

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie**

**Vliv nastavení soustružnické VBD na utváření třísky**

**The Effect of Setting Turning Inserts on Chipping**

**Student:**

**Lukáš Vymazal**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

**Ostrava 2016**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Vymazal**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Vliv nastavení soustružnické VBD na utváření třísky**  
**The Effect of Setting Turning Inserts on Chipping**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Geometrie nástroje a její vliv na proces obrábění.
3. Návrh nové geometrie vybrané VBD.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.

### Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] HUMÁR, A.; PÍŠKA, M. *Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály*. MM Průmyslové spektrum, Speciální vydání, 2004, 110 s. ISSN 1212-2572.  
[2] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.  
[3] ČEP, Robert. *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky v podmínkách přerušovaného řezu – disertační práce*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava Fakulta strojní, 2005. 101 s.  
[4] WHITNEY, E. Dow. *Ceramics Cutting Tools – Materials, Development and Performance*. Gainesville, Florida : Noyes Publication New Jersey, 1994, 350 p. ISBN 0-8155-1355-0.  
[5] VASILKO, Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

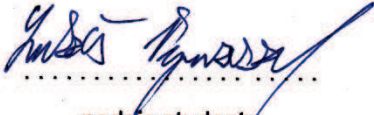


  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího ročníkové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě 16.5.2016

  
.....  
podpis studenta

## Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z jiné strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16.5.2016.

  
.....  
podpis studenta

Adresa trvalého bydliště autora práce:

Lukáš Vymazal

Horova 1726/4

Šumperk 787 01

## Anotace bakalářské práce

Vymazal, L. *Vliv nastavení soustružnické VBD na utváření třísky*: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenská metrologie, 2016, 44 s. Vedoucí práce: doc. Ing. V. Vrba, CSc.

Hlavním cílem Bakalářské práce je testování vlivu nastavení soustružnické výměnné břitové destičky na utváření třísky. Práce je tvořena ve spolupráci se společností Pramet Tools, s.r.o.. První část tvoří teoretický základ dané problematiky, stručnou charakteristiku soustružení, geometrií břitu a vlivy ovlivňující tvar třísky při obrábění. Dále tato část obsahuje představení výše uvedené firmy a její historie. Druhá část je zastoupena hlavním přínosem a poznatky této práce. Jedná se o praktické výstupy na základě předem stanovených hodnot a kritérií.

### **Klíčová slova**

Strojírenství, obrábění, soustružení, úhel nastavení břitové destičky, utváření třísky

## Annotation of the bachelor's these

Vymazal, L. *The Effect of Setting Turning Inserts on Chipping*: Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Working and Assembly, 2016, 44s. Thesis head: doc. Ing. V. Vrba, CSc.

Main objective of this bachelor's thesis is testing the effect of setting turning insert on chipping. Thesis was working in cooperation with company Pramet Tools, s.r.o.. First part contains teoretic base of this problem, compendious characterization of turning, geometry of cutting edge and the effecs influencing profile of chip upon turning. Next part contains introduction higher showing company and history of company. Second part is subtitled mainly contribution and pieces of knowledges of the thesis. It discuss about practical results based on defined values and criteria in advance.

### **Key words**

Machinery, machining, turning, angle adjustment of the cutting insert, chip molding

# Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>9</b>
<b>1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA DANÉHO PROBLÉMU .....</b>	<b>9</b>
1.1 DĚJINY OBRÁBĚNÍ .....	10
1.2 PROCES OBRÁBĚNÍ .....	10
1.3 SOUSTRUŽENÍ .....	12
1.3.1 Využití pracovních úhlů .....	13
<b>2. SPOLEČNOSTI DORMER PRAMET .....</b>	<b>15</b>
2.1 HISTORIE FIRMY PRAMET TOOLS, S.R.O. A DORMER .....	15
<b>3. GEOMETRIE NÁSTROJE A JEJÍ VLIV NA PROCES OBRÁBĚNÍ.....</b>	<b>16</b>
3.1 GEOMETRIE BŘITU PRO SOUSTRUŽENÍ .....	16
3.2 VLIVY OVLIVŇUJÍCÍ TVAR TŘÍSKY .....	16
3.3 VOLBA TYPU NÁSTROJE A VYMĚNITELNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY.....	20
3.3.1 Upínací systém vyměnitelné břitové destičky.....	20
3.3.2 Velikost a typ držáku .....	21
3.3.3 Tvar vyměnitelné břitové destičky.....	22
3.3.4 Velikost vyměnitelné břitové destičky .....	22
3.3.5 Poloměr špičky ( $r_e$ ).....	23
3.3.6 Typ a geometrie vyměnitelné břitové destičky.....	24
3.3.7 Řezný materiál.....	25
3.3.8 Řezné podmínky .....	27
<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>28</b>
<b>4. NÁVRH NOVÉ GEOMETRIE VYBRANÉ VBD .....</b>	<b>28</b>
4.1 Typ VBD použité při zkouškách.....	28
4.2 Druh povlakového materiálu.....	29
4.3 Obráběný materiál .....	29
4.4 Zkušební stroj CNC Soustruh MAS S 80i Standard .....	30
4.4 Zkušební podmínky a testovací parametry .....	31
<b>5. DISKUSE EXPERIMENTŮ .....</b>	<b>32</b>
5.1 Zkouška č. 1 – Protokol 338 068-1 .....	33
5.2 Zkouška č. 2 – Protokol 338 068-2 .....	34
5.3 Zkouška č. 3 – Protokol 338 068-3 .....	35
5.4 Zkouška č. 4 – Protokol 338 068-4 .....	36
<b>6. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>37</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>38</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK .....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>42</b>

## Seznam použitého značení a zkratek

D	velký průměr	[mm]
H	velikost nastavení břitu pod nebo nad osou	[mm]
$P_{fe}$	pracovní rovina základní, boční	[-]
$P_{ne}$	pracovní rovina základní, normální	[-]
$a_p$	hloubka řezu	[mm]
$f_n$	posuv na otáčku	[mm.ot <sup>-1</sup> ]
h	tloušťka třísky	[mm]
$l_a$	šířka třísky	[mm]
$v_c$	řezná rychlost	[m.min <sup>-1</sup> ]
$v_e$	pracovní rychlost	[m.min <sup>-1</sup> ]
$v_f$	posuvová rychlost	[m.min <sup>-1</sup> ]
$r_\epsilon$	poloměr špičky	[mm]
$\alpha$	úhel hřbetu	[°]
$\alpha_f$	nástrojový úhel hřbetu v rovině boční	[°]
$\alpha_{fe}$	pracovní úhel hřbetu v rovině boční	[°]
$\beta$	úhel obráběné tvarové plochy	[°]
$\gamma$	úhel čela	[°]
$\gamma_o$	nástrojový úhel čela v rovině ortogonální	[°]
$\gamma_f$	nástrojový úhel čela v rovině boční	[°]
$\gamma_{fe}$	pracovní úhel čela v rovině boční	[°]
$\gamma_{oe}$	pracovní úhel čela v rovině ortogonální	[°]
$\eta$	úhel řezného pohybu	[°]
$\kappa$	úhel nastavení hlavního ostří	[°]
$\kappa'$	úhel nastavení vedlejšího ostří	[°]
$\lambda_s$	úhel sklonu ostří	[°]
$\pi$	Ludolfovo číslo (konstanta)	[3,141592]
$\varphi$	rovina stříhu	[-]

# Úvod

Bakalářská práce je zpracována ve spolupráci s firmou Pramet Tools, s.r.o.. Jedná se o společnost s dlouholetou tradicí, která je již v dnešní době skloňována po celém světě. Hlavní předností firmy je vývoj, výroba a následný prodej nástrojů pro obrábění – soustružení, frézování, vrtání.

Každému řeznému materiálu odpovídá určitý rozsah optimálních řezných parametrů, díky kterým se využívá maximální trvanlivosti a životnosti při procesu obrábění. Tato bakalářská práce zkoumá vlivy nastavení vyměnitelné břitové destičky vůči obráběnému materiálu. V dnešní době se nejčastěji používá nastavení vyměnitelné břitové destičky při procesu soustružení k podélné ose obrobku. Jaké ale budou výsledky, pokud soustružení probíhá pod osou nebo nad osou obrobku? Za použití různých posuvových rychlostí a hloubek řezu se ve druhé praktické části této práce dozvíte výsledky z jednotlivých zkoušek.

Předpokladem této práce je nalezení nejefektivnějšího parametru nastavení řezné hloubky a podélného posuvu, díky testování jedné vybrané vyměnitelné břitové destičky. Tento parametr bude mít v konečném důsledku největší kladný vliv na destičku samotnou a též na obráběný materiál.



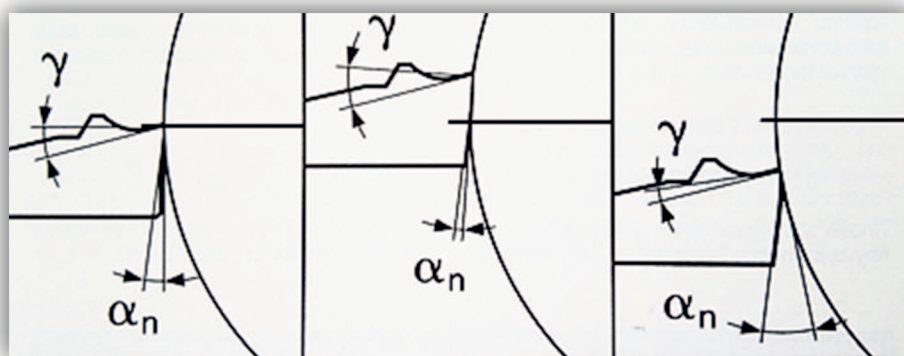
# Teoretická část bakalářské práce

## 1. Obecná charakteristika daného problému

V dnešní době lze nalézt rozsáhlé množství publikací a teorií, které poukazují na příčiny a následné účinky řezné geometrie na vznik třísky. Jednou z teorií, která se potvrdila i v praxi, je nastavení velkého úhlu čela, což je důsledkem menšího svinování třísek, které se utváří tímto způsobem, díky většímu zaoblení. Převážným činitelem při tvorbě třísky a jejího vzniku je volba obráběného materiálu. U měkkých a tažných materiálů je tříska držena pohromadě a vytváří nejrůznější plynulé tvary nebo tzv. chomáče. Naopak u tvrdších materiálů se utváří drobná tříska.

Při obrábění existuje mnoho dalších faktorů, které mohou ovlivnit utváření třísek. Mezi tyto faktory patří řezné síly, vibrace, pevnost nástroje, teploty a v neposlední řadě nastavení vyměnitelné břitové destičky vůči obráběnému materiálu. S tímto posledním parametrem nastavení se budu zabývat hlavně v praktické části této práce.

Nastavení polohy nástroje je velmi důležité a může mít velmi příznivý vliv na efektivitu obrábění. Pokud nastavíme úhel čela nad osu obrobku, tak se tento úhel přímou úměrou zvětšuje. Následně při tomto nastavení se úhel hřbetu zmenšuje. Pokud je úhel hřbetu příliš malý, tak je břit tlačěn na obrobenou plochu. V takovém případě se může stát, že se břit ulomí. Nastavením břitu příliš nízko se vystavujeme problému, kdy v ose zůstává velký zbytkový výstupek tzv. čep. Proto jsme se rozhodli nastavit polohu nástroje mimo osu o  $\pm 1$  mm.

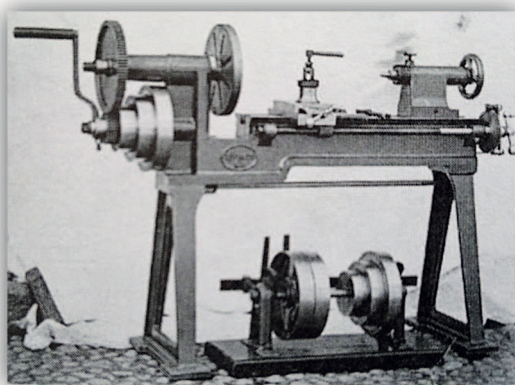


Obrázek 1 – Nastavení polohy nástroje [1]

## 1.1 Dějiny obrábění

Obrábění je věda s historií, která z dnešního pohledu není ještě vůbec tak stará. Podstatná část tohoto vývoje se odehrávala ve stejném čase jako průmyslová revoluce, probíhající v 18. a 19. století, aby pak ve 20. století došlo k jeho podstatnému zrychlení. [1]

Dominujícím materiálem bylo do 18. století dřevo. Obrábění kovů na strojích bylo málo rozšířené a značně nevyzrálé. Do 19. Století se obrábění kovů omezovalo na kovářské práce, až do okamžiku, kdy byl k dispozici mechanický pohon strojů, jehož zdrojem byl nejprve parní stroj a později elektromotor. [1]



Obrázek 2 - Soustruh s řemenovým pohonem [1]

## 1.2 Proces obrábění

V dnešní době se téměř všechny problémy v procesu obrábění zredukovali výhradně na utváření třísky. Avšak v pořadí na prvním místě se klade největší důraz na dosažení ideálně obrobenej a čistej plochy dle předepsaných rozměrů. Obrábění je tedy záležitostí kontrolovaného odchodu třísky a v případě nutnosti i lámání třísky. [1]

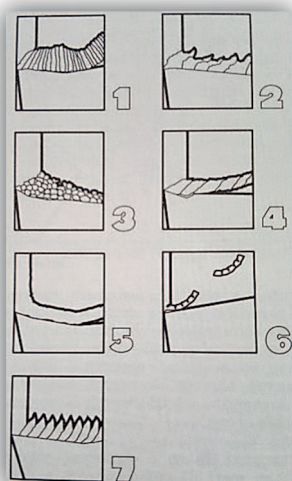
Rozhodujícím prvkem, který se projevuje na kvalitě výrobků, jsou vznikající teploty a síly. Při dosažení určité výše teploty, může tato hodnota negativně působit na řezný materiál břitu. Zatím co výkon a stabilitu procesu obrábění ovlivňují síly. O kontrolovatelnosti teplot, sil a utváření třísky, při určitých podmínkách obrábění rozhoduje pouze tvar břitu. Rovněž takové vlastnosti, jakými jsou trvanlivost a bezpečnost břitu, jsou ovlivňovány geometrií břitu. [1]

U standartního obrábění kovového materiálu jedním břitem, přetváří nástroj část materiálu obrobku a odděluje jej v podobě třísky. Čím více se bude plocha obrobku přibližovat k břitu, ze kterého bude utvářena tříska, tím větší narůst smykového napětí na něm vzniká. [1]

Hlavní příčinou oddělení třísky od obrobku je překročení meze kluzu materiálu obrobku a tím nastartování deformace pružné a plastické. Tvar třísek se značně mění podle druhu obráběného materiálu, mají ale za následek kontinuální tok oddělených částic lamelovitého tvaru. [1]

Zóna mezi třískou a obrobkem, která se nachází mezi již deformovaným a dosud nedeformovaným materiálem se nazývá rovinnou stříhu ( $\varphi$ ). Tato zóna probíhá vůči obrobku pod určitým úhlem. [1]

### Hlavní typy utváření třísky:



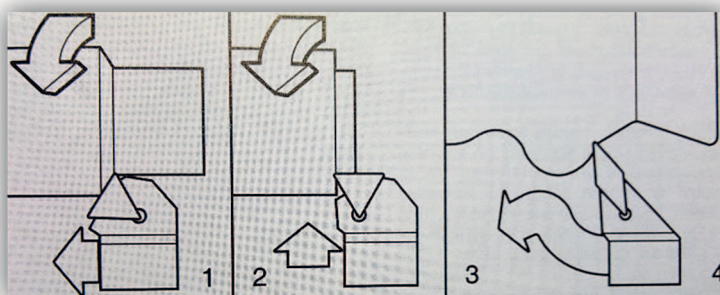
Obrázek 3 - Hlavní typy utváření třísek [1]

- (1) plynulá soudržná článkovitá tříska (většina ocelí)
- (2) lamelovitá tříska (korozi vzdorné ocele)
- (3) tvářená elementární tříska (litiny)
- (4) nepravidelně článkovitá tříska (vysokolegované materiály)
- (5) soudržná tříska (obrábění hliníku)
- (6) dělená segmentová tříska (obrábění tvrdých materiálů)
- (7) plynulá segmentová tříska (titanu)

## 1.3 Soustružení

Soustružení je proces obrábění, který se provádí většinou pomocí jednobřítých nástrojů různého provedení, výsledkem jsou součástky válcovitého tvaru. Řezný nástroj je ve většině případů pevný, zatím co obrobek rotuje kolem své osy. Soustružení znamená obrábění na nejvyšší technické úrovni, je to proces, který vzhledem k různým faktorům současné různorodosti použití vyžaduje pečlivé vyladění. [1]

Pro volbu držáku rozlišujeme čtyři hlavní způsoby soustružení:



Obrázek 4 - Čtyři hlavní způsoby soustružení [1]

- 1) podélné soustružení
- 2) čelní soustružení
- 3) soustružení tvarů
- 4) kopírovací soustružení

Mimo výše uvedené druhy soustružení existuje ještě mnoho dalších kombinací, jedním z příkladů je obrábění osazení, obrábění přechodů mezi průměry a sražení hran, jedná se o varianty hlavních způsobů soustružení. [1]

Upnutý obrobek rotuje určitými otáčkami vřetene, to znamená při určitém počtu otáček za minutu. Řezná rychlost  $v_c$  se rovná obvodové rychlosti bodu na obvodě obrobku, tzn. že  $v_c$  je rychlost, kterou se pohybuje obvod obrobku ve směru proti břitu. Abychom získali hodnotu řezné rychlosti, musíme vynásobit obvod obráběného průměru otáčkami vřetene. [1, s.VI-4]

Řezná rychlost lze vypočítat pomocí vzorce:

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad (\text{m} \cdot \text{min}^{-1}) \quad (3.1.)$$

D: průměr obrobku (mm)

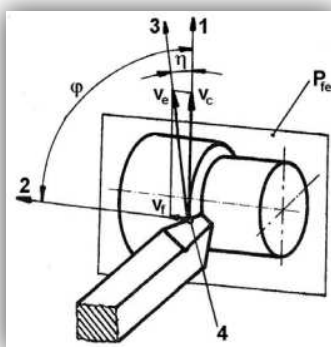
n: otáčky obrobku ( $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ )

$\pi$ : Ludolfovo číslo (3,141592...)

U dnešních moderních soustruhů se otáčky automaticky zvyšují tak, jak se nástroj pohybuje kolmo k ose obrobku, aby se tak vyrovnal vliv zmenšujícího se průměru. U velmi malých průměru není ovšem toto vyrovnání možné, protože rozsah otáček je limitován. I když má obrobek různé poloměry, kuželovité části nebo průměry, musí se řezná rychlost přizpůsobit, vůči změně tvaru obrobku. [1]

### 1.3.1 Využití pracovních úhlů

Soustružení válcové plochy za konstantních otáček obrobku  $n$  a konstantní posuvové rychlosti  $v_f$  bude řezná rychlost  $v_c$  a rychlost řezného pohybu  $v_e$  rovněž konstantní. Soustružení čelní plochy za konstantních otáček obráběného materiálu  $n$ , konstantní posuvové rychlosti  $v_f$ , se bude řezná rychlost  $v_c$  a rychlost řezného pohybu  $v_e$  v závislosti na aktuálním průměru obráběné plochy měnit. [2]

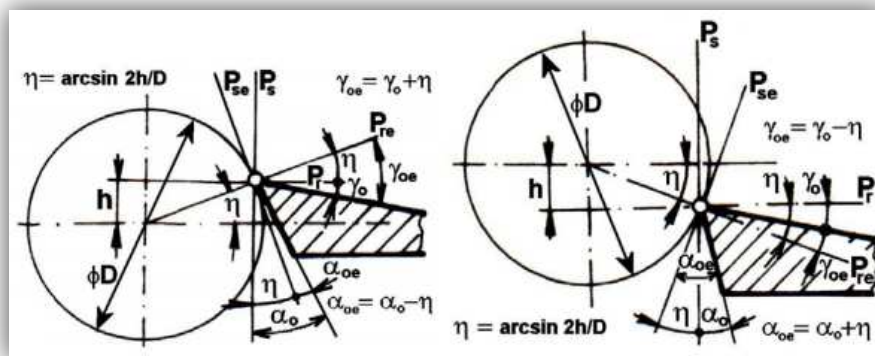


Obrázek 5 – Vektory pohybů při soustružení [2]

- 1 – Směr hlavního pohybu
- 2 – Směr posuvového pohybu
- 3 – Směr řezného pohybu
- 4 – Uvažovaný bod ostří

Pracovní úhly se při soustružení identifikují vzhledem k nástrojovým úhlům geometrie břitu, v závislosti na konkrétních podmínkách obrábění. [2]

Nástrojové úhly v pracovní rovině normálně rovině ostří  $P_{ne}$  v závislosti na nastavení břitu vzhledem k ose obrobku:



Obrázek 6 - Nastavení břitu vzhledem k ose obrobku [13]

Při podélném soustružení válcové plochy bude  $\gamma_{fe} = \gamma_f + \eta$ ,  $\alpha_{fe} = \alpha_f - \eta$ , avšak pro úhel řezného pohybu  $\eta$  platí  $\tan \eta = f/\pi \cdot D$ , kde  $f$  je posuv na otáčku obrobku a  $D$  je průměr obráběné plochy. [2]

Při nastavení pod osu obrobku bude  $\gamma_{oe} = \gamma_o - \eta$ ,  $\alpha_{oe} = \alpha_o + \eta$  a při nastavení břitu nástroje nad osu obrobku bude  $\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta$ ,  $\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta$ , přičemž pro úhel  $\eta$  platí  $\sin \eta = 2H/D$ , kde  $H$  je velikost nastavení břitu pod nebo nad osu obrobku. [2]

## 2. Společnosti Dormer Pramet

Společnost Dormer Pramet se svým zastoupením ve více jak 30 zemích světa je výrobcem a dodavatelem řezných nástrojů pro strojírenský průmysl. Skládá se z firem Pramet Tools s.r.o., Dormer, Safety, Impero a zaměstnává více jak 1500 kvalifikovaných zaměstnanců.

### 2.1 Historie firmy Pramet Tools, s.r.o. a Dormer

Počátek této společnosti se datuje k roku 1913, kdy se pánové H. A. Dormer a L. Robertson v anglickém Sheffieldu rozhodli založit firmu se 20 lidmi. Původně použitá značka pro spirálovité vrtáky Dormer, stejně pojmenovaná po jednom ze zakladatelů, se stala ve světě dobře známa, a proto se stala o rok později jako oficiální název společnosti. V roce 1933 vzniká firma Stellwag, která zahájila v Šumperku výrobu slinutých karbidů a nástrojů s přírodním diamantem. Na počátku 60. let Pramet zakládá svůj výrobní závod v Šumperku, kde navazuje na tradici výroby slinutého karbidu. Ve stejném období se Dormer stal předním výrobcem vrtáků v Evropě, který na své produkty aplikuje parní temperování. O pár let později se Dormer se svými 2500 zaměstnanci stává největším výrobcem šroubových vrtáků na světě. V roce 1993 se Dormer stává součástí skupiny Sandvik, jde o světového dodavatele kovových a keramických materiálů, výrobků a systémů pro průmyslové vytápění. O 6 let později tak činní i Pramet, který dále v roce 2003 dostal certifikaci integrovaného systému a životního prostředí. V roce 2007 se Dormer dále rozrůstá a spojuje se se společnostmi Precision a Union Butterfield v USA, Kanadě a Mexiku. Pramet se daří taktéž, kdy v roce 2011 se mu podařilo vyrobit 22,5 milionu destiček za rok. V roce 2013 se Pramet propojuje se společnostmi Impero a Safety. Hlavní mezník pro tyto společnosti představuje rok 2014, ve kterém propojili své síly a vzniká Dormer Pramet.



Obrázek 7 - Logo firmy [12]

### 3. Geometrie nástroje a její vliv na proces obrábění

#### 3.1 Geometrie břitu pro soustružení

Každá geometrie břitu má určitou oblast použití, ve které je utvářena tříska a stabilita břitu v přijatelných hodnotách. Kombinace rezného materiálu s geometrií břitu zajišťují stejnou použitelnost břitu pro četné varianty obrábění.

#### 3.2 Vlivy ovlivňující tvar třísky

Rychlost posuvu  $v_f$  (mm.min<sup>-1</sup>) je strojní posuv, při kterém je nástroj vedený různými směry vzhledem k obrobku. [1]

Posuv na otáčku  $f_n$  (mm.ot<sup>-1</sup>) je dráha, kterou urazí špička břitu při každé otáčce obrobku. Jedná se o klíčovou hodnotu, která určuje jakost obrobené plochy a zajišťuje, aby utváření třísky probíhalo v souladu s výkonem, určeným geometrií břitu. Tato hodnota neovlivňuje pouze tloušťku třísky, ale i kvalitu utvářené třísky. [1]

Hloubka řezu  $a_p$  (mm) je rozdíl mezi obráběnou a obrobenou plochou. Vezmeme-li za základ průměr neopracovaného obrobku a odečteme průměr obrobeného obrobku, musíme výsledek dělit dvěma. Hloubku řezu měříme vždy kolmo k ose posuvu, nikoli k břitu. [1]

Úhel nastavení hlavního ostří  $\kappa_r$  (°) - jakým způsobem, proniká břit nástroje do obrobku, závisí na velikosti úhlu hlavního ostří, který je ovlivňován směrem posuvu. Jedná se o úhel, tvořený hlavním ostřím vyměnitelné břitové destičky a směrem posuvu. [1]

Tento úhel je důležitý pro volbu soustružnického nože. Úhel nastavení hlavního ostří neovlivňuje jen utváření třísky, ale také má vliv na směr působení rezných sil, efektivní délku ostří, polohu břitu vůči obrobku a rovněž na to, jaké operace lze daným nástrojem provádět. Velikost úhlu hlavního ostří kolísá zpravidla v rozmezí 45° a 90°, ale pro kopírování a soustružení tvarů je často účelné použít úhel větší než 90°. [1]



Úhel nastavení hlavního ostří může být volen tak, aby nástroj mohl svou činnost vykonávat při různém směru posuvu. Tím se obrábění stává mnohostranným a můžeme dosáhnout snížení počtu nástrojů potřebných pro obrobení dané součásti. Případně může být břit opatřen delším ostřím. Tloušťku třísky lze zredukovat a tím zatížení břitu rozdělit na větší plochu. [1]

Tato skutečnost uděluje nástroji dostatečnou pevnost při vstupu a výstupu břitu do a z materiálu obrobku. Složky řezné síly mohou být směřovány takovým způsobem, aby zaručily stabilitu obrábění. To hraje rovněž důležitou roli při utváření a odchodu třísek. [1]

Při výstupu z obráběného materiálu ovlivňuje úhel nastavení hlavního ostří zatížení vyvolané poslední fází posuvu na zbývající materiál a změnu složky řezné síly působící na břit. [1]

Šířka třísky  $l_a$  (mm) odpovídá záběrové délce hlavního ostří. [1]

Tloušťka třísky  $h$  (mm) se měří kolmo k hlavnímu ostří. Tloušťka a šířka třísky jsou rozměry, které udávají teoretický záběr břitu do namáhaného materiálu. Při úhlu nastavení hlavního ostří  $90^\circ$  se hloubka řezu rovná šířce třísky. Tloušťka třísky se v tomto případě rovná posuvu na otáčku  $f_n$ . [1]

V případě úhlu nastavení hlavního ostří  $45^\circ$  při stejné rychlosti posuvu a hloubce řezu se zvětšuje efektivní délka ostří velmi výrazně. Tato délka je v porovnání s nástrojem  $90^\circ$  téměř o polovinu větší. Naopak tloušťka třísky je podstatně menší. [1]

Vhodnou volbou úhlu nastavení hlavního ostří můžeme ovlivnit trvanlivost vyměnitelné břitové destičky. Při menším úhlu nastavení ( $45^\circ$ ) tenčí tříška rozdělí zatížení po délce břitu a spotřebuje menší množství energie v porovnání s třískou větší tloušťky. Menší zatížení břitu je všeobecně výhodnější, což vysvětluje, proč se při obrábění těžce obrobitelných materiálů a obrábění přerušovaným řezem využívají častěji menší úhly nastavení hlavního ostří. [1]

Čas potřebný k obrobení součástky lze snížit tím, že zvýšíme posuv a použijeme úhel nastavení hlavního ostří menší než  $90^\circ$ . Zvýšení rychlosti posuvu způsobí výrazný nárůst produktivity obrábění, což vyvozuje zkrácením času obrábění a lepším využitím břitu. [1]

Tloušťka třísky se při zmenšování úhlu nastavení hlavního ostří a konstantním posuvu snižuje ve stejné míře, jakou se zmenšuje šířka při zmenšování úhlu nastavení hlavního ostří a konstantní hloubce řezu. Průřez třísky zůstává stejný bez ohledu na to, je-li úhel nastavení hlavního ostří menší nebo větší. [1]

Tabulka 1 - Ovlivnění parametrů při konstantní tloušťce třísky [1]

%	1	2	3
$\kappa^\circ$	f/h	h/f	$l_a/a_p$
90	100	100	100
80	102	99	102
75	103	97	103
60	110	87	110
45	141	71	141

Při použití soustružnického nože obecně platí, že by se mělo pracovat s maximální možnou hloubkou řezu při použití vhodného posuvu. Řezná rychlost slouží ke konečné optimalizaci řezných podmínek. [1]

Úhel nastavení vedlejšího ostří  $\kappa_r' (^\circ)$  by měl být přizpůsoben směru posuvu. Úhel nastavení hlavního ostří ovlivňuje směr působení řezných sil v horizontální rovině. Řezná síla je směřována na hlavní břit a působí svými složkami v radiálním a axiálním směru. [1]

U většího úhlu nastavení hlavního ostří vzniká větší axiální složka řezné síly a menší složka radiální. Tento poměr je při použití menšího úhlu nastavení hlavního ostří vyváжено. Na druhé straně by měla být volena větší axiální složka řezné síly tehdy, obrábí-li se štíhlé obrobky se sklonem k deformaci ohybem.[1]

Úhel nastavení hlavního ostří ovlivňuje společně s ostatními geometrickými parametry břitu směr odchodu třísky. I když je odchod třísky určován převážně úhlem čela, úhel nastavení hlavního ostří určuje, pod jakým úhlem tříška vůči obrobene ploše odchází. [1]

Jako základní pravidlo se udává, že by pro běžné soustružnické operace měl být používán úhel nastavení hlavního ostří v rozmezí od 60° do 87° v případě, že to připouští materiálové a technologické podmínky. [1]

Výsledkem obvykle bývá nejlepší možná trvanlivost břitu a produktivita obrábění. Pokud bychom sledovali tuto problematiku z jakéhokoliv hlediska, jsou úhly nastavení hlavního ostří této velikosti rozumným kompromisem. Na tomto místě je nutné znovu zdůraznit následující tři aspekty. Stabilita vycházející z vyvážených složek řezných sil, správně zvolenou rychlost posuvu za účelem dosažení vyšší produktivity a stability odpovídající poloměr špičky, který umožní dodržení vhodné tloušťky třísky při určité posuvové rychlosti. [1]

Čím ostřejší špička břitu je, tím je obvykle také slabší. Dále je možné rovněž říci, že při obrábění je nejslabším místem na břitu zpravidla jeho špička, případně poloměr špičky. V tomto místě se totiž koncentruje celý proces obrábění do plochy s relativně malým průřezem. Špička břitu je tím bodem, který při obrábění materiálu proniká do kovu a zachycuje nárazové namáhání. [1]

Velikost úhlu špičky se obvykle pohybuje v rozmezí 35° až 90°. Vyměnitelné břitové destičky kruhového průřezu mají však podstatně větší plochu na břitu, což znamená, že břit je velmi stabilní a tím také použitelný pro náročné způsoby obrábění. [1]

Poloměr špičky  $r_\epsilon$  (mm) je ohraničení obou břitů tečnami, které v průsečíku tvoří teoretickou špičku břitu. Z funkčního hlediska se snižuje ostrost a tím zeslabení špičky. Velikost poloměru špičky je velmi různá a přizpůsobuje se základním požadavkům soustružení pro různé druhy operací. Požadavky na poloměr špičky pro různé druhy operací se mohou velmi lišit. [1]

Jedním ze základních požadavků je stabilita, která je důležitá, aby velký průřez břitu lépe odolával velkým řezným silám vznikající při obrábění. Větší poloměr špičky rozdělí řez na větší délku břitu, což obecně zlepšuje trvanlivost. Taktéž u většího poloměru špičky je lepší odvod tepla. Tím dochází ke vzniku menšího poškození břitu vlivem kolísání teplot. [1]

Velikost poloměru špičky ovlivňuje rovněž jakost obrobené plochy obrobku. Jakost soustruženého povrchu je v podstatě výsledkem kombinace poloměru špičky a posuvu na otáčku. [1]

Úhel sklonu ostří  $\lambda_s$  ( $^\circ$ ) – úhel, pod kterým je v držáku vytvořeno lůžko destičky. Při pohledu ze strany nástroje je to úhel mezi základní rovinou držáku a ostřím břitové destičky. Úhel sklonu ostří musí být negativní, činí-li úhel břitu  $90^\circ$ . V tomto případě mluvíme o negativních vyměnitelných břitových destičkách. Kdyby vyměnitelná břitová destička s úhlem  $90^\circ$  nebyla sloněna, nevznikl by pod ostřím potřebný úhel hřbetu. [1]

Úhel hřbetu  $\alpha$  ( $^\circ$ ) je nezbytný k tomu, aby mohlo ostří řezat. [1]

Úhel čela  $\gamma$  ( $^\circ$ ) je úhel mezi plochou čela a myšlenou kolmicí k obráběné ploše. Jedná se o úhel, který naklání rovinu čela o určitou hodnotu, a po které následně odchází tříska. [1]

Oba tyto úhly jsou si rovny jen tehdy, koná-li nástroj posuv kolmo k ose rotace obrobku. Například při určitých operacích čelního soustružení drážek, nebo také při upichování, při kterých činí úhel nastavení hlavního ostří  $0^\circ$ . [1]

### 3.3 Volba typu nástroje a vyměnitelné břitové destičky

Před zahájením každého procesu obrábění soustružnickými noži musí být vybrány určité komponenty.

#### 3.3.1 Upínací systém vyměnitelné břitové destičky

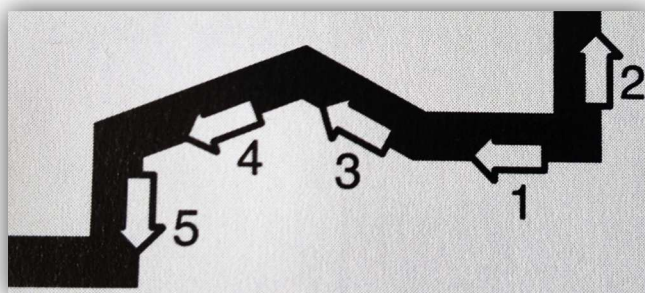
Nejprve by měl být zvolen upínací systém vyměnitelné břitové destičky. Držáky jsou konstruovány takovým způsobem, aby s nimi bylo možné dosáhnout optimálního výkonu za různých okolností, obvykle v celé šíři oblasti jejich použití. Druh operace a v určitém rozsahu také velikost obrobku určují volbu upínacího systému vyměnitelné břitové destičky. [1]

Při volbě upínacího systému vyměnitelné břitové destičky, nelze zohlednit použití speciálně pro každý druh, zvláště když se jednotlivé systémy v některých oblastech překrývají. Pro každý systém je však uvedeno, jakému všeobecnému účelu slouží. V každém případě se doporučuje používat moderní upínací systémy typu T-Max P a T-Max U. [1]

### 3.3.2 Velikost a typ držáku

Jakmile je určen systém upnutí vyměnitelné břitové destičky, určíme velikost a typ držáku. Volba je ovlivňována různými faktory: reznými podmínkami, směrem posuvu, upnutím obrobku a nástroje ve stroji. Při soustružení tvarů je rozhodující tvar obrobku. [1]

Operace, které se skládají z dílčích operací, je vhodné rozdělit tak, aby bylo možné posoudit, jaký typ držáku nejvíce vyhovuje. Takovou operaci lze rozdělit: na podélné soustružení, čelní soustružení, kopírování do materiálu, kopírování směrem z materiálu a čelní soustružení ve směru od osy k povrchu obrobku. V případě tvarové soustružení oblých součástí se jedná o obrábění, které je určitým druhem kombinace kopírování směrem do a z materiálu. Avšak je nutné ověřit, jaké kombinační možnosti nebo alternativní uvedené způsoby obrábění poskytují, aby bylo možné snížit počet použitých typů nástrojů na minimum pro dosažení optimálního výkonu obrábění. [1]



Obrázek 8 - Dílčí operace obrábění [1]

Typy držáků jsou určovány úhlem špičky, které jsou dány tvarem použité vyměnitelné břitové destičky a úhlem nastavení hlavního ostří. Pokud vycházíme z velikostí těchto úhlů, nutno řešit otázky, týkající se rezných sil, stability břitu a přístupu k nástroji. [1]

Velmi důležité je zvolit co největší držák, který je možné na daném stroji upnout. Důvodem je zmenšení poměrného vyložení nože a získání nejvyšší možné tuhosti ve prospěch stability břitu. Velikost držáku by rovněž měla odpovídat velikosti vyměnitelné břitové destičky, podle které by se měla určovat aktivní délka ostří. Zásadně by měl být zvolen nejmenší možný úhel nastavení hlavního ostří, který je možné s ohledem na obrábění použít. [1]

### 3.3.3 Tvar vyměnitelné břitové destičky

Tvar vyměnitelné břitové destičky by měl být v souladu s úhlem nastavení hlavního ostří a přípustností, případně mnohostranností použitelnosti soustružnického nože. Z důvodů stability a hospodárnosti bychom se rovněž měli rozhodnout pro takovou vyměnitelnou břitovou destičku, která má větší úhel špičky. [1, s.VI-42]

Při kopírování tvarů směrem do materiálu nesmí být překročen maximální úhel  $\beta$  obráběné tvarové plochy. Rovněž musí být zaručen minimální úhel hřbetu  $2^\circ$  mezi vyměnitelnou břitovou destičkou a obrobkem. [1, s.VI-42]

### 3.3.4 Velikost vyměnitelné břitové destičky

Velikost vyměnitelné břitové destičky souvisí bezprostředně s držákem, který byl pro obrábění zvolen. Velikost držáku, úhel nastavení hlavního ostří a tvar vyměnitelné břitové destičky jsou již určeny. Tím, že byla zvolena velikost držáku s lůžkem pro speciální tvar a velikost vyměnitelné břitové destičky, byl také předem stanoven tvar a velikost vyměnitelné břitové destičky. [1, s.VI-43]

Při volbě velikosti vyměnitelné břitové destičky musí být zohledněna největší hloubka řezu, která má být zvoleným nožem obráběna. [1, s.VI-43]

Musí být stanovena aktivní délka ostří ( $l_a$ ). V případě úhlu nastavení hlavního ostří  $90^\circ$  odpovídá aktivní délka břitu přesně hloubce řezu. Je-li úhel nastavení hlavního ostří ( $45^\circ$ ), je aktivní délka ostří téměř jeden a půl krát větší, než hloubka řezu. [1, s.VI-43]

Při volbě velikosti vyměnitelné břitové destičky je nutné zohlednit dva vzájemně si odporující faktory: spolehlivost obrábění a náklady. Větší vyměnitelné břitové destičky s větší tloušťkou jsou sice dražší, zaručují však větší spolehlivost břitu. Toto hledisko převládne zvláště u náročných hrubovacích operací, nebo při obrábění přerušovaným řezem. [1, s.VI-43]

Je-li aktivní délka ostří vyměnitelné břitové destičky menší než hloubka řezu, doporučuje se zvolit větší břitovou destičku, nebo změnit hloubku řezu. Abychom získali větší spolehlivost při hrubovacích operacích, měla by se použít větší břitová destička s větší tloušťkou. Při soustružení proti osazení se může hloubka řezu krátkodobě značně zvětšit. Tato skutečnost vyžaduje buď použití větší vyměnitelné břitové destičky, nebo zařazení dodatečné operace čelního soustružení, aby nedošlo k ohrožení spolehlivosti obrábění. [1, s.VI-46]

### 3.3.5 Poloměr špičky ( $r_e$ )

Poloměr špičky vyměnitelné břitové destičky je klíčovým faktorem pro stabilitu při hrubování, stavu povrchu při obrábění načisto. [1, s.VI-47]

Velikost poloměru ovlivňuje dále i chování nástroje při vibracích a rychlostech posuvu. Poloměr špičky tvoří přechod mezi hlavním a vedlejším ostřím, je při procesu obrábění, kde má podstatný vliv na výsledek obrábění. [1, s.VI-47]

Zvolení co největší poloměr špičky za účelem zaručení nejvyšší možné míry stability, je všeobecně platným pravidlem pro hrubovací operace. Větší poloměr špičky sice umožňuje vyšší rychlost posuvu, je však nutné mít na zřeteli nebezpečí vzniku vibrací. Vyměnitelné břitové destičky se vyrábějí s velkým množstvím různých poloměrů špičky. Velikosti používané nejčastěji při hrubování jsou 1,2 až 2,4 mm. [1, s.VI-47]

*Tabulka 2 - Stanovení velikosti posuvu pro hrubování [1]*

$r_e$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
$f$	0,12-0,25	0,25-0,5	0,36-0,7	0,5-1,0	0,7-1,6

Při stanovení velikosti posuvu pro hrubovací operace je nutné dodržet určitou hranici hodnot posuvu v poměru k velikosti poloměru špičky. Maximální hodnoty s doporučenými rozsahu posuvů pro nejběžnější poloměry špiček jsou uvedeny v tabulce nahoře. Zpravidla by měla hodnota posuvu na otáčku při hrubování činit přibližně polovinu velikosti poloměru špičky. [1, s.VI-47]

Při soustružení načisto určuje poloměr špičky společně s rychlostí posuvu stav a jakost obrobeného povrchu obrobku. Největší podíl práce při obrábění načisto vykonává špička břitu. [1, s.VI-47]

Ze součinnosti poloměru špičky a posuvu při obrábění načisto je možno vydedukovat, že posuv by měl být zvolen tak, aby nepřesáhl určitou hodnotu, nutnou k docílení uspokojivé jakosti obrobeného povrchu. Jako směrný údaj se doporučuje: posuv = maximálně 1/3 poloměru špičky. [1, s.VI-47]

### 3.3.6 Typ a geometrie vyměnitelné břitové destičky

Pro optimální plnění různých úkolů obrábění ve výrobě byl vyvinut velký počet typů vyměnitelných břitových destiček. Charakteristickým znakem pro tyto vyměnitelné břitové destičky je geometrie břitu. Nejrozličnější řezné podmínky a materiály určující vzájemně velmi odlišné požadavky na břit, například při obrábění hliníku jsou tyto podmínky zcela jiné, než při obrábění kalené oceli. [1, s.VI-49]

Volba správné geometrie břitu je určována pracovní oblastí operace a materiálem obrobku. Dalšími faktory, které ovlivňují volbu, jsou: stroje, výkon, stabilita upnutí, obrábění kontinuálním nebo přerušovaným řezem a sklon k vibracím. [1, s.VI-50]

Způsoby obrábění soustružením lze rozdělit do pracovních oblastí. V rámci těchto oblastí se opracovávají materiály a obrobky na přesný rozměr a specifickou jakost obrobeného povrchu, nebo na kombinaci obou veličin. [1, s.VI-50]



### **Pracovní oblasti pro vnější soustružení:**

Jemné soustružení načisto:  $f = 0,05-0,15$  mm;  $a_p = 0,25-2,0$  mm

Obrábění na čisto:  $f = 0,1-0,3$  mm;  $a_p = 0,5-2,0$  mm

Lehké obrábění:  $f = 0,2-0,5$  mm;  $a_p = 2,0-4,0$  mm

Střední hrubování:  $f = 0,4-1,0$  mm;  $a_p = 4,0-10,0$  mm

Těžké hrubování:  $f > 1,0$  mm;  $a_p = 6,0-20,0$  mm

Dalším faktorem, ovlivňujícím volbu geometrie břitu, je materiál obrobku. Existuje několik materiálů, které jsou členěny podle různých národních norem. Jedna z těchto norem je klasifikace materiálů firmy Coromant (CMC), která shrnuje různé materiálové skupiny a označuje je čísly. [1]

### **Rozlišujeme šest hlavních skupin materiálů obrobků:**

- (1) Materiál, který tvoří dlouhou třísku (patří k nim většina ocelí)
- (2) Korozivzdorné oceli
- (3) Materiály tvořící krátkou třísku (například šedá litina)
- (4) Žáropevné slitiny
- (5) Měkké materiály (slitiny hliníku)
- (6) Tvrdé materiály (tvrdé druhy slitiny  $> 400$  HB)

### **3.3.7 Řezný materiál**

Nakonec následuje volba řezného materiálu, který má pro funkci břitu velký význam. Uživatel má dnes mimořádně velké množství možností a navíc ještě dochází k průběžnému zlepšování řezných materiálů. Vývoji řezných materiálů a následovně výrobních technologií, přisuzují výrobci nejvyšší priority. Hlavními kategoriemi řezných materiálů pro moderní soustružení jsou: [1, s.VI-52]

- Povlakované slinuté karbidy (GC)
- Řezná keramika (CC)
- Nepovlakované slinuté karbidy (C)
- Kubický nitrid bóru (CB)
- Cermety (CT)
- Polykrystalický diamant (CD)

Povlakované druhy slinutých karbidů (GC) hrají důležitou roli v moderním obrábění a jsou často nejlepší alternativou pro četné operace soustružení. Jsou vhodné pro široké spektrum obráběných materiálů ve všech pracovních oblastech a jsou normalizovány dle ISO. Soustružení oceli je ve velké míře ovládáno povlakovanými druhy slinutých karbidů, ale těmito druhy lze také obrábět šedou litinu a zvláště korozivzdorné oceli. [1, s.VI-52]

Povlakované slinuté karbidy jsou zařazeny buď v hlavních skupinách, nebo existují jako doplňující druhy a druhy pro speciální účely. Pro většinu soustružnických operací jsou při volbě rezného materiálu tyto destičky na prvním místě. Zatím co povlakované druhy pokrývají většinu operací, jsou nepovlakované druhy slinutých karbidů (C) v současné době specializovány především na některé mezní oblasti soustružení. Vyznačují se vlastnostmi, které je činí vhodnými speciálně pro obrábění žáruvzdorných materiálů, jako například slitin na bázi niklu. [1, s.VI-52]

Dalším rezným materiálem jsou cermety (CT). Jedná se o slinuté karbidy na bázi titanu, které se používají od lehkých hrubovacích operací, až po obrábění načisto. Pokud se jedná o obráběcí stroj a obráběné součásti, měly by se cermety používat při vhodných podmínkách obrábění. Cermety jsou „specialisty“ na jemné obrábění na čisto a zajišťují vysokou kvalitu obrobeného povrchu. [1]

Keramické rezné materiály (CC) tvoří skupinu, která má velký rozsah použití sahá od některých způsobů obrábění šedé litiny a ocelí, až po kalené oceli a specializované obrábění žáruvzdorných materiálů. Soustružení keramickým rezným materiálem může například nahradit operace broušení. [1]

Výkon keramických rezných materiálů při obrábění je vynikající. Povlakovaná keramika je novým rezným materiálem a může být ve většině případů použita s cílem prodloužit trvanlivost břitu a zlepšit dodržení předepsaných tolerancí na výkresech. [1]

Kubický nitrid bóru (CB) je velmi tvrdý řezný materiál, který se používá pro soustružení tvrzené litiny, slitin na bázi niklu a kobaltu a kalené oceli. Požadavky na podmínky použití a kvalitu břítu jsou velmi vysoké. Ve srovnání se slinutým karbidem a keramikou zajišťují vyšší produktivitu a delší dobu trvanlivosti břítu za předpokladu, že způsob obrábění bude zvolen s ohledem na tento vysoce výkonný řezný materiál. Kubický nitrid bóru je určen především pro operace obrábění na čisto. [1]

Vyměnitelné břitové destičky osazené polykrystalickým diamantem (CD) pokrývají úplně jinou oblast použití, protože tento řezný materiál je naprosto nevhodný pro obrábění materiálů, které obsahují uhlík. Polykrystalický diamant je extrémně tvrdý a poskytuje operátorovi břit s vysokou odolností proti opotřebení. Je to řezný materiál, kterému je dáвана přednost při obrábění na čisto a předběžném dokončování neželezných kovů. K hlavním oblastem použití patří slitiny hliníku a zvláště pak abrazivní materiály. [1]

### 3.3.8 Řezné podmínky

Až jsou k dispozici všechny fyzikální faktory obrábění, vypočítáme a určíme řezné podmínky. Vycházíme-li ze zvoleného řezného materiálu, rozsahu obrábění a materiálu obrobku, je snadné určit potřebné řezné podmínky na základě tabulek udávající doporučené hodnoty, které jsou uvedeny v katalogu soustružení. [1]

Posuv se volí podle toho, jak velký objem odřezaného materiálu je při hrubovacím soustružení přiměřený, nebo jaká jakost obrobeného povrchu je požadována. Tabulky doporučených hodnot řezných rychlostí vycházejí z klasifikace materiálu a zohledňují rozdíl tvrdosti těch materiálu, které navzájem rozhodují o volbě řezných podmínek. [1]

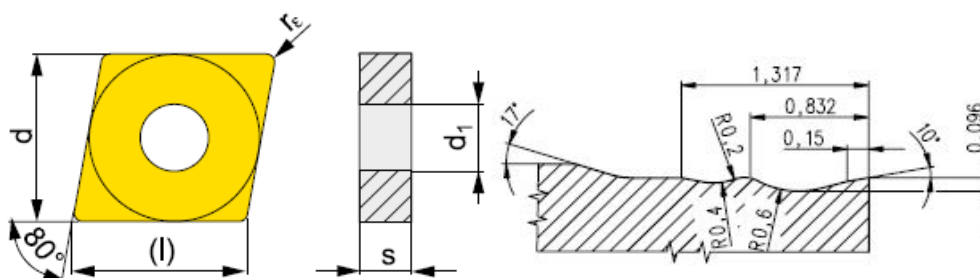
# Experimentální část bakalářské práce

## 4. Návrh nové geometrie vybrané VBD

Námětem zadané bakalářské je testování vlivu nastavení soustružnické VBD na utváření třísky. Za použití odlišných posuvových rychlostí, hloubek řezu a nastavení nástroje k ose nebo mimo osu je výsledkem vyhodnocení tvaru třísky a určení, zda se tříska utváří nebo neutváří.

### 4.1 Typ VBD použité při zkouškách

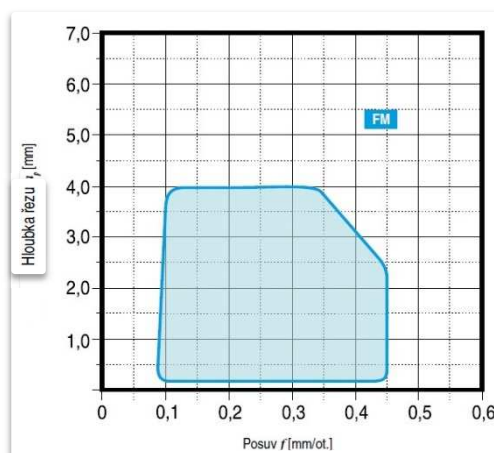
Pro jednotlivé zkoušky utváření třísek byla zvolena vyměnitelná břitová destička CNMG 120408E-FM s povlakovým materiálem destičky T9325. Tato břitová destička se používá pro dokončovací a polohrubovací soustružení a pro vyvrtávání.



Obrázek 9 – Velikost destičky a profil hlavního břitu [12]

Tabulka 3 - Geometrické vlastnosti VBD [mm]

Velikost	(l)	d	d <sub>1</sub>	s	r <sub>ε</sub>	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
1204	12,9	12,700	5,16	4,76	0,8	0,15	0,45	0,8	3,0



Obrázek 10 – Diagram utvařeče FM pro VBD typu CNMG [12]

## 4.2 Druh povlakového materiálu

Jedná se o povlakovaný materiál T9325 s funkčně gradientním substrátem, který má střední obsah pojící kobaltové fáze. Na povrch této destičky byl nanesen středně silný povlak s dominantní vrstvou  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , který vzniká díky metodě povlakování MT-CVD. Povrch destičky se vyznačuje jako vysoce univerzální materiál s vyváženým poměrem otěruvzdornosti a provozní spolehlivosti. Dalšími přednostmi destičky a jejího povlakovaného materiálu je speciální úprava povrchu, což dovoluje užití destičky i při vysoké řezné rychlosti. Materiál je prioritně určený pro obrábění materiálů skupiny P a za určitých podmínek K a H. Povlak dovoluje kontinuální až lehce přerušovaný řez.



Obrázek 11 - Mikrostruktura materiálu [12]

## 4.3 Obráběný materiál

Pro jednotlivé zkušební testy byl použit materiál 12 050.9. Jedná se o nelegovanou konstrukční ocel s mezí pevnosti  $R_m \approx 540$  MPa a tvrdostí  $\approx 210$  HB.



Obrázek 12 – Upnutí vzorku

#### 4.4 Zkušební stroj CNC Soustruh MAS S 80i Standard

Charakteristika: Jedná se o výkonný CNC soustruh s možností upnutí až 12-ti nástrojů. Hlavními úkoly tohoto stroje je obrábění tyčí, přírub a hřídelů.



Obrázek 13 - CNC Soustruh MAS S 80i Standard

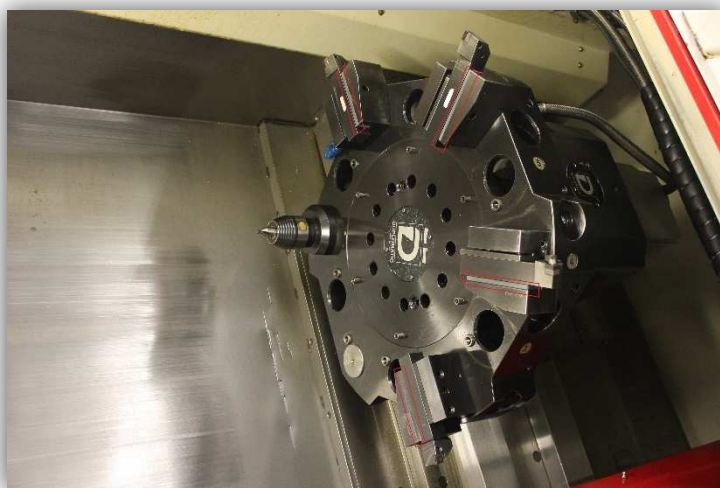
Tabulka 4 - Specifikace soustruhu

Výrobce	Kovosit MAS
Typ	S 80i
Výkon na vřetení	17/20,5 Kw
Otáčky vřetene	3 200 ot.min <sup>-1</sup> – sklíčidlo
Počet nástrojů	12
Řídicí systém	Siemens 810 D

#### 4.4 Zkušební podmínky a testovací parametry

Pro jednotlivé testy byl použit jeden typ výměnné břitové destičky (CNMG 120408E-FM, T9325). Za to parametry při obrábění se liší v řezné hloubce  $a_p$  (0,8; 1,5; 2,5 [mm]), v posuvu  $f$  (0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4 [mm.ot<sup>-1</sup>]).

Před zahájením jednotlivých zkoušek bylo nutné vyrobit podložky, aby bylo možné se dostat pod a nad osu obrobku. Tyto destičky se poté upnuly současně s nástrojem do nožového držáku. (viz. Obrázek 11)



Obrázek 14 - Ukázka upnutí podložky k vyosení nástroje

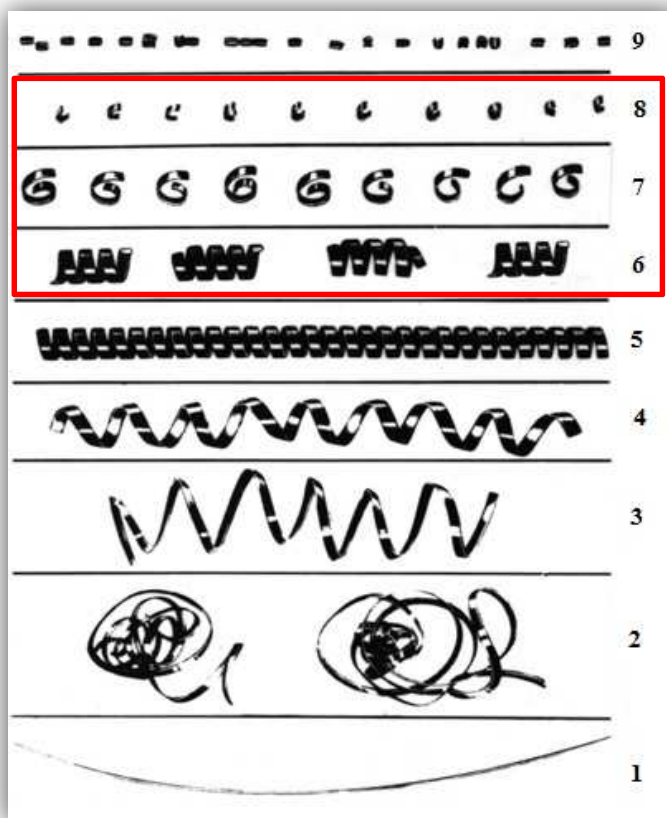
Obrázek 15 - Aplikace vyosení nástroje

Aplikace vyosení nástroje na obrobku o průměru 84 mm		
V ose	Pod osou	Nad osou
0°	0,5° = 0,35mm	0,5° = 0,35 mm
X	X	1,5° = 1,05 mm

Zkouška č. 1 probíhala v ose obrobku za použití nástroje PCLNL2525M12 a výměnné břitové destičky CNMG 120408E-FM (T9325). Řezná rychlost byla nastavena na 140 m.min<sup>-1</sup>, obrábění probíhalo za sucha. Při nastavení nástroje v ose obráběného materiálu, bylo zkoumáno, jak se bude vyvíjet utváření třísky za použití odlišných hloubek řezu a posuvů. Zkouška č. 2 probíhala s rozdílem nastavení nástroje pod osu o 0,5°. U zkoušky č. 3 bylo testováno, jak se bude třísky utvářet při dvou různých vyoseních nad osu obrobku, a to o 0,5° a 1,5°.

## 5. Diskuse experimentů

Pro každou prováděnou zkoušku, byl použit třídník třísek firmy Pramet Tools, s.r.o. jako vodítko k vyhodnocení jednotlivých operací.



Obrázek 16 - Třídník třísek

Tvar třísky je hodnocen podle třídníku Seco. Skupina třísek od 1. do 5. představují nevyhovující tvar třísek. Skupina třísek od 6. do 9. patří mezi vyhovující typy třísek při obrábění.

Nastavení identických parametrů pro všechny zkoušky:

Nástroj: PCLNL2525M12

VBD: CNMG 120408E-FM (T9325)

Řezná rychlost: 140 m.min<sup>-1</sup>

Chlazení: Bez chlazení

Materiál: ČSN 12 050.9

Průměr obráběného materiálu:  $\varnothing$  84 mm

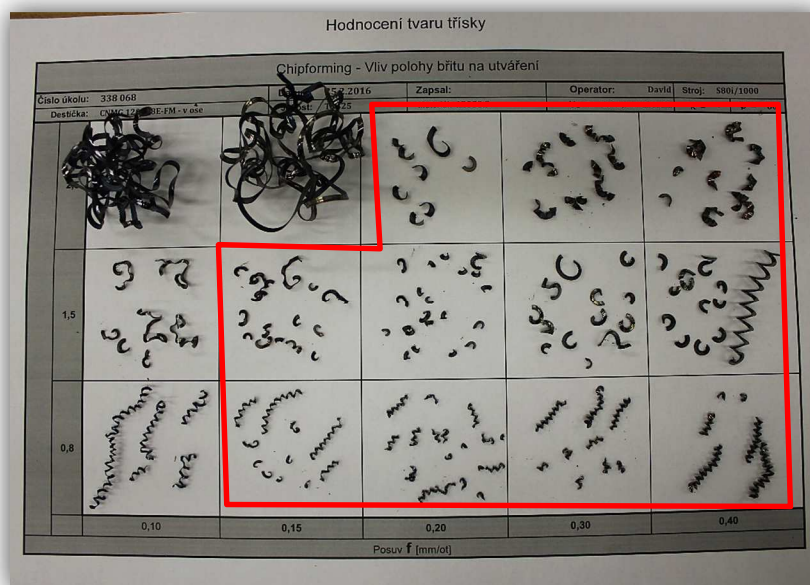


## 5.1 Zkouška č. 1 – Protokol 338 068-1

Nastavení nástroje: V ose ( $0^\circ$ )

Posuv: 0,10; 0,15; 0,20; 0,30; 0,40 [ $\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ ]

Hloubka řezu: 0,8; 1,5; 2,5 [mm]



Obrázek 17 - Průběh první zkoušky

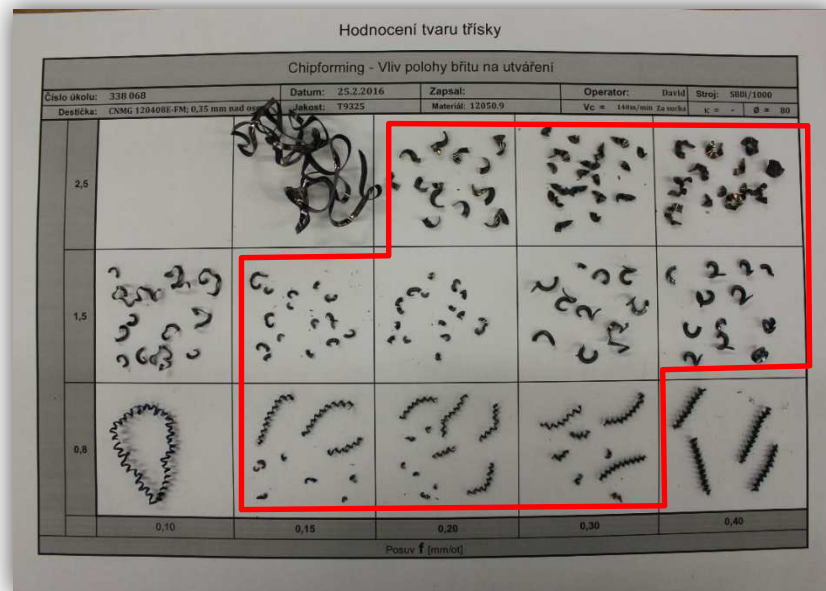
Závěr: Výstup ze zkoušky č. 1 udává, u jakých hodnot hloubky řezu a posuvu se nám tříška tzv. utváří, když byl nastaven nástroj k ose materiálu. Použitím nízkého posuvu na otáčku obrobku a velkou hloubku řezu vzniká nekontrolovatelný odchod třísky a navíc se tříška nedělí. To způsobuje namotávání třísky okolo držáku. Vyhovující utváření třísek se objevuje od hloubky řezu  $a_p = 2,5$  mm a posuvu  $f = 0,2$   $\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , od řezu  $a_p = 1,5$  mm od posuvu  $f = 0,2$ . U posledního posuvu v této hloubce řezu se začínají zobrazovat spirálovité třísky. V hloubce řezu  $a_p = 0,8$  mm se utváří vyhovující třísky od posuvu  $f = 0,15$   $\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .

## 5.2 Zkouška č. 2 – Protokol 338 068-2

Nastavení nástroje: Nad osou (+ 0,35 mm)

Posuv: 0,10; 0,15; 0,20; 0,30; 0,40 [mm.ot<sup>-1</sup>]

Hloubka řezu: 0,8; 1,5; 2,5 [mm]



Obrázek 18 - Průběh druhé zkoušky

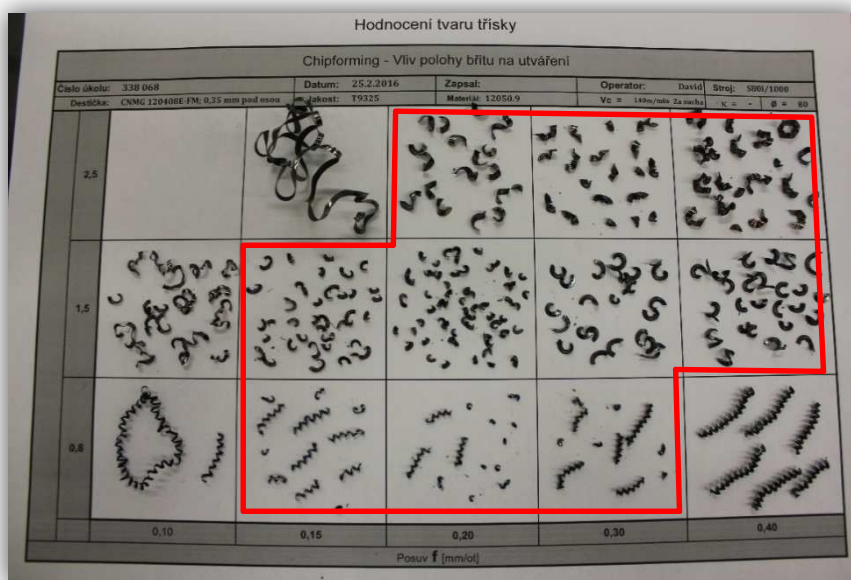
Závěr: Zkouška č. 2 ukazuje efektivnější proces obrábění za použití vyšších doporučených posuvů při hloubce řezu  $a_p = 1,5$  a  $2,5$  mm. V této a následujících zkouškách nebyly nastaveny parametry na nízký posuv a velkou hloubku řezu, a to proto, že byly vyhodnoceny z předešlé zkoušky jako neefektivní a zbytečné. Vyhovující třísky se utvářely od posuvu  $f = 0,15$  mm.ot<sup>-1</sup> ve všech testovaných hloubkách řezu, mimo hloubku řezu  $a_p = 0,8$  mm a posuv  $f = 0,4$  mm.ot<sup>-1</sup>, kdy se utvářela dlouhá spirálovitá tříška. Dále se tříška neutváří v hloubce řezu  $a_p = 2,5$  mm a posuvu  $f = 0,15$  mm.ot<sup>-1</sup>, tvoří se tzv. chomáč.

### 5.3 Zkouška č. 3 – Protokol 338 068-3

Nastavení nástroje: Pod osou (-0,35 mm)

Posuv: 0,10; 0,15; 0,20; 0,30; 0,40 [mm.ot<sup>-1</sup>]

Hloubka řezu: 0,8; 1,5; 2,5 [mm]



Obrázek 19 - Průběh třetí zkoušky

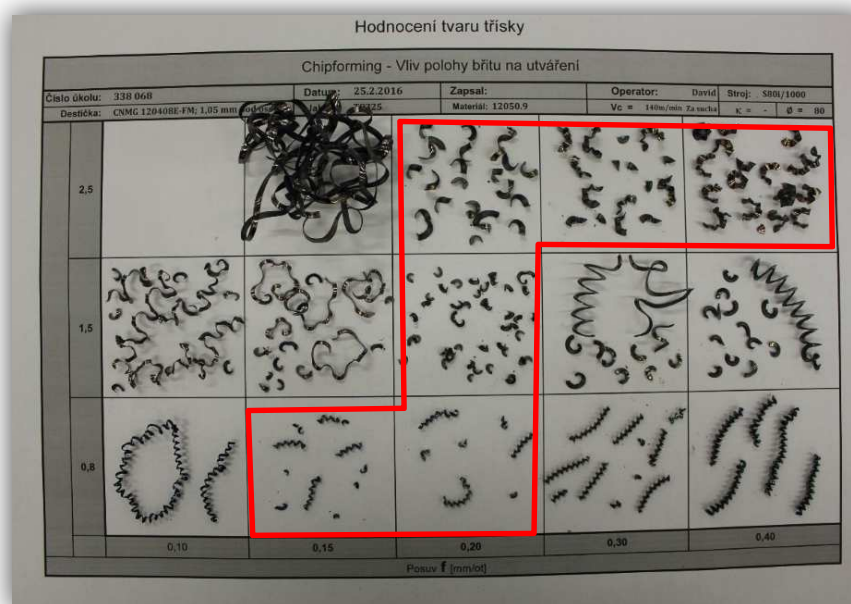
Závěr: Zkouška č. 3 byla nastavena pod osou obráběného materiálu. Objevují se zde ve velké míře spojené článkovité třísky se spirálovými, které nejsou tak dlouhé jako u ostatních zkoušek. Mimo počátečních nízkých posuvů, bych zkoušku vyhodnotil jako nejvíce vydařenou. Nejvíce efektivním nastavením tak byla označena hloubka řezu v hodnotě  $a_p = 1,5$  mm a posuv  $0,2$  mm.ot<sup>-1</sup>. Při této zkoušce se rovněž neobjevují žádné spirálovité třísky, jako u zkoušky č. 1, při nastavení hloubky řezu  $a_p = 1,5$  mm a posuvu  $f = 0,40$  mm.ot<sup>-1</sup>. Vyhovující utváření třísek se vyskytuje od posuvu  $f = 0,15$  mm.ot<sup>-1</sup>, kromě hloubky  $a_p = 2,5$  mm s posuvem  $f = 0,15$  mm.ot<sup>-1</sup> a hloubkou řezu  $a_p = 0,8$  mm s posuvem  $f = 0,4$  mm.ot<sup>-1</sup>.

## 5.4 Zkouška č. 4 – Protokol 338 068-4

Nastavení nástroje: Pod osou (-1,05 mm)

Posuv: 0,10; 0,15; 0,20; 0,30; 0,40 [mm.ot<sup>-1</sup>]

Hloubka řezu: 0,8; 1,5; 2,5 [mm]



Obrázek 20 - Průběh čtvrté zkoušky

Závěr: Při vyosení nástroje pod osu o 1,05 mm se utvořila široká škála třísek. Objevuje se zde při nízkém posuvu a hlubokém řezu dlouhé a tenké chomáče, dlouhé třísky tvaru šroubovice. Naopak u vyšších posuvů a hloubce se objevují více vyhovující článkovité spojené třísky. Ve srovnání se zkouškou č. 2 a č. 3 se zde objevují u řezné hloubky  $a_p = 1,5$  mm a posuvu  $f = 0,30$  a  $0,40$  mm.ot<sup>-1</sup> nevyhovující tvary třísky. V porovnání se zkouškou č. 1, která probíhala v ose, byla tato poslední zkouška vyhodnocena jako nejhorší. V ostatních parametrech mimo řeznou hloubku 1,5 mm a její navržené posuvy se ve všech zkouškách utvářené třísky příliš nelišily. V hloubce řezu  $a_p = 2,5$  mm se objevovaly přijatelně utvářené třísky od posuvu  $f = 0,2$  mm.ot<sup>-1</sup>. Při hloubce řezu  $a_p = 1,5$  mm se tříska nejlépe utvářela u posuvu  $f = 0,2$  mm.ot<sup>-1</sup>. V hloubce řezu  $a_p = 0,8$  mm se nejlépe utvářely třísky u posuvů  $f = 0,15$  a  $0,2$  mm.ot<sup>-1</sup>.

## 6. Technicko-ekonomické zhodnocení

Výsledkem testování vlivu nastavení soustružnické vyměnitelné břitové destičky CNMG 120408E-FM (T9325) je nalezení hned několik efektivních parametrů nastavení rezné hloubky řezu a podélného posuvu. Bylo zjištěno, že pro lepší utváření třísky nemá význam nastavovat nástroj více pod nebo nad osu jak  $\pm 1^\circ$ , což znamená na obráběném testovacím materiálu 0,7 mm. Naopak utváření se zhoršuje u nastavení nástroje pod osu obrobku o více než 1 mm.

V porovnání s nastavením nástroje k ose obrobku, je větší rozdíl u nastavení parametru vyššího posuvu a větší hloubky u zkoušek č. 2 a č. 3. Při těchto podmínkách a nastavení nástroje mimo osu o  $\pm 0,5^\circ$  (0,35 mm) se tříška utváří a odděluje od materiálu lépe, nevytváří žádné spirálovité třísky.

Během testování nedošlo k žádným větším rozdílům při utváření třísky, které by byly nad rámec očekávání. Testovaná vyměnitelná destička obstála, jsou na ni znát jen malé známky opotřebení. Vyčíslení přínosu uvedených experimentů nelze prozatím efektivně určit.



Obrázek 21 - Opotřebení destičky

## Závěr

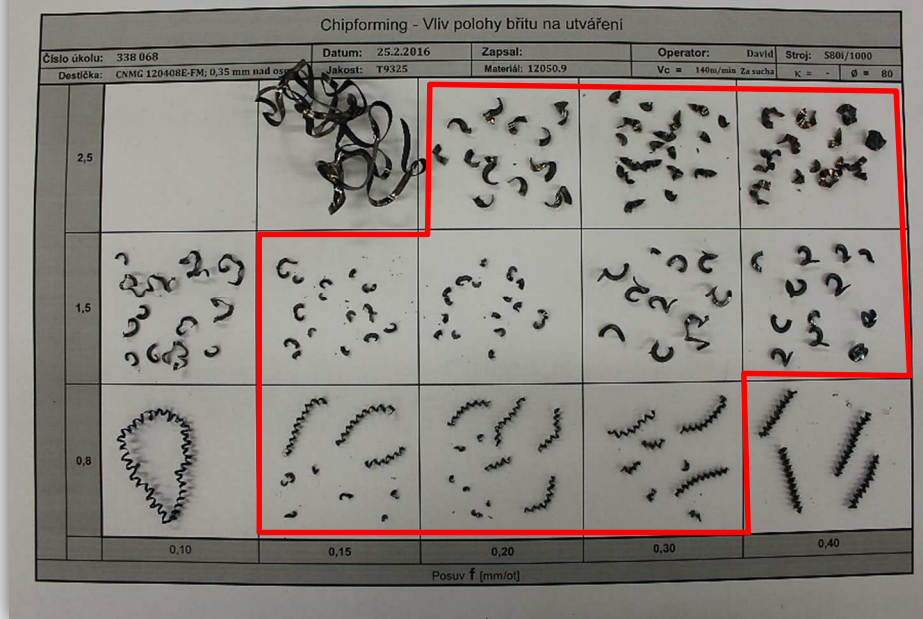
Cílem této bakalářské práce bylo najít, při jakých podmínkách a parametrech nastavení se bude tříška utvářet a vykazovat známky efektivního procesu obrábění. V každém případě se utvářely různé tvary třísek, ale jen malý zlomek utvořených třísek lze brát jako efektivní pro obrábění samotné.

Parametry obrábění se při testování lišily v řezné hloubce řezu, ve velikosti posuvové rychlosti a nastavení nástroje k podélné ose materiálu nebo pod a nad jeho osu. Posuvová rychlost se pohybovala od 0,1 do 0,4 mm na 1 otáčku. Hloubka řezu se měnila v rozmezí od 0,8 do 2,5 mm. Při nastavení nástroje pod osou bylo testováno utváření třísky v hloubce do 1,05 mm a nad osou do 0,35 mm.

Jednotlivé zkoušky se prováděly za sucha při řezné rychlosti  $140 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  na počátečním průměru 84 mm obráběného materiálu. Po každém testu v určité hloubce a posuvu se test pozastavil a odebral se potřebný vzorek pro vyhodnocení. Důležité bylo vysledovat na začátku testu náběhovou třísku, která by zkreslovala výsledky zkoušek, a následně ji odstranit. Jednotlivé vzorky byly vloženy na předem připravený arch, dle nastavení nástroje. Pak bylo možné porovnat a vyhodnotit celou zkoušku.

Zkouška č. 1 plnila funkci předlohy, podle které bylo vyhodnoceno, zda se tříška utváří při nastavení pod nebo nad osou obrobku, za předpokladu stejných podmínek. Zkouška č. 2, při které byl nástroj nastaven nad osou materiálu, vykazovala změny při vyšších posuvech a hloubce řezu  $a_p = 1,5 \text{ mm}$ . Neobjevovaly se žádné spirálovité třísky, takže tříška odcházela rychle ve článkovitých spojených nebo nespojených tvarech. Zkouška č. 3 dopadla velice podobně jako zkouška č. 2 až na pár změn. Spirálovité třísky se zkracují, tudíž více vyhovují dle třídění třísek. Dále se objevuje méně spojených článkovitých třísek. Zkouška č. 4 nedopadla dle očekávání, kdy při největším vychýlení byl očekáván největší podíl utvářených třísek. Změny zde nastaly, ale začaly se objevovat až při vyšších posuvech a to dlouhé spirálovité třísky a menší chomáče, které nejsou ideální dle třídění třísek a též pro jejich skladování.

### Hodnocení tvaru třísky



Obrázek 22 - Vyhodnocení třetí zkoušky



## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc., za jeho rady a cenné připomínky, které mi poskytl během psaní bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům firmy Pramet Tools, s.r.o., především panu Ing. Pavlu Krahulovi, za vstřícnost při navrhování zkušebních podmínek a vedení diskuzí nad jednotlivými výsledky a v neposlední řadě panu Jiřímu Danielovi (operátor CNC strojů) za ochotu při provádění pokusu na CNC soustruhu.

V Ostravě 16.5.2016



podpis studenta



## Seznam použité literatury

- [1] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Praha: Sandvik Coromant, 1997. ISBN 91-972299-4-6.
- [2] KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [3] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [4] VASILKO, Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov: Fakulta výrobných technológií TU v Košiciach, so sídlom v Prešove, 2007. ISBN 978-80-8073-759-7
- [5] *Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály [CD-ROM]*. Praha: MM publishing, 2004.
- [6] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [7] BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Technologie II. 2. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [8] BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Technologie II. 1. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [9] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje*. 3. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7078-941-7.
- [10] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje*. II. díl, Přípravky. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1991.
- [11] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7078-811-9.
- [12] *Katalog Pramet 2016.1 Novinky* [online]. [cit. 2016-12-5] Dostupné z: [http://www.dormerpramet.com/downloads/news%20catalogue%202016.1\\_cz.pdf](http://www.dormerpramet.com/downloads/news%20catalogue%202016.1_cz.pdf)
- [13] Humár, Anton. *Technologie I – 1. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s.[online]. [cit. 2016-10-4 ] Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)

## Seznam použitých tabulek

<i>Tabulka 1 - Ovlivnění parametrů při konstantní tloušťce třísky [1]</i> .....	18
<i>Tabulka 2 - Stanovení velikosti posuvu pro hrubování [1]</i> .....	23
<i>Tabulka 3 - Geometrické vlastnosti VBD [mm]</i> .....	28
<i>Tabulka 4 - Specifikace soustruhu</i> .....	30

## Seznam použitých obrázků

<i>Obrázek 1 – Nastavení polohy nástroje [1]</i> .....	9
<i>Obrázek 2 - Soustruh s řemenovým pohonem [1]</i> .....	10
<i>Obrázek 3 - Hlavní typy utváření třísek [1]</i> .....	11
<i>Obrázek 4 - Čtyři hlavní způsoby soustružení [1]</i> .....	12
<i>Obrázek 5 – Vektory pohybů při soustružení [2]</i> .....	13
<i>Obrázek 6 - Nastavení břitu vzhledem k ose obrobku [13]</i> .....	14
<i>Obrázek 7 - Logo firmy [12]</i> .....	15
<i>Obrázek 8 - Dílčí operace obrábění [1]</i> .....	21
<i>Obrázek 9 – Velikost destičky a profil hlavního břitu [12]</i> .....	28
<i>Obrázek 10 – Diagram utvařeče FM pro VBD typu CNMG [12]</i> .....	28
<i>Obrázek 11 - Mikrostruktura materiálu [12]</i> .....	29
<i>Obrázek 12 – Upnutí vzorku materiál</i> .....	29
<i>Obrázek 13 - CNC Soustruh MAS S 80i Standard</i> .....	30
<i>Obrázek 14 - Ukázka upnutí podložky k vyosení nástroje</i> .....	31
<i>Obrázek 15 - Aplikace vyosení nástroje</i> .....	31
<i>Obrázek 16 - Třídník třísek</i> .....	32
<i>Obrázek 17 - Průběh první zkoušky</i> .....	33
<i>Obrázek 18 - Průběh druhé zkoušky</i> .....	34
<i>Obrázek 19 - Průběh třetí zkoušky</i> .....	35
<i>Obrázek 20 - Průběh čtvrté zkoušky</i> .....	36
<i>Obrázek 21 - Opotřebení destičky</i> .....	37
<i>Obrázek 22 - Vyhodnocení třetí zkoušky</i> .....	39

## Seznam příloh

<i>Příloha č. 1 - Protokol 338 068-1 Chipforming - CNMG120408_FM vyos 0</i>	
<i>Příloha č. 2 - Protokol 338 068-2 Chipforming - CNMG120408_FM vyos +0,35</i>	
<i>Příloha č. 3 - Protokol 338 068-3 Chipforming - CNMG120408_FM vyos -0,35</i>	
<i>Příloha č. 4 - Protokol 338 068-4 Chipforming - CNMG120408_FM vyos -1,05</i>	

Příloha č. 1 Protokol 338 068-1 Chipforming - CNMG120408\_FM vyos 0 mm

Utváření třísek																				
Project	338 068		Krahula	Date:	25.2.2016		Wrote:	Vymazal		Operator:	Daniel		Machine:	S80i/1000						
Insert:	CNMG 120408E-FM vyos 0			Sorte	T9325		Mat.	12050.9		Vc =	140m/min dry		κ =	95°		φ =	84			
Hloubka řezu $a_p$ (mm)	7,0																			
	3,5																			
	3,0																			
	2,5				2T		2	7		8S		8S								
	2,0																			
	1,5				7S		8S	8		7		6;7								
	1,2																			
	1,0																			
	0,8				4;6		8S	6;7		6;7		6;7								
					0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40
				1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%
Posuv $f$ [mm/ot]																				

Příloha č. 2 Protokol 338 068-2 Chipforming - CNMG120408\_FM vyos+0,35 mm

Utváření třísek																				
Project	338 068		Krahula	Date:	25.2.2016		Wrote:	Vymazal		Operator:	Daniel		Machine:	S80i/1000						
Insert:	CNMG 120408E-FM vyos +0,35			Sorte	T9325		Mat.	12050.9		Vc =	140m/min dry		κ =	95°		φ =	69;75;79,2			
Hloubka řezu $a_p$ (mm)	7,0																			
	3,5																			
	3,0																			
	2,5				Nedef.		2	7		8S;8		8S;8								
	2,0																			
	1,5				6-špatně		8	8		7S		7								
	1,2																			
	1,0																			
	0,8				4		6;8S	6;8S		6;8S		6-delší								
					0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40
				1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%
Posuv $f$ [mm/ot]																				

Příloha č. 3 Protokol 338 068-3 Chipforming - CNMG120408\_FM vyos -0,35 mm

Utváření třísek																					
Project	338 068			Krahula		Date:	25.2.2016		Wrote:	Vymazal		Operator:	Daniel		Machine:	S80i/1000					
Insert:	CNMG 120408E-FM vyos -0.35					Sorte	T9325		Mat.	12050.9		Vc =	140m/min dry		κ =	95°		Ø =	79;81;82,4		
Hloubka řezu $a_p$ [mm]	7,0																				
	3,5																				
	3,0																				
	2,5					Nedef.	2	7		8S;8	8S										
	2,0																				
	1,5					7S	8	8		7	7										
	1,2																				
	1,0																				
	0,8					4;6	6;7S	7;6		6;7	5;6										
			0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40	0,50		
			1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%		
Posuv $f$ [mm/ot]																					

Příloha č. 4 Protokol 338 068-4 Chipforming - CNMG120408\_FM vyos -1,05 mm

Utváření třísek																					
Project	338 068			Krahula		Date:	25.2.2016		Wrote:	Vymazal		Operator:	Daniel		Machine:	S80i/1000					
Insert:	CNMG 120408E-FM vyos -1.05					Sorte	T9325		Mat.	12050.9		Vc =	140m/min dry		κ =	95°		Ø =	74;78;80,8		
Hloubka řezu $a_p$ [mm]	7,0																				
	3,5																				
	3,0																				
	2,5					Nedef.	2	7;8		8;8S	8;8S										
	2,0																				
	1,5					6;7	3;7	8		3;4;7	7;4										
	1,2																				
	1,0																				
	0,8					4;5	6;7;8S	6;8		6;8	5;6										
			0,01	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,05	0,40	0,50		
			1%	2%	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%	120%	140%	10%	80%	100%		
Posuv $f$ [mm/ot]																					