



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SOUSTRUŽENÍ OCELÍ ZA NÍZKÝCH HLOUBEK ŘEZU

TURNING OF STEELS AT LOW DEPTHS OF CUT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dana Tichá

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.

BRNO 2020

Zadaní bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Studentka:	Dana Tichá
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Soustružení ocelí za nízkých hloubek řezu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je analýza konkurence nabízející geometrie pro soustružení ocelí za hloubek nižších než rádius špičky VBD; výběr VBD konkurence pro střední obrábění, testy utváření na zkušebně; vyhodnocení a závěr.

Cíle bakalářské práce:

- Teoretický rozbor geometrie soustružnického řezného nástroje a její vliv na hloubku řezu,
- analýza konkurence nabízející geometrie pro soustružení ocelí za hloubek řezu nižších než rádius špičky VBD,
- návrh experimentu (výběr VBD, určení parametrů obrábění),
- experimentální testy (utvářecí diagram/ trvanlivost),
- vyhodnocení testů a závěr.

Seznam doporučené literatury:

CHLADIL, J. Teorie obrábění. 3. přeprac. vyd. Brno: VUT, 1989. 193 s. ISBN 65-137-2224-0.

HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Materiály pro řezné nástroje. Vyd. 1. Praha: MM publishing, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

KOČMAN, K. a J. PROKOP. Technologie obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERN, s.r.o., 2001. ISBN 8021419962.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se věnuje analýze konkurence vyměnitelných břitových destiček, které jsou využívány pro soustružení za nižších šířek záběru ostří než je rádius špičky. V práci je provedená analýza pěti VBD od různých firem. Dále se porovnávají utvařeče třísky u vybraných VBD a nakonec je popsáno testování VBD a jeho výsledky na základě tvarů třísek.

Klíčová slova

Soustružení, vyměnitelná břitová destičky (VBD), šířka záběru ostří, posuv na otáčku, tříska.

ABSTRACT

Thesis is devoted to the analysis of the competition of indexable cutting inserts, which are used for turning at lower cutting widths of the blade than the tip radius. Thesis is an analysis of five indexable cutting inserts from different companies. Furthermore the chip breakers of selected inserts are compared and finally the testing of the insert and its results based on metal chip shapes are described.

Key words

Turning, indexable cutting inserts, deep of cut, feed, metal chips.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TICHÁ, Dana. *Soustružení ocelí za nízkých hloubek řezu* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132144>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaromír Dvořák.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Soustružení oceli za nízkých hloubek řezu** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

21.5.2021

Datum

Dana Tichá

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych touto formou poděkovat zejména mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaromíru Dvořákovi Ph.D. za vedení a cenné rady. Dále také Ing. Pavlu Krahulovi z firmy Dormer Pramet s.r.o. za pomoc při výběru vyměnitelných břitových destiček a konzultaci průběhu testování. Panu Miroslavu Škárovi za odbornou pomoc při samotném průběhu testování. Díky patří také mé rodině za odborné poznatky k práci, korekturu textu a podporu při studiu.

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	8
1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ	9
1.1 Soustružnický rezný nástroj a jeho materiály	9
1.2 Upínání VBD	10
1.3 Hlavní části soustružnického rezného nástroje a jeho geometrie	11
1.3.1 Nástrojové roviny	12
1.3.2 Nástrojové úhly	13
1.3.3 Pracovní roviny	14
1.4 Síly působící během řezu	15
1.5 Řezné rychlosti	16
1.6 Tříska	17
1.6.1 Lamače a utvařeče třísek	19
2 ANALÝZA KONKURENČNÍ GEOMETRIE VBD	20
2.1 Systém značení vyměnitelných břitových destiček ISO	20
2.2 Porovnávání a výběr destiček	20
3 POROVNÁNÍ PARAMETRŮ UTVAŘEČŮ	22
4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	25
5 POSOUZENÍ TVARU TŘÍSEK A SMĚR ODCHODU TŘÍSKY Z ŘEZU ..	28
5.1. Vliv parametrů utvařeče na třísku	30
6 ZÁVĚR	32
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	33
SEZNAM PŘÍLOH	36

ÚVOD

Od počátku studia jsem byla rozhodnuta, že moje bakalářská práce bude praktického charakteru a zároveň jsem chtěla navázat spoluprací se strojírenskou firmou zabývající se technologií obrábění. Mým představám nejlépe odpovídala témata, která vypsalala firma Dormer Pramet s.r.o.

V současné době je velké množství výrobců, kteří se zabývají výrobou vyměnitelných břitových destiček (dále jen VBD). Na trhu se také nachází nepřehledné množství tvarů VBD s různými tvary utvařečů, také jsou vyráběny z různých materiálů, různými technologiemi. Materiál může být pouze základní nástrojová ocel, ale také například diamant, keramika nebo slinuté karbidy.

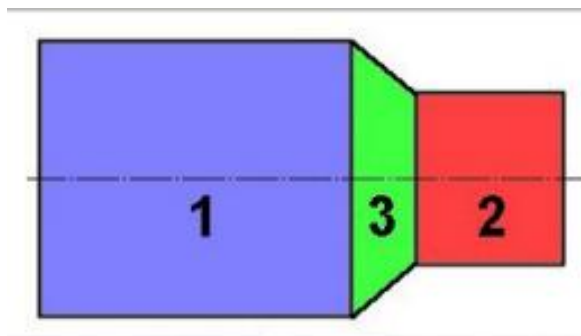
Slinuté karbidy vznikají slinovaním karbidů kovu. Slinuté karbidy se také často povlakují. Povlak na VBD chrání samotný slinutý karbid před chemickými, tepelnými nebo mechanickými vlivy. Povlaky dokáží oddálit opotřebení ostří VBD a mají další příznivé vlivy pro samotný proces obrábění. Povlakování je dosud ne zcela probádaná oblast, neboť je možné nanášet na VBD více povlaků a přitom každý povlak vykonává jinou funkci, když tedy dojde k opotřebení jednoho povlaku, začne v řezu působit povlak pod opotřebeným povlakem a VBD se v řezu začne chovat jinak.

Vývoj tvarů utvařečů na vyměnitelných břitových destičkách postupuje rychle dopředu a na trhu je velké množství výrobců, proto jsem se rozhodla ve spolupráci s firmou Dormer Pramet s.r.o. uskutečnit testování čtyř konkurenčních VBD. VBD budou zvoleny stejné geometrie, velice podobných parametrů uváděných výrobcí. Test bude proveden při stejných podmínkách pro všechny VBD na etalonové oceli.

Práce je členěná do pěti částí. První část obsahuje seznámení s problematikou soustružnických nástrojů. Druhá část se věnuje analýze konkurenční geometrie VBD podle katalogů konkurenčních firem. Ve třetí části se porovnávají tvary utvařečů ve třech řezech VBD vybraných pěti firem. Experimentální část popisuje postup testování, při kterém byly odebrány třísky, pro následnou komparaci, jíž je věnována pozornost v poslední části práce.

1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je kontinuální řezný proces, při němž jsou částice materiálu oddělovány jednobřítým nástrojem převážně u rotačních součástí. Při soustružení vzniknou tři druhy ploch, viz obr.1. Obráběná plocha je plocha, která je výchozí a má z ní být odebrán materiál řezáním. Přechodová plocha vzniká působením ostří nástroje. Obrobená plocha je plocha, která vznikla po odebrání materiálu a má požadovaný tvar. [1]



Obr. 1 Plochy na obrobku [2]: 1 - obráběná plocha, 2 - obrobená plocha, 3 - přechodová plocha.

1.1 Soustružnický řezný nástroj a jeho materiály

Soustružnický nůž je nástroj využívaný při soustružení pro úběr materiálu. Soustružnické nože se rozlišují z více hledisek, např. technologické hledisko, podle konstrukce, podle směru posuvového pohybu, podle obráběné plochy, podle tvaru tělesa nebo podle materiálu [2]:

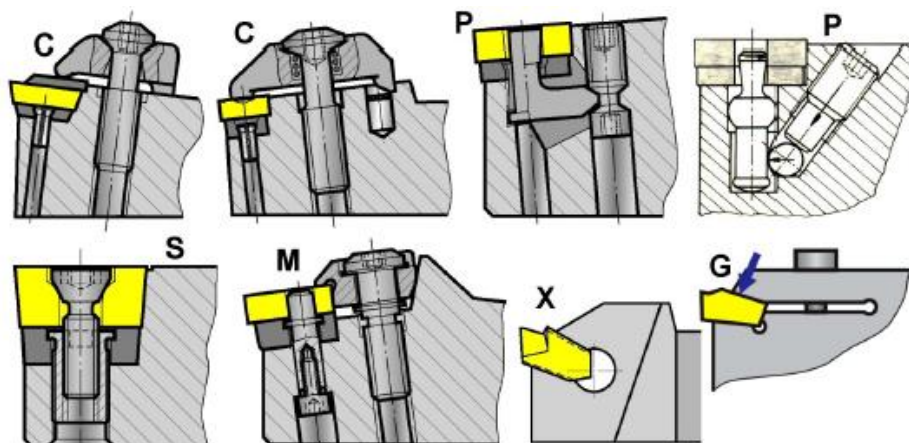
- **Z technologického hlediska rozlišujeme:**
 - radiální – používají se nejčastěji,
 - prizmatické,
 - tangenciální
 - kotoučové nože.
- **Podle konstrukce rozlišujeme nože:**
 - celistvé - kde těleso i řezná část je z jednoho materiálu,
 - s pájenou břitovou destičkou - břitová destička je z jiného materiálu než těleso nože, které je z konstrukční oceli, destička je připájená pomocí tvrdé pájky,
 - s vyměnitelnou břitovou destičkou (VBD) - VBD je upnuta mechanicky do držáku.
- **Podle směru posuvového pohybu rozlišujeme – pravé a levé nože.**

- **Podle obráběné plochy rozlišujeme nože** – pro vnější nebo vnitřní soustružení.
- **Materiály používané na řeznou část nože** – nástrojová ocel, slinuté karbidy (SK), cermety, řezná keramika, nebo supertvrdé materiály, jako je diamant nebo kubický nitrid boru (KNB).

1.2 Upínání VBD

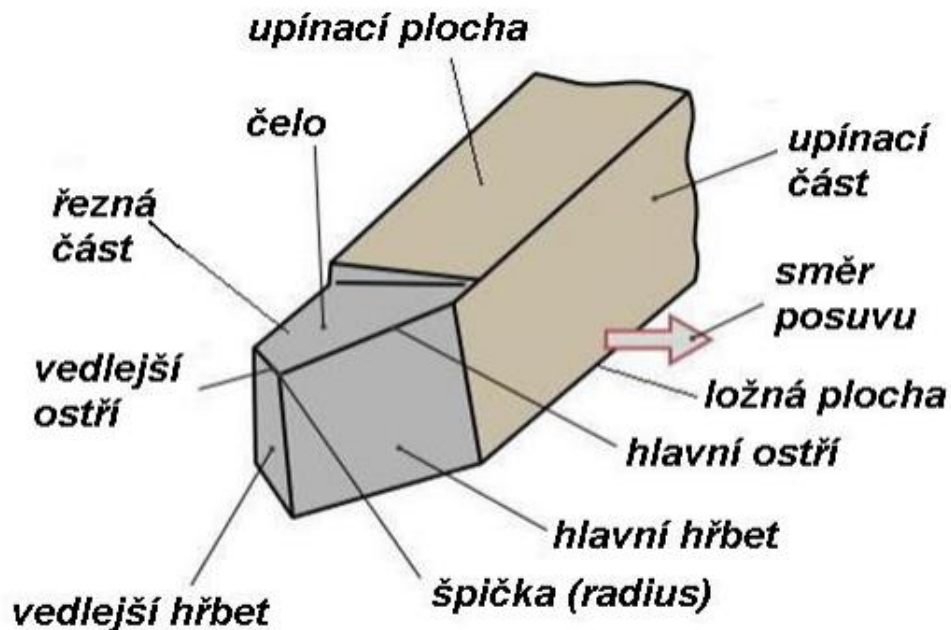
Volba upínacího systému VBD závisí na více faktorech, jako je druh operace (hrubování, dokončování), velikost obrobku atd., způsoby upínání jsou znázorněny na obr. 2 [3]:

- **ISO C** – Systém slouží k upínání destiček negativních i pozitivních, s utvařeči nebo bez utvařečů. VBD v držáku drží pomocí stabilizační upínky dotahované šroubem. Držák je vhodný pro soustružení vnitřních i vnějších ploch
- **ISO P** – Systém slouží k upínání válcových destiček, které jsou negativní s utvařečem nebo bez utvařeče. Upínání je pomocí úhlové páky. Jsou vhodné pro soustružení vnějších ploch a na hrubování i dokončování.
- **ISO S** – Systém slouží k upínání pozitivních destiček. VBD se upínají pomocí speciálního šroubu, který prochází kuželovým otvorem v destičce. Slouží pro vnější i vnitřní soustružení a využívá se pro kopírovací soustružení.
- **ISO M** – Systém upínání je dost podobný ISO P. VBD je nasazena na pevný čep a přitlačena upínkou. Využívá se při soustružení vnějších ploch, kde předpokládáme dynamické namáhání.
- **ISO X** – Tento systém upínání je speciální, jelikož je u každého výrobce odlišný. U držáku vyrobeného firmou Dormer Pramet s.r.o. je VBD upnuta do držáku pomocí řezné síly. Tyto držáky se používají pro upichování a zapichování.
- **ISO G** – Systém se používá při výrobě zápichu nebo při kopírovacím soustružení. VBD je k držáku připevněna pomocí upínky.



Obr. 2 Systém upínání VBD [3].

1.3 Hlavní části soustružnického řezného nástroje a jeho geometrie



Obr. 3 Části soustružnického nože [25].

Řezná část – funkční část, na které jsou prvky utvářející třísku během procesu obrábění [3]:

- **Hřbet** – plocha, přiklánějící se k přechodové nebo obrobené ploše na obrobku.
- **Hlavní ostří** – realizuje vlastní proces řezání, vytváří přechodovou plochu na obrobku.
- **Vedlejší ostří** – primárně neslouží k odebírání třísky z materiálu, ale používá se na dokončovací operace na již obrobené ploše.
- **Čelo** – plocha, po které odchází tříska z místa řezu, nachází se zde utvařecí třísky.
- **Špička nástroje** – nachází se na spojnici hlavního a vedlejšího ostří, může být zaoblená, přímá, nebo sražená.

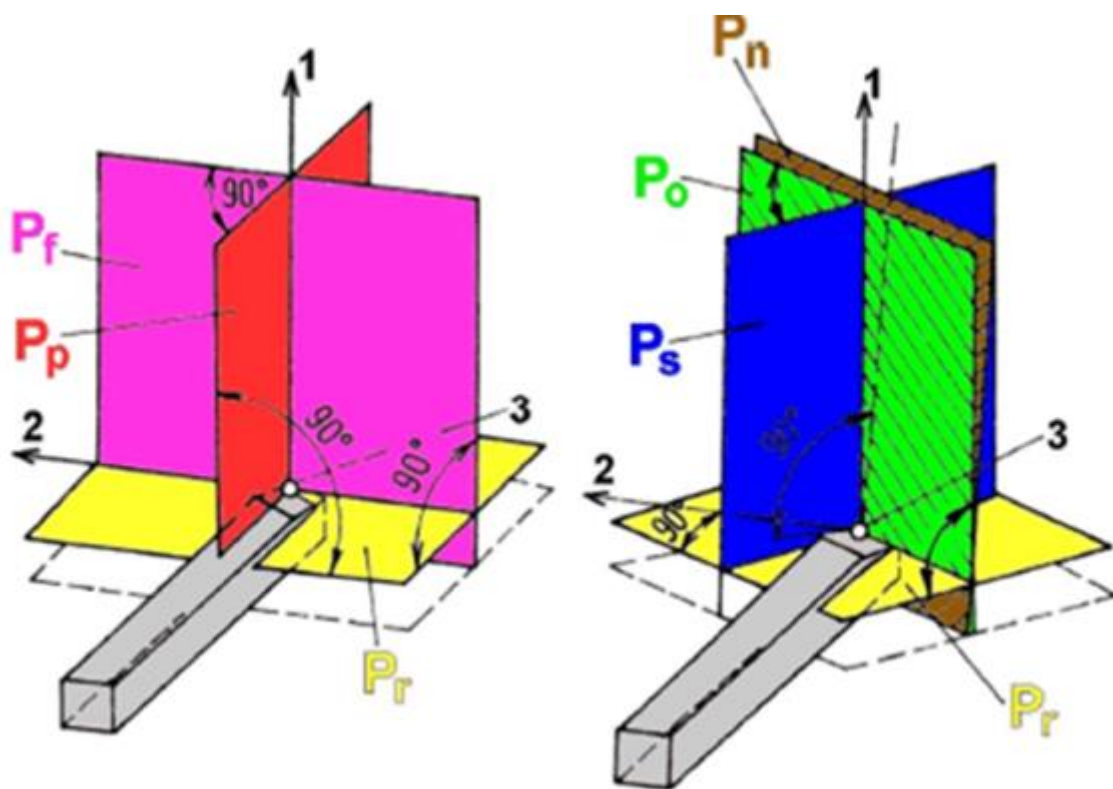
Těleso – složí k upínání nástroje do stroje [3]:

- **Ložná plocha** - plocha, sloužící k umístění a orientaci při výrobě, kontrole nebo ostření.

1.3.1 Nástrojové roviny

Nástrojové roviny zobrazené na obr. 4 jsou [2]:

- P_f - boční rovina, na této rovině leží vektor posuvového pohybu a je kolmá na základní rovinu.
- P_p - zadní rovina, kolmá na základní rovinu a rovinu boční.
- P_r - základní rovina, kolmá na směr hlavního ostří.
- P_n - normálová rovina, jediná rovina, která není kolmá na základní rovinu.
- P_o - ortogonální rovina je kolmá na základní rovinu a rovinu ostří.
- P_s - rovina ostří je tečná k ostří a kolmá na rovinu základní.
- P_g - rovina vnějšího spádu čela je kolmá na základní rovinu a na čelo nástroje, úhel čela v této rovině je největší.
- P_b - rovina největšího spádu hřbetu je kolmá na základní rovinu a na čelo hřbetu, úhel hřbetu v této rovině je nejmenší.

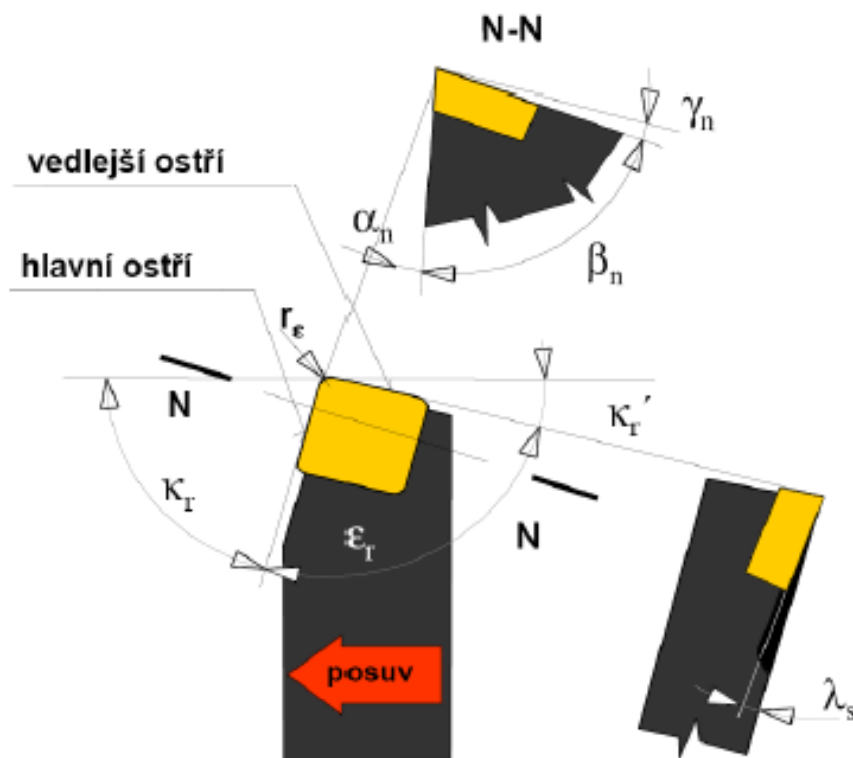


Obr. 4 Nástrojové roviny na soustružnickém noži [2]: 1 - směr vektoru hlavního řezného pohybu, 2 - směr posuvového pohybu.

1.3.2 Nástrojové úhly

Nástrojové úhly ovlivňují velikost řezných sil, teplotu během řezného procesu, tvorbu třísek, sktrukturu a vlastnosti obrobeného povrchu. Nástrojové úhly volíme podle fyzikálních a mechanických vlastností obrobku, řezných parametrů dodaných od výrobce, struktury a vlastností, které žádáme po obrobené ploše [4]:

- **Úhel hřbetu α** je mezi tečnou k opracované ploše a hřbetem nože, zmenšuje tření mezi nožem a řeznou plochou.
- **Úhel břitu β** svírá čelo s hřbetem nože. Čím je obráběný materiál tvrdší a houževnatější, tím větší musí být úhel břitu.
- **Úhel čela γ** svírá čelo s normálou. Čím je větší, tím lépe klouže tříska po čele nože. Platí, že $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$. Úhel může přecházet do záporných hodnot.
- **Úhel řezu δ** je součtem úhlů $\alpha + \beta$, má největší vliv na vnikání řezného klínu do materiálu.
- **Úhel nastavení κ** svírá průmět hlavního ostří do roviny základní se směrem posuvu. Tento úhel má vliv na tloušťku odebírané třísky.
- **Vedlejší úhel nastavení κ'** svírá průmět vedlejšího ostří do základní roviny. Má vliv na drsnost opracované plochy.
- **Úhel špičky ϵ** je úhel, který svírají průměty hlavního a vedlejšího ostří do roviny základní.
- **Úhel sklonu hlavního ostří λ** je úhel, který svírá ostří se základní rovinou.

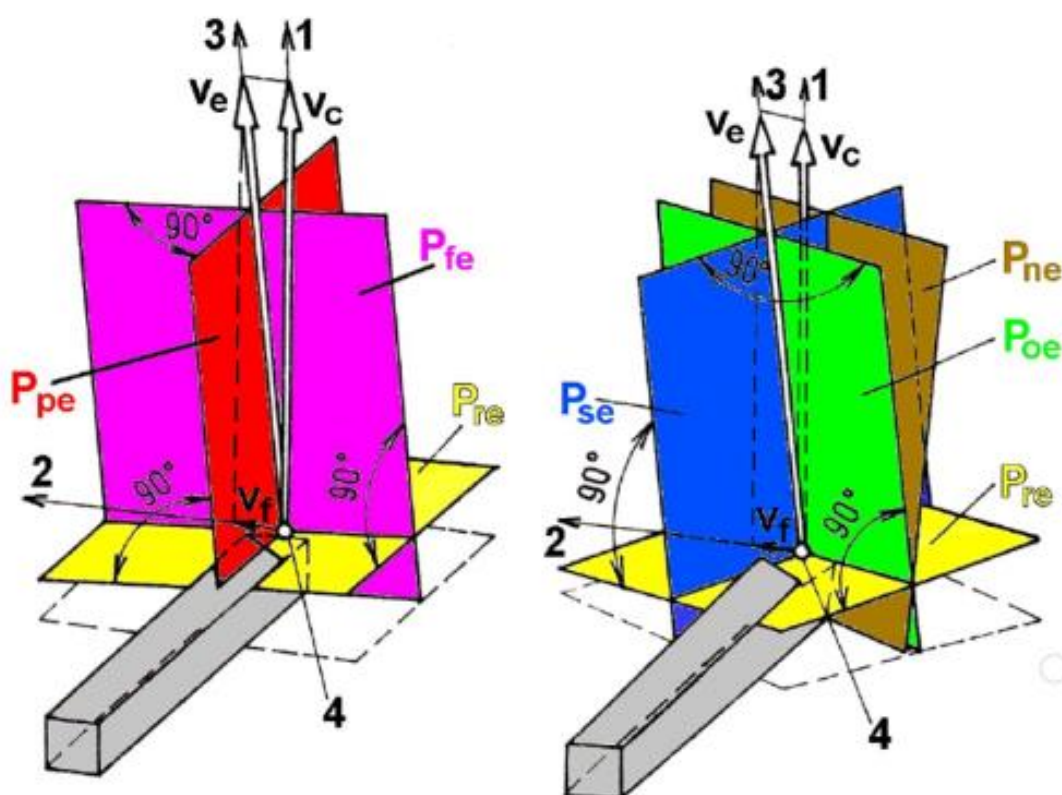


Obr. 5 Nástrojové úhly [4].

1.3.3 Pracovní roviny

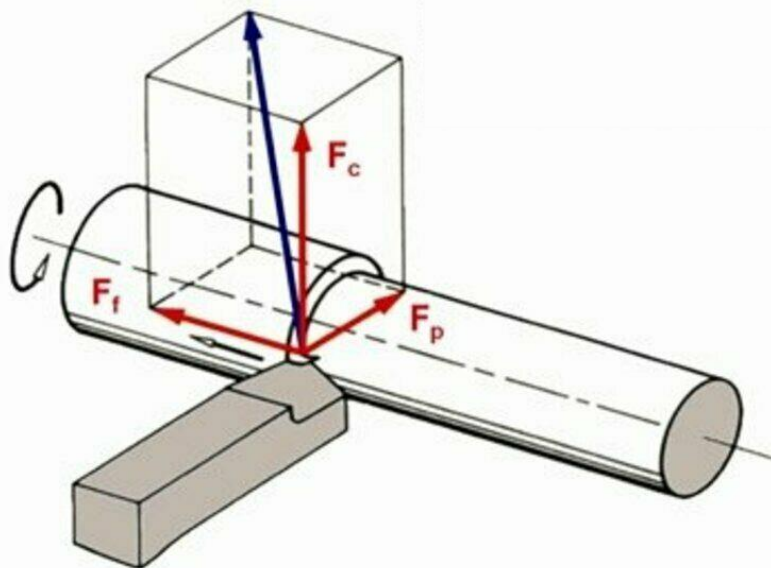
Existuje několik pracovních rovin, které jsou znázorněny na obr. 6 [2]:

- P_{re} – základní pracovní rovina, je kolmá na směr řezného pohybu.
- P_{fe} – boční pracovní rovina, v rovině leží vektory všech pohybů a je kolmá na základní pracovní rovinu.
- P_{pe} – zadní pracovní rovina je kolmá na základní i boční pracovní rovinu.
- P_{se} – pracovní rovina ostří je tečná k ostří v uvažovaném bodě ostří a kolmá na pracovní rovinu.
- P_{oe} – ortogonální pracovní rovina je kolmá k základní pracovní rovině a pracovní rovině ostří.
- P_{ne} – normálová pracovní rovina je kolmá na ostří v uvažovaném bodě a je totožná s nástrojovou normálovou rovinou.
- P_{ge} – pracovní rovina největšího spádu čela je kolmá na čelo nástroje a základní pracovní rovinu. Pracovní úhel čela měřený v této rovině je největší.
- P_{be} – pracovní rovina největšího spádu hřbetu je kolmá na hřbet nástroje a základní pracovní rovinu. Pracovní úhel hřbetu měřený v této rovině je nejmenší.



Obr. 6 Pracovní roviny [2].

1.4 Síly působící během řezu



Obr. 7 Síly působící během řezu [26].

Na obr. 7 lze vidět silové schéma mezi nástrojem a obrobkem. Celková řezná síla F je vyvolaná působením řezné části nástroje na obrodek. Složky celkové síly je možné zjistit pomocí dynamometru nebo je spočítat ze vztahu, který zahrnuje materiálové konstanty a exponenty zjištěné z materiálové charakteristiky obráběného materiálu. Do celkové síly je zahrnuta řezná síla F_c , posuvová síla F_f a pasivní síla F_p . [2]

$$F_c = C_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}} \text{ [N]} \quad (1)$$

$$F_f = C_{F_f} \cdot a_p^{x_{F_f}} \cdot f^{y_{F_f}} \text{ [N]} \quad (2)$$

$$F_p = C_{F_p} \cdot a_p^{x_{F_p}} \cdot f^{y_{F_p}} \text{ [N]} \quad (3)$$

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2} \text{ [N]} \quad (4)$$

Kde: a_p [mm] – šířka záběru ostří
 f [mm] – posuv na otáčku
 x_F [–] – exponent vlivu a_p
 y_F [–] – exponent vlivu f
 C_F [–] - materiálová konstanta

Řeznou sílu lze také vypočítat z průřezu třísky a měrné řezné síly (5), kde měrná řezná síla k_c je počítána pomocí stanovených konstant a tloušťky třísky h_D [2].

$$F_c = k_c \cdot h_D \cdot b_D \text{ [N]} \quad (5)$$

$$k_c = \frac{C_{k_c}}{h_D^{u_{k_c}}} \text{ [MPa]} \quad (6)$$

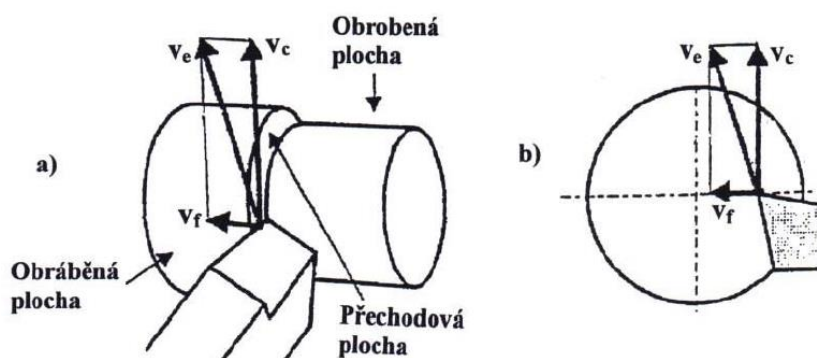
Složky celkové řezné síly jsou závislé na šířce záběru ostří, tudíž lze předpokládat, že při malé šířce záběru ostří bude i celková síla menší.

Celkový výkon obráběcího stroje je závislý na řezné síle, řezné rychlosti a mechanické účinnosti obráběcího stroje, tudíž i zde lze předpokládat menší požadovaný výkon stroje při menší šířce záběru ostří [2].

$$P_m = \frac{F_c \cdot v_c}{6 \cdot 10^4 \cdot \eta} \text{ [kW]} \quad (7)$$

Kde: F_c [N] – řezná síla
 v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] – řezná rychlost
 η [–] - mechanická účinnost obráběcího stroje

1.5 Řezné rychlosti



Obr. 8 Směry řezných rychlostí [3]: a) při podélném soustružení, b) při čelním soustružení.

Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obrobek upnutý do sklíčidla. Vedlejší pohyb vykonává nástroj, tento pohyb je posuvný přímočarý. Při podélném soustružení řezný nástroj vykonává pohyb po šroubovici, při soustružení čelním je pohyb po Archimedově spirále. Celková rychlost řezného pohybu v_e se skládá z řezné rychlosti v_c a posuvové rychlosti v_f , jak lze vidět na obr. 8. [3]

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (8)$$

$$v_f = f \cdot n \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (9)$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} = 10^{-3} \cdot n \cdot \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + f^2} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (10)$$

Kde: D [mm] – průměr obráběné plochy

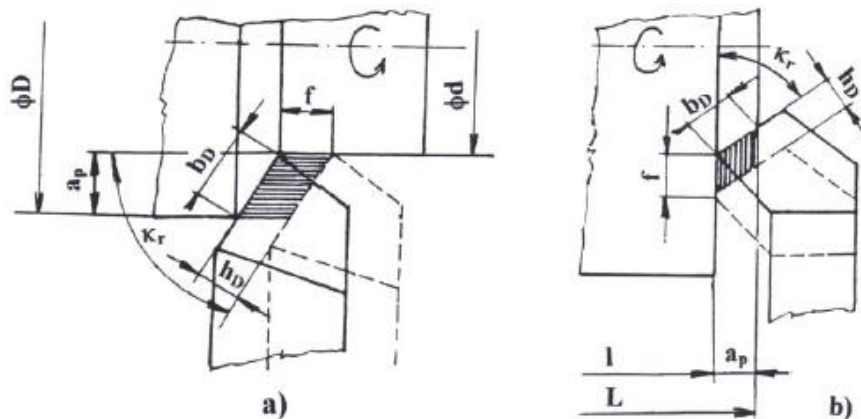
n [min⁻¹] – otáčky obrobku

f [mm] – posuv na otáčku obrobku

1.6 Tříška

Tříška je oddělená vrstva materiálu, která vznikne vniknutím břitu do obrobku. Je to doprovodný produkt při soustružení. Oddělený materiál je značně namáhán a deformován. Tříška by měla mít co nejmenší objem. Pro dosažení předepsaného povrchu obrobku je nutné dosáhnout správného druhu třísky. Kdyby byla tříška dlouhá plynulá, namotávala by se na nástroj a poškodila by povrch obrobku, tudíž se snažíme dosáhnout dělení třísky, a to správným nastavením řezných podmínek. [2]

Průřez třísky lze vidět na obr. 8. Průřez třísky se liší u podélného a čelního soustružení.



Obr. 9 Průřez třísky při čelním a podélném soustružení [2]: a) válcová plocha, b) čelní plocha.

Šířka záběru ostří a_p má dva vzorce pro podélné soustružení (11) a pro čelní soustružení (12). Pomocí šířky záběru ostří a_p můžeme dopočítat jmenovitou šířku břitu b_D (13). Pomocí posuvu na otáčku f můžeme spočítat jmenovitou tloušťku třísky h_D (14). Na velikosti posuvu na otáčku f a šířce záběru ostří a_p závisí jmenovitý průřez třísky A_D (15). [2]

$$a_p = 0,5 \cdot (D - d) \text{ [mm]} \quad (11)$$

$$a_p = L - l \text{ [mm]} \quad (12)$$

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \text{ [mm]} \quad (13)$$

$$h_D = f \cdot \sin \kappa_r \text{ [mm]} \quad (14)$$

$$A_D = b_D \cdot h_D = a_p \cdot f \text{ [mm}^2\text{]} \quad (15)$$

Kde: D [mm] – průměr obráběné plochy








d [mm] – průměr obrobené plochy

L [mm] – délka obráběné plochy

l [mm] – délka obrobené plochy

κ_r [°] - nástrojový úhel hlavního ostří

Tvary třísek, které můžeme vidět na obr. 10, jsou: stužkové dlouhé, stužkové smotané, vinuté dlouhé, vinuté krátké, spirálové ploché, obloukové spojené, elementární [1].

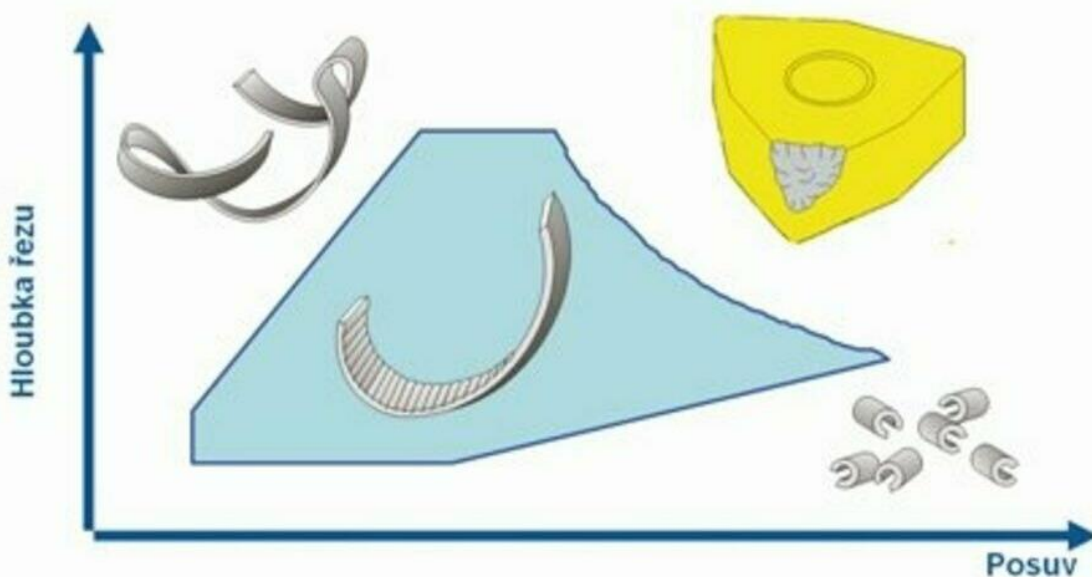
TVAR TŘÍSEK		W	TVAR TŘÍSEK		W
	STUŽKOVÉ DLOUHÉ	400 a více		SPIRÁLOVÉ PLOCHÉ	10 až 20
	STUŽKOVÉ SMOTANÉ	300 až 400		OBLOUKOVITÉ SPOJENÉ	8 až 10
	VINUTÉ DLOUHÉ	80 až 150		ELEMENTÁRNÍ	4 až 6
	VINUTÉ KRÁTKÉ	40 až 60			

Obr. 10 Tvary třísek [1].

Druhy třísek [5]:

- Tříška plynulá se tvoří při obrábění houževnatého a měkkého materiálu, který má dobré plastické deformace. Tato tříška je nežádoucí, jelikož zaujímá velký prostor a může poškodit obráběný materiál, při namotání na nástroj.
- Tříška stupňovitá se tvoří při obrábění tvrdých a tvárných materiálů. Dochází k odstřížení jednotlivých elementů a tříška odchází po čele nástroje ve tvaru šroubovice, kroužků a obloučků. Tato tříška je při soustružení nejžádanější.
- Tříška elementová se tvoří při obrábění tvrdých a křehkých materiálů. Vzniká vylamováním jednotlivých elementů z materiálů. Tato tříška je nežádoucí, jelikož obrobená plocha má špatný povrch.

Tvar třísky závisí na šířce záběru ostří a_p , posuvu na otáčku f , geometrii utvařeče a materiálu obrobku. Na obr. 11 je znázorněno schéma utváření třísky pro vyobrazený tvar VBD. Každá VBD má v katalogu vypsané kombinace šířky záběru ostří a posuvy na otáčku, které vedou k utváření požadovaného tvaru třísky. Jak lze na obr. 10 vidět, při velmi nízkých šířkách záběru ostří a velkých posuvech na otáčku bude tříška elementární a tím se snižuje životnost nástroje. Naopak při nízkých hodnotách posuvu na otáčku a velkých šířkách záběru ostří bude tříška dlouhá smotaná a takový tvar třísky ohrožuje proces obrábění a obsluhu. Při příliš velké šířce záběru ostří a velkém posuvu na otáčku by pravděpodobně došlo k vylomení ostří. Proto se při volbě vhodných řezných podmínek volí takové, které by odpovídaly modře označené oblasti. [6]



Obr. 11 Schéma utváření třísky [6].

1.6.1 Lamače a utvařeče třísek

Lamače a utvařeče třísek se používají u VBD. Utvařeč třísky je vybroušený do nástroje pomocí brousícího kotouče nebo předlisovaný, například v destičce ze slinutého karbidu, která je následně povlakována. Lamače mohou být stupínkové nebo žlábkovité. Lamač se na nástroji používá proto, aby při velkých řezných rychlostech nevznikaly dlouhé plynulé třísky. Dlouhé plynulé třísky ohrožují pracovníka, poškozují nástroj, povrch obrobku a je obtížné takovéto třísky odstraňovat. Při zvolení správné geometrie utvařeče třísky dochází k správnému odvodu třísky, nedochází k tak rychlému opotřebení VBD a vznikají menší řezné síly. [5, 6]

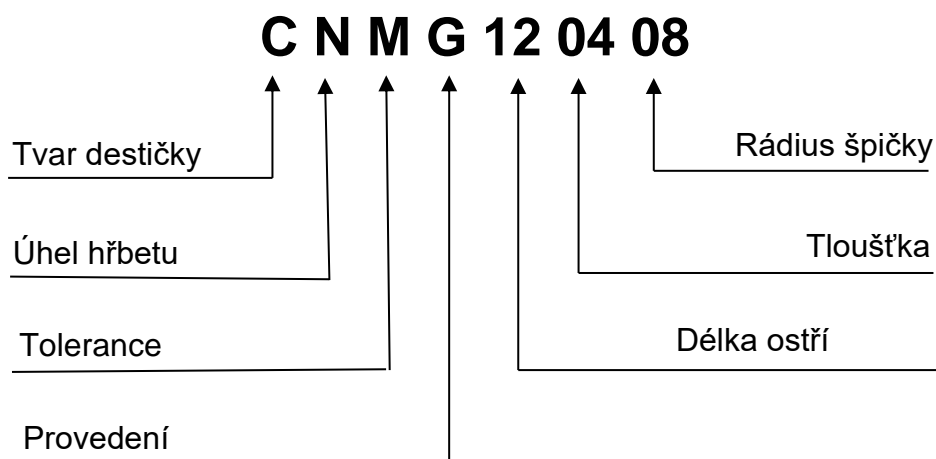
Správné tvarování a lámání třísky má za následek bezpečnost a plynulost práce, která je žádána zejména při CNC obrábění. Volba utvařeče závisí na šířce záběru ostří, velikosti posuvu na otáčku a úhlu nastavení hlavního ostří. [5, 6]

2 ANALÝZA KONKURENČNÍ GEOMETRIE VBD

V následující kapitole se budou na základě dat z katalogů firem analyzovat VBD za účelem výběru VBD k testování.

2.1 Systém značení vyměnitelných břitových destiček ISO

Pro jednotné značení VBD je jednotná norma ISO, avšak norma není zákon, který musí každá firma dodržovat, jedná se pouze o doporučení, proto některé firmy používají vlastní značení vyměnitelných břitových destiček. Značení břitových destiček podle ISO normy je užitečné především z důvodu přehlednosti při výběru vhodné vyměnitelné břitové destičky z katalogu, protože uvedené značení v sobě nese informace o charakteristikách VBD.



Obr. 12 Způsob značení VBD a význam jednotlivých pozic podle ISO [3].

2.2 Porovnávání a výběr destiček

Pro porovnávání a testování VBD bylo zapotřebí prozkoumat nabídku konkurenčních firem a zaměřit se zejména na utvařeče ve zkoumané oblasti, a to je šířka záběru hlavního hlavního ostří menší než rádius špičky.

Pro jednotnost destiček bylo zvoleno označení CNMG 120408, protože tato VBD je ve firmě Dormer Pramet s.r.o. brána jako etalonová, uvedenou VBD byl dodržen požadavek na oboustrannou negativní VBD.

Z dostupných internetových katalogů zvolených patnácti firem byla vybrána vždy jedna VBD s požadovanými parametry. Vždy bylo nutné dodržet označení VBD, šířku záběru hlavního ostří menší než rádius špičky, materiál VBD měl být převážně ze slinutých karbidů, kterými se firma Dormer Pramet s.r.o. zabývá, a také byl požadavek, aby byla VBD schopná obrábět ocel P, ale i jiné materiály. Vybrané VBD

se posléze rozřídily na VBD vhodné pro dokončovací operace a pro poločisté obrábění. Pro testování se zvolily čtyři VBD, označené tučně v tab. 1, ze skupiny středního obrábění z důvodu velmi podobných hodnot šířky záběru ostří, posuvu na otáčku a materiálu.

Tab. 1 VBD konkurence a jejich parametry [7–22].

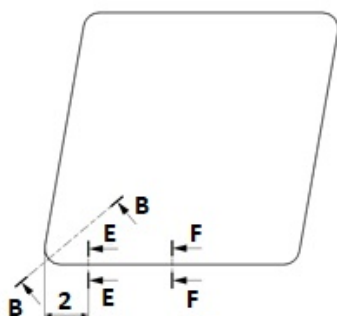
Firma	VBD	Materiál	a_p (min) [mm]	a_p (max) [mm]	f_t (min) [mm]	f_t (max) [mm]	F/M*	Typ obráběného materiálu
Pramet	CNMG 120408E-FF	T8315	0,80	1,50	0,08	0,20	F	P, M, K
Taegutec	CNMG 120408 CE	AB30	0,10	3,00	0,05	0,20	F	P, K, H
Ceratizit	CNMG 120408EN-CF	TCM10	0,05	2,00	0,05	0,20	F	P, K
Walter	CNMG 120408-FP5	WPP20S	0,20	2,00	0,08	0,25	F	P
Mitsubishi	CNMG 120408-FP	MC6025	0,10	1,00	0,08	0,25	F	P
Sumitomo	CNMG 120408 NEF	AC8025P	0,20	1,50	0,08	0,30	F	P
Korloy	CNMG 120408-VB	NC3215	0,30	2,00	0,15	0,45	F	P, K
Tungaloy	CNMG 120408-TF	T9225	0,05	0,80	0,05	0,20	F	P
Secotools	CNMG 120408-MF1	CP500		0,95		0,32	M	P
Sandvik Coromant	CNMG 120408-PM 4415	GC4325	0,50	5,50	0,15	0,50	M	P, K
Widia	CNMG 120408FF	WP15CT	0,10	3,00	0,05	0,40	M	P, K
Iscar	CNMG 120408-M3M	IC6015	0,50	5,00	0,15	0,50	M	P, M
ZCC.CT	CNMG 120408 - SF	YNG151C	0,10	1,50	0,10	0,35	M	P, M
YG-1	CNMG 120408 - UM	YG3020	0,50	2,00	0,15	0,30	M	P
Kyocera	CNMG 120408WP	TN6020	0,10	1,20	0,10	0,40	M	P
Kennametal	CNMG 120408FW	KPC10	0,20	1,50	0,08	0,35	M	P, K

*F - dokončování, M – poločisté obrábění.

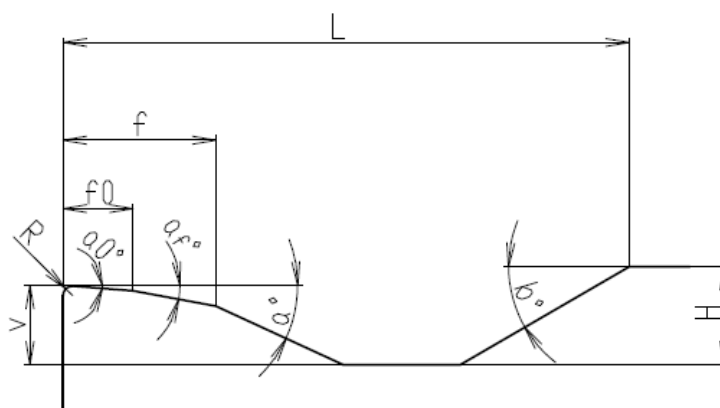
3 POROVNÁNÍ PARAMETRŮ UTVAŘEČŮ

U zvolených firem z tab. 1 se objednaly VBD. U VBD firmy Dormer Pramet s.r.o. zvolená destička není uvedena v tab. 1, neboť se jedná o prototyp, který zatím není zařazen do prodeje. Každá firma má ovšem jiné utvařeče, a proto bylo potřeba změřit parametry utvařečů a porovnat jejich rozdíly a velikosti.

Ve firmě Dormer Pramet s.r.o. byly změřeny ve třech řezech B, E, F tyto parametry: velikost fazetky (f), velikost mezifazetky (f_0), úhel mezifazetky (α_0), úhel fazetky (α_f), úhel čela (α), hloubka utvařeče (v), délka utvařeče (L), výstupní úhel z utvařeče (β), celková výška utvařeče (H) a zaoblení ostří (R). Naměřené parametry jsou zaznamenány v tab. 2. Pro objasnění, kde se parametry zaznamenané v tabulce nacházejí na utvařeči, byl vytvořen obrázek obr. 14. Pro úplnost je na obr. 13 znázorněné, kde se nachází uvedené řezy v tab. 2.



Obr. 13 Znázornění řezů na tvaru VBD [23].



Obr. 14 Zakótovaný utvařeč pro znázornění, kde se nachází parametry uvedené v tab. 2.

Jak lze vidět na obr. 15,16,17,18,19, každá VBD má jiný tvar utvařeče, tudíž lze předpokládat, že se budou třísky utvářet odlišně.



Obr. 15 VBD značky ISCAR [23].



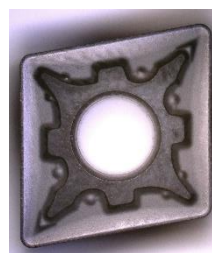
Obr. 16 VBD značky Sandvik Coromant [23].



Obr. 17 VBD značky YG-1 [23].



Obr. 18 VBD značky WIDIA [23].



Obr. 19 VBD značky Pramet.

Porovnání naměřených hodnot utvařeče mezi jednotlivými VBD:

- U VBD firmy YG-1 nebyla při měření zjištěna ani v jednom řezu mezifazetka. Fazetka se skládá jen z jedné plochy. Délka fazetky se průběžně mění, ovšem ne systematicky jak u jiných destiček. Tato VBD má v porovnání s ostatními největší poloměr zaoblení ostří (R).
- Na VBD firmy Iscar taktéž nebyla naměřena mezifazetka. U této VBD je velice zajímavé, že ve dvou řezech je úhel fazetky nulový. Zaoblení ostří je u této VBD nejmenší v porovnání s ostatními. Velikost hloubky utvařeče se postupně zmenšuje v řezech, to je opačně oproti konkurenčním VBD.
- Fazetka byla naměřena u VBD firmy Widia avšak pouze v řezu B, mezifazetka zaznamenána nebyla. Zaoblení ostří na této VBD odpovídá průměrné hodnotě zaoblení u zvolených VBD. Délka utvařeče na této VBD má dvě hodnoty stejné, pouze v řezu F je hodnota o 0,05 mm větší, to je zanedbatelný rozdíl.
- U firmy Sandvik Coromant již byla ve dvou řezech naměřena mezifazetka, pod stejným úhlem sklonu. Samotná délka fazetky se postupně zvětšuje a vyskytuje se pod jiným úhlem v každém řezu. Zaoblení ostří u této VBD patří mezi větší.
- VBD firmy Pramet nebyla měřena, ale hodnoty byly odečteny z výkresu. Jak lze vidět v tab. 2, velikost fazetky i mezifazetky je ve všech řezech stejná, pouze úhel fazetky se mění. Zaoblení ostří odpovídá průměru.

Při pohledu na naměřené hodnoty z tab. 2 je zřejmé, že v řezu B délka utvařeče se nejčastěji pohybuje okolo 2,2 mm s výjimkou VBD od firmy Widie. V řezu F je hloubka utvařeče největší okolo 0,2 mm, s výjimkou VBD od firmy Iscar. Taktéž celková výška utvařeče v řezu F je největší okolo 0,35 mm. Z největších velikostní hloubky utvařeče a celkové výšky utvařeče v řezu F lze usoudit, že uvedené rozměry slouží ke správnému utváření třísky.

Velikost zaoblení ostří je u těchto destiček při zvolené šířce záběru ostří dostatečná, neboť šířka záběru ostří je větší než samotné zaoblení ostří. V případě, že by byla vybrána šířka záběru ostří menší než zaoblení ostří, tříška už by se neutvářela, břit by totiž nemohl proniknout do materiálu a materiál by byl vtlačován, ale ne obráběn.

Tab. 2 Parametry naměřené ve třech řezech na destičce.

Firma	řezy	f_0	a_0	f	a_f	a	v	L	b	H	R
		[mm]	[°]	[mm]	[°]	[°]	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[μ m]
YG-1	B			0,180	2,00	14,0	0,16	2,2	21	0,33	62
	E			0,024	1,00	15,0	0,18	*1,2(1,7)	40	0,34	60
	F			0,250	1,00	15,0	0,20	1,6	40	0,37	
Iscar	B			0,120	0,00	10,0	0,15	2,2	19	0,30	40
	E			0,060	0,00	9,5	0,16	1,6	39	0,31	38
	F			0,080	3,00	9,0	0,13	2,1	31	0,29	
Widia	B			0,100	2,00	11,0	0,09	1,4	12	0,18	48
	E					12,0	0,15	1,4	33	0,32	52
	F					12,0	0,25	1,9	29	0,35	
Sandvik Coromant	B	0,13	2	0,270	9,00	20,5	0,14	2,2	23	0,24	57
	E	0,15	2	0,280	7,75	18,5	0,13	1,7	20	0,22	56
	F			0,300	5,00	21,5	0,23	2,7	25	0,35	
Pramet	B	0,15	4	0,240	7,00	18,0	0,16	2,4		0,26	48
	E	0,15	3	0,240	6,00	17,0	0,19	1,7		0,29	48
	F	0,15	0	0,240	5,00	15,0	0,25	3,2		0,35	

* Funkční délka utvařeče.

Všechny parametry uvedené v tab. 2 jsou odečítány z dokumentace, kterou poskytla firma Dormer Pramet s.r.o., viz Přílohy č.1–4.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro testování byl zvolen soustruh TOS Trenčín SV18 RA, na kterém bylo možné dodržet zvolené otáčky a posuvy na otáčku.



Obr. 20 Soustruh TOS Trenčín SV18RA [24].

Na soustruhu byly postupně nastavovány parametry pro soustružení:

- posuv na otáčku f [mm]: 0,147; 0,2; 0,254; 0,31; 0,4,
- šířka záběru ostří a_p [mm]: 0,5; 0,8; 1,5,
- otáčky n [min^{-1}]: 900,
- řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (\text{viz 8})$$

$$v_c = \pi \cdot 59 \cdot 900 \cdot 10^{-3} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

$$v_c = 166,7 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}].$$

Na obrábění byla vybrána tyč o počátečním průměru 60 mm a délce 1000 mm, vyrobená z oceli C45 (12 050). Materiál C45 (12 050) byl zvolen na základě požadavku firmy Dormer Pramet s.r.o., neboť se jedná o etalonovou ocel. Tyč byla upnuta do sklíčidla a navrtána, aby bylo možné využít z druhé strany koníka pro podepření volného konce hřídele a následné zamezení obvodovému házení. Byl odsoustružen jeden milimetr z průměru hřídele, aby bylo dosaženo stejného průměru po celé délce hřídele. Pomocí průměru a otáček byla dopočítána řezná rychlost, při níž test probíhal.

Vzhledem k tomu, že bylo třeba zajistit, aby se tyč během soustružení neprohýbala a nevznikaly nežádoucí vlivy na samotný test, byla tyč rozřezána na pásové pile na

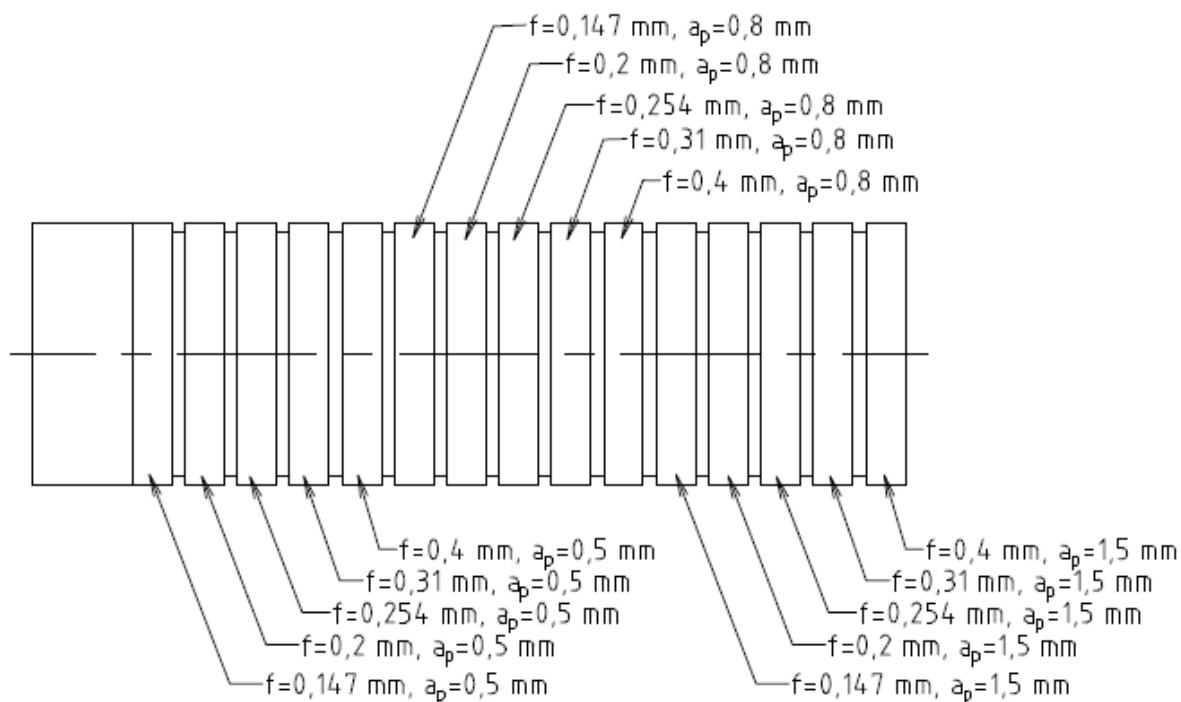
pět stejně dlouhých kusů v délce 200 mm. Tím bylo možné testovat na jednom kuse jednu VBD. Do zmenšených tyčí byl opět navrtán důlek pro podepření koníkem. Každá tyč byla rozdělena na 15 stejných částí pomocí zapichovacího nože o šířce 3 mm. Mezi zápichy vznikl úsek 9 mm, na kterém se testovaly VBD, viz obr. 23. Postupně byly otestovány VBD značek Sandvik Coromant, Widia, Pramet, Iscar a YT-1. VBD byly upevněny do držáku PCLNR 2020 K12.



Obr. 21 Znárodnění tyče s zápichy.



Obr. 22 Dražák na VBD PCLNR.



Obr. 23 Parametry soustruženého dílu.

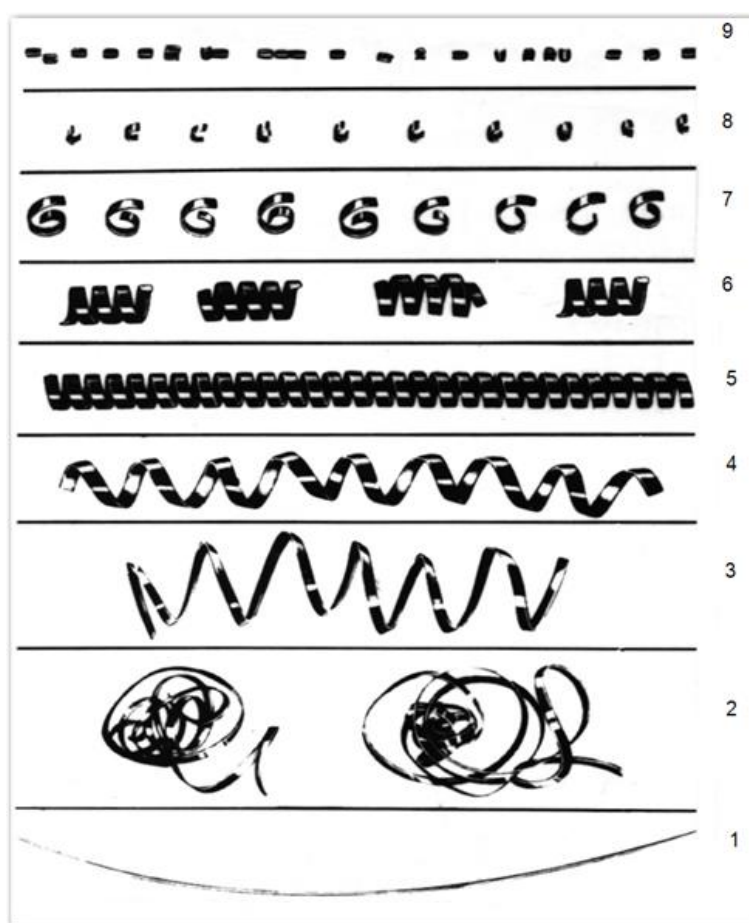
Testování probíhalo zprava doleva s nastavenými hodnotami dle popisu na jednotlivých plochách, jak je znázorněno na obr. 23. Při obrábění každé dílčí plochy byly sesbírány třísky, které byly umístěny na záznamový arch a posléze vyfoceny, viz Přílohy č.5–9. Stejný postup následoval u všech VBD různých značek.

5 POSOUZENÍ TVARU TŘÍSEK A SMĚR ODCHODU TŘÍSKY Z ŘEZU

Tvar třísky a směr odchodu třísky z řezu byl vyhodnocen pomocí třídíku Seco obr. 24, kdy správný tvar třísky je zařazený do kategorie 6–8.

Hodnocení směru odchodu třísky z řezu:

- T – tříska jde do plochy řezu (tvrdě),
- P – tříska jde do plochy řezu (větší Φ),
- B – spirála klouže po břitu,
- R – spirála jde na hřbet a vrací se na břit,
- N – neutváří se, nelze zařadit podle třídíku Seco.



Obr. 24 Tvar třísek podle třídíku Seco [23].

Tvar třísek odebraný při soustružení byl porovnáván s tvarem třísek na obr. 24. Třísky byly postupně během soustružení kladeny na záznamové archy podle parametrů, při kterých třísky vznikly, viz Přílohy č. 5–9. Kategorie, do kterých jednotlivé třísky spadaly, byly zapsány do tab. 3 i se směry odchodu třísky z řezu. Tabulka je rozdělená podle názvu firmy testované VBD, a dále podle posuvu na otáčku a šířky záběru ostří, při kterých byly třísky odebírány.

Tab. 3 Zhodnocení tvaru třísky podle obr. 24 a směr odchodu třísky z řezu.

Firma: YG-1		Datum: 8.4.2021		Materiál: C45 (12 050)		Vc = 166,7 [m/min]		k = 95°		Ø = 59mm		
Šířka záběru ostří a_p [mm]	Sandvik Coromant	1,5	8	T	8	T	8	T	8	P	8	T
		0,8	4	R	4	R	6	R	8	P	8	T
		0,5	4	R	5	B	4	R	6	B	6	B
	Widia	1,5	8	P	7	P	8	T	9	T	9	T
		0,8	6	R	7	T	8	T	8	T	7	T
		0,5	5	B	6	B	6	B	6	B	6	B
	Pramet	1,5	2	P	8	P	8	T	8	T	8	T
		0,8	5	B	5	B	4	B	6	B	7	B
		0,5	3	B	3	B	4	B	4	B	5	B
	Iscar	1,5	5	R	8	P	8	T	9	T	9	T
		0,8	3	R	4	R	4	R	5	B	6	B
		0,5	4	R	3	B	3	B	3	B	3	R
	YG-1	1,5	8	T	9	T	9	T	9	N	9	T
		0,8	5	B	5	B	6	B	6	B	7	B
		0,5	3	B	4	R	4	B	5	B	6	B
			0,147		0,200		0,254		0,310		0,400	
Posuv na otáčku f [mm]												

VBD značky Sandvik Coromant utváří při šířce záběru ostří 1,5 mm vhodný tvar třísky bez ohledu na to, jaký byl nastavený posuv na otáčku. Při šířce záběru ostří 0,8 mm se vhodné třísky utvářejí při větších posuvech na otáčku (0,254 mm–0,4 mm). S nastaveným posuvem na otáčku 0,147 mm a 0,2 mm se tříska neláme dostatečně, pouze tvoří spirálu, která by mohla ohrozit obsluhu soustruhu. Podobně se třísky utvářejí i při šířce záběru ostří 0,5 mm, k nevhodným tvarům třísky se řadí také třísky utvářené při posuvu na otáčku 0,254 mm. Z celého testu je možné usoudit, že VBD od firmy Sandvik Coromant je vhodná pro nízkých hodnoty záběru šířky ostří jen při větších posuvech na otáčku než je 0,254 mm.

VBD od značky Widia vyšla v testování pěti značek nejlépe. Třísky při šířce záběru ostří 1,5 mm měly správný tvar pouze při menších posuvech na otáčku, při hodnotách posuvu na otáčku 0,31 mm a 0,4 mm se tříska nestihla utvořit. Tvar třísky při šířce záběru ostří 0,8 mm se nacházel při všech stanovených posuvech na otáčku v kategorii správného tvaru třísky. Taktéž při šířce záběru ostří 0,5 mm dosáhla většina třísek správného tvaru, kromě tvaru třísky utvářené při posuvu na otáčku 0,147 mm, který se stáčil do dlouhé spirály, což je nežádoucím tvarem, žádoucí třísky by měly tvar krátké spirály.

VBD od značky Pramet jako jediná vytvořila tvar třísky 2 dle obr. 24 a to při šířce záběru ostří 1,5 mm a posuvu na otáčku 0,147 mm. Ostatní třísky při šířce záběru ostří 1,5 mm měly správný tvar. Při šířce záběru ostří 0,8 mm vznikl správný tvar třísky

pouze při posuvu na otáčku 0,4 mm a 0,31 mm, zbylé posuvy na otáčku tvořily třísku do dlouhé šroubovice, která se nelámala. Nejhoršího výsledku dosáhla VBD při šířce záběru ostří 0,5 mm, protože nedocházelo k správnému lámání třísek a při všech zkoušených posuvech na otáčku vyšla tříska jako dlouhá šroubovice.

V případě VBD od značky Iscar byly zjištěny pouze tři vhodné kombinace, kdy měla tříska správný tvar, a to při šířce záběru ostří 1,5 mm a posuvech na otáčku 0,2 mm a 0,254 mm, a při šířce záběru ostří 0,8 mm a posuvu na otáčku 0,4 mm. Ostatní třísky byly šroubovitě dlouhé, a v případě šířky záběru ostří 1,5 mm a posuvu na otáčku 0,4 mm a 0,31 mm se tříska dokonce přetvářela.

VBD od značky YG-1 vyšla v porovnávání správnosti utváření tvaru třísky nejhůře, neboť třísky při šířce záběru ostří 1,5 mm se přetvořily, dokonce bylo na videu patrné, jak se třísky pálily. Pouze při posuvu na otáčku 0,147 mm byl tvar třísky klasifikován ve vhodné oblasti. Pro šířku záběru ostří 0,8 mm byly třísky vhodně utvářené při vyšších posuvech na otáčku, při posuvech na otáčku 0,147 mm a 0,2 mm byly třísky šroubovitě dlouhé. Stejný tvar měly třísky při šířce záběru ostří 0,5 mm kromě třísky, která byla utvářena při posuvu na otáčku 0,4 mm, v tomto případě byla tříska šroubovitá krátká.

Během testování byl sledován i odchod třísky. U každého parametru a VBD se odchod třísky lišil. Ovšem při pohledu na tab. 3 lze jednoznačně říci, že při šířce záběru ostří 1,5 mm a větších posuvech na otáčku, tříska většinou odcházela do plochy řezu (tvrdě) a naopak při šířce záběru ostří 0,5 mm byla tříska tvořena do spirály, která klouzala po břitu.

Při porovnání třísek utvořených jednotlivými VBD za stejných podmínek, lze jednoznačně říci, že nejlepších výsledků dosáhla VBD značky Widia. U VBD Widia byly zaznamenány pouze tři třísky špatného tvaru. Velmi dobré hodnoty vykazala VBD Sandvik Coromant, kde měly třísky špatný tvar pouze v jedné třetině případů. Nejhůře dopadly VBD od firmy Iscar a YG-1, neboť správný tvar byl pozorován jen u jedné třetiny pokusů.

5.1. Vliv parametrů utvařeče na třísku

Při pohledu na tab. 3 si lze všimnout, že u destiček značek Widia, Iscar a YG-1 při větších posuvech na otáčku u šířky záběru ostří 1,5 mm se třísky přetvoří (označení 9). VBD při této šířce záběru ostří mají na utvařeči jednu společnou charakteristiku, nenachází se u nich mezifazetka viz tab. 2. Naopak u VBD značek Pramet a Sandvik Coromant v řezu E najdeme mezifazetku a zároveň zde tříska utváří správný tvar (označení 8). Lze tedy odvodit, že při větších šířkách záběru ostří a větších posuvech na otáčku, je vhodné zvolit VBD s naměřenou mezifazetkou. Z tab. 3 vyplývá, že při šířce záběru ostří 1,5 mm mají VBD Pramet a Sandvik Coromant stejný tvar třísek. To je způsobeno velice podobným tvarem utvařeče v řezu E, viz tab. 2.

Nejvíce třísek správného tvaru utvořila VBD Widie při šířce záběru ostří 0,5 mm. Jestliže porovnáme její parametry utvařeče v řezu B tab. 2, rozdíl ve velikosti fazetky se pohybuje v rozmezí setin milimetrů ve srovnání s VBD firmy Iscar, taktéž úhel čela se neliší od VBD YG-1, ale přesto jsou třísky jiné. Jediné parametry VBD Widia, které vykazují významné odlišnosti od ostatních destiček jsou hloubka utvařeče (v), délka utvařeče (L), výstupní úhel z utvařeče (b) a celková hloubka utvařeče (H), všechny

tyto parametry utvařeče jsou menší. Hloubka utvařeče se liší v rozmezí 0,05 mm–0,07 mm. Zatímco délka utvařeče VBD Widia je 1,4 mm, ostatní VBD mají délku utvařeče cca 2 mm. Výstupní úhel z utvařeče VBD Widia je 12°, ale ostatní VBD dosahují hodnot tohoto úhlu od 19° po 23°. Velikost výstupního úhlu z utvařeče u VBD Pramet není v tabulce zaznamenán, protože VBD nebyla měřená, ale hodnoty byly odečítány z výrobního výkresu, kde úhel nebyl zakótován. Celková hloubka utvařeče většiny destiček se pohybuje v rozmezí od 0,24 mm do 0,33 mm, avšak celková hloubka utvařeče VBD Widia je pouze 0,18 mm.

6 ZÁVĚR

Cílem práce byla analýza konkurence nabízející geometrie pro soustružení ocelí za šířek záběru hlavního ostří nižších než rádius špičky VBD. Vzhledem k tomu, že firmy uvádějí možnost soustružení při šířce záběru hlavního ostří větší než radius špičky, byly všechny VBD otestovány i na šířku záběru ostří 1,5 mm. Analyzovány byly VBD firmy Dormer Pramet s.r.o. a VBD jejich konkurence. Byly vybrány VBD firem Sandvik Coromant, Widia, Iscar a YG – 1 pro poločistě obrábění. Byly provedeny testy utváření třísky na zkušebně, které byly následně vyhodnoceny.

Z testování VBD vyplývá:

- VBD pro obrábění za nižších šířek záběru hlavního ostří než je rádius špičky VBD při poločistém obrábění, by měly mít hloubku utvařeče cca 0,1 mm, délku utvařeče cca 1,5 mm, velikost výstupního úhlu z utvařeče blíží se 10° a celkovou hloubku utvařeče menší než 0,2 mm.
- Tvorba třísky je ovlivněna řadou parametrů, jako procesní kapalinou při obrábění, velikostí řezné rychlosti, chemickým složením povlaků.
- Test byl prováděn bez procesní kapaliny z důvodu sledování odchodu třísky z řezu. Při využití procesní kapaliny by u VBD YG-1 nedocházelo k rozžhavení třísky při šířce záběru ostří 1,5 mm.
- Test byl prováděn v rozmezí parametrů předepsaných výrobcí, přesto správný tvar třísky měla při šířce záběru ostří 0,5 mm pouze VBD značky Widia. Je také fakt, že jediná VBD značky Widia nebyla testovaná na hranici udávané výrobcem, jelikož zbylé VBD měly předepsanou minimální šířku záběru ostří 0,5 mm a posuv na otáčku 0,15 mm a při těchto hodnotách byl prováděn také test. VBD značky Widia má hranici minimální šířky záběru ostří 0,1 mm a minimální posuv na otáčku 0,05 mm.

Další parametry u VBD, které by bylo možné zkoumat, jsou např. síly působící během procesu obrábění a opotřebení bříty. Těmto parametrům u VBD od firmy Dormer Pramet s.r.o. v rámci magisterského studia.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERN, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
- [2] HUMÁR, Antonín. *Technologie I - Technologie obrábění – 1. část: Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online]. Brno: VUTFSI, Ústav strojírenské technologie, 2003 [cit. 2021-2-17]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-1cast.pdf
- [3] HUMÁR, Antonín. *Sylaby předmětu výrobní technologie II* [online]. Brno: VUTFSI, Ústav strojírenské technologie [cit. 2021-2-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/VyrobniTecnologie_II.pdf
- [4] BOHÁČOVÁ, Pavla. *Strojírenská technologie*. Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola Šumperk, 2017.
- [5] 2. TVORBA A TVAROVÁNÍ TRŽSKY [online]. vsb [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/EMO_kapitola_02.pdf
- [6] *Příručka pro technology - Jak rozpoznat správné utváření třísek?* [online]. Seco Tools CZ, 2012 [cit. 2021-4-23]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-jak-rozpoznat-spravne-utvareni-trisek>
- [7] *PRAMET e-CAT* [online]. Pramet Tools, 2011 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/insertsGrid.aspx>
- [8] *TaeguTec Member IMC Grup* [online]. TaeguTec, 2021 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: <https://www.imc-companies.com/taegutec/ttkCatalog/Item.aspx?cat=5701402&fnum=42&map=p=IS&GFSTYP=M>
- [9] *CERATIZIT* [online]. [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://cuttingtools.ceratizit.com/cz/cs/products/70101908.html?referrer=direct#filters/filterSVNPX1JFOk1N-MC40_MC44.filterV05UX0ITT19CRVpfUFI=-MTlwNDA4RU4=/
- [10] *WALTER* [online]. [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://www.walter-tools.com/cs-cz/search/Pages/default.aspx#/family/000541_109111?query=%7B%22r%22:%5B%7B%22n%22:%22WICTaxonomy%22,%22l%22:%22WICTaxonomy%22,%22v%22:%5B%22turning%22%5D%7D%5D%7D
- [11] *Nástroje pro soustružení* [online]. MITSHUBISHI MATEIALS, 2020 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: http://mhg-mediastore.net/download/C008%20Turning%20Tools/C008%20Turning%20Tools_CZECH.pdf

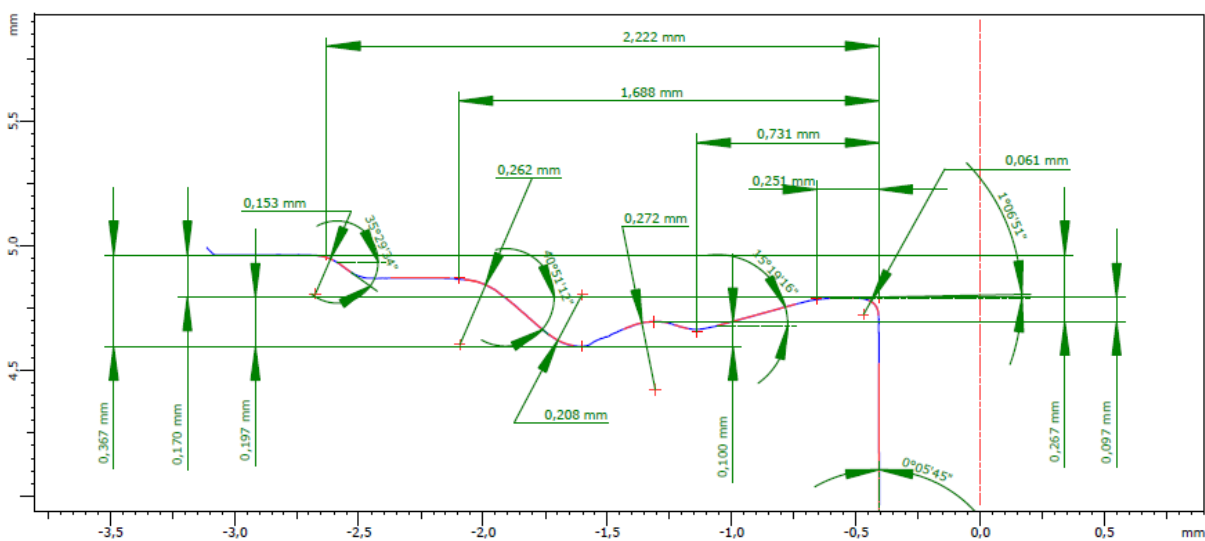
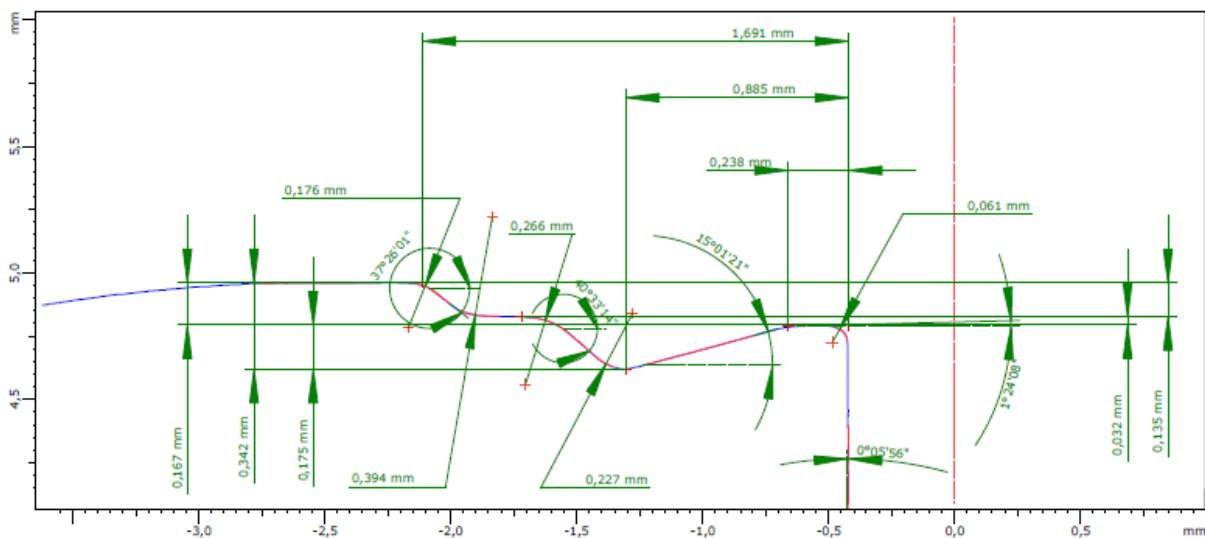
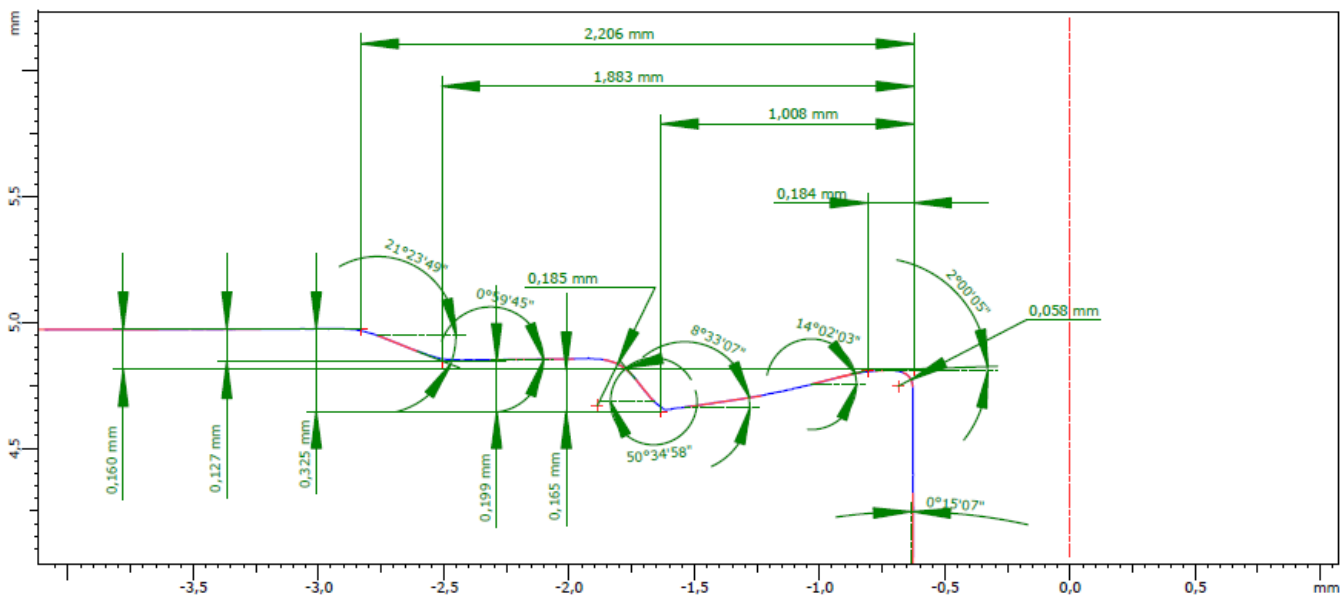
-
- [12] *VÝKONNÉ OBRÁBĚCÍ STROJE* [online]. SUMITOMO ELETRICT, 2021 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://www.sumitomotool.com/fileadmin/user_upload/Catalogues_Download/Sumitomo_Catalogue_2020-2021_CZ.pdf
- [13] *Cutting Tools* [online]. KORLOY Product Catalog, 2021 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: [http://korloy.com/en/ebook/2020_2021%20KORLOY%20CUTTING%20TOOLS\(EM\)/assets/contents/download.pdf](http://korloy.com/en/ebook/2020_2021%20KORLOY%20CUTTING%20TOOLS(EM)/assets/contents/download.pdf)
- [14] *Kompletní řada nástrojů* [online]. Tungaloy Member IMc Group, 2021 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://subs.tungaloy.com/wp-content/uploads/GC_2020-2021_CZ.pdf
- [15] *BŘITOVÉ DESTIČKY PRO VŠEOBECNÉ SOUSTRUŽENÍ* [online]. SECO [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://www.secotools.com/article/m_7100
- [16] *SANDVIK Coromant* [online]. [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/pages/search15products.aspx?tpcleaf=INSTRNG_COR&q=CNMG
- [17] *Turning Product Highlights* [online]. WIDIA™ [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: <https://www.klte.cz/widia/ke-stazeni/download%2FProdukty%2FSoustru%C5%BEen%C3%AD.pdf>
- [18] *Nerotační nástroje* [online]. Iscar Member IMC Group, 2019 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: <https://www.iscar.cz/Catalogs/publication-2019/nonrotating-tools-2019-iso-turn-tools-6.pdf>
- [19] *Nerotační nástroje* [online]. Düsseldorf: ZCC Cutting Tools Europe, 2019 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://www.zccct-europe.com/wp-content/uploads/2021/03/700_CAT_ENG.pdf
- [20] *ISO TURNING* [online]. YG-1 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: [https://www.yg1.kr/finder/iso_turning/\[YE-IT20\]%20INDEXABLE%20INSERTS_TURNING.pdf](https://www.yg1.kr/finder/iso_turning/[YE-IT20]%20INDEXABLE%20INSERTS_TURNING.pdf)
- [21] *General Catalog Contents* [online]. Kyocera [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: https://www.kovonastroje.cz/out/media/katalog_kyocera.pdf
- [22] *MASTER KATALOG 2018* [online]. Kennametal, 2018 [cit. 2021-3-17]. Dostupné z: <https://catalogs.kennametal.com/MASTER-KATALOG-2018-CAST-PRVNI-SOUSTRUZNICKE-NASTROJE-Cestina/B48/>
- [23] KRAHULA, Pavel. *(Diskuse k bakalářské práci)*, [emailová komunikace]. 8.3.2021 [cit. 2021-3-10].
- [24] *SOUSTRUH HROTOVÝ SV18RA/1000* [online]. REPOZ [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://repoz.cz/soustruh-hrotovy-sv18ra-1000-1>
- [25] SMETANOVÁ, Anna. *Soustružení - soustružnické nože*. SOŠ a SOU Kuřim, s.r.o., 2012.

-
- [26] *Příručka pro technology - Jak je to s řeznými silami?* [online]. Seco Tools CZ, 2012 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-jak-je-to-s-reznymi-silami>

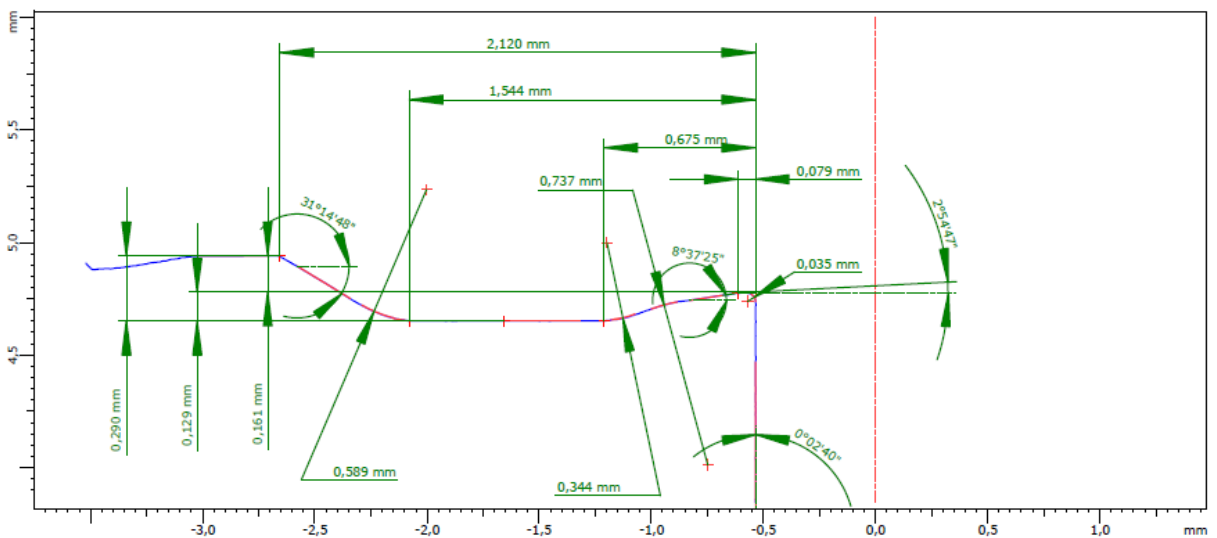
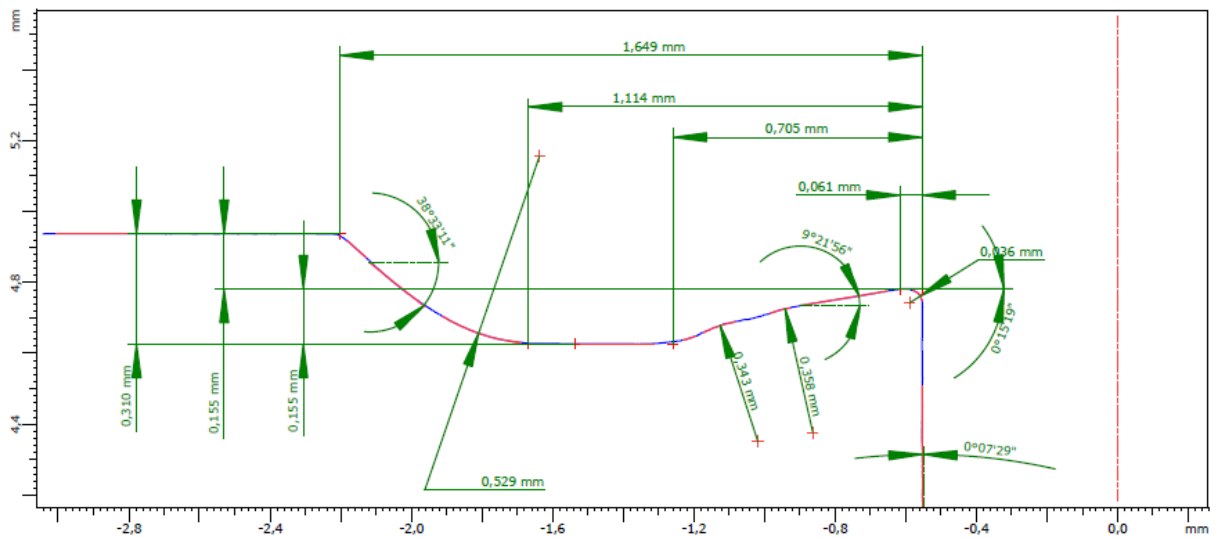
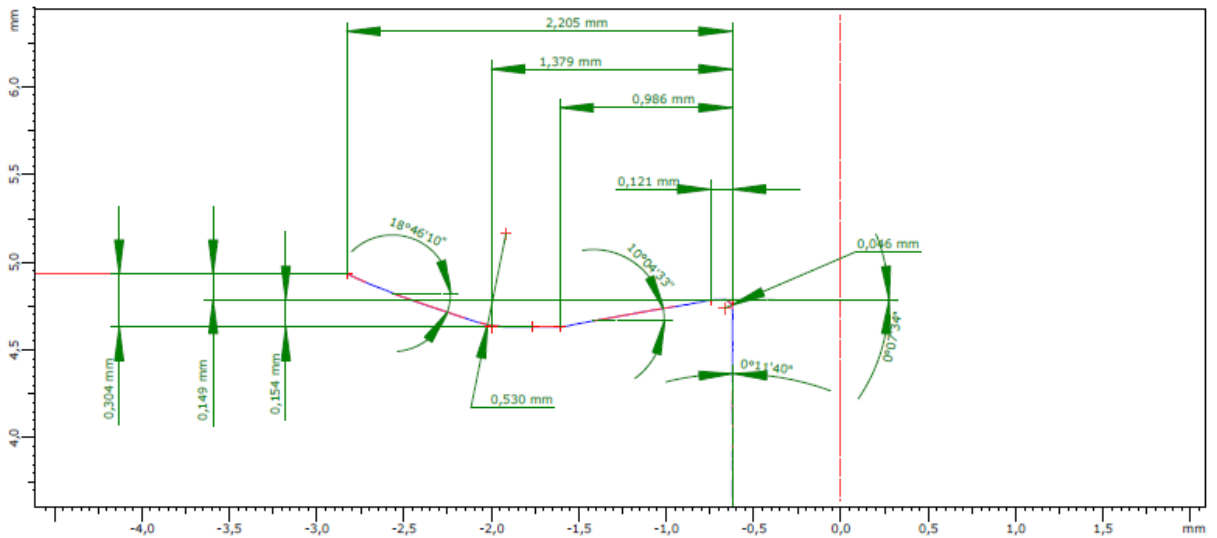
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Řez B, E, F VBD YG-1 [23].
Příloha 2	Řez B, E, F VBD Iscar [23].
Příloha 3	Řez B, E, F VBD Widia [23].
Příloha 4	Řez B, E, F VBD Sandvik Coromant [23].
Příloha 5	Utvářecí diagram VBD značky Sandvik Coromant.
Příloha 6	Utvářecí diagram VBD značky Widia.
Příloha 7	Utvářecí diagram VBD značky Dormer Pramet s.r.o.
Příloha 8	Utvářecí diagram VBD značky Iscar.
Příloha 9	Utvářecí diagram VBD značky YG-1.

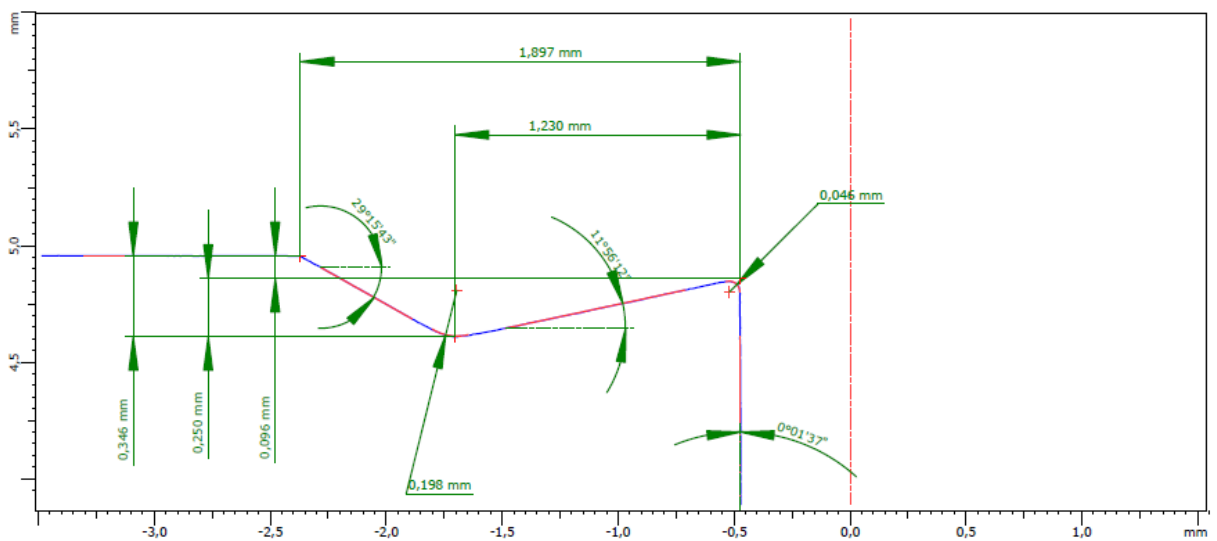
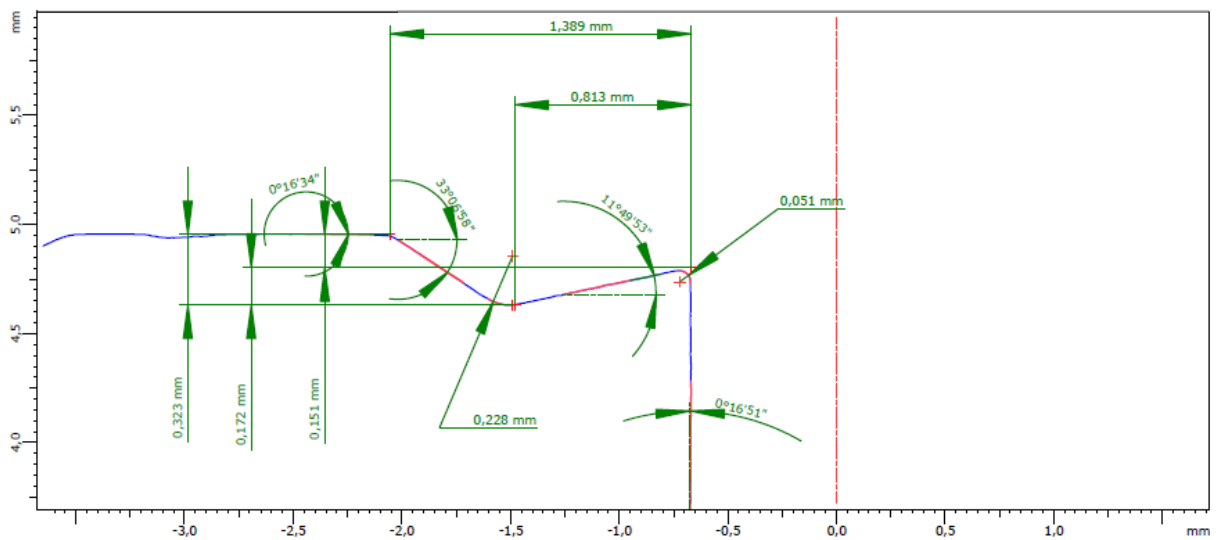
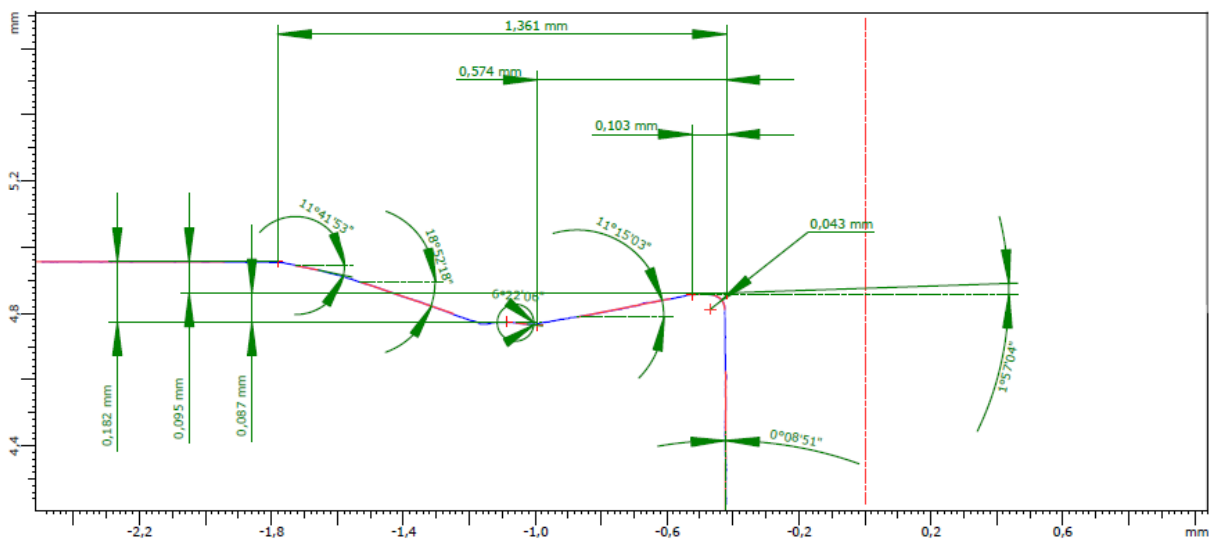
PŘÍLOHA 1 Řez B, E, F VBD YG-1 [23].



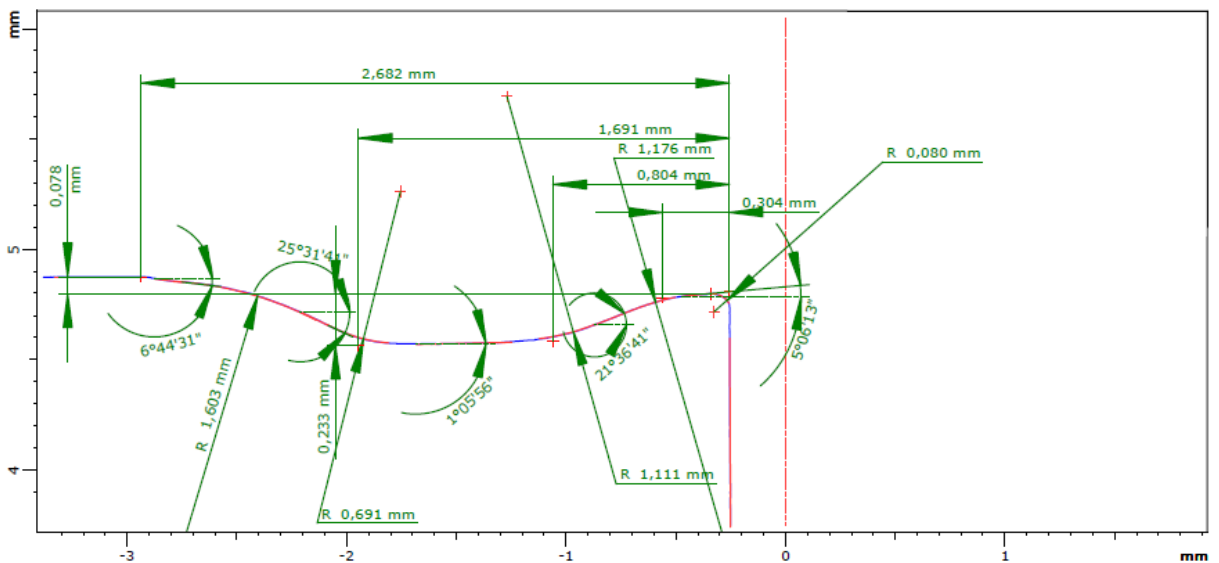
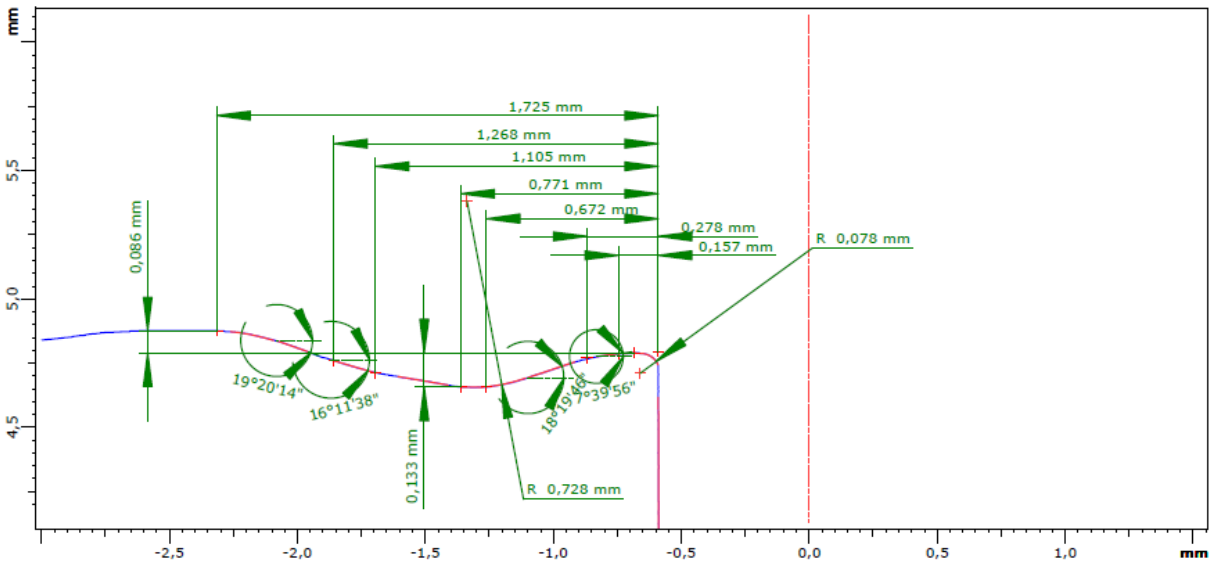
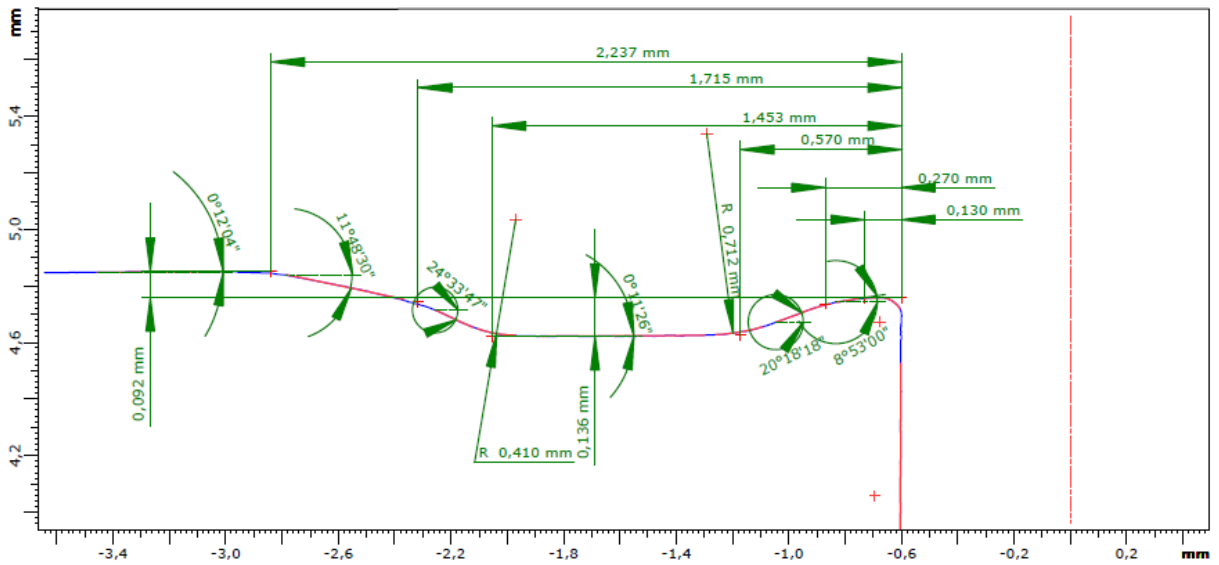
PŘÍLOHA 2 Řez B, E, F VBD Iscar [23].



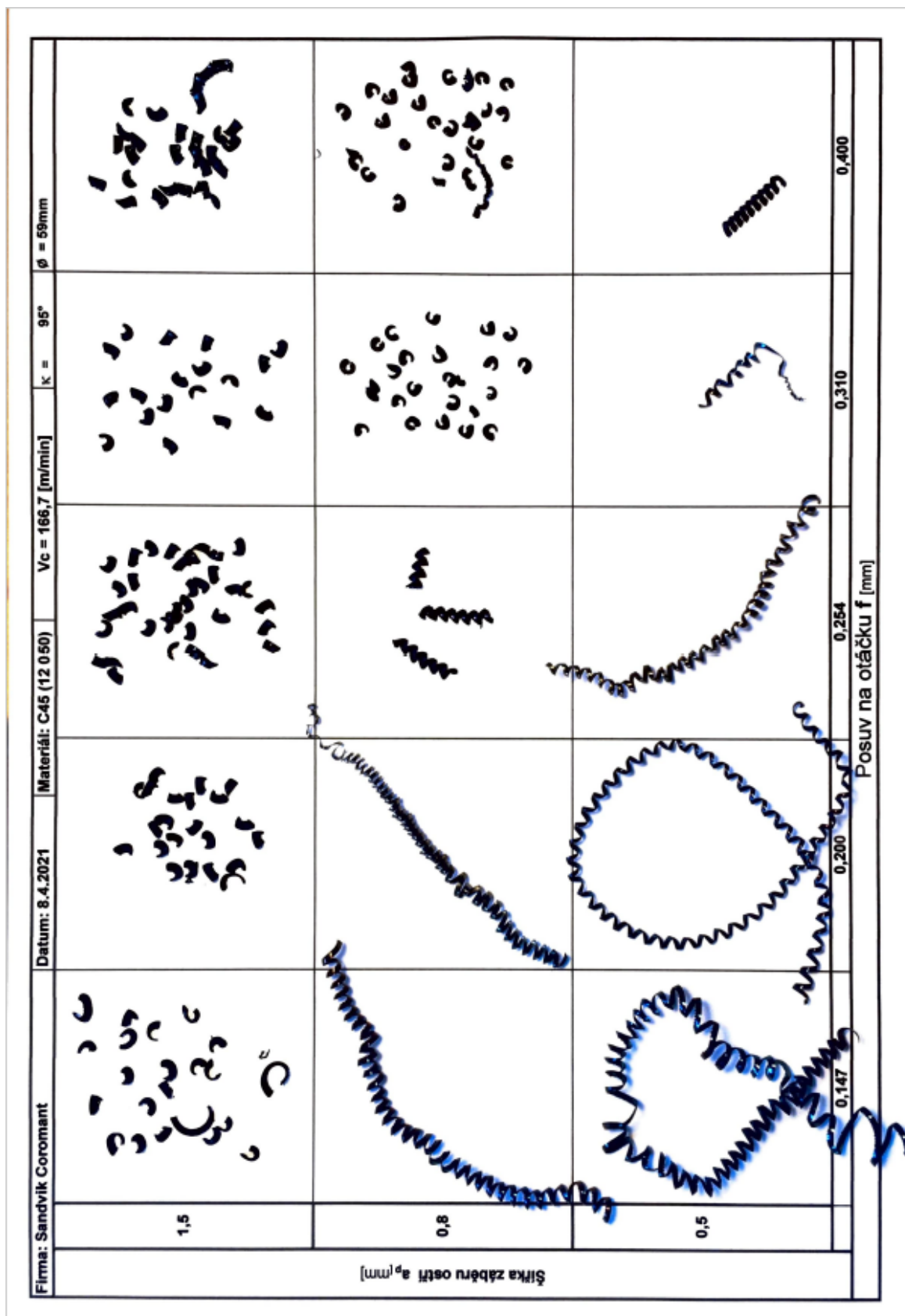
PŘÍLOHA 3 Řez B, E, F VBD Widia [23].



PŘÍLOHA 4 Řez B, E, F VBD Sandvik Coromant [23].



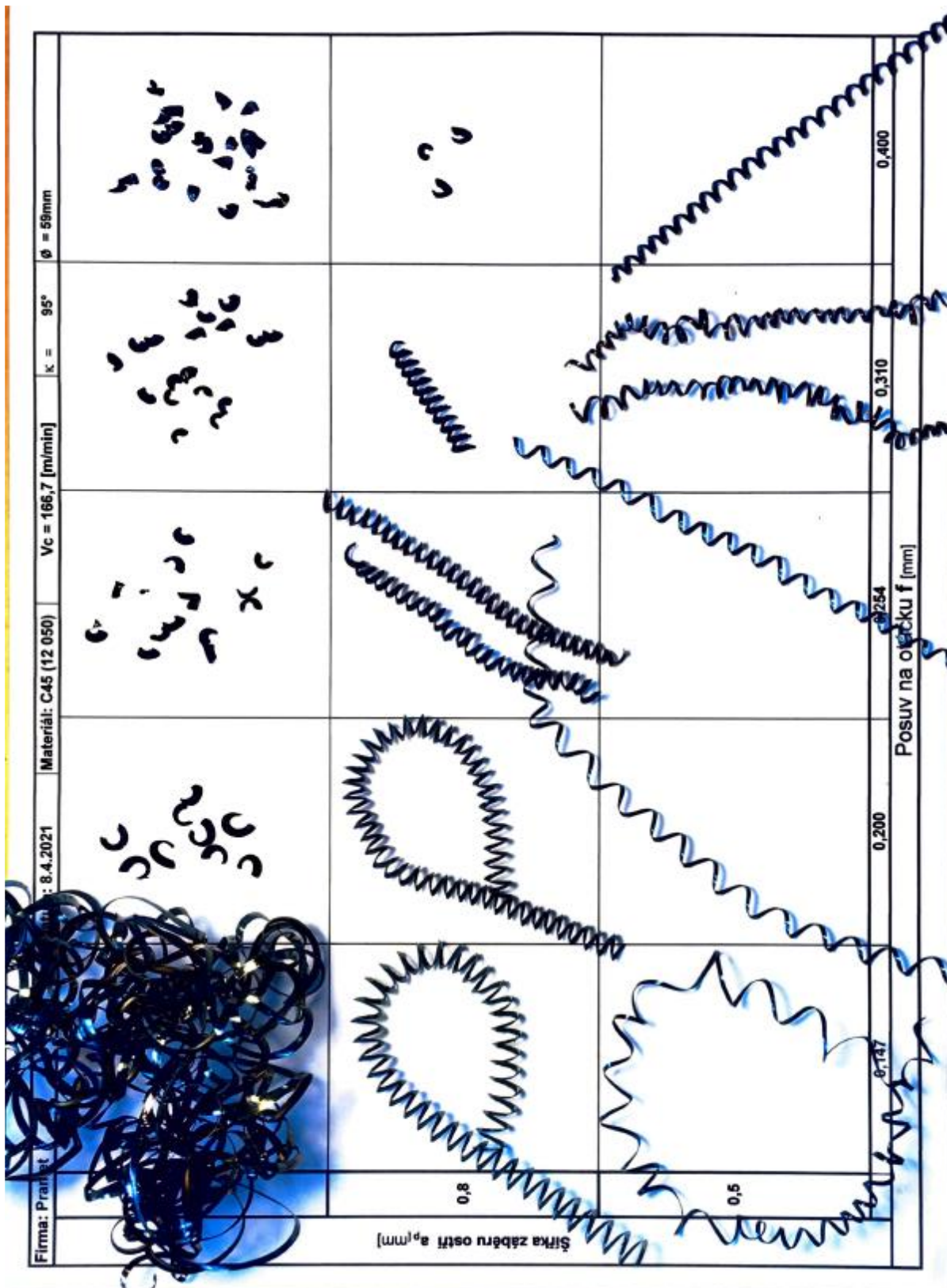
PŘÍLOHA 5 Utvářející diagram VBD značky Sandvik Coromant.



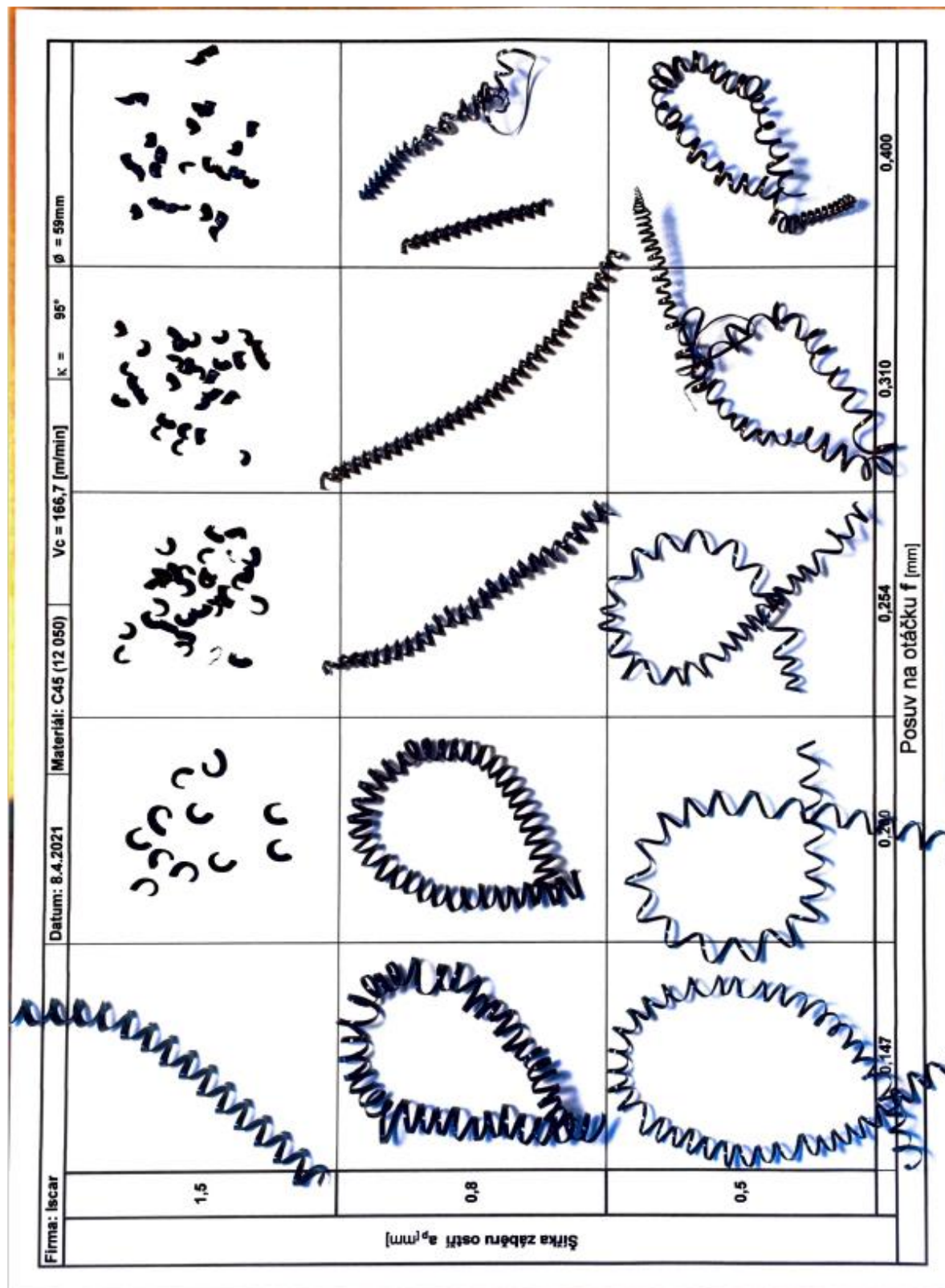
PŘÍLOHA 6 Utvářející diagram VBD značky Widia.

Firma: Widia		Datum: 8.4.2021	Materiál: C45 (12 050)	Vc = 166,7 [m/min]	κ = 95°	φ = 59mm	
1,5	0,8	0,5	Posuv na otáčku f [mm]				
							0,147
Šírka záběru ostří ap [mm]							

PŘÍLOHA 7 Utvářející diagram VBD značky Dormer Pramet s.r.o.



PŘÍLOHA 8 Utvářející diagram VBD značky Iscar.



PŘÍLOHA 9 Utvářející diagram VBD značky YG-1.

