



Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

NÁVRH, KONSTRUKCE A VÝROBA FRÉZY NA OBRÁBĚNÍ KOMPOZITU

Ondřej Pečinka

Střední průmyslová škola, Obchodní akademie a Jazyková škola s právem státní jazykové
zkoušky, Frýdek-Místek, p.o.

28. října 1598, Frýdek-Místek

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

NÁVRH, KONSTRUKCE A VÝROBA FRÉZY NA OBRÁBĚNÍ KOMPOZITU

DESIGN, CONSTRUCTION AND MANUFACTURE OF COMPOSITE MILLING MACHINES

Autoři: Pečinka Ondřej

Škola: 28. října 1598, 738 01 Frýdek-Místek

Kraj: Moravskoslezský kraj

Konzultant: Ing. Čestmír Závodný

Ve Frýdku-Místku, 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Ve Frýdku-Místku dne 13.3.2018

Pečinka Ondřej

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Čestmíru Závodnému a společnosti ANAJ Czech, a.s. za možnost praxe v jejich firmě, věcné připomínky, cenné rady, vstřícnost při konzultacích a pomoc při vypracovávání dlouhodobé maturitní práce.

Anotace

Tato středoškolská odborná činnost se zabývá návrhem, konstrukcí a výrobou řezného nástroje pro třískové obrábění. Součástí práce je popis firmy Anaj Czech, a.s. Hlavní částí práce je popis strojů, nástrojů a měřících přístrojů pro výrobu nástrojů pro třískové obrábění. Důležitá část práce je zde uvedeno shrnutí a poznatky při vypracovávání této dlouhodobé maturitní práce.

Klíčová slova

Kompozitní materiál ; fréza ; obrábění ; broušení

Annotation

This long-term graduation thesis deals with the design, construction and production of cutting tools for machining. Part of the work is a description of the company Czech, a.s. Anaj the main part of the work is a description of machines, tools and measuring instruments for the production of tools for machining. An important part of the work is devoted to the description of the creation of the 3D model in the program and making NC program in the program Numroto. At the end of the work there is a summary and findings when drawing up this long-term graduation work.

Keywords

Composite; mill ; milling ; grinding

Obsah

1	ÚVOD.....	8
	TEORETICKÁ ČÁST STŘEDOŠKOLSKÉ ODBORNÉ ČINNOSTI.....	9
2	ANAJ CZECH A.S.....	9
2.1	HISTORIE.....	9
2.2	REFERENCE.....	10
3	STROJE PRO VÝROBU A KONTROLU ŘEZNÉHO NÁSTROJE.....	11
3.1	BRUSKY.....	11
3.2	DALŠÍ BRUSKY.....	12
3.2.1	MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE.....	14
3.2.2	MĚŘENÍ FIRMY ANAJ.....	14
3.2.3	MIKROGEOMETRIE.....	15
3.2.4	DRSNOST.....	16
4	BROUŠENÍ A NÁSTROJE PRO VÝROBU ŘEZNÉHO NÁSTROJE PRO TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ.....	16
4.1	BROUŠENÍ.....	16
4.2	BRUSNÉ KOTOUČE.....	17
4.2.1	OROVNÁVÁNÍ A UPÍNÁNÍ BRUSNÝCH KOTOUČŮ.....	21
4.2.2	DOSAHOVÁNÍ DRSNOSTI A PŘESNOSTI.....	22
5	MATERIÁLY NÁSTROJU PRO TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ.....	23
6	kompozitní materiály.....	30
6.1	KOMPOZITNÍ MATERIÁL K OBRÁBĚNÍ.....	31
6.2	DELAMINACE.....	33
	PRAKTICKÁ ČÁST STŘEDOŠKOLSKÉ ODBORNÉ ČINNOSTI.....	35
7	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A VÝROBNÍ POSTUP.....	36
8	PROGRAMOVÁNÍ.....	40
8.1	PROGRAMOVÁNÍ V PROGRAMU NUMROTO.....	40
9	TESTOVÁNÍ A ZKOUMÁNÍ MATERIÁLU.....	90
9.1	ZKUMÁNÍ MATERIÁLU NA METALOGRAFICKÉM MIKROSKOPU.....	92
9.2	TESTOVÁNÍ NÁSTROJŮ.....	94

9.2.1	TESTOVÁNÍ VZORKU Č.2.....	98
-------	---------------------------	----

1 ÚVOD

Ve 3. ročníku na střední škole jsem dostal příležitost vykonat souvislou odbornou praxi ve firmě ANAJ Czech, a.s., zabývající se vývojem, výrobou a ostřením speciálních nástrojů pro třískové obrábění ve strojírenství. Měl jsem možnost projít si celou fázi výroby nástrojů od návrhu, přes přípravu materiálu, výrobu nástroje, až po měření konečného nástroje. Díky tomu mi byla poskytnuta příležitost řešení problematiky výroby nástroje pro třískové obrábění, konkrétně frézy pro obrábění kompozitního materiálu. Samotný proces výroby nástrojů je velmi složitý. Frézu jsem podle zadaných rozměrů a požadavků firmy vymodeloval v programu Inventor, vytvořil požadované výkresy na jednotlivá pracoviště, následně vytvořil NC program v programu Numroto, poté nechal vyrobít na CNC brusce s užitím vhodně vybraných brusných kotoučů, přeměřil vyrobené frézy na měřících přístrojích a nakonec vypracoval závěrečnou zprávu, která shrnuje všechny poznatky, teorie a důležité praktické části této středoškolské odborné činnosti.

TEORETICKÁ ČÁST STŘEDOŠKOLSKÉ ODBORNÉ ČINNOSTI

2 ANAJ CZECH A.S.

Společnost ANAJ Czech, a.s. se v současné době řadí mezi přední české firmy zabývající se vývojem, výrobou a ostřením speciálních nástrojů pro třískové obrábění ve strojírenství.

Svou pozici na trhu si získala především nadstandardní technickou podporou, inženýrskou projekční činností a řešením problémů přímo u zákazníků. Disponuje špičkovým strojním vybavením, dobrým zázemím, zkušeným personálem a kvalitním know-how.

Hlavním předmětem její činnosti je vývoj a výroba rotačních a stacionárních řezných nástrojů ze slinutého karbidu, cermetu a práškové oceli. Nabízí i dodávky upínacích systémů a speciálních nástrojů s výměnnými břitovými destičkami.

Pro jejich zákazníky, mezi které patří zejména dodavatelé komponentů pro automobilový, hydraulický, elektrotechnický, energetický, letecký i kosmický průmysl, a pro mnohé další klienty navrhují, vyvíjí a vyrábí speciální nástroje s využitím vlastního know-how pro řešení individuálních požadavků, a to v kusové i sériové výrobě.

Na základě výkresu obrobku jsou schopni nový nástroj nejen navrhnout a vyrobit, ale zároveň implementovat do výrobního procesu u zákazníka a díky síti jejich poboček obchodně technických zástupců zajistit komplexní servis po celou dobu životnosti nástroje.

Navrhují kompletní technologie obrábění pro nové obrobky a řeší složité operace obrábění z pohledu technologie a zároveň i z pohledu nákladů na obrobek, takže jsou schopni poskytnout skutečně komplexní „tool-management“.

Zkušenosti získané při výrobě speciálních nástrojů využívají k úpravě a ostření speciálních i standardních nástrojů renomovaných firem. Důležitou součástí jejich nabídky je povlakování nástrojů nejmodernějšími technologiemi, které zaručí vysokou životnost přestřehého nástroje.

2.1 HISTORIE

Počátek značky ANAJ se datuje od roku 1994, kdy malá firma rodinného typu rychle expandovala v České republice a zároveň si trpělivě budovala v silné konkurenci velmi dobré jméno v oblastech ostření a výroby nástrojů. Na základě získaných zkušeností si vytvořila své know-how v oblasti návrhů a výroby speciálních nástrojů, se kterým se brzy začala

prosazovat i na zahraničních trzích. Od vzniku firmy používají nejmodernější technologie a pracují na moderních, vysoce výkonných strojích. Díky velkým investicím do pravidelné údržby a obnovy strojního parku ručí spolu se zkušenou obsluhou za požadovanou přesnost a kvalitu.

Veškeré procesy ve firmě, včetně oblasti návrhů a vývoje nástrojů, splňují požadavky systému řízení jakosti dle ČSN EN ISO 9001 : 2009 a byly certifikovány certifikační společností TÜV.

V roce 2005 vznikla na Slovensku první zahraniční pobočka ANAJ Slovakia, s.r.o., kde nabízí jejich zákazníkům kompletní službu ostření a povlakování. Zahraniční působení dále rozšířili v roce 2009 založením ruské pobočky ANAJ Ross, o rok později pak v Bělorusku vznikla společnost AN AJ Bel.

2.2 REFERENCE

Odběratelé – Bonatrans Group a.s., CIE Automotive S.A., CIE Praga Louny a.s., DURA Automotive Systems s.r.o., Edwards s.r.o., Maxion Wheels s.r.o., Honeywell spol. s.r.o., Linde Material Handling s.r.o., Lisi Automotive Form A.s., M&V spol. s.r.o., Novogear spol. s.r.o., Ronal Group, Danfoss Power Solutions, Shimano Czech Republic s.r.o., Siemens s.r.o., Tajmac-ZPS a.s., TRW s.r.o., Česká Zbrojovka a.s., Vítkovice Gearworks a.s.

Dodavatelé – Anca, DMG Mori Seiki, Zoller, Junker, Michael Deckel, Liss, Werth Messtechnik, Saacke, SHM, SMS, Ulmer Werkzeug Schleiftechnik, Walter.



Obrázek 1 - Budova firmy Anaj Czech a.s

3 STROJE PRO VÝROBU A KONTROLU ŘEZNÉHO NÁSTROJE

3.1 BRUSKY

Bruska patří do skupiny strojů, které vykonávají konečné technologické operace broušením kovu nebo jiných materiálů. Konstrukce brusek má charakter nepřenosného (stacionárního) stroje nebo jako ruční přenosné strojní nářadí. Převážná většina brusek je v současnosti poháněna elektromotorem. Jako pracovního nástroje se využívá brusného kotouče, který svým otáčením odebírá materiál. Brusný kotouč je vyroben převážně z karbidu křemíku nebo syntetického korundu. Brusný kotouč se otáčí a materiál odebírá svým čelem nebo obvodem. Broušení obrobku je velmi využíváno ve strojním průmyslu. Brusky současné generace zajišťují výrobu součástí s minimálními tolerancemi rozměrů (maximální přesností), nízkou drsností povrchu a vysokou produktivitou. Brusky bývají společně s dalšími obráběcími stroji zabudované do automatických výrobních linek. Brusky se vyrábí s CNC řízením.



Obrázek 3 - CNC 5-ti osá bruska ANCA



Obrázek 2 - CNC 5-ti osá bruska REINECKER

3.2 DALŠÍ BRUSKY

a) Pro broušení válcových vnějších ploch

-Hrotové brusky

-Bezhraté brusky

b) Pro broušení válcových vnitřních ploch

-Brusky s otáčejícím se obrobkem

-Planetové brusky

c) Pro broušení rovinných ploch

-Rovinné brusky svislé

-Rovinné brusky vodorovné

d) Pro broušení nástrojů

-Speciální brusky

-Univerzální brusky

e) Pro broušení tvarových ploch

-Brusky pro broušení závitů

-Brusky pro broušení evolventního ozubení

Broušení nástrojů

Speciální brusky

Slouží pro broušení obrobků se speciálním technologickým zaměřením. Jsou to brusky na ostření, broušení závitů, ozubení, broušení klikových a válcových hřídelí. Produktivní sériová a hromadná strojírenská výroba šablon, měřidel nebo tvarových nožů se neobejde bez různých druhů speciálních brousících strojů. Jsou to například kopírovací tvarové brusky, brusky k podbrušování odvalovacích fréz, brusky závitů a planetové brusky středících důlků.

K dosažení přesného a hladkého povrchu je třeba volit:

- Jemnější zrnitost brusného kotouče
- Menší obvodovou rychlost obrobku
- Menší hloubku broušení
- Menší podélný posuv mezi hroty
- Menší boční posuv při rovinném broušení

3.2.1 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

Měřicí přístroje a jednoduchá měřidla slouží k zjišťování hodnot fyzikálních či chemických vlastností nejrůznějších předmětů, látek, procesů nebo prostředí. Tyto hodnoty se vyjadřují číslem, a to v určitých jednotkách. Jde o různé přístroje, nástroje nebo pomůcky, které se používají pro měření. Měření hraje v moderních společnostech stále významnější úlohu, a to v běžném životě, v obchodě, ve výrobě, v technice a zejména ve vědách. Rozmanitosti těchto potřeb odpovídá rozmanitost měřicích přístrojů a měřidel. Hranice mezi měřicím přístrojem a měřidlem není jasně vymezena, většina moderních přístrojů potřebuje elektrický zdroj. Někdy se mezi měřicí přístroje zahrnují i prosté indikátory a zkoušečky, které nedávají číselné hodnoty (například olovnice, fázovka, lakmus). Jindy se sem naopak počítají i různé přístroje a zařízení zobrazovací (mikroskop, osciloskop, spektrometr) nebo pomocné (například převodníky nebo senzory).

3.2.2 MĚŘENÍ FIRMY ANAJ

Mezioperační a výstupní kontrola je prováděna na špičkových měřicích zařízeních od společnosti Walter a Zoller. Každé měření je zaznamenáno a veškeré údaje jsou archivovány. Výstupní kontrola je prováděna se shodou na zákaznický výkres a je deklarována protokolem o shodě.



Obrázek 4 . Měřák PoomBasic



Obrázek 5 - Měřák Zoller

3.2.3 MIKROGEOMETRIE

Stav a kvalita povrchové vrstvy obrobeného kovu ovlivňují únavovou pevnost, odolnost proti opotřebení, protikorozní stabilitu, kvalitu montáže apod. je známé, že dynamicky namáhané součástky se zpravidla začnou porušovat na povrchu. Obrobená plocha se tvoří jako obalová plocha trajektorií pracovního pohybu bodů řezné hrany nástroje a od základních geometrických ploch zadaných výkresem, tedy od roviny, válcové plochy apod. se zásadně liší. Např. podélně soustružená plocha je šroubovitá, čelně soustružená spirálová, hoblovaná žlábkovitá. Avšak i takové pojetí obrobené plochy je idealizací jejího skutečného stavu. Geometrický sled postupných poloh bodů řezné hrany je přetvořený v závislosti od jednotlivých fyzikálních procesů, které zákonitě provázejí obrábění.

Teoretický sled poloh řezné části nástroje, daný kinematickým schématem se mění v důsledku následujících faktorů:

- Pružnou a plastickou deformací v průběhu tvoření třísky
- Dynamickými jevy, tedy kmitáním technologické soustavy
- Přesností výrobního zařízení

Řezivost obráběcího nástroje je ovlivněna mnoha faktory. Na výsledných funkčních vlastnostech nástroje se podílejí především řezný materiál, povlak a řezná geometrie. Tyto tři prvky nelze od sebe oddělit a je nutné na ně nahlížet ve vzájemném kontextu. Řeznou geometrii je možné rozdělit na makrogeometrii (profil nástroje, vyostření, úhly) a mikrogeometrii. Mikrogeometrie nástroje je do jisté míry ovlivněna jak použitým řezným materiálem, tak i naneseným oteruvzdorným povlakem, který ovlivňuje drsnost povrchu a díky své tloušťce i poloměr zaoblení bříty.

Tvar bříty se volí podle typu a použití řezného nástroje. Požadavky na homogenitu a opakovatelnost výroby bříty stále rostou a je znatelný trend používání malého zaoblení nebo fazetky na ostří. Na obrázku 1 jsou představeny základní tvary ostří vzniklé po broušení nebo po úpravě řezné hrany, resp. povlakování. Z těchto požadavků plyne jasná potřeba přidat operaci na úpravu řezné hrany. Navíc je tvorba bříty výsledkem několika na sebe navazujících kroků při výrobě nástroje. Jde například o broušení a povlakování, při kterém je třeba zohlednit to, že nanesením povlakované vrstvy, obzvláště větších tloušťek, se změní poloměr zaoblení ostří. Pro úpravy hrany a povrchu se používají různé metody. Patří k nim především pískování, omílání, kartáčování, lapování, magnetické leštění, proudové broušení nebo laser. Podstatou většiny metod je působení abrazivních částic, jejichž účinek na obrobek je zprostředkován vhodným médiem (vzduch, pasta, pojivo, vlákno, magnet). Rychlostí a dobou pohybu abraziva nebo obrobku se vytvoří požadované zaoblení hran.

3.2.4 DRSNOST

Na povrchu povlaku mohou vznikat tzv. mikročástice, tvořené např. vyloučeným titanem nebo hliníkem, které mají nepříznivý vliv na výslednou kvalitu povlaku. Větší drsnost povrchu zvyšuje řezné síly, a tak dochází ke zvýšenému tepelnému a mechanickému namáhání břitů nástrojů. Tento negativní jev se snaží většina výrobců minimalizovat úpravou technologie povlakování, popřípadě dodatečnou úpravou povrchu nástrojů po povlakování. Makročástice působí jako kameny v řečišti a zpomalují odvod třísek, což je v případě vrtání obzvláště nepříznivé. Odchází-li tříska rychle a s malým třením, proudí méně tepla do nástroje, neboť čas kontaktu mezi třískou a nástrojem klesá.

4 BROUŠENÍ A NÁSTROJE PRO VÝROBU ŘEZNÉHO NÁSTROJE PRO TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ

4.1 BROUŠENÍ

Broušení je technologie obrábění, při níž se materiál ubírá tvrdým brusivem (práškem, kotoučem ap.) s množstvím nepravidelných a nahodile orientovaných břitů. Velikost zrn je od 0,003 až do 3mm. Ruční broušení patří mezi nejstarší způsoby obrábění, strojové broušení se používá k obrábění kovů, keramiky, skla, ale také dřeva a umělých hmot. Brousit lze i ty nejtvrdější materiály a při strojovém broušení lze dosahovat vysoké přesnosti a velmi kvalitního povrchu. Oddělování třísek je podobné jako při frézování.

Použití:

-broušení válcových ploch

-broušení tvarových ploch (závity, ozubení)

-broušení rovinných ploch

4.2 BRUSNÉ KOTOUČE

Brousící nástroj se skládá z brusných zrn, pojiva a pórů. Brousící zrna tvoří řezné klíny, póry mají funkci zubových mezer, ve kterých se hromadí třísky a pojivo spojuje brousící zrna dohromady, čímž tvoří pevné těleso různých tvarů a velikostí. Výhodou brousících nástrojů je tzv. samoostření. Při vhodně zvoleném nástroji a řezných podmínkách dochází vlivem otupování zrn k růstu řezné síly a k vylamování opotřebovaných zrn nástroje. Tím se odkryjí nová, ostrá zrna brusiva.

Zrna brusiva jsou:

- volná (brousící a leštící pasty a prášky)

- vázaná

a) v tuhých nebo pružných tělesech (brousící kotouče, brousící tělíška, superfinišovací a honovací kameny, brousící a obtahovací kameny a segmenty, brousící pilníky apod.)

b) nanesená a zakotvená na brousících pásech a brousících a leštících plátnech a papírech.

Volba brusného kotouče, jeho tvar a velikost závisí na tvaru plochy broušené na součásti. Podle materiálu obrobku a jeho mechanických vlastností se volí typ brusiva a tvrdost kotouče. Aby byla zachována samoostřicí schopnost kotouče, volí se pro broušení tvrdších materiálů kotouče měkčí a naopak. Při velkých stykových plochách nástroje a obrobku se zrna rychleji opotřebovávají a je vhodné požit měkčích kotoučů. Podle požadovaného výkonu broušení a jakosti obrobeného povrchu se volí velikost zrna. Hrubší zrnitost umožní vyšší výkon broušení, ale jakost obrobeného povrchu se zhorší.

Kotouč se otáčí vysokými otáčkami a případná nevyváženost by způsobovala chvění a zhoršení jakosti obrobeného povrchu. Proto se kotouče na trnu ve vyvažovacím stojánku se dvěma vodorovnými lištami staticky vyvažují pomocí pohyblivých vyvažovacích tělísek umístěných v přírubě kotouče. Velké kotouče se vyvažují dynamicky.

Brousící nástroje dělíme dle tvarů na:

-kotouče (nejčastější)

-tělíška

-segmenty

Brusné nástroje posuzujeme dle:

- druhu brusného materiálu
- zrnitosti brusiva
- tvrdosti materiálu
- struktury nástroje
- druhu pojiva

Druhy brusiv:

- umělý korund - A96 (hnědý); A98 (růžový); A99 (bílý)
- karbid křemíku - C48 (světle šedý); C49 (zelený)
- karbid bóru
- kubický nitrid bóru (borozan, elbor, kubonit)
- syntetický diamant (UR-DIAMANT)

Volba:

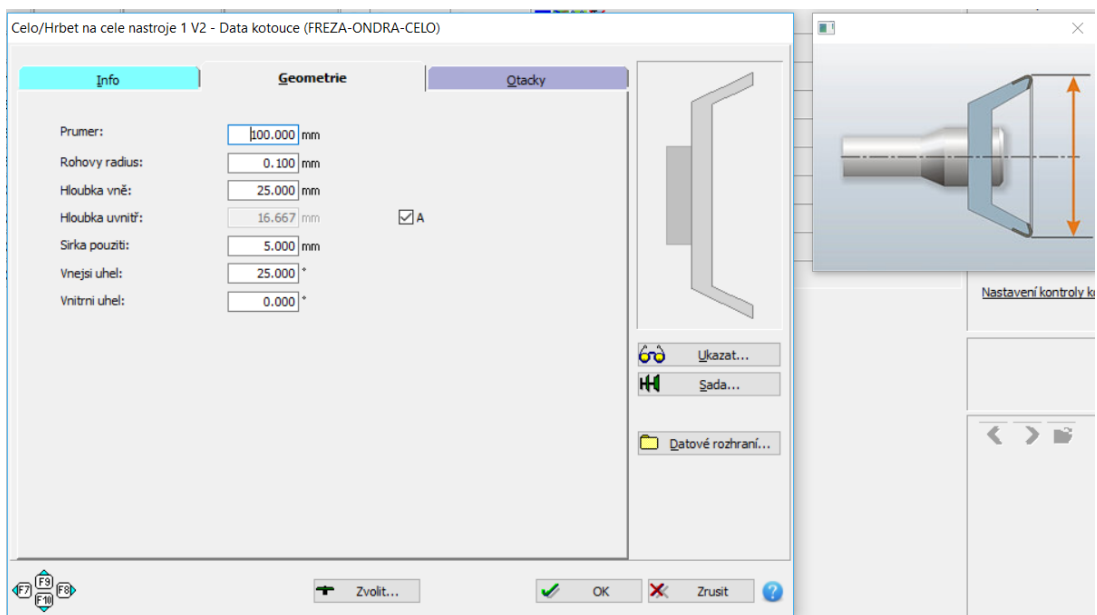
- tvrdý, křehký materiál vyžaduje jemnější zrna, než materiál měkký a houževnatý
- velikost dotykové plochy nástroje i obrobku má vliv na vývin tepla a zanášení kotouče, proto se při rovinné m broušení volí větší zrna, než při broušení í „dokulata“



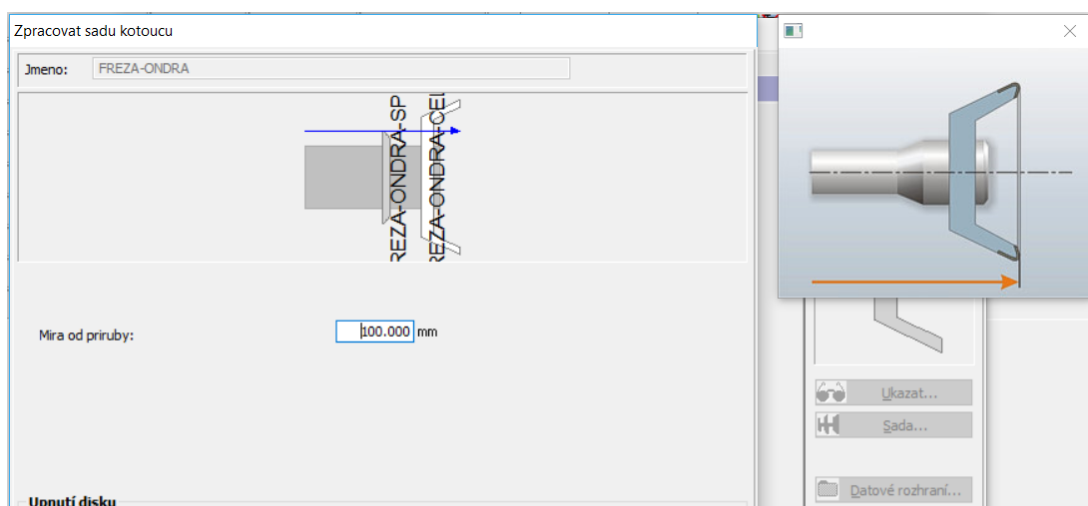
Obrázek 7 - Kotouč 1A1



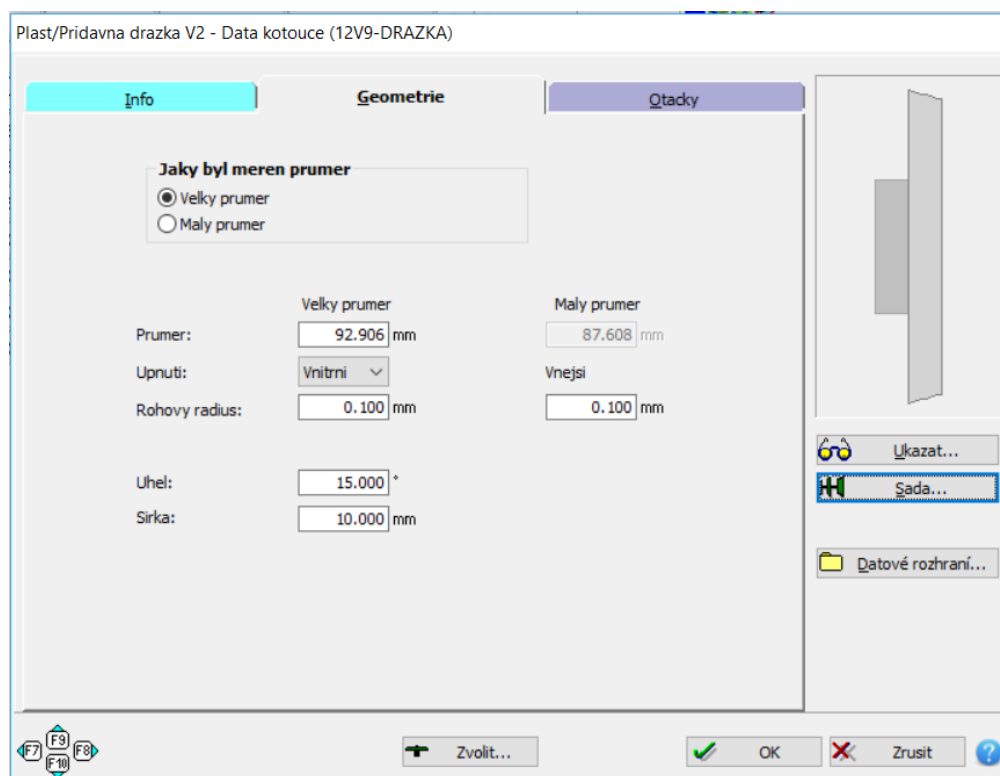
Obrázek 6 - Kotouč 1V1 54 stupňů



Obrázek 8 - Odsazení mého kotouče 1V1 15 stupňů



Obrázek 9 - Parametry kotouče 1V1 15stupňů



Obrázek 11 - Parametry korouče 11V9

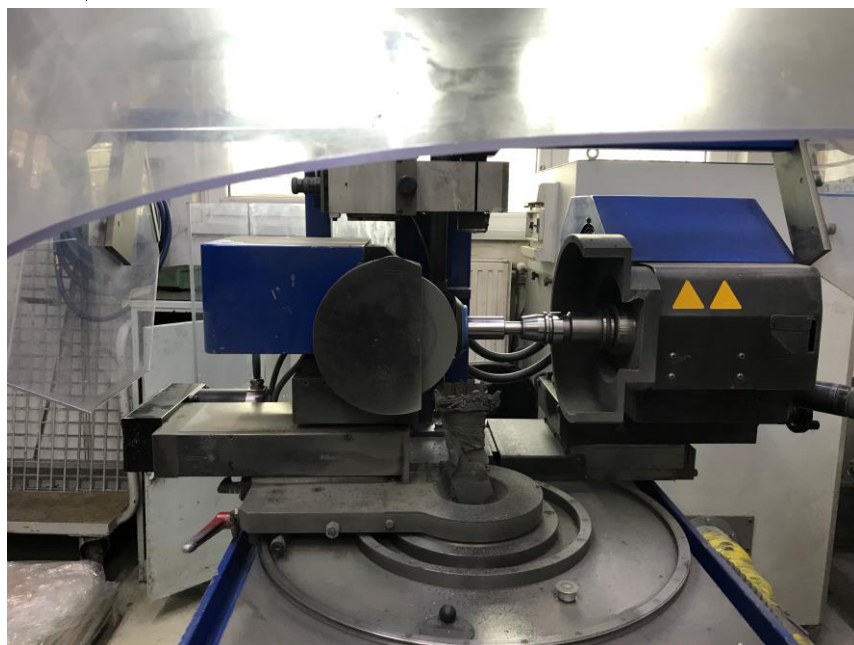
4.2.1 OROVNÁVÁNÍ A UPÍNÁNÍ BRUSNÝCH KOTOUČŮ

Orovnávání brusných kotoučů:

- otupování ostří jednotlivých zrn brusiva a zanášení pórů třískami způsobuje ztrátu řezivosti
- řezivost se obnovuje pomocí orovnávačů
- tvarování brusných kotoučů a odstranění otupených zrn brusiva
- pro orovnávání kotoučů se používají brusné kolíky

Upínání brusných kotoučů:

- ploché brousící kotouče se upínají pomocí přílozek za vnitřní otvor na hřídel
- prstencové brousící kotouče se upínají zatmelováním do drážky v přírubě



Obrázek 12 - Orovnávání kotoučů

4.2.2 DOSAHOVÁNÍ DRSNOSTI A PŘESNOSTI

Hrubování:

- čelem kotouče - IT9 až IT11, Ra 0,8 až Ra 6,3
- obvodem kotouče - IT9 až IT11, Ra 0,8 až Ra 3,2

Na čisto:

- čelem kotouče - IT5 až IT7, Ra 0,2 až Ra 1,6
- obvodem kotouče - IT5 až IT7, Ra 0,2 až Ra 0,8

Jemné broušení:

- IT3 až IT4, Ra 0,05 až Ra 0,4

K dosažení přesného a hladkého povrchu je třeba volit:

- jemnější zrnitost brusného kotouče
- menší obvodovou rychlost obrobku
- menší hloubku broušení
- menší podélný posuv při broušení mezi hroty
- menší boční posuv při rovinném broušení

5 MATERIÁLY NÁSTROJU PRO TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ

Břit je nejdůležitější částí nástroje. Závisí na něm průběh vlastního procesu obrábění, produktivita a hospodárnost obrábění. Je proto nutné věnovat volbě materiálu břitu nástroje velkou pozornost. Vlastnostem materiálu na řezné nástroje, tj. jeho tvrdosti (musí být min. o 6 HRC více než obráběného materiálu), pevnosti, houževnatosti, odolnosti proti otěru a tepelné odolnosti, se říká souhrnně řezivost.

Řezivost je dána: chemickým složením, způsobem výroby, tepelným a jiným zpracováním, např. tvářením, pájením apod. V současné době se používají pro řezné nástroje tyto základní materiály:

1. Nástrojové oceli a) uhlíkové, b) slitinové
2. Slinuté karbidy
3. Keramické řezné materiály
4. Diamanty
5. Broušící materiály

Aplikační oblasti materiálů pro řezné nástroje jsou vymezeny jejich fyzikálními, tepelnými a mechanickými vlastnostmi. Nástrojové materiály s vysokou tvrdostí lze použít při vyšších řezných rychlostech a malých průřezech třísky (dokončovací obrábění), kde převládá spíše tepelné zatížení nad mechanickým. Materiály s vysokou houževnatostí lze použít při vyšších posuvových rychlostech (hrubovací obrábění), kde v důsledku většího průřezu třísky převládá mechanické zatížení nad tepelným.

Pro vysoko výkonné obrábění se dnes používají nástroje převážně ze slinutého karbidu (vyráběného lisováním karbidického prášku s práškem pojivového kovu a následného slinování při teplotě blízké tavení pojiva) většinou s povrchovou úpravou zlepšující vlastnosti nástroje. A stále častěji se využívá řezná keramika, cermety a super tvrdé řezné materiály jako je diamant a kubický nitrid boru.

Tvrdokov - vysoce odolný materiál proti opotřebení.

Použití tvrdokovu jako materiálu s vysokou odolností proti opotřebení je dáno jeho vlastnostmi: vysokou tvrdostí, vysokou pevností v tlaku, vysokým modulem pružnosti, dostatečnou houževnatostí, nepatrnou tepelnou roztažností, dobrou obrobitelností a nepatrnou tendencí k zavaření za studena.

Nejdůležitějšími mechanickými vlastnostmi jsou tvrdost, pevnost a houževnatost. Jejich znalost představuje důležitý základ pro správnou volbu druhu tvrdokovu. U tvrdokovů se všeobecně charakterizuje tvrdost Vickersovou zkouškou (ISO 3878) a pevnost zkouškou ohybem (ISO 3327). Charakteristika houževnatosti křehkých materiálů je relativně problematická. Používá se zkouška houževnatosti, která se může zjistit např. ze zatížení vzorku s jemným zářezem nebo z délky trhliny při Vickersově zkoušce otiskem.


Mechanické vlastnosti se mohou u tvrdokovů velmi měnit. U tvrdokovů z WC-Co, které se používají přednostně při odolnosti proti opotřebení, jsou nejhlavnějšími prvky obsah Co a velikost zrna WC. Pevnost tvrdokovu v tlaku je jednoznačně vyšší než v ohybu, zatímco pevnost v tahu je jen asi 50 % pevnosti v ohybu. Z toho v podstatě vyplývá pravidlo používat tvrdokov tak, aby se vyhnul velkému zatížení v tahu. Zvětšení zrna WC vede zpravidla ke snížení tvrdosti a ke zvýšení houževnatosti. V podstatě lze konstatovat, že tvrdost charakterizuje odpor k abrazivnímu opotřebení, zatímco pevnost v ohybu a houževnatost charakterizuje chování trhliny a lomu.

Nejdůležitější vlastností, kterou se tvrdokov vyznačuje, je odolnost proti opotřebení. Tato vlastnost představuje kombinaci vyjmenovaných základních vlastností a ukazuje vztah k specifikaci použití. Opotřebení představuje úbytek povrchové vrstvy a nejlépe je lze vyzkoušet při praktickém testu, ale možné jsou i zkoušky v laboratorních podmínkách.

Rozlišujeme dvě hlavní skupiny tvrdokovů, jednak tvrdokovy WC-Co s nejširším použitím, jednak tvrdokovy obsahující příměsi karbidu, skládají se v zásadě z WC-TiC-TaNbC-Co. Poslední se používají pro obrábění. Vedle nich existují speciální tvrdokovy s odlišnými pojidly, např. Ni, Fe, Cr, eventuálně s odlišnými karbidy, např. Cr₃C₂, Mo₂C, VC. K tvrdokovům se řadí také cermet, např. na bázi TiCN-NiMo-Co, který rovněž nachází použití v obrábění.

Označení tvrdokovů podle velikosti zrna karbidu se provádí např. podle těchto kategorií: nano, velmi jemné, jemnější, jemné, střední, hrubé a velmi hrubé. V posledních letech jde trend vývoje především ve směru jemnozrnných tvrdokovů, jakož i tvrdokovů se speciálními vlastnostmi, např. odolností proti korozi, odolností proti tepelné a mechanické změně a erozi.

Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG
 CARBIDE PLANT - KULMBACH/GERMANY



Tungsten Carbide

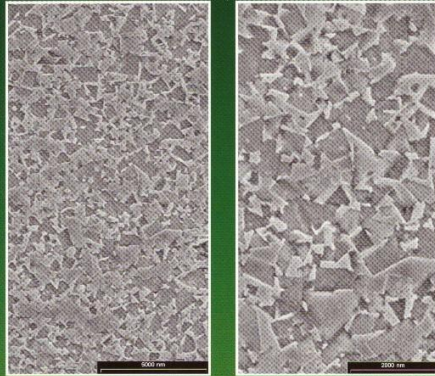
Our high performance product K55SF sets new standards for carbides. The use of superfine tungsten carbide is decisive to increase the machining performance in cutting of high tech materials. K55SF is also well-suited for dry machining as well as the machining of abrasive composite materials.

In drilling, milling and thread tapping where high toughness is required with high hardness at the same time, our K44UF carbide with a cobalt content of 12 percent is recommended. All grades are also well-suited for use at high speeds and feeds and with minimum lubrication.

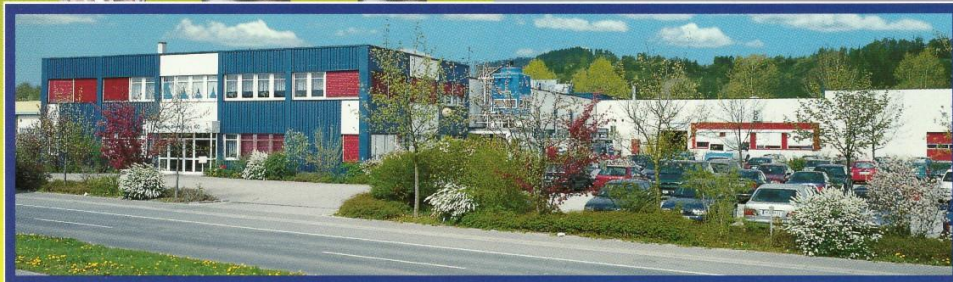
Grade	Cobalt content [wt %]	Hardness HV _{0.05} [kg/mm ²]	Hardness HRA [ISO3738]	K _{IC} [MNm ^{-3/2}]	TRS [N/mm ²]	WC Grain size [µm]	Applications	Dimensions [mm]
K6UF	6.0	1900	93.8	9.3	> 4000	0.6	Drilling applications, suitable for machining composite material. For planing applications. For reamers, deep hole drills and difficult materials.	Ø 1.2 - 42.2

Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG
CARBIDE PLANT · KULMBACH

For drilling and planing applications in difficult materials



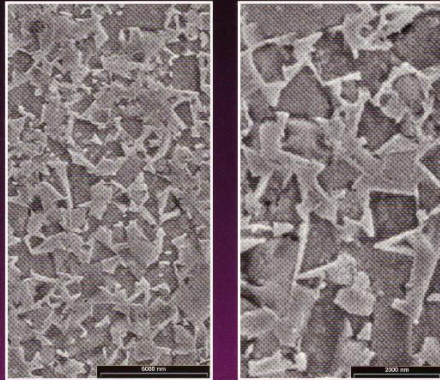
Grade		K6UF
ISO-Classification		K05
Diameter	[mm]	1.2 - 42.2
Co	[%]	6.0
WC+Cr ₃ C ₂ +VC	[%]	94.0
Density	[g/cm ³]	14.95
HV ₃₀	[kg/mm ²]	1900
HRA	[ISO3738]	93.8
K _{1c}	[MNm ^{-3/2}]	9.3
TRS	[N/mm ²]	> 4000
Porosity	A	≤ 02
	B	00
	C	00
WC - grain size	[µm]	0.6
Binding phase		Uniform Distribution
Mixed Carbide		-
Eta-Phase		-
Applications		Drilling applications, e.g. for composite materials. For planing applications. For reamers, deep hole drills and difficult materials.
Dimensions		cf. main catalogue



Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG
 Vorwerkstraße 20 · D-95326 Kulmbach · Germany
 Telefon + 49 - 92 21 - 8 20 50
 Telefax + 49 - 92 21 - 8 45 09
 e-mail: service@friedrichs-carbide.com
 Internet: <http://www.friedrichs-carbide.com>

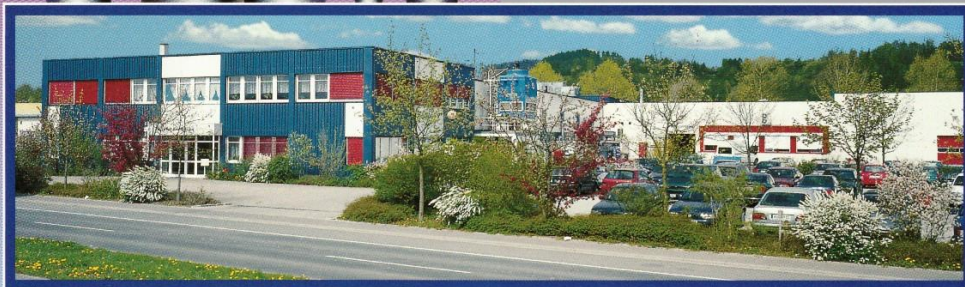
Obrázek 14 - Parametry materiálu

Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG
CARBIDE PLANT · KULMBACH



For wide range drilling
 and milling

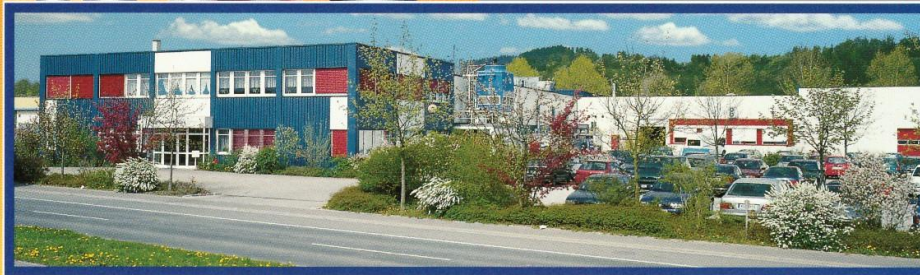
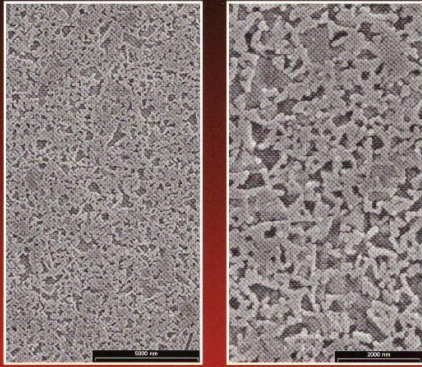
Grade		K40UF
ISO-Classification		K40
Diameter	[mm]	1.2 - 42.2
Co	[%]	10.0
WC+Cr ₃ C ₂ +vc	[%]	90.0
Density	[g/cm ³]	14.5
HV ₃₀	[kg/mm ²]	1610
HRA	[ISO3738]	92.3
K _{IC}	[MNm ^{-3/2}]	10.5
Bending strength	[N/mm ²]	> 4000
	A	≤ 02
Porosity	B	00
	C	00
WC - grain size	[µm]	0.6
Binding phase		Uniform Distribution
Mixed Carbide		-
Eta-Phase		-
Applications		Titanium alloys, heat-resistant alloys, austenitic stainless steels, grey cast iron and fiberglass reinforced plastics
Dimensions		cf. main catalogue



Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG
 Vorwerkstraße 20 · D-95326 Kulmbach · Germany
 Telefon +49-9221-82050
 Telefax +49-9221-84509
 e-mail: service@friedrichs-carbide.com
 Internet: <http://www.friedrichs-carbide.com>

Obrázek 15 - Parametry materiálu

Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG
CARBIDE PLANT · KULMBACH



For drilling and milling applications and for machine taps

Grade		K44UF
ISO-Classification		K40-K50
Diameter	[mm]	1.2 - 42.2
Co	[%]	12.0
WC+Cr ₃ C ₂ +vc	[%]	88.0
Density	[g/cm ³]	14.05
HV ₃₀	[kg/mm ²]	1680
HRA	[ISO3738]	92.5
K _c	[MNm ^{-3/2}]	10.0
Bending strength	[N/mm ²]	> 4000
Porosity	A	≤ 02
	B	00
	C	00
WC - grain size	[µm]	0.5
Binding phase		Uniform Distribution
Mixed Carbide		-
Eta-Phase		-
Applications		Drilling/Milling applications, e.g. for titanium alloys, heat-resistant alloys, stainless steels, hardened steels, grey cast iron, fiberglass reinforced plastics, composite materials. For machine taps, for deep hole drills.
Dimensions		cf. main catalogue

Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG
 Vorwerkstraße 20 · D-95326 Kulmbach · Germany
 Telefon +49-9221-82050
 Telefax +49-9221-84509
 e-mail: service@friedrichs-carbide.com
 Internet: <http://www.friedrichs-carbide.com>

Obrázek 16 - Parametry materiálu

6 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

Kompozitní materiál, nebo zkráceně kompozit je obecně vzato materiál ze dvou, nebo více substancí s rozdílnými vlastnostmi, které dohromady dávají výslednému výrobku nové vlastnosti, které nemá sama o sobě žádná z jeho součástí.

Jedním z nejnámějších kompozitních materiálů je železobeton, kompozit z ocelových drátů a betonu (beton je kompozit z kameniva a cementu), dalším známým zástupcem je skelný laminát, kompozit ze skleněných vláken a pryskyřice, obvykle polyesterové. Hojně užívaný kompozitní materiál je asfaltová směs na výrobu povrchu komunikací.

Dalšími zástupci jsou kompozity z vláken uhlíkových a aramidových, ze kterých se vyrábějí extrémně pevné a lehké díly pro konstrukce letadel a raket, užití mají i v automobilovém průmyslu a v ozbrojených složkách (neprůstřelné vesty).

Obvykle jedna ze součástí dodává výrobku pevnost a druhá slouží jako pojivo.

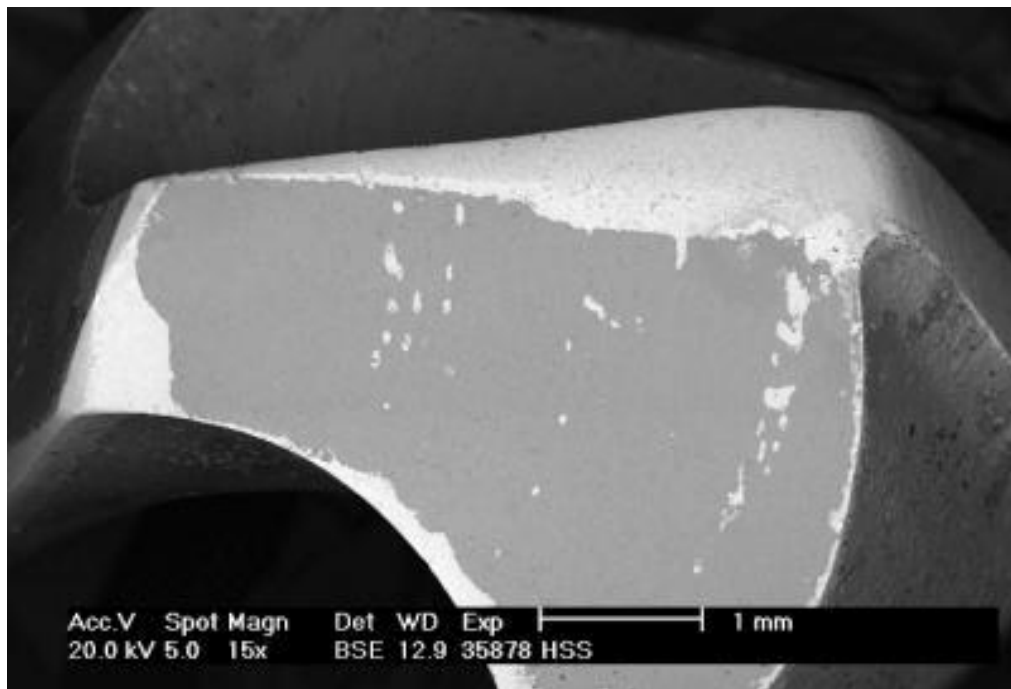
Přednosti kompozitních materiálů tkví zpravidla především v jejich hmotnosti. Oproti tradičním ocelovým součástem mají i při větším objemu stále podstatně nižší hmotnost, což usnadňuje jejich přepravu a rychlou a snadnou montáž a demontáž. Kompozitní materiály se výrazněji nedeformují (jejich mez elasticity odpovídá mezi pevností). Mají velmi vysokou mez únavy a jsou stabilní a spolehlivé. Kompozitní materiály mají výbornou ohnivzdornost v porovnání s lehkými slitinami, nicméně výpary mohou být toxické. Nevýhodou kompozitních materiálů s epoxidovou matricí může být citlivost na ředidla. Jiné běžné chemikálie užívané ve strojích jako oleje, plastická maziva, rozpouštědla, barvy či ropa kompozity nepoškozují. Kompozity stárnou v závislosti na vlhkosti a teplotě.

6.1 KOMPOZITNÍ MATERIÁL K OBRÁBĚNÍ

Můj kompozitní materiál je na bázi ocelové mřížky, keramického vsypu, pryskyřice a polyuretanových vláken.

Vyztužené kompozity lze obrábět na běžných kovoobráběcích nebo i dřevoobráběcích strojích. Na rozdíl od obvykle obráběných kovů a kovových slitin je však třeba při navrhování řezných podmínek více přihlížet k následujícím zvláštěm těchto materiálů.

Vzhledem k různé směrové orientaci vyztužujících vláken vykazují mechanické vlastnosti kompozitů silnou anizotropii (výrazně se liší ve směru podél vláken a napříč vláken). Vysoké hodnoty tahové pevnosti zvyšují intenzitu opotřebení řezného nástroje.



Obrázek 17 - Mikroskopický pohled na řezný nástroj z rychlořezné oceli

Vyztužující vlákna působí na nástroj silným abrazivním účinkem a jsou hlavní příčinou velmi intenzivního opotřebení nástroje. Proto je nutné pro dosažení vyšší trvanlivosti volit nástrojové materiály s vysokou odolností vůči otěru (např. povlakované SK, diamant).

Velmi nízká tepelná vodivost obráběného materiálu způsobuje, že vzniklé teplo přechází do obráběného materiálu a třísky pouze v zanedbatelném rozsahu, a musí být tedy v maximální míře odvedeno nástrojem, případně řeznou kapalinou (pokud vůbec může být použita). Nadměrné tepelné zatížení nástroje tak velmi výrazně zvyšuje intenzitu jeho opotřebení.

Kompozity mají nízkou tepelnou odolnost, při vyšších teplotách (100 - 300 °C) nejsou stálé. Proto je třeba volit takové řezné podmínky, aby nebyla překročena tzv. kritická teplota, kdy dochází k degradaci pryskyřičné matrice a na obrobeném povrchu se začnou objevovat spálené oblasti.

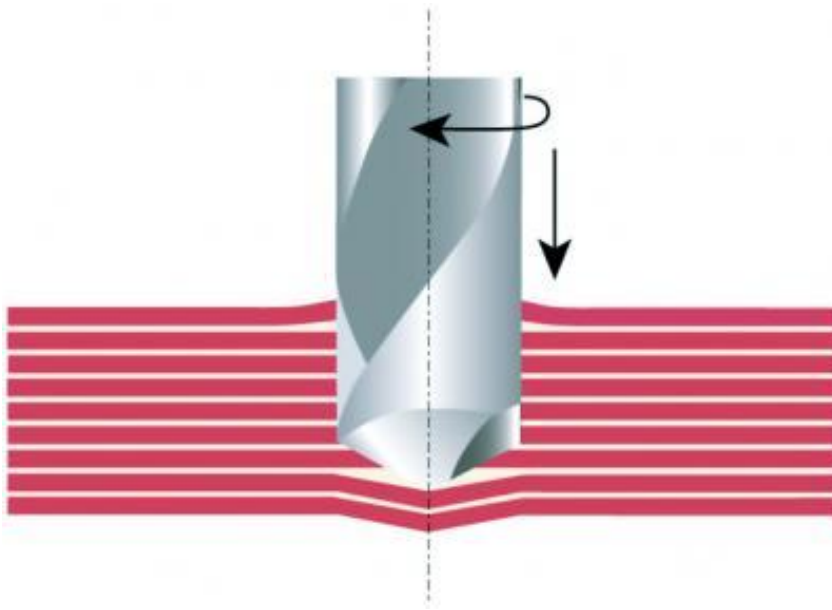
Při obrábění vyztužených kompozitů se tvoří drobné částičky třísky (zejména z vyztužujících vláken), které se ve formě prachu šíří z místa řezu do okolí. To vyžaduje aplikovat výkonná odsávací zařízení, aby nebyly překročeny zdravotní a hygienické limity pracovního prostředí.

Vzhledem k nasákavosti kompozitů nelze při jejich obrábění většinou aplikovat obvyklé řezné kapaliny (někdy lze použít čistou vodu s inhibitorem koroze, olejové emulze jsou doporučovány pouze výjimečně). Nevhodná řezná kapalina může do značné míry snížit pevnost obráběného materiálu.

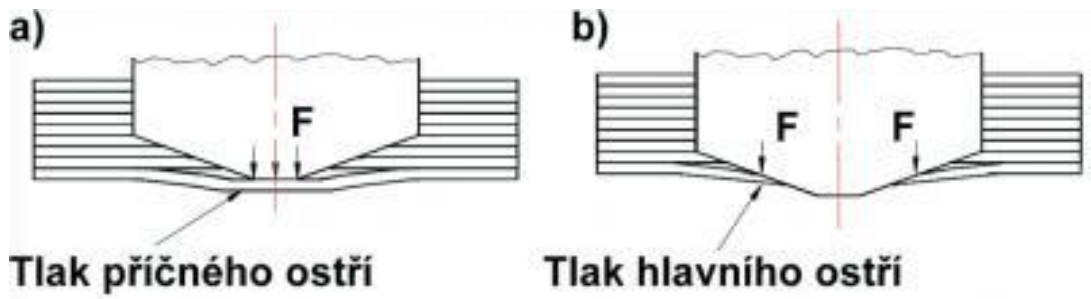
Nástroje ze slinutých karbidů dosahují lepších výsledků v porovnání s nástroji z rychlořezných ocelí. Mechanické vlastnosti slinutých karbidů závisí zejména na obsahu pojiva (nejčastěji Co) a velikosti zrna karbidické fáze. Tvrdost se zvyšuje s vyšším podílem a jemnějším zrnem fáze karbidické, naopak velká zrna a větší podíl pojiva zvyšují houževnatost slinutého karbidu. Proto jsou pro účely obrábění kompozitních materiálů vyztužených abrazivními vlákny (uhlíková, skelná) vhodné především jemnozrné slinuté karbidy, které mají vyšší hodnoty tvrdosti, takže lépe odolávají opotřebení. Pro zvýšení trvanlivosti jsou tyto nástroje navíc pokryty různými druhy povlaků na bázi karbidů, nitridů, oxidů nebo diamantu.

6.2 DELAMINACE

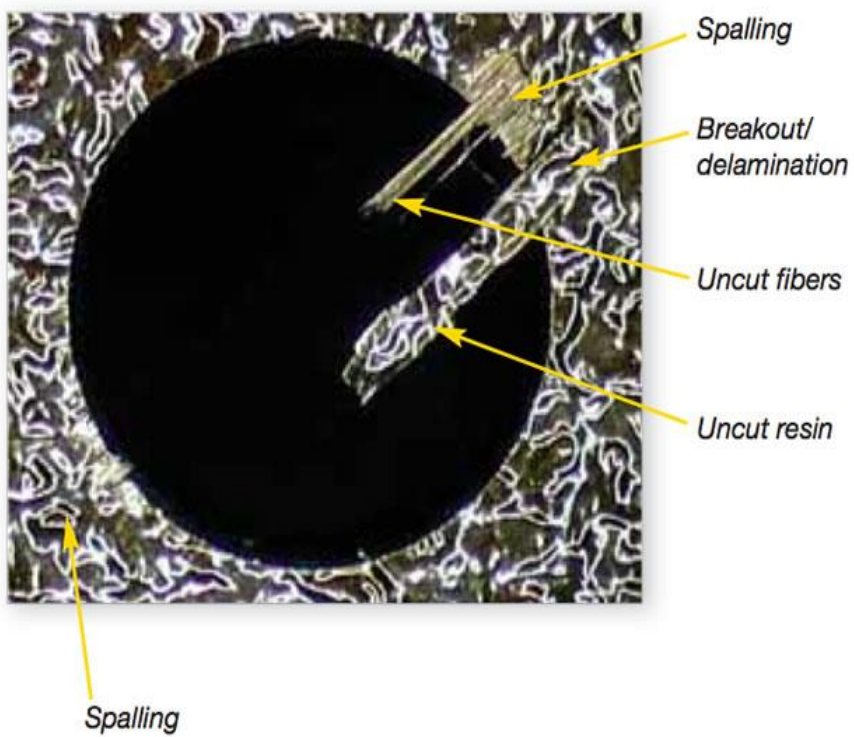
Nejčastějším typem poškození je delaminace, která je spojována především s vrtáním a může k ní docházet jak při vstupu (odlupování povrchové vrstvy), tak i výstupu (odlupování neobrobené vrstvy pod nástrojem) vrtáku z materiálu.



Obrázek 18 - Ukázka delaminace při vrtání



Obrázek 20 - Delaminace



**PRAKTICKÁ ČÁST
STŘEDOŠKOLSKÉ ODBORNÉ
ČINNOSTI**

7 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A VÝROBNÍ POSTUP

Výrobní postup - výroba ARCH-2018-0188
ANAJ-23715.0 PO-2018-01-000173

VZ-2018-01-000162
 VP-2018-0000483
 Datum dodání: 23.02.2018

ANAJ Gear, a.s., Dr. Polivky 31, 73611 Frýdek nad Odrami 14.02.2018 13:01:30 www.anaj.cz

Evidenční číslo objednávky: PO-2018-01-000173 Kód výrobku: ANAJ-23715.0-CB06000/CC06000
 Číslo objednávky odběratele: Popis varianty: Základní varianta
 Identifikace výrobku: Název výrobku: Polotovaz válcový, ANAJ-23715.0, CB06000/CC06000
 Příkaz vytvořil: Pavelek Zbyněk Externí kód: Odběratel: Střední průmyslová škola, Frýdek-Místek
 Technologický postup schválil: Pavelek Zbyněk
 Datum schválení tech. postupu: 16.02.2018 13:00:09
 Počet opakování výr.: 0 Příjemce: Má se vyrobit: 2,00 ks Hmotnost: Zkrácená poznámka: zpracovává Zbyněk polotovaz skladem

Informace o expedici:
 VZORKYna kulato - pro školu ZDARMA***SPÉCHA***

Popis výrobku
 Žádanka Kód materiálu Požadováno MJ celkem
 Interní kód materiálu Název materiálu Podpis vydání mat.
 ZM-2018-0000427 7375/0600-h6 *lozary* *090ks* *09*
 RG 0600-330 K20 F(TSM20)/Konrad Rundstab geschliffen 0600-330/K20 F *16-2.26f*

Operace	Čas přípravy celkem	čas kusový (celkem)	Množství	Plánovaný čas ukončení	Skutečný strojový čas:
10 Kreslení v AutoCAD a TPV - TPV ML-2018-0012080	20	0 (0)	2		Podpis: <i>Pavelk</i>
20 Kontrola obalu - DIS -prověřit vhodný obal dle výkresu CNC ML-2018-0012081	0	0 (0)	2		Podpis: <i>2x</i>
30 Měření - kontrola polotovazů - MER Kontrola leštěné tyče: Dia, kruhovitost, rovinnost, házení, průměr ML-2018-0012082	0	0 (0)	2		Podpis: <i>[Signature]</i>
40 Řezání polotovazů - REZ Řezat na délku 81+1mm Konce leštěných tyčí nepoužívat jako stopku!!! Řezat pomalu a s dostatkem chlazení. Křehký materiál!!! ML-2018-0012083	5	1,5 (3)	2		Podpis: <i>[Signature]</i>
50 Sražení hrany polotovazů - PALMARY Brousit sražení na stopce 1x45° ZAČISTIT ČELO PO ŘEZU NA PRACOVNÍM ČELE ML-2018-0012084	13	3 (6)	2		Podpis: <i>Palice</i>
60 Měření - MER Kontrola dle výkresu č.: ANAJ-23715.0-CB06000/CC06000/K ML-2018-0012085	0	0 (0)	2		Podpis: <i>2x</i>
70 Popis nástroje - TPV logo, ANAJ-23715.0-CB06000/CC06000 č.VZ ML-2018-0012086	0	0 (0)	2		Podpis: <i>2x</i>

Tento náklad byl vytvořen informačním systémem QI 93.2, www.itsconcept.com Strana 1

*Kontrola polotovazů φ 5,995
házení 0,004*

Obrázek 21 - výrobní postup



Výrobní postup - výroba

ARCH-2018-0188



PO-2018-01-000173

ANAJ-23715.0

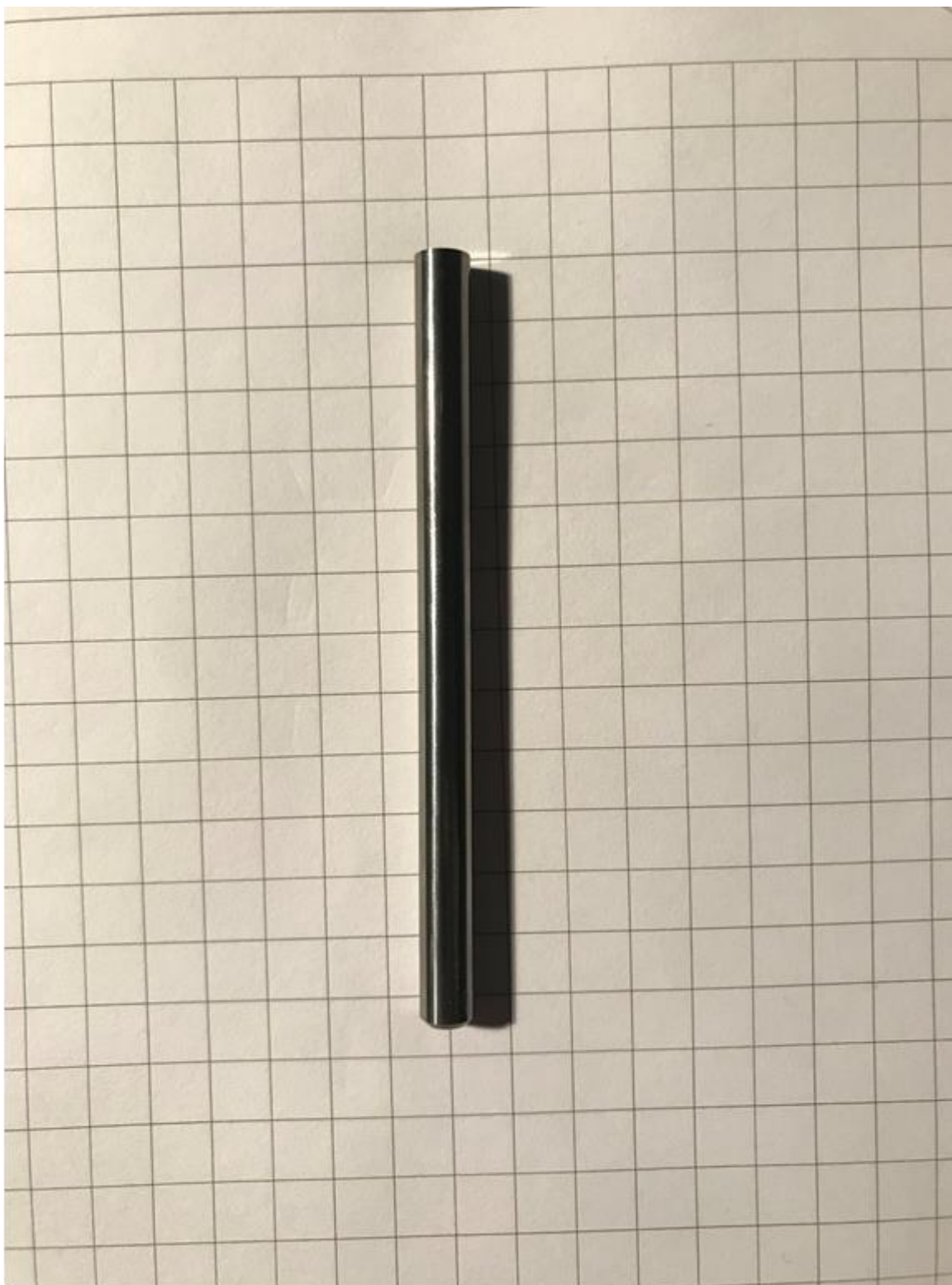
VZ-2018-01-000162

VP-2018-0000483

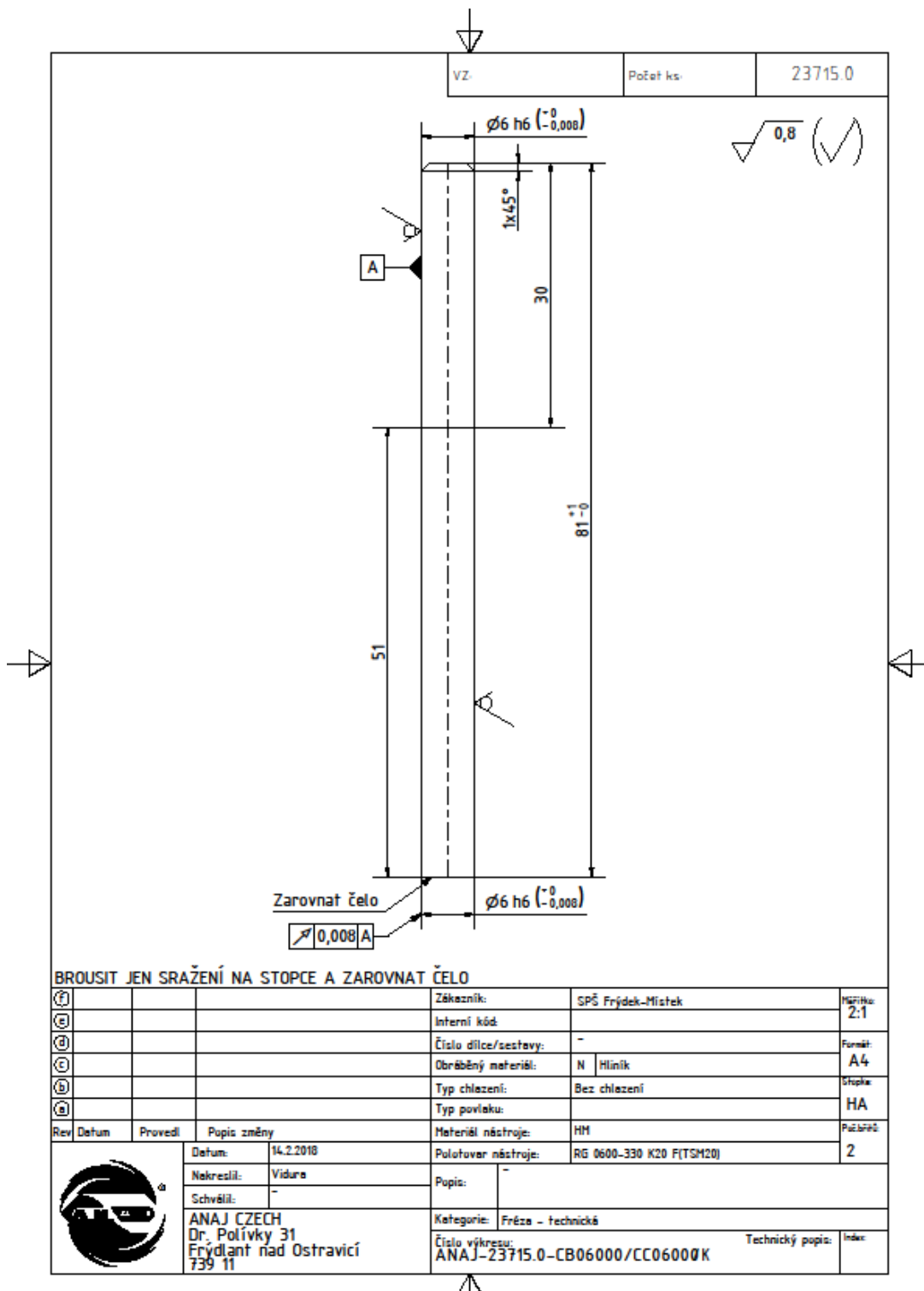
Datum dodání: 23.02.2018

80	Výstupní kontrola - KON	0	0 (0)	2	<input type="text"/>
	 ML-2018-0012087	Prohlášení shody s výkresem č.: ANAJ-23715.0- CB06000/CC06000/K + 1 měřicí protokol k celé zakázce			Podpis: <input type="text"/>
90	Expedice - DIS	0	0 (0)	2	<input type="text"/>
	 ML-2018-0012088	Balit do plastických obalů s měkkou výplní. Rozvoz ANAJ			Podpis: <input type="text"/>

Obrázek 22 - výrobní postup



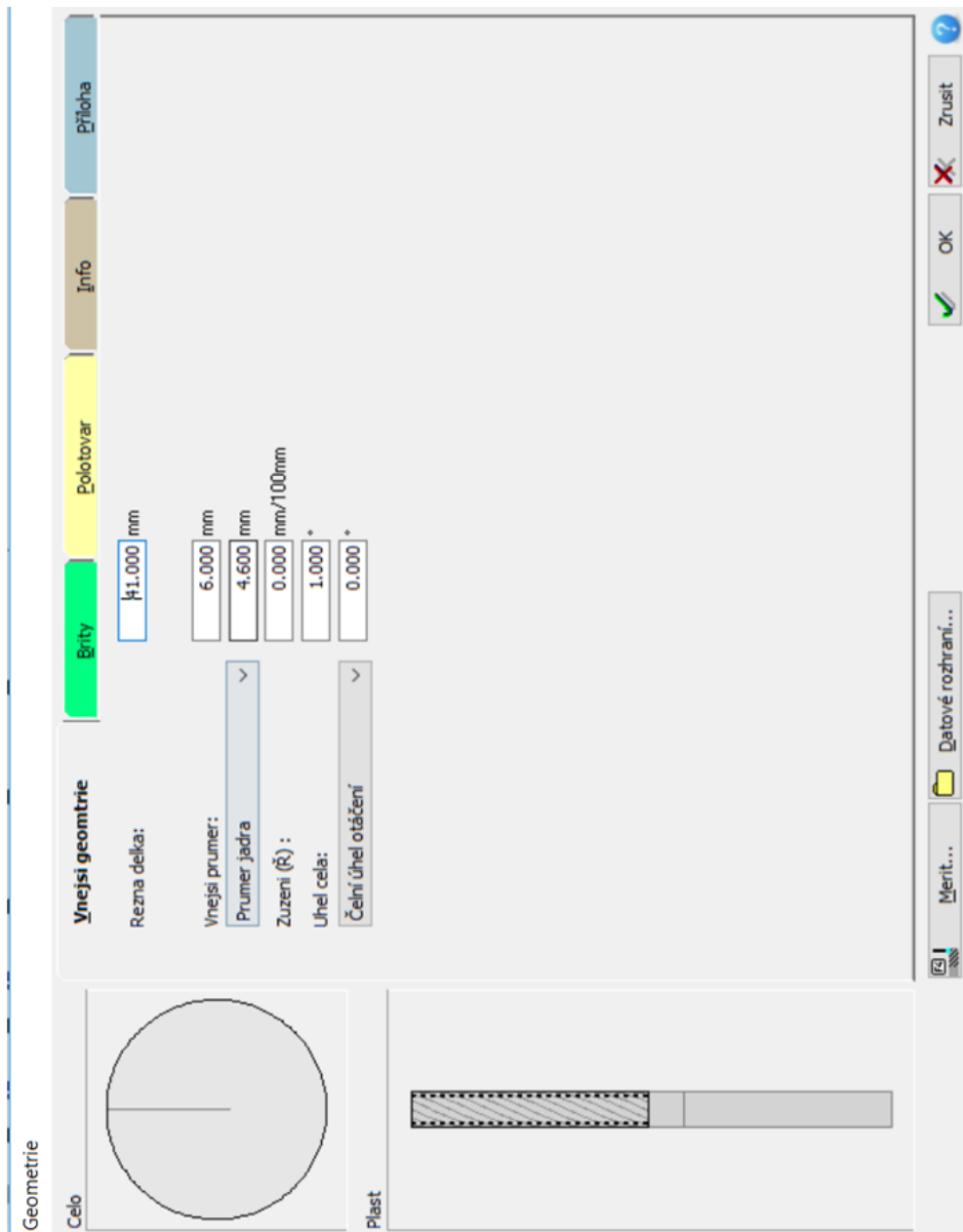
Obrázek 23 - fotografie polotovaru



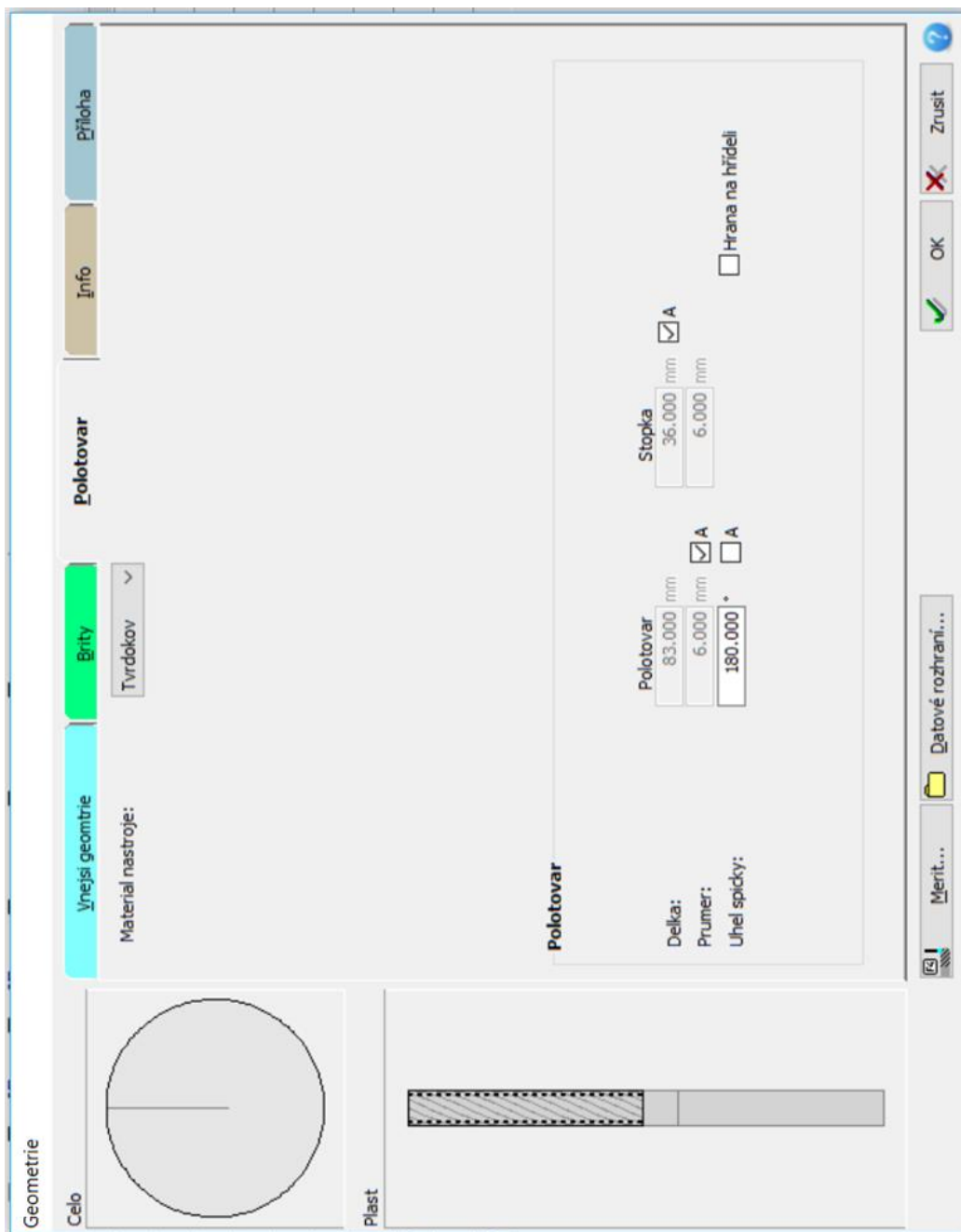
Obrázek 24 - výkres na kulato

8 PROGRAMOVÁNÍ

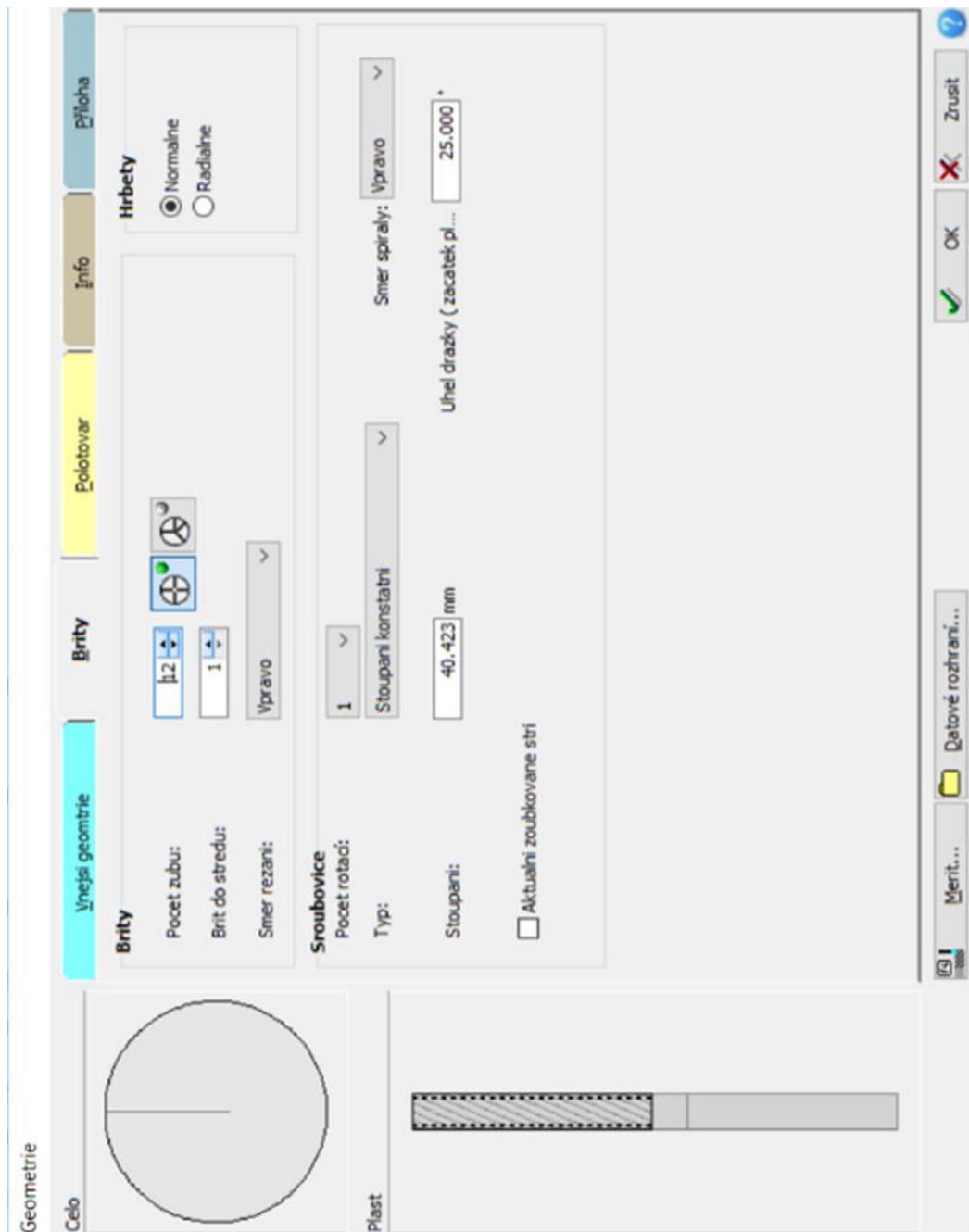
8.1 PROGRAMOVÁNÍ V PROGRAMU NUMROTO



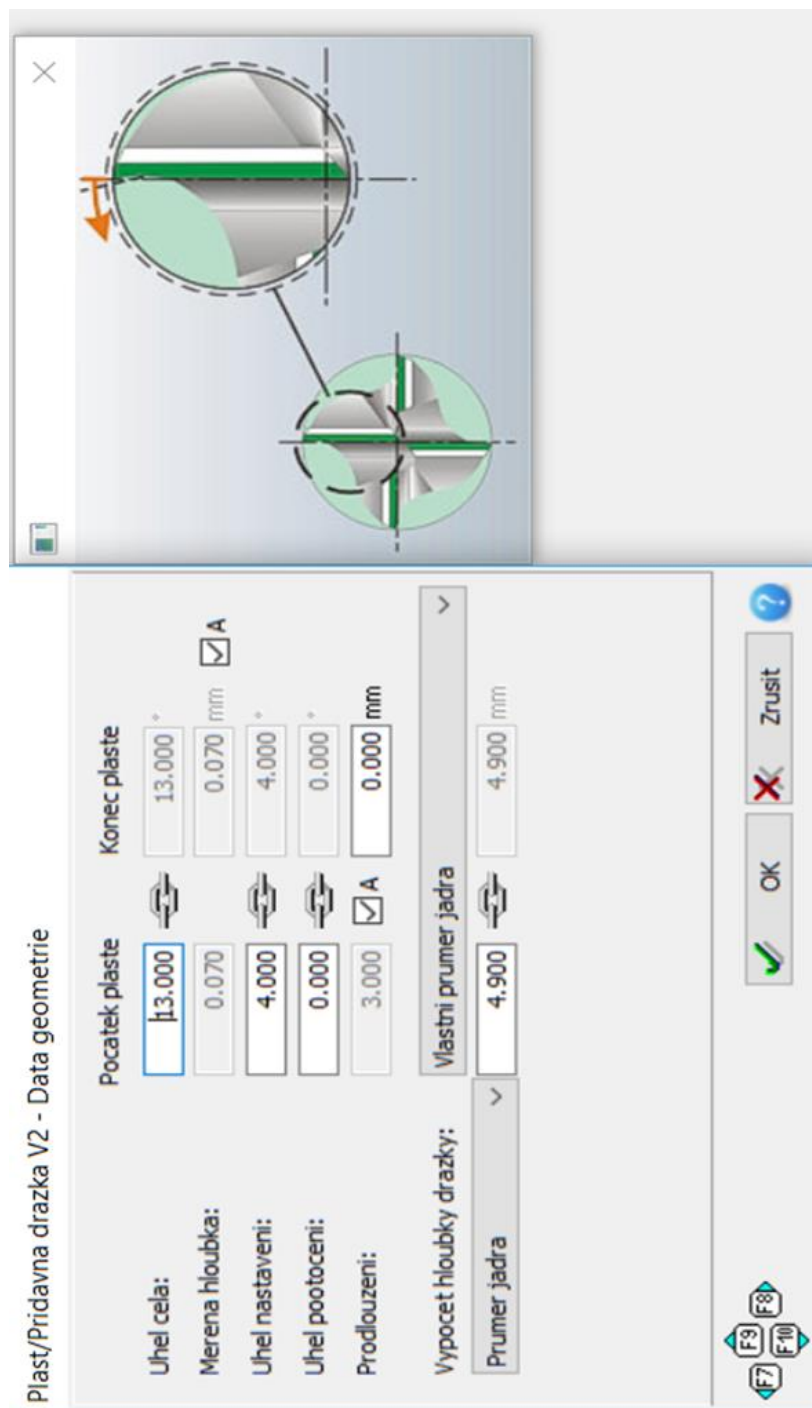
Obrázek 25 - 1 Polotovary nástroje (délka polotovaru, úhel čela)



Obrázek 26 - Polotovar nástroje (délka polotovaru, úhel čela)

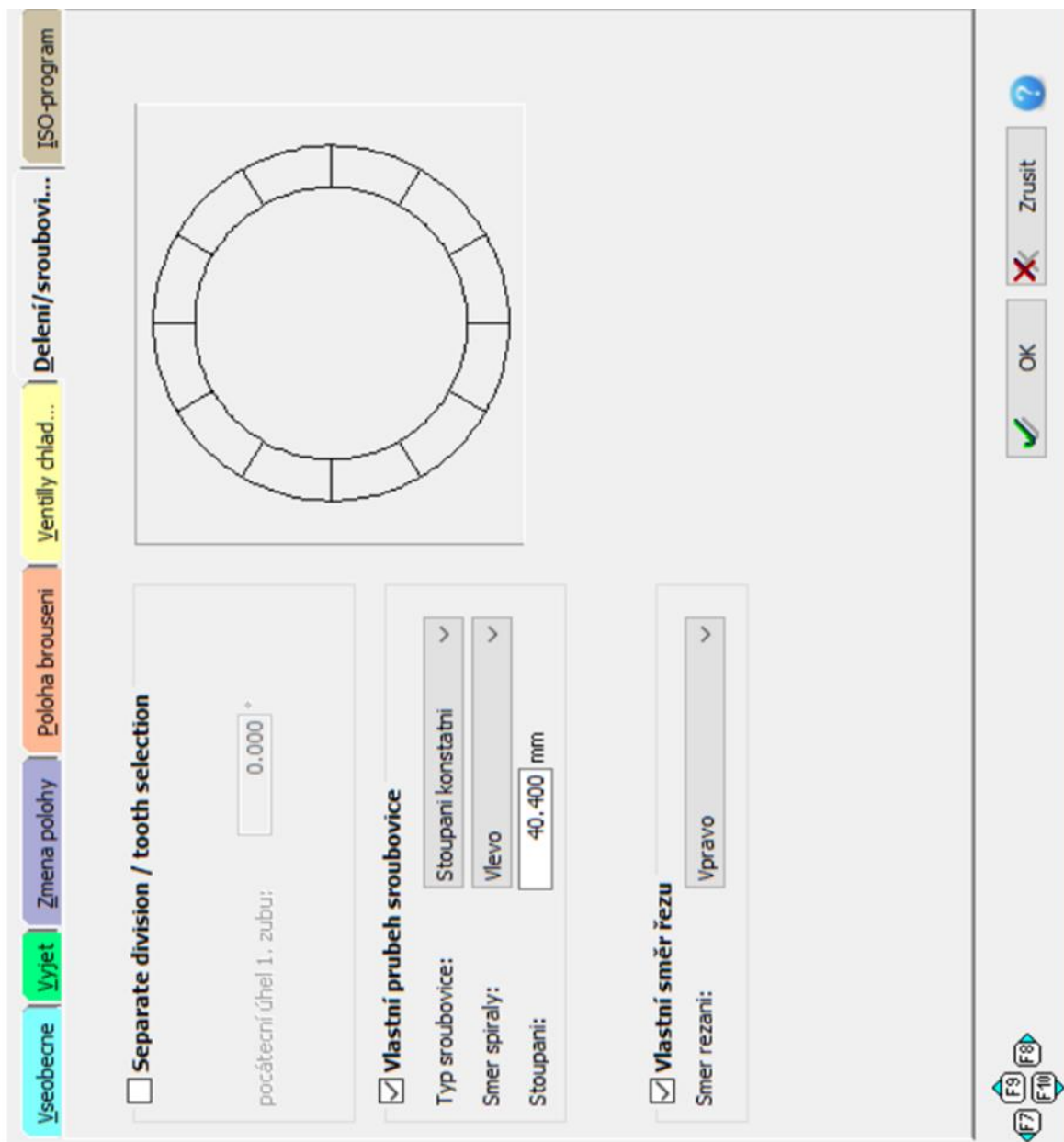


Obrázek 27 - Břity nástroje (počet zubů, stoupání, hlavní břity)

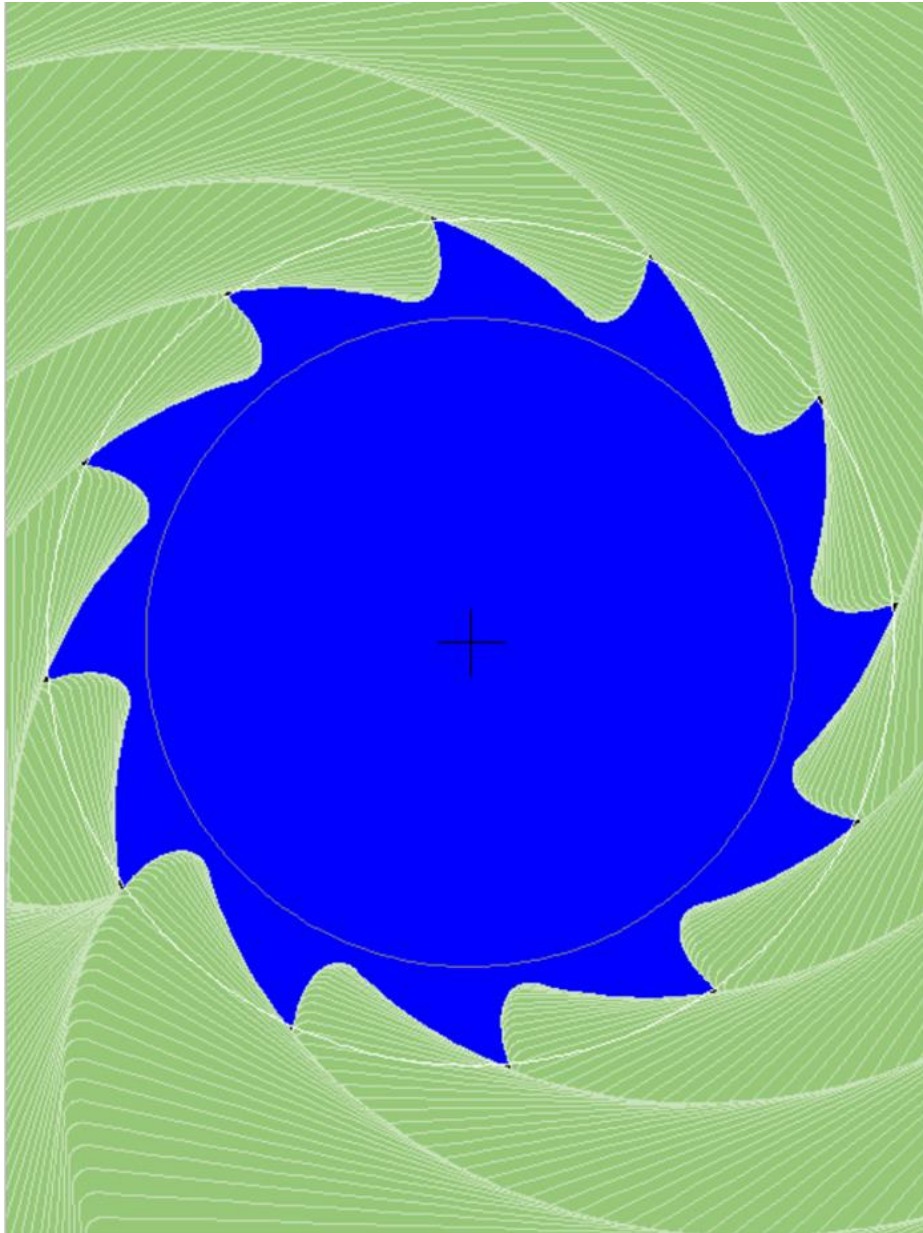


Obrázek 28 - Geometrie drážky (úhel čela, úhel nastavení, průměr jádra)

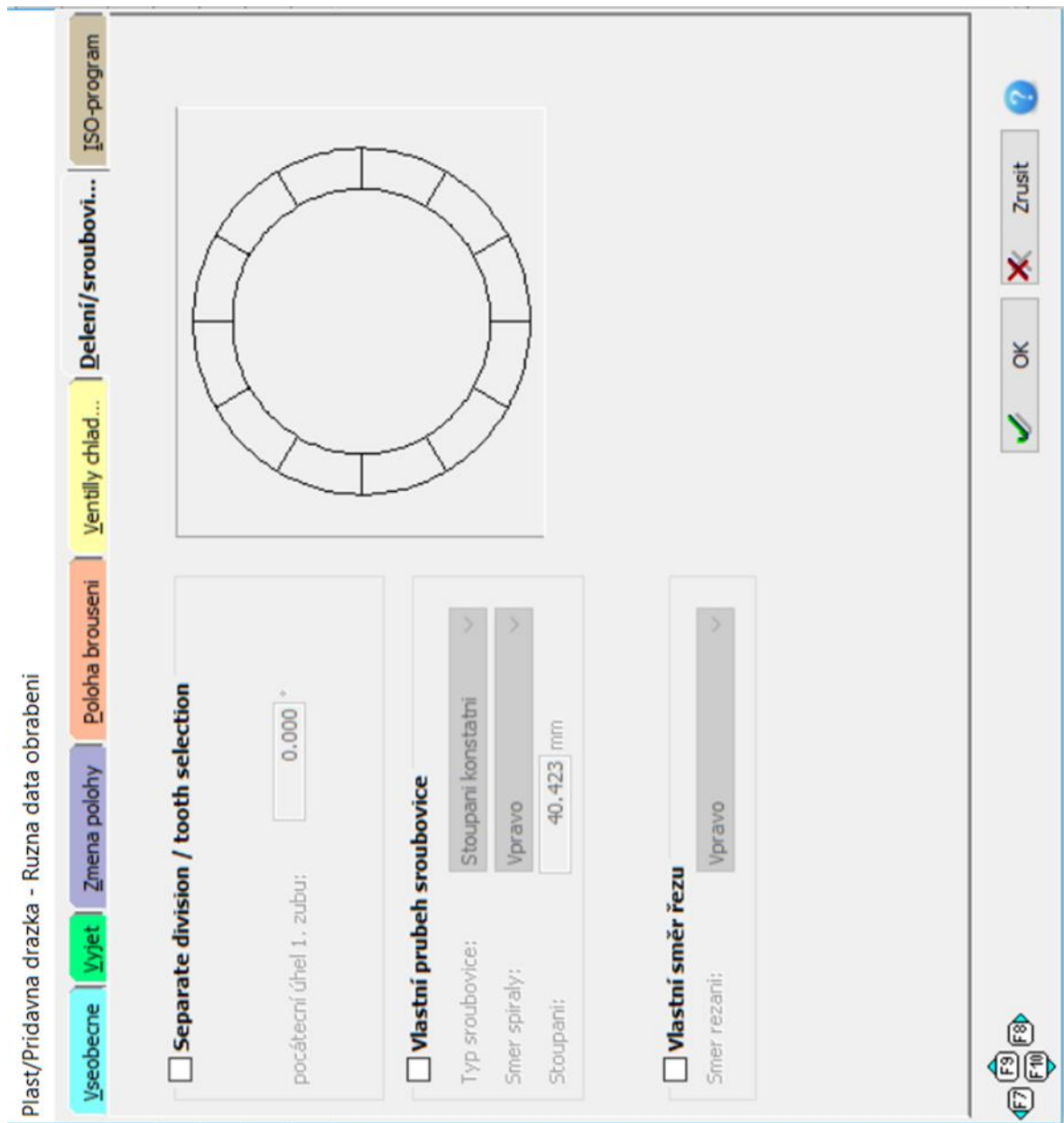
Plast/Přidavna drazka V2 - Ruzna data obrabeni



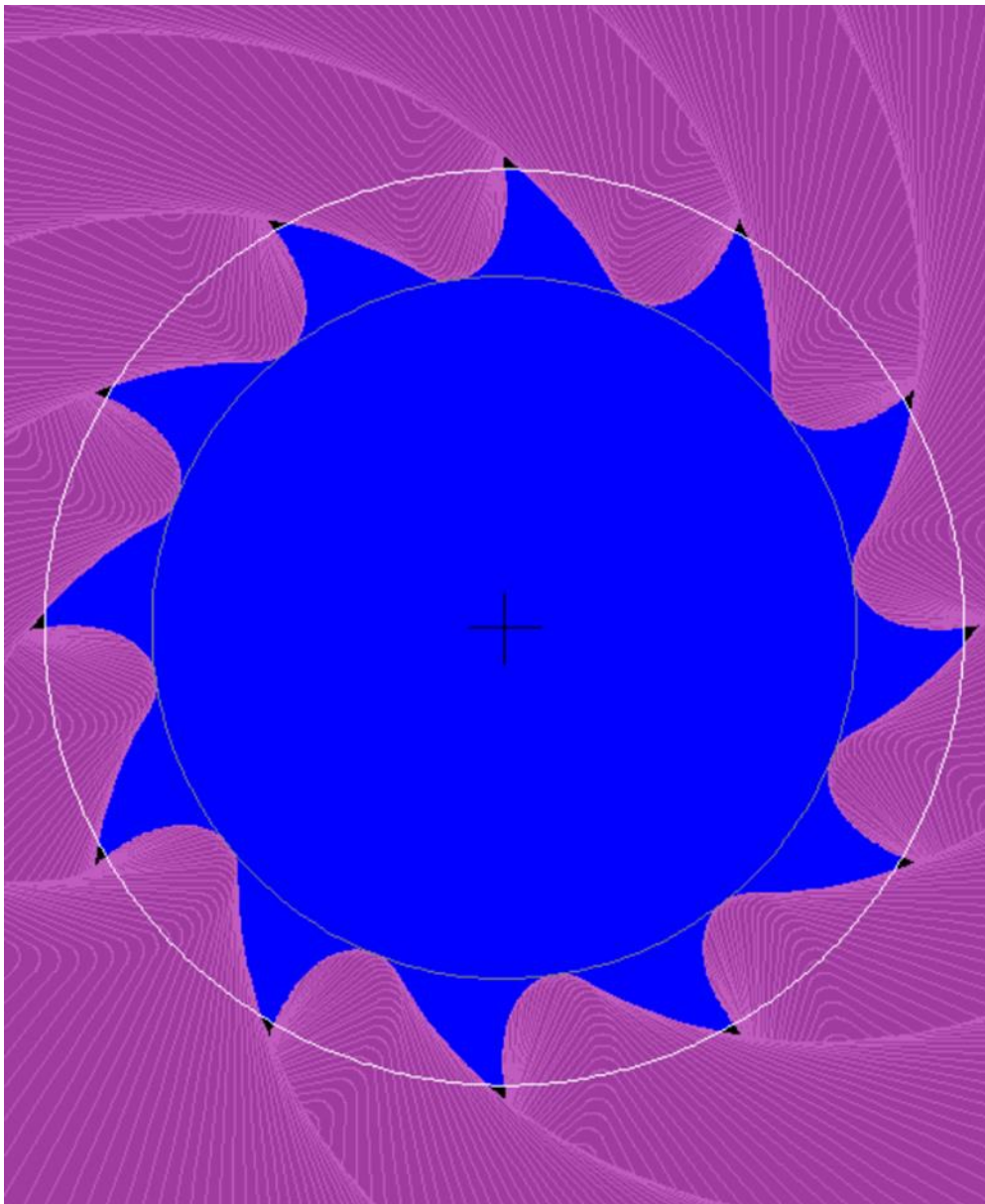
Obrázek 29 - Dělení šroubovice drážky (směr spirály, směr řezání)



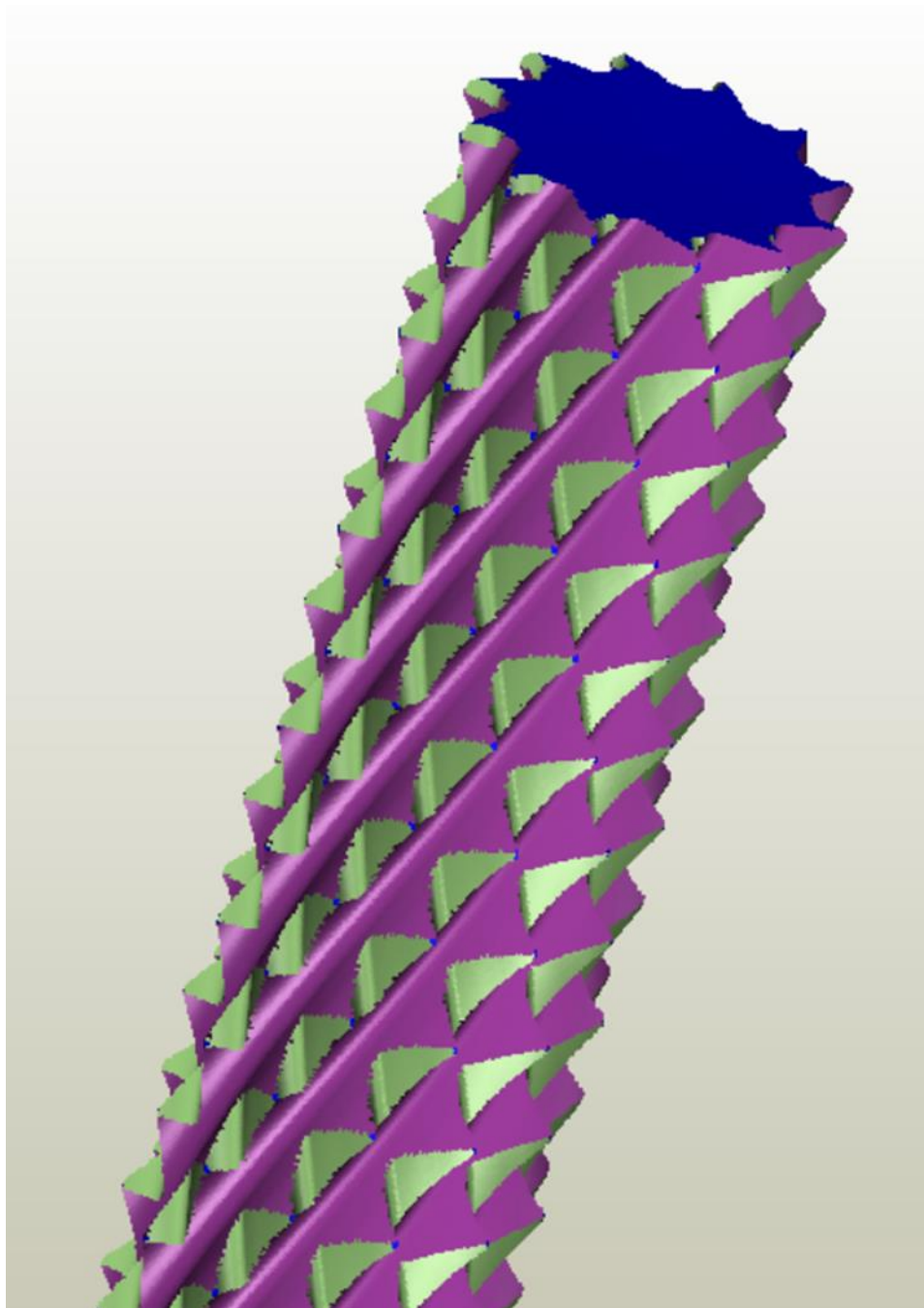
Obrázek 30 - 2D simulace drážky



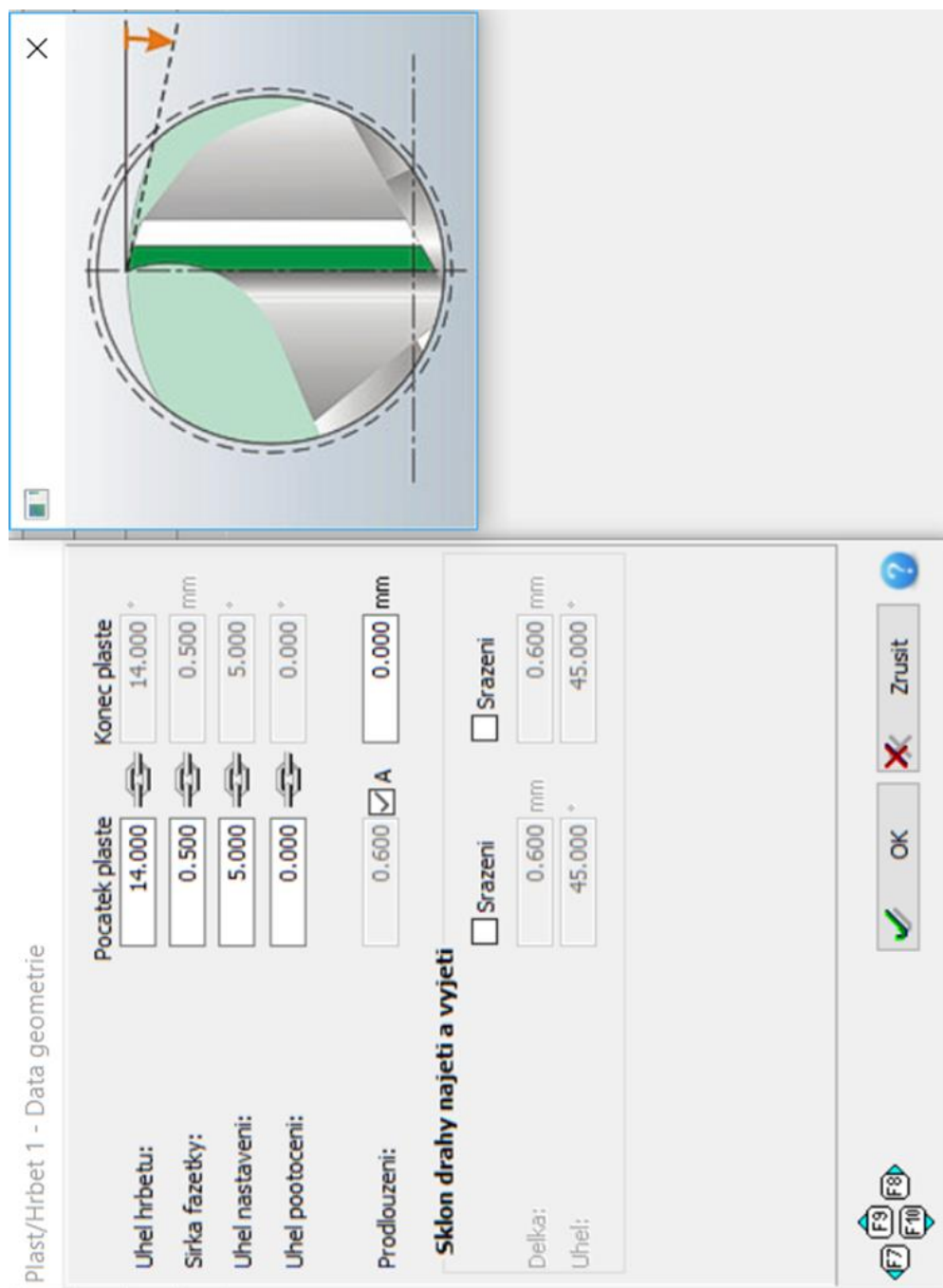
Obrázek 32 - Dělení protichůdné drážky



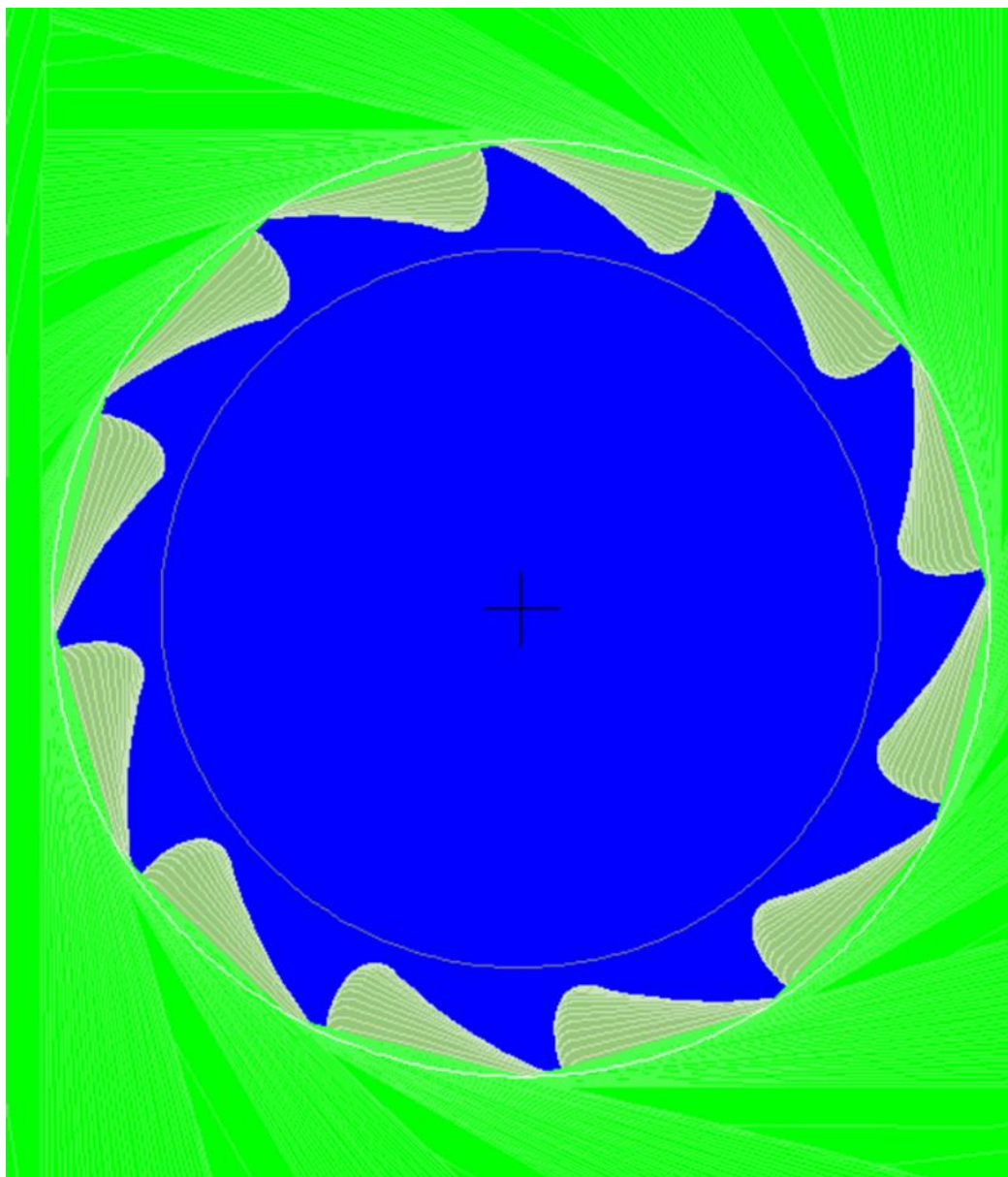
Obrázek 33 - 2D Simulace protichůdné drážky



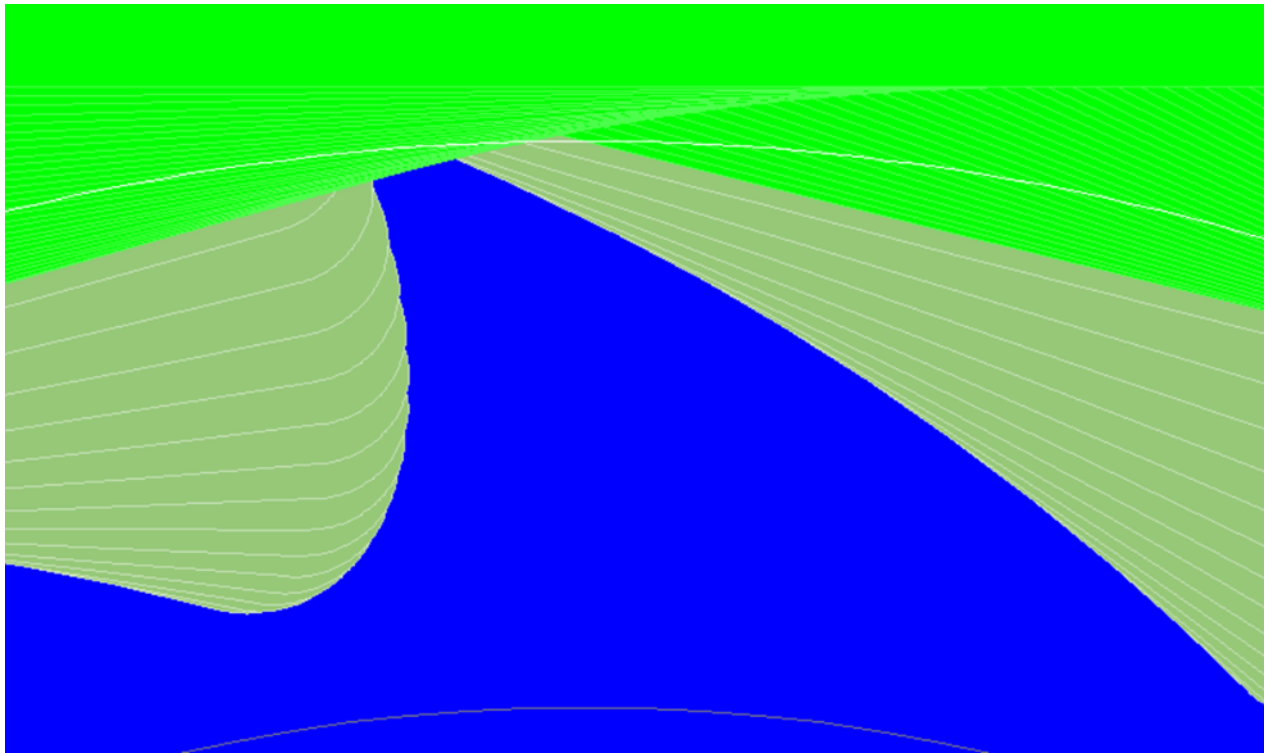
Obrázek 34 - 3D simulace Drážky (šedá), Protichůdné drážky (fialová)

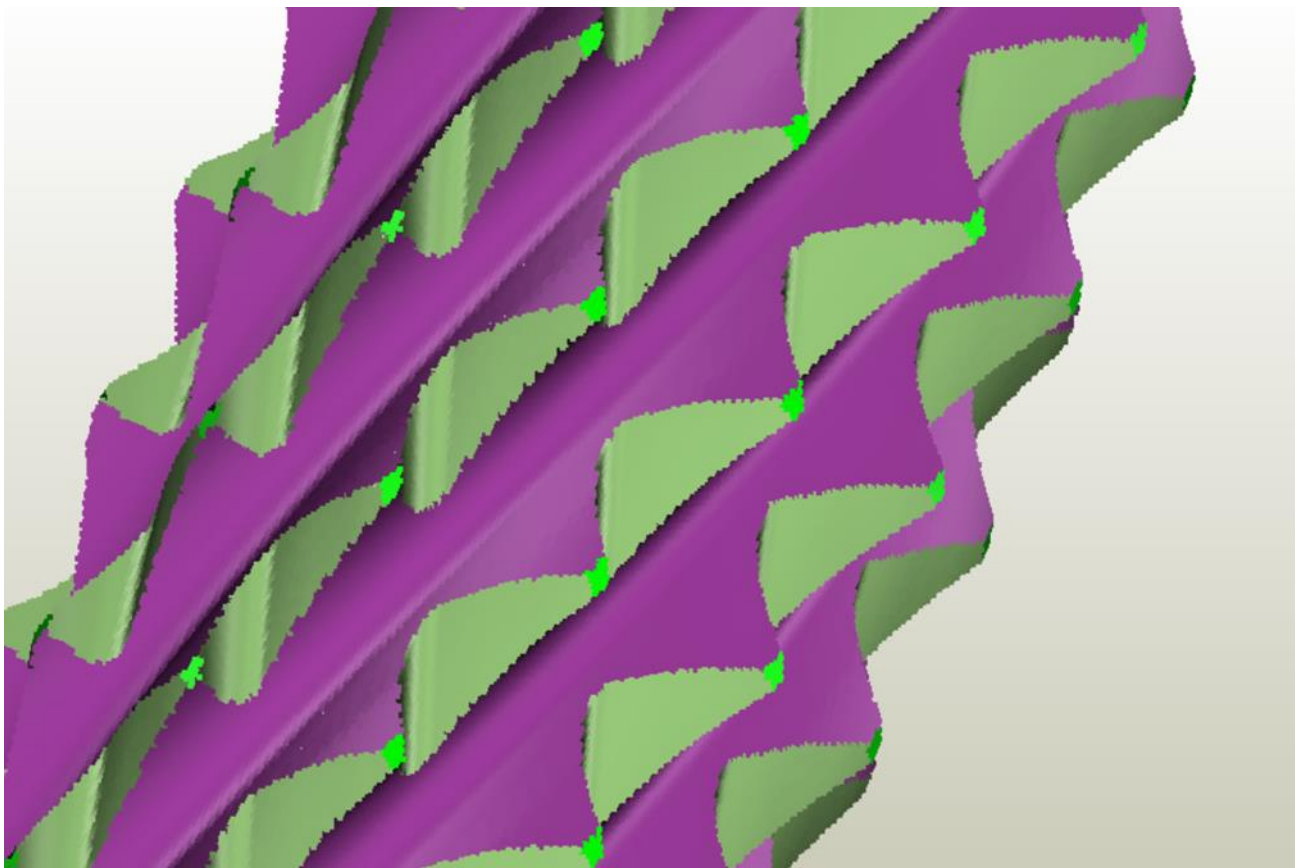


Obrázek 35 - Základní geometrie Hřbetu (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel nastavení)

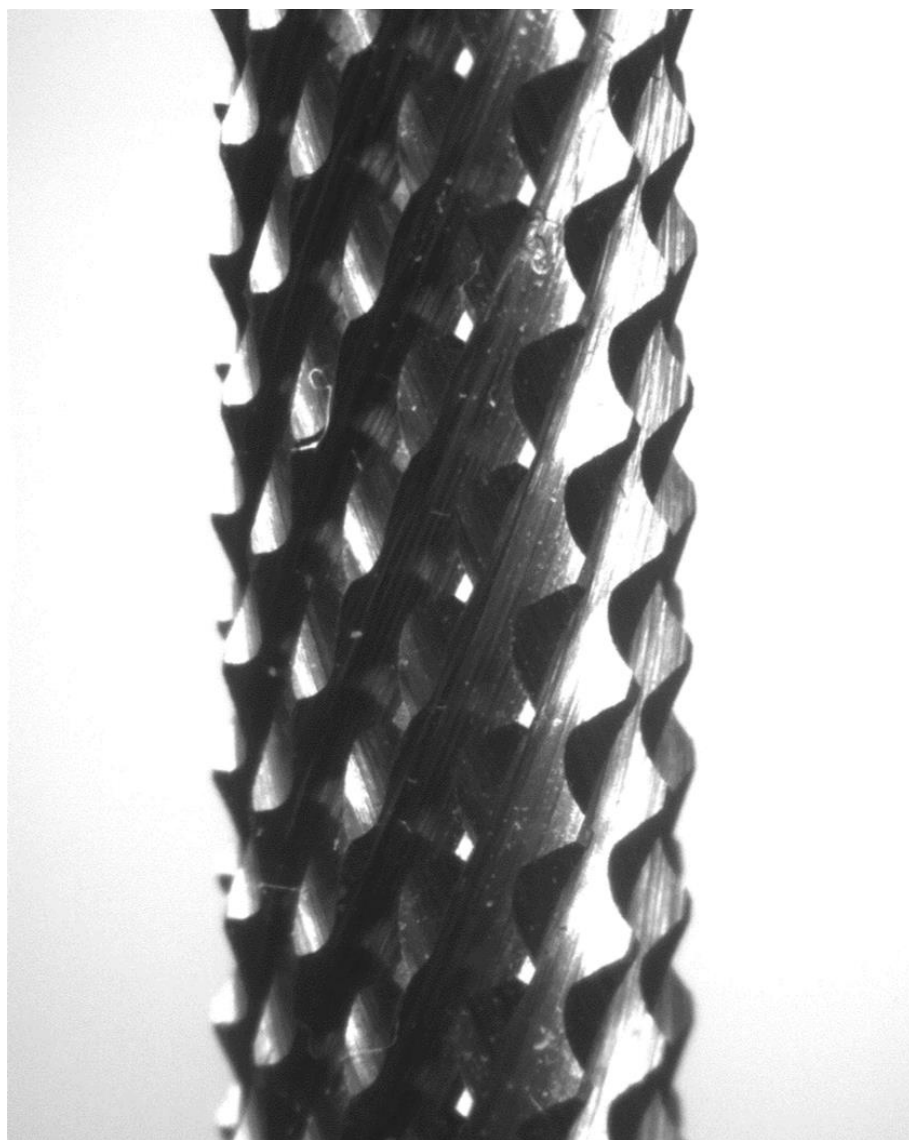


Obrázek 36 - 2D simulace Drážky a Hřbetu

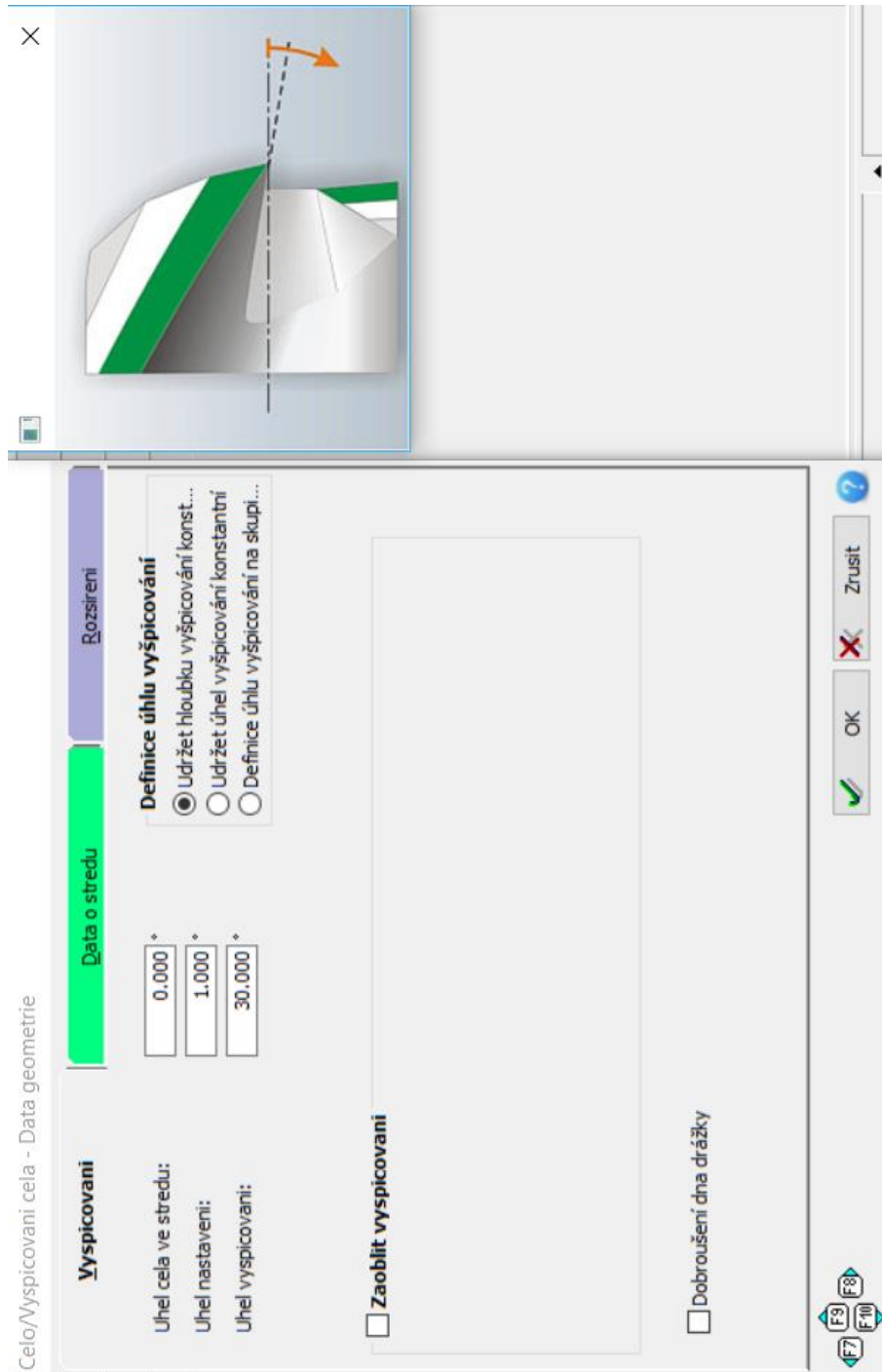




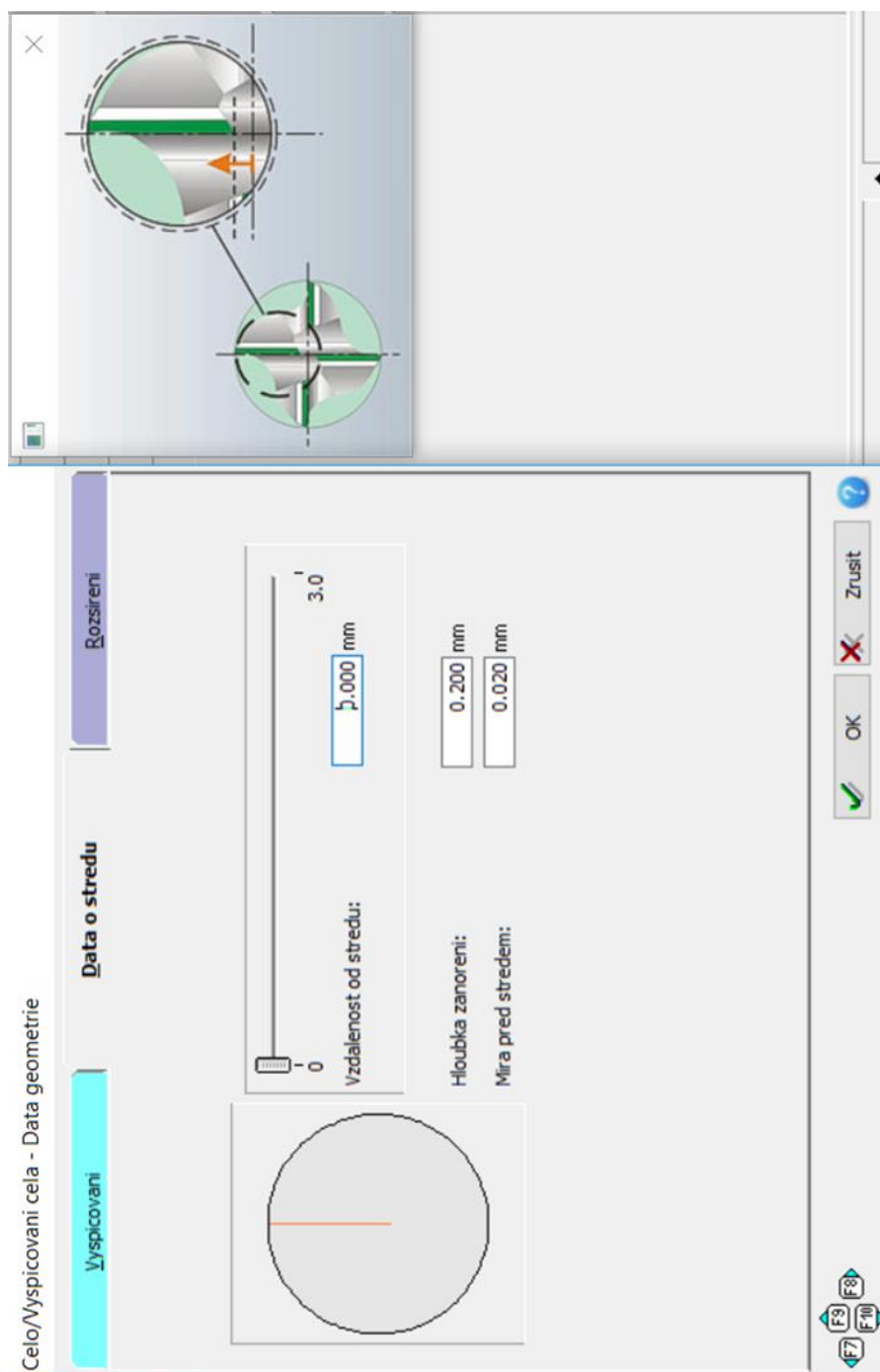
Obrázek 38 - 3D simulace Drážka (šedá), Přídavná drážka (fialové), Hřbet (zelená)



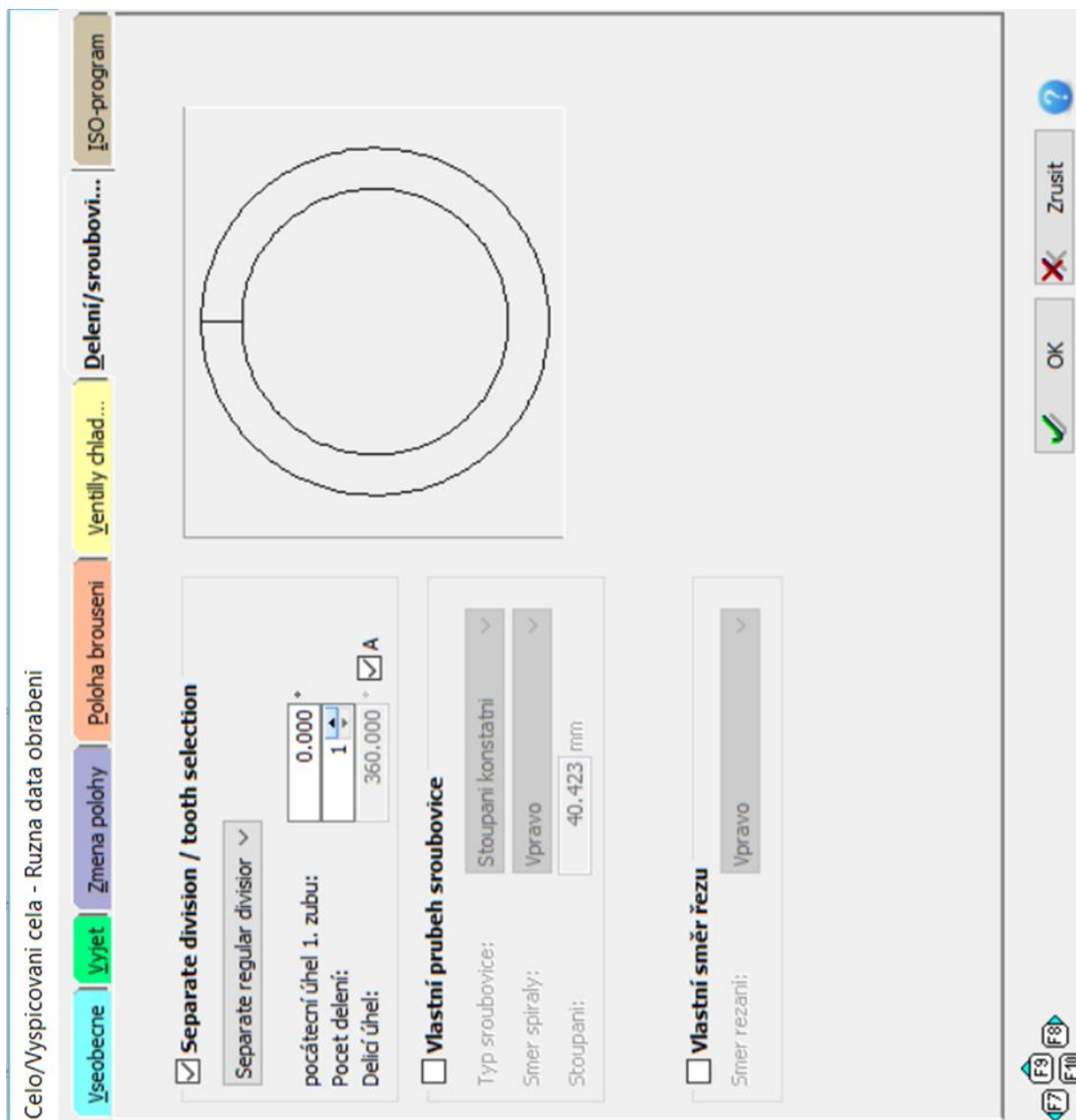
Obrázek 39 - Fotka z měřáku PoomBasic (drážka, protichůdná drážka, hřbet)



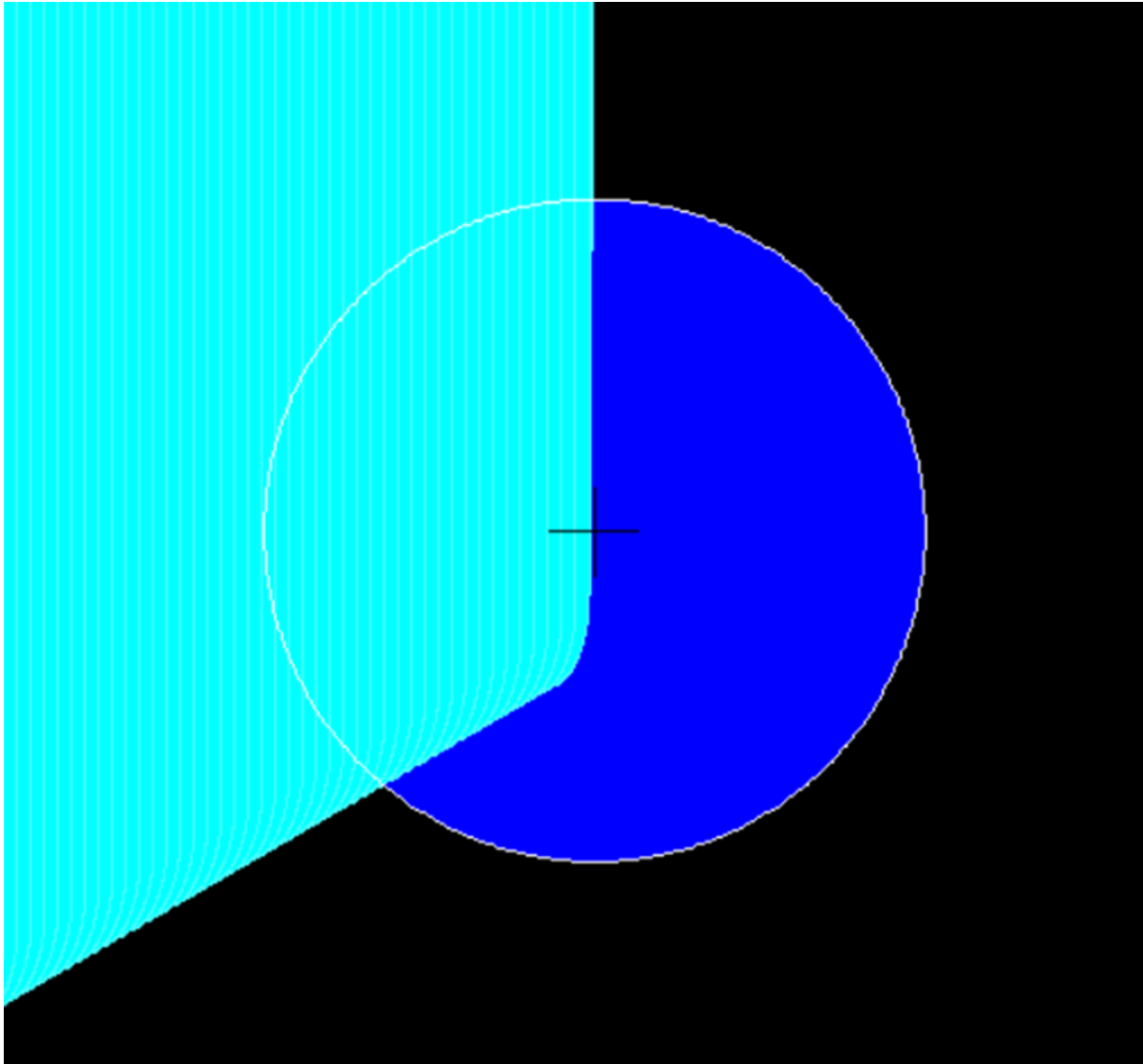
Obrázek 40 - Vyspicování čela základní geometrie (úhel nastavení, úhel vyspicování)



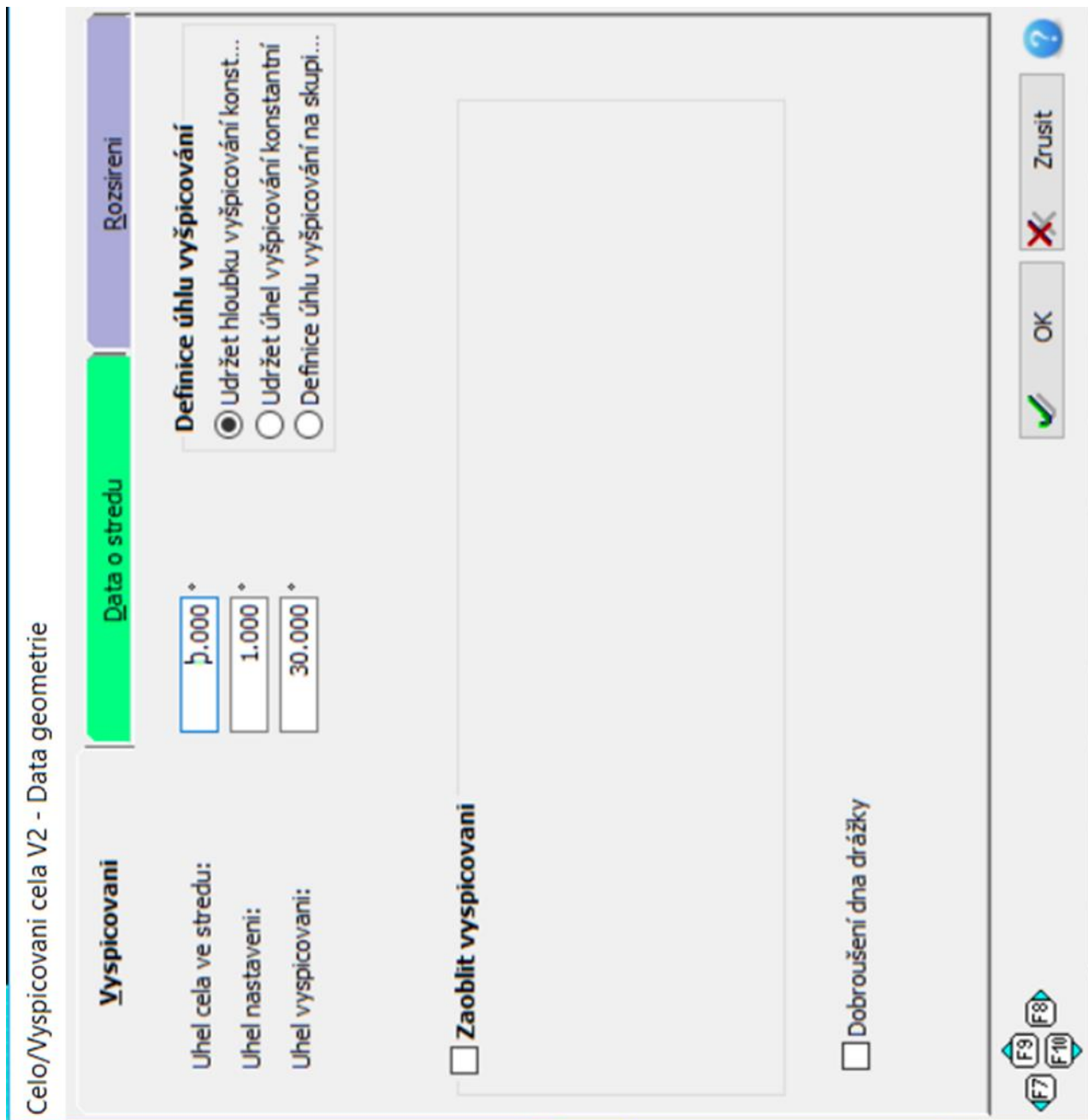
Obrázek 41 - Vyšpicování čela, data o středu (hloubka zanoření, míra před středem)



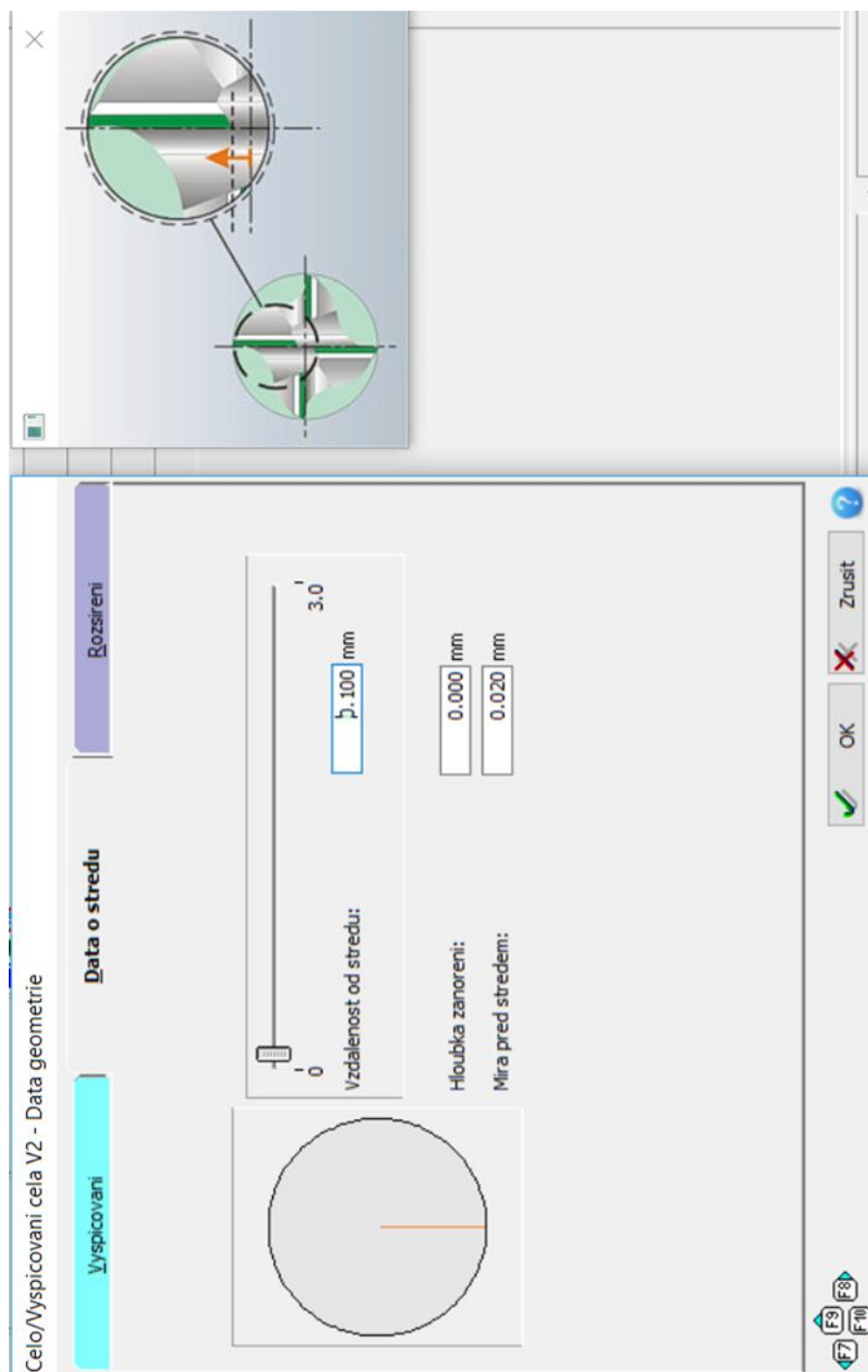
Obrázek 42 - Vyšpicování čela, Různé, dělení šroubovice (počet dělení)



Obrázek 43 - 2D simulace vyšpicování čela

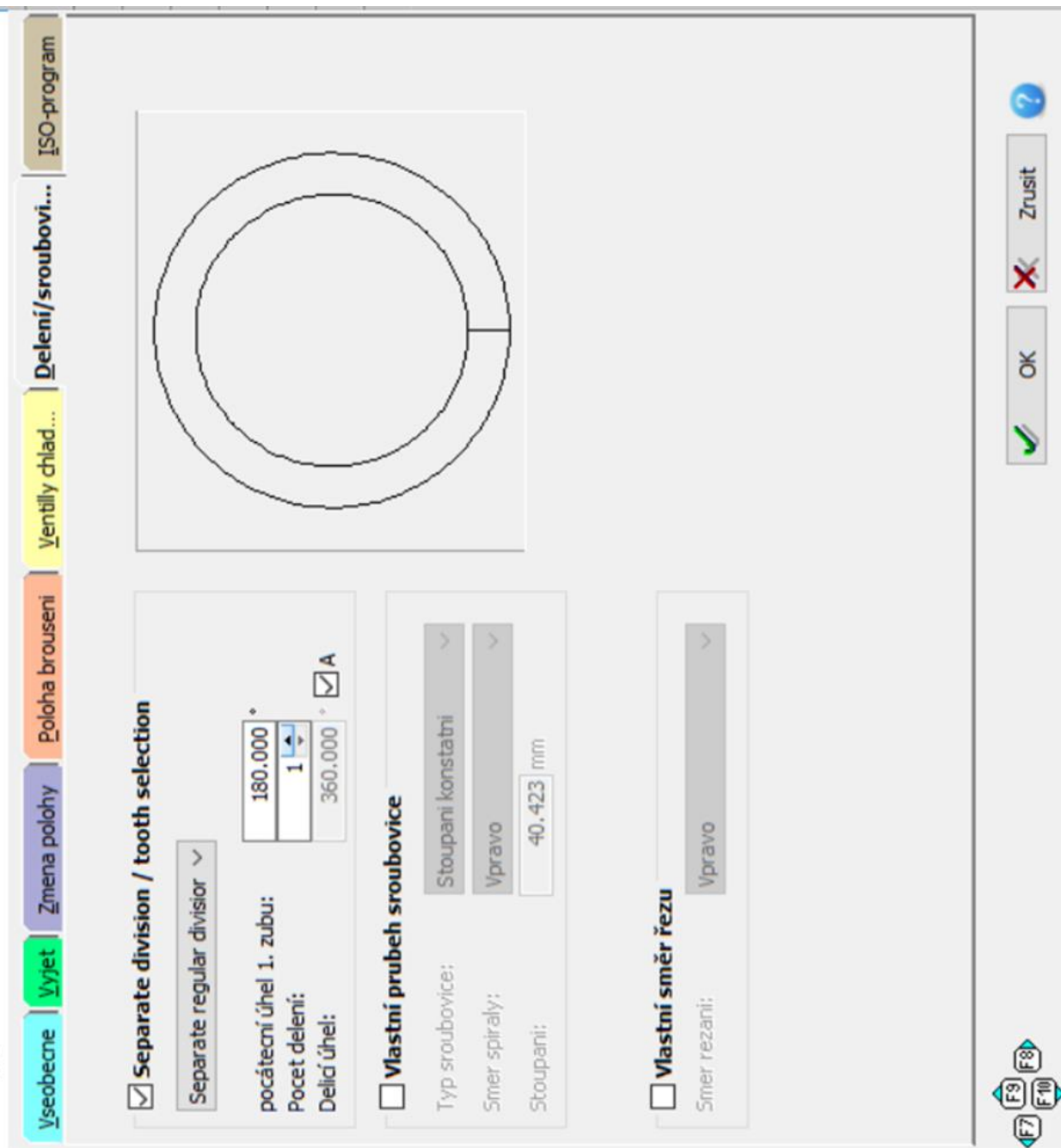


Obrázek 44 - Vyspicování V2, základní geometrie (úhel nastavení, úhel vyspicování)

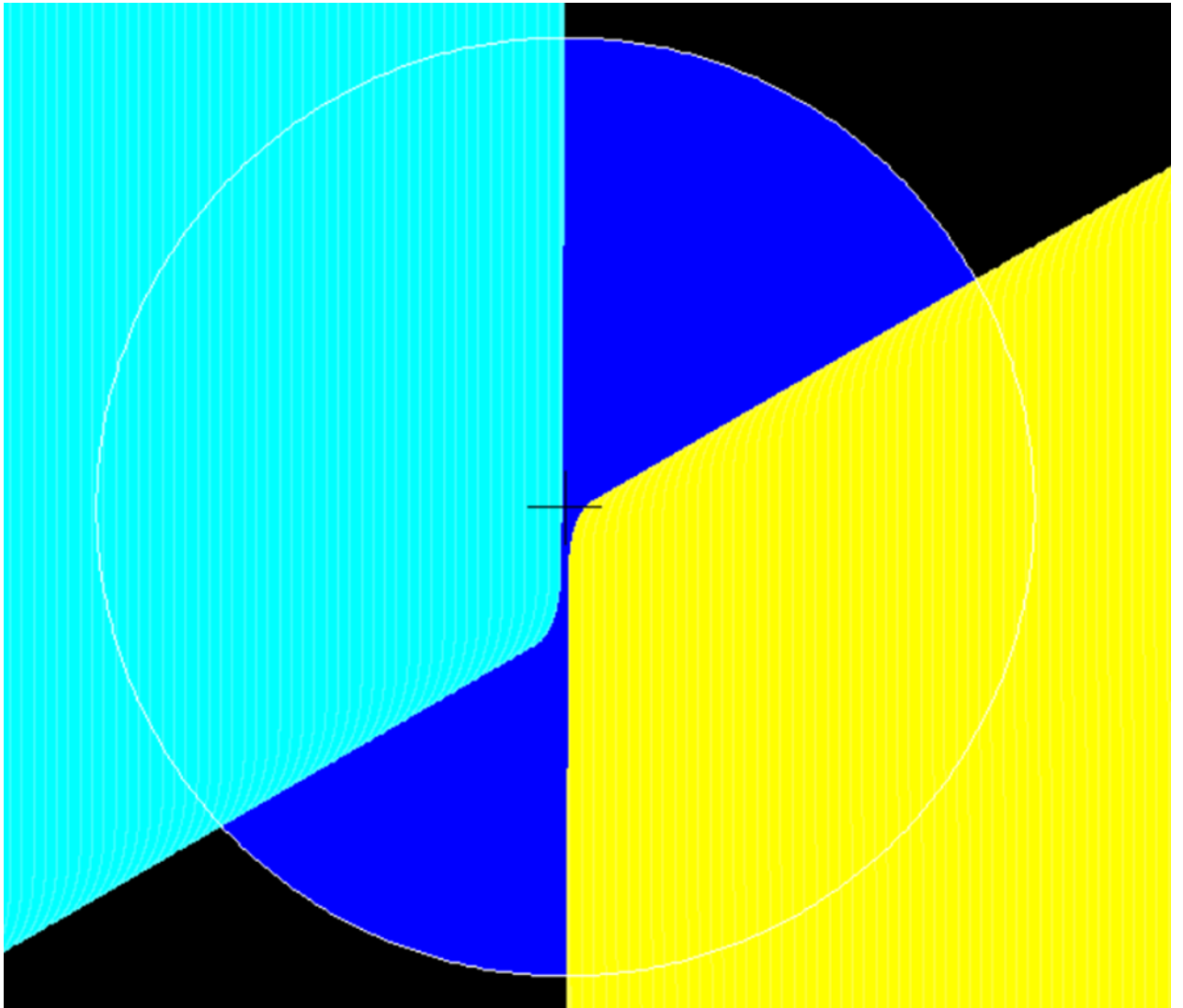


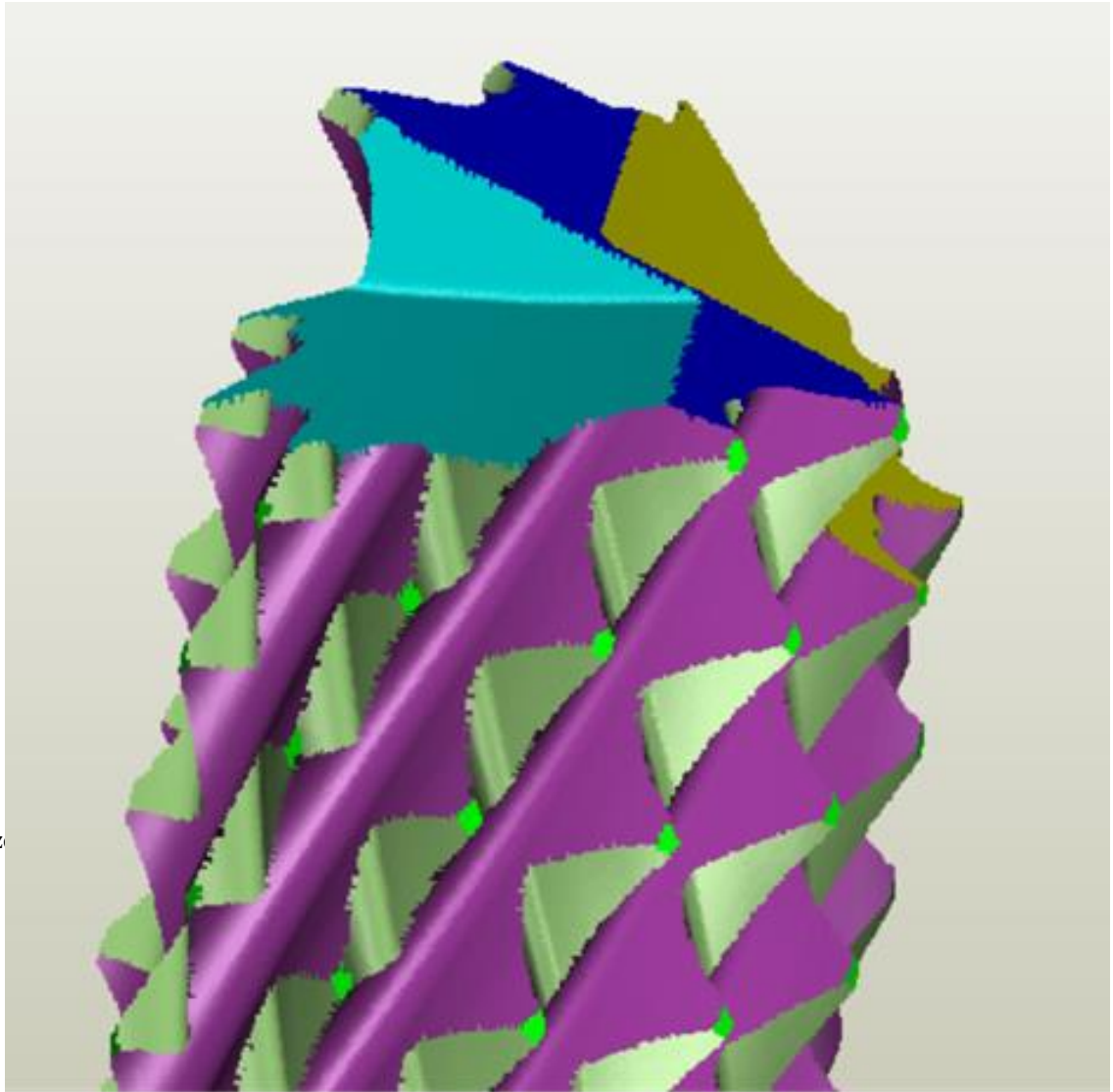
Obrázek 45 - Vyšpicování V2, data o středu (hloubka zanoření, míra před středem)

Celo/Vyšpicování cela V2 - Ruzna data obrabeni

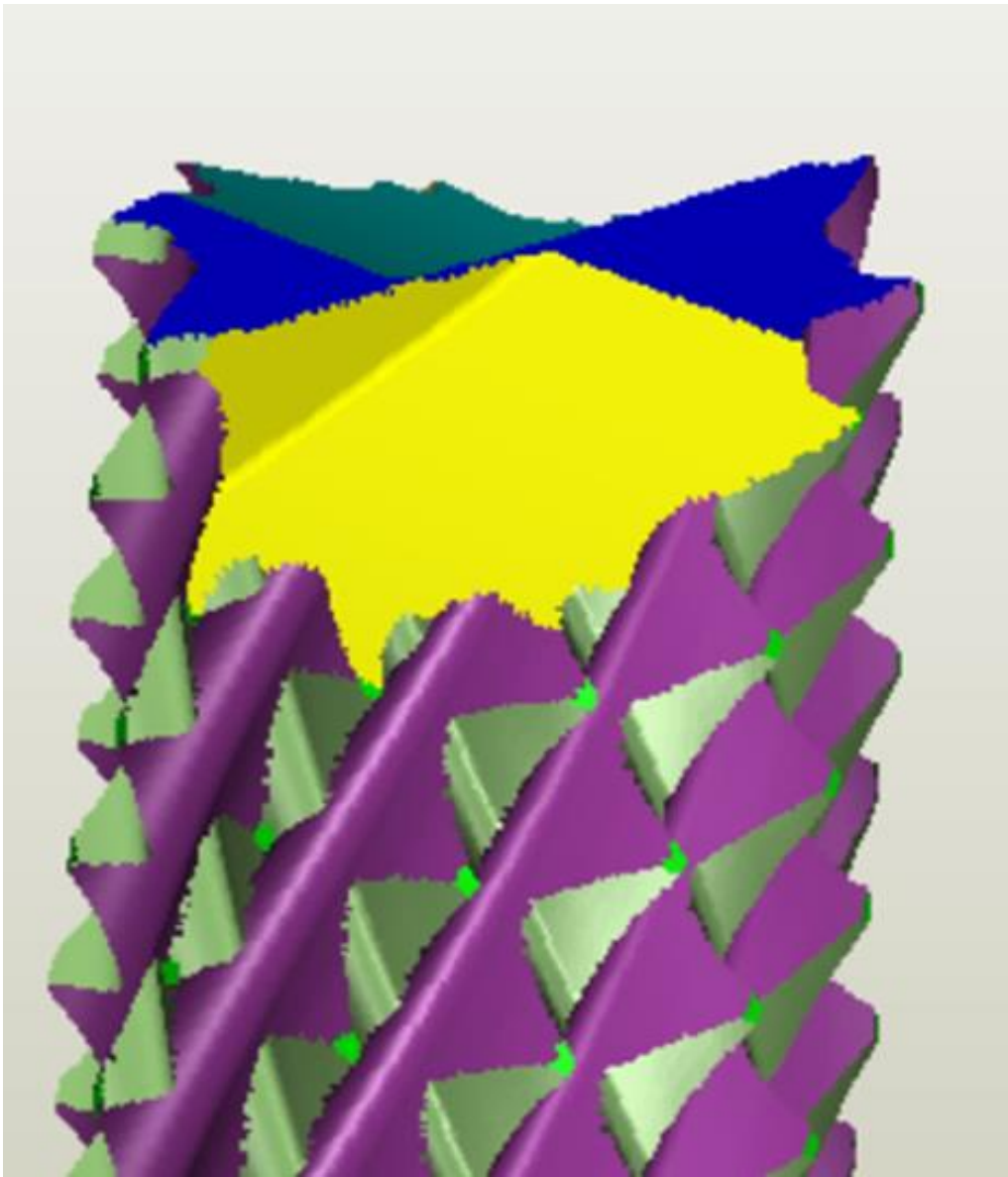


Obrázek 46 - Vyšpicování V2, různé, dělení (počet dělení, počáteční úhel zubu)

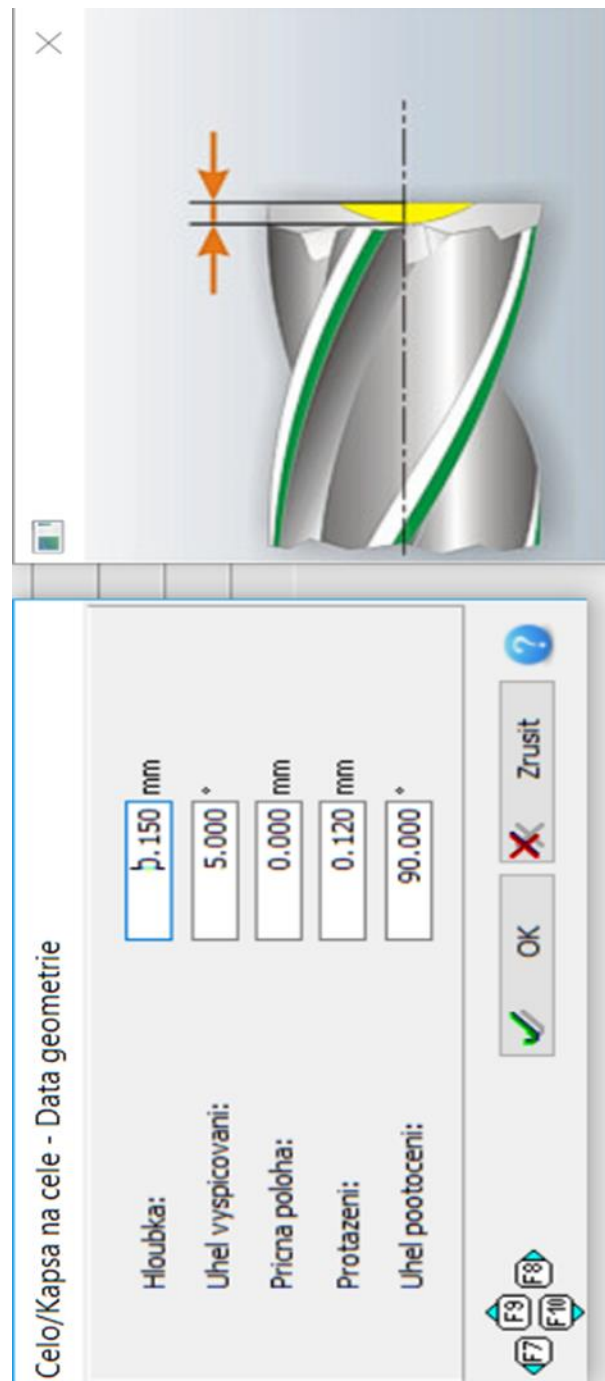




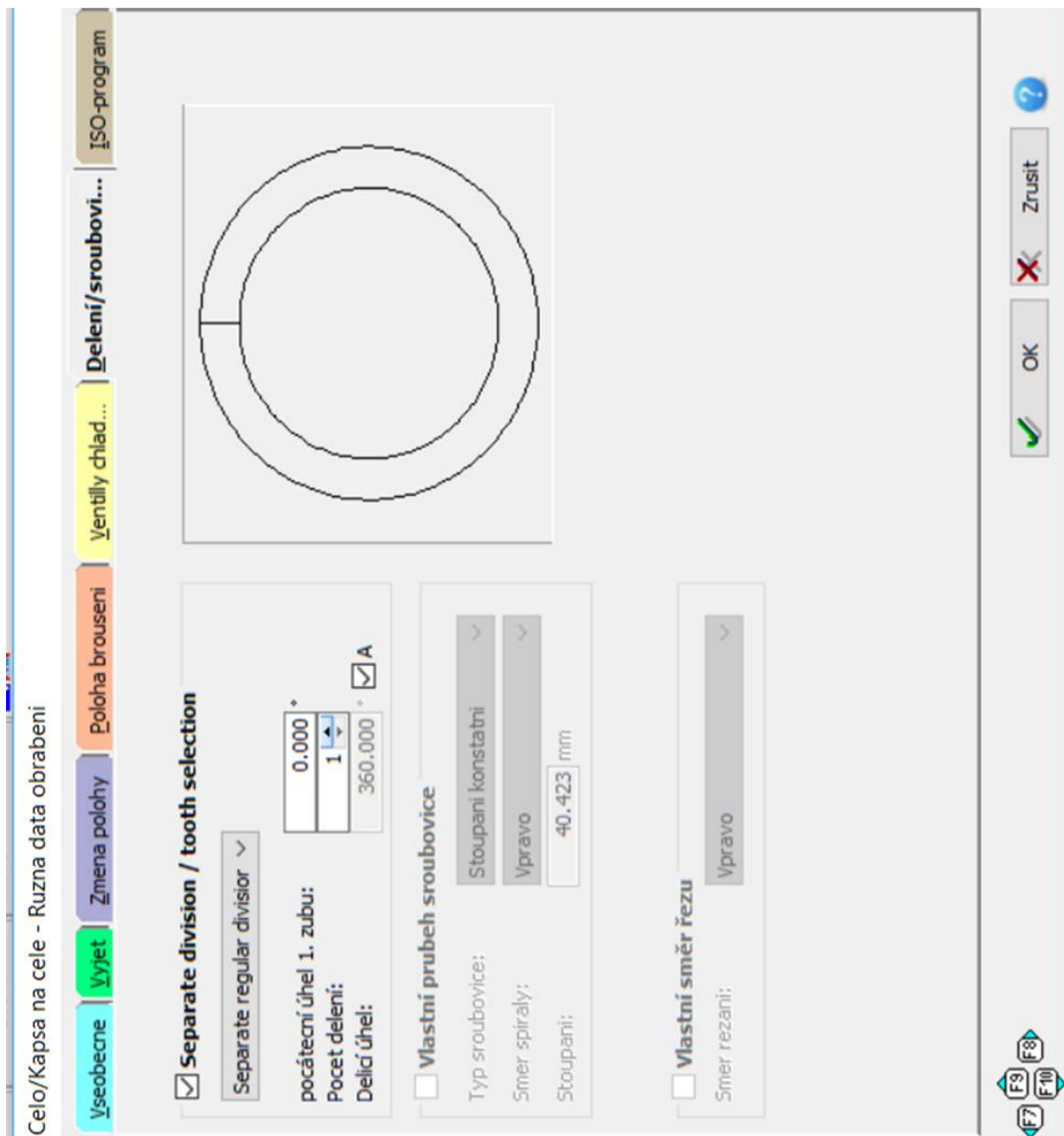
Obráz

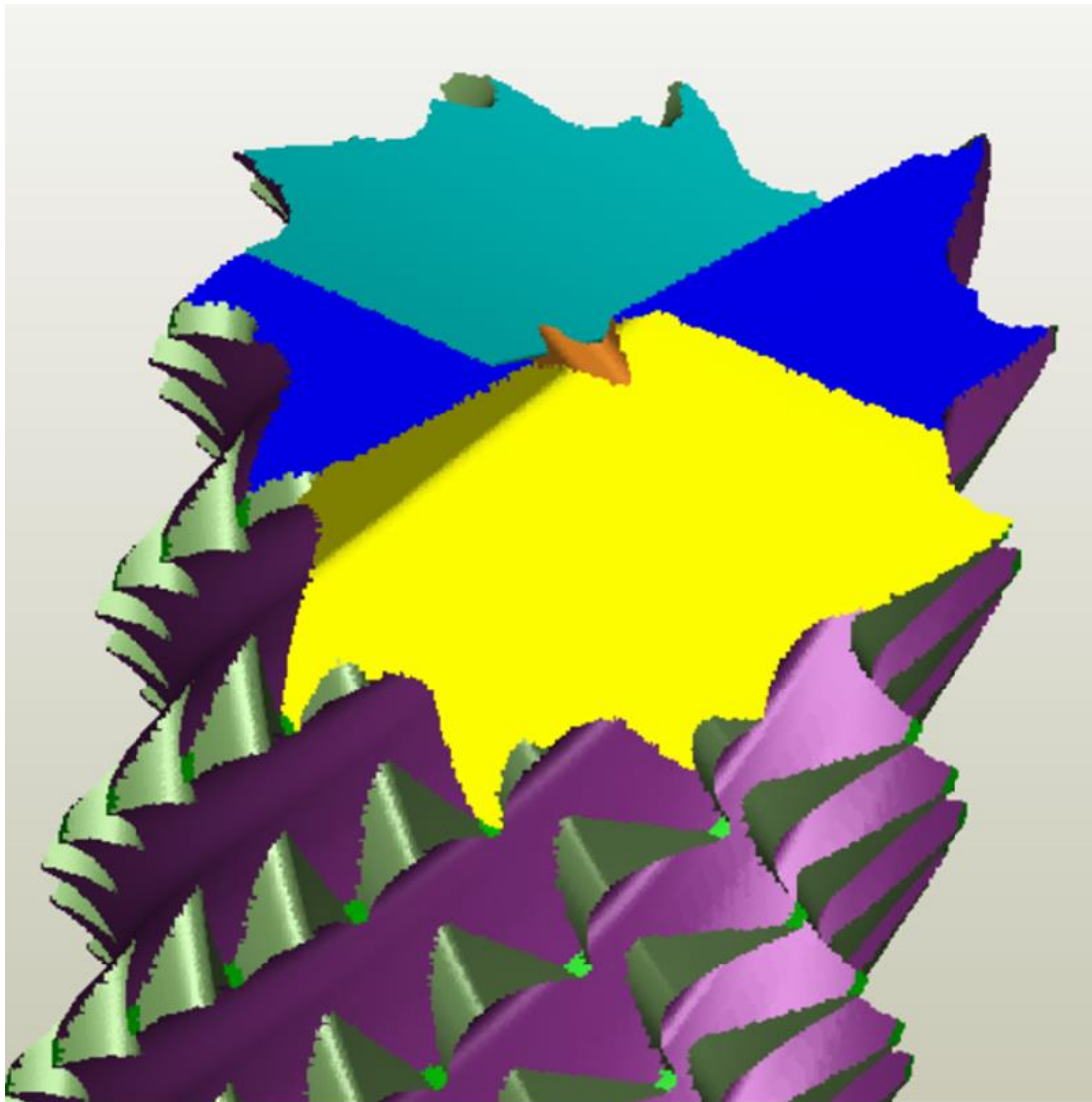


Obrázek 49 - 3D simulace Vyšpicování V2 (žlutá)

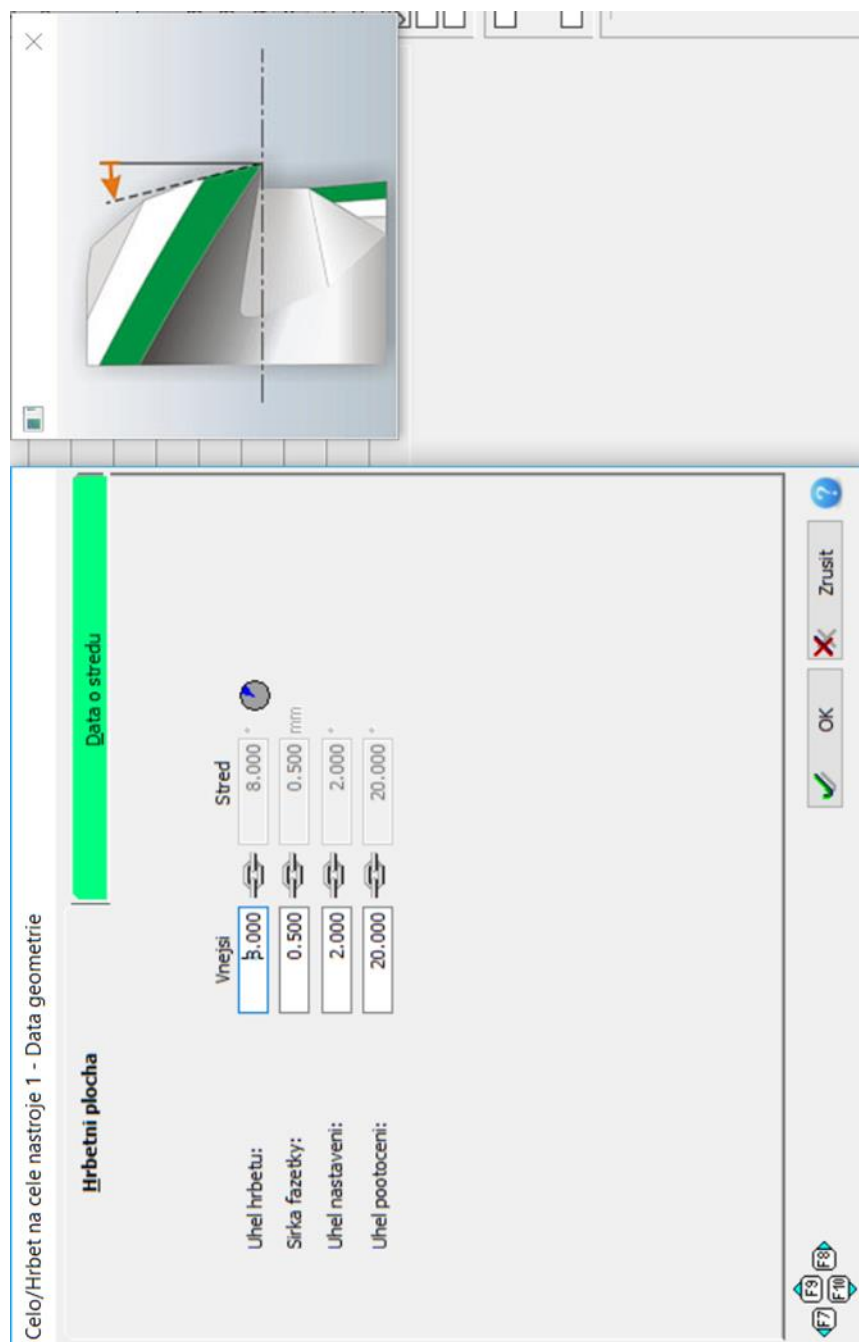


Obrázek 50 - Kapsa na čele, základní geometrie (hloubka, úhel vyšicování, protažení)

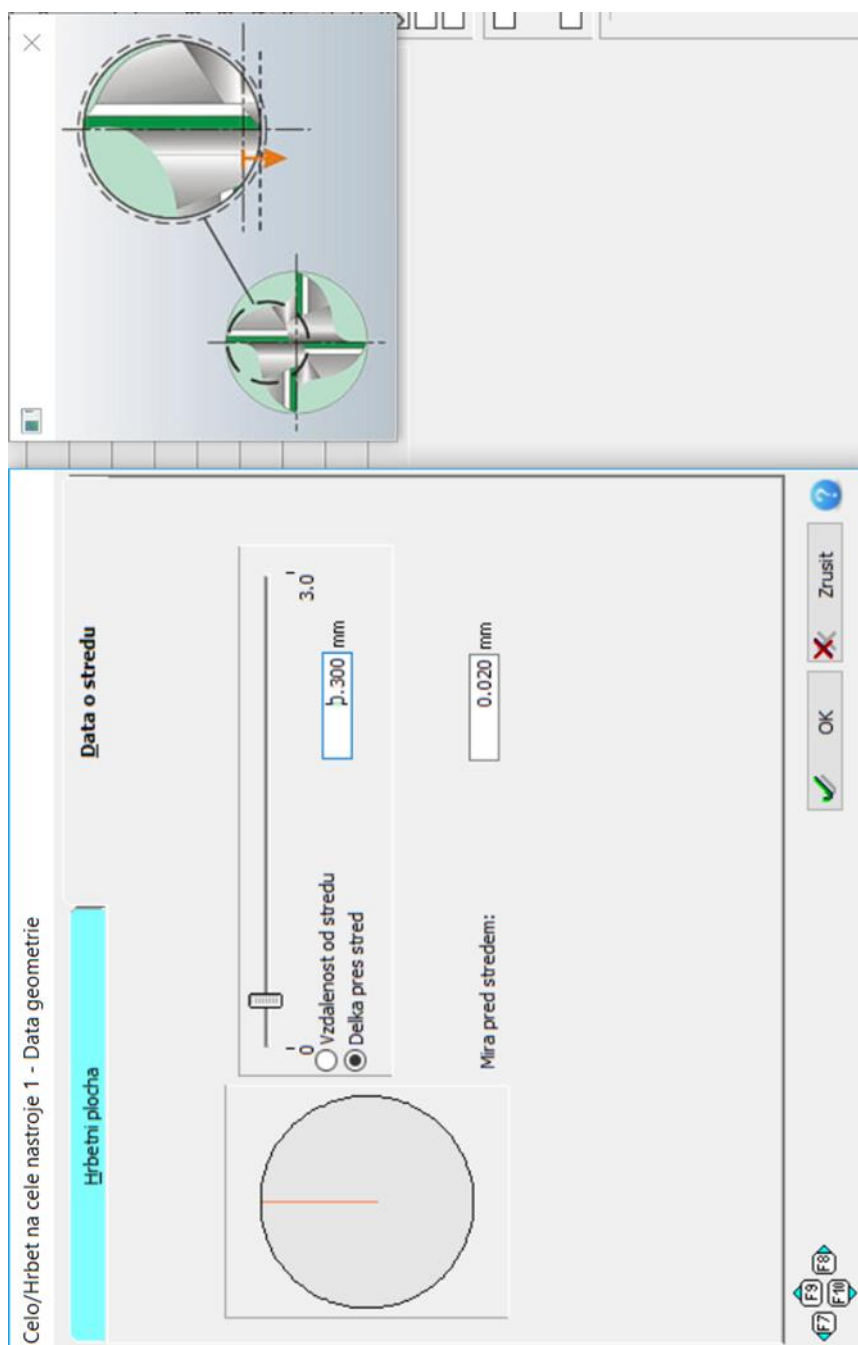




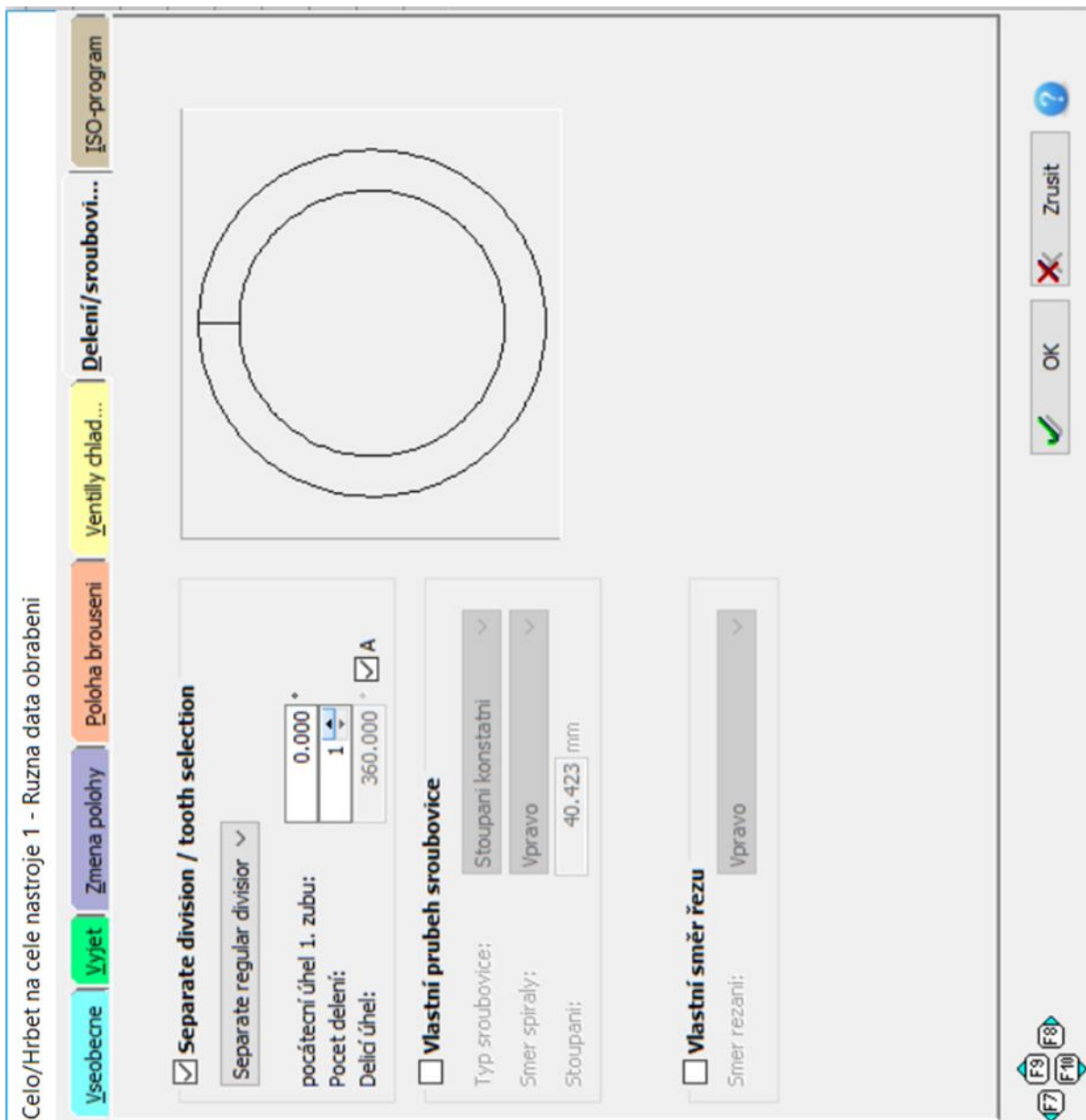
Obrázek 52 - 3D simulace, Kapasa na čele nástroje (oranžová)



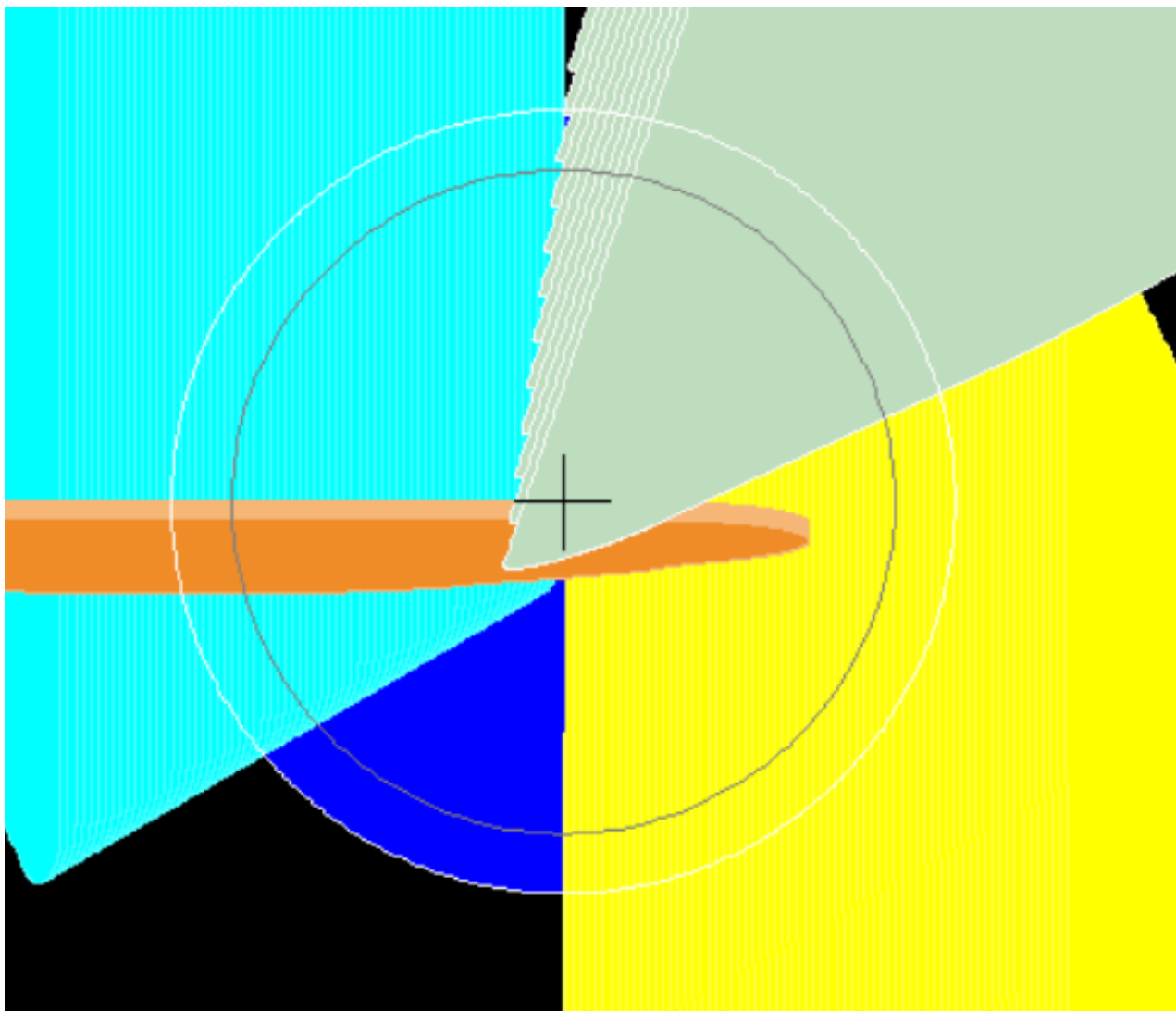
Obrázek 53 - Hřbet na čele nástroje 1, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel pootočení)



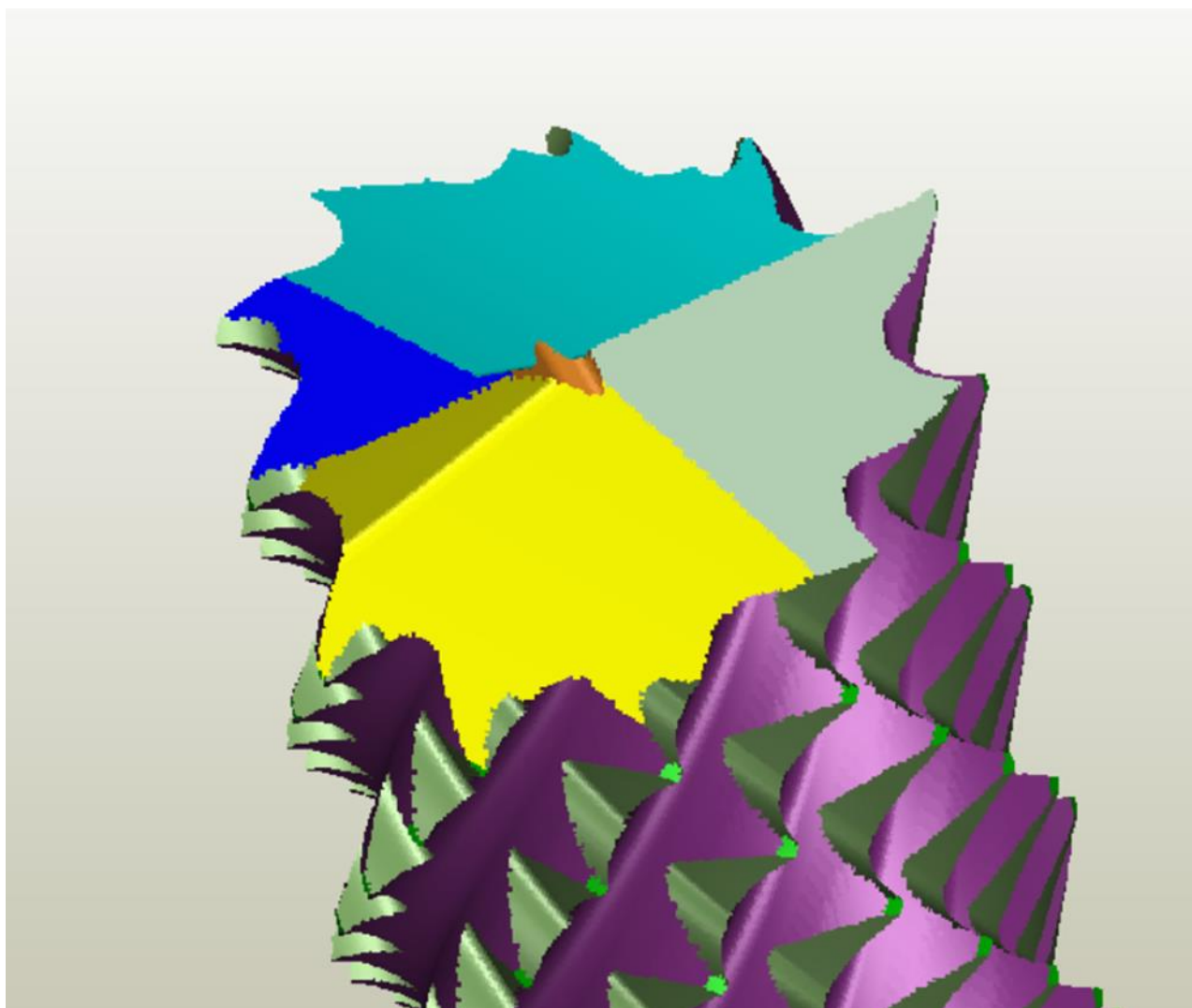
Obrázek 54 - Hřbet na čele nástroje 1, data o středu (délka přes střed, míra před středem)



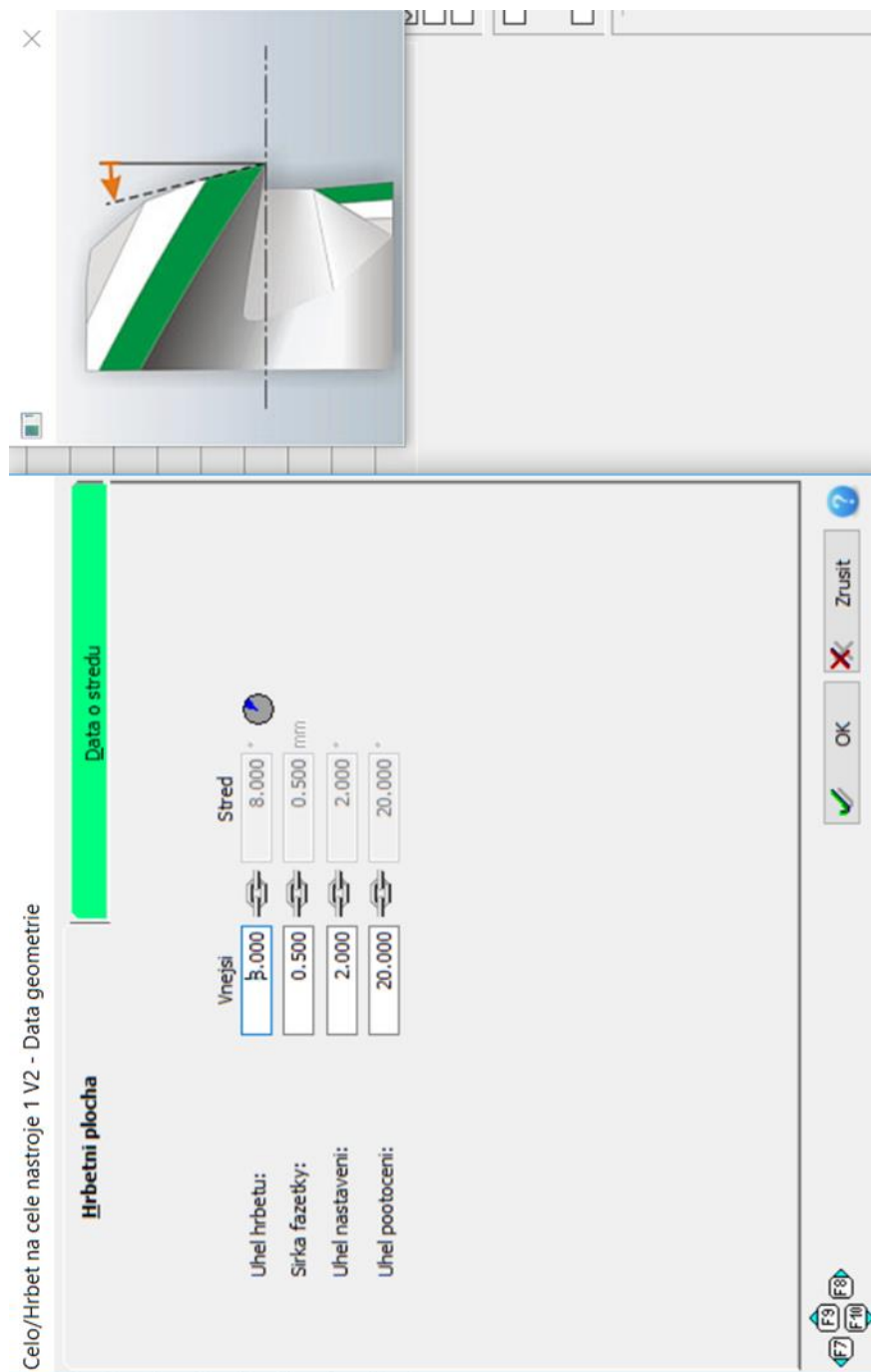
Obrázek 55 - Hřbet na čele nástroje 1, různé, dělení šroubovice (počet dělení, počáteční úhel)



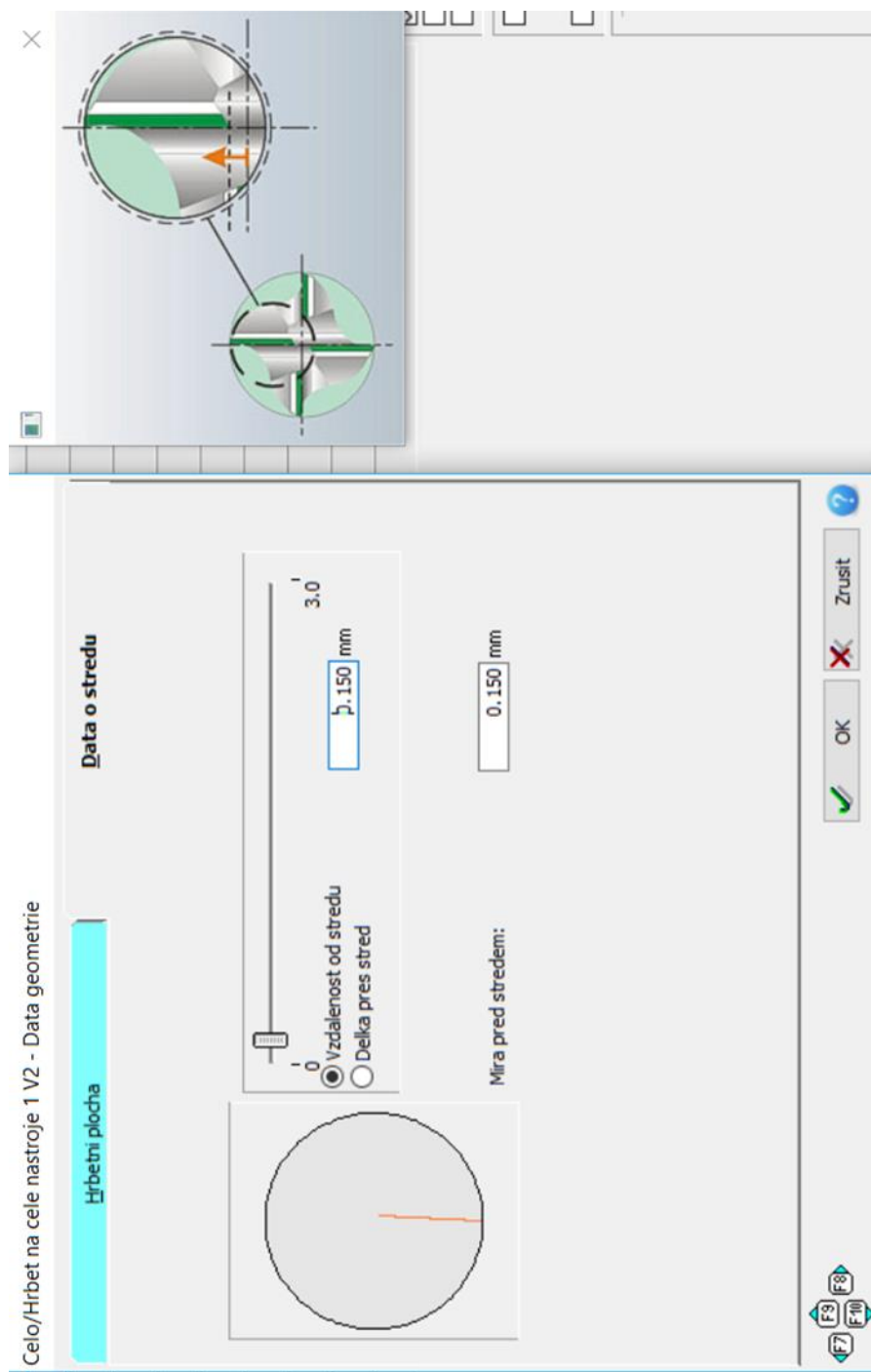
Obrázek 56 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá)



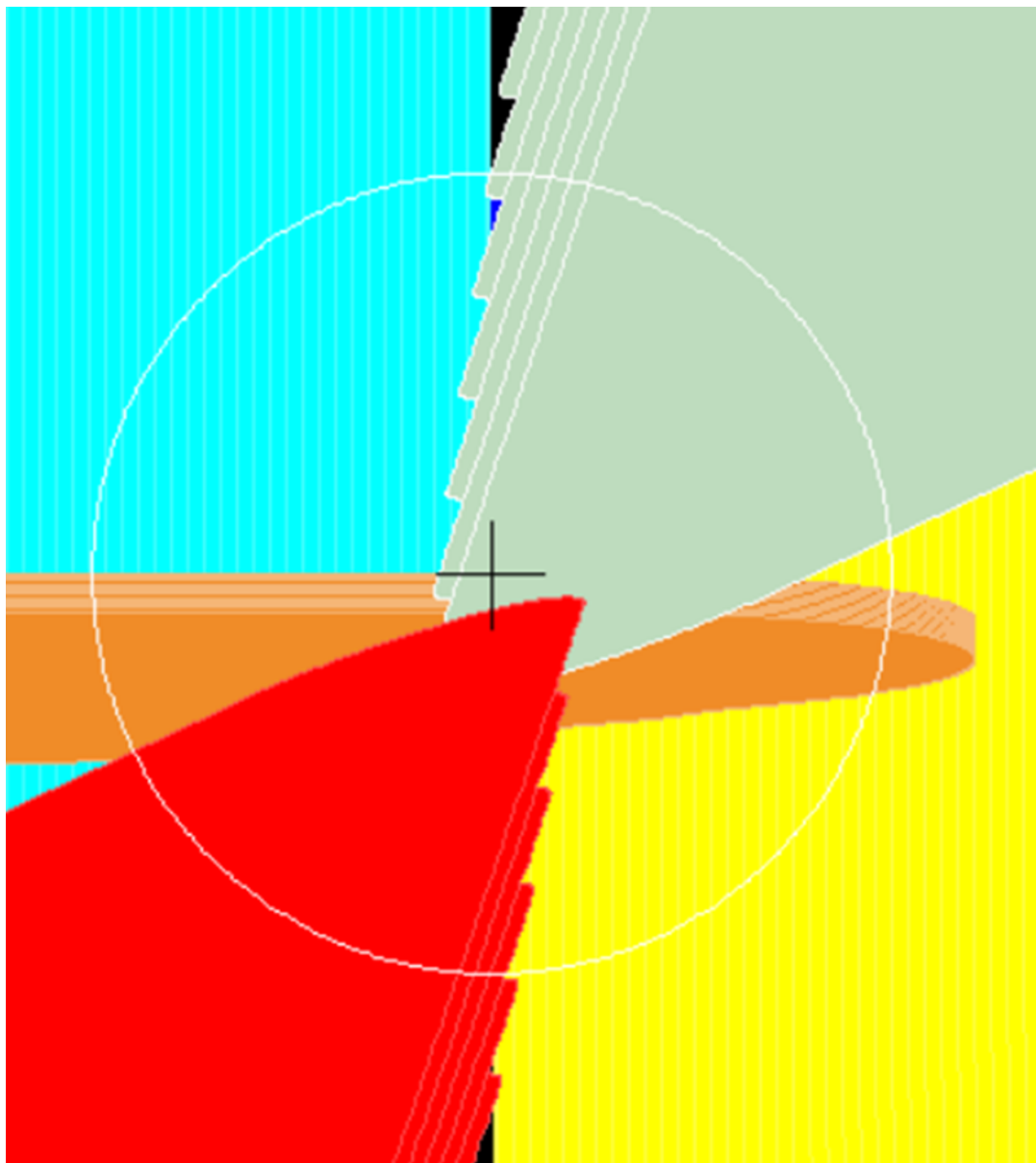
Obrázek 57 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá)



Obrázek 58 - Hřbet na čele nástroje 1V2, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel pootočení)



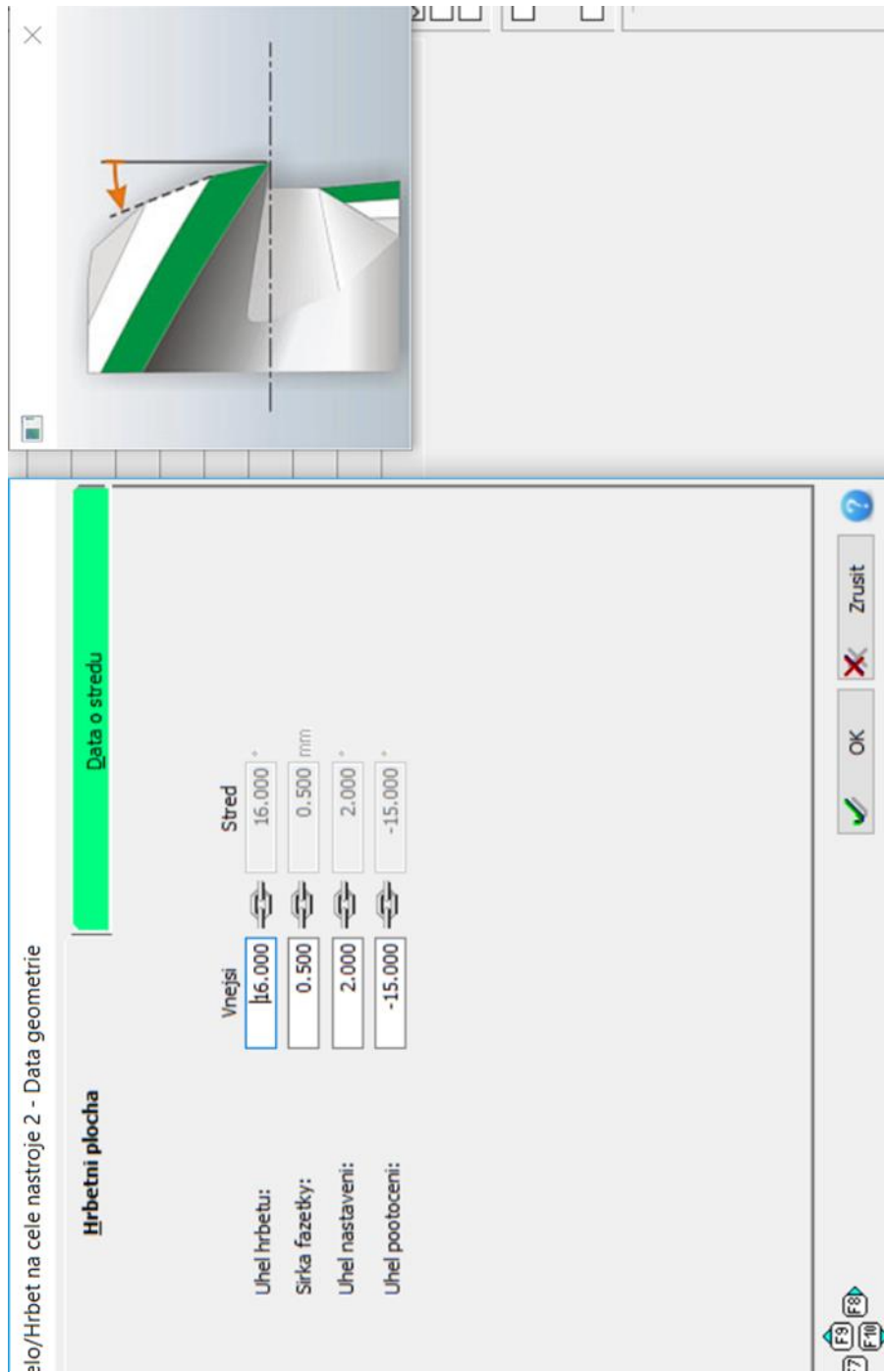
Obrázek 59 - Hřbet na čele nástroje 1V2, data o středu (délka přes střed, míra před středem)



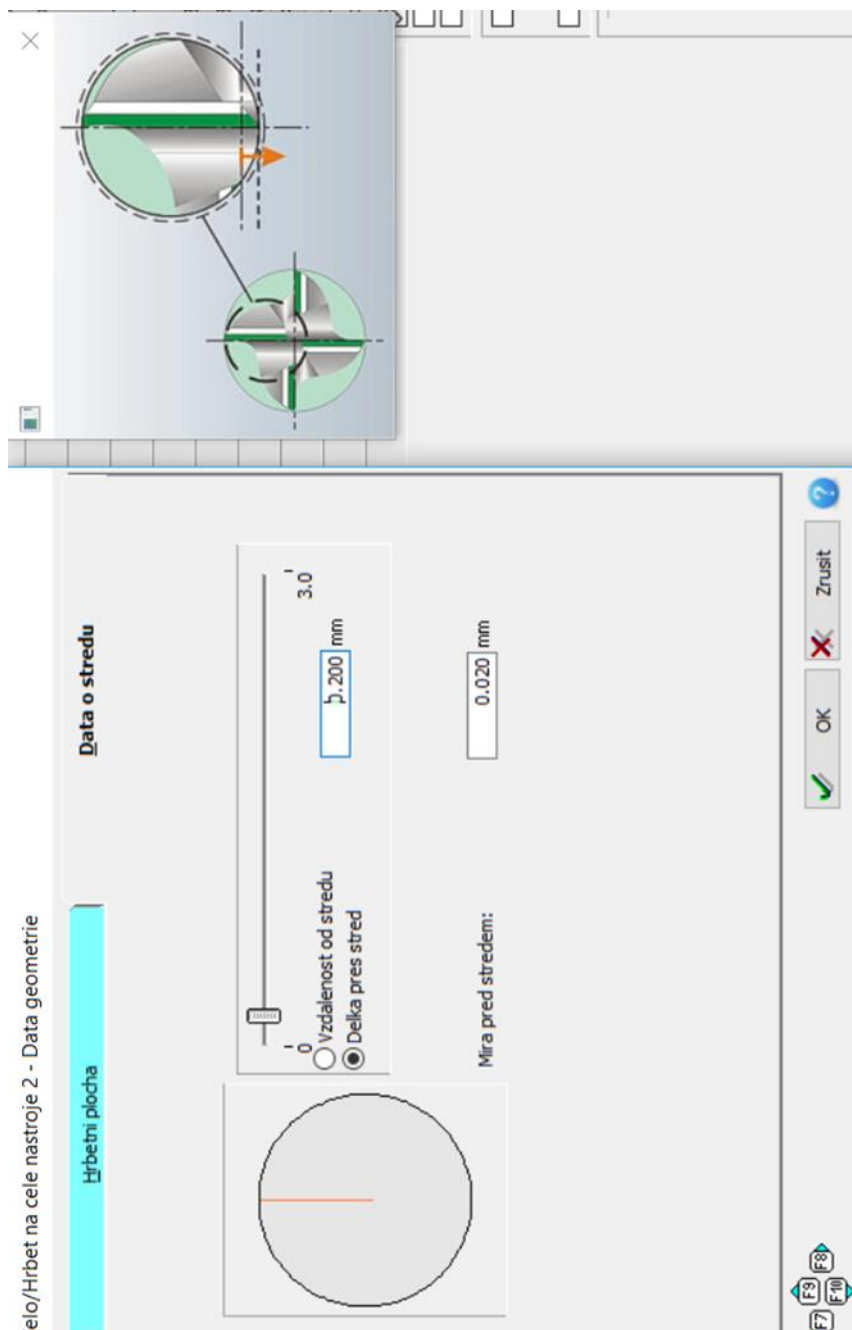
Obrázek 61 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená)



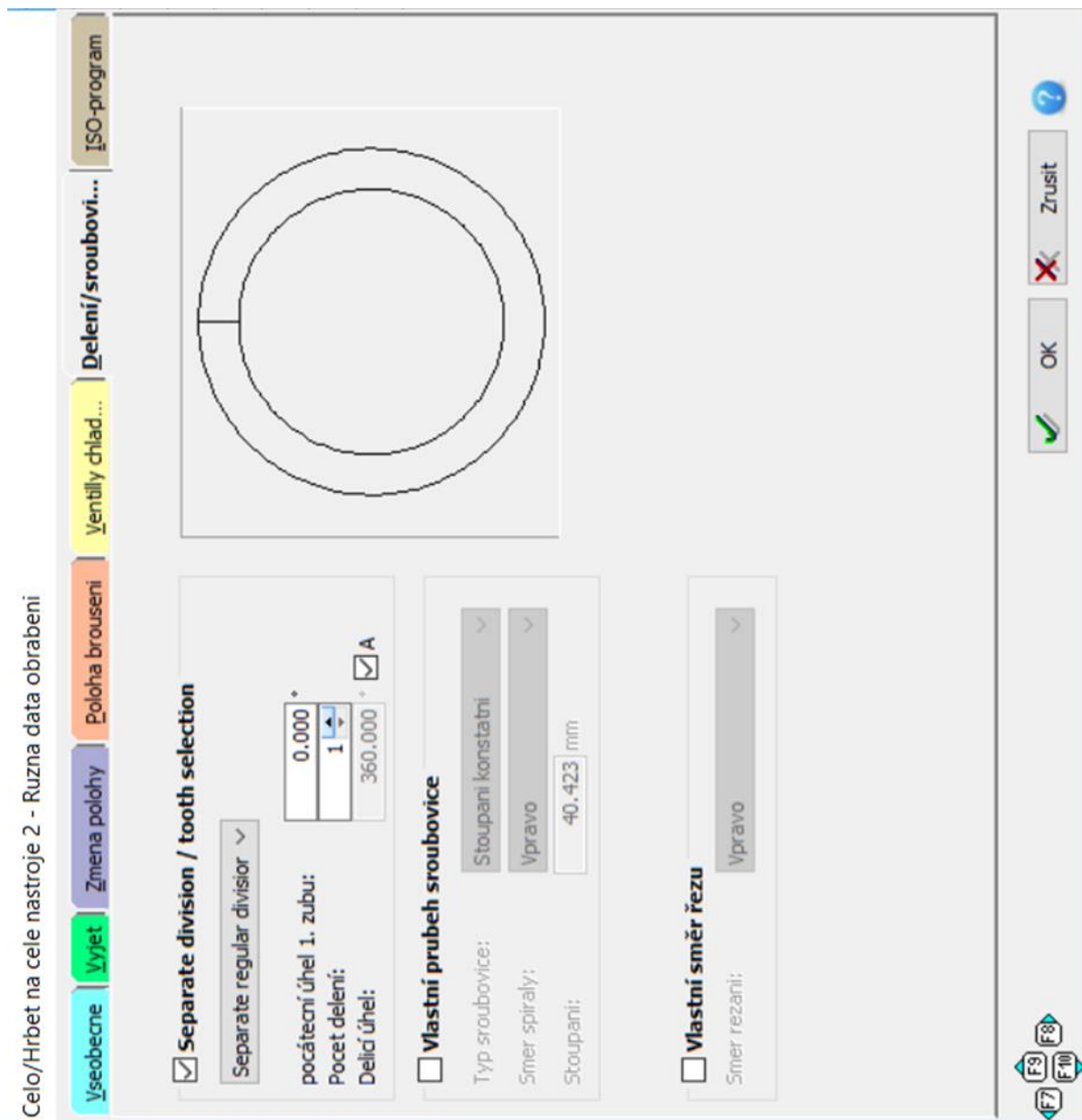
Obrázek 62 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená)



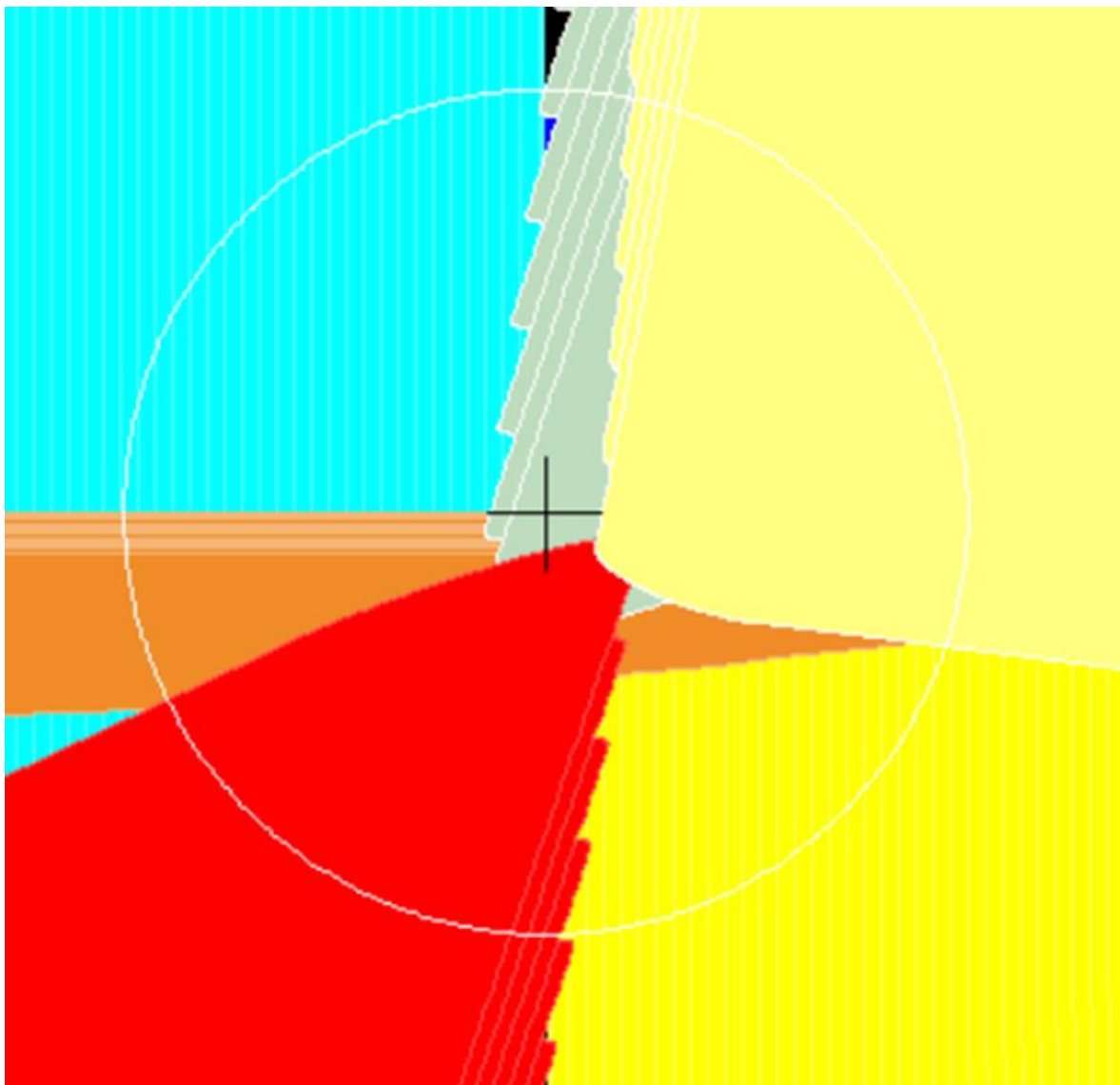
Obrázek 63 - Hřbet na čele nástroje 2, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel pootočení)



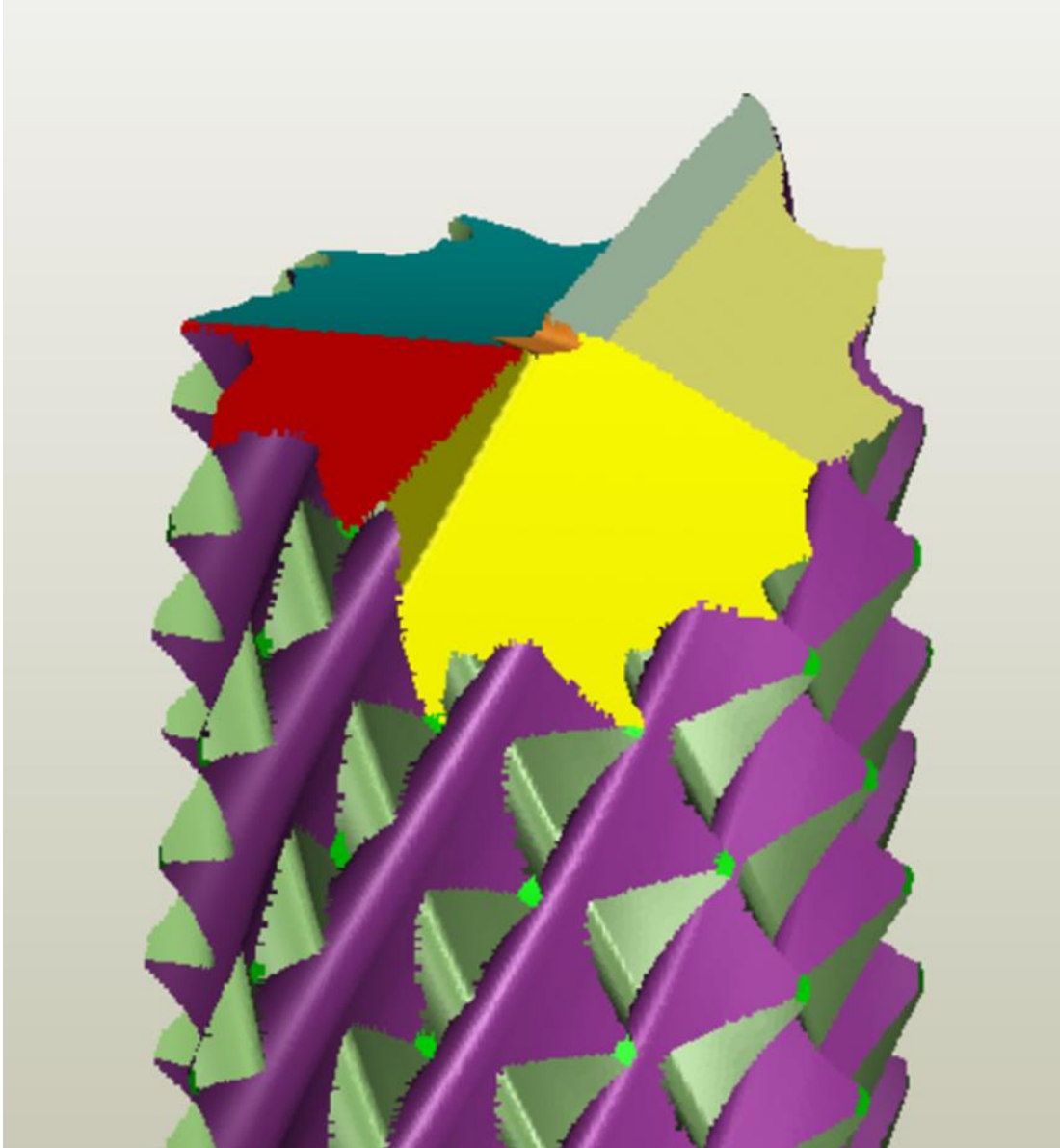
Obrázek 64 - Hřbet na čele nástroje 2, data o středu (délka přes střed, míra před středem)



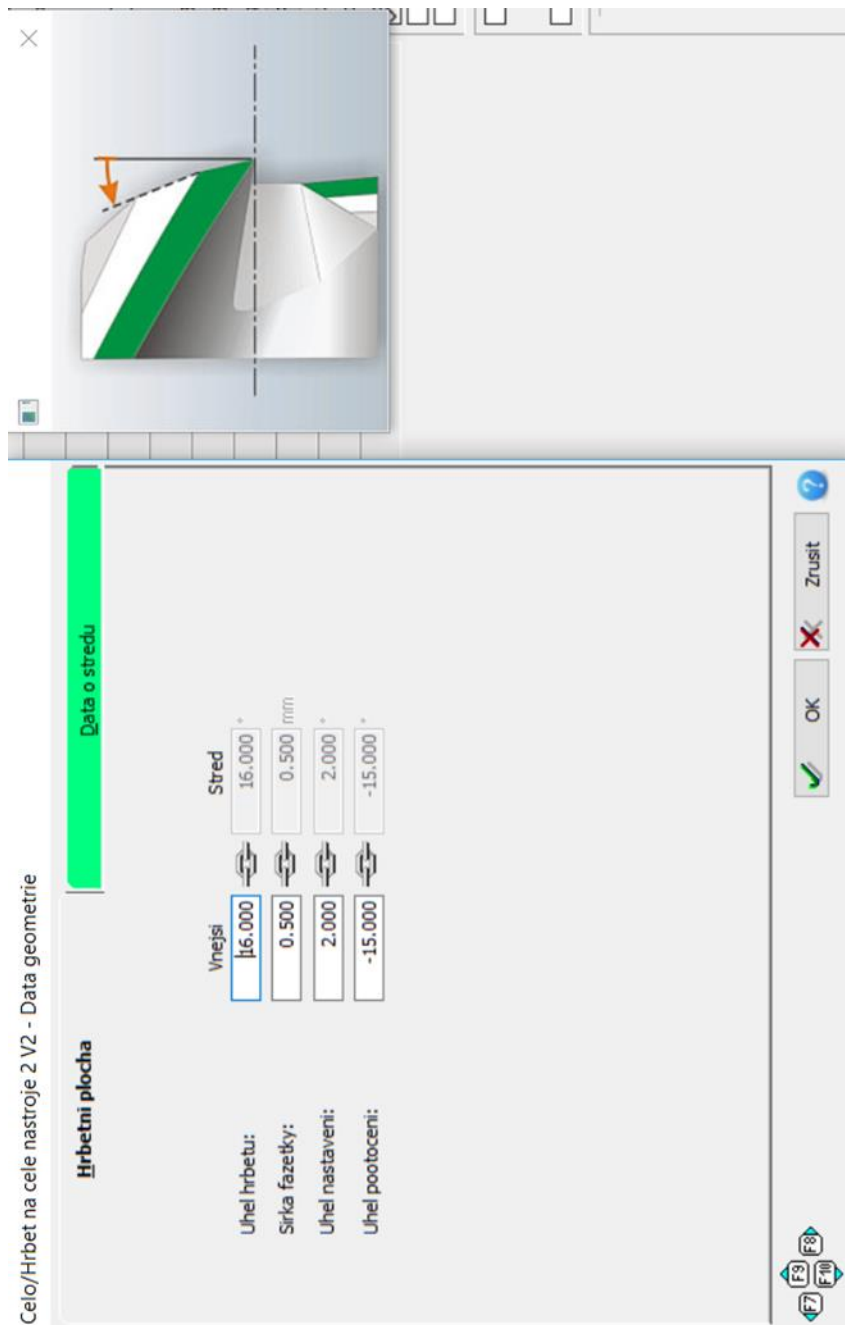
Obrázek 65 - Hřbet na čele nástroje 2, různé, dělení šroubovice (počet dělení, počáteční úhel zubu)



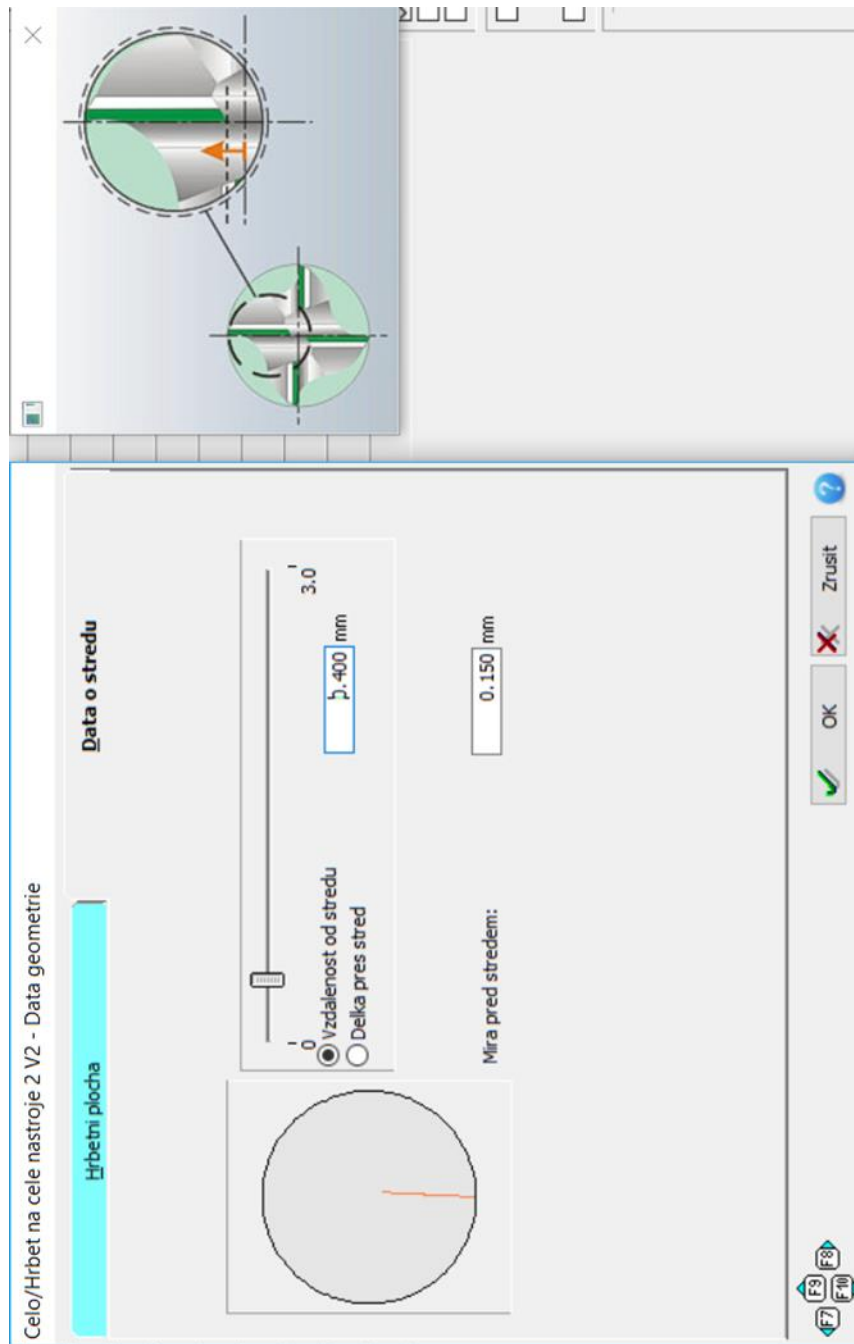
Obrázek 66 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená) , Hřbet na čele nástroje 2 (běžová)



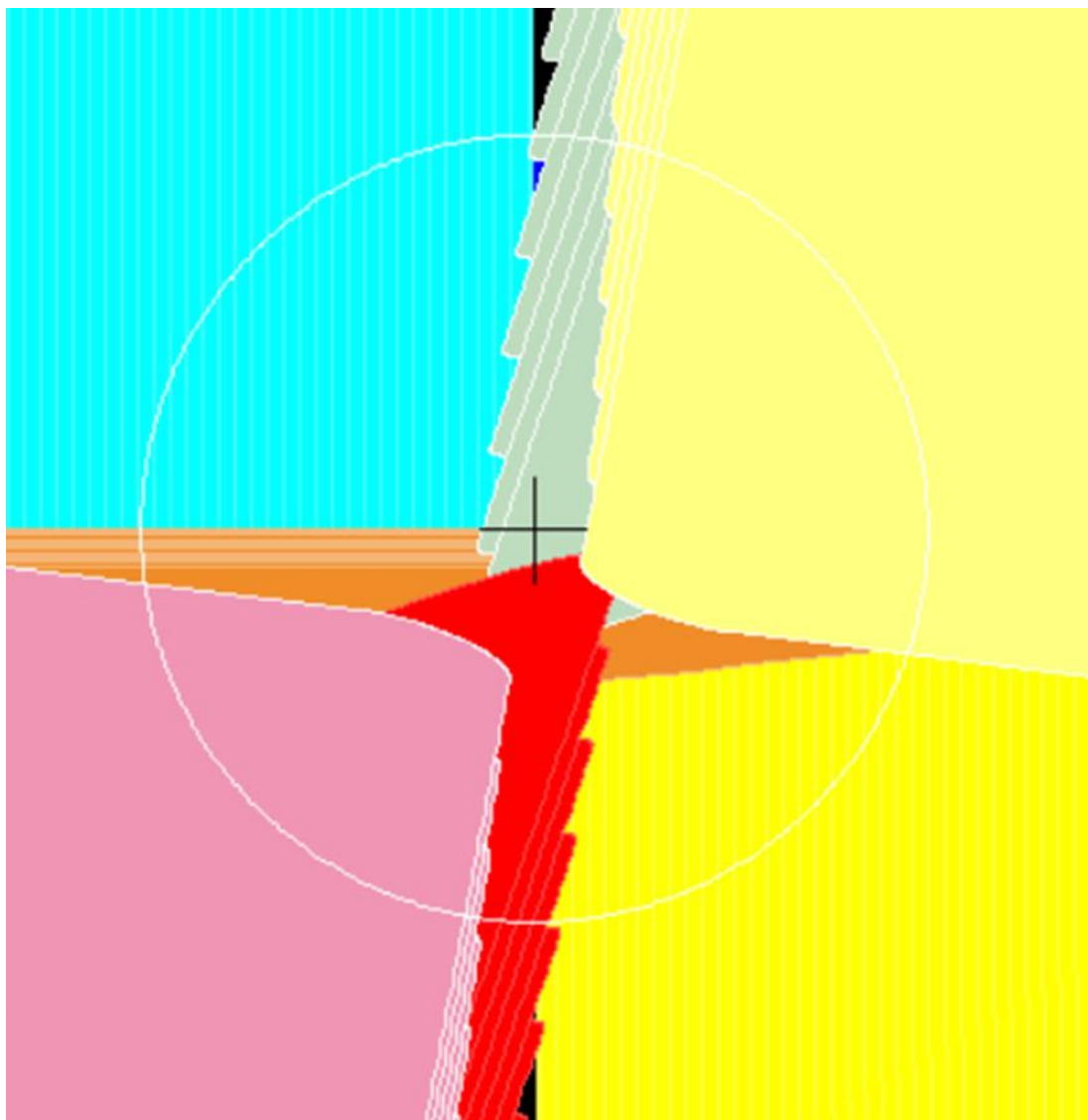
Obrázek 67 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená) , Hřbet na čele nástroje 2 (běžová)



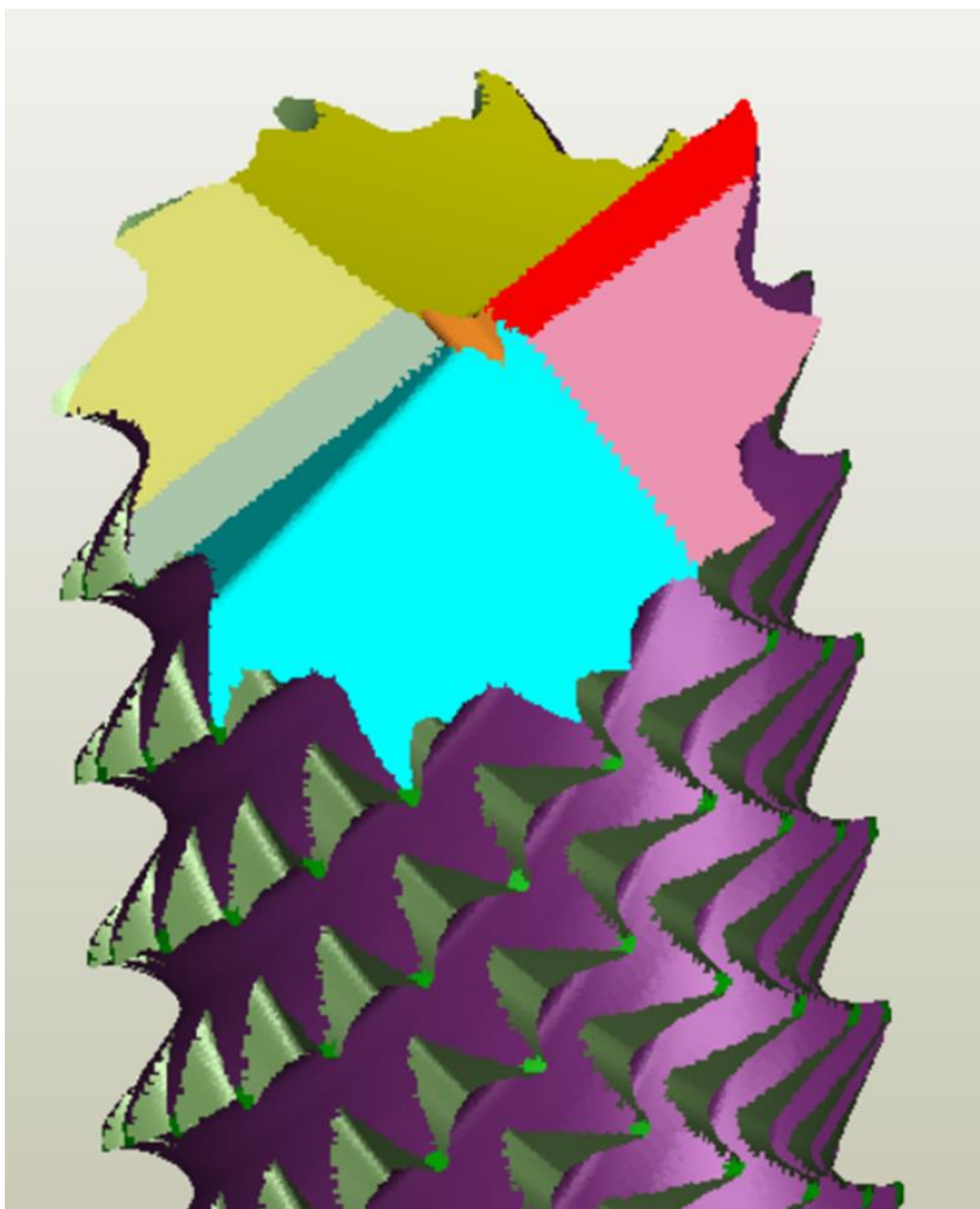
Obrázek 68 - Hřbet na čele nástroje 2V2, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel pootocení)



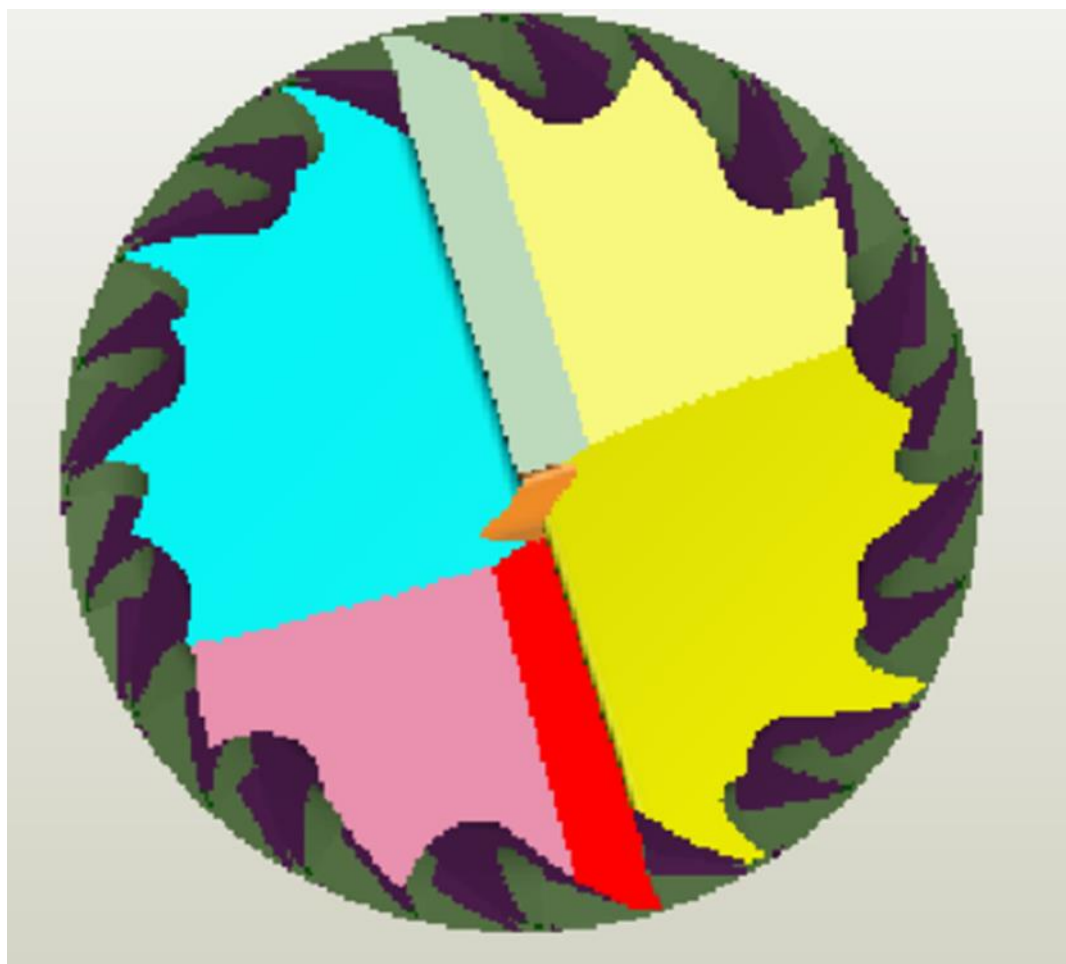
Obrázek 69 - Hřbet na čele nástroje 2V2, data o středu (délka přes střed, míra před středem)



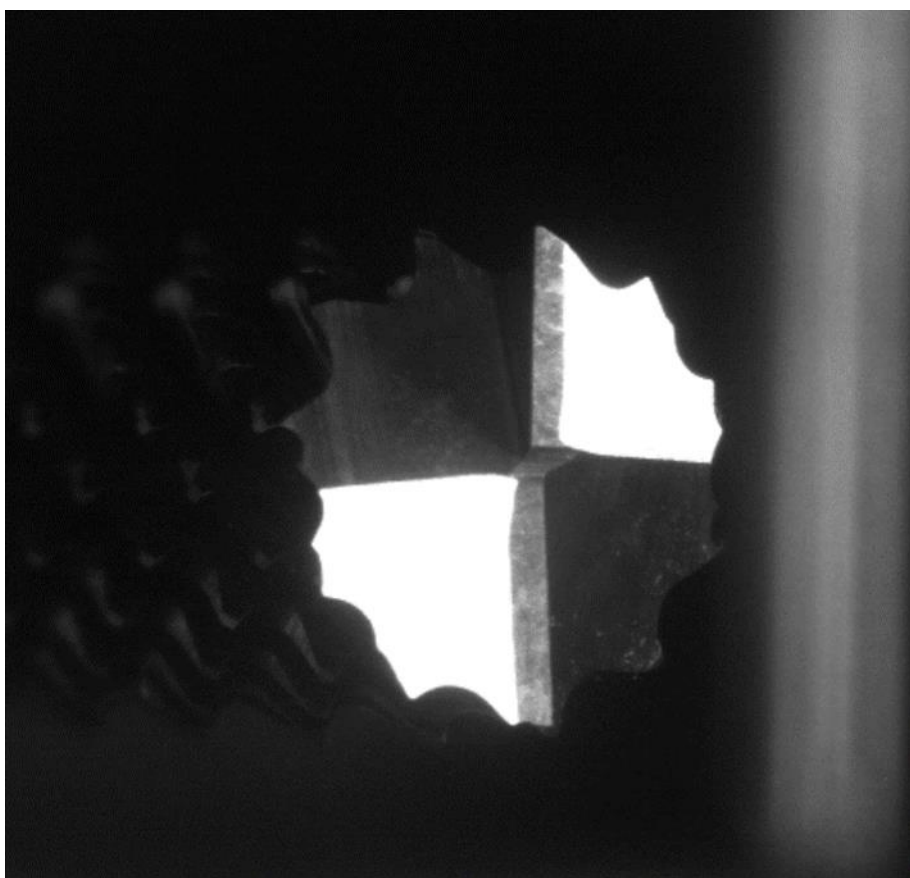
zubu)



Obrázek 72 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená) , Hřbet na čele nástroje 2 (běžová) , Hřbet na čele nástroje 2V2 (růžová)



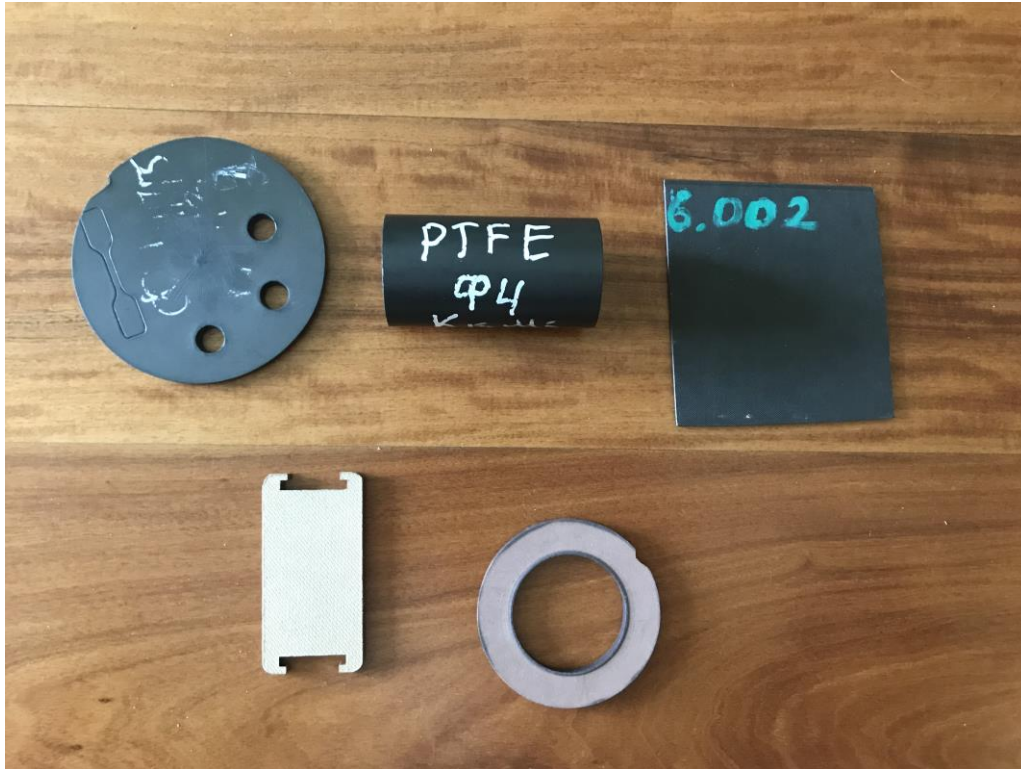
Obrázek 73 - 3D Simulace pohled z vrchu



Obrázek 74 - Fotka z měřáku PoomBasic (špička frézy)

9 TESTOVÁNÍ A ZKOUMÁNÍ MATERIÁLU

- Jelikož firma Anaj Czech a.s má působnost a dobré kontakty v Rusku bylo mi poskytnuto několik druhů kompozitních materiálů.



Obrázek 75 - kompozitní materiály

- K těmto materiálům jsem dostal popis jejich složení (v azbuce)

Андрей, огромное спасибо за оперативность 🙏
----- Пересылаемое сообщение-----
23.04.2018, 10:39, "Андрей Прохоров" <curikat@bk.ru>:
Доброе утро.
○ 4 БО40 - Фторопласт 4,(60%) (мировое названия PTFE) ,Бронза 40%
○ 4Н17 Г2М5 - Фторопласт 4, (76%) (мировое названия PTFE), Никель (17%), Графит (2%), Молибден (5%)
И цилиндр-PUFE ФЦ - Фторопласт 4, (75%)(мировое названия PTFE) Кокс (20%), Молибден (5%)
С уважением,
ИАО «Фторопластовые технологии»
Прохоров Андрей
тел. 8-921-090-59-54

Obrázek 76 - složení kompozitních materiálů

- Nejvhodnější materiál k testování mého nástroje byl kompozitní materiál tajného složení, který se používá na náběhové hrany křidel letadel.



Obrázek 77 - zkoušený kompozitní materiál č. 1

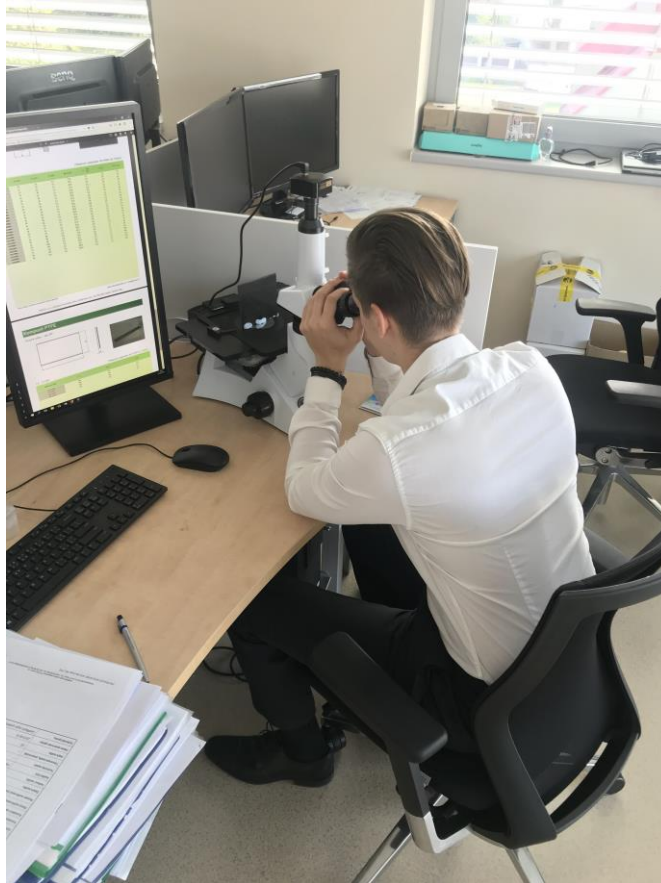
- Dále jsem si vybral ještě jeden materiál který je spíše speciální plast



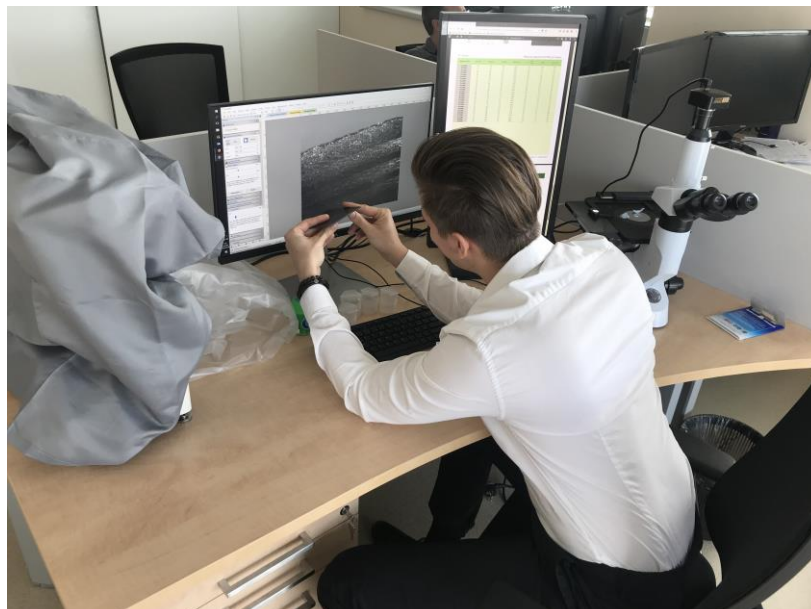
Obrázek 78 - zkoušený vzorek č.2

- Poté co jsem si vybral své 2 vzorky tak jsem si udělal pro jistotu 2 nástroje kterými budu testovat. Postup byl stejný jenom jsem u druhého nástroje zvětšil úhel vyšpicování na 40 stupňů, proto aby měl lepší schopnosti se zavrtávat.

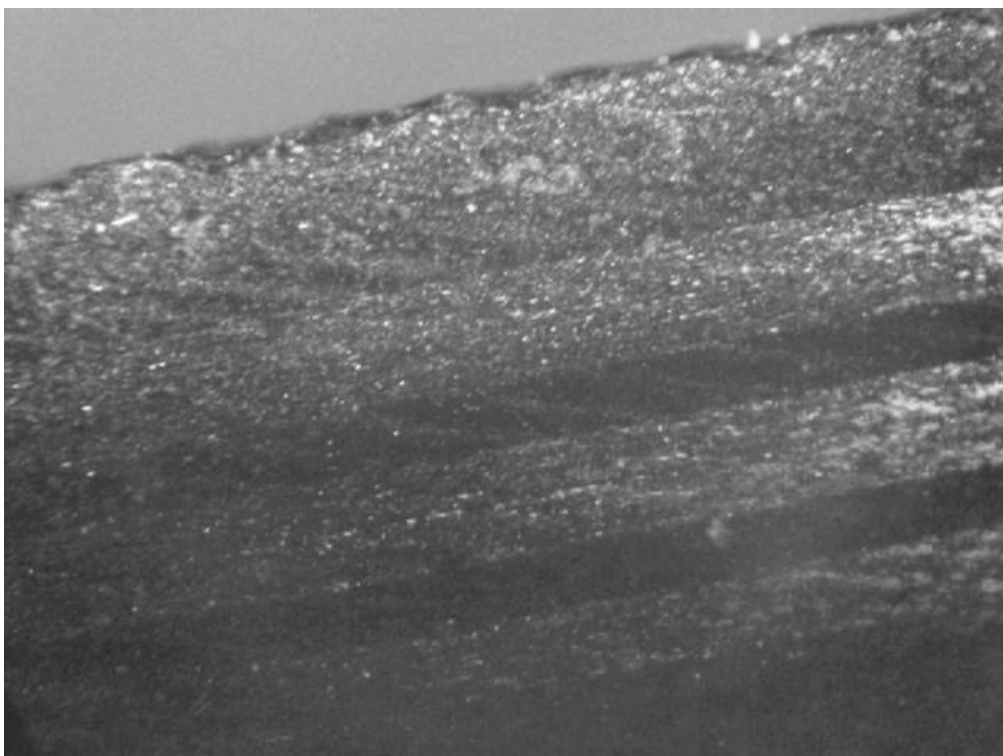
9.1 ZKUMÁNÍ MATERIÁLU NA METALOGRAFICKÉM MIKROSKOPU



Obrázek 79 - metalografický mikroskop



Obrázek 80 - zkoumání struktury



Obrázek 81 - 5x zvětšení



Obrázek 82 - 10x zvětšení

- Ze světšených obrázků jsem mohl vidět jednotlivé vrstvy kompozitu.

9.2 TESTOVÁNÍ NÁSTROJŮ

- Testoval jsem na stroji Mori Seiki NVX2080
- Zvolil jsem tyto parametry : řezná rychlost $v = 120 \text{ m/s}$

$$f = 0,25 \text{ ot}$$

$$f = 0.02 \text{ na zub}$$

$$n = 6400 \text{ ot}$$

- Chlazení vzduchem, protože některé kompozitní materiály se nesmí chladit kapalinou díky jejich složení.



Obrázek 83 - 5 osé obráběcí centrum

- Materiál jsem si upl mezi upínky abych mohl obrábět bokem nástroje.

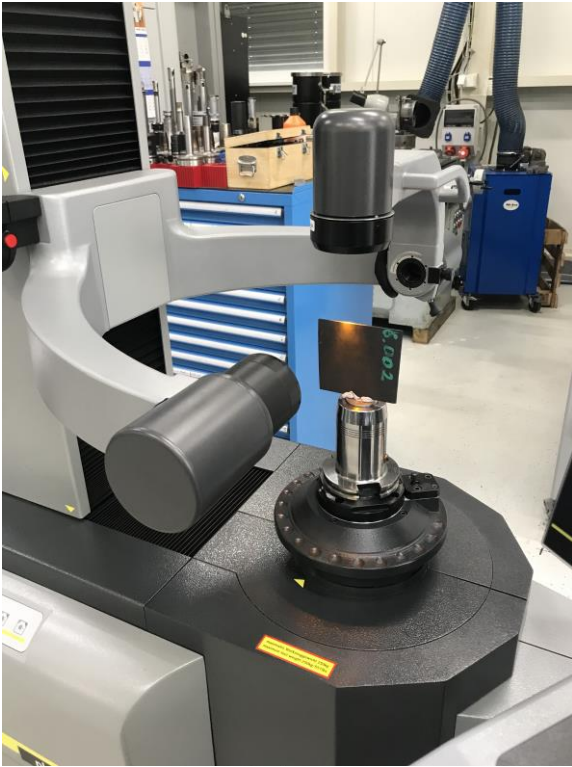


Obrázek 84 - upnutí vzorku č. 1

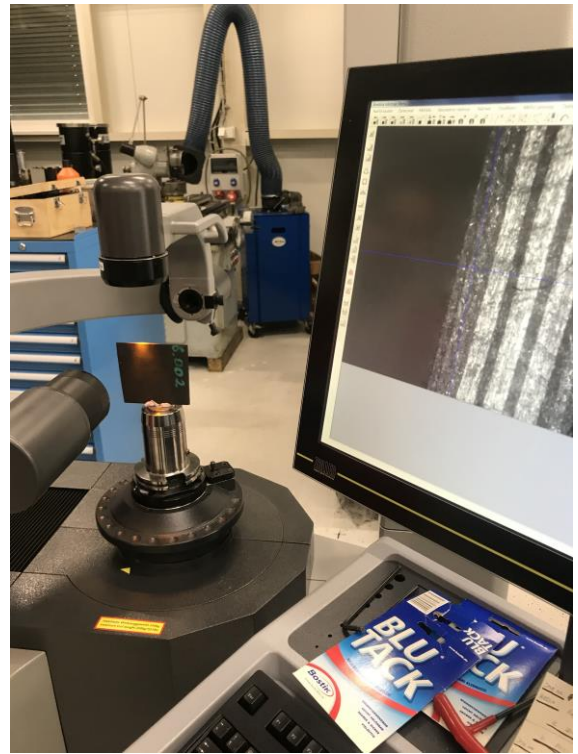


Obrázek 85 - upnutí pomocí upínek (detail)

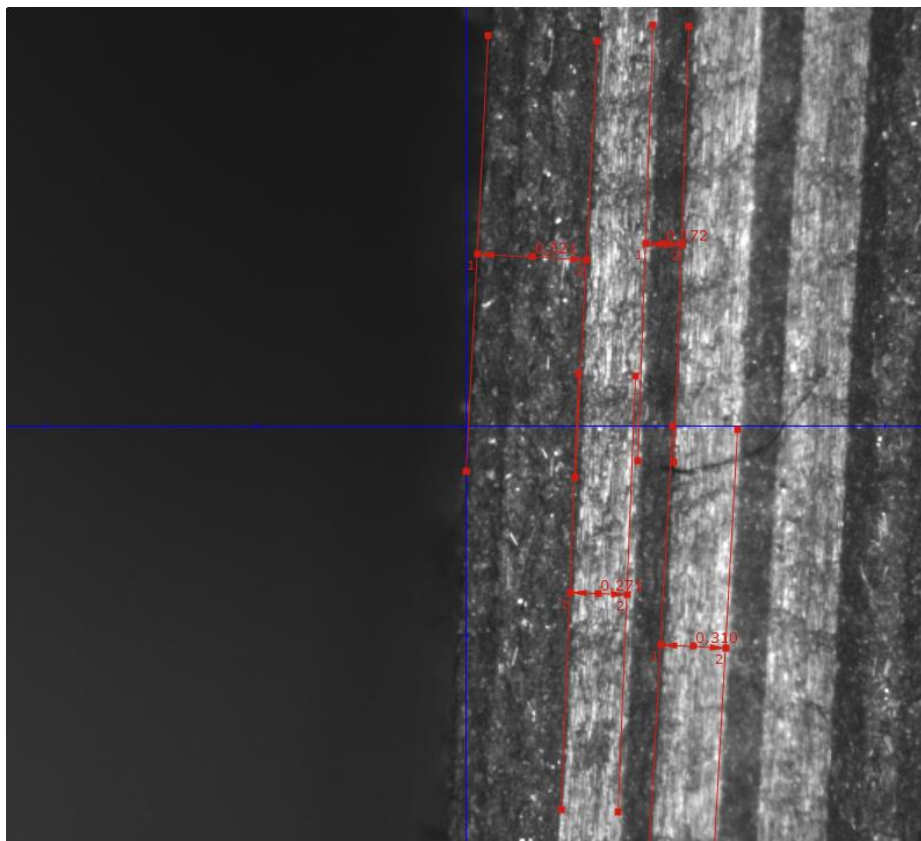
- Nejprve jsem ubíral 2 mm, poté co jsem zjistil, že nástroj funguje tak jak má tak jsem ubíral celým průměrem nástroje. Výsledek je nadmíru uspokojivý jelikož nástroj fungoval tak jak má a neměl žádné problémy i při větších rychlostech. Tento nástroj se používá zejména pro hrubování na dokončování se používají jiné geometrie drážky.



Obrázek 87 - kontrola obrobenej plochy



Obrázek 86 - Měření na měřáku Zoller



Obrázek 88 - výsledek měření

- Při obrábění nevznikaly nepřijatelné vytrhávání vláken.
- Obrobený povrch byl velmi kvalitní
- Nástroj fungoval bez problému a třísky byly přesně jak mají být

9.2.1 TESTOVÁNÍ VZORKU Č.2



Obrázek 89 - speciální plast

- Tento materiál má úplně jiné složení ,ale chtěli jsme otestovat naši geometrii nástroje jestli obstojí tuto zkoušku

- Při této zkoušce se nástroj zlomil z důvodu ucpání drážek, každý materiál je jiný proto bych také zvolil jinou geometrii drážky.

ZDROJE:

https://www.opi.zcu.cz/download/kompozity09_10.pdf

https://cs.wikipedia.org/wiki/Kompozitn%C3%AD_materi%C3%A1l

<https://www.kennametal.com/en/home.html>

<http://www.anaj.cz/>

<http://www.anaj.cz/o-firme/>

<http://www.anaj.cz/nase-nabidka/vrtaky/>

<http://www.anaj.cz/nase-nabidka/frezy/>

<http://www.anaj.cz/nase-nabidka/renovace-nastroju/>

<https://www.mmspektrum.com/clanek/nastroje-pro-obrabeni-kompozitnich-materialu.html>

SEZNAM OBRÁZKŮ :

Obrázek 1 - Budova firmy Anaj Czech a.s	10
Obrázek 2 - CNC 5-ti osá bruska REINECKER.....	11
Obrázek 3 - CNC 5-ti osá bruska ANCA.....	11
Obrázek 4 . Měřák PoomBasic	14
Obrázek 5 - Měřák Zoller	14
Obrázek 6 - Kotouč 1V1 54 stupňů	18
Obrázek 7 - Kotouč 1A1	18
Obrázek 8 - Odsazení mého kotouče 1V1 15 stupňů	19
Obrázek 9 - Parametry kotouče 1V1 15stupňů.....	20
Obrázek 10 - Odsazení kotouče 11V9	20
Obrázek 11 - Parametry korouče 11V9	20
Obrázek 12 - Orovnávání kotoučů	21
Obrázek 13 - Materiály od firmy Konrad Friedrichs	24
Obrázek 14 - Parametry materiálu	27
Obrázek 15 - Parametry materiálu	28
Obrázek 16 - Parametry materiálu	29
Obrázek 17 - Mikroskopický pohled na řezný nástroj z rychlořezné oceli.....	31
Obrázek 18 - Ukázka delaminace při vrtání	33
Obrázek 19 - Popis delaminace v řezu	33
Obrázek 20 - Delaminace	34
Obrázek 21 - výrobní postup	36
Obrázek 22 - výrobní postup	37
Obrázek 23 - fotografie polotovaru.....	38
Obrázek 24 - výkres na kulato.....	39
Obrázek 25 - 1 Polotovar nástroje (délka polotovaru, úhel čela).....	40
Obrázek 26 - Polotovar nástroje (délka polotovaru, úhel čela).....	41
Obrázek 27 - Břity nástroje (počet zubů, stoupání, hlavní břity)	42
Obrázek 28 - Geometrie drážky (úhel čela, úhel nastavení, průměr jádra).....	43
Obrázek 29 - Dělení šroubovice drážky (směr spirály, směr řezání).....	44
Obrázek 30 - 2D simulace drážky	45
Obrázek 31 - Geometrie protichůdné drážky (úhel nastavení, průměr jádra).....	46
Obrázek 32 - Dělení protichůdné drážky	47
Obrázek 33 - 2D Simulace protichůdné drážky	48
Obrázek 34 - 3D simulace Drážky (šedá), Protichůdné drážky (fialová)	49
Obrázek 35 - Základní geometrie Hřbetu (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel nastavení) .50	
Obrázek 36 - 2D simulace Drážky a Hřbetu	51
Obrázek 37 - 2D simulace jednoho zubu Drážka (šedá) , Hřbet (zelená).....	52

Obrázek 38 - 3D simulace Drážka (šedá), Přídavná drážka (fialové), Hřbet (zelená)	53
Obrázek 39 - Fotka z měřáku PoomBasic (drážka, protichůdná drážka, hřbet)	54
Obrázek 40 - Vyšpicování čela základní geometrie (úhel nastavení, úhel vyšpicování)...	55
Obrázek 41 - Vyšpicování čela, data o středu (hloubka zanoření, míra před středem)...	56
Obrázek 42 - Vyšpicování čela, Různé, dělení šroubovice (počet dělení)	57
Obrázek 43 - 2D simulace vyšpicování čela	58
Obrázek 44 - Vyšpicování V2, základní geometrie (úhel nastavení, úhel vyšpicování) ...	59
Obrázek 45 - Vyšpicování V2, data o středu (hloubka zanoření, míra před středem)	60
Obrázek 46 - Vyšpicování V2, různé, dělení (počet dělení, počáteční úhel zubu)	61
Obrázek 47 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá)	63
Obrázek 48 - 3D simulace Vyšpicování (světle modrá)	63
Obrázek 49 - 3D simulace Vyšpicování V2 (žlutá).....	65
Obrázek 50 - Kapsa na čele, základní geometrie (hloubka, úhel vyšpicování, protažení) .	66
Obrázek 51 - Kapsa na čele, různé, dělení šroubovice (počet dělení, počáteční úhel).....	66
Obrázek 52 - 3D simulace, Kapsa na čele nástroje (oranžová)	67
Obrázek 53 - Hřbet na čele nástroje 1, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel pootočení)	68
Obrázek 54 - Hřbet na čele nástroje 1, data o středu (délka přes střed, míra před středem)	69
Obrázek 55 - Hřbet na čele nástroje 1, různé, dělení šroubovice (počet dělení, počáteční úhel).....	70
Obrázek 56 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá)	71
Obrázek 57 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá)	72
Obrázek 58 - Hřbet na čele nástroje 1V2, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky, úhel pootočení)	73
Obrázek 59 - Hřbet na čele nástroje 1V2, data o středu (délka přes střed, míra před středem)	74
Obrázek 60 - Hřbet na čele nástroje 1V2, různé, dělení šroubovice (počet dělení, počáteční úhel zubu)	75
Obrázek 61 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená)	76
Obrázek 62 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená)	77
Obrázek 63 - Hřbet na čele nástroje 2, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky,úhel pootočení).....	78
Obrázek 64 - Hřbet na čele nástroje 2, data o středu (délka přes střed, míra před středem)	79
Obrázek 65 - Hřbet na čele nástroje 2, různé, dělení šroubovice (počet dělení, počáteční úhel zubu)	80

Obrázek 66 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená), Hřbet na čele nástroje 2 (běžová)	81
Obrázek 67 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená), Hřbet na čele nástroje 2 (běžová)	82
Obrázek 68 - Hřbet na čele nástroje 2V2, základní geometrie (úhel hřbetu, šířka fazetky,úhel pootočení).....	83
Obrázek 69 - Hřbet na čele nástroje 2V2, data o středu (délka přes střed, míra před středem)	84
Obrázek 70 - Hřbet na čele nástroje 2V2, různé, dělení šroubovice (počet dělení, počáteční úhel zubu)	86
Obrázek 71 - 2D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená), Hřbet na čele nástroje 2 (běžová), Hřbet na čele nástroje 2V2 (růžová).....	86
Obrázek 72 - 3D simulace, Vyšpicování (světle modrá), Vyšpicování V2 (žlutá), Kapsa na čele (oranžová), Hřbet na čele nástroje 1 (šedá), Hřbet na čele nástroje 1V2 (červená), Hřbet na čele nástroje 2 (běžová), Hřbet na čele nástroje 2V2 (růžová).....	87
Obrázek 73 - 3D Simulace pohled z vrchu	88
Obrázek 74 - Fotka z měřáku PoomBasic (špička frézy)	89
Obrázek 75 - kompozitní materiály	90
Obrázek 76 - složení kompozitních materiálů.....	91
Obrázek 77 - zkoušený kompozitní materiál č. 1	91
Obrázek 78 - zkoušený vzorek č.2	92
Obrázek 79 - metaalografický mikroskop	92
Obrázek 80 - zkoumání struktury	92
Obrázek 81 - 5x zvětšení	93
Obrázek 82 - 10x zvětšení	93
Obrázek 83 - 5 osé obráběcí centrum.....	94
Obrázek 84 - upnutí vzorku č. 1	95
Obrázek 85 - upnutí pomocí upínek (detail)	96
Obrázek 86 - Měření na měřáku Zoller	97
Obrázek 87 - kontrola obrobené plochy	97
Obrázek 88 - výsledek měření.....	97
Obrázek 89 - speciální plast	98

