTS 1987
- /2/ Šída V. : Přehled vývoje a výroby čs. řezné keramiky
In : Konferencia technologov obrábania
I. diel, Dom techniky ČSVTS Bratislava
1985
- /3/ Firemní prospekt firmy KRUPP WIDIA, Essen 1, NSR : Widalox-
schneidkeramik wendeschneidplatten und
widax-halter 1986
- /4/ Valčuha Š. : Optimalizacia geometrie rezného klina
nástrojov vrátane utváračov a deličov
triesok. Výzkumná zpráva SVŠT Bratislava 1980
- /5/ Staněk P. : Základní principy utváření třísky a systémy
utváření při soustružení, In : Nové poznatky
z technologie obrábění. Koncernový výzkumný
ústav obráběcích strojů a obrábění, Praha
pobočka ČSVTS 1987
- /6/ Valčuha Š. : Optimalizacia geometrie rezného klina
nástrojov vrátane utváračov a deličov triesok.
Výzkumná zpráva SVŠT Bratislava 1978
- /7/ Valčuha Š. : Výskum tvarovania triesok a návrh tvarovača
triesok. Výzkumná zpráva SVŠT Bratislava 1979
- /8/ Firemní prospekt firmy Feldmühle, Düsseldorf, NSR : SPK
Schneid-keramik-Tage '84 1984
- /9/ Vasilko K., Michel D., Hrubec J. : Brúsenie a ostrenie
rezných nástrojov. ALFA, Bratislava 1984