

DIPLOMOVÁ PRÁCE

1965

Miroslav U r b a n

Vysoká škola: strojní a textilní Liberec Katedra: obrábění a organizace

Fakulta: strojní

Školní rok: 1965/66

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro Miroslava Urbana

obor strojírenská technologie

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

Název tématu: Tvoření třísky v přechodové fázi

Pokyny pro vypracování:

- 1) Význam teorie pro praxi obrábění
- 2) Přehled názorů na tvoření třísky
 - a) ortogonální obrábění
 - b) třídimensiální obrábění
- 3) Experimentální výzkum tvoření třísky v přechodové fázi
 - a) odlišnosti přechodové fáze od ustáleného stavu obrábění
- 4) Detailní prozkoušení nového přerušovače řezu za použití rychlořezného a karbidového nástroje při obrábění oceli.
- 5) Zhotovení kořenů třísek v přechodové fázi přerušených řezů.
- 6) Zhotovení kořenů třísek v přechodové fázi u plynulých řezů.
- 7) Návrh konstrukce přerušovače řezů s elektrickým ovládním úhlové polohy přerušování.
- 8) Zhodnocení provedených experimentů.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC JAROSOVA 8

V 56/65 S

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky ze dne 13. července 1962 a 1963, ze dne 31. 8. 1962 a 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

Rozsah grafických laboratorních prací: fotografie výbrusů a zkušebního zařízení
výkres sestavy přerušovače

Rozsah průvodní zprávy: 50 stran

Seznam odborné literatury:

- Zorev N.M.: Mechanika processa rezanija metallov
Moskva, Mašgiz 1956
- Okushima K.
Hitomi K. Transitional Phenomenon in Metal
Cutting, "Bulletin of JSME" 4, 1961, č. 14
- Gappisch M.:
Schilling W. Spanbildung und Werkzeugverschleiss bei der Bear-
beitung von Stahl mit Hartmetalldrehwerkzeugen I + II
"Industrie - Anzeiger", 1962, č. 89 + č. 98

Vedoucí diplomní práce: Prof. Ing. František Krístek

Konsultanti: Ing. Jan Šálek CSc

Datum zahájení diplomní práce: 30. srpna 1965

Datum odevzdání diplomní práce: 9. října 1965



František Krístek
Prof. Ing. František Krístek
Vedoucí katedry

Miroslav Křínek
Doc. Ing. Miroslav Křínek
Děkan

OBSAH

Úvod	4
Význam teorie pro praxi obrábění	8
Přehled názorů na tvoření třísky	12
- vznik dělené třísky	16
- vznik plynulé třísky	17
Analytické určení oblasti past.def.	18
- deformace v oblasti tvoření třísky	19
- stav napjatosti v oblasti plast.def.	20
- určení konečné hranice oblasti plastických def.ON	21
- určení vnější oblasti plast.def.MN	21
- určení střižného úhlu φ	22
Tvoření třísky v přechodové fázi	23
Stručný popis funkce přerušovače řezu	32
Vlastnosti obráběného zkušebního materiálu	39
Řezné podmínky a geometrie nástroje	43
Příprava metalografického výbrusu	43
Metalografické vzorky kořenů třísek pro přerušný řez	45
Metalografické vzorky kořenů třísek pro plynulý řez	58
Návrh konstrukce přerušovače řezu s el. ovládáním úhlové polohy přerušování	61
- popis funkce návrhu přerušovače	62
Zhodnocení provedení experimentů	63
Závěr	68
Seznam použité literatury	69

Úvod.

S rozvojem současné moderní techniky je nutné hledat nové a nadále zdokonalovat staré výrobní způsoby. Rozvoj moderní techniky a vědy je přímo závislý na možnostech výroby a zpracování materiálů.

Dříve bylo zdokonalení výroby velmi pomalé, pomocí empiricky shromažďovaných zkušeností z generace na generaci. Výroba se v podstatě vyvíjela nezávisle na vědě.

Nyní s rozvojem moderního průmyslu nastupuje vědomá aplikace vědy ve výrobě. Rozvoj národního hospodářství vyžaduje výrobu, která by překonala co nejrychleji svůj empirický základ a opřela se ve větší míře o poznatky vědy a výzkumu. Dosud stroje jen ulehčovaly lidskou práci a nahrazovaly lidskou energii. Dnes však automaty vytlačují dělníka z přímého výrobního procesu a postupně ho nahradí zcela k uvolnění pro tvůrčí činnost, která vyžaduje rozsáhlých vědomostí od každého jedince.

Jedním z rozsáhlých oborů strojírenské výroby je obrábění. Ikdyž z celkového podílu asi 40 % strojírenské výroby neustále klesá, v důsledku růstu ostatních výrobních metod, je ještě mnoho rezerv, které je možno v obráběcích procesech využít.

Obrábění je technologický pochod, kterým vytváříme požadovaný geometrický tvar součástí v předepsaných rozměrech a požadované jakosti obroběných ploch, postupným ubíráním materiálu ve formě třísky.

Proces obrábění, nebo-li řezání je fyzikální jev, který jako každý přírodní jev podléhá určitým zákonitostem. Tyto zákonitosti jsou v procesu řezání značně složité a proto, na jejich průběh má vliv velký počet různých činitelů, působících zde komplexně v různých kombinacích.

Pro každý případ obrábění existuje určitý optimální způsob, určený nejvhodnější použitou výrobní metodou, nejvhodnějším způsobem práce a optimálními hodnotami řezných podmínek. Použití těchto optimálních způsobů obrábění pak zaručuje, že součást bude obrobena co nejhospodárněji a přitom v předepsané jakosti povrchu a přesnosti.

Tyto důležité vlastnosti obrábění zdůrazňují význam nástrojů pro strojírenský průmysl. Výhledové plány předpokládají pronikavé zvýšení produktivity práce a proto významnou úlohu v metodách zajišťujících splnění těchto plánů je efektivní využití obráběcích nástrojů. Spotřebované nástroje strojem během jeho životnosti mnohdy dvakrát až třikrát převyšují pořizovací cenu stroje. Je třeba nejen správně hospodařit s nástroji, ale je třeba využívat výkonné a nové nástroje. Především je třeba ve velké míře využít nástrojů s břitvy ze slinutých karbidů.

Je proto důležité, aby si technolozi pracovníci osvojovali stále hlubší znalosti všech vlastností slinutých karbidů.

V zájmu zvýšení úrovně naší strojírenské technologie je nutno, aby technologové vynikali nejen rozsáhlými praktickými zkušenostmi, ale i hlubšími znalostmi příčin a souvislostí

*Nástroje a sk. pro jin. -
dus. pro in. -
Archie -
Urban*

pramenících z podstaty nástrojového materiálu a řezného pochodu.

Abychom předstihli nejvyspělejší kapitalistické státy v celkové výrobě na hlavu je třeba ještě zvýšit tempo rozvoje vědy a jejího uplatnění v řízení celého národního hospodářství. Produktivita práce má u nás stoupnout do roku 1980 asi 6x. Takovéto zvýšení produktivity předpokládá po roce 1970 přejít ke kvalitativně vyšší technice založené na využití zcela nových vědeckých poznatků. Průběhový rozvoj výrobních sil může dnes zabezpečit jediné věda a její výrobní využití.

Aby věda převládala nejen v naší výrobě, ale v celém našem životě, je nutné, aby se všech jejích výsledků co nejrychleji využívalo v praxi. Aplikovaná věda nemůže být bez základního teoretického výzkumu, i když se laikovi může jevit jako zbytečný nebo neúčinný, protože o něm nelze předem přesně říci zda-li přinese v praxi dostatečný efekt. Musí být správná proporce vědy základní, aplikované, vývoje a úrovně výroby. Jednotlivé složky musí být účinně navzájem propojeny, avšak na druhé straně jejich společenská odpovědnost i jejich formy práce jsou natolik odlišné, že vyžadují, aby byly plánovány odděleně ve správných optimálních proporcích.

Bude-li dostatečně, nebo nadměrně rozvinut výzkum aplikovaný a nedostatečně výzkum základní, bude sice výzkum odpovídat dosti pohotově na denní potřeby výroby a života vůbec, ale bude pracovat s malou produktivností, často více méně povrchně a empiricky, bude se sice moci vykázt výsledky v praxi, ale v odkrývání nových cest a řešení otázek bude odkázán

na napodobení poznatků získaných jinde. Při opačné situaci, při dobře rozvinutém výzkumu základním a nedostatečném výzkumu aplikovaném bude sice základní výzkum odkrývat nové otázky, ale ty budou mít slabou vazbu na domácí problematiku, nebudou přijímány a realizovány a jejich výsledků bude využíváno jinde. Je třeba připomenout, že právě základní výzkum je v dlouhé perspektivě nejproduktivnější částí výzkumu, jeli ovšem zabezpečeno dostatečně účinné využití jeho výsledků. Patří proto k otázce proporcionálního rozvoje vědy jako nezbytná součást správný poměr výzkumu základního i aplikovaného a jejich vzájemná vazba. Veškerá vědecká činnost výzkumných pracovišť slouží potřebám národního hospodářství, jehož další rychlý rozvoj je základním úkolem příštích let.

Význam teorie pro praxi obrábění.

Při třískovém obrábění kovových materiálů jsou nástroje jak z rychlořezné oceli tak ze slinutých karbidů vystaveny velkému namáhání, která vedou k opotřebení nástroje na stykových plochách mezi nástrojem a obrobkem. Toto opotřebení je výsledkem třecích pochodů, které nastávají jak mezi třískou a čelem, tak i mezi obrobenou plochou a hřbetem nástroje. Tření mezi třískou a nástrojem je závislé na podmínkách tvoření třísky.

Pro praxi obrábění je tedy velmi nutné, aby byl zvládnut teoreticky celý pochod tvorby třísky a veškeré jevy, které pozitivně neb negativně se podílejí na správné tvorbě třísky. Dle způsobu tvorby a odchodu třísky z řezu se pak může volit správná geometrie nástroje pro ten druh obrábění, správné rezné podmínky, druh nástroje, chlazení atd. Správné teoretické zpracování obrábění má hlavně ekonomický význam, neboť v současné době náklady na obráběcí nástroje jsou značně vysoké a budou-li přesně stanoveny druhy nástrojů pro ten který druh obrábění a materiál na základě optimálních podmínek trvanlivosti, geometrie nástroje a rezných podmínek, bude každý z nástrojů hospodárně využit.

Podle současného stavu výzkumu obrábění o opotřebení, rozumí se pod souborným pojmem obrobku a nástroje, jsou různé příčiny, které opotřebení zavinují a působí jednotlivě nebo komplexně a to :

2

*pro zhuštění
obrobku v
podmínkách*

Zpráva

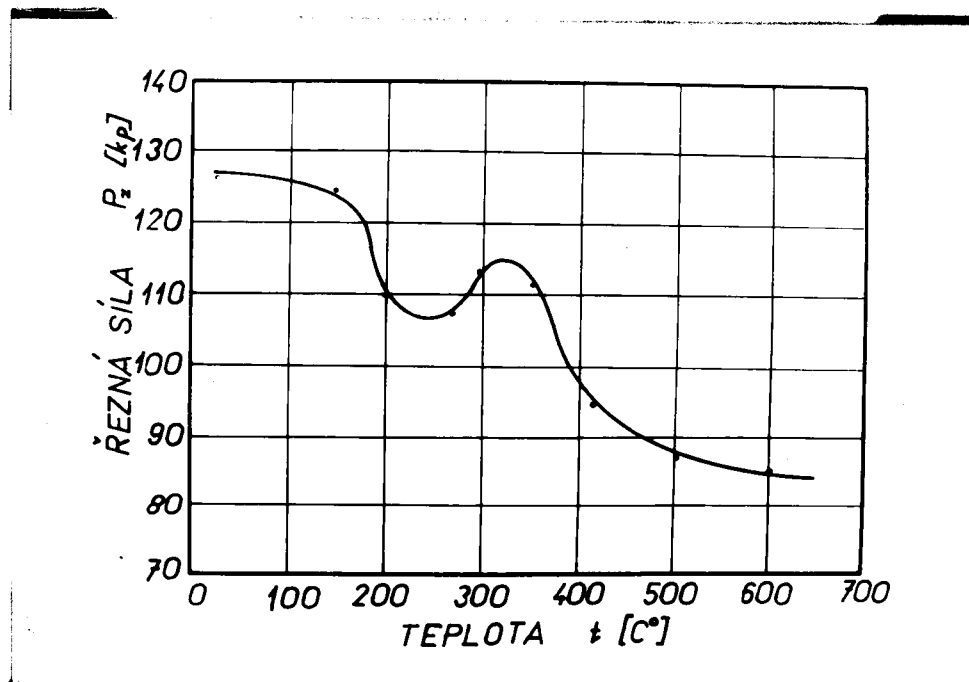
- mechanický otěr
- změknutí nástrojového materiálu vlivem vysokých teplot
- adheze
- svařování nástroje a obrobku
- difuze mezi nástrojem a obrobkem
- reakce obrobku s okolním prostředím

nástroje

Podle zvolených rezných podmínek se uplatní vždy některé z těchto příčin opotřebení a ovlivní tak životnost nástroje. To, že možných příčin opotřebení je mnoho a různé působí ve svém účinku je těžké vyjádřit vliv opotřebení mezi nástrojem a obrobkem nějakým zákonem neb vztahem. Z jednotlivých zkoušek opotřebení nelze proto vyvozovat obecně platný závěr.

Úkolem výzkumu obrábění a opotřebení je nutné napřed určit jednotlivé jevy a vyznačit je. Po vymezení reakcí, které mají vliv na procesy při obrábění je třeba je zhodnotit dle jejich účinnosti t.j. dle jejich kvalitativního vlivu. Teprve potom, když známe tyto všechny souvislosti dá se vyvodit obecný závěr o vlivu vlastností nástroje a obrobku. Na příklad byl zkoumán vliv zvýšených teplot na tvoření dělené třísky pomocí umělého ohřevu místa řezu. Přibývající teplota z počátku na tvorbu třísky nemá vliv, jen trochu zvyšuje počet elementů třísky na délku řezu t.j. dráhu nástroje. Teprve nad určitou hranicí, teploty rázem mizí dělená tříska a vzniká tříska plynulá. Tento zvrát nastal při 550°C při úhlu čela 10°. Změnou úhlu čela na -10° se přesunula hranice zvrátu výše, na příklad

v tomto případě se objevila plynulá tříška až při 715°C.



obr. č. 1

Závislost řezné síly na teplotě

Také řezná síla, která je nutná k výrobě třísky se při ohřevu řezu mění dle obrázku č. 1. Řezná síla zvýšením teploty se napřed snižuje. Při 230°C dosahuje skoro hodnoty při normální teplotě. Teprve nad teplotu 330°C řezná síla značně klesá na velmi malé hodnoty oproti obrábění za normálních teplot. Opětný vzrůst řezné síly se dá vysvětlit zvýšením pevnosti oceli v tomto teplotním intervalu je t.zv. modrá křehkost, způsobená submikroskopickými vyloučeninami.

Tohoto poklesu řezných sil při obrábění za

borki

330°C

vyšších teplot se s úspěchem využívá při obrábění ingotů po odlití a stuhnutí při odřezávání hlavy a dále také při obrábění výkovků po kování, když ještě nejsou vychladlé.

Dále byl sledován vliv rezných kapalin na tvoření dělené třísky. Pokusy se mělo vyjasnit, jak lze ovlivnit tvoření třísky mazáním třecích ploch mezi třískou a nástrojem. Během odchodu třísky byly na místo tvoření třísky za stejných podmínek přiváděny různé mazací kapaliny. Zkoušky byly prováděny se šesti druhy maziv :

- strojním olejem
- reznou emulsi / poměr vody : emulsi
1 : 20 /
- mazným olejem / 10°E při 50°C /
- olejem / 12°E při 50°C /
- olejem / 4,8°E při 50°C /
- tetrachlorem

Přidáváním mazadel lze tvoření třísky značně ovlivnit. Největší změny v tvorbě třísky vyvolal u prováděných pokusů tetrachlor, zvláště při malých tloušťkách třísky přešla po přidání tetrachloru drobená tříska v plynulou.

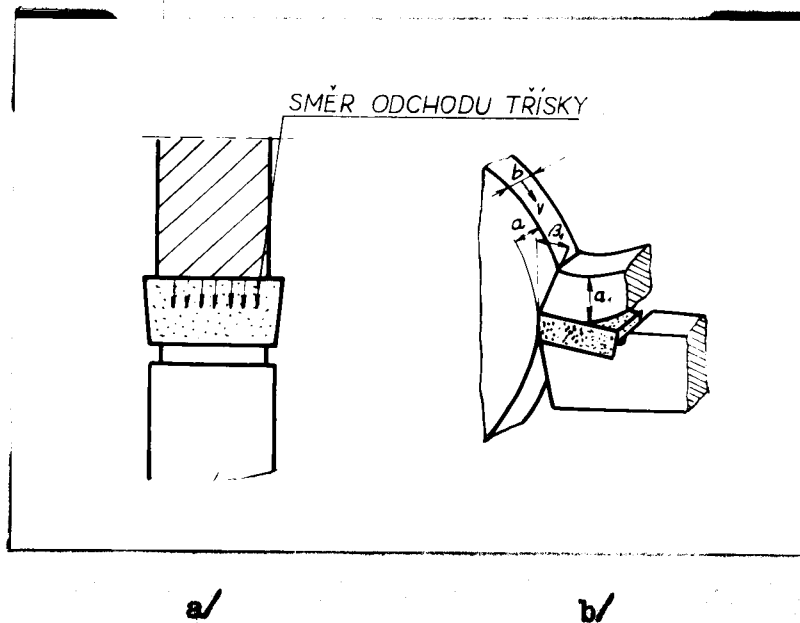
Při větších tloušťkách třísky nebyl tento přechod znatelný, vznikaly sice po přidání mazadel delší souvislé třísky, ale v řezu bylo jasně vidět, že jde stále o třísky dělené. Byla to tedy taková přechodná forma mezi dělenou a plynulou třískou.

Vliv ostatních maziv byl méně výrazný než u použitého tetrachloru. S přibývajícím viskozitou olejů klesal sklon k tvoření plynulé třísky. Vznikala opět taková přechodová forma třísky

a nebo třísky dělená. Řezná síla se všeobecně při přidávání všech maziv snížila a to tím víc, čím větší byl sklon k tvoření plynulé třísky. /3/

Přehled názorů na tvoření třísky

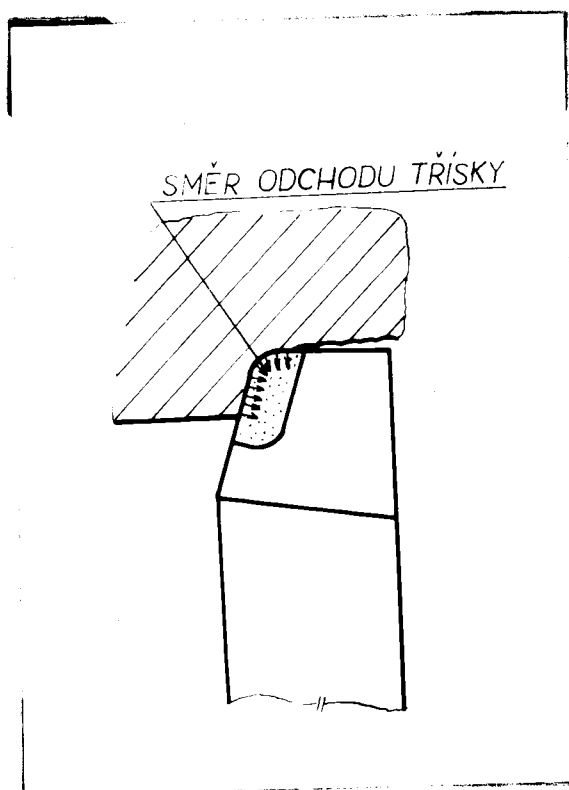
Vlastní pochod tvoření třísky je při běžném způsobu obrábění velmi komplikován uvažujeme-li všechny faktory vstupující do tohoto pochodu. Rozbor procesu tvoření třísky budeme sledovat při nejjednodušším druhu obrábění t.zv. volném řezu - ortogonální obrábění.



obr. č. 2
Ortogonalní obrábění

Zde u tohoto druhu obrábění směr odchodu třísky po čele nástroje je ve všech bodech stejný a je kolmý na ostří. Tento případ obrábění nastává třeba při soustružení nákrůžku dle obr.

č. 2a/b/, nebo se s ním setkáme při soustružení trubky z čela, dále u hoblování plochým nožem. Tyto druhy obrábění se v praxi vyskytují velmi zřídka, ale pro svou jednoduchost ho používáme k odvozování základních zákonitostí pro všechny případy rezného procesu.



obr. č. 3

Tridimensionální obrábění

Naproti tomuto jednoduchému případu obrábění je v ostatních případech směr odchodu třísky v jednotlivých bodech ostří různý - tridimensionální obrábění, dle obr.č.3. Toto je na příklad při podélném soustružení s úhlem nastavení α , a rádiusem zaoblení je směr odchodu třísky v jednotlivých bodech různý. Obvodová rychlost každého bodu třísky na ostří je

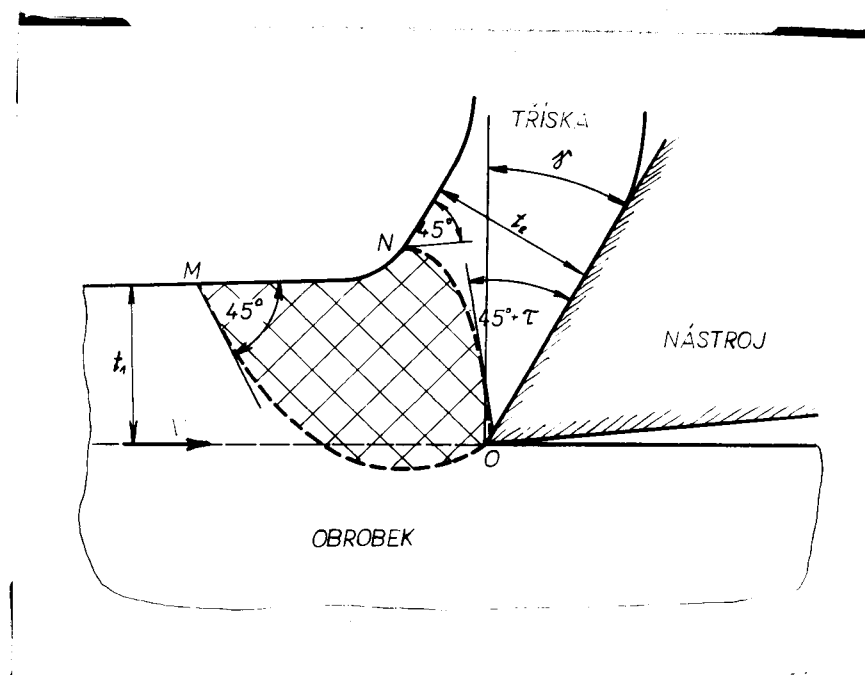
různá a proto zde nastává doplňková plastic-
ká deformace, zároveň ani směr odchodu třísky
není kolmý na ostří nástroje.

Přeměna odřezávané vrstvy materiálu v třísku
probíhá cestou řady plastických deformací, kte-
ré jsou základním určujícím pochodem procesu
obrábění. Na velikosti a směru všech plastic-
kých deformací závisí i průběh ostatních jevů
souvisejících s tvorbou třísky, vznik tepla,
tření mezi funkčními plochami nástroje, obrob-
ku a třísky.

Účelem výzkumu mechanismu procesu obrábění je
hlavně určení charakteru všech jevů působících
na břit nástroje, zákonitosti jejich změna
tedy obecněji i určení charakteru namáhání ná-
stroje účinkem řezného pochodu. Průběh procesu
řezání má přímý vliv na namáhání nástroje, na
velikost řezných sil, a tím i napětí na funk-
čních plochách břitu na jejich teplotu a inten-
situ opotřebení, která je vlastně odrazem pro-
cesu tvorby třísky. Charakter namáhání nástro-
je tedy plně závisí na mechanice sil působí-
cích na břitu. Stejný význam má sledování me-
chanismu procesu obrábění i pro určení řez-
ných sil a výkonu potřebného k obrábění a tím
i pro hodnocení řezného procesu z hlediska
energetických nákladů.

V současné době existuje řada teorií o tvoře-
ní třísky. N.N. Zorey /1/ popisuje proces tvo-
ření třísky jako postupnou plastickou defor-
maci odřezávané vrstvy. Břit nástroje vytvoří
v obrobku určité pole napětí, v němž se odře-
závaná vrstva plasticky přetváří v třísku. Ob-
last tvorby třísky je znázorněna na obr. 4.
Vzniklé pole napětí je ohraničeno křivkami MO

a NO. Ve směru těchto obrysových čar napětového pole probíhá největší část plastických deformací, kolmo na tyto smykové čáry probíháji druhotné deformace, hlavně v okolí bodu O, vlivem tření třísky o čelo nástroje. Tyto soustavy čar nejsou v obrázku vyznačeny.



obr. 8.4

Oblast tvorby třísky MNO.

Vskutečnosti je oblast tvoření třísky velmi malá jak je vidět z mikrofotografie kořenu třísky na obr. 8. 22a zvětšeno 50x. Na obrázku je také naznačen úhel φ , smykové roviny, dále je rovněž patrna textura třísky, která odpovídá, směru maximálního protažení deformovaných zrn materiálu. Směr protažení zrn materiálu svírá se směrem rezné rychlosti úhel φ_1 . /4/

Tříska se tvoří v určité oblasti, která se pohybuje současně s břitem nástroje stejnou rychlostí. Zjednodušeně lze proces tvoření třísky vysvětlit takto: Částičky materiálu se pohybují řeznou rychlostí v až do okamžiku, kdy dosáhne hranice oblasti tvoření třísky na křivce MO, kde nastane první deformace. Zde dosáhne napětí ve smykové rovině hodnoty meze kluzu nepevněného obráběného materiálu. Při dalším posuvu se smyková deformace postupně zvyšuje. Tím se současně stále zpevňuje odřezávaný materiál a proto napětí τ v jednotlivých smykových rovinách vzrůstá. Po dosažení a překročení hranice oblasti NO přeměna odřezávané vrstvy skončí. Vlivem pýchování se zde změnila tloušťka odřezávané vrstvy z t_1 na t_2 . Vnější hranice oblasti tvoření třísky MN vytváří plynulý přechod od obrobenej plochy k povrchu třísky.

Vznik dělené třísky

Dělená tříska vzniká oproti plynulé brzděným odchodem materiálu třísky po čele nástroje a to především při malých řezných rychlostech. Hranice řezných rychlostí při nichž vzniká dělená tříska se pohybuje také v závislosti na geometrii nástroje, na posuvu, na hloubce řezu a také na chlazení.

Piispanen /3/ dochází k závěru, že oddělování jednotlivých částí třísky od nástroje nastává lomem, poruchou pošlé střižné oblasti. S přibývajícím délkou řezu přibývá také tření na povrchu třísky, čímž se střižný úhel φ t.j. úhel mezi směrem řezné rychlosti a střižnou

oblastí ~~se~~ zmenšuje, přitom však rostou střižná napětí, až konečně překročí mez kluzu obráběného materiálu a způsobí lom.

Také Field a Merchant /3/ pozorovali při svých pokusech na bronzi oddělování elementů třísky lomem ve střižné oblasti. Odvodili zákonité vztahy mezi střižným úhlem, napjatostí ve střižné rovině a vznikem střižného lomu. Zvláště byl uvažován vliv tlakových napětí ve střižné oblasti na $\sigma_{\text{střiž}}$, protože snižováním těchto normálních napětí nemůže dojít k tváření potřebnému pro vznik plynulé třísky, tím nastává předčasný lom ve střižné oblasti. Cook, Finne a Shaw /3/ zastávají názor, že se materiál nepřetváří v třísku před nástrojem, nýbrž se jaksi z obrobku vytlačuje podle určité roviny, přitom rostou střižná napětí natolik, že dojde k usmejknutí.

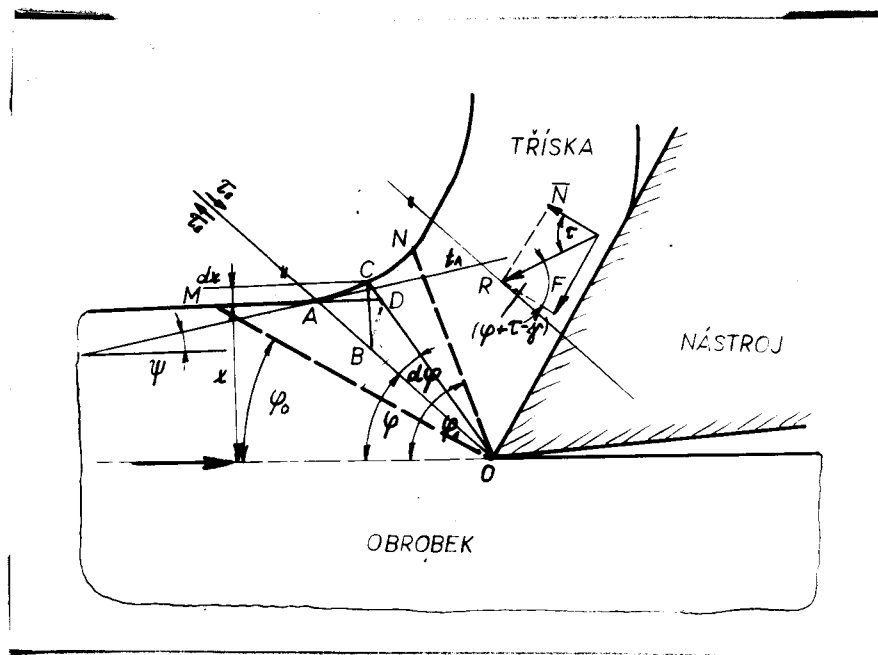
Vznik plynulé třísky

Při ~~třískovém~~ obrábění oceli nejčastěji vzniká tříska plynulá, která běží po čele nástroje. Její drobení není již způsobeno pochody při samotném vzniku jako u třísky dělené, nýbrž jiným vnějším působením na třísku, na příklad lamačem, přerušením řezu atd. Je třeba při tvorbě třísky rozlišovat zda se tříska tvoří s nárustkem nebo bez něho. Oddělování třísky se neděje předbíhající trhlinou, ale materiál se u břitu deformuje a odtáká okolo čela a hřbetu nástroje ve tvaru třísky, tříska je v celém svém průřezu rovnoměrně plasticky deformována.

Analytické určení oblasti plastických deformací

Abychom mohli uskutečnit toto řešení musíme provést určité zjednodušující předpoklady a to:

- předpokládáme, že obráběný materiál je isotropní
- netvoří se nárustek
- obráběný materiál vykazuje plastické deformace
- vliv teploty a deformační rychlosti zanedbáváme
- materiál se zpevňuje
- tříska se bude vytvářet pouze čelem nástroje
- oblast plastických deformací není ohraničena křivkami MO a NO, nýbrž přímkami dle obr.č.5



obr. č. 5

1. Deformace v oblasti tvoření třísky

Neuvádím zde odvození všech vztahů, nýbrž jen konečné tvary rovnic.

MO ... počátek oblasti plastických deformací

NO ... konec oblasti plastických deformací

MN ... vnější hranice oblasti plast. def.

Souřadnice bodů :

$$A / x; \varphi /$$

$$C / x+dx; \varphi + d\varphi /$$

$$\psi / t_A; \nu /$$

ε ... je relativní posunutí

V klidu, bez působení nástroje by přešel bod A do bodu B, ale působením nástroje přejde do bodu C. Došlo zde tedy k posunutí :

$$\varepsilon = \frac{CD}{DB} \quad 1$$

$$DB = OD \cdot \sin d\varphi \quad 2$$

$$CD = \frac{dx}{\sin(\varphi + d\varphi)} \quad 3$$

$$OD = \frac{x}{\sin(\varphi + d\varphi)} \quad 4$$

$$DB = \frac{x \cdot \sin d\varphi}{\sin(\varphi + d\varphi)} \quad 5$$

z rovnic 2;3;4;5; za použití Taylorova rozvoje plyne :

$$\varepsilon = \frac{dx}{x \cdot d\varphi} \quad 6$$

$$\varepsilon = \cotg \varphi - \cotg (\varphi + \psi)$$

7

a/ rovnice deformace na konci oblasti plast.def.

$$\psi_1 = \delta = \frac{\pi}{2} - \gamma$$

$$\varepsilon_1 = \cotg \varphi_1 - \tg (\varphi_1 - \gamma)$$

8

b/ rovnice deformace na začátku obl. plast.def.

$$\psi_0 = \theta$$

$$\varepsilon_0 = \cotg \varphi_0 - \cotg (\varphi_0 + \theta)$$

$$\varepsilon_0 = \theta$$

9

2. Stav napjatosti v oblasti plast. def.

Předpokládáme, že smyková napětí podél kluzné čáry jsou konstantní a platí zde podmínky rovnováhy.

b ... šířka třísky

$$\omega = (\tau - \gamma)$$

$$\tau_s = R \frac{\cos(\varphi + \omega) \cdot \sin \varphi}{x \cdot b}$$

10

a/ smykové napětí na konci oblasti plast.def.

$$\tau_{s1} = R \frac{\cos(\varphi_1 + \omega) \cdot \sin \varphi_1}{x_1 \cdot b}$$

Zde je napětí největší, protože tříška je již zpevněna.

b/ Smykové napětí na začátku obl. plast. def.

$$\tau_{s0} = 0 ; \quad \varepsilon_0 = 0$$

Rovnice /11/ dává asi o 20% vyšší hodnoty než ve skutečnosti v souladu s praxí, musíme tedy zavést korekci a to úhlu φ , zavedeme místo φ úhly φ^* kde

$$\varphi^* = \varphi - e\varphi_1$$

pak korekce pro konec hranice plast. def.

$$\varphi_1^* = \varphi_1 (1 - e)$$

$$(1 - e) = k = (0,8 \div 0,9)$$

$$\varphi^* = k \cdot \varphi_1$$

$$\tau_{s1} = R \frac{\cos(k\varphi_1 + \omega) \cdot \sin k\varphi_1}{l_1 b}$$

12

3. Určení konečné hranice oblasti plast. def. ON

$$\tau_{s1} = \tau_s$$

$\tau_{s1} \dots$ mez průtažnosti ve smyku zpevněného materiálu třísky

Provedeme derivaci $\frac{d\tau_s}{d\varphi^*} = 0$ z toho vztahu dostaneme:

$$\frac{dx}{x d\varphi^*} = \cotg \varphi^* - \tg(\varphi^* + \omega)$$

to je vlastně /6/ = /7/

pro konečnou hranici platí:

$$\varepsilon_1 = \cotg k\varphi_1 - \tg(k\varphi_1 - \omega)$$

13

porovnáním rovnic /8/ a /13/ dostaneme již vztah:

$$\varphi_1 = \frac{1}{2} \arccos \left[\frac{2l_1}{x} \sin \tau - \sin(\varphi - \tau) \right] + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\tau}{2}$$

4. Určení vnější hranice oblasti plast. def. MN

Pro určení této hranice bereme v úvahu rovnice

/6/ a /12/.

$$\tau_s = A \cdot \varepsilon^m \quad 14$$

A ... konstanta, která charakterizuje tečení
materiálu ve smyku

m ... konstanta charakterizující schopnost
materiálu ke zpevnění

Rovnice /6/ a /12/ dosadíme do /14/ a dostane-
me vztah:

$$R \frac{\cos(\varphi^* + \omega) \cdot \sin \varphi^*}{x \cdot b} = A \cdot \left(\frac{dx}{x \cdot d\varphi} \right)^m$$

Integrací tohoto vztahu a dosazením mezních
podmínek dostaneme:

$$x_s = \frac{t_0}{\left\{ 1 - m \frac{\cot \theta - \operatorname{tg}(\varphi_1 - \theta)}{\cos(k\varphi_1 + \omega) \sin k\varphi_1} \right\}^m \cdot \int_{\varphi_0}^{\varphi^*} [\cos(\varphi^* + \omega) \sin \varphi^*]^m d\varphi}^{1/m}$$

5. Určení střižného úhlu φ

$$F_s = F_3 \frac{\cos(\tau - \mu)}{\cos(\tau + \varphi - \mu)} \quad 15$$

$$F_s = \frac{A_0}{\sin \varphi} \cdot G_s \quad 16$$

$$G_s = \frac{G_0}{1 - k \operatorname{tg}(\varphi + \tau - \mu)} \quad 17$$

Dosazením rovnic /16/ a /17/ do /15/ dostane-
me vztah pro F_0 a provedením derivace $\frac{dF_0}{d\varphi} = 0$
dostaneme:

$$2\varphi + \tau - \mu = C$$

$$C = \operatorname{arccotg} K$$

Položíme-li $K = \operatorname{tg} \tau$, pak dostaneme konečný

vztah pro střížný úhel:

$$\varphi = 45^\circ + \frac{\tau_1}{\sigma} - \frac{\tau_2}{\sigma} \cdot \frac{\tau_2}{\sigma}$$

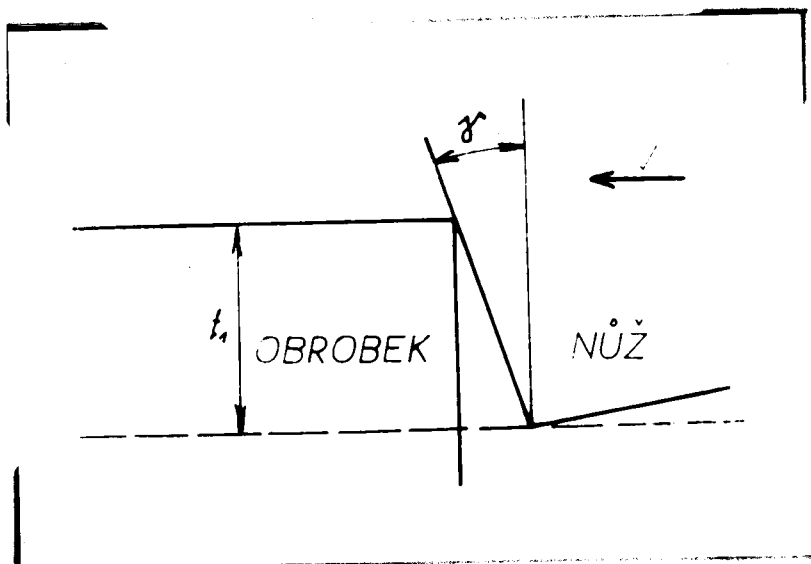
τ_1 ... koeficient vnitřního tření

τ_2 ... koeficient vnějšího tření

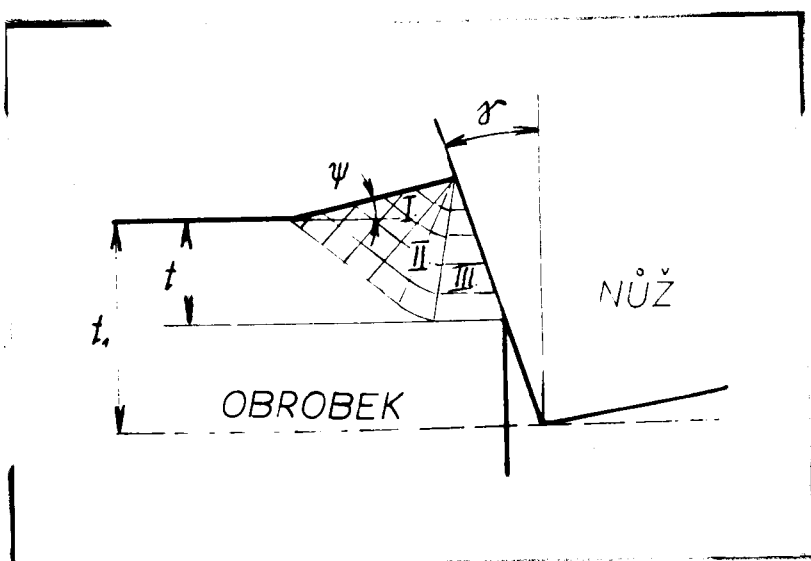
Tvoření třísky v přechodové fázi

Ernst /2/ počáteční fázi obrábění přirovnává k vtlačování razníku s ostrým břitem do polonekonečného materiálu a analyzuje tento mechanismus fotoelasticky, určující isochromy a trajektorie střížných napětí.

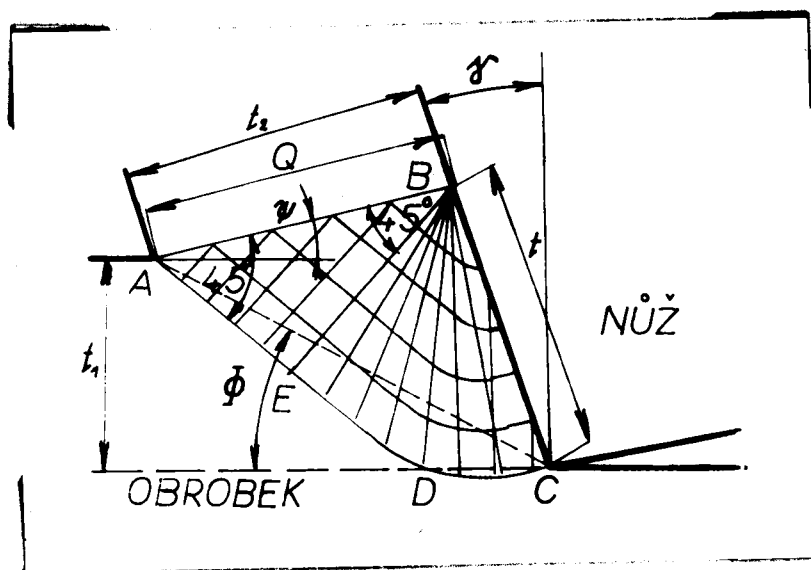
Jak známo je však obrábění plastická deformace a přechodový jev při obrábění může být rozebrán z hlediska plasticity. V předběžné práci je k analýze počáteční fáze obrábění s negativním úhlem čela aplikována teorie jako při vnikání pevného klínu do seminekonečného tělesa. Jakmile se nástroj s negativním úhlem čela dotkne obrobku plastického tělesa řeznou rychlostí v a v hloubce řezu t_1 , dle obr. 6 a/, musí se na obráběné ploše vytvořit návalek, který je vyznačen na obr. 6 b/. Tvar návalku není znám, hranice může být považována za přímkovou s úhlem odklonu ψ . Ustáleného obrábění je dosaženo dle obr. 6 c/. Na obr. 6 b/, c/ jsou rovněž vyznačeny kluzné čáry pro uvedené případy. Rostoucí návalek ohraničuje hranice kluzných čar v přechodové fázi, jakož i obráběnou plochu. Po určité době obrábění však rostoucí návalek netvaruje hranice kluzných čar, které jsou ohraničeny tvarem obráběné plochy.



a/



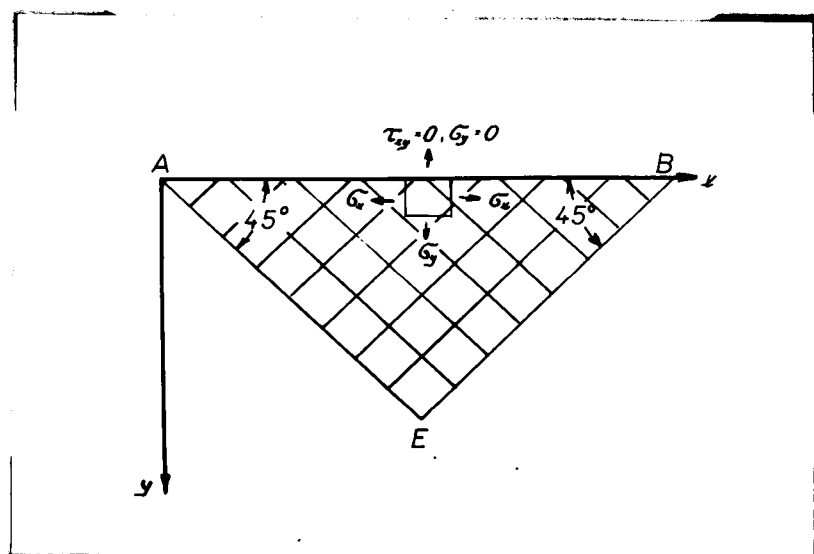
b/

c/
obr. č. 6

V ustáleném obrábění rostoucí návalek vytvoří vrchní stranu třísky, která je rovnoběžná s čelem nástroje. Ve skutečnosti mezi obrobenou plochou a návalkem neexistuje ostrý roh, jak se ve zjednodušených schématech uvádí. Pro jednodušeost se předpokládá ostrý průnik mezi obrobenou plochou a vrchní stranou třísky. Obrazec kluzných čar je rozdělen do tří oblastí I, II, III dle obrázku 6b/.

Oblast I.

Uvedená oblast je vlastně rovnoramenný trojúhelník ABE dle obrázku 7. Do hranice AB je položena osa x a počátek pak do bodu A, pak na ose x bude napětí nulové.



obr. 8 . 7
Oblast I. ABE

$$G_y = 0 ; \tau_{xy} = 0 \quad 1$$

Podle Misesových podmínek :

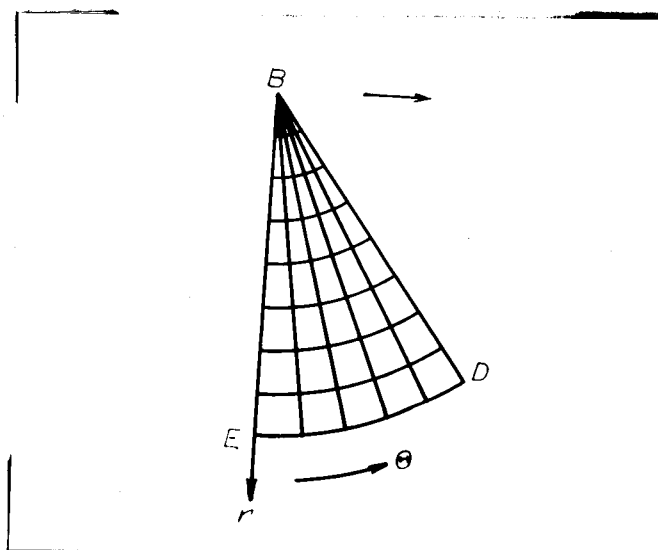
$$\left(\frac{G_y \cdot G_x}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 = \tau_0^2 \quad 2$$

kde τ_0 je mez kluzu ve smyku, z rovnice 1/ a 2/
plyne

$$G_x = -2\tau_0 \quad 3$$

Oblast II.

Tato oblast je kruhový výsek BED dle obrázku 8
ohraničena kluznými čarami. Počátek polárního
souřadnicového systému je zvolen do bodu B a



obr. č. 8

Oblast II. BED

BE je polární souřadnice a úhel θ polární úhel.
Obě normální napětí jsou :

$$\sigma_r = \sigma_\theta = \sigma$$

a mohou být vyjádřena podle Henckeye

$$\sigma = -2\tau_0 \theta + k \quad 4$$

konstanta k se vyjádří z podmínek kontinuity
oblastí I a II. Z rovnic /3/ a /4/ plyne

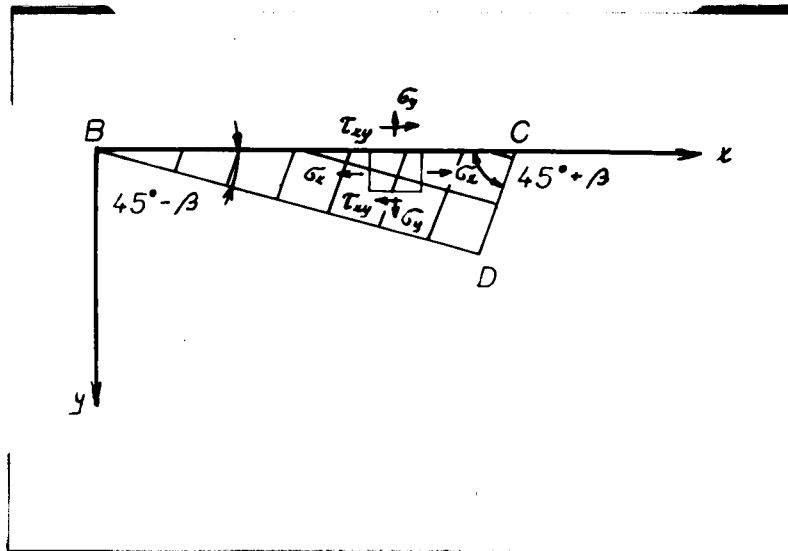
$$k = -\tau_0 \quad 5$$

dosazením rovnice /5/ do rovnice /4/ plyne

$$\sigma = -\tau_0 (2\theta + 1) \quad 6$$

Oblast III.

Tato oblast je pravouhlý trojúhelník BCD dle
obrázku 9. Za předpokladu, že napětí na čele
způsobené řeznou silou je stejné a označíme-li
normální napětí p a smykové q pak vztah mezi
napětími p a q je určen součinitelem tření μ ,
nebo třecím úhlem β mezi třískou a čelem ná-
stroje.

obr. č. 9
Oblast III. BCD

$$q = \mu p = p \cdot \operatorname{tg} \beta \quad 7$$

Položíme-li počátek souřadnicového systému do bodu B a osu x do úsečky BC - t.j. na čelo nástroje pak je :

$$G_y = -p \quad 8$$

$$\tau_{xy} = q = \mu p = p \cdot \operatorname{tg} \beta \quad 9$$

Smykové čáry svírají s osou x úhel 45° je-li ovšem čelo nástroje dobře mazáno. Smykové čáry se však netočí o úhel β při uvažování tření u praktického obrábění. Tím lze vyjádřit také sektorový úhel Θ oblasti II pomocí úhlu čela γ , třecího úhlu β a úhlu sklonu ψ :

$$\Theta = \gamma + \beta - \psi \quad 10$$

Dosazením rovnice /10/ do rovnice /6/ dostáváme normální napětí na BD :

$$G = -\tau_0 [1 + 2(\gamma + \beta - \psi)] \quad 11$$

Z hlediska zachování kontinuity musí být normální napětí v oblasti III stejná jako na BD z rovnice /11/ G_y a τ_{xy} v oblasti III může být vyjádřeno :

$$G_y = -\tau_0 [1 + 2(\gamma + \beta - \psi) - \cos 2\beta] \quad 12$$

$$\tau_{xy} = \tau_0 \cdot \sin 2\beta \quad 13$$

z rovnice /8/ a /9/ plyne :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\tau_{xy}}{G_y} \quad 14$$

dosazením rovnic /12/ a /13/ do rovnice /14/ plyne :

$$\gamma + \beta - \psi = \cos 2\beta \quad 15$$

Poslední rovnice udává vzájemný vztah mezi $\gamma, \beta, \alpha, \psi$. Normální a tečné napětí p a q na čele získáme z rovnic /8/, /9/, /12/, /13/ a /15/

$$p = 2\tau_0 \cdot \cos^2 \beta \quad 16$$

$$q = \tau_0 \cdot \sin 2\beta \quad 17$$

Označíme-li délku styku třísky s čelem nástroje l , výsledná řezná síla připadající na jednotku šířky řezu pak bude :

$$R = l \sqrt{p^2 + q^2} = 2l \cdot \tau_0 \cos \beta \quad 18$$

$$l \cos \alpha - a \sin \psi = t_1 \quad 19$$

$$a = \sqrt{2} \cdot l \sin \left(\frac{\pi}{2} + \beta \right) = l (\sin \beta + \cos \beta) \quad 20$$

kde AB je délka hranice smykových čar - délka návalku. Z rovnic /15/, /19/ a /20/ plyne :

$$\frac{l}{t_1} = \frac{1}{\cos \alpha - (\sin \beta + \cos \beta) \cdot \sin(\gamma + \beta - \cos 2\beta)} \quad 21$$

Dále tloušťka třísky t_2 / což je kolmá vzdálenost mezi spodní a horní vrstvou třísky v ustáleném obrábění, nebo kolmá vzdálenost průsečíku deformované a nedeformované třísky od čela nástroje při přechodovém obrábění. /

$$t_2 = l \cdot (\sin \beta + \cos \beta) \cdot \cos(\cos 2\beta - \beta) \quad 22$$

Součinitel přechování je posléze určen z rovnic /21/ a /22/ :

$$\mu = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\cos \gamma - (\sin \beta + \cos \beta) \cdot \sin(\gamma + \beta - \cos \beta)}{(\sin \beta + \cos \beta) \cdot \cos(\cos 2\beta - \beta)} \quad 23$$

Zdánlivý úhel stříhu je stanoven z rovnice :

$$\Phi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{\mu \cdot \cos \gamma}{1 - \mu \cdot \sin \gamma} \quad 24$$

Je-li tedy znám úhel β může být stanoven úhel γ , sektorový úhel Φ , tloušťka třísky t_2 a délka styku třísky s čelem nástroje l . Z výše uvedených rovnic může být určen proces obrábění v přechodové fázi. Známe-li mez kluzu při prostém stříhu τ_0 , může být z rovnice /18/ vypočtena řezná síla R :

$$\frac{R}{\tau_0 \cdot t_1} = 2 \cdot \frac{l}{t_1} \cos \beta \quad 25$$

V okamžiku doteku nástroje s obrobkem jisté části materiálu mají snahu pohybovat se směrem dolů podle čela nástroje, po určitou dobu při obrábění záporným úhlem čela. Po určité době se tok materiálu ustálí směrem nahoru jako pravidelná tříska. To je vysvětlováno tím, že v počáteční fázi se často objevuje negativní

třecí úhel. Zanedbáme-li tento jev, poněvadž se objevuje ve velmi krátkém čase, můžeme předpokládat, že úhle β postupně roste od 0 až dosáhne určité ustálené hodnoty, která byla stanovena experimentálními výsledky. Třecí úhel může být tudíž vyjádřen v přechodové fázi v závislosti na čase obrábění :

$$\beta = \beta_0 (1 - e^{-\frac{t}{T_0}})$$

26

- β_0 ... třecí úhle v ustáleném stavu obráb.
 T_0 ... charakteristická hodnota vyjadřující rychlost dosažení ustáleného stavu

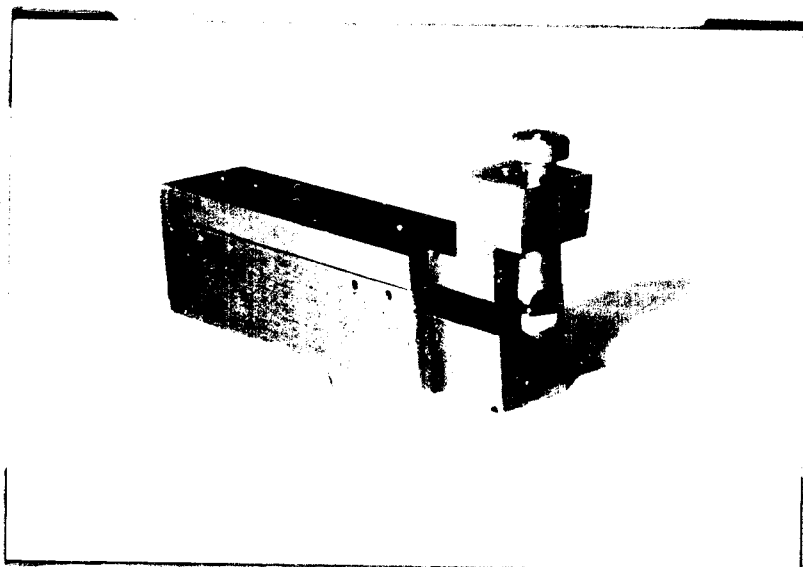
Známe-li toto všechno můžeme nakreslit model tvoření třísky v každém okamžiku přechodové fáze.

Třecí úhle v přechodové fázi β_0 roste s rostoucím úhlem čela φ a klesá s rostoucí hloubkou řezu. Čas vnikání T_0 roste s rostoucím negativním úhlem čela φ a je poněkud ovlivňován hloubkou třísky.

Teoretické rovnice jsou odvozeny za předpokladů, že napětí podél čela jsou rozložena rovnoměrně, konstantní mez kluzu nezávislá na teplotách atd. Všechny uvedené vztahy jsou aplikací na pokusy s negativním úhlem čela. Bude velmi obtížné analyzovat přechodovou fázi při obrábění s kladným úhlem čela, poněvadž se obráběný kov nedeformuje rovnoměrně u břitové hrany těsně na počátku, což je způsobeno nesymetrií obrobku u břitu hrany. Analýza přechodové fáze může posloužit k vysvětlení některých zvláštních jevů, které vznikají v přechodové fázi. Na příklad výskyt nárůstku, chvění atd.

Stručný popis funkce přerušovače řezu

Chceme-li sledovat tvoření třísky pomocí metalografických výbrusů, musíme si připravit t.zv. kořen třísky, k tomu je nutno přerušit řezný proces tak, aby se v okamžiku přerušení řezu stav ztvárnění v místě řezu zmrzil. Není možné okamžitě zastavit obrobek a pohyb nože vlivem setrvačnosti. V okamžiku zastavení by se následkem snížení rychlosti řezání změnil stupeň deformace sledované vrstvy, teplota, vlastnosti samotného obráběného materiálu a dotykových vrstev nástroje a změna i charakteru děje probíhajícího v oblasti tření. Proto, čím rychleji se provede přerušování řezu, tím přesnější poznatky získáme. Přesné a rychlé přerušování třísky je velmi náročné zejména při větších řezných rychlostech. V literatuře bylo již popsáno několik variant přerušovačů řezů.

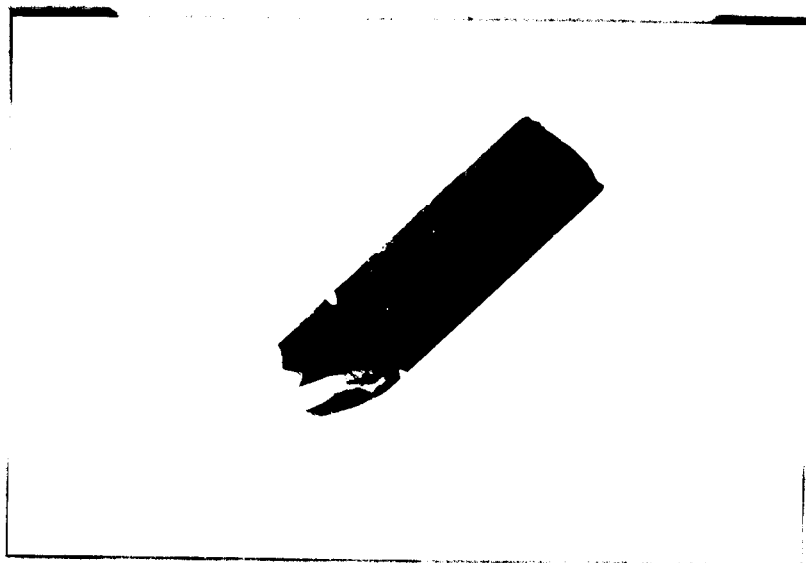


obr. č. 10
Přerušovač řezu

Zde na VŠST v Liberci byl loňského roku vyvinut a vyroben přerušovač řezu jak pro plynulý tak přerušovaný řez. /6/

Přerušovač pro plynulý řez je velmi jednoduchý, sestává pouze z držáku s úderníkem, ve kterém je upnut celokarbidový nůž dle obrázku 10. Aby řezný proces byl přerušen stačí pouze úder kládiva na úderník, který je opřen o špičku celokarbidového nože a špička se ulomí a upadne.

Ulomení nastane okamžitě protože SK mají velmi malý modul pružnosti. Ulomená špička je urychlována ve směru řezné rychlosti, tím že úderník je skloněn ve směru osy x o 10° ve směru osy y o 3° . Aby došlo k pravidelnému a rychlému ulomení je špička nástroje v místě vetknutí do držáku naříznuta anodomechanickou pilou dle obr. 11. Hloubka řázu z boku nože je asi 2,5 mm ze spodní strany 2,0 mm a na vrchní straně 0,5 mm.



obr. č. 11

Celokarbidový nůž

Také jsme tento přerušovač vyzkoušeli s ná-

strojem z rychlořezné oceli Radeco, protože pokusy s SK jsou velmi nákladné pro vysokou cenu materiálu. Kilogram SK stojí 400-600 Kčs. Použitím tohoto nástrojového materiálu k pokusům přineslo řadu potíží a nedostatků, které dosti značně zkreslují konečné výsledky. Především pevnost materiálu RO je proti SK značně větší, proto je třeba k uražení špičky nástroje větší síly, toto jsme vyřešili větším nařiznutím špičky, zmenšením průřezu. Dále největší nedostatek byl velký modul pružnosti RO. Ulomení není tak křehké jako u SK a tak se nám každý kořen třísky podpíchl dle obrázku 12.

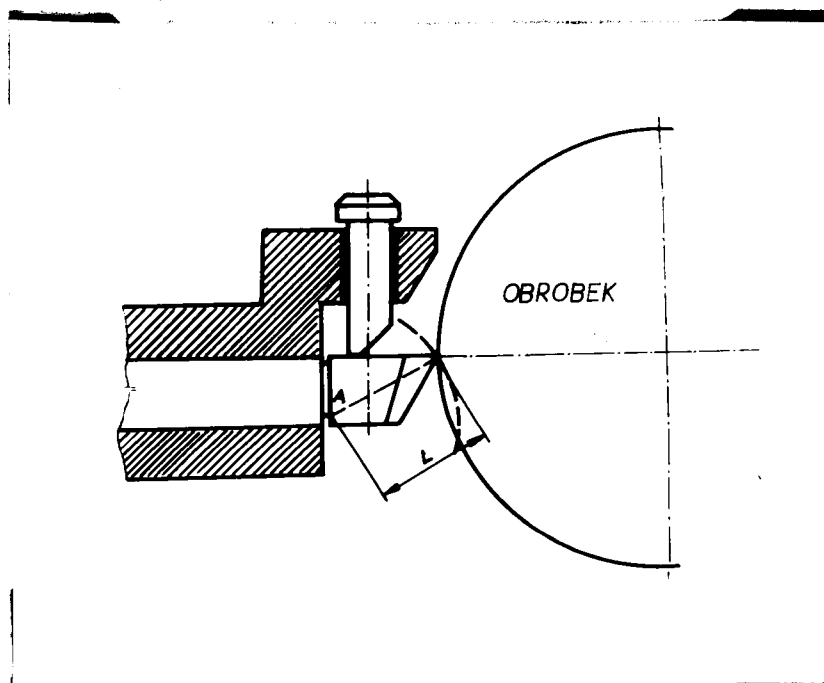


obr. č. 12

Zvětšeno 25x naleptáno 5 % nitalem

Při provádění těchto pokusů je bezpodmínečně nutné, aby špička nástroje byla přesně nastavena na osu obrobku. Protože ulomení a průhyb špičky se vlastně provádí okolo bodu A na polooměru L dle obrázku 13. Dráha špičky tak zasahuje v těsné blízkosti kořenu třísky a značně ho znehodnocuje. Pro tyto všechny nedostatky

jsme oddalšího použití nástrojů z RO upustili.



obr. č. 13

Schema záběru nože a obrobku

Tohoto druhu přerušovače lze použít pouze pro plynulý řez, pro přerušený řez je třeba provést vzájemnou vazbu mezi dráhou nože a obrobkem s přerušením řezu.

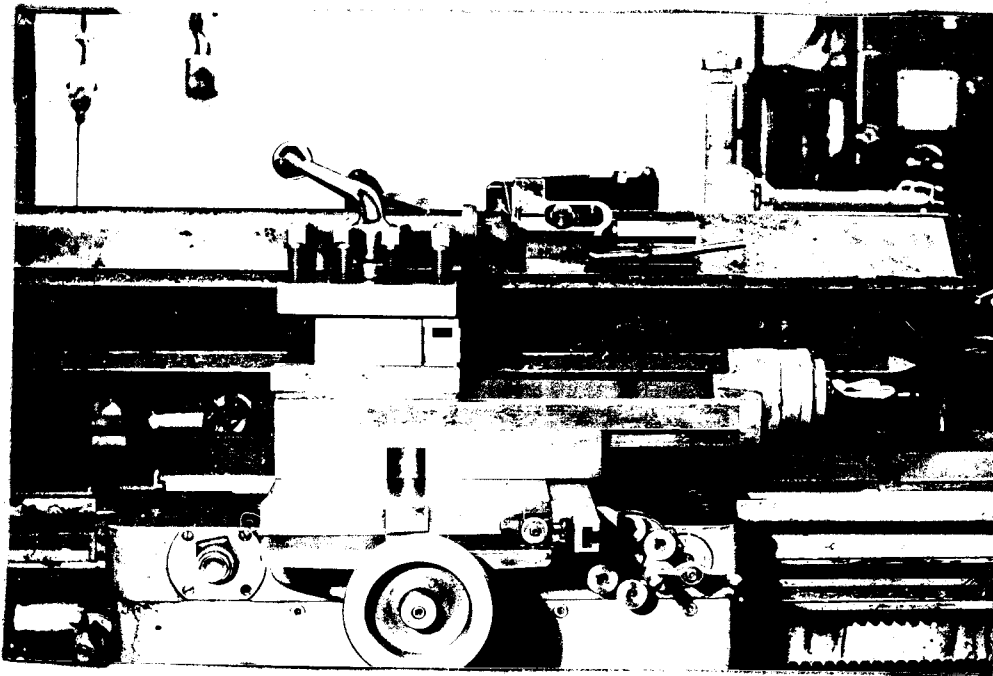
Přerušovač řezu byl instalován na zkušební přístroj pro opotřebení při přerušeném řezu používaném na KOO.

Pro zmrazení procesu řezání bylo použito téhož držáku s celokarbidovým nožem pro plynulý řez s upraveným razníkem. Úder kladiva na razník byl zde nahrazen úderem páky přerušovače pevně spojené s obrobkem.

celkový pohled na namontovaný přerušovač na zkušebním přístroji upnutém v soustruhu SU-50

na bycom

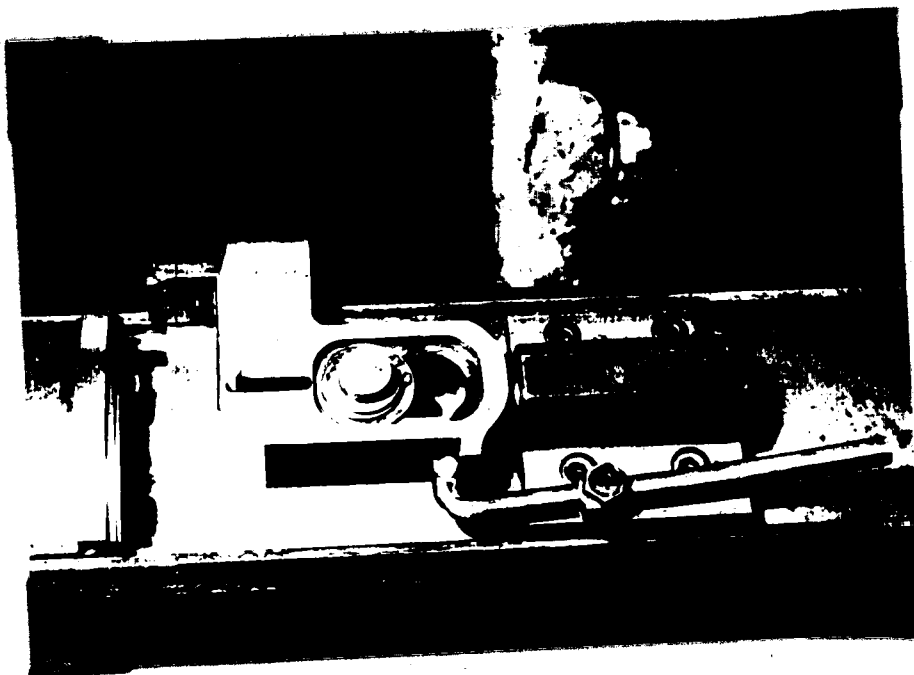
dle obrázku 14.



obr. č. 14

Celkový pohled na přerušovač
pro přerušovaný řez

Na základní desce je na čepu a střižném kolíku nasazena páka přerušovače s vyfrézovanými podélnými drážkami, dovolující pohyb páky v podélném směru přístroje v délce 24 mm. Zajištění páky na čepu je provedeno segerovou pojistkou. Páka je tlačena do přední spuštěné polohy pružinou uloženou v pouzdru na základové desce. Celkový pohled na páku přerušovače i se zkušebním vzorkem je na obrázku č. 15. V zadní natažené poloze je páka držena spouštěcí pákou. Spuštění se provádí ruční pákou připojenou na loži soustruhu, která se při chodu stroje vysune a uvolní spouštěcí páku.



obr. č. 15
Celkový pohled na páku přerušovače

Zkušební vzorek je kruhový segment, který je dvěma šrouby připevněn na zkušební přístroj dle obrázku 15.

Jednotlivé polohy páky přerušovače jsou znázorněny na obrázcích :

Obrázek 16 je poloha páky přerušovače při obrábění, rameno páky je v zadní poloze drženo spouštěcí pákou;

Obrázek 17 je poloha páky přerušovače před uzavřením břitu, spouštěcí páka uvolněna ruční pákou uvolnila páku přerušovače, kterou pružina zatlačila do přední polohy;

Obrázek 18 při dalším pootočení páky přerušovače naráží na razník, který ulamuje ~~nařizovací~~ špičku celokarbidového nože, tím dochází k přerušení řezu. V dalším okamžiku se přestřihne střížný kolík a páka přerušovače se sklopí, aby nevadila v dalším otáčení obrobku.

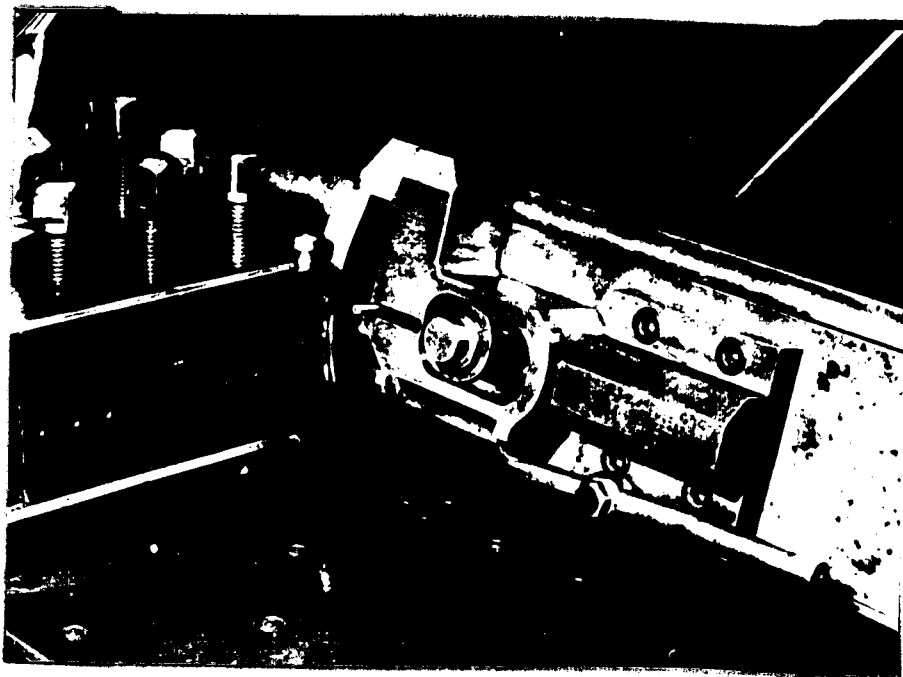
VŠST LIBEREC

Tvoření třísky
v přechodové fázi

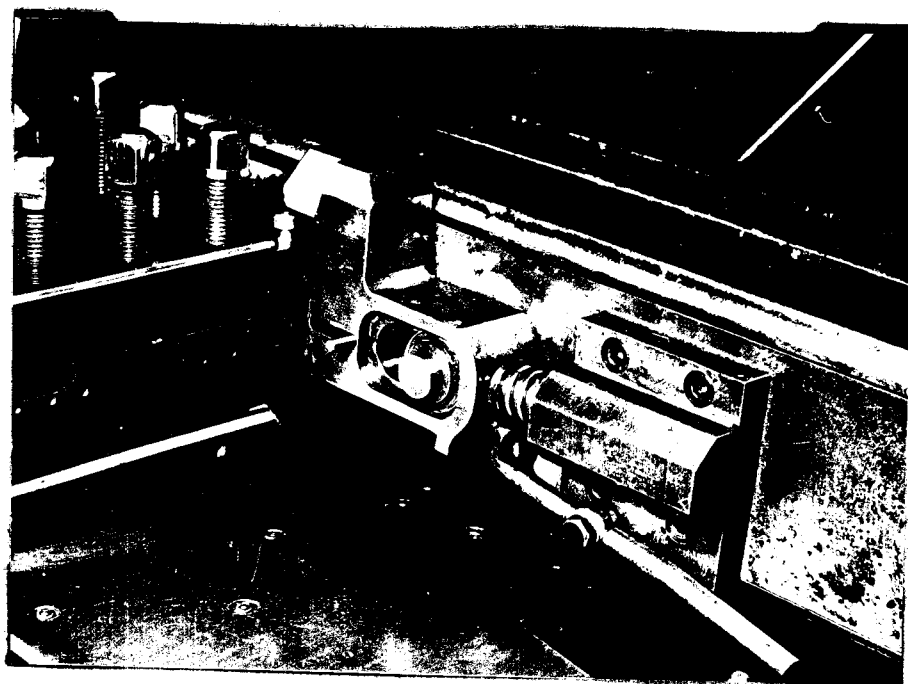
DP $\frac{350}{65}$ STR. 38

9. ŘÍJNA 1965

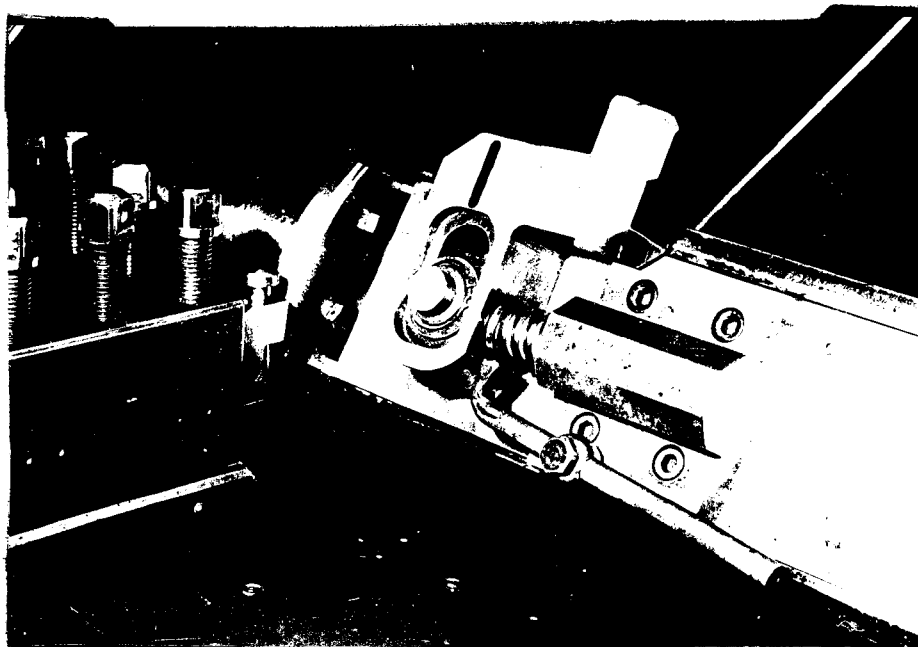
MIROSLAV URBAN



obr. 8. 16



Obr. 8. 17



obr. č. 18

Poloha páky přerušovače na přístroji je stálá a volená tak, že k uražení nástroje dojde vždy v polovině dráhy řezu zkušebního vzorku. Aby bylo možno sledovat řezný proces v různých fázích přerušenoého řezu, jsou jednotlivé vzorky sřezovány a ke středu vzorku ponecháno jen tolik materiálu, jak chceme mít dlouhou dráhu řezu do počátku až do přerušeni. Vzorky s různými dráhami řezu jsou na obrázku 19.

Vlastnosti obráběného zkušebního materiálu

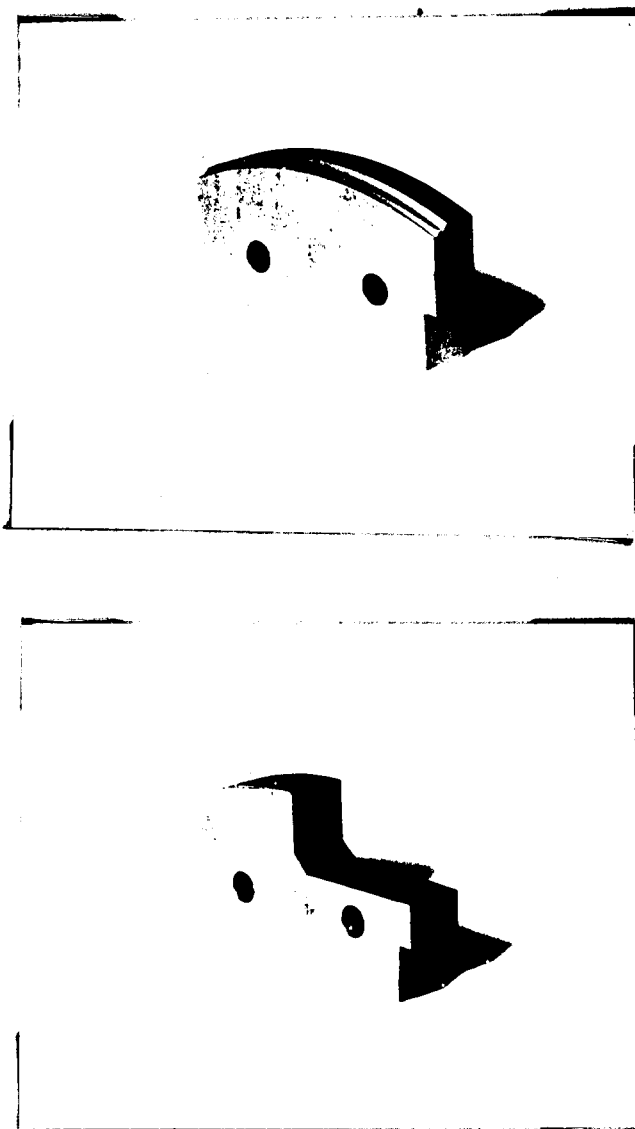
K provádění pokusu byl použit materiál z ušlechtilé konstrukční oceli 12060.1. Tato ocel byla vybrána proto, že slouží jako porovnávací materiál pro řezivost nástrojových materiálů a pro zkoušky obrobiteľnosti obráběných materiálů. Mechanické vlastnosti oceli 12060.1,

které udává norma ČSN 1512 :

- pevnost v tahu $\sigma_{pt} = 72 \text{ kp/mm}^2$
- mez průtažnosti $\sigma_{kt} = 35 \text{ kp/mm}^2$
- tažnost $d_r = 16 \%$
 $d_n = 14 \%$

naměřená tvrdost se pohybovala v rozmezí :

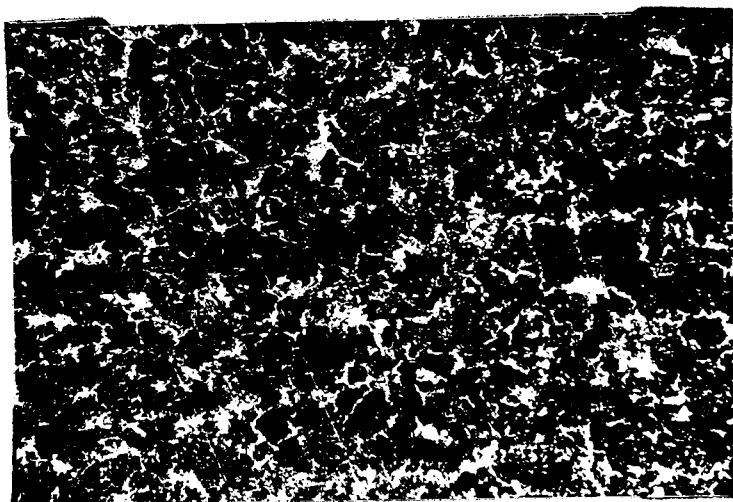
$\delta 5 / 750 / 30'' = 197 - 207 \text{ HB}$



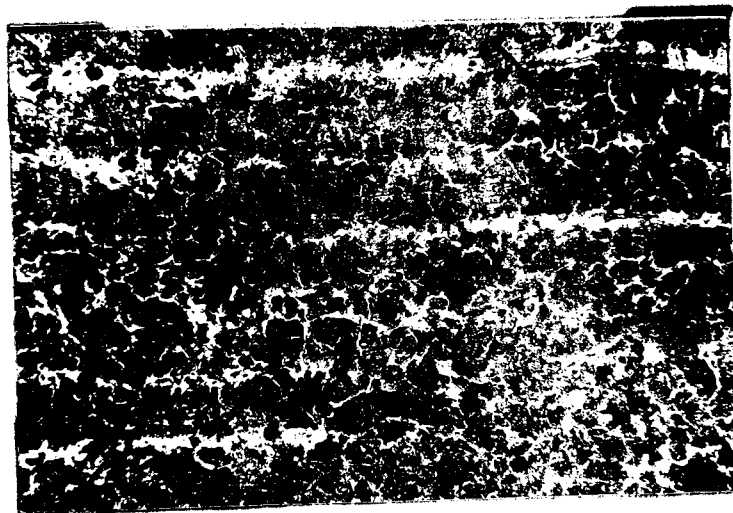
obr. 8. 19

Mikrostruktura použitého zkušebního materiálu

Pro zjištění struktury materiálu zkušebního obrobku byly zhotoveny mikrovýbrusy dvou vzorků, z nichž jeden je odebrán kolmo na směr válcování obrázek 20 a druhý rovnoběžně se směrem válcování obrázek 21.



obr. č. 20



obr. č. 21

Ze struktury vzorku na obrázku 20 jsou vidět perlitové plochy obklopené různě velkými zrny feritu. Poměr množství perlitu a feritu je proměnlivý a mění se s rychlostí ochlazování. Při nejrychlejším chladnutí se množství feritu zmenšuje a feritická zrna nejsou již tak ohraničena. Normalizačním žíháním má získat materiál v celém objemu rovnoměrnou jemnou strukturu a mají být odstraněny následky předešlého tváření. Na obrázku je vidět rovnoměrné rozdělení perlitických a feritických ploch odpovídajících normalizačnímu žíhání.

S jemností krystalisace úzce souvisí mechanické vlastnosti, se zmenšením zrn feritu se pevnost ocele zvyšuje. Hranice zrn působí jako překážka zabráňující ~~rozdílení mikrotrhlin, které napomáhají rozrušování materiálu při oděhování třísky nožem.~~

U druhého vzorku na obrázku 21 je zřetelně vidět vláknitá struktura po tváření. Řádkovitost struktury je způsobena heterogenními sloučeninami silikátů a sirníku při tváření.

Plastické sloučeniny se protahují ve směru tváření, netvárné sloučeniny se pouze seřazují do řádek. Heterogenní vměstky způsobující vláknitost struktury jsou příčinou i rozdílných mechanických vlastností materiálu v různých směrech. V podélném směru je pevnost vyšší než ve směru příčném.

Řezné podmínky a geometrie nástroje

Všechny pokusy byly prováděny nástrojem se stejnou geometrií břitu. Jednotlivé špičky nože byly vybroušeny z celokarbidové tyčky S1, tak, že nůž byl pravý přímý uběrák s úhly :

$$\begin{array}{ll} \varphi = 10^\circ & \varphi_1 = 6^\circ 30' \\ \alpha = 8^\circ & \lambda = -4^\circ \\ \alpha_1 = 60^\circ & \alpha_2 = 30^\circ \end{array}$$

Řezné podmínky byly pro všechny ~~vzorky~~ stejné, až na posuv :

- otáčky $n = 112$ ot/min
- řezná rychlost $v = 55$ m/min
- hloubka třísky $t = 2$ mm

Každý pokus se stejnou dráhou řezu byl proveden pro dva posuvy :

s posuvem $s_1 = 0,2$ mm/ot

vzorek č.	1	2	3	4
dráha obráb.	38	7	1,5	0,9

s posuvem $s_2 = 0,4$ mm/ot

vzorek č.	5	6	7	8
dráha obráb.	38	11,5	7	2,3

vzorek č.	9	10	11
dráha obráb.	2	0,8	0,4

Příprava metalografického výbrusu

Příprava mikrovýbrusu kořene třísky je v těchto případech spojena s určitou obtížností, vzhledem k velkému rozdílu tvrdosti v místě vzniku třísky. V některých kořenech třísky

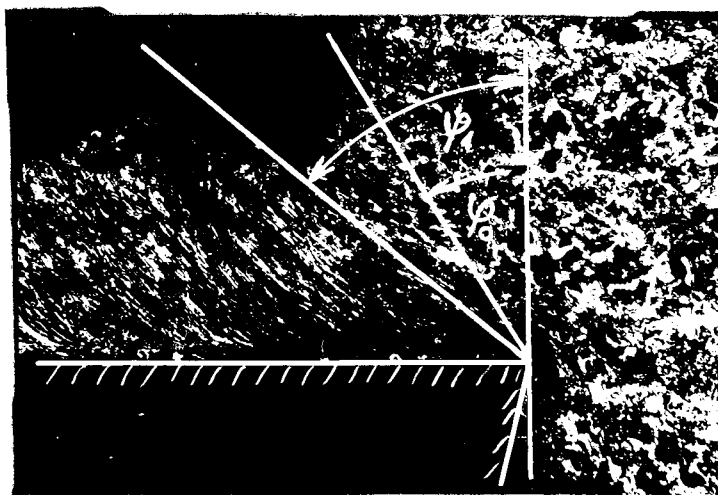
zbyde někdy část nástrojového materiálu, což způsobuje ne~~stejn~~oměrné obrušování celého povrchu vzorku. Vzorky kořene třísky jsou vyřiznuty z obrobku a zality do dentakrylu. Při přípravě vzorku se musí jeho rovina zbrousit tak, aby byla kolmá na ostří nástroje, které tento kořen vytvořilo. Při nedodržení této kolmosti by byly výsledky pokusu zkresleny. Hrubé broušení se provádí karborundovým brusem na potřebnou hloubku od okraje třísky. Všechny výbrusy jsou provedeny v hloubce 1 mm od okraje třísky, protože se dá předpokládat dle předchozích prací, že průběh všech jevů bude po celém průřezu třísky stejný. Další broušení provádíme na diamantovém kotouči s kovovou vazbou.

Jemné broušení se pak provádí ručně na brusných metalografických papírech s kysličníkem hlinitým, zrnitostí 1/0 - 6/0. Následující leštění se provede na plstěném kotouči smáčeném roztokem spinelinu ve vodě. Leptání je provedeno 3 % nitalem. Jednotlivé kořeny jsou ve zvětšení 50ti až 100 násobném.

Vzorky přerušeno~~ho~~ řezu pro různé dráhy obrábění jsou na obrázcích 22ab/ až 32ab/.

Na obrázcích 22a,b/ - 25a,b/ jsou vzorky jsou v pořadí 1 - 4 při posuvu $s_1 = 0,2 \text{ mm/ot.}$

Na obrázcích 26a,b/ - 32a,b/ jsou vzorky v pořadí 5 - 11 při posuvu $s_2 = 0,4 \text{ mm/ot.}$

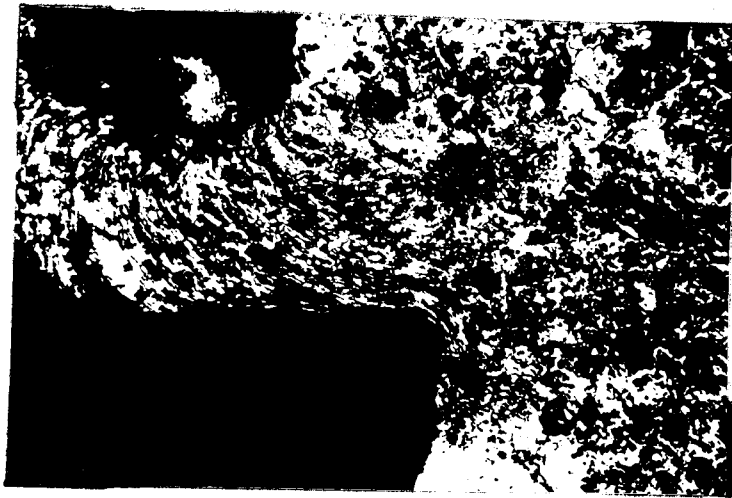


Obr. č. 22 a. /zv.50x/

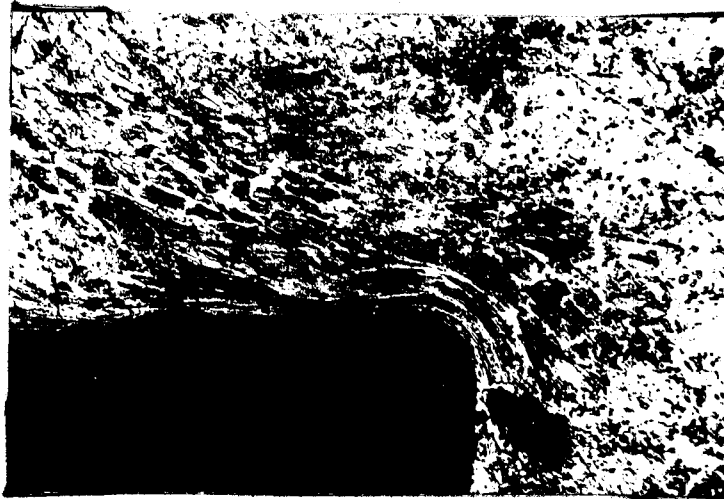


Obr. č. 22 b. /zv.100x/

Obrázky 22ab/- kořen třísky přesušeného řezu;
Řezná dráha nože 38 mm.

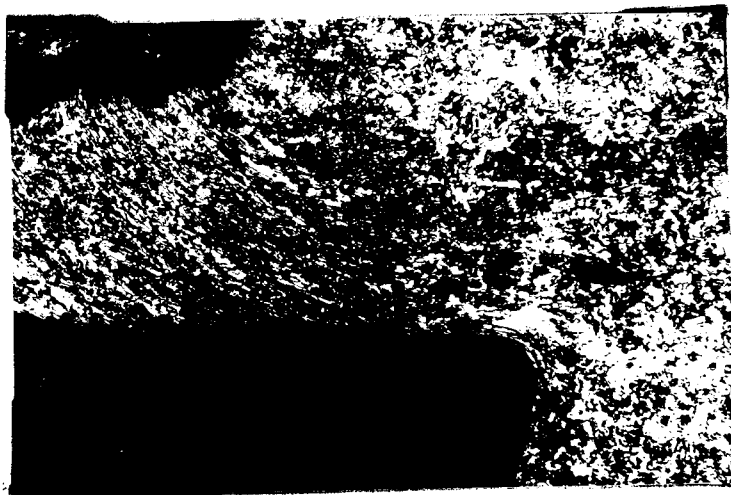


Obr. č. 23 a. /zv.50x/

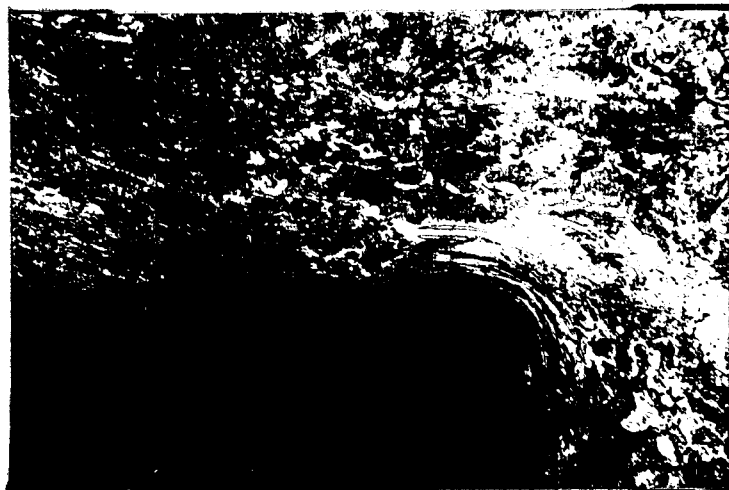


Obr. č. 23 b. /zv.100x/

Obrázky 23a, b/-kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha nože 7 mm.



Obr. č. 24 a. /zv.50x/



Obr. č. 24 b. /zv.100x/

Obrázky 24a,b/ - kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha 1,5 mm.

VŠST LIBEREC

Tvoření třísky
v přechodové fázi

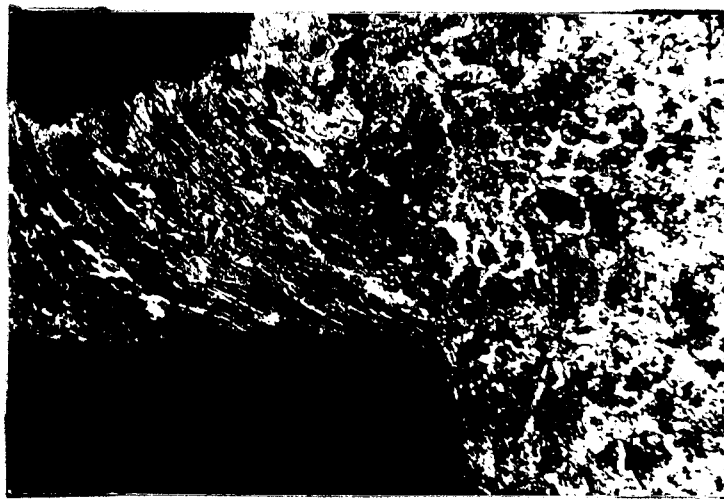
DP $\frac{350}{65}$ STR. 48

9. ŘÍJNA 1965

MIROSLAV URBAN



Obr. č. 25 a. /zv.50x/



Obr. č. 25 b. /zv.100x/

Obrázky 25a,b/ - kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha nože 0,9 mm.

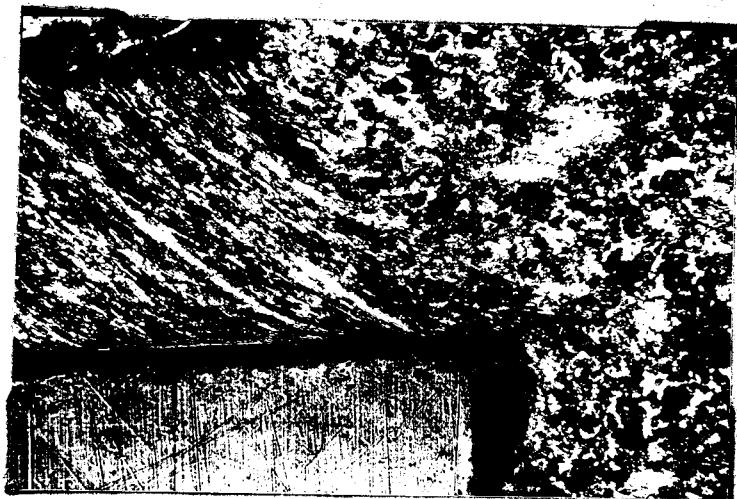
VŠST LIBEREC

Tvoření třísky
v přechodové fázi

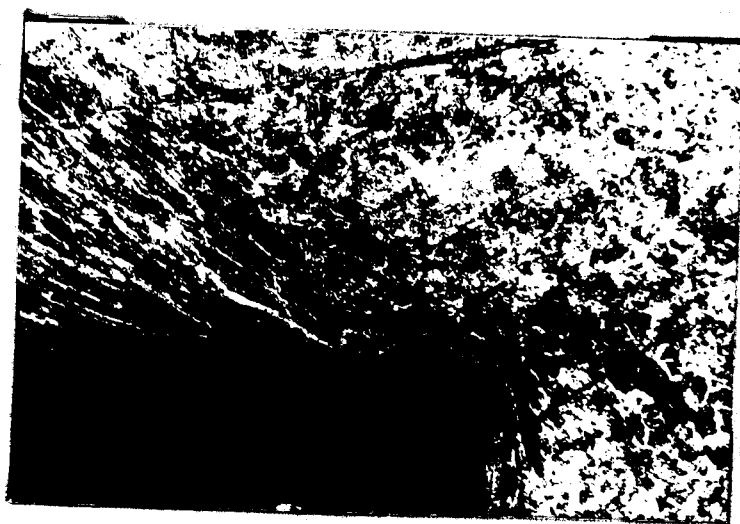
DP $\frac{350}{65}$ STR. 49

9. ŘÍJNA 1965

MIROSLAV URBAN

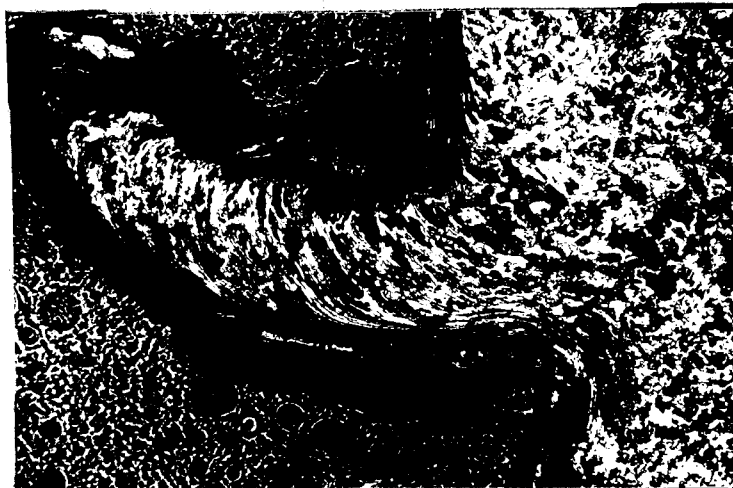


Obr. 8. 26 a. /zv.50x/

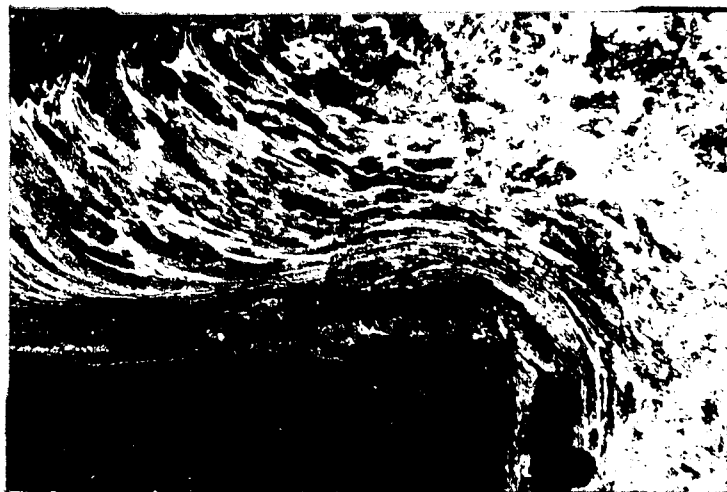


Obr. 8. 26 b. /zv.100x/

Obrázky 26a,b/ - kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha nože 38 mm.

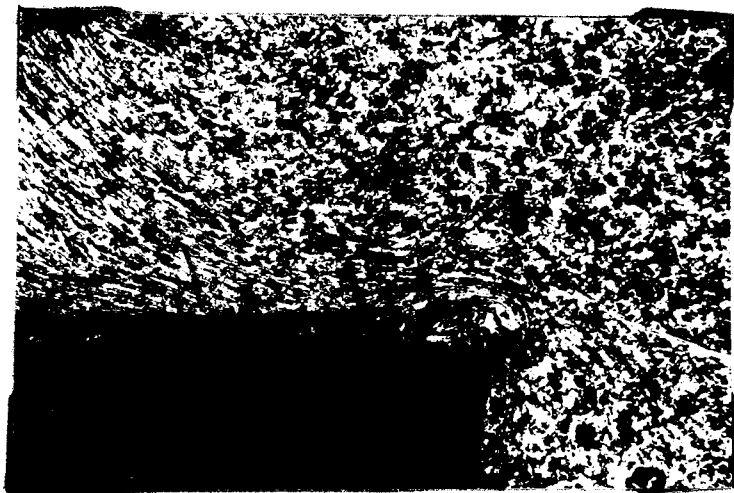


Obr. č. 27 a. /zv.50x/

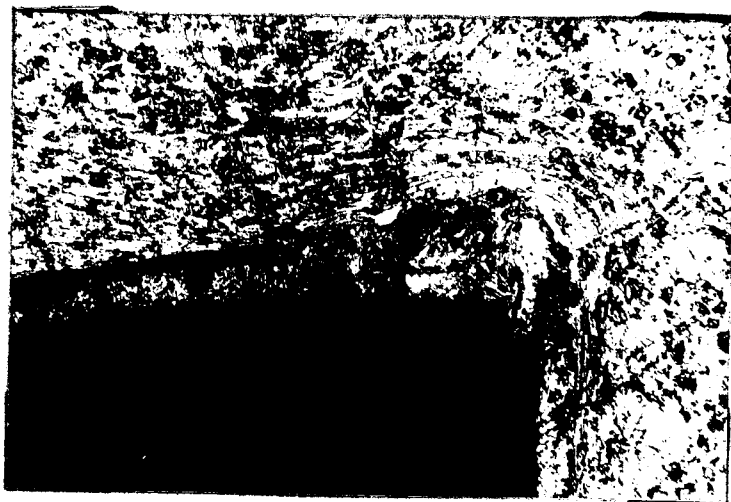


Obr. č. 27 b. /zv.100x/

Obrázky 27a,b/ - kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha nože 11,5 mm.



Obr. č. 28 a. /zv.50x/



Obr. č. 28 b. /zv.100x/

Obrázky 28a,b/ - kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha nože 7 mm.

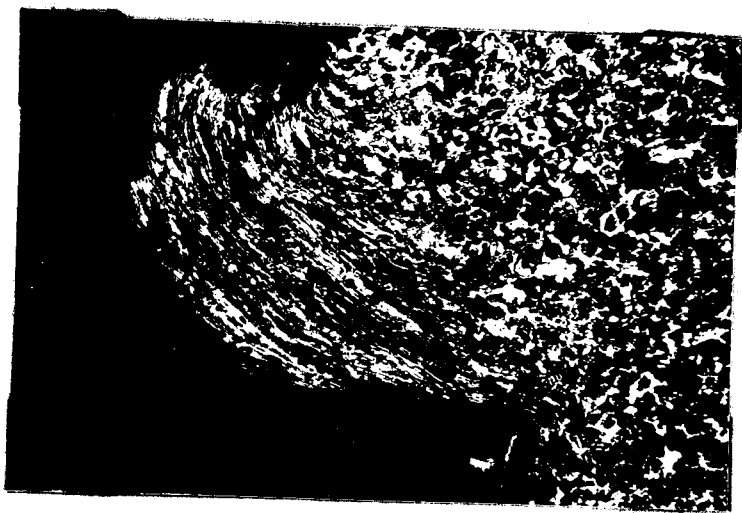
VŠST LIBEREC

Tvoření třísky
v přechodové fázi

DP $\frac{350}{65}$ STR. 52

9. ŘÍJNA 1965

MIROSLAV URBAN



Obr. č. 29 a. /zv.50x/



Obr. č. 29 b. /zv.100x/

Obrázky 29a,b/ - kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha nože 2,3 mm.

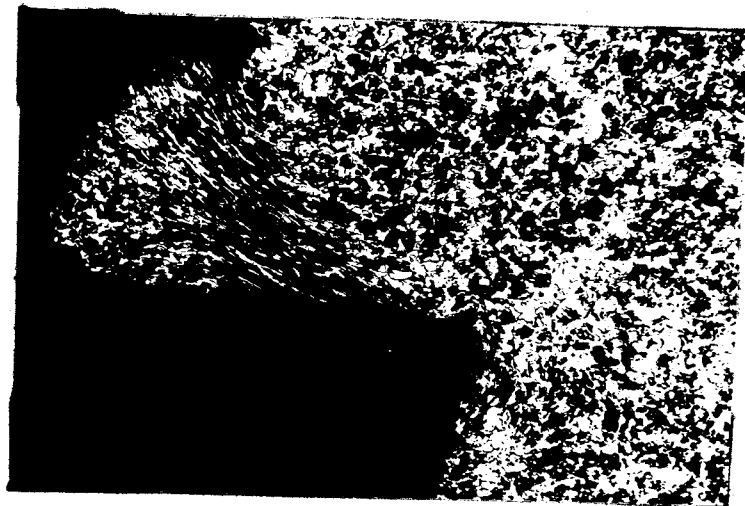


Obr. č. 30 a. /zv.50x/

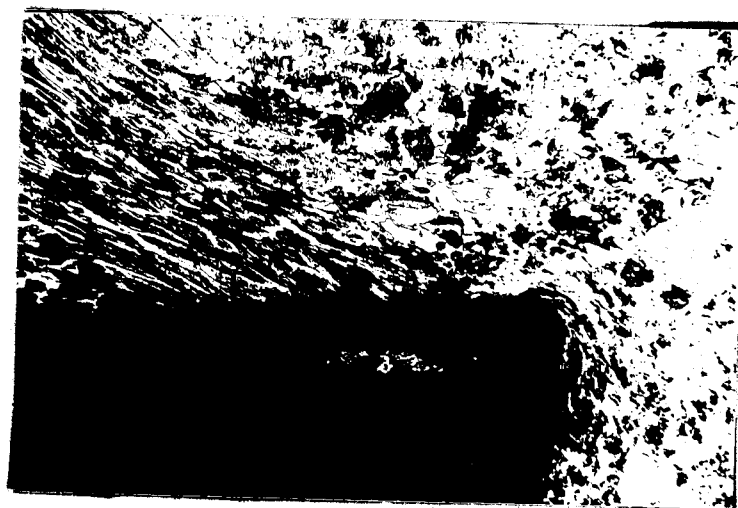


Obr. č. 30 b. /zv.100x/

Obrázky 30a,b/- kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha 2mm.

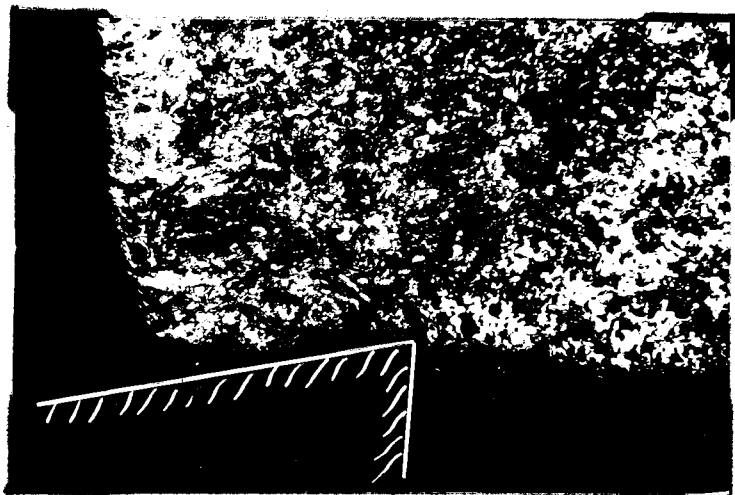


Obr. 8. 31 a. /zv.50x/



Obr. 8. 31 b. /zv.100x/

Obrázky 31a,b/ - kořen třísky přerušovaného řezu ;
Řezná dráha 0,8 mm.



Obr. 32 a. /zv.50x/



Obr. 32 b. /zv.100x/

Obrázky 32a,b/-kořen třísky přerušného řezu;
Řezná dráha 0,4 mm.

Metalografické výbrusy kořenů třísek pro plynulý řez.

Zde u plynulého řezu nám šlo o provedení kořenu třísky během první otáčky obrábění. Zde v této otáčce, má-li obrobek sražen hranu pod úhlem α_1 , který nástroj, nám tloušťka třísky nabíhá od 0 do plné tloušťky na konci otáčky, která je dána posuvem a je pak stále pro další otáčky během celého obrábění konstantní.

Pro takovýto způsob získání kořenů ještě nemáme na KOO přerušovač, který by nám v kterémkoliv místě během jedné otáčky v závislosti na úhlu pootočení přerušil řezný proces.

Provedené kořeny jsme proto museli získat pokusnou metodou. K pokusu jsme použili celokarbidového nože upnutého v držáku, který jsme používali v předcházejících pokusech pro přerušovaný řez dle obrázku 10. Razník pro ulomení špičky byl vyjmut, protože ulomení jsme využívali poze vzrůstající řezné síly během záběru třísky. Naříznutí jsme u nástroje provedli tak velké, že se špička ulomila sama. Takto jsme získali tři vzorky v různých úhlech pootočení dle různé hloubky naříznutí špičky nástroje. Abychom měli zajištěno, že ulomení nastane během první otáčky a mohli jsme si změřit úhel pootočení od počátku doteku nástroje obrobku do ulomení, z kterého si pak můžeme určit dráhu řezu, měli jsme obráběnou plochu obrobku natřenou barvou.

Pokusy byly prováděny nástrojem se stejnou geometrií jako pokusy při přerušném řezu. Řezné podmínky byly :

- otáčky

n = 180 ot/min

Zachycen

- řezná rychlost $v = 72 \text{ m/min}$
- posuv $s = 0,4 \text{ mm/ot}$
- hloubka řezu $t = 2 \text{ mm}$

vzorek č.	1	2	3
úhel potočení	280°	180°	120°
délka řezu/mm/	310	202	132

Kořeny třísek byly opět preparovány stejným způsobem v dentakrilu a vybroušeny jako vzorky u přerušného řezu.

Kořeny třísek pro plynulý řez jsou na obrázcích 33a,b/ - 35a,b/ postupně za sebou.

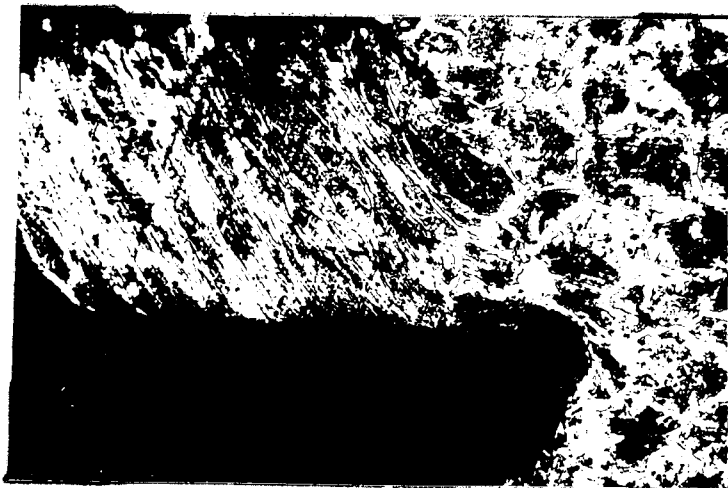
VŠST LIBEREC

Tvoření třísky
v přechodové fázi

DP ⁵³⁰/₆₅ STR. 58

9. ŘÍJNA 1965

MIROSLAV URBAN



Obr. 8. 33 a. /zv.50x/



Obr. 8. 33 b. /zv.100x/

Obrázky 33a, b/-kořen třísky plynulého řezu;
Řezná dráha 310 mm.

VŠST LIBEREC

Tvoření třísky
v přechodové fázi

DP ²⁵⁰/₆₅ STR. 59

9. ŘÍJNA 1965

MIROSLAV URBAN



Obr. č. 34 a. /zv.50x/

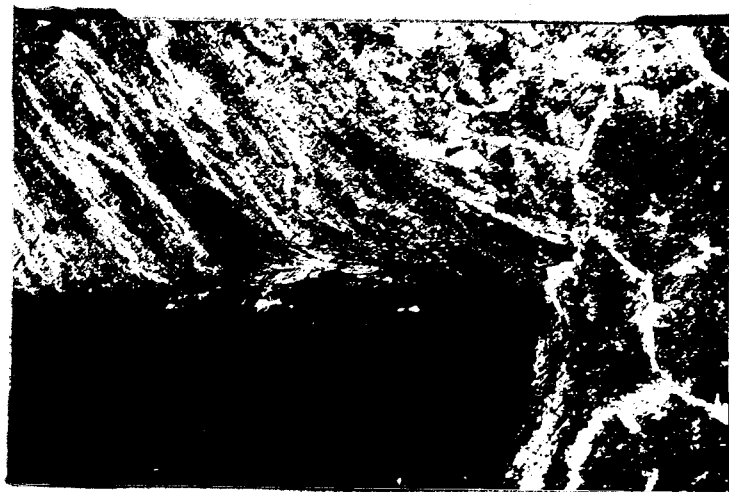


Obr. č. 34 b. /zv.100x/

Obrázky 34a,b/-kořen třísky plynulého řezu;
Řezná dráha 202 mm.



Obr. č. 35 a. /zv.50x/



Obr. č. 35 b. /zv.100x/

Obrázky 35a,b/-kořen třísky plynulého řezu;
Řezná dráha 132 mm.

Návrh konstrukce přerušovače řezu s elektrickým ovládním úhlové polohy přerušení

Abychom si mohli přerušit řezný proces, v kterém koliv okamžiku a na libovolné délce dráhy řezu je třeba provést konstrukci přerušovače tak, aby celý cyklus přerušení byl co nejkratší. Nejjednodušší princip přerušovače byl ten, který jsme použili při přerušení plynulého řezu. Ovšem byla to metoda pokusná a nemohli jsme si předem stanovit délku dráhy obrábění. Tato metoda by se dala používat, kdyby se určila závislost mezi pevností v ohybu SK nástroje a řeznými podmínkami.

Pevnost v ohybu je jednou z nejčastěji uváděných hodnot mechanických u SK materiálů, protože se dá jednoduše zjistit oproti pevnosti v tahu a tlaku. Bylo by třeba zkoušky provádět přímo na takových nástrojích, s kterými by se pak provádělo přerušení řezu. Protože zkoušky na modelu by byly nesrovnatelné se skutečností. Zřejmě by ale byla tato metoda dosti nepřesná protože zde záleží na mnoha okolnostech. Bylo by třeba zaručit u všech nástrojů přesně stejnou geometrii, protože změna v geometrii má značný vliv na řeznou sílu, dále je třeba zaručit přesné vyložení nástroje, nařiznutí špičky jak do hloubky tak do šířky vrubu a dále by záleželo také na obráběném materiálu a pod.

Mechanické přerušovače, které vysouvají celý nástroj z řezu tyto potíže nemají. Je zde ale třeba určit zpoždění mezi impulsem pro přerušení řezu a provedením přerušení. Existuje již řada konstrukcí přerušovačů, ale žádný ne-

byl konstruován tak, aby zaručil přerušení závislosti na úhlu pootočení obrobku oproti nástroji.

Popis funkce návrhu přerušovače

Návrh přerušovače je na výkresu v příloze. Přerušení řezného pochodu zde nastane sklopním nožového držáku 1 okolo šepu 4 pomocí předpjatých pružin 12 a 18 po uvolnění stavěcího kolíku 36. Vysouvání kolíku z polohy, v které nám drží nástroj v řezné poloze musí být rychlé a provedeno dosti velkou silou, aby bylo překonáno tření v pouzdrech protože zde hlavní řezná síla P_z je normální složkou tření:

$$T = f \cdot P_z$$

Toto vysouvání je zde provedeno explozí po výstřelu v tlakovém válci 35. Je zde použito nábojové komory a nábojů s nejmenší prachovou náloží pro zastřelovací lisý na koncová kabelová oka. Spuštění odstřelovacího zařízení je provedeno elektromagnetem 22, který dostává impuls z relé ovládaného mikrospínačem ovládaného vačkou připevněnou na vřetenu stroje dle blokového schéma v příloze.

Ovládací okruh relé i pracovní okruh elektromagnetu je na stejnosměrný proud a proto je třeba zdroj stejnoměrného napětí. Relé je ovládáno mikrospínačem přes vačku a dále kontaktem mezi nástrojem a obrobkem. Je proto třeba provést odisolování nástroje a obrobku oproti celému stroji. Přesnost tohoto přerušovače bude velmi záležet na přesnosti určení výchozí polohy t.j. bodu, kde se nástroj prv-

ně dotkne obrobku, protože dle tohoto výchozího bodu se bude nastavovat pootočení vačky, která spíná mikrospinač.

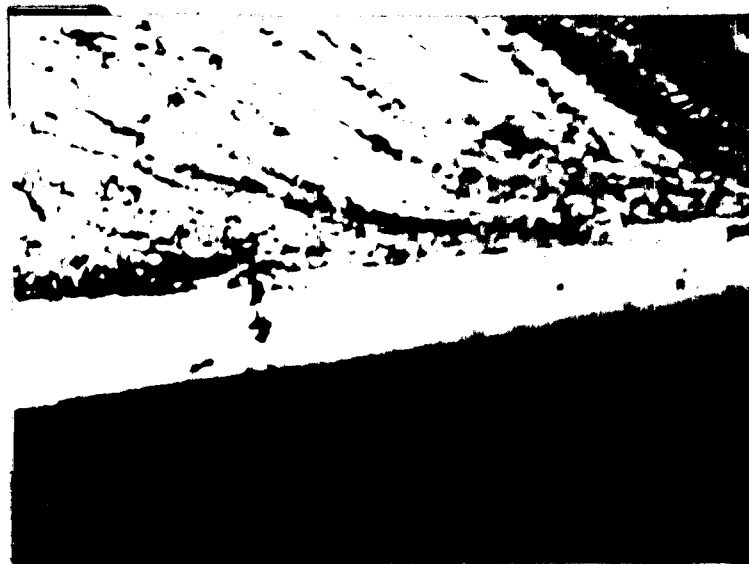
Toto je jeden z možných způsobů přerušovače řezu. Je možné také využít síly a rychlosti po výstřelu ke sklápění nástroje, pak by se ale kolík nevysunoval, ale byl by stříhán v kalených pouzdrech mezi držákem nástroje a stojnou přerušovače. Tlakový válec by byl umístěn tak, aby píst po výstřelu přímo působil na nožový držák ve směru vyklopení z řezu. Bylo by třeba použít nábojů s větší prachovou náplní, protože střížný kolík musí být dostatečně hmotný, aby byla zaručena co největší tuhost sestavy přerušovače při obrábění.

Zhodnocení provedených experimentů

Tříska se tvoří v oblasti stříhu nad řeznou hranou. Ze smítků jak plynulého tak přerušeného řezu je vidět, že tříska nevzniká jak se dříve usuzovalo předbíhající trhlinou, ale materiál se na hřbetě deformuje a plyne přes čelo a hřbet nástroje.

Plastická deformace oceli ve střížné oblasti je na výbrusech zřetelně poznat. Při teoretickém zhodnocení předpokládáme, že deformace materiálu se děje v určitých směrech maximálních smykových napětí. Hovoří se o t.zv. rovinách kluzu v nichž se ocel deformuje. Výsledky metodografických zkoušek potvrzují tento předpoklad, protože je jasně vidět ostrá hranice mezi nestvárným a ztvárněným materiálem třísky.

Na spodní straně třísky vzniká tenká plynulá kluzná vrstva v níž se ocel účinkem tření mezi nástrojem a třískou dále deformuje ještě více než při vlastní tvorbě třísky. Na obrázku 36 je ve zvětšení 500x metalografický výbrus spodní strany třísky, kde je zřetelně vidět světlá kluzná vrstvička. Vzorek je pořízen z třísky při ustáleném plynulém obrábění stejnými řeznými podmínkami a na stejném materiálu, jako byly provedeny všechny pokusy přerušného a plynulého řezu.



Obr. č. 36

Spodní strana třísky

Na všech snímkách jak přerušného tak plynulého řezu není tato transformační vrstvička vidět, vyjma vzorku č. 5 na obrázku 26a/ je v určité vzdálenosti od ostří zřetelně vidět počátek vzniku této vrstvičky. Od počátku prvé známky přeměny se podél přeměněné struktury zvětšuje až na určitou konstantní hodnotu a dále se již nemění.

*mezní, nebo tekoucí**mezní, tekoucí**2 přímě...
v = 15 m/min**Plynulý v = 75 m/min*

Vzorek č.5 na obrázku 26a/ měl nejdelší dráhu obrábění 38mm, takže zde již došlo k ustálenému stavu jako při plynulém řezu. To, že je třeba určitého ustálení řezného procesu, aby se začala tvořit tato vrstvička na spodní straně třísky nám potvrdily také zkoušky plynulého řezu, kdy jsme prováděli přerušování během proběhnutí první otáčky. Na těchto vzorcích na obrázcích 33a, b/ - 35a, b/ není také vidět vznik této vrstvičky. Zde tedy také nedošlo během náběhu tloušťky třísky od 0 na hodnotu danou posuvem k ustálení řezného procesu.

Tento poznatek je možno snad vysvětlit tím, že teplota v místě řezu, měříme-li jí na špičce nástroje těsně pod povrchem čela, dle současně prováděné diplomové práce s. Buriana, nabíhá teplota od 0 na určitou konstantní teplotu. Během tohoto narůstání teploty se kluzná vrstvička na spodní straně třísky netvoří, až po dosažení konstantní hodnoty, kdy nastane ustálení řezného procesu.

Tento poznatek by se dal prokazatelně ověřit současným měřením teploty při přerušování řezu. Dosud toto měření nebylo možno provést, ale při provedení některé konstrukce přerušovače jako dle přílohy, kdy se nástroj celý z řezu sklápí nebo vysouvá, by bylo možné snímat teplotu v různých místech pod povrchem čela nástroje. Opiz a Ostermann /3/ zkoumali vytvoření karbidů v plynulé vrstvě, přitom zjistili, že během odchodu třísky se spodní strana třísky následkem tření silně zahřívá a ocel přechází v plynulé vrstvě z feritického do austenického stavu.

V určitém místě za řeznou hranou stoupne teplota v oblasti tření natolik, že dochází k transformaci oceli s feritického a perlitického stavu na austenit. Že jde o novou strukturu a nejen o strukturu mechanicky zpevněnou hovoří i to, že ve vrstvě nelze zjistit uspořádanou strukturu.

Plynulá vrstva je tedy velmi rychle ohřáta, prodělá transformaci z feritu a perlitu na austenit a opět je rychle ochlazená. Toto způsobuje její velmi jemné zrnno.

Pro posouzení tvrdosti plynulé vrstvy byla změřena mikrotvrdość složek struktury materiálu třísky a mikrotvrdość plynulé vrstvy.

Tvrdość byla měřena mikrotvrdoměrem Hannemann, který je příslušenstvím mikroskopu Neophot. Mikrotvrdość plynulé světlé vrstvy činila průměrně asi HVm 1160 kp/mm². Mikrotvrdość plochy třísky, která neprodělala transformaci je nižší a činí v průměru u perlitových zrn, pokud se dají rozlišit, asi HVn 411 kp/mm². I zde je však zvýšená tvrdosti oproti netvářenému materiálu, kde mikrotvrdość perlitu byla průměrně asi HVm 282 kp/mm². /6/

Jelikož přeměna struktury je závislá na teplotě a tlaku, bude provděpodobně ovlivněna vedle druhu materiálu a náradí hlavně řeznými podmínkami a délkou řezu, až do určitého ustáleného vstahu.

z pozorování o tvorbě třísek vyplývá, že přeměna fáze na spodní straně třísky, mající vliv na opotřebení náradí vzniká jen při určitých řezných podmínkách.

Na některých obrázcích, předně na obrázku 22b/ je vidět v kořenu třísky ulpívající nástrojový materiál. V procesu řezání je mezi nástro-

nástroje

nástroje

VŠST LIBEREC	Tvoření třísky v přechodové fázi	DP $\frac{350}{65}$ STR. 67
		9. ŘÍJNA 1965
		MIROSLAV URBAN
<p>jem a obráběným materiálem silné přilínání, které způsobí, že po ulomení nože část špičky zůstává lpět na třísce.</p>		

VŠST LIBEREC

Tvoření třísky
v přechodové fázi

DP ³⁵⁰/₆₅ STR. 68

9. ŘÍJNA 1965

MIROSLAV URBAN

Závěr

Pro stanovení podstaty opotřebení je důležité znát pochody probíhající při tvoření třísky. Toto nám umožňuje sledovat metalografická metoda studia tvoření třísky, jejíž podstatou je získání kvalitního kořene třísky v nezkresleném stavu.

Vyzkoušený přerušovač pro přerušovaný řez pracuje dobře, neprojevují se zde pružné deformace, které by výsledky zkreslovaly.

Na závěr své diplomové práce bych chtěl především poděkovat svému konsultantu s.inž. Šáikovi CSc. a všem pracovníkům katedry za laskavou pomoc při práci.

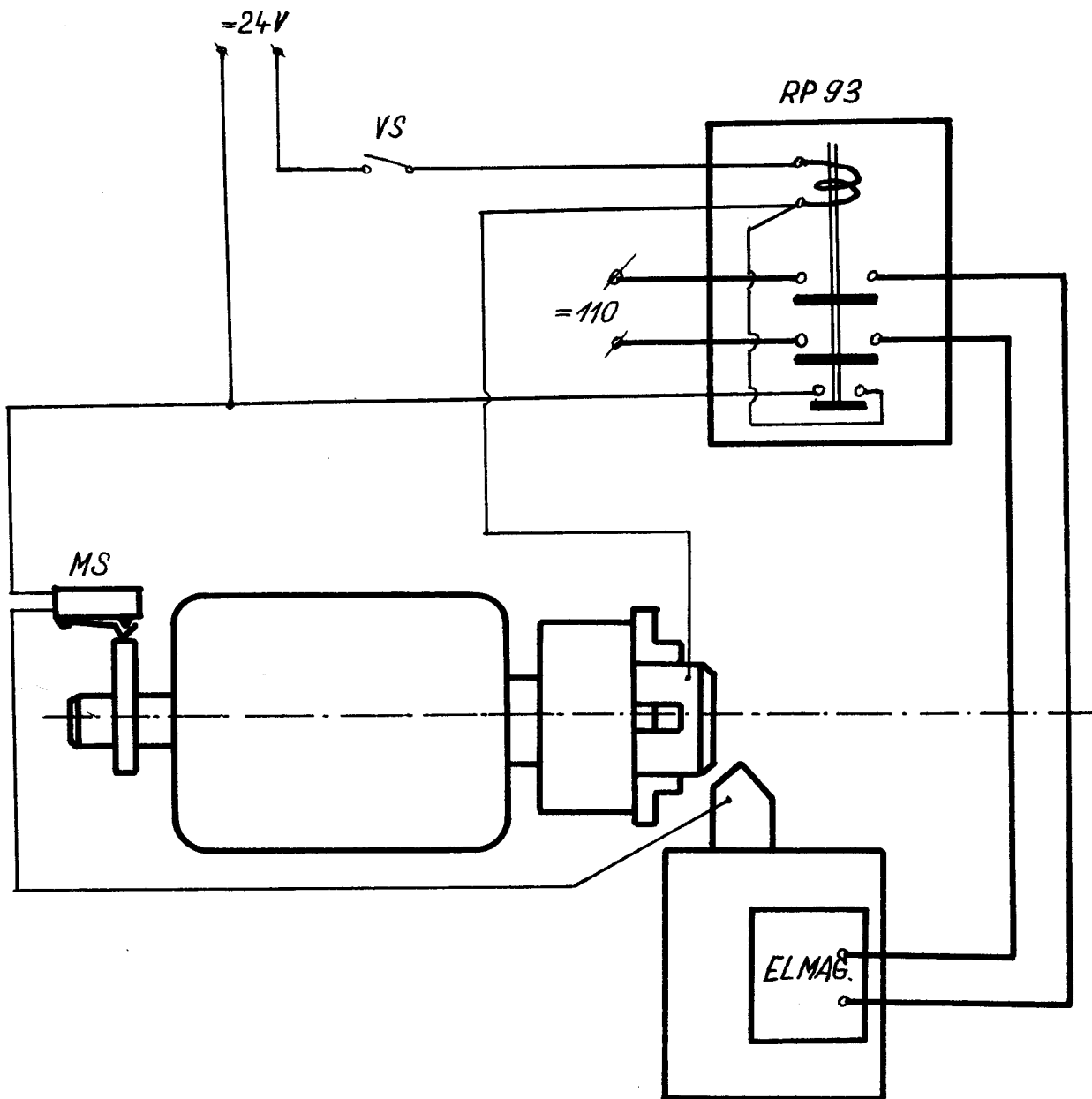
Miroslav Urban

VŠST LIBEREC	Tvoření třísky v přechodové fázi	DP $\frac{350}{65}$ STR. 69
		9. ŘÍJNA 1965
		MIROSLAV URBAN
Seznam použité literatury		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Zorev N.M. Mechanika processa rezanija metalov Moskva, Mašgiz 1956 2. Okushima K. a Hitomi K. Transitionál Phenomenon in Metal Cutting, "Bulletin of JSME" 4, 1961, č. 14 3. Gappisch M. a Schilling W. Spanbildung und Werkzeugverschleiss bei der Bearbeitung von Stahl mit Hartmetall- drehwerkzeugen I+II "Industrie - Anzeiger", 1962, č. 89 + č. 98 4. Dlouhý M. a kolektiv. Slinuté karbidy pro obrábění Praha SNTL 1964 5. Přikryl Z. a kol. Obrábění I. díl "Technologie obrábění". Praha SNTL 1957 6. Nykrýn B. Diplomová práce Liberec VŠST 1964 		

THE

LIBRARY

LIBRARY



MÁPÍTKO	Kreslí	<i>M. Huban</i>	Č. náčrtu	_____	Datum	posl. čís	přev. číslo
	Projedl			_____			
	Norm. rel.			_____			
	Výr. projekt	Schválí		_____			
		Dne 9. 10. 1965.	Č. kresl.	_____			

VŠST
LIEDEC

BLOKOVÉ SCHEMA
PŘERUSOVAČE

DP-ST-350-65

počet listů

list

Poč. kusů	Název-Rozměr	Polotevar	Mater.koneč.	Poznámka	Pos
1	ZÁVĚR		15230		27
1	NÁBOJOVÁ KOMORA		15230		28
1	NÁBOJ ø 9				29
1	ŠROUB M 6 / 15		ČSN/021185		30
1	STAVĚCÍ POUZDRO		11600		31
1	VÍKO VÁLCE		15230		32
1	PRYŽOVÝ TLUMIČ		GUMA		33
4	ŠROUB M 12 / 35		ČSN-021101		34
1	TLAKOVÝ VÁLEC		15230		35
1	KOLÍK		702 D		36
4	ŠROUB M 12 / 40		ČSN-021151		37
1	POUZDRO ø 28 / 45		19131	KALIT	38
1	ROZPĚRNÝ KROUŽEK		11600		39
1	POUZDRO ø 28 / 45		19131	KALIT	40
1	TLUMIČ		11833		41
1	PERO 3 / 5 / 30		ČSN-301382		42
1	POUZDRO ø 28 / 44		19131		43
1	TLUMÍCÍ GUMA		GUMA		44
2	PODLOŽKA		11340		45
4	ŠROUB M 6 / 15		ČSN-021146		46
1	PODLOŽKA		11340		47
2	ŠROUB M 8 / 35		ČSN-021139		48

Měřtko	Kreslí	<i>M. Huban</i>	Č. kontrolní	Datum	Měřítko	Č. kresla
	Étápovětel					
	Norm. list					
	Výp. pracovní					
		9.10.1965.	Č. kresla			

VŠST LIBEREC	Št. číslo	Št. číslo	Št. číslo	Nový výčet
	KUSOVNÍK			

Poř. kusů	Název-Rozměr	Polotevar	Mater.koneč	Poznámka	Pos
1	SKLÁPĚČÍ NŮŽ		11 600		1
2	PŘÍRUBA Ø 53/30		11 600		2
2	LOŽISKO		ČSN/024722		3
1	ČEP Ø 22/100		12020		4
1	PRAVÁ STOJNA		11600		5
1	LEVÁ STOJNA		11600		6
4	ŠROUB M12/35		ČSN-021131		7
1	ZÁKLADOVÁ DESKA		11600		8
4	ŠROUB M8/15		ČSN-021151		9
1	PATKA		11600		10
1	ŠROUB M10		11600		11
1	PRUŽINA Ø 39/120		13250		12
1	ČEP Ø15/17		11600		13
1	HORNÍ DESKA		11600		14
4	ŠROUB M12/40		ČSN-021303		15
3	PODLOŽKA Ø 6/2		ČSN-021730		16
3	ŠROUB M6/15		ČSN-021303		17
1	PRUŽINA Ø 58 / 135		13250		18
1	OPĚRNÁ MATICE		11600		19
1	ŠROUB M 12 / 120		11600		20
1	ÚHELNÍK L 30 / 60 / 4		ČSN-1214/VI		21
1	ELEKTROMAGNET		B8Č		22
1	PÁKY SPOUŠTĚ		11600		23
1	ÚDERNÍK		15230		24
1	ŠROUB M 18		11600		25
1	PRUŽINA Ø 14 / 30		13250		26

Měřitko	Kresl:	<i>M. Mlýnský</i>	C. změny	D. úpravy	E. doplňky	F. změny	G. změny
	Průběh čísel						
	Techn. rel.						
	Výř. kontrola	Šedivý dne 9. 10. 1966.					

VŠST LIBEREC	Typ	Skupina	Název	DP-ST-350-65	Líst 1
			KUSOVNÍK		