

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření Strojírenská technologie-technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukce monolitní čelní válcové frézy v SW CATIA V5

Autor: **Tomáš Trefanec**

Vedoucí práce: **Ing. Josef Sklenička**

Akademický rok 2012/2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš TREFANEC**
Osobní číslo: **S09B0516P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Název tématu: **Konstrukce monolitní čelní válcové frézy v SW CATIA V5**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod a cíle řešení
2. Rozbor současného stavu: základní konstrukční prvky, geometrie a přístupy ke konstrukci monolitních fréz, zásady tvorby modelu pro jeho parametrizaci
3. Konstrukce frézy v SW CATIA
4. Parametrizace modelu frézy
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] Chladil, Josef. Přípravky a nástroje : část-obrábění. 3. vyd. Brno : VUT, 1992. ISBN 80-214-0408-6.
- [2] Beneš, Vladimír; Mrkvica, Miloš. Teorie řezných nástrojů : určeno pro stud. fak. strojní. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1990. ISBN 80-01-00265-9.
- [3] Schmidt, Eduard. Příručka řezných nástrojů. 2. vyd. Praha : SNTL, 1974.
- [4] Chvála, Břetislav; Votava, Josef. Přípravky : celost. vysokošk. učebnice pro strojní fakulty vys. škol techn.. 1. vyd. Praha : SNTL, 1988.
- [5] ASM Handbook, Vol. 16: Machining. Ohio, 1999. ISBN 0871700077.
- [6] Shaw, Milton Clayton. Metal cutting principles. New York : Oxford University Press, 2005. ISBN 0-19-514206-3.
- [7] Childs, Thomas. Metal machining : theory and applications. New York : Elsevier, 2000. ISBN 0-340-69159-X.
- [8] Příručka obrábění : kniha pro praktiky ; přel. Miroslav Kudela. Praha : Sadvik, 1997. ISBN 91-972299-4-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Sklenička**

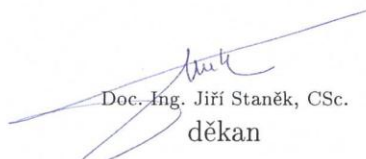
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Josef Sklenička**


Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **29. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **28. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. listopadu 2012

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeská univerzita V Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, která je součástí této bakalářské práce.

V plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Skleničkovi za čas a podporu, kterou mi věnoval. Dále děkuji Ing. Pavlu Roudovi z firmy Hofmeister s.r.o. za pomoc, čas a cenné rady během mé bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

| | | | |
|----------------------|--|-----------------------|---------------------------------|
| AUTOR | Příjmení Trefanec | Jméno Tomáš | |
| STUDIJNÍ OBOR | Strojírenská technologie-technologie obrábění | | |
| VEDOUCÍ PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Ing. Sklenička | Jméno Josef | |
| PRACOVIŠTĚ | ZČU - FST - KTO | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte |
| NÁZEV PRÁCE | Konstrukce monolitní čelní válcové frézy v SW CATIA V5 | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KTO | ROK ODEVZD. | 2013 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|
| CELKEM | 59 | TEXTOVÁ ČÁST | 35 | GRAFICKÁ ČÁST | 24 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|

| | |
|--|--|
| STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY | Bakalářská práce obsahuje metodický popis konstrukce frézy v Catii a základní popis konstrukčních prvků používaných na frézách. Modelování frézy je uzpůsobeno ke skutečné tvorbě frézy v praxi. Práce by měla sloužit katedře KTO v rámci předmětu KCN. |
| KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE | monolitní fréza, Catia V5, CAD/CAM, modelování, parametrizace, geometrie |

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

| | | |
|--------------------------|---|---|
| AUTHOR | Surname Trefanec | Name Tomáš |
| FIELD OF STUDY | Department of Machining Technogy | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Sklenička | Name Josef |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KTO | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Construction of solid end-milling cutter in SW CATIA V5 | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Machining Technology | SUBMITTED IN | 2013 |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|
| TOTALLY | 59 | TEXT PART | 35 | GRAPHICAL PART | 24 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|

| | |
|---|---|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | The bachelor's work contains a methodical description of milling cutter design in Catia and an elementary description of design elements used on milling cutter. Modelling of the milling cutter is adjusted to the real milling cutter production in reality. This work should be dedicated to the Department of Machining Technology under the terms of subject Cutting Tool and Fixture Design. |
| KEY WORDS | solid cutter, Catia V5, CAD/CAM, modelling, parameterization, geometry |

Obsah

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Úvod a cíle řešení | 7 |
| 2 | Rozbor současného stavu [1][2] [3] [4] | 8 |
| 2.1 | Základní konstrukční prvky a obecná konstrukce monolitní frézy [1][2] [3] [4] | 8 |
| 2.1.1 | Volba materiálu na frézu | 8 |
| 2.1.2 | Geometrické parametry břitu | 8 |
| 2.1.3 | Upínací část | 9 |
| 2.1.4 | Zubová mezera | 10 |
| 2.1.5 | Vnější průměr nástroje | 10 |
| 2.1.6 | Tvar a rozměr zubu podle výroby frézy | 10 |
| 2.1.7 | Další parametry, které se určují pro výrobu frézy | 11 |
| 2.2 | Geometrie břitu [1] [2] [5] | 11 |
| 2.2.1 | Geometrie válcové části frézy vprostřed části[5] | 11 |
| 2.2.2 | Geometrie frézy-bod na špičce ostří v prostřední části [5] | 12 |
| 2.2.2.1 | Popis označení u prvních dvou geometrií _tabulka[5] | 12 |
| 2.2.3 | Geometrie frézy bod na špičce ostří | 13 |
| 2.2.3.1 | Základní roviny a úhly | 13 |
| 2.2.4 | Hlavní úhly určující tvar břitu u frézy | 14 |
| 2.2.5 | Ukázka tvarů zubů u fréz | 15 |
| 2.3 | Výroba monolitní frézy[3][6] | 16 |
| 2.3.1 | Materiály frézy | 16 |
| 2.3.2 | Povrchové úpravy na nástroji[6] | 16 |
| 2.3.3 | Geometrie nástroje podle materiálu | 16 |
| 2.3.4 | Ukázka konkrétního složení (materiálů) monolitní frézy, katalog výrobce | 17 |
| 2.3.5 | Postup výroby stopkové monolitní frézy (obecně)[7][13][14] | 18 |
| 2.4 | Zásady parametrizace[9] | 19 |
| 2.4.1 | Základní nástroje | 19 |
| 3 | Konstrukce frézy v SW CATIA | 21 |
| 3.1 | Založení souboru | 21 |
| 3.2 | Upozornění před samotnou konstrukcí | 22 |
| 3.3 | Konstrukce základního těla frézy | 22 |
| 3.4 | Vytvoření tvaru zubu na válcové ploše | 24 |
| 3.5 | Vytvoření drážek na obvodu pomocí plochy | 28 |
| 3.6 | Vytvoření výběhů na obvodu pomocí plochy | 31 |
| 3.7 | Vytvoření čela v čelní části | 34 |
| 3.8 | Vybroušení drážek z hlediska závrtnosti | 36 |

| | | |
|-----|-------------------------------|----|
| 3.9 | Sražení hran | 44 |
| 4 | Parametrizace modelu | 46 |
| 4.1 | Vytvoření tabulek v Excelu | 46 |
| 4.2 | Vlastní parametrizace v Catii | 53 |
| 4.3 | Doplnění k parametrizaci | 56 |
| 5 | Závěr | 57 |
| 6 | Literatura | 58 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 [2] | 8 |
| Obrázek 2 [2] | 8 |
| Obrázek 3 [2] | 8 |
| Obrázek 4_druhy děličů třísek [4] | 9 |
| Obrázek 5_Redukční pouzdro[3] | 9 |
| Obrázek 6_Kleština[3] | 9 |
| Obrázek 7_Frézovací trn[3] | 9 |
| Obrázek 8_zubová mezera [4] | 10 |
| Obrázek 9_Tabulka tvarů zubů | 10 |
| Obrázek 10 [5] | 11 |
| Obrázek 11 [5] | 12 |
| Obrázek 12 [1] | 13 |
| Obrázek 15 [1] | 15 |
| Obrázek 13 [1] | 15 |
| Obrázek 14 [1] | 15 |
| Obrázek 16_Ukázka broušení_v_3D[13] | 18 |
| Obrázek 17_Knowledge | 19 |
| Obrázek 18_Knowledge_Templates | 19 |
| Obr. 19 | 21 |
| Obr. 20 | 21 |
| Obrázek 21 | 22 |
| Obrázek 22 | 22 |
| Obrázek 24 | 22 |
| Obrázek 23 | 22 |
| Obrázek 25 | 23 |
| Obrázek 26 | 23 |
| Obrázek 27 | 23 |
| Obrázek 28_Výsledné základní tělo (válec) | 23 |
| Obrázek 29_konečný tvar drážky | 24 |
| Obrázek 30 | 25 |
| Obrázek 31 | 25 |
| Obrázek 32 | 25 |
| Obrázek 33 | 26 |
| Obrázek 34 | 26 |
| Obrázek 35 | 26 |
| Obrázek 36_před úpravou geometrie | 26 |
| Obrázek 37_geometrie po úpravě | 27 |
| Obrázek 38 | 27 |
| Obrázek 39 | 28 |
| Obrázek 40 | 28 |
| Obrázek 41 | 29 |
| Obrázek 42 | 29 |
| Obrázek 43_první část drážky | 29 |
| Obrázek 44_Fill | 29 |
| Obrázek 45_profil pro plochu | 29 |
| Obrázek 46 | 30 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 47 | 30 |
| Obrázek 48_Okno_Join_a_výsledný_obrázek | 30 |
| Obrázek 49 | 31 |
| Obrázek 50_Výsledný_tvar_v_této_kapitole | 31 |
| Obrázek 51 | 31 |
| Obrázek 52 | 31 |
| Obrázek 53 | 31 |
| Obrázek 54 | 32 |
| Obrázek 55_Pitch | 32 |
| Obrázek 56 | 32 |
| Obrázek 57_Height | 32 |
| Obrázek 58 | 33 |
| Obrázek 59 | 33 |
| Obrázek 60_Plocha_výběhu | 33 |
| Obrázek 61_Výsledný_tvar_v_této_kapitole | 34 |
| Obrázek 62_Join.2 | 34 |
| Obrázek 63 | 34 |
| Obrázek 64_Rovina_na_konci_přímky | 34 |
| Obrázek 65_Vodící_čára | 35 |
| Obrázek 66_Obrys | 35 |
| Obrázek 67_Spline | 35 |
| Obrázek 68_Výsledný_Obrázek | 36 |
| Obrázek 69_Def._rov._pro_geo-_cela_zub_3 | 36 |
| Obrázek 70 | 37 |
| Obrázek 72_po_úpravě | 37 |
| Obrázek 71 | 37 |
| Obrázek 73_Základní_geometrické_vazby | 37 |
| Obrázek 74_Skica_profilu_brusného_kotouče | 38 |
| Obrázek 76_Výsledná_zub(břit)_přes_střed | 38 |
| Obrázek 75 | 38 |
| Obrázek 77 | 39 |
| Obrázek 78 | 39 |
| Obrázek 79 | 39 |
| Obrázek 80_skica_profilu_brusného_kotouče_1 | 40 |
| Obrázek 81_základní_geometrické_vazby_kotouč_1 | 40 |
| Obrázek 82_Výsledný_zub(břit)_zubu_1 | 41 |
| Obrázek 83 | 41 |
| Obrázek 84 | 41 |
| Obrázek 85 | 41 |
| Obrázek 86 | 42 |
| Obrázek 87_základní_geometrické_vazby_kotouče_2 | 42 |
| Obrázek 88_skica_profilu_brusného_kotouče_2 | 43 |
| Obrázek 89_Výsledek_po_správném_modelování | 43 |
| Obrázek 90 | 44 |
| Obrázek 91 | 44 |
| Obrázek 92 | 44 |
| Obrázek 93 | 44 |
| Obrázek 94 | 45 |
| Obrázek 95 | 48 |
| Obrázek 96 | 50 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Obrázek 97 | 52 |
| Obrázek 98 | 53 |
| Obrázek 99 | 53 |
| Obrázek 100_Parametrizační_tabulka | 54 |
| Obrázek 101_Konečná_tabulka_1 | 55 |
| Obrázek 102_Spárované_prvky | 55 |
| Obrázek 103_Konečná_tabulka_2 | 55 |
| Obrázek 104_Tabulky | 56 |

Seznam tabulek

| | |
|---------------|----|
| Tabulka 1[5] | 12 |
| Tabulka 2[1] | 16 |
| Tabulka 3[1] | 17 |
| Tabulka 4[12] | 17 |
| Tabulka 5[12] | 17 |

Seznam zkratk a symbolů

| symbol | jednotka | popis |
|---------------|----------|--|
| α | [°] | Je úhel, který svírá nástrojová rovina ostří Ps s plochou hřbetu. |
| γ | [°] | Je úhel mezi čelem nástroje a nástrojovou základní rovinou Pr. |
| β | [°] | Je úhel mezi čelem a hřbetem nástroje. |
| δ | [°] | Je dán součtem úhlu hřbetu a břítu. |
| κ_r | [°] | Je úhel mezi rovinami Ps a Ps' měřený v nástrojové základní rovině Pr. Podobně se definuje nástrojový úhel vedlejšího ostří (κ'_r). |
| ϵ_r | [°] | Je úhel mezi rovinami Ps a Ps' měřený v nástrojové základní rovině Pr. |
| Ψ | [°] | Je úhel mezi rovinou Ps a Pp měřený v základní nástrojové rovině Pr. Určuje se pouze pro uvažovaný bod na hlavním ostří. |
| λ_s | [°] | Je úhel mezi ostřím a základní nástrojovou rovinou Pr, měřený v rovině Pr. |
| r_ϵ | [°] | Je zaoblení špičky nástroje měřené v nástrojové rovině základní Pr. |
| PVD | | Metoda povlakování nástrojů |
| CVD | | Metoda povlakování nástrojů |
| HiPiMS | | Metoda povlakování nástrojů |

| | | |
|----------------------|--|------------------------------|
| ALD | | Metoda povlakování nástrojů |
| TETRABOND | | Metoda povlakování nástrojů |
| VB | | Automatizační metoda v Catii |
| VBA | | Automatizační metoda v Catii |
| Knowledgeware | | Automatizační metoda v Catii |
| CCA | | Automatizační metoda v Catii |

1 Úvod a cíle řešení

Frézování patří k jednomu nejvíce používaných způsobů obrábění v průmyslu. Frézy se používají k opracování mnoha materiálů (ocel, dřevo, plast, atd.). Stopkové frézy se vyrábí buď jako monolitní frézy nebo frézy s břitovými destičkami. Stopkové monolitní frézy mohou být zhotoveny například z rychlořezné oceli, nástrojové oceli legované, ze slinutého karbidu, dokonce i z řezné keramiky.

V dnešní době se frézy před samotnou výrobou vytvářejí převážně jako 3D modely. K modelování v 3D prostoru lze použít mnoho programů jako například Catia, NX, Pro/Engineer, Inventor, SolidWorks.

Modely fréz usnadňují a zrychlují jejich výrobu v provozech. Tím je myšleno celý proces výroby od návrhu až po samotné zhotovení frézy.

Tvorba modelů v 3D ulehčuje vytvoření geometrie břitu na fréze. Konstruktor frézy díky tvorbě v 3D prostoru vidí průběžný stav návrhu frézy a hlavně konečnou podobu frézy před její výrobou. Další výhodou takto tvořených fréz před jejich výrobou je ta, že geometrii a je její konečnou podobu lze snadno změnit, pokud je tato změna požadovaná.

Z těchto modelů se velmi dobře vytvářejí výkresy a dále se používají pro softwary sloužící pro výrobu požadovaných fréz na obráběcích strojích.

Pokud je to možné, tak je snaha frézy parametrizovat, aby se nemuselo vytvářet příliš mnoho modelů ke každé variantě frézy.

Bakalářská práce se věnuje správnému postupu tvorby modelu stopkové monolitní frézy v Catii a následné jeho parametrizace. Parametrizace se týká změny průměru a geometrie frézy.

Bakalářská práce popisuje tvorbu modelu a parametrizaci pomocí metodického postupu. V metodickém postupu jsou jednotlivé kroky tvorby samotného modelu a parametrizace.

2 Rozbor současného stavu [1][2] [3] [4]

2.1 Základní konstrukční prvky a obecná konstrukce monolitní frézy [1][2] [3] [4]

V této kapitole si uvedeme, jaký je obecný postup konstrukce (návrh) monolitní frézy. A zároveň si zde vysvětlíme konstrukční prvky, které se zde určují.

2.1.1 Volba materiálu na frézu

Zde se určí materiál, z kterého bude fréza vyrobena. Obecné vlastnosti nástrojových ocelí:

- Tvrdost a pevnost
- Houževnatost
- Odolnost proti opotřebení
- Řezivost a odolnost proti otěru
- Prokalitelnost
- Stálost rozměrů
- Odolnost proti tvorbě trhlin (na povrchu a uvnitř materiálu) při tepelné námaze a po vychladnutí nástroje
- Chemická odolnost
- Velmi dobrá tepelná vodivost
- Možnost tepelných a chemických úprav

2.1.2 Geometrické parametry bříty

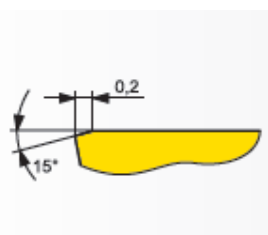
Teorie je zpracována v Geometrie bříty [1] [2]

Fazetka

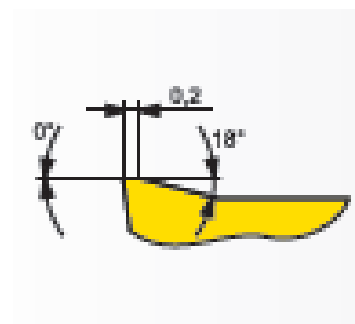
Ostré hrany na ostří jsou velmi nevýhodné, protože snižují životnost nástroje či destičky. Dále po rychlém opotřebení bříty, také se snižuje přesnost a kvalitu povrchu. Kvůli tomu se používají fazetky, které upravují řeznou část, která se dotýká obrobku. Mají různé tvary podle toho, co se od nich požaduje. Jeden z rozhodujících faktorů je druh obráběného materiálu.

Obecné vlastnosti, kterých se docílí po použití fazetky:

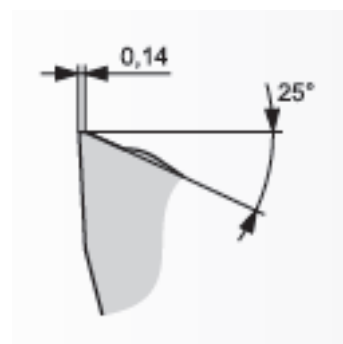
- Vyšší pevnost ostří
- Lepší odolnost proti mechanickému namáhání
- Lepší odolnost proti křehkému lomu
- Lepší odolnost proti vydrolení
- Fazetka je součástí utvařeče třísky



Obrázek 3 [2]



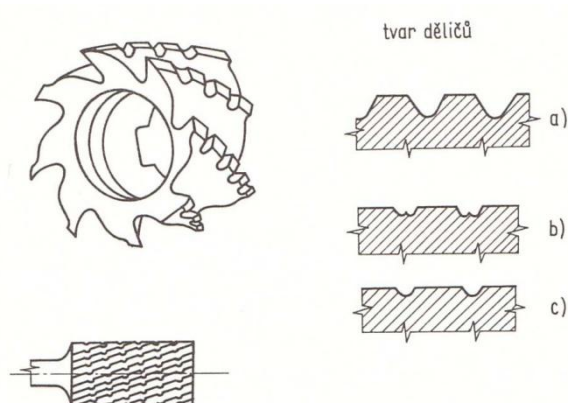
Obrázek 1 [2]



Obrázek 2 [2]

Děliče třísek

Používají se u nástrojů, které jsou určeny pro hrubování. Děliče třísek se vytvářejí na šroubovici. Základní tvary děličů třísek viz. Obrázek 4_druhy děličů třísek [4].



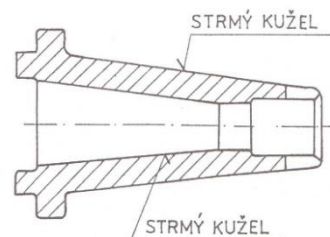
Obrázek 4_druhy dělících třísek [4]

Podmínky prvního záběru

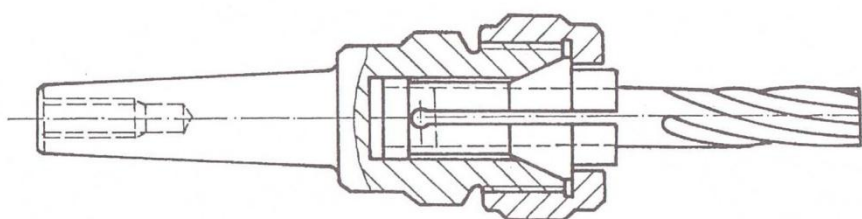
2.1.3 Upínací část

Určíme způsob upínání nástroje.

Obecně jsou frézy nástrčné, s kuželovou stopkou nebo s válcovou stopkou. Pro upnutí do stroje se používají nejčastěji s redukčním pouzdem, s kleštinou, s frézovacím trnem nebo se používají speciální upínací systémy např. tepelné a hydraulické upínače



Obrázek 5_Redukční pouzdro[3]



Obrázek 6_Kleština[3]

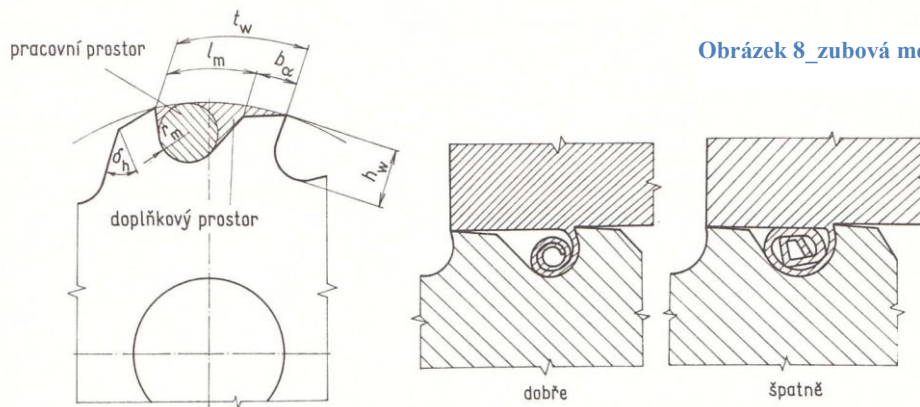


2.1.4 Zubová mezera

Zubová mezera má účel pojmout odebranou třísku při frézování. Proto musí mít dostatečně velký tvar pro pojmutí třísky. Jinak dochází k tření mezi obrobkem a nástrojem.

Prostor zubové mezery má dvě části:

- Pracovní prostor- tento prostor musí být dostatečně velký
- Doplnkový prostor – je dán geometrií a pracovním prostorem



Obrázek 8_zubová mezera [4]

2.1.5 Vnější průměr nástroje

Volí se podle toho, na co bude fréza používána.

2.1.6 Tvar a rozměr zubu podle výroby frézy

Obrázek 9_Tabulka tvarů zubů
z hlediska jejich výroby [4]

| Tvar | Vyobrazení | Použití | Výroba |
|------|------------|--|---|
| A | | jednoduché nástroje, větší počet břitů, menší výkon, kusová výroba nástrojů, tloušťka odebírané vrstvy materiálu $a_p < 10$ mm | frézováním |
| B | | jednoduché nástroje, větší výkony, kusová výroba nástrojů, tloušťka odebírané vrstvy materiálu $a_p > 10$ mm | frézováním |
| C | | běžné nástroje, velký výkon, sériová výroba nástrojů, tloušťka odebírané vrstvy materiálu $a_p > 10$ mm | frézováním, broušením, odléváním, tvářením |
| D | | obdobné jako pro tvar C | obdobné jako u tvaru C |
| E | | tvarové frézy | frézováním a podsoustružením, frézováním a podbroušením |

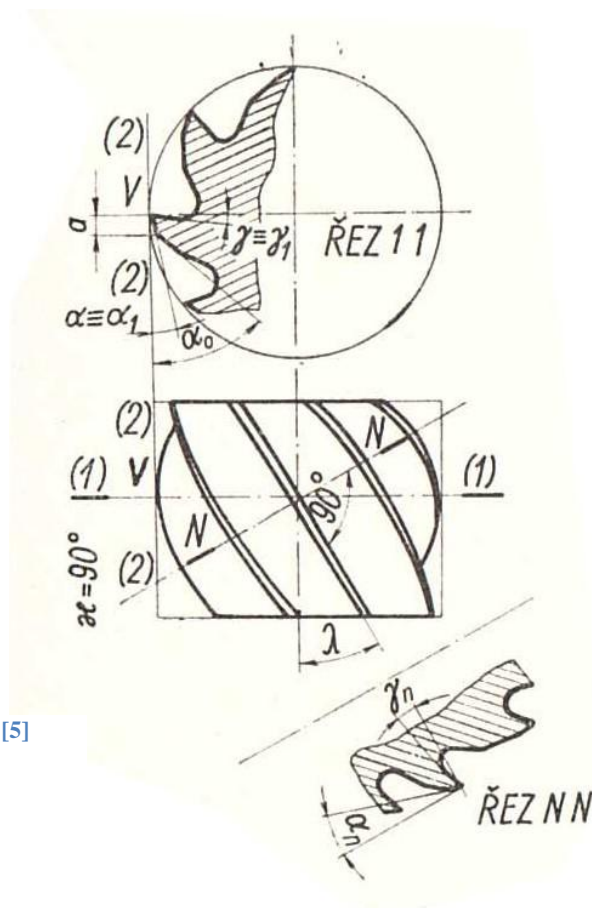
2.1.7 Další parametry, které se určují pro výrobu frézy

- Tvar a velikost třísky
- Pevnost zubu
- Pevnost bříty
- Zubová mezera
- Počet zubů
- Úhel vstupu a výstupu bříty nástroje z materiálu obrobku
- Délka styku ostří s obrobkem
- Rovnoměrnost práce nástroje
- Pevnost tělesa nástroje

2.2 Geometrie bříty [1] [2] [5]

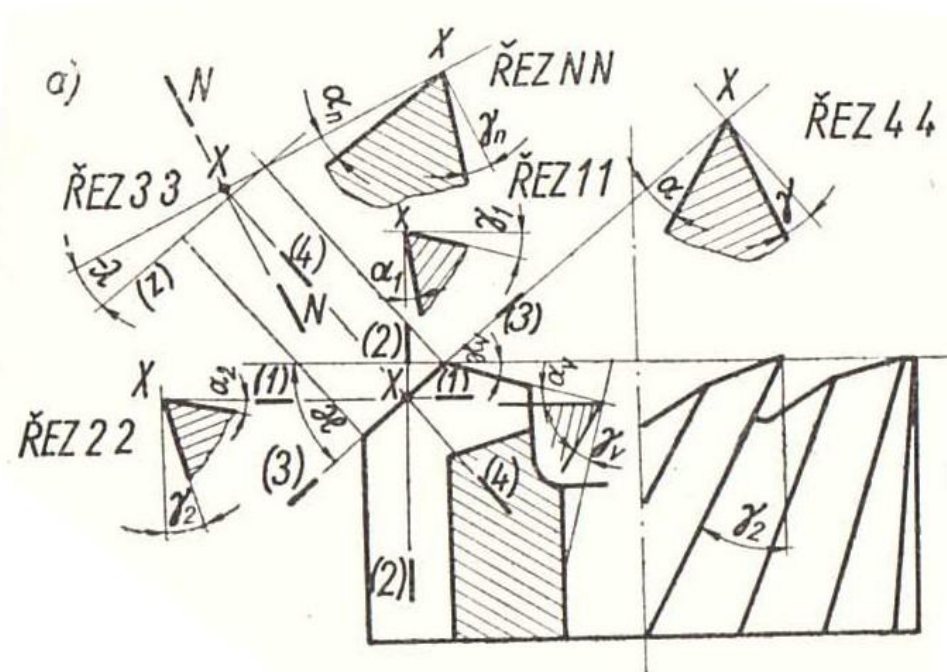
Pro určení jednotlivých rovin se používají stejné zásady a postupy jako u soustružnického nože. Na obrázku (Obrázek 12 [1]) je zobrazena čelní válcová fréza. Základní bod zvolený na obrázku, je zde bod 0.

2.2.1 Geometrie válcové části frézy vprostřed části[5]



Obrázek 10 [5]

2.2.2 Geometrie frézy-bod na špičce ostří v prostřední části [5]



Obrázek 11 [5]

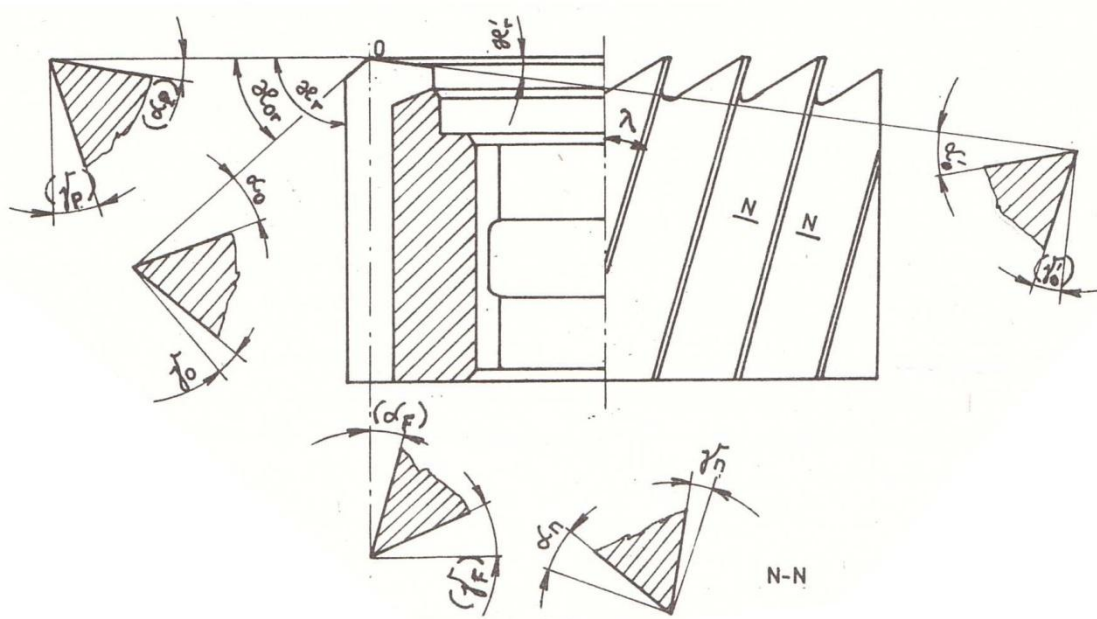
2.2.2.1 Popis označení u prvních dvou geometrií _tabulka[5]

Tabulka 1[5]

| Úhly a souřadnicové roviny | Popis |
|----------------------------|--|
| z | Základní rovina proložená bodem na ostří a osou frézy, kolmá na směr hlavního rotačního pohybu obrábění. |
| 1 | Radiální souřadnicová rovina proložená bodem na ostří, kolmo na osu frézy. |
| 2 | Axiální souřadnicová rovina proložená bodem na ostří rovnoběžně s osou frézy. |
| 3 | Rovina řezu procházejícím ostřím a kolmá na základní rovinu. |
| 4 | Rovina měření proložená bodem X na ostří kolmo na základnu a kolmo na průmět ostří do základny. |
| γ | Úhel čela v rovině 4 |
| α | Úhel hřbetu v rovině 4 |
| κ | Úhel nastavení hlavního ostří, měřený v základní rovině z mezi směrem posuvu a průmětem hlavního ostří do základní roviny. |
| λ | Sklon ostří v rovině řezu 3. Znaménko sklonu se určuje obdobně jako u nožů. |
| γ_1 | Úhel čela v radiální rovině 1 |
| α_1 | Úhel hřbetu v radiální rovině 1 |
| γ_2 | Úhel čela v axiální rovině 2. U čelních fréz se |

| | |
|------------|--|
| κ_v | úhel γ_2 přibližně rovná úhlu sklonu šroubovice, ve kterých se frézují zuby na válcové části frézy. |
| α_v | Úhel nastavení vedlejšího břitu. |
| γ_n | Úhel hřbetu vedlejšího břitu. |
| α_n | Normálový úhel čela v rovině na ostří kolmé. |
| a [mm] | Normáloví úhel hřbetu v rovině N-N na ostří kolmé. |
| α_o | Šířka závitu, tj. ploška, na které se brousí hřbet na úhel hřbetu α . Na zábřit navazuje část hřbetu pod úhlem odklonu α_o , která není aktivní část hřbetu. |

2.2.3 Geometrie frézy bod na špičce ostří



Obrázek 12 [1]

2.2.3.1 Základní roviny a úhly

Roviny:

- **Nástrojová základní rovina Pr** : “Prochází uvažovaným bodem ostří a je kolmá na vektor rychlosti hlavního pohybu.” [3]
- **Nástrojová boční rovina Pf** : “Prochází uvažovaným bodem ostří ve směru vektoru rychlosti hlavního pohybu a je rovnoběžná s předpokládaným směrem posuvu.” [3]
- **Nástrojová zadní rovina Pp** : “Prochází uvažovaným bodem ostří a je kolmá na rovinu Pr a Pf.” [3]
- **Nástrojová rovina ostří Ps** : “Dotýká se ostří a je kolmá na základní rovinu Pr.” [3]
- **Normálová rovina Pn** : “Je kolmá na ostří a prochází uvažovaným bodem.” [3]
- **Nástrojová ortogonální rovina Po** : “Prochází uvažovaným bodem a je kolmá na rovinu základní Pr a rovinu ostří Ps.” [3]
- **Nástrojová rovina největšího spádu čela Pg**

- **Nástrojová rovina největšího spádu hřbetu Pb**

Úhly:

- **Nástrojový úhel hřbetu α** : “Je úhel, který svírá nástrojová rovina ostří Ps s plochou hřbetu.“ [3]
- **Nástrojový úhel čela γ** : “Je úhel mezi čelem nástroje a nástrojovou základní rovinou Pr“ [3]
- **Nástrojový úhel břitu β** : “Je úhel mezi čelem a hřbetem nástroje“ [3]
- **Nástrojový úhel řezu δ** : “Je dán součtem úhlu hřbetu a břitu.“ [3]
- **Nástrojový úhel nastavení κ_r** : “Je úhel mezi rovinami Ps a Ps' měřený v nástrojové základní rovině Pr. Podobně se definuje nástrojový úhel vedlejšího ostří (κ'_r)“ [3]
- **Nástrojový úhel špičky ϵ_r** : “Je úhel mezi rovinami Ps a Ps' měřený v nástrojové základní rovině Pr.“ [3]
- **Nástrojový úhel doplňkový úhel nastavení Ψ** : “Je úhel mezi rovinou Ps a Pp měřený v základní nástrojové rovině Pr. Určuje se pouze pro uvažovaný bod na hlavním ostří.“ [3]
- **Nástrojový úhel sklonu ostří λ_s** : “Je úhel mezi ostřím a základní nástrojovou rovinou Pr, měřený v rovině Pr.“ [3]
- **Poloměr špičky r_ϵ** : “Je zaoblení špičky nástroje měřené v nástrojové rovině základní Pr“ [3]

2.2.4 Hlavní úhly určující tvar břitu u frézy

Úhel čela γ_0

Tento úhel má velký vliv na proces při obrábění. Úhel má vliv na tření třísky o čelo nástroje (tepelné a mechanické namáhání) a na pevnost břitu.

Hodnota čela (obecně mezi $\gamma_n = 5^\circ$ až 30°) pro různé materiály: a) 20° až 30° pro obrábění lehkých kovů a jejich slitin, b) 15° až 20° pro ocel do pevnosti 600 až 1000 N.mm^{-2} , c) úhel $\gamma_n=10^\circ$ pro pevnosti materiálu nad 1000 N.mm^{-2} .

Úhel hřbetu α_n

Volí se mezi 3° až 20° . Velikost úhlu závisí na materiálu ze kterého je obrobek, a také jakého typu je fréza. Úhel má vliv na tření hřbetu nástroje a tření s plochou řezu (tepelné a mechanické namáhání).

Úhel nastavení κ_r

Tento úhel určuje tloušťku a délku odříznuté třísky během procesu obrábění. Má vliv na odvod tepla při obrábění. Čím menší úhel κ_r tím je lepší povrch obrobek a lepší odvod tepla z prostoru řezu. Riziko zmenšování tohoto úhlu je, že může dojít k vibracím nástroje a následné poškození ostří na nástroji.

Úhel sklonu šroubovice λ_s

“Je u válcových fréz důležitým činitelem při hodnocení geometrie břitu, kde vytváří velmi příznivé podmínky pro tvoření třísky a její obvod z místa řezu. Frézy se zuby do šroubovice se vyznačují plynulým záběrem a zabezpečují při jinak stejných podmínkách současný záběr

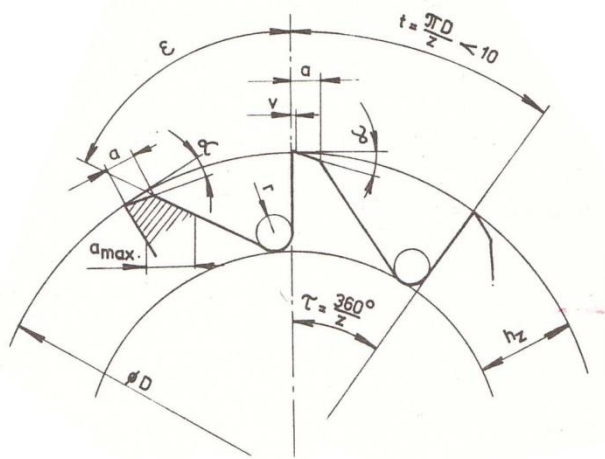
několika zubů, záběr frézy je plynulejší, zmenšuje se chvění nástroje, zvyšuje se jeho trvanlivost a docílí se lepší jakosti povrchu obrobku. Větší počet zubů v záběru umožňuje při konstrukci fréz opačně zmenšit počet jejich a tím i vytvoření prostoru pro vlastní třísky. “[1]

“U čelních válcových fréz a frézovacích hlav úhel λ_s bezprostředně ovlivňuje směr odchodu třísky a počáteční styk nástroje s obrobkem, který je obzvláště důležitý u nástrojů se slinutými karbidy. V těchto případech je nutné volbě úhlu věnovat zvláštní pozornost a v případě potřeby geometrii bříty vhodně upravit.

Stoupaní šroubovice se volí u válcových fréz v rozmezí od 15 do 60°.“[1]

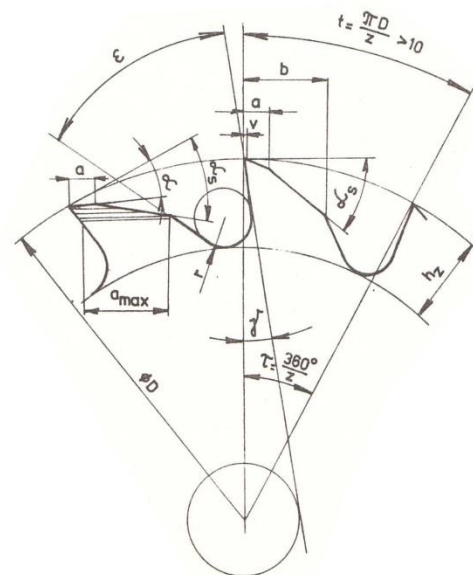
2.2.5 Ukázka tvarů zubů u fréz

Fréza s přímou hřbetní stranou



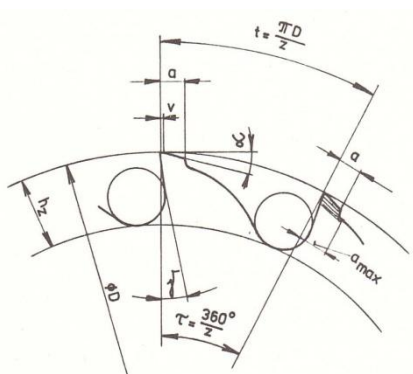
Obrázek 14 [1]

Fréza s lomeným hřbetem zubů



Obrázek 13 [1]

Fréza se zaobleným hřbetem



Obrázek 15 [1]

2.3 Výroba monolitní frézy[3][6]

2.3.1 Materiály frézy

- Rychlořezná ocel
- Nástrojová ocel legovaná
- Uhlíková nástrojová ocel
- Legovaná nástrojová ocel
- Slinutá rychlořezná ocel
- Řezná keramika
- Slinutý karbit

2.3.2 Povrchové úpravy na nástroji[6]

- Metoda PVD
- Metoda CVD
- Iontová implantace
- Metoda HiPIMS
- Metoda ALD
- Metoda TETRABOND

2.3.3 Geometrie nástroje podle materiálu

Tabulka 2[1]

| Obráběný materiál | Válcová fréza γ_0 | Kotoučová fréza | |
|--|--------------------------|-----------------|------|
| | | RO | SK |
| Ocel pevnosti do 600 N.mm ⁻² | 12-20 | 10 | 5-10 |
| Ocel pevnosti do 850 N.mm ⁻² | 8-12 | 10 | 2-5 |
| Ocelová litina, temperovaná litina | 8-12 | 10 | 2-5 |
| Ocel pevnosti do 1000 N.mm ⁻² | 6-8 | 8 | 0-3 |
| Ocel pevnosti do 1300 N.mm ⁻² | 4-6 | 6 | -5-0 |
| Litina tvrdosti do 180 HB | 6-10 | 10 | 2-5 |
| Litina tvrdosti přes 180 HB | 4-6 | 6 | 0-5 |
| Měď | 12-20 | 10 | |
| Tvrdá mosaz, křehký bronz | 0-5 | 4 | -5-0 |
| Zvláštní mosaz, houževnatý bronz | 8-12 | 10 | 5-10 |
| Lehké slitiny | 15-30 | 25 | |
| Umělá hmota | 5-15 | | |

Tabulka 3[1]

| Obráběný materiál | a_o u fréz | | |
|--|--------------|-----------|---------|
| | malých | středních | velkých |
| Ocel a ocelolitiny pevnosti nad 850 N.mm ⁻² | 10 | 7 | 5 |
| Ocel a ocelolitiny pevnosti do 850 N.mm ⁻² | 12 | 9 | 7 |
| Šedá a temperovaná litina, střední a tvrdý bronz | 15 | 12 | 10 |
| Mosaz, měkký bronz, hliník | 18 | 16 | 12 |

2.3.4 Ukázka konkrétního složení (materiálů) monolitní frézy, katalog výrobce

Tabulka 4[12]

| Symbol | Popis substrátu |
|-------------|---|
| MICRO GRAIN | Submikronový substrát 90%WC 10%Co Velikost zrna = 0,8 μm ISO skupina K 10/K30 |
| ULTRA FINE | Ultra-submikronový substrát 86,5%WC 12%Co 1,5% ostatní Velikost zrna = 0,5 μm ISO skupina K 10/Kč0 |

Tabulka 5[12]

| Symbol | Popis povlaku |
|-------------------|---|
| AlCrN | Povlak=AlCrN Mikrotvrдость (HV 0,05)=3200 Max. aplikační teplota (°C)≤1100 Koeficient tření = 0,35 |
| AlTiN | Povlak=AlTiN Mikrotvrдость (HV 0,05)=3300 Max. aplikační teplota (°C)≤900 Koeficient tření = 0,4 |
| TiSiN | Povlak=TiSiN Mikrotvrдость (HV 0,05)=3600 Max. aplikační teplota (°C)≤1200 Koeficient tření = 0,3 |
| Diamond | Povlak=Diamond Tvrдость (GPa)=40-90 Max. aplikační teplota (°C)≤600 Koeficient tření = 0,15-0,2 |
| Uncoated Polished | Bez povlaku Leštěný povrch |

2.3.5 Postup výroby stopkové monolitní frézy (obecně)[7][13][14]

Jako materiál je zvolen polotovar ze slinutého karbidu. Polotovar je kulatina.

a) Operace před broušením

Polotovar lze objednat, už s požadovaným průměrem bez přídavku nebo s malým přídavkem. Bude se uvažovat bez přídavku. Před broušením se polotovar upraví na požadovanou délku s přídavkem na broušení. Tato operace se dělá ve speciálním přístroji na dělení materiálu.

b) Broušení

Polotovar se upne do vřetene v 5osé CNC brusce. Před samotným broušením je vhodné celé broušení simulovat v 3D softwarech.

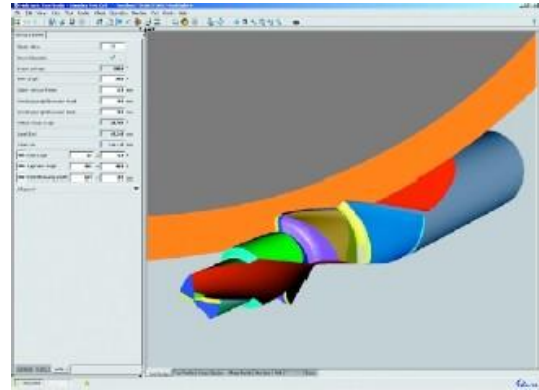
Potup broušení:

- zarovnání čel
- vybroušení drážek na obvodu
- vybroušení drážek na čele
- sražení hran

c) operace po broušení

Po broušení jsou řezné hrany ostré. A při obrábění by docházelo k vylamování ostří. Pomocí metody vibračního omílání se hrany dostatečně zaoblí. Tato metoda, která pomocí keramických brusných tělísek, které mají různý tvar a velikost a pomocí pracovní tekutiny, zajistí dostatečné zaoblení hran.

Dále následuje nanesení speciální vrstvy.



Obrázek 16_Ukázka_broušení_v_3D[13]

2.4 Zásady parametrizace[9]

Parametrizace slouží k tomu účelu, aby uživatel nemusel, v našem případě, modelovat novou frézu, když se změní geometrické parametry. Geometrické parametry frézy jsou např. stoupání šroubovice, průměr úhel hřbetu, úhel čela a atd.

Pojem parametrizace se schovává pod názvem automatizační metody. Automatizační metody mají uživateli, když to řekneme hodně zjednodušeně, pomoci při konstruování a práci v Catii (z hlediska práce s Catii). Automatizační metody mají několik úrovní a všechny jsou provázány parametrizací.

Jednotlivé úrovně optimalizace:

- Základní nástroje
- Knowledgeware
- VB a VBA
- CAA



Obrázek 17_Knowledge

V této práci jsou použity základní nástroje a přesné použití je ukázáno na parametrizaci frézy.

2.4.1 Základní nástroje

•Parameters

Uživatel si může podle svých potřeb definovat parametry:

- a) Fyzikální
- b) Booleovské operace
- c) Geometrické

•Formulas

Slouží k definování rozměru daného prvku pomocí matematického vzorce. Do těchto vzorců lze vkládat rozměry i jiných prvků při konstrukci. viz. konstrukce frézy.

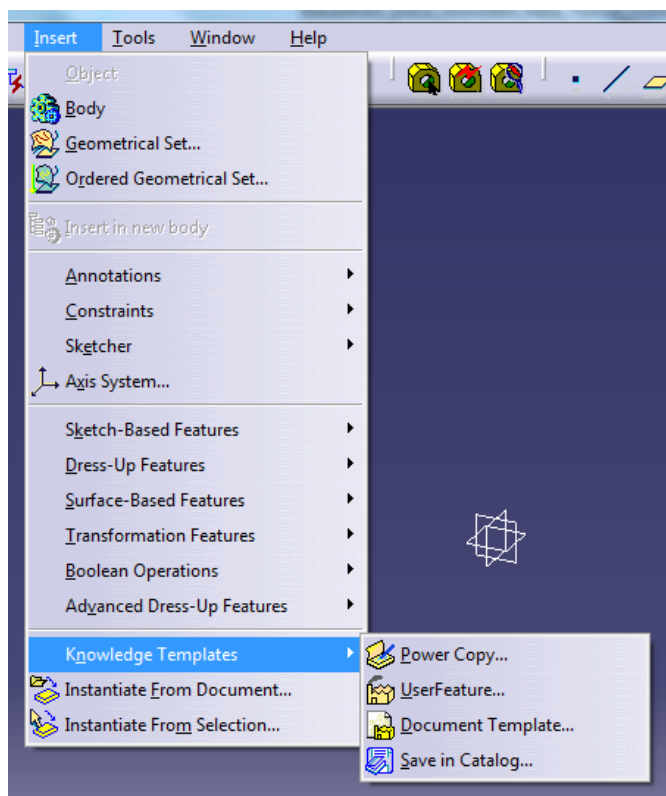
•Design tables

Vytvoří tabulku pro různé varianty modelu. Tyto tabulky si uživatel vytváří sám. viz. parametrizace modelu

•Sdílené modely součástí a sestav

Patří jím funkce:

- a) Powercopy
- b) Document template
- c) User feature



Obrázek 18_Knowledge_Templates

Funkce mají společné vlastnosti:

- a)Přejmenují/Pojmenují parametry, aby různí uživatelé, kteří budou s modelem pracovat, měli lepší přehled při úpravách modelu.
- b)Dále ukazují, jaké parametry třetí osoba může měnit a které ne.
- c)Umožňují přidružit tabulky k jednotlivým parametrům v modelu

3 Konstrukce frézy v SW CATIA

3.1 Založení souboru

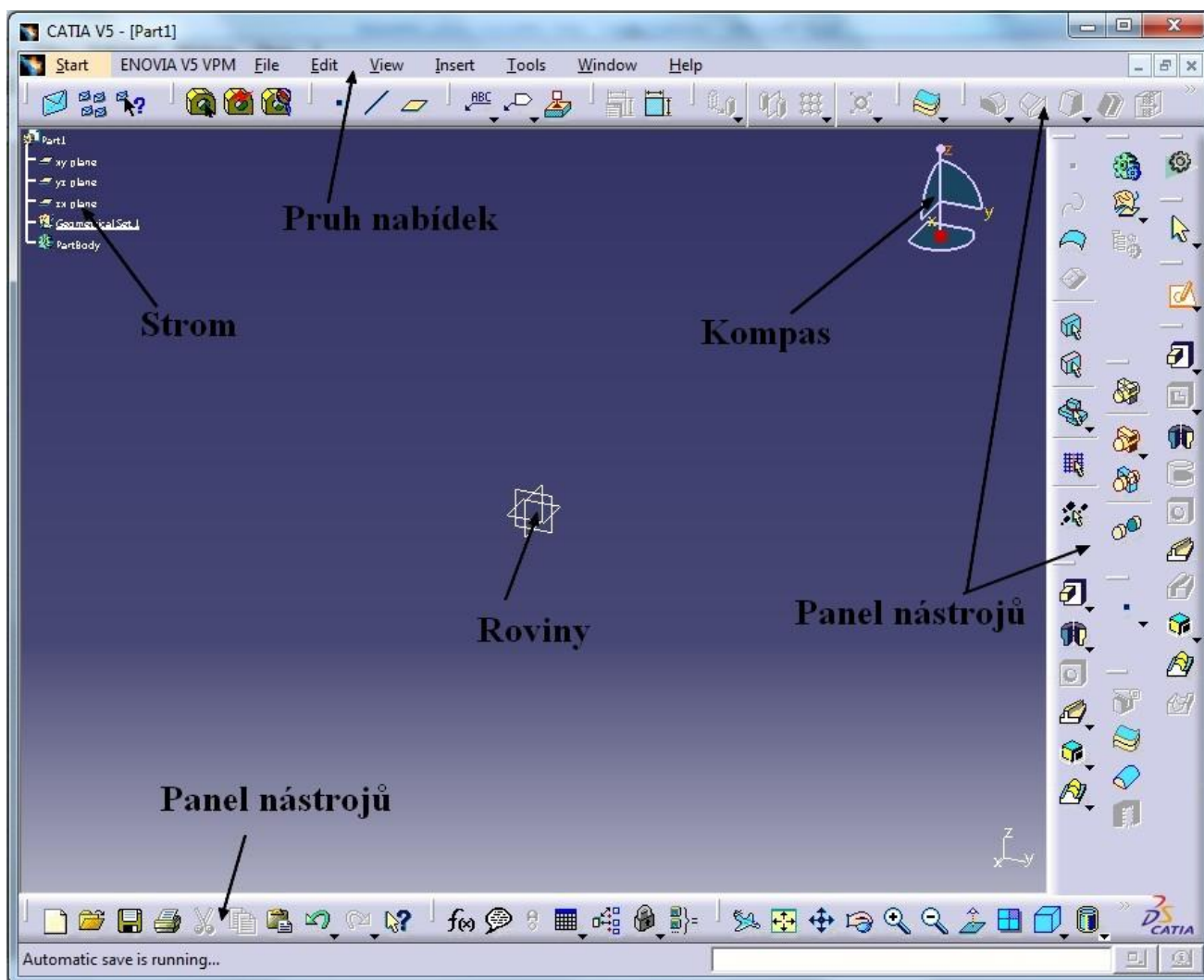
V první řadě se zapne program **Catia**. Otevře se základní okno. Nahoře v pruhu nabídek se vybere **Start**→**Mechanical Design**→**Part Design**. Otevře se okno (viz. Obr. 19) a pojmenuje se **Freza** a zaškrtně se v nabídce **Create a geometrical set**. Klikne se na OK a otevře se základní okno **Part Design** (viz. Obr. 20).



Obr. 19

Teď se uloží soubor. Vybere se ve spodní liště **Save**, otevře se okno. Soubor se uloží do složky a pojmenuje se **Freza**.

Obr. 20




3.2 Upozornění před samotnou konstrukcí

Pro začátek si řekněme, že **skici a práce** (tvorba) v **Generative Shape Editor** budou dávány do **Geometrical Set**. Následné odebrání, ze základního těla, bude prováděno v modulu **Part Design**. Z hlediska následné parametrizace se nebudou zvýrazňovat hrany, ale budou se zvýrazňovat příslušné skici, které v tom pohledu jsou a souvisí s konstrukcí.

Dále se budou během konstrukce pojmenovávat některé kóty a bude se používat funkce **Formula Editor**. Ta se vyvolává pomocí **Edit Formula** (viz. Konstrukce).

Toto je řečeno proto, aby uživatel, který se bude konstrukcí zabývat, dával velký pozor na popis konstrukce a správné ukládání jednotlivých prvků na správná místa.

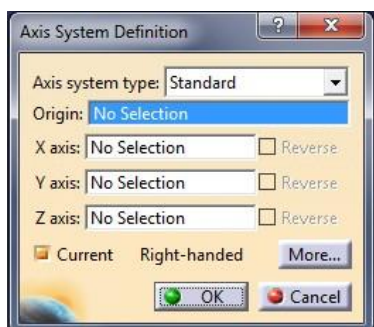
Pro upřesnění se v panelu **Construction/Standard element** (), bude používat v popisu (pro přehlednost) následující analogie:

Construction=konstrukční čáry=žlutá čára/přímka=pomocná geometrie

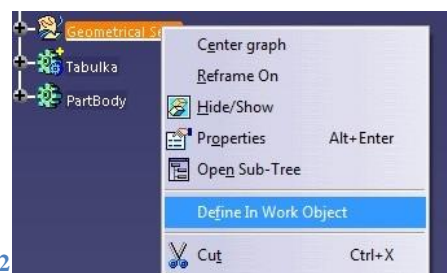
Standart element=plná čára

3.3 Konstrukce základního těla frézy




Pro konstrukci základního těla se zůstane v modulu **Part Design**. Pro lepší přehlednost se vloží souřadnicový systém: **insert**→**axis system**. Po kliknutí na **axis system** se zobrazí okno (viz. Obrázek 21), zmáčkne se OK. Další krok je vymodelování válce. Ve stromě se přepne do **Geometrical Set**. Proveďte se to tak, že myšička se najede ve stromě na **Geometrical Set** a klikne se pravým tlačítkem. V následné nabídce se zvolí **Define In Work Object** (viz. Obrázek 22).

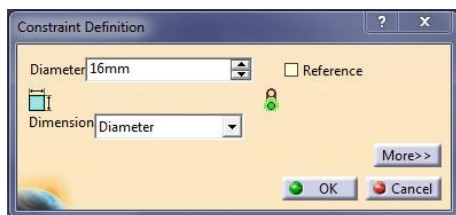


Obrázek 21



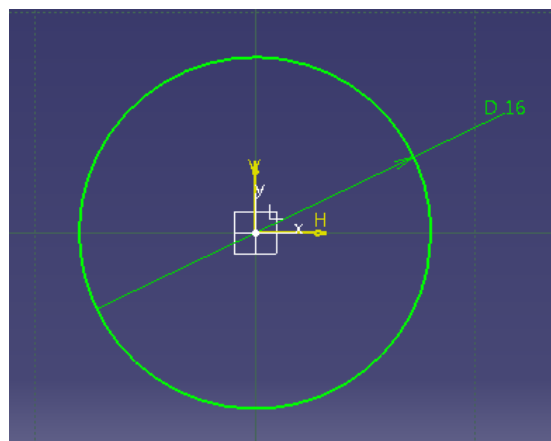
Obrázek 22

Otevře se nástroj **Sketch**  a vybere se jedna z rovin **YZ**. V této rovině se nakreslí kružnice pomocí nástroje **Circle**  (viz. Obrázek 23). Kružnice se zakótuje pomocí nástroje **Constraint** , poté se klikne na kružnici a následným kliknutím se vytvoří kóta. Dále dvojkliknutím na kótu se zobrazí okno a vněm se zadá rozměr **16mm** (viz. Obrázek 24).

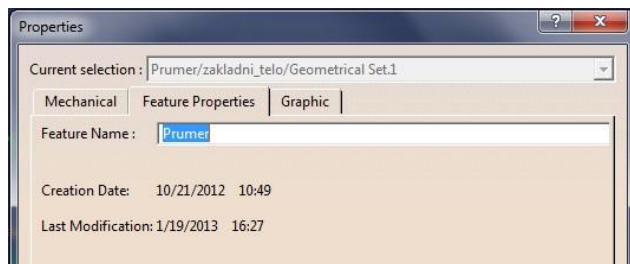


Obrázek 24


Obrázek 23

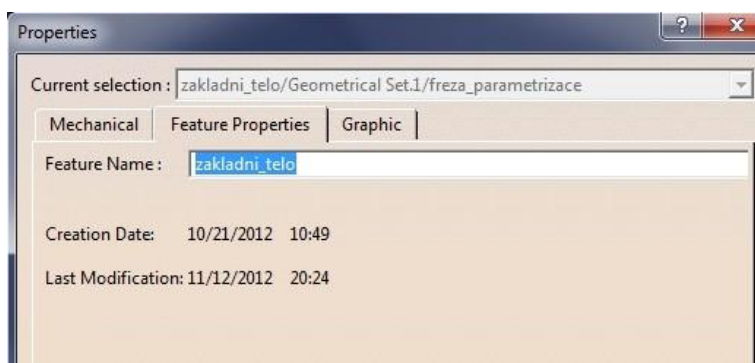


Dalším krokem je přejmenování kóty **D16** na **Prumer**. Přejmenování se provádí tak, že se najede šipkou na kótu (přibližně na **D16**) a klikne se pravým tlačítkem. Rozbalí se menu, v tomto menu vybere se **Properties**. Zobrazí se okno a přepíše se název na **Prumer** (viz. Obrázek 25).




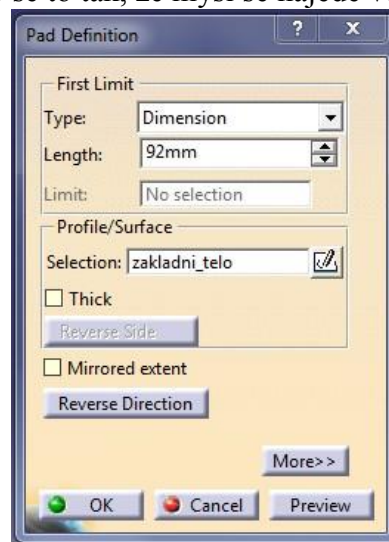
Obrázek 25

Ukončí se skica pomocí tlačítka . Skica se přejmenuje na **Zakladni_telo**. Přejmenování se provede tak, že se najede šipkou na skicu ve stromě a klikne se pravým tlačítkem na příslušnou skicu. Rozbalí se menu, v tomto menu se zvolí **Properties**. Zobrazí se okno a přepíše se název na **Zakladni_telo** (viz. Obrázek 26)

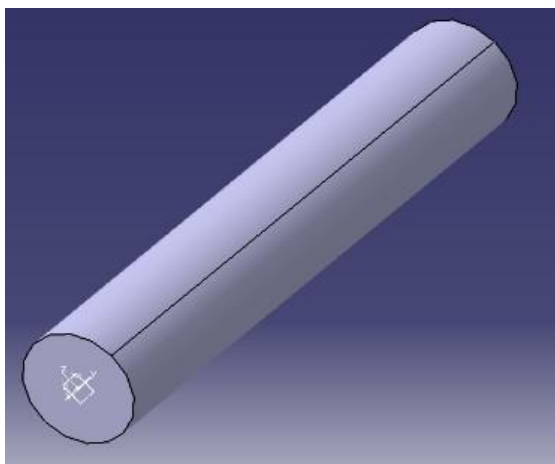


Obrázek 26

Další krok je vytvoření válce. Přepne se do **PartBody**. Provede se to tak, že myší se najede ve stromě na **PartBody** a klikne se pravým tlačítkem. V následné nabídce se zvolí **Define In Work Object**. Zvolí se nástroj **Pad** . Zobrazí se okno (viz. Obrázek 27) a vyplní se podle obrázku. **Langht** znamená délku válce. V **Selection** se určuje, jaká **skica** se bude vytahovat, tak že se klikne do tohoto pole a následně se ve stromě zvolí skica **Zakladni_telo**.



Obrázek 27



Obrázek 28_Výsledné_základní_tělo_(válec)

3.4 Vytvoření tvaru zubu na válcové ploše

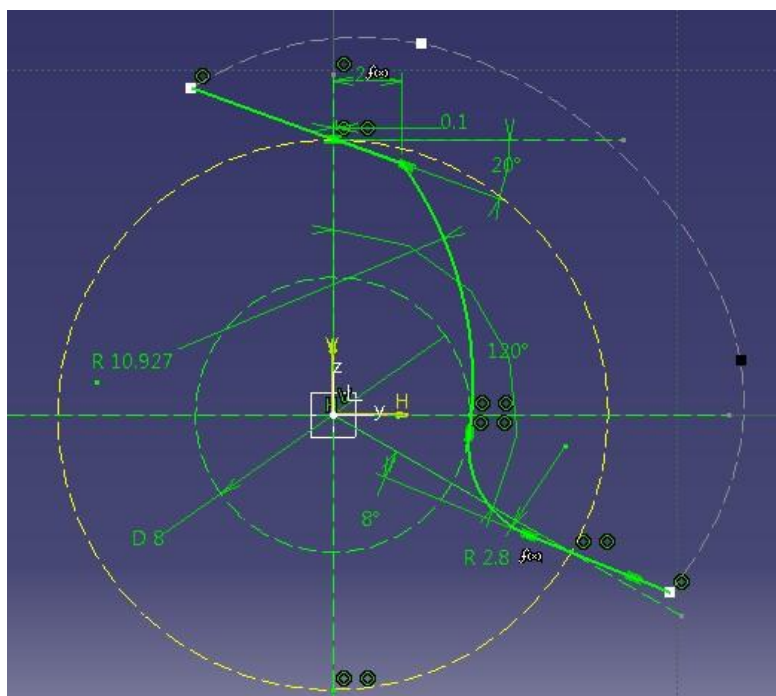
Dalším krokem je vytvoření tvaru zubu. Pro lepší přehlednost se skryje **Základní tělo (válec)**. To se provádí tak, že se myší najede na **PartBody**→pravým tlačítkem se klikne na **PartBody** a v nabídce se vybere možnost **Hide/Show**. Tento postup je obecný pro skrývání o opětovné zviditelnění různých elementů.

Ve stromě se přepne do **Geometrical Set**. Vytvoří se nová skica pomocí nástroje **Sketch**





a vybere se jedna z rovin **YZ**.


Nejprve, než se začne provádět konstrukce drážky, si ukážeme drážku, jak bude po správném provedení vypadat (viz. Obrázek 29_konečný_tvar_drážky).

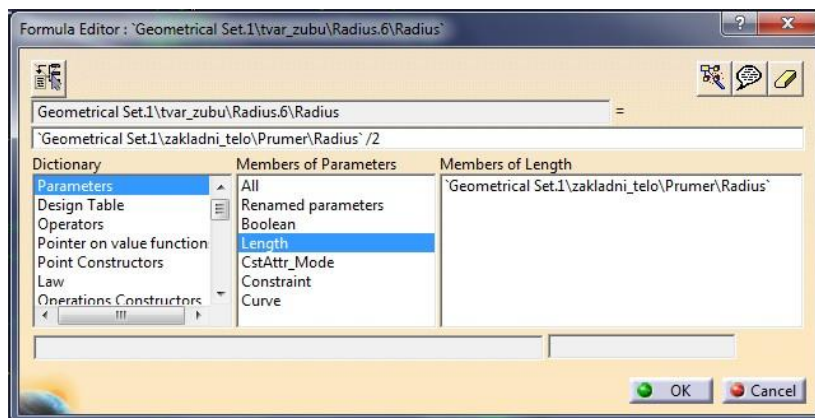


Obrázek 29_konečný_tvar_drážky

Nejdříve se vytvoří kružnice. Klikne se na **Construction/Standard element** . Po kliknutí na tento nástroj se budou kružnice tvořit čárkovaně (pomocná geometrie). To platí obecně pro všechny konstrukční prvky ve skici. A navíc se tato pomocná (čárkovaná) geometrie neprojeví po ukončení skici. Poznámka: Po opětovném zmáčknutí této funkce se vrátí geometrie do původního nastavení (plné čáry).

Dále se pokračuje vytvořením kružnice pomocí **Circle** . Vytvoří se jedna kružnice! Tato kružnice bude mít 50% průměru frézy (základní tělo). Kružnice se zakótuje pomocí nástroje

Constraint . To se udělá tak, že se pravým tlačítkem klikne na rozměr průměru (hodnota) a objeví se nabídka. Vybere se **Edit Formula**. Objeví se okno. Myší se klikne ve stromě na skicu **Základní tělo**. V levém sloupci se vybere **Parameters**. V pravém sloupci se zobrazí nabídka různých hodnot. V prostředku, se volí, jaký druh hodnot nás zajímá, zde se vybere **Length**. V pravém sloupci zůstane pouze jedna hodnota. Na tu se klikne dvakrát a potom se vydělí **2**. Klikne se na OK. Průměr kružnice bude **8 mm** (viz. Obrázek 30).

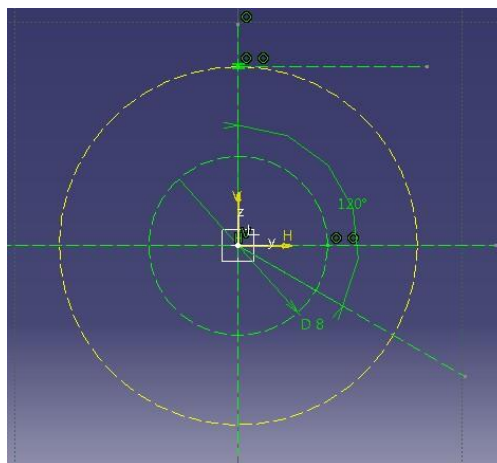


Obrázek 30

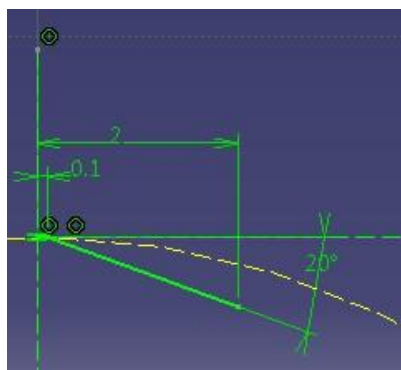
Dále se vytvoří druhá kružnice. Ta se vytvoří tak, že nejdříve se zapne skica **základní tělo** (pravým tlačítkem na skicu a vybrat **Hide/Show**). Tím se zobrazí skica (**základní tělo**) v této nové skice. Aktivuje se nástroj **Project 3D Elements**. Klikne se na kružnici ve skice **základní tělo**. Po tomto kroku se zobrazí čárkovaná kružnice, která se bude odkazovat na tu původní kružnici ve skice **základní tělo** a bude se s ní měnit (to je velice výhodné z hlediska parametrizace). Poznámka: Tato kružnice má barvu žlutou (pomocná geometrie). Skica **základní tělo** se vypne (pravým tlačítkem na skicu a vybere se **Hide/Show**).

Dále se vytvoří čtyři pomocné čáry (pomocná geometrie) pomocí nástroje **Line**. Dvě budou procházet přes střed, další (třetí) má počátek ve středu o 120° od horní (vertikální přímky) a čtvrtá (má počátek) na průsečíku kružnice (žluté) a pomocné přímky (viz. Obrázek 31).

Aktivuje se nástroj **Construction/Standard element**. Po tomto zapnutí nástroje se budou tvořit plně čárky. Dále se vybere funkce **Profile** a udělají se



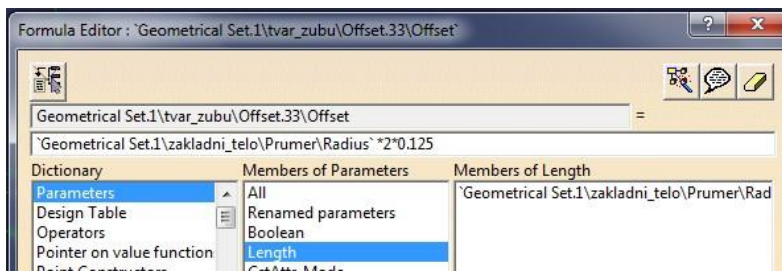
Obrázek 31



Obrázek 32

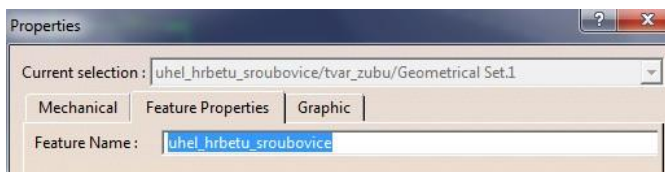
dvě přímky. První bude začínat v průsečíku kružnice a pomocné přímky a dále je rovnoběžná s další pomocnou přímkou. A druhá bude končit v prostoru mezi kružnicemi. Rozměry se berou z obrázku (0.1mm je rozměr fazetky) (viz. Obrázek 32). Dále si nadefinujeme rozměr **2** (jak je vidět na obrázku). To se udělá tak, že použije funkce **Edit Formula** (jak už byla jednou popsána u kružnice). Postup je stejný (viz. skica **základní tělo**) s tím rozdílem, že se bude vzorec trochu lišit. Základní postup: Provede se tak, že se pravým tlačítkem klikne na rozměr a objeví se nabídka. Najde se **Edit**

Formula. Objeví se okno. Myší se klikne ve stromě na skicu **základní tělo**. V levém sloupci se zvolí **Parameters**. V pravém sloupci se zobrazí nabídka různých hodnot. V prostředku se volí, jaký druh hodnot nás bude zajímat, zde se zvolí **Length**. V pravém sloupci nám zůstane pouze jedna hodnota. Na tu se klikne dvakrát a připsou se přidavné výpočty (viz. Obrázek 33). Potom se klikne na OK.




Obrázek 33

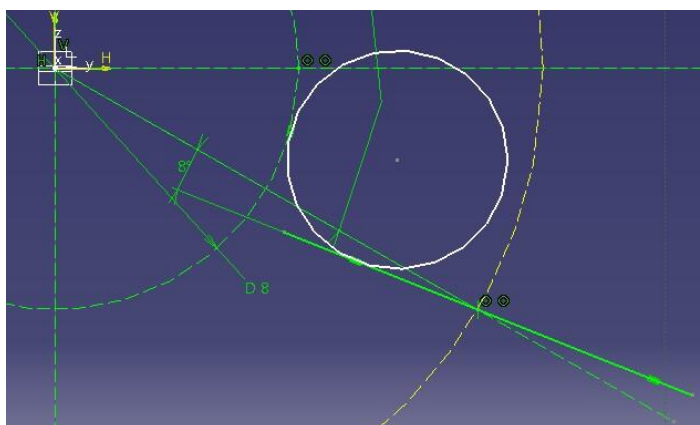
Dále se přejmenuje úhel 20° . Proveďte se stejný postup jako ve skice **základní tělo**. Přejmenování se provádí tak, že se najde šipkou na kótu (přibližně na 20°), klikne se pravým tlačítkem. Rozbalí se menu, v tomto menu se vybere **Properties**. Zobrazí se okno a přepíše se název na **uhel_hrbetu_sroubovice** (viz. Obrázek 34).



Obrázek 34

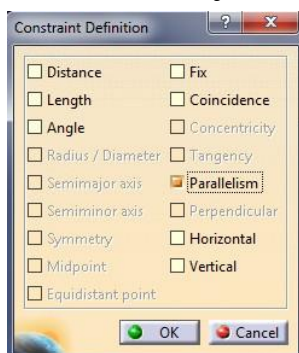
Dalším krokem je vytvoření prostoru pro třísku a nadefinování úhlu čela ve šroubovici. Nejdříve se udělá pomocná konstrukce a pomocí odstranění nadbytečné geometrie se dostane požadovaný prostor. Na obrázku (viz. Obrázek 36_před_úpravou_geometrie) je vidět prostor třísky před mazáním.

Pro vytvoření této skici se vytvoří dvě přímky. Přímky jsou vytvořené pomocí plných čar (). Vybere se nástroj **Line** (pomocí tohoto nástroje se vytvoří oboje čáry) v průsečíku pomocné přímky a žluté kružnice se vytvoří obě přímky. První směrem ke středu (ne do něj), ta druhá se vytvoří stejným způsobem, ale na opačnou stranu.



Obrázek 36_před_úpravou_geometrie


Teď se musí zajistit rovnoběžnost přímek. Pokud se neudělala



Obrázek 35

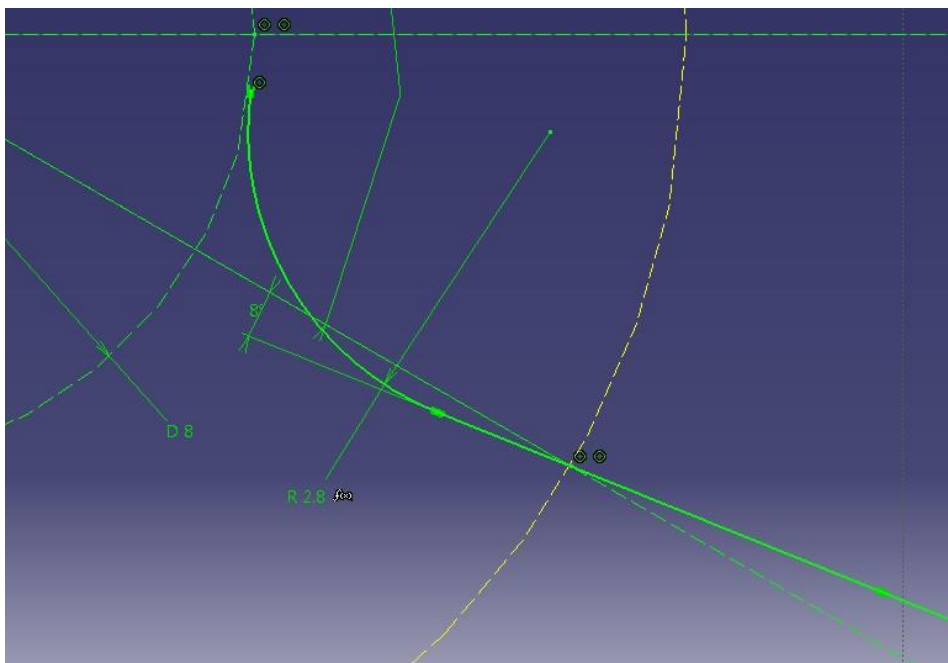
během konstrukce, tak se vytvoří vazba druhým způsobem. Druhý způsob je takový, že se zmáčkne **Ctrl** a při držení toho tlačítka se vyberou tyto přímky, které chceme, aby byly rovnoběžné (toto je obecný postup, pro různé geometrické vazby mezi různými elementy). Po označení se klikne na funkci

Constraints Defined in Dialog Box (), objeví se tabulka a zaškrtně se políčko **Parallelism** (viz. Obrázek 35). Dále se vytvoří




kružnice pomocí nástroje **Circle** (). Umístí se do prostoru, jak je vidět na obrázku nahoře. Dále se zajistí, aby kružnice byla tečná k přímce a k menší pomocné kružnici. To se provede stejným způsobem, jak se provedla rovnoběžnost u dvou přímek. Označí se menší pomocná kružnice a zároveň se označí právě vytvořená kružnice (**Ctrl** + požadované elementy). Klikne se na

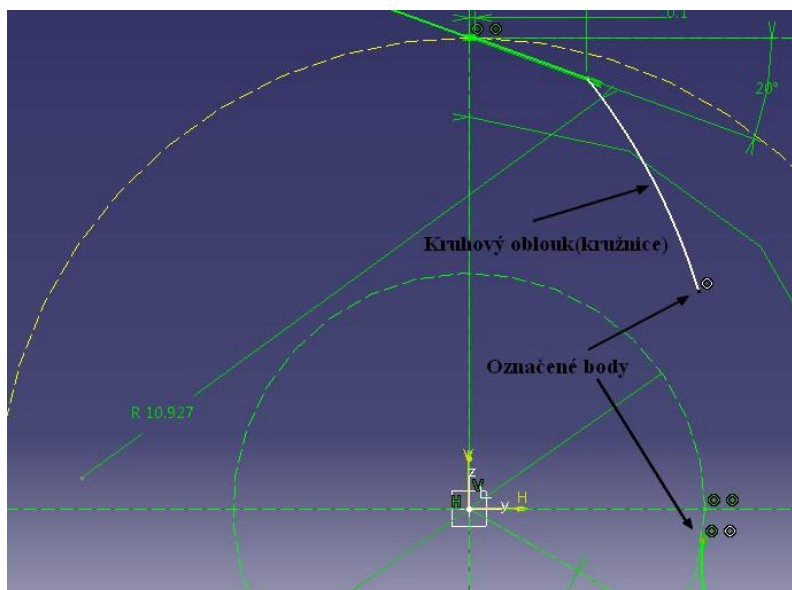
funkci **Constraints Defined in Dialog Box** () a vybere se možnost **Tangency**. Tečná

vazba mezi právě vytvořenou kružnicí a přímkou se vytvoří stejným způsobem jako před chvílí (pomocná kružnice a právě vytvořená kružnice). Dalším krokem je odstranění nechtěné geometrie. Na obrázku je vidět, jak má vypadat konstrukce po nezbytných úpravách (viz. Obrázek 37_geometrie_po_úpravě).





Obrázek 37_geometrie_po_úpravě

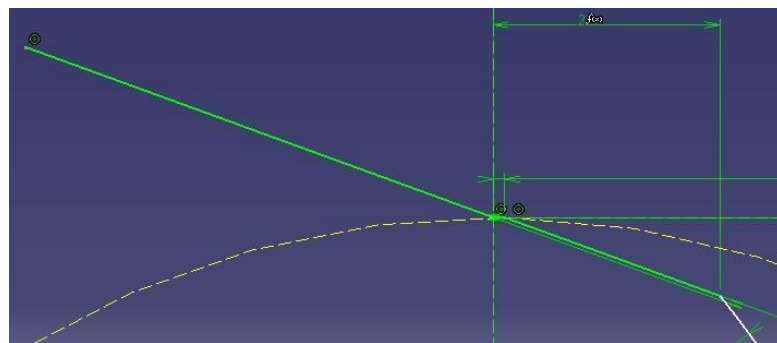
Tento krok se provede pomocí nástroje **Quick Trim** . Vybere se tento nástroj a následně se může odstraňovat nechtěná část geometrie. Poznámka: Dvojkliknutím na tento nástroj, se může odstraňovat více prvků, než jedním kliknutím na nástroj **Quick Trim**. Dalším krokem je doděláná drážky. Vybere se nástroj **Arc** , klikne se do prostoru, kde má být střed kružnice a dále do bodu, kde má začínat kružnice. Druhý konec, který označuje konec části kružnice, se umístí do prostoru mezi dvěma kružnicemi. Označí se koncové body dvou kružnic a pomocí **Ctrl** (viz. Obrázek 38). Dále se klikne na **Constraints Defined in Dialog Box**  a označí se možnost **Coincidence**. Tímto se body spojí.



Obrázek 38


Dalším krokem je zadání poloměru spojovací kružnice. Pomocí tlačítka funkce **Constraint**


 se zadá poloměr **10,927mm**. Poslední krokem je uzavření konstrukce. Nejdříve se zvolí nástroj **Line** . Tato přímka bude mít počátek v průsečíku žluté kružnice a pomocné přímky a je rovnoběžná s přímkou, která je odkloněna 20° (viz. Obrázek 39).



Rovnoběžnost se vytvoří pomocí nástroje **Constraints Defined in** Obrázek 39

Dialog Box  a zvolení **Parallelism** v nabídce. Dále se klikne na 

(tvoření čárkovaných čar) a vybere se funkce **Spline** . Počátek křivky je v právě vytvořené přímce a konec na protější přímce (viz. Obrázek 29_konečný_tvar_drážky). Křivka se udělá na čtyři kliknutí a ukončení tvorby křivky se provede pomocí tlačítka **Esc** na klávesnici. Tímto je tvorba v této skici ukončena. Před ukončením této skici se ujistíme, že navazující členy jsou opravdu pevně spojeny. V případě, že tomu tak není, tak to lze snadno opravit. Označí se protější body, které mají být spojeny a pomocí nástroje **Constraints Defined in**

Dialog Box  a zvolením **Coincidence** se body spojí.


3.5 Vytvoření drážek na obvodu pomocí plochy

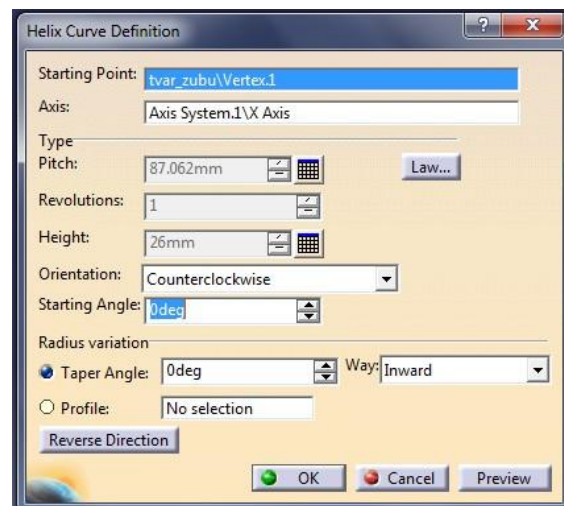
Dalším krokem je vytvoření šroubovice, po které se bude táhnout plocha. Parametry, které má šroubovice jsou svázané s parametrizační tabulkou. Důležitý údaj je stoupání šroubovice. Sice tento vzorec je uveden v části parametrizace, ale pro zdůraznění je uveden už teď.

$$\text{Vzorec: } \frac{\pi * D}{\tan \lambda s}$$

D= průměr frézy; λs= stoupání šroubovice

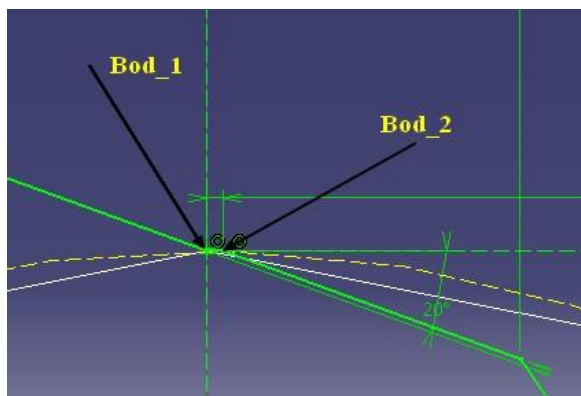
Přejde se k vytvoření šroubovice. Pro tento účel se přepne do prostředí **Generative Shape Design**. To se provádí tak, že se klikne na **Start** a z nabídky vybere se **Shape**, a potom **Generative Shape Design**. Dále se bude pracovat v **Geometrical Set**.

V tomto prostředí se klikne na **Helix**  a otevře se okno (viz. Obrázek 40). Vyplní se údaje podle obrázku (viz. Obrázek 40) a počáteční bod je **bod_1** (viz. Obrázek 42). Pro lepší orientaci, je to bod na kružnici a obrázek je výřez z obrázku (konečný tvar drážky na obvodu). Pokud se šroubovice neodvívá na základní tělo pomocí tlačítka **Reverse Direction** lze změnit směr.



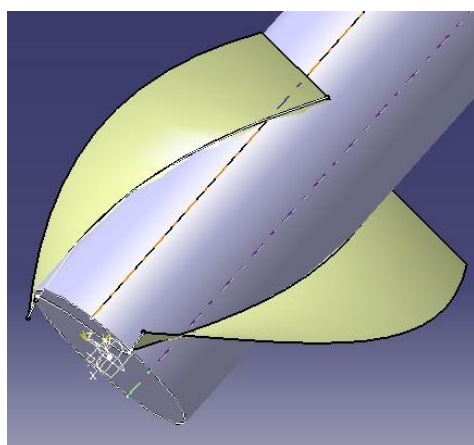
Obrázek 40

Dále se vytvoří plocha. Zvolí se nástroj **Sweep**  a objeví se okno. Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 42). **Položky: Profile:** dá se skica **tvar_zubu** (určí se tím tvar plochy);

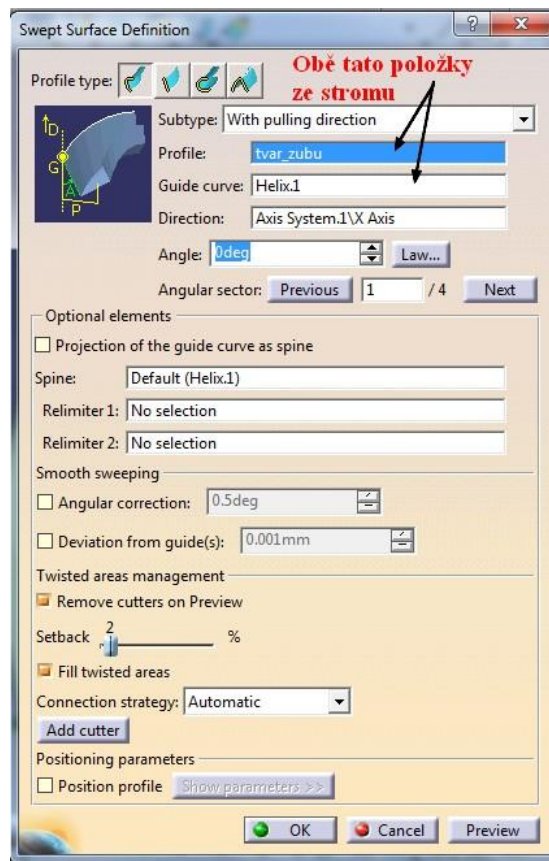


Obrázek 42

Guide curve: Helix.1 (dráha tažení tvaru plochy)
Direction: osa X. Vznikne jedna ze tří částí ploch pro vytvoření celé drážky.



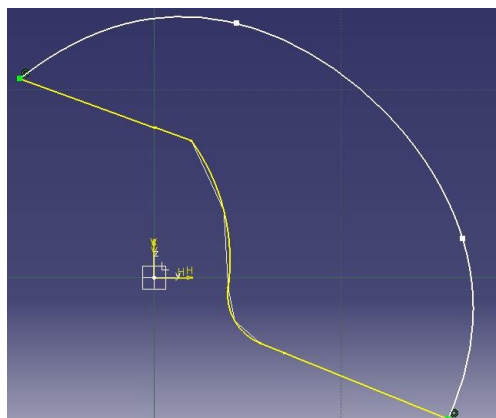
Obrázek 43_první část drážky



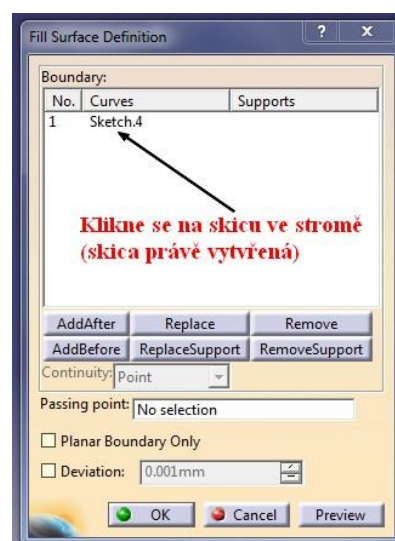
Obrázek 41

Další krok je vytvoření plochy na přední části. Přepne se do prostředí **Part Design**. Dále se bude pracovat v **Geometrical Set**. Zvolá se nástroj **Sketch**. Skica se umístí do roviny ZY. Dále si zobrazí skica **Tvar zubu** (pomocí **Hide/Show**). Pomocí **Project 3D**


Elements se zvýrazní hlavní profil zubové mezery. Dále pomocí nástroje **Spline** se uzavře skica (viz. Obrázek 45_profil_pro_plochu). Všechny tyto čáry budou plnou čarou. Ujistíme se, že čáry jsou v dotkových bodech opravdu spojeny. Ukončí se skica. Přepne se do prostředí **Generative Shape Design**. Klikne se na nástroj **Fill**. Zobrazí se okno. Podle obrázku se vyplní a klikne se na OK (viz. Obrázek 44_Fill)

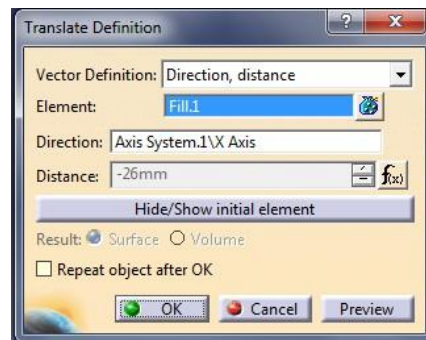


Obrázek 45_profil_pro_plochu

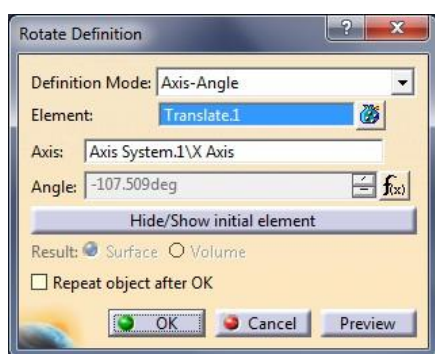


Obrázek 44_Fill


Další krok je vytvoření třetí plochy. Pořád se pracuje v **Generative Shape Design**. Vybere se nástroj **Translate** . Objeví se okno. Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 47). Dále se v tomto oknu klikne v **Distance** pravým tlačítkem a vybere se **Edit Formula**. V **Edit Formula** se zadá vzorec: $-\text{Geometrical Set.1}\backslash\text{Helix.1}\backslash\text{Height}$ (mínus nebo plus podle toho, aby posunutá plocha byla v základním těle). Vzorec se udělá tak, že se klikne ve stromě na **Helix** a v **Helixu** na **Height** nebo v otevřeném okně po kliknutí na **Helix** se vybere v pravém okně **Height**. Klikne se na OK a v okně **Translate** taktéž OK. Tato posunutá rovina bude v nesprávné pozici. Do správné pozice se rovina umístí




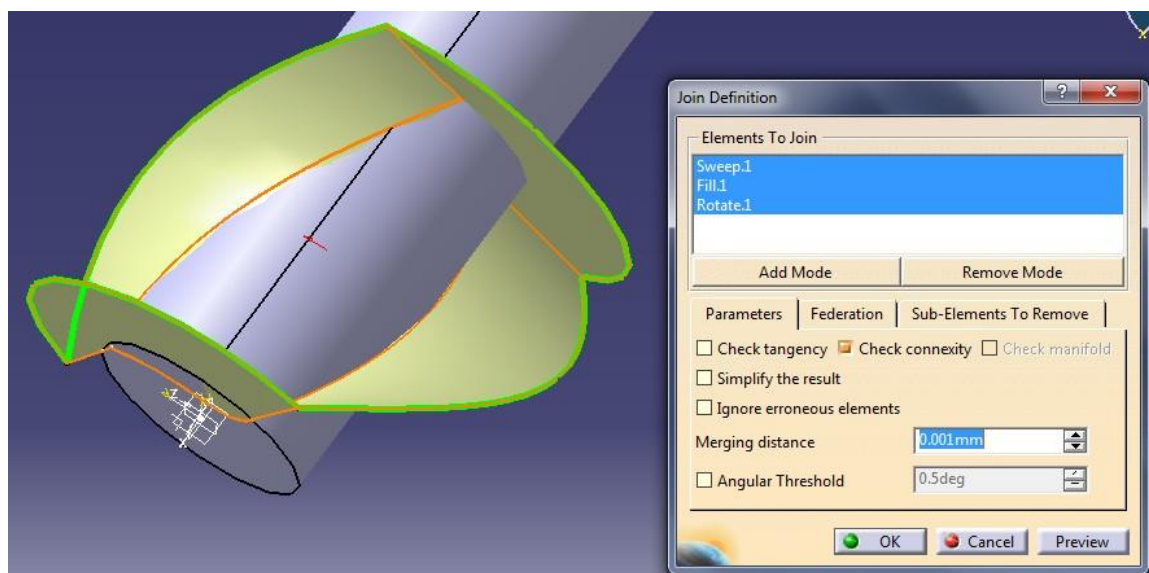
Obrázek 47




Obrázek 46

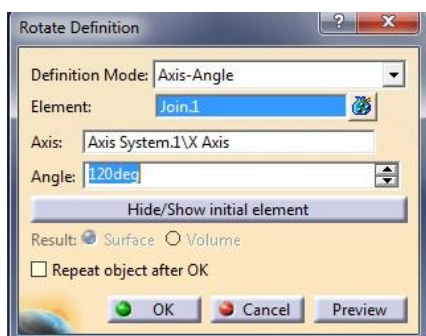
pomocí nástroje **Rotate** . Zvolí se tento nástroj a objeví se okno (viz. Obrázek 46). Vyplní se podle obrázku. Položka **Angle** se vyplní pomocí **Edit Formula**. Postup stejný, ale vzorec se liší. Vzorec: $-(\text{Geometrical Set.1}\backslash\text{Helix.1}\backslash\text{Height} \wedge \text{Geometrical Set.1}\backslash\text{Helix.1}\backslash\text{Pitch}) * 360\text{deg}$. Všechno se potvrdí tlačítkem OK. Schová se **Translate_1** pomocí **Hide/Show**. Dále se spojí všechny tři plochy do jedné.

Klikne se na nástroj **Join** . Vyberou se všechny tři plochy a potvrdí se tlačítkem OK. Výsledný obrázek po správném postupu viz. Obrázek 48_Okno_Join_a_výsledný_obrázek.




Obrázek 48_Okno_Join_a_výsledný_obrázek

Teď se vytvoří zuby pomocí rotace prvku **Join.1**. Vybere se nástroj **Rotate** . Vyplní se podle okna. Tento postup se zopakuje ještě jednou s tím rozdílem, že v položce **Angle** místo 120° se napíše 240° (viz. Obrázek 49).

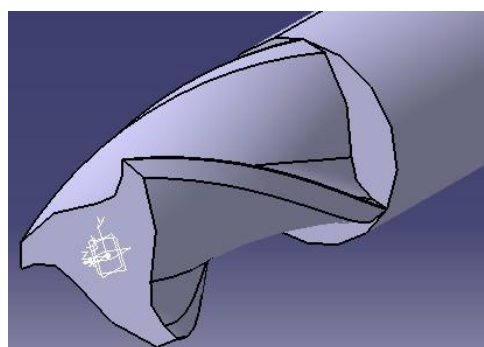


Obrázek 49

Poslední krok je vytvoření drážek. Přejde se do prostředí **Part Design**. Dále se bude pracovat v **PartBody**. Vybere se nástroj **Split** . Označí se ve stromě prvek **Join.1** (plochu, která označuje řez) a pomocí kliknutím na šipky se určují, jakým směrem se bude objemové těleso zachovávat. Tento postup se zopakuje ještě dvakrát. Místo **Join.1** se zvolí plochy, které se rotovaly kolem osy (**Rotace.2;** **Rotace.3**) (viz. Obrázek 51). Výsledný obrázek po úspěšném modelování v této kapitole viz. Obrázek 50_Výsledný tvar_v této kapitole.




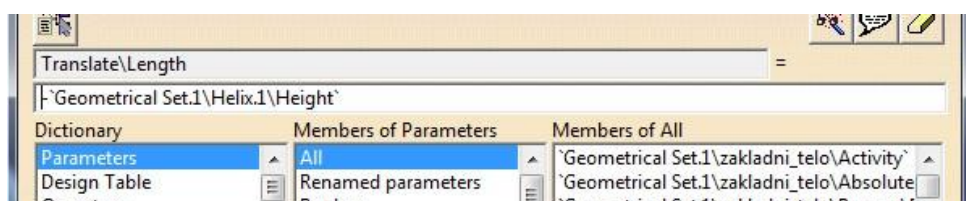
Obrázek 51




Obrázek 50_Výsledný tvar_v této kapitole

3.6 Vytvoření výběhů na obvodu pomocí plochy

Dalším krokem je vytvoření výběhů. Další část se bude provádět v prostředí **Generative Shape Design** a v **Geometrical Set**. Vybere se nástroj **Translate** . Dále se zvolí ve stromě skica **tvar_zubu**. Vzdálenost posunutí v kolonce **Distance** se zadá pomocí **Formula editor**. Klikne se pravým tlačítkem a vybere se **Edit formula**, zadá se vzdálenost šroubovice **Helix.1** (viz.Obrázek 52).




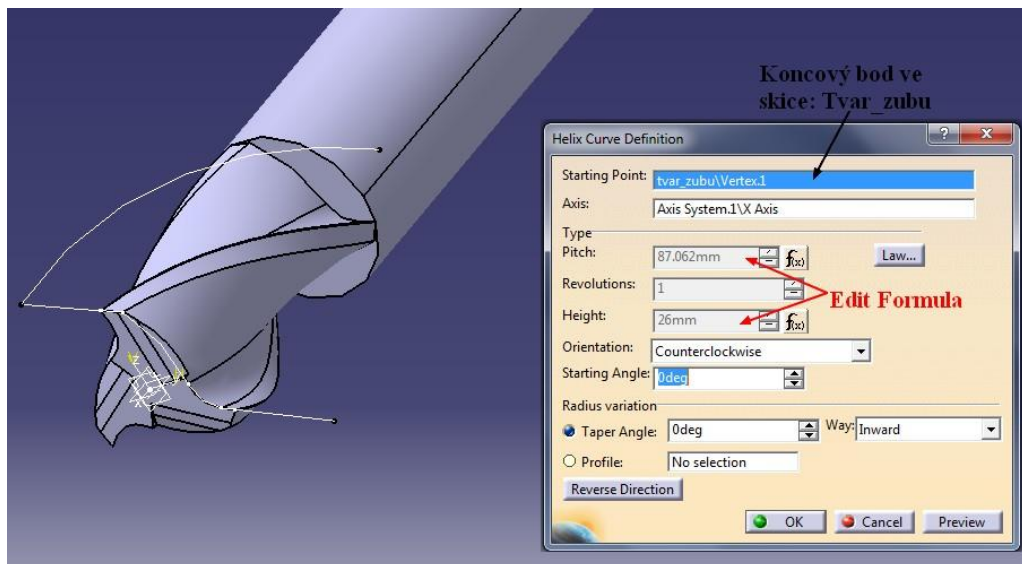
Obrázek 52

Dále se provede rotace kolem osy. Klikne se na nástroj **Rotate** , vybere se právě posunutá rovina a v položce **Angle** se úhel zadá pomocí nástroje **Formal editor**. Zadání velikosti úhlu viz. Obrázek 53.

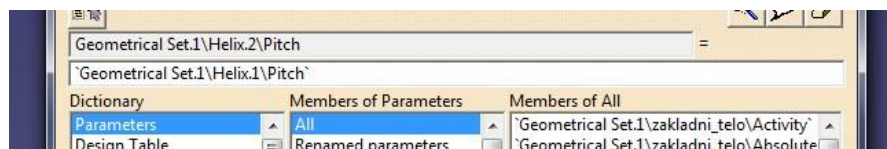


Obrázek 53

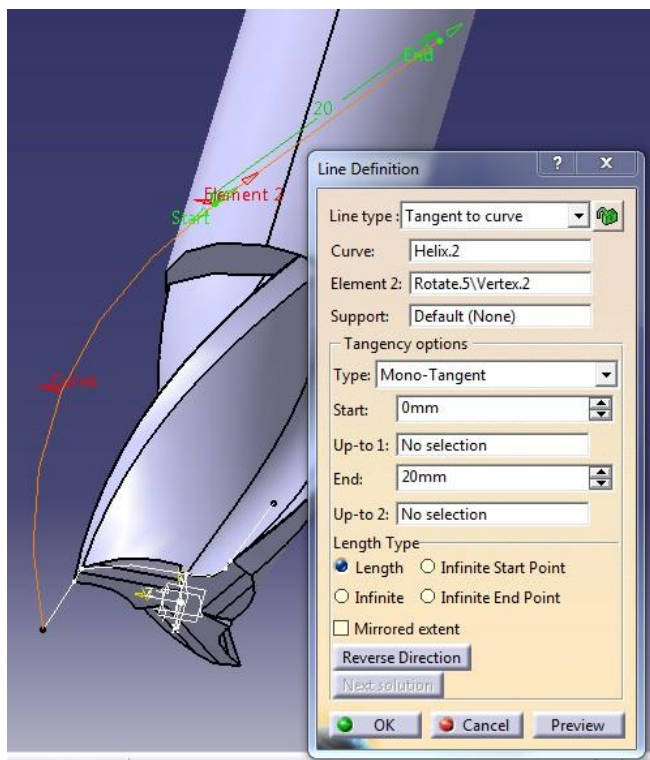
Posunutá skica by měla být na stejném místě jako rovina, která se posouvala stejným způsobem pro vytvoření drážky. Dalším krokem je vytvoření druhé šroubovice. Zobrazí se (Hide/Show) skica tvar_zubu. Klikne se na nástroj **Helix** . Vyplní se podle obrázku a pomocí funkce **Formal editor** (pravé tlačítko a vybrat **Edit Formula**).



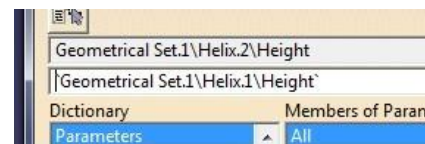
Obrázek 54



Obrázek 55_Pitch





Obrázek 56

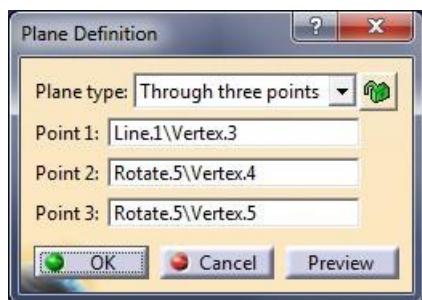


Obrázek 57_Height

Rozměry položek **Pitch** a **Height** viz. Obrázek 55_Pitch a Obrázek 57_Height.

Dalším krok je vytvoření přímky.

Vybere se nástroj **Line** . Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 56). V položce **Element 2** se zadá posunutá a otočená skica tvar_zubu (která se dělala před chvílí). Teď se vytvoří rovina, v které se bude dělat druhá část potřebná k vytvoření plochy po výběh. Klikne se na nástroj **Plane**  a objeví se okno. Vyplňte podle obrázku (viz. Obrázek 58). **Point.1**: Označí se volný koncový bod právě vytvořené přímky.



Obrázek 58

Point.2 a Point.3 jsou koncové body posunuté a otočené skici **tvar_zubu**. V této rovině se vytvoří skica. Vytvoří se skica pomocí funkce **Sketch** . Skica se vytvoří podle obrázku (viz. Obrázek 59). Křivka je vytvořená pomocí nástroje **Spline** . Křivka musí mít přesně tři body. Koncové body jsou umístěné, jak je vidět z obrázku, v koncových bodech zobrazené a posunuté skici



. Zvolí se tento nástroj a označí se dva koncové body, v kterých následně bude umístěna **Splina**. Dále se zakótuje vzdálenost prostředního bodu vůči bodům na konci skici (vzdálenost se bere z obrázku, **přesně!**; **15.484mm**; **29.754mm**).

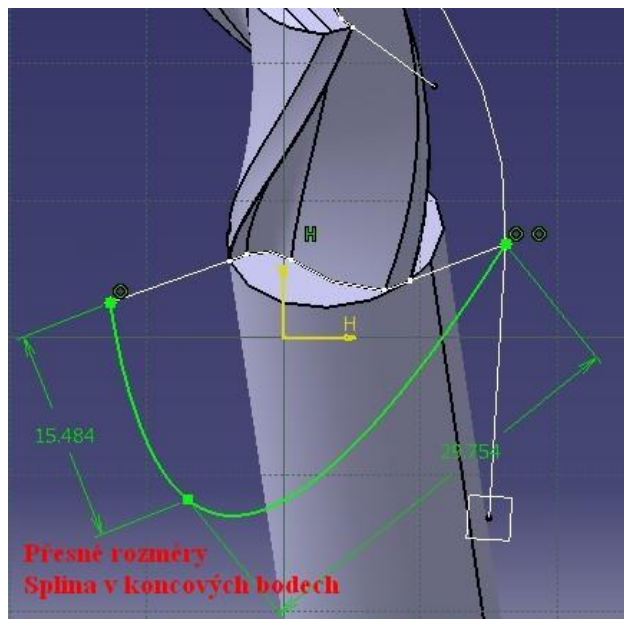
Teď se vytvoří první část plochy výběhu.

Klikne se na nástroj **Blend** . Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 60_Plocha_výběhu). **Údaje:**

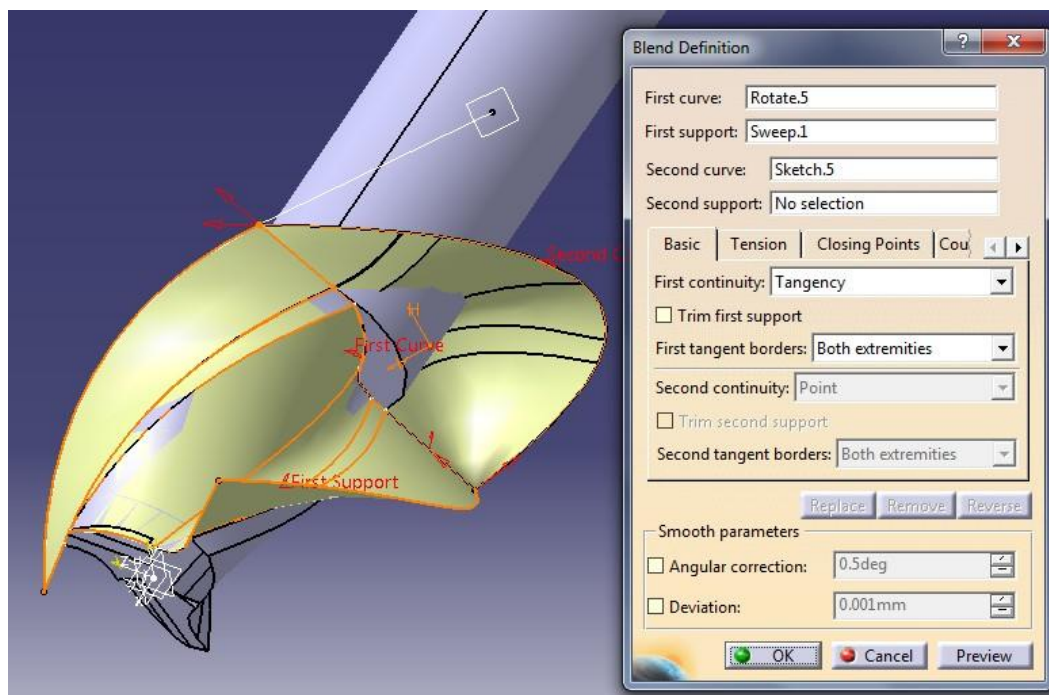
Rotate.5 = skica: tvar_zubu(posunutá a otočená)

Sketch.5=Skica před chvílí vytvořená


Obrázek 59




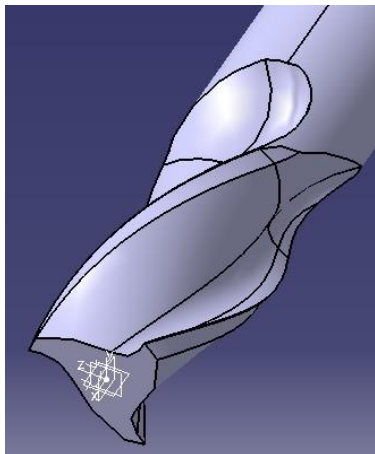
Obrázek 60_Plocha_výběhu



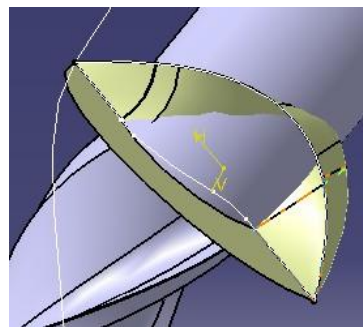
Další postup je vytvoření výběhu. Tento potup je velmi podobný jako vytváření zubové drážky. Zobrazí se plocha (respektive rotaci plochy) **Rotate.1**.

Klikne se na nástroj **Join**  a vybere se **Rotate.1** a právě vytvořený **Blend**. Teď se vytvořil **Join.2**. Tento prvek se bude rotovat dvakrát a to o 120° a 240°. Udělá se to pomocí nástroje


Rotate . Postup je identický jako při vytváření zubových drážek s tím rozdílem, že se rotuje prvek **Join.2**. Přejde se do prostředí **Part Design**. Dále se bude pracovat v **PartBody**.



Obrázek
61_Výsledný tvar v této kapitole



Obrázek 62_Join.2




Vybere se nástroj **Split** .

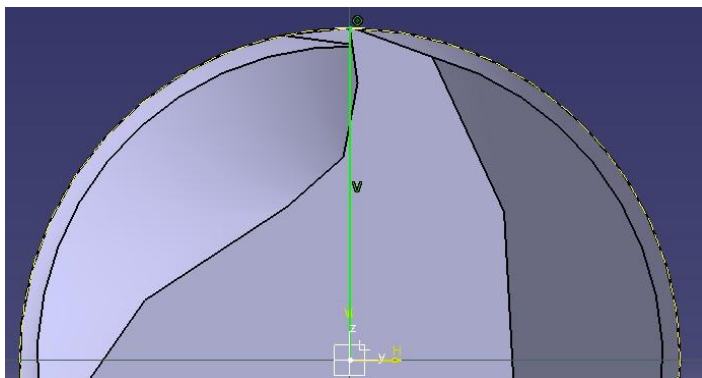
Označíme ve stromě **Join.2**

(plochu, která označuje řez) a pomocí šipek se určí, jakým směrem se bude objemové těleso zachovávat. Tento postup se zopakuje ještě dvakrát. Místo **Join.2** se zvolí plochy, které se rotovaly kolem osy (**Rotace.6; Rotace.7**). Výsledný obrázek po úspěšném modelování v této kapitole viz. Obrázek 61_Výsledný tvar v této kapitole.


3.7 Vytvoření čela v čelní části

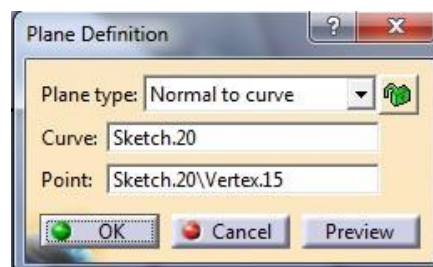
Vytvoří se základní obrys plochy a potom dráha, po které se bude táhnout. Je to stejný princip jako když se vytvářela zubová drážka.

Pracuje se v prostředí **Part Design** a v **Geometrical Set**. Otevře se nástroj **Sketch** . Skica se bude vytvářet v rovině **ZY**. Zobrazí se skica **základní tělo**. Její kružnice bude pomocí funkce **Project 3D Element** , zobrazená do této skici a toto zobrazení bude pomocná geometrie (čárkovaně). Dále pomocí nástroje **Line** , bude vytvořena přímka (plná) (počátek v souřadnicovém systému a konec spojen s kružnicí). Skica viz. Obrázek 63. Ukončí se skica. Dále se vytvoří rovina na konci této přímky. Vybere se nástroj




Obrázek 63

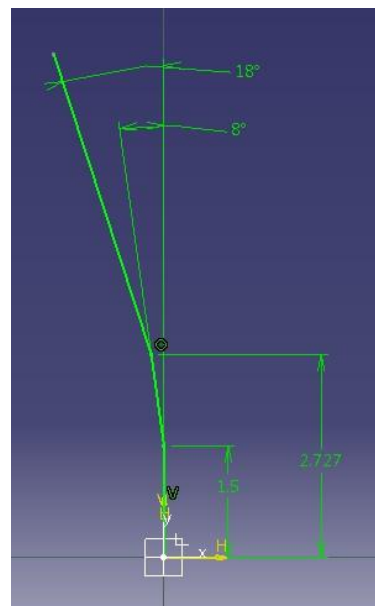
Plane . **Parametry roviny:** **Curve** = právě vytvořená přímka, **Point**=koncový bod této přímky (průsečík přímky a kružnice)




Obrázek 64_Rovina_na_konci_přímky

Teď vytvoříme obrys plochy. Vytvoří se skica pomocí funkce


Sketch . Skica bude v rovině právě vytvořené. Skica se vytvoří podle obrázku (pozn. pomocí přímek)(viz. Obrázek 65_Vodící_čára).Obrázek 65




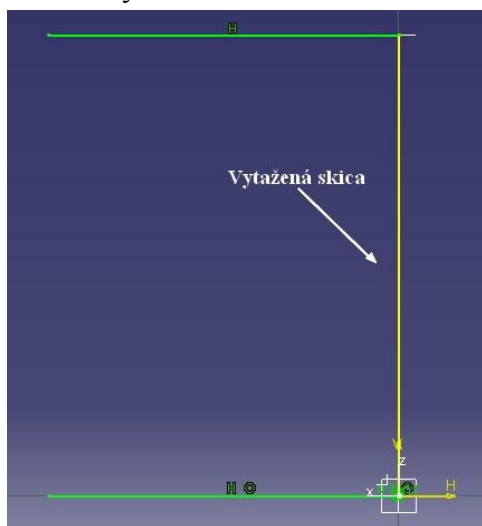
Obrázek 65_Vodící_čára

Ukončí se skica a vytvoří se poslední potřebná skica (obrys) v této kapitole. Vybere se nástroj **Sketch** . Skica bude v rovině **ZX**. Skica vytvořená podle obrázku (viz. Obrázek 66_Obrys).


Skica je dělaná pomocí tří přímek. Ta nejdelší je dělaná pomocí

Project 3D Element . Zobrazí se skica, která je znázorněná na obrázku (viz. Obrázek 63) a zvýrazní se pomocí funkce


Project 3D Element . Zbylé čáry jsou na ní kolmé v koncových bodech.

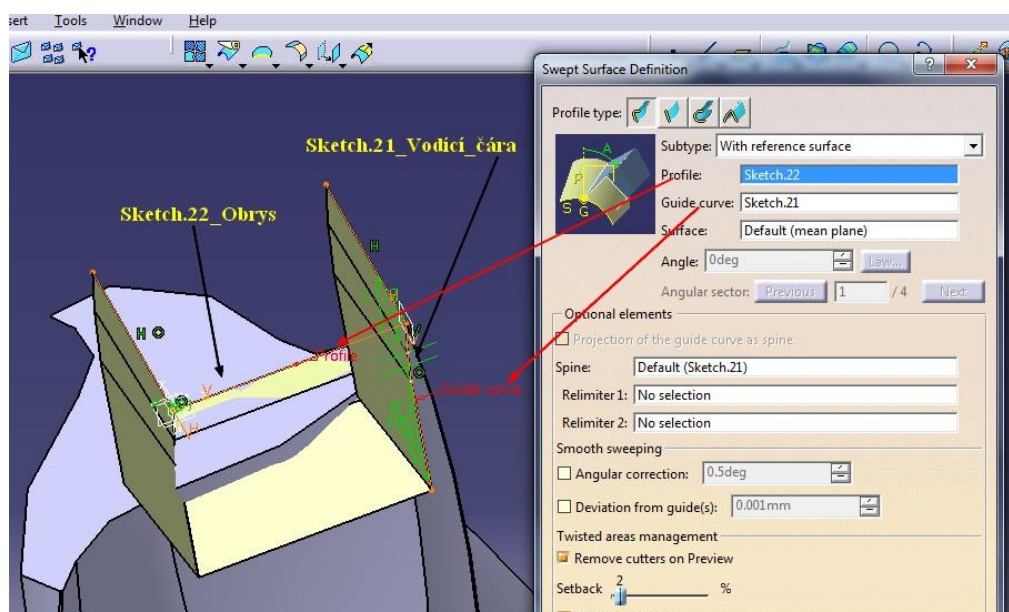


Obrázek 66_Obrys

Ukončí se skica. Dále se vytvoří plocha. Vybere se nástroj **Sweep** . Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 67_Spline)

Dalším krokem je tuto plochu rotovat pomocí funkce

Rotate . Vybere se tento nástroj. Dále se vybere tato plocha, bude otočená o 120°. Pak se postup zopakuje s tím rozdílem, že bude otočená o 240°. Tím tedy vzniknou na přední části tři plochy, které se budou od **základního těla** odebírat.

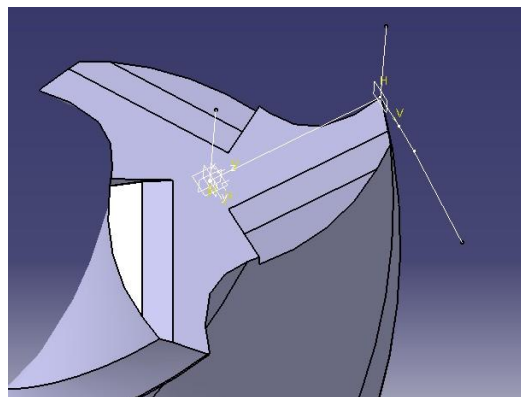


Obrázek 67_Spline

Přepne se do prostředí **Part Design**. Dále se bude pracovat v **PartBody**. Klikne se na nástroj **Split**



. Označí se ve stromě prvek **Sweep.2** (plocha, která označuje řez) a kliknutím na šipky se určí, jakým směrem se bude objemové těleso zachovávat. Tento postup se zopakuje ještě dvakrát. Místo **Sweep.2** se zvolí plochy, které se rotovaly kolem osy (**Rotace.8; Rotace.8**). Výsledný obrázek po úspěšném modelování v této kapitole viz. Obrázek 68_Výsledný_Obrázek.




Obrázek 68_Výsledný_Obrázek

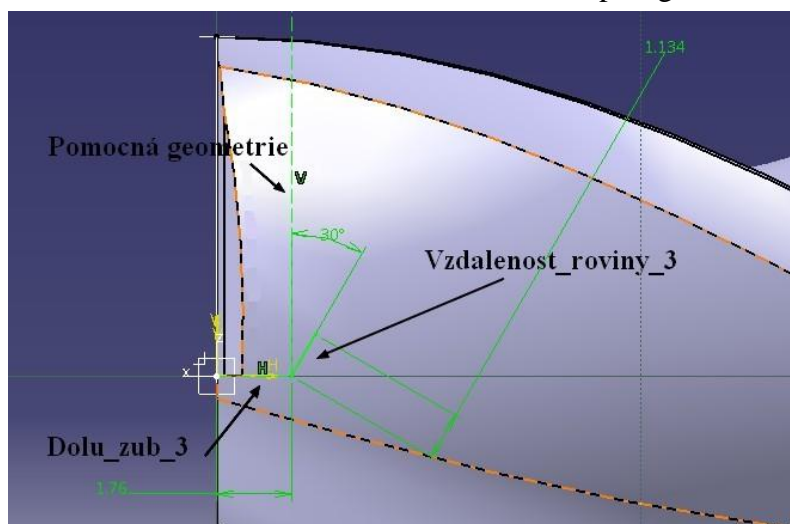
3.8 Vybroušení drážek z hlediska závrtnosti

Tyto drážky se budou vytvářet pomocí myšlených vymodelovaných brusných kotoučů. Každý kotouč se bude modelovat samostatně. Vymodelování každého kotouče se dělá stejným způsobem. Samostatnost brusných kotoučů se dělá kvůli správnému vybroušení. Každý kotouč má jinou polohu vůči ostatním kotoučům.



V první řadě se určí roviny, ve kterých budou brusné kotouče nacházet. Pro lepší přehlednost se roviny (dvě) otočené o úhel 120° , vytvoří v samostatných skicách, ale lze je udělat v jedné skice.

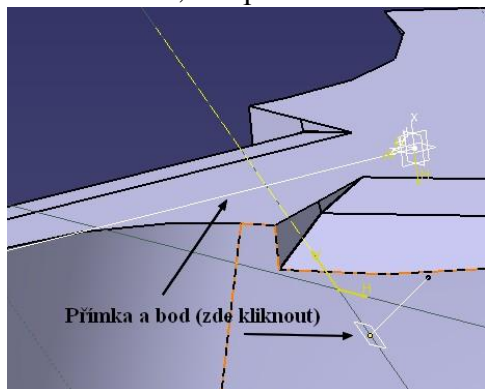
Přejdem k vytvoření prvního kotouče. Přepne se do prostředí **Part Design**. Dále se bude pracovat v **Geometrical Set**. Nejdříve se určí rovina, kde se provede skica profilu kotouče. Vytvoří se skica, která je naprosto stejná jako předchozí skica viz. Obrázek 63. Lze ji vytvořit

stejným postupem nebo ji promítnout pomocí funkce **Project 3D Element**  (jde o čáru, která má počátek v počátku). Pro lepší přehled se znovu vytvoří, ale lze pracovat s tou původní (v této práci se pracuje s nově vytvořenou). Takto vytvořená skica se přejmenuje na **Skica_zub_3_pres_zub**. Přejmenování se provádí tak, že se najede šipkou ve stromě na skicu a klikne se pravým tlačítkem. Rozbalí se menu, v tomto menu se vybere možnost **Properties**. Zobrazí se okno a přepíše se název. Vytvoří se další skica v rovině **XZ**. Skica pomocí jedné pomocné čary a dvou plných. Jedna z čar (plných) má počátek ve středu souřadnicového systému. Úhel má hodnotu 30° . Dvě kóty se přejmenují na: **dolu_zub_3** ; **vzdálenost_roviny_3**. Celá skica se přejmenuje na **definice_roviny_pro_geometrii_cela_zub_3**. (postup přejmenování viz. dříve uvedeno). Požadovaná skica viz. Obrázek 69_Def._rov._pro_geo-_cela_zub_3.



Obrázek 69_Def._rov._pro_geo-_cela_zub_3

Ukončí se skica. Vytvoří se rovina, v které bude profil brusného kotouče. Vybere se nástroj **Plane** . V nabídce se vybere **Normal to curve**. Rovina bude umístěna na volný konec právě vytvořené skici (skica se musí zobrazit pomocí **Show/Hide**). Rovina se přejmenuje na **rovina_kotouče_zub_3**. Ponechá se zobrazená tato skica a zobrazí se také skica **Skica_zub_3_pres_zub**. Dále se vytvoří skica v této rovině. Pomocí funkce **Project 3D Element** , se promítnou do skici přímka a bod (pomocná geometrie=čárkovaně) viz.




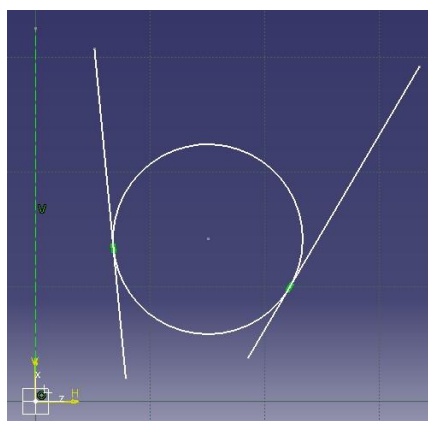
Obrázek 70

Obrázek 70.

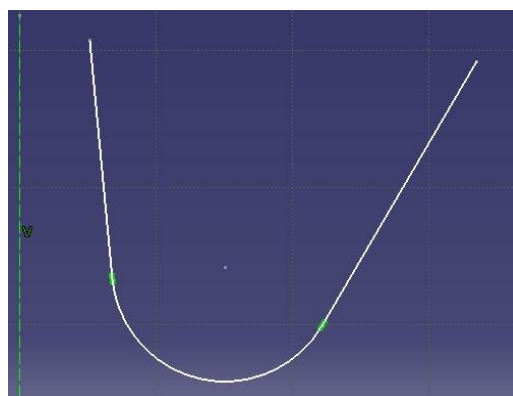
Na dalším obrázku (viz. Obrázek 72) je vidět princip dalšího kroku. Udělá se kružnice a na ní se připojí dvě přímky tečně. Tečnost se zajistí samotnou konstrukcí tak, že přímka se přetáhne a bude se přímkou přibližovat do doby, než se přímka kružnice dotkne a objeví se znak. Nebo pomocí **Defined in Dialog Box**



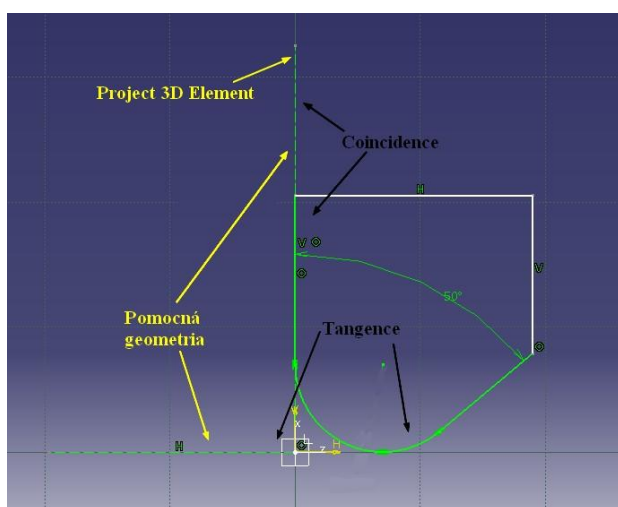
(princip postupu byl už dříve uveden). Po těchto krocích dále se použije nástroj **Quick Trim** . Vybere se tento nástroj a odstraní se nechtěné části konstrukce (viz. Obrázek 71_po_úpravě).




Obrázek 72



Obrázek 71_po_úpravě





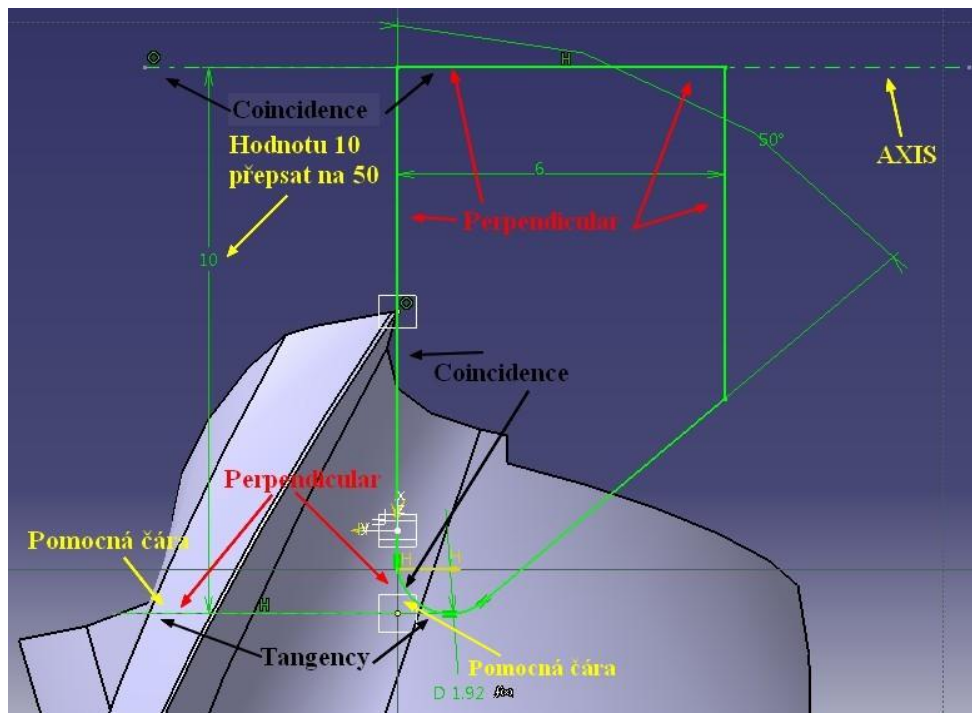
Obrázek 73_Základní_geometrické_vazby

Dále se vytvoří základní geometrické vazby pomocí funkce **Defined in Dialog Box**  (viz. Obrázek 73_Základní_geometrické_vazby).

Na dalším obrázku na další straně je vidět základní princip konstrukce tvaru kotouče a pomocné geometrické vazby. Jednotlivá vymodelování se liší pouze z hlediska použití geometrických vazeb, aby se dosáhlo stejného tvaru kotouče. Je to způsobeno různou polohou v prostoru roviny, kde se tvoří tvar profilu kotouče.

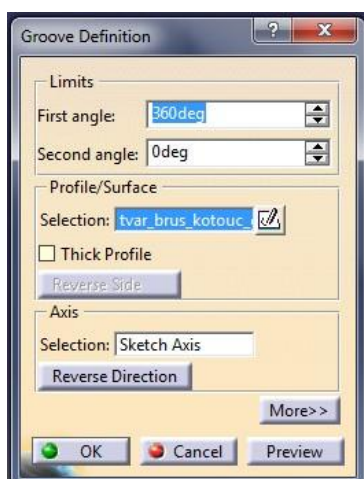
Na obrázku je vidět horizontální a vertikální čáry, které se takto automaticky označily v jiných pohledech to, ale neplatí. Na obrázku na další straně (viz. Obrázek 74_Skica_profilu_brusného_kotouče) jsou ČERVENĚ označené vazby, které se budou muset


aplikovat u ostatních kotoučů (zde se nebudou dělat) a ČERNĚ označené vazby, které se v této skice musí udělat pomocí funkce **Defined in Dialog Box** . Pro vysvětlení **AXIS** (na obrázku) se dělá pomocí nástroje **Axis**  (stejná práce jako s přímkou). Úhel mezi přímkami je 50°. Hodnota **10mm** se přepíše na hodnotu **50mm**. Hodnota 10mm je zde pouze pro lepší vysvětlení vytvoření profilu kotouče. Dále hodnota kružnice se dostane pomocí **Formula editor**. Klikne se pravím tlačítkem na kótu kružnice a vybere se **Edit formula**, zadá se vzorec: ``Geometrical Set.1\zakladni_telo\Prumer\Radius` *2*0.06`. Pak se ukončí skica.



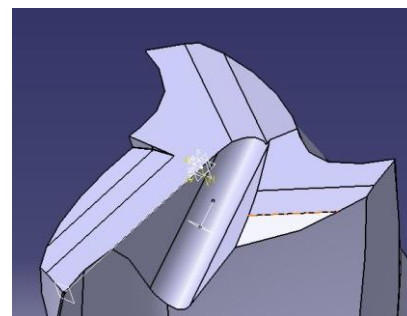
Obrázek 74_Skica profilu brusného kotouče

Skica se přejmenuje na **tvar_brus_kotouc_geometrie_cela_zub_3**. Přepne se ve stromě do



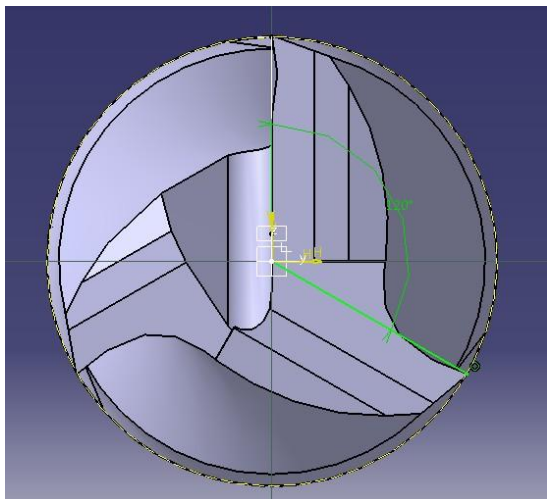
PartBody. Z nástrojů se vybere **Groove** . Vyplní se podle obrázku (Obrázek 76). **Údaje:** **Selection=skica: tvar_brus_kotouc_geometrie_cela_zub_3;**

Axis/Selection: Axis (osa rotace), která se vytvořila ve skice, která se před chvílí vytvořila (AXIS). Klik na **OK**.



Obrázek 75

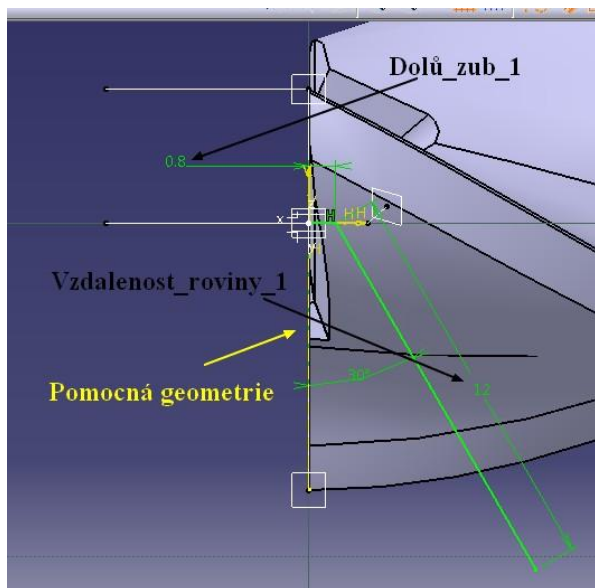
Obrázek 76_Výsledná zub(břit)_přes_střed



Obrázek 77

Obrázek 78). V této rovině se vytvoří skica. Postup je stejný (změna pojmenování; změna pomocné čáry) jako u skici **definice roviny pro geometrii cela _zub_3**. S tím rozdílem, že hodnoty jsou jiné a v pojmenování kót se změní index z 3 na 1 (viz. Obrázek 79). Ukončí se skica.

Vytvoří se rovina, ve které bude profil brusného kotouče. Klikne se na nástroj **Plane**. V nabídce se vybere **Normal to curve**. Rovina bude umístěna na volný konec právě vytvořené skici (skica musí být zobrazit pomocí **Show/Hide**). Rovina se přejmenuje na **rovina kotouče zub_1**. Ponechá se zobrazená tato skica a zobrazí se také skica **Skica zub_1**. Dále se vytvoří profil tvaru zubu. Provede se to tak, že se vytvoří skica

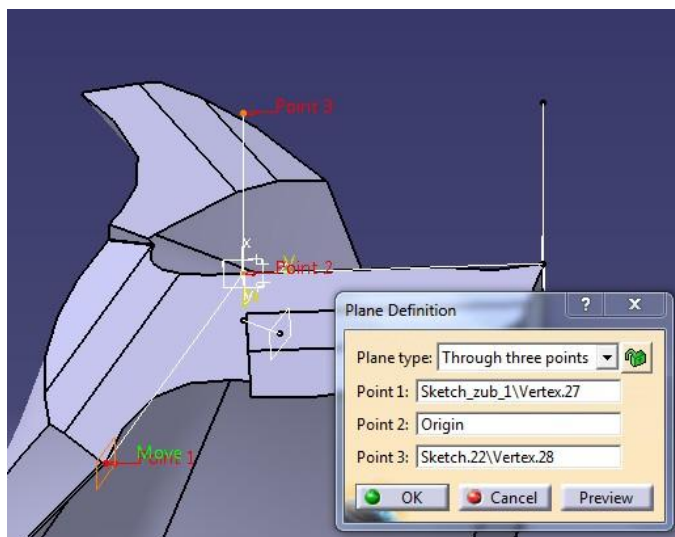


Obrázek 79

Dále se bude dělat **zub_1**. Přepne se do **Geometrical Set**. Vytvoří se skica (viz. Obrázek 77) v rovině **YZ**. Žlutá (pomocná geometrie) čára je vytvořená pomocí funkce **Project 3D Element**


. Tato funkce je použita na zobrazenou skicu (**zakladni_telo**) a kružnici v ní. Přímka má počátek ve středu souřadnicového systému a konec v žluté kružnici.

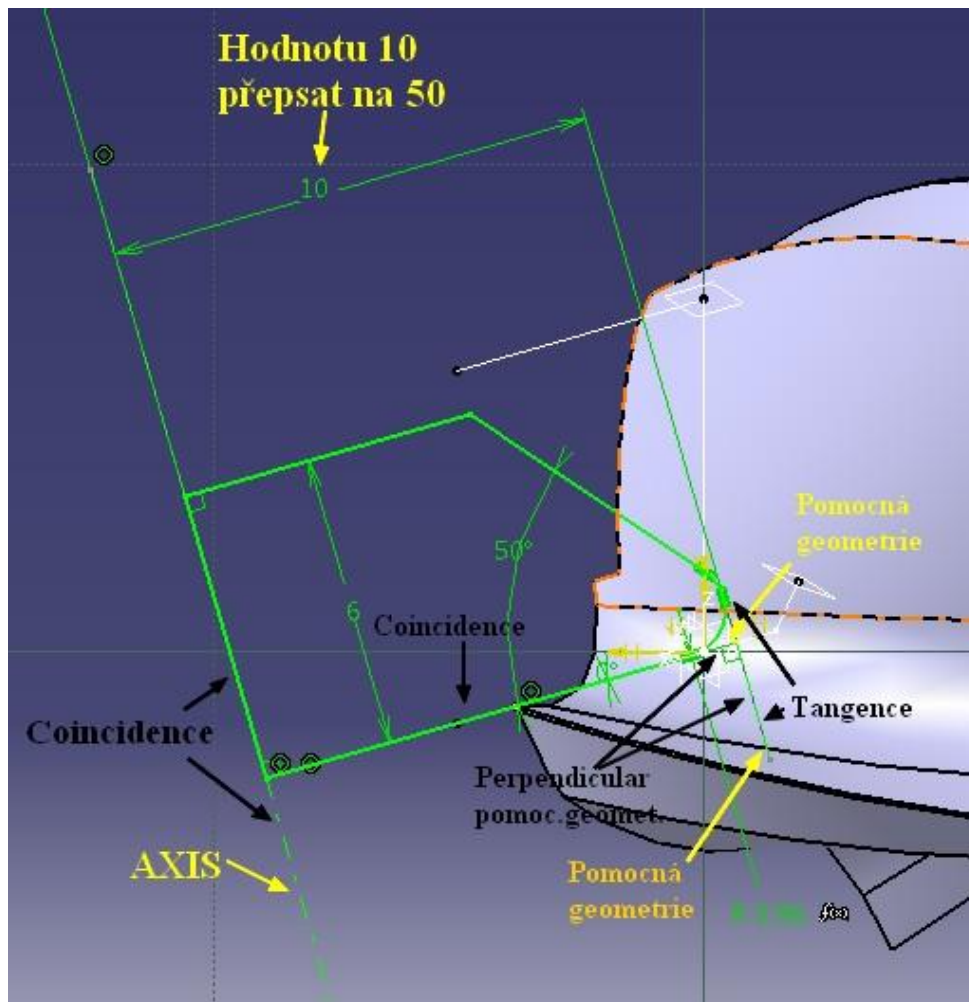
Ukončí se skica. Skica se přejmenuje na **Sketch_zub_1**. Na konci této skici se vytvoří rovina pomocí tří bodů. Zobrazí se (**Show/Hide**) tato skica plus skica, ve které se vytvářel profil plochy (viz. Obrázek 66_Obrys). Klikne se na nástroj **Plane**. Vyplní se podle obrázku (viz.



Obrázek 78

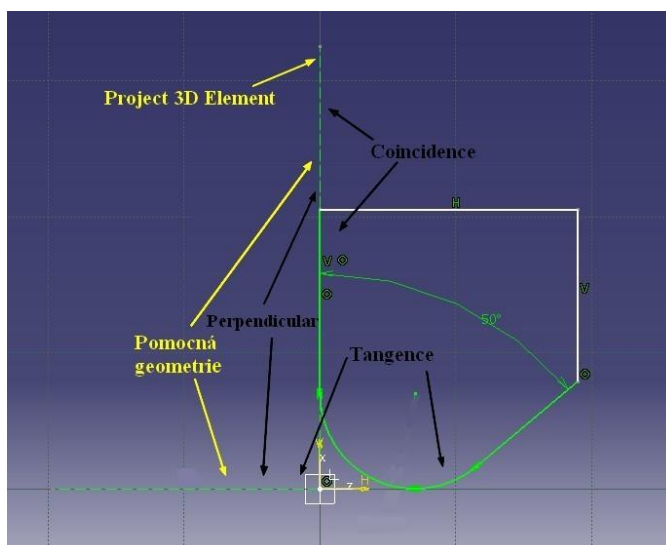
v právě vytvořené rovině. Postup je stejný jako při tvorbě u zubu 3. Rozdíl je ve vazbách ve skice. Dále se poloměr může nadefinovat stejným vzorcem pomocí funkce **Formula editor**. Klikne se pravím tlačítkem na kótu kružnice a vybere se **Edit formula**, zadá se vzorec: ``Geometrical Set.1\zakladni_telo\Prumer\Radius` *2*0.06`. Nebo jiným vzorcem ``Geometrical Set.1\tvar_brus_kotouc_geometrie_cela_zu b_3\Radius.167\Radius`` (tento rozměr odkáže přímo už na danou velikost ze zubu 3) Na předchozím obrázku (Obrázek 74_Skica_profilu_brusného_kotouče) je základní princip vazeb mezi geometrickými prvky. V tomto pohledu je vidět, co musí být


dodrženo. Tato skica, jak je vidět na obrázku (viz. Obrázek 80_skica_profilu_brusného_kotouče_1), je trochu rozdílná. Základní geometrické vazby v tomto pohledu jsou rozdílné. Rozdíl je ten, že se musí udělat kolmost pomocné geometrie pomocí funkce **Defined in Dialog Box**  (viz. Obrázek 81_základní_geometrické_vazby_kotouč_1).

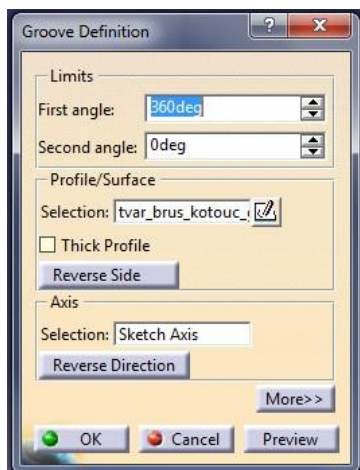


Obrázek 80_skica_profilu_brusného_kotouče_1

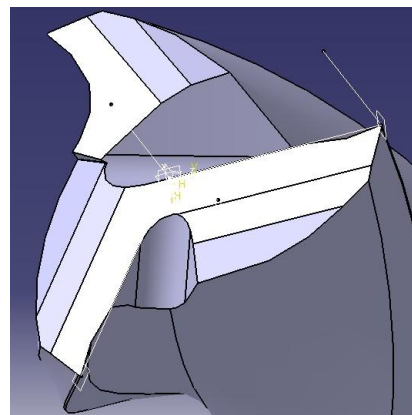
Obrázek 81_základní_geometrické_vazby_kotouč_1



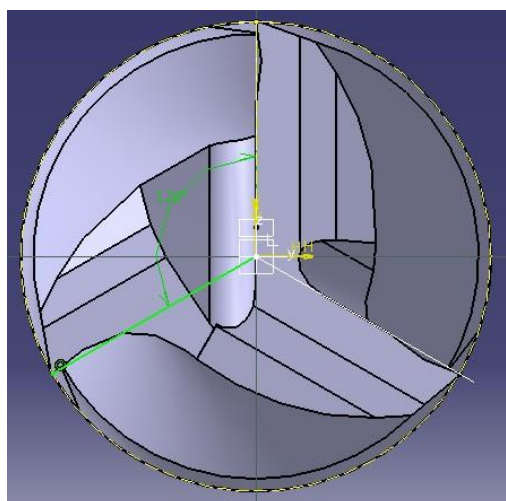
Skica se ukončí. Skica se přejmenuje na **tvár_brus_kotouc_geometrie_cela_zub_1**. Přepne se ve stromě do **PartBody**. Z nástrojů se vybere **Groove** . Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 83). **Údaje:** **Selection**=skica: **tvár_brus_kotouc_geometrie_cela_zub_1**; **Axis/Selection:** Axis (osa rotace), která se vytvořila ve skici, která se před chvílí vytvořila (AXIS). Kliknutí na OK.



Obrázek 82_Výsledný_zub(břit)_zubu_1





Obrázek 83




Obrázek 84

Teď se vymodeluje poslední zub. Konstrukce je stejná až na pár výjimek (geometrické vazby). Dále se bude dělat **zub_2**. Přepne se do **Geometrical Set**. Vytvoří se skica (viz. Obrázek 84) v rovině **YZ**. Žlutá (pomocná geometrie) čára je vytvořená

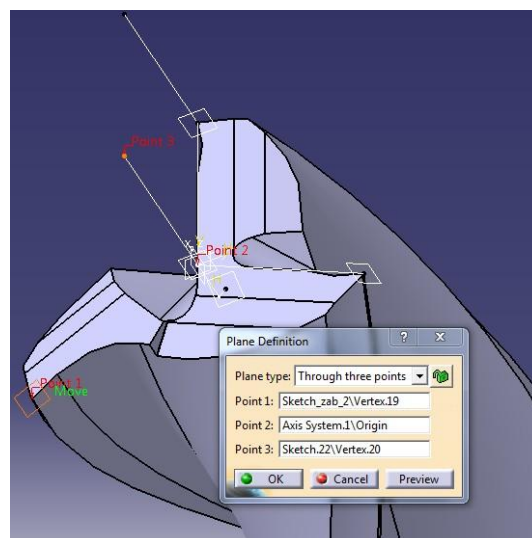
pomocí funkce **Project 3D Element** . Tato funkce je použita na zobrazenou skicu (**zakladni_telo**) a kružnici v ní. Přímka má počátek ve středu souřadnicového systému a konec v žluté kružnici.

Ukončí se skica. Skica se přejmenuje na **Sketch_zub_2**. Na konci této skici se vytvoří rovina pomocí tří bodů. Zobrazí se (**Show/Hide**) tato skica plus skica ve které se vytvářel profil plochy viz. Obrázek 66_Obrys. Klikne se na nástroj **Plane** .

Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 85). V této rovině se vytvoří skica. Postup je stejný (změna pojmenování; změna pomocné čáry) jako u skici **definice roviny pro geometrii_cela_zub_2**. S tím rozdílem, že hodnoty jsou jiné a v pojmenování kót se změní index **3(1) na 2** (viz. Obrázek 86). Ukončí se skica.

Vytvoří se rovina, v které bude profil brusného kotouče. Klikne se na nástroj **Plane** .

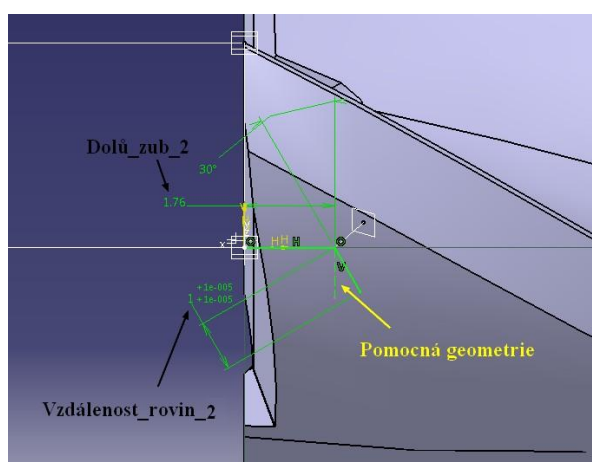
V nabídce se vybere **Normal to curve**. **Obrázek 85** Rovina bude umístěna na volný konec právě vytvořené skici (skica se musí zobrazit pomocí **Show/Hide**). Rovina se přejmenuje na **rovina_kotouče_zub_2**. Ponechá se zobrazená tato skica a zobrazí se také skica **Skica_zub_2**. Dále se vytvoří profil tvaru zubu.



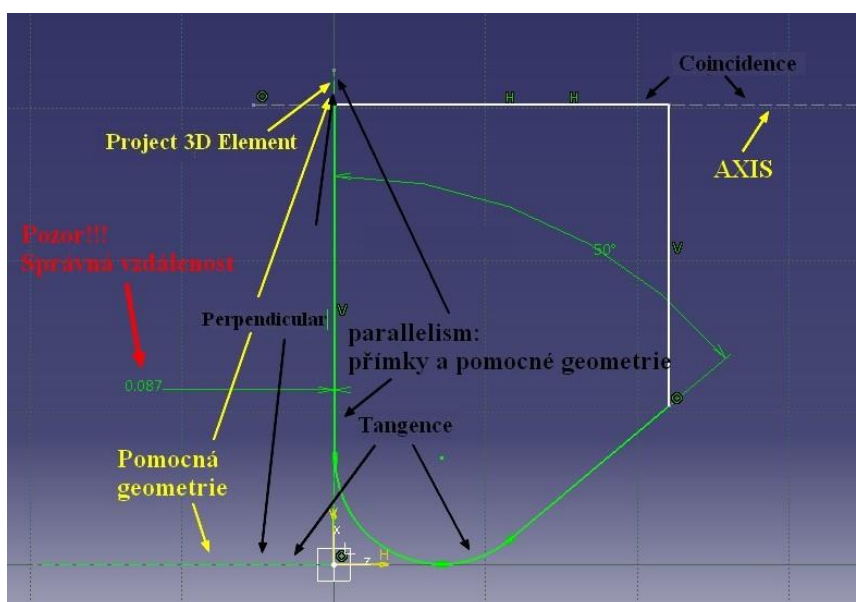
Provede se to tak, že se vytvoří skica v právě vytvořené rovině. Postup je stejný jako při tvorbě u zuby **3 a 2**. Rozdíl je ve vazbách ve skice. Na předchozím obrázku (viz. Obrázek 74_Skica_profilu_brusného_kotouče) je základní princip vazeb mezi geometrickými prvky. V tomto pohledu je vidět, co musí být dodrženo.

Tato skica, jak je vidět na Obrázek 88_skica_profilu_brusného_kotouče_2. Je trochu rozdílná. Základní geometrické vazby v tomto pohledu jsou rozdílné. Rozdíl od zuby **1** je ten, že se musí udělat rovnoběžnost pomocné geometrie a profilu pomocí funkce **Defined in Dialog Box** (viz. Obrázek 87_základní_geometrické_vazby_kotouče_2).

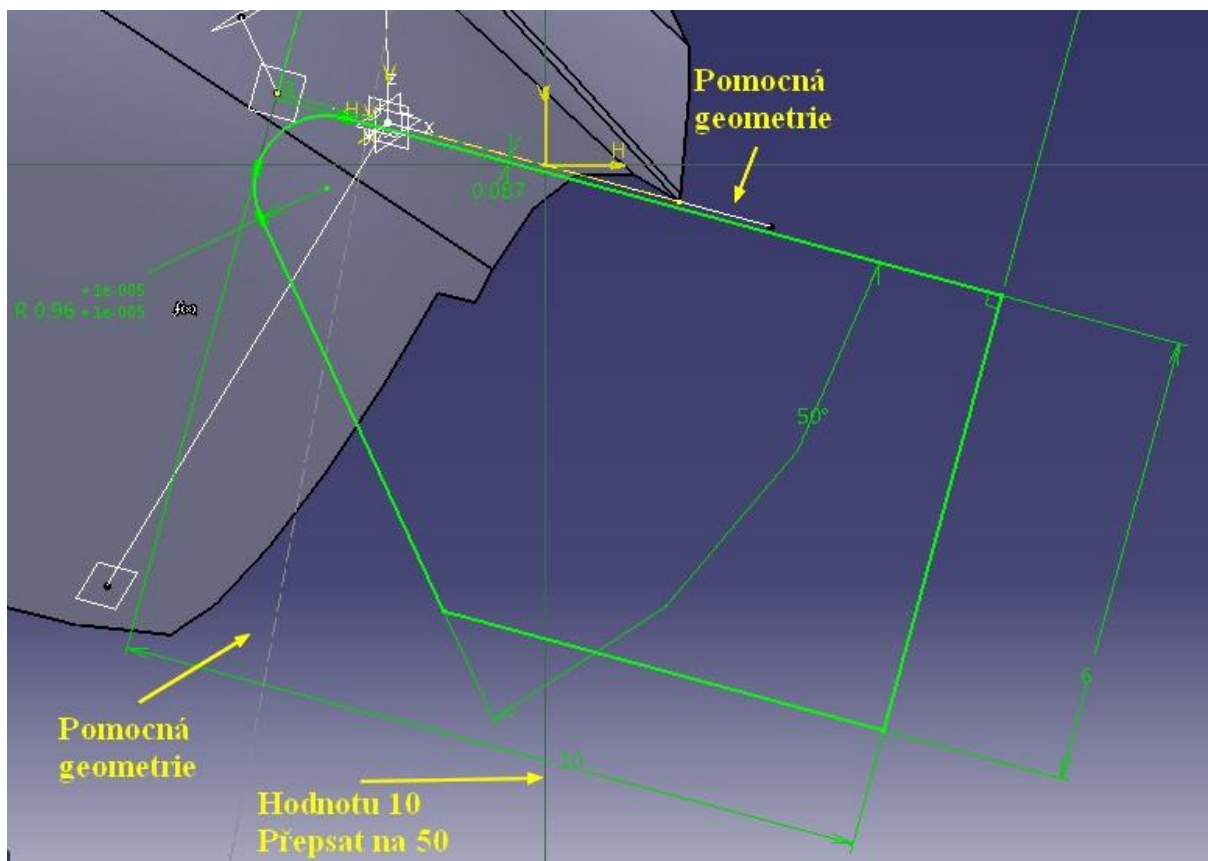
Dále se poloměr může nadefinovat stejným vzorcem. Pomocí **Formula editor**. Klikne se pravím tlačítkem na kótu kružnice a vybere se **Edit formula**, zadá se vzorec: ``Geometrical Set.1\zakladni_telo\Prumer\Radius` *2*0.06`. Nebo jiným vzorcem ``Geometrical Set.1\tvar_brus_kotouc_geometrie_cela_zub_3\Radius.167\Radius`` (tento rozměr odkáže přímo už na danou velikost ze zuby **3**)




Obrázek 86

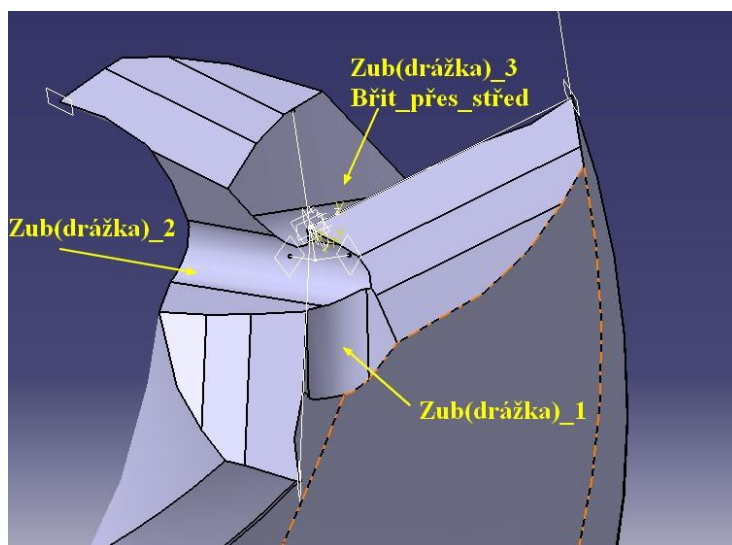


Obrázek 87_základní_geometrické_vazby_kotouče_2




Obrázek 88_skica_profilu_brusného_kotouče_2

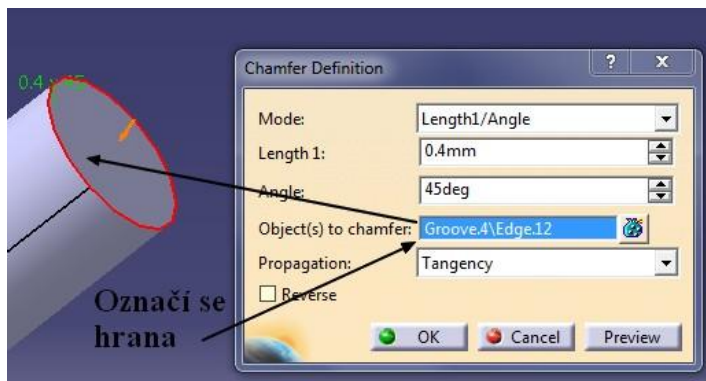
Po vytvoření skici se ukončí. Skica se opět přejmenuje na **tvár_brus_kotouc_geometrie_cela_zub_2**. Přepne se ve stromě do **PartBody**. Z nástrojů se vybere **Groove** . Vyplní se tabulka. **Údaje:** **Selection**=skica: **tvár_brus_kotouc_geometrie_cela_zub_2**; **Axis/Selection:** Axis (osa rotace), která se vytvořila ve skice, která se předchýlí vytvořila (AXIS). Klik na OK.



Obrázek 89_Výsledek_po_správném_modelování

3.9 Sražení hran

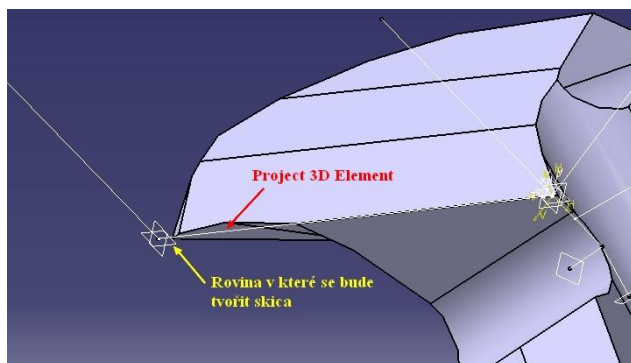
Teď je tedy z 99% hotov model. Posledním krokem při modelování je udělat sražení. Přepne se do prostředí **Part Design**. Dále se bude pracovat v **PartBody**. Vybere se nástroj **Chamfer** , vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 90).



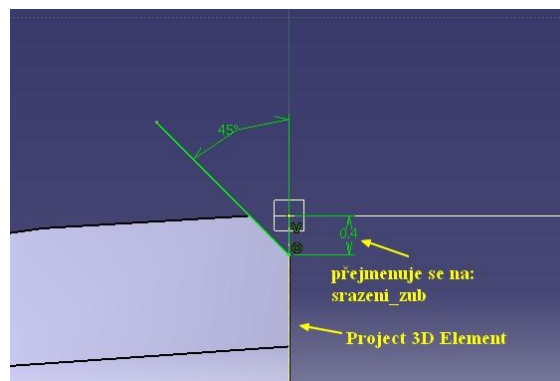
Obrázek 90

Dále se vymodeluje sražení na zubech (na hranách). Přepne se do **Geometrical Set**. V rovině, která je rovnoběžná s osou a je u zuby přes střed (viz. Obrázek 92) se vytvoří skica (viz. Obrázek 91). Kóta **0.4mm** se přejmenuje na **srazeni_zub**. Ukončí se skica. Dále se tato skica přejmenuje na **srazeni_zubu**.



Dále se bude pracovat v **PartBody**.

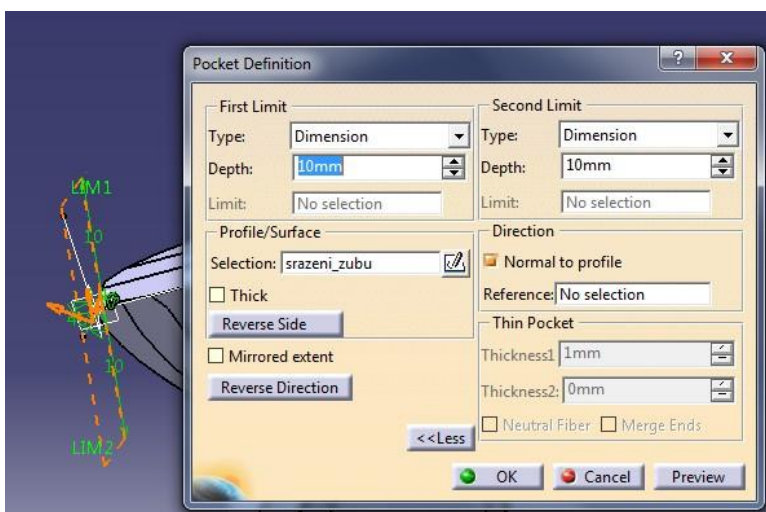


Obrázek 92

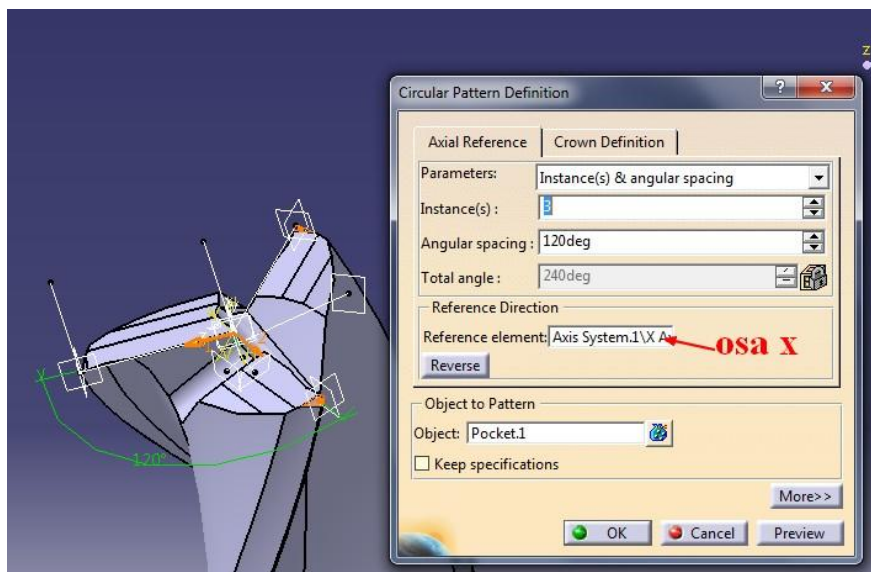


Obrázek 91

Vybere se nástroj **Pocket** . Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 93). Poslední krok je ten, že se klikne na nástroj **CircularPattern** . Vyplní se podle obrázku (viz. Obrázek 94) a potvrdí se OK. Tím je model frézy hotov.



Obrázek 93



Obrázek 94

4 Parametrizace modelu

4.1 Vytvoření tabulek v Excelu

Posledním krokem je udělat parametrizaci frézy. Parametrizace se bude dělat pomocí tabulek, které budou vytvořené v **Excelu 2007** (ale uloží se ve starém formátu **.xlc = Excel 2003 !!!**). Spustí se **Excel 2007**. Ten se uloží (ve formátu **Excel 2003 !!!**) do stejné složky jako je **Fréza** v **Catii**. Pojmenuje se na **Parametrizace** (pojmenování musí být bez háčeků a čárek).

První krok v **Excelu** je vytvoření jednotlivých sloupců. Pojmenování sloupce se skládá z vlastního pojmenování (názvu) a udání jednotek, v kterých se budou zadávat čísla (jednotky se píšou do závorky). Názvy se musí pojmenovávat bez háčeků, čárek a nesmí být mezi sloupci volný sloupec (prázdný sloupec).

Teď se vytvoří jednotlivé názvy sloupců. Názvy jsou dole s jednotkami (dodržte stejné barvy polí a pořadí sloupců):

| | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Varianta | prumer(mm) | Polomer(mm) | lamda(deg) | vzdalenost_brus_kotouce_1(mm) | |
| dolu_1(m m) | vzdalenost_brus_kotouce_2(mm) | dolu_2(m m) | vzdalenost_brus_kotouce_3(mm) | dolu_3(m m) | |
| b3(mm) | uhel_cela_sroubovice(d eg) | stoupani_sroubovice(m m) | delka_sroubovice(m m) | delka_frezy(m m) | |
| AAA_prim_vybe h(mm) | BBB_prim_vybe h(mm) | Uhel_hrbetu_sroubo vice(deg) | Uhel_hrbetu_celni_c asti(deg) | Srazeni_zubu_hra na(mm) | |

Dole na obrázku (z Excelu), se uvádí význam pro jednotlivé barvy. Ten obrázek je vytvořen pomocí **textového pole**. Uvedena pouze pro lepší přehlednost.

| |
|---|
| <p>Červená barva=varianty podle průměru</p> <p>Modrá barva=hodnoty pevně dány podle zadání</p> <p>Oranžová barvy=měnitelné hodnoty(zadává uživatel); výběr podle seznam v buňce</p> <p>Zelená barva=hodnoty pevně dány pro funkčnost modelu</p> <p>Světle fialoná=vzorce</p> <p>Ostatní=pomocné položky, funkce, hodnoty,.....</p> |
|---|

Teď se vytvoří pomocné tabulky kvůli vytváření seznamů v hlavních tabulkách. Tyto tabulky se oddělí od hlavních. Vynechají se dva sloupce (stačí i jeden). Tyto sloupce pro lepší přehlednost se vyplní černou barvou. Vytvoří se pomocné tabulky. V závorkách jsou napsány rozsahy jednotlivých sloupců (rozsahy se v názvu nebudou psát). Hodnoty se musí psát do sloupce, který je na pravé straně od sloupce, kde je napsaný název.

| lamda_hodnoty(30-15) | delka_sroubovice_hodnoty(90-6) | delka_frezy_hodnoty(104-32) | uhel_cela_sroubovice_hodnoty(8-32) |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 30 | 90 | 104 | 8 |
| 29 | 89 | 103 | 9 |

| uhel_cela_srobovice_hodnoty(0-10) | uhel_hrabetu_srobovice_hodnoty(9-25) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 0 | 9 |
| 1 | 10 |

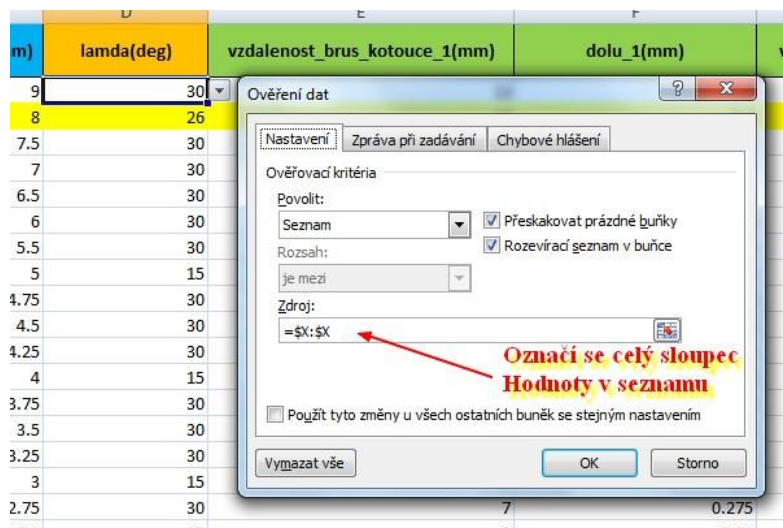
Dále se vytvoří hlavní tabulky.

Tabulky: Varianta, průměr, Poloměr, lamda, vzdálenost brus kotouče 1

| Varianta | prumer(mm) | Polomer(mm) | lamda(deg) | vzdalenost_brus_kotouce_1(mm) |
|----------|------------|-------------|------------|-------------------------------|
| 1 | 18 | 9 | 30 | 12 |
| 2 | 16 | 8 | 30 | 12 |
| 3 | 15 | 7.5 | 30 | 12 |
| 4 | 14 | 7 | 30 | 10 |
| 5 | 13 | 6.5 | 30 | 10 |
| 6 | 12 | 6 | 30 | 9 |
| 7 | 11 | 5.5 | 30 | 8 |
| 8 | 10 | 5 | 30 | 8 |
| 9 | 9.5 | 4.75 | 30 | 8 |
| 10 | 9 | 4.5 | 30 | 8 |
| 11 | 8.5 | 4.25 | 30 | 8 |
| 12 | 8 | 4 | 30 | 8 |
| 13 | 7.5 | 3.75 | 30 | 8 |
| 14 | 7 | 3.5 | 30 | 8 |
| 15 | 6.5 | 3.25 | 30 | 8 |
| 16 | 6 | 3 | 30 | 7 |
| 17 | 5.5 | 2.75 | 30 | 7 |
| 18 | 5 | 2.5 | 30 | 6 |
| 19 | 4.5 | 2.25 | 30 | 6 |
| 20 | 4 | 2 | 30 | 5 |
| 21 | 3.5 | 1.75 | 30 | 5 |
| 22 | 3 | 1.5 | 30 | 5 |
| 23 | 2.5 | 1.25 | 30 | 4.5 |
| 24 | 2 | 1 | 30 | 4 |

Všechny tabulky, kromě **lamda**, se vytvoří pomocí opsání čísel (ty se nemění). V tabulce **lamda** se čísla mění (výběr ze seznamu). Seznam v buňce se vytvoří pomocí vytvořených pomocných tabulek. Tato pomocná tabulka obsahuje čísla, která se zobrazí ve vytvořeném seznamu.

Vybere se karta **Data** → skupina **Datové nástroje** → položka **Ověření data**. Zobrazí se okno (viz. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).



Obrázek 95

V okně se vyplní: **Zdroj**=sloupec s hodnotami u pomocné tabulky **lamda_hodnoty**; **Povolit**=Seznam. Klikne se na OK. Po kliknutí do buňky a následně na malou šipku na kraji se rozbílí seznam hodnot, z kterých se dá vybírat. Aby se nemuselo v každé buňce extra zadávat seznam, označí se tato buňka a stáhne se na všechny potřebné řádky (stejný princip, když se má napsat číslo např. 1 do všech sloupců=>napiše se do jednoho řádku a pak se stáhne do ostatních řádků).

Tabulky: dolu 1, vzdálenost brus kotouče 2, dolu 2, vzdálenost brus kotouče 3

| dolu_1(mm) | vzdalenost_brus_kotouce_2(mm) | dolu_2(mm) | vzdalenost_brus_kotouce_3(mm) |
|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| 0.9 | 1 | 1.98 | 1.162 |
| 0.8 | 1 | 1.76 | 1.134 |
| 0.75 | 1 | 1.65 | 1.106 |
| 0.7 | 1 | 1.54 | 1.078 |
| 0.65 | 1 | 1.43 | 1.05 |
| 0.6 | 1 | 1.32 | 1.022 |
| 0.55 | 1 | 1.21 | 0.994 |
| 0.5 | 1 | 1.1 | 0.966 |
| 0.475 | 1 | 1.045 | 0.938 |
| 0.45 | 1 | 0.99 | 0.91 |
| 0.425 | 1 | 0.935 | 0.882 |
| 0.4 | 1 | 0.88 | 0.854 |

| | | | |
|-------|---|-------|-------|
| 0.375 | 1 | 0.825 | 0.826 |
| 0.35 | 1 | 0.77 | 0.798 |
| 0.325 | 1 | 0.715 | 0.77 |
| 0.3 | 1 | 0.66 | 0.742 |
| 0.275 | 1 | 0.605 | 0.714 |
| 0.25 | 1 | 0.55 | 0.686 |
| 0.225 | 1 | 0.495 | 0.658 |
| 0.2 | 1 | 0.44 | 0.63 |
| 0.175 | 1 | 0.385 | 0.602 |
| 0.15 | 1 | 0.33 | 0.574 |
| 0.125 | 1 | 0.275 | 0.546 |
| 0.1 | 1 | 0.22 | 0.518 |

Tabulky: dolu 3, b3, uhel cela šroubovice, stoupání šroubovice

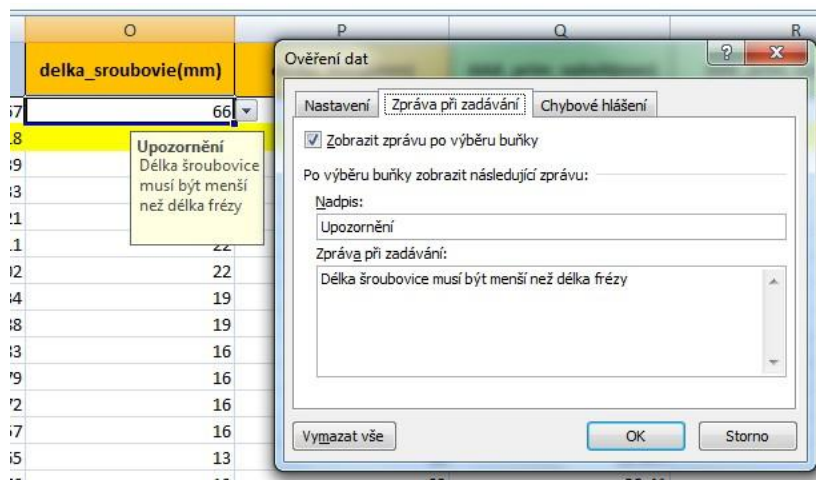
| dolu_3(mm) | b3(mm) | uhel_cela_sroubovice(deg) | stoupani_sroubovice(mm) |
|------------|--------|---------------------------|-------------------------|
| 1.98 | 1.5 | 8 | 97.94516567 |
| 1.76 | 1.5 | 8 | 103.0595118 |
| 1.65 | 1.2 | 8 | 81.62097139 |
| 1.54 | 1.2 | 8 | 76.1795733 |
| 1.43 | 1.2 | 8 | 70.73817521 |
| 1.32 | 1 | 8 | 65.29677711 |
| 1.21 | 1 | 8 | 59.85537902 |
| 1.1 | 1 | 8 | 117.245834 |
| 1.045 | 0.8 | 8 | 51.69328188 |
| 0.99 | 0.8 | 8 | 48.97258283 |
| 0.935 | 0.8 | 8 | 46.25188379 |
| 0.88 | 0.8 | 8 | 93.7966672 |
| 0.825 | 0.8 | 8 | 40.8104857 |
| 0.77 | 0.8 | 8 | 38.08978665 |
| 0.715 | 0.5 | 8 | 35.3690876 |
| 0.66 | 0.5 | 8 | 70.3475004 |
| 0.605 | 0.5 | 8 | 29.92768951 |
| 0.55 | 0.5 | 8 | 58.622917 |
| 0.495 | 0.5 | 8 | 52.7606253 |
| 0.44 | 0.5 | 8 | 46.8983336 |
| 0.385 | 0.4 | 8 | 41.0360419 |
| 0.33 | 0.4 | 8 | 35.1737502 |
| 0.275 | 0.4 | 8 | 29.3114585 |
| 0.22 | 0.3 | 8 | 23.4491668 |

Ve sloupci **Uhel_cela_sroubovice** se vytvoří seznam. Vytvoří se stejným postupem s tím rozdílem, že v položce zdroj jsou jiné hodnoty; **Zdroj**=sloupec s hodnotami u pomocné tabulky **Uhel_cela_sroubovice_hodnoty**. Ve sloupci **stoupaní_sroubovice** je vzorec $=(\text{PI}()*\text{B2})/\text{TG}((\text{D2}*\text{PI}())/180)$. Tento vzorec z prvního řádku se přetáhne (stáhne) na zbylé řádky.

Tabulky: dolu 3, b3, uhel cela šroubovice, stoupání šroubovice

| delka_sroubovice(mm) | delka_frezy(mm) | AAA_prim_vybeh(mm) | BBB_prim_vybeh(mm) |
|----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 26 | 92 | 30.111 | 22.083 |
| 26 | 92 | 29.754 | 15.484 |
| 26 | 92 | 26.265 | 14.265 |
| 22 | 83 | 28.521 | 22.101 |
| 22 | 83 | 23.604 | 19.292 |
| 22 | 83 | 19.795 | 15.053 |
| 22 | 83 | 19.105 | 15.237 |
| 19 | 72 | 21.186 | 8.376 |
| 19 | 72 | 16.945 | 14.071 |
| 16 | 67 | 22.136 | 4.05 |
| 16 | 67 | 17.143 | 7.441 |
| 16 | 63 | 22.207 | 10.838 |
| 16 | 63 | 25.805 | 6.273 |
| 13 | 60 | 22.637 | 1.377 |
| 13 | 60 | 22.41 | 1.377 |
| 10 | 57 | 22.215 | 1.377 |
| 10 | 57 | 21.758 | 1.377 |
| 10 | 50 | 21.629 | 2.172 |
| 8 | 50 | 21.399 | 2.172 |
| 8 | 50 | 20.892 | 2.172 |
| 7 | 50 | 20.892 | 2.172 |
| 12 | 32 | 19.538 | 0.796 |
| 6 | 32 | 19.263 | 0.712 |
| 8 | 32 | 18.806 | 0.712 |

Ve sloupci **Délka_sroubovice** se vytvoří seznam. Proveďte se stejným postupem s tím rozdílem, že v položce zdroj jsou jiné hodnoty; **Zdroj**=sloupec s hodnotami u pomocné tabulky



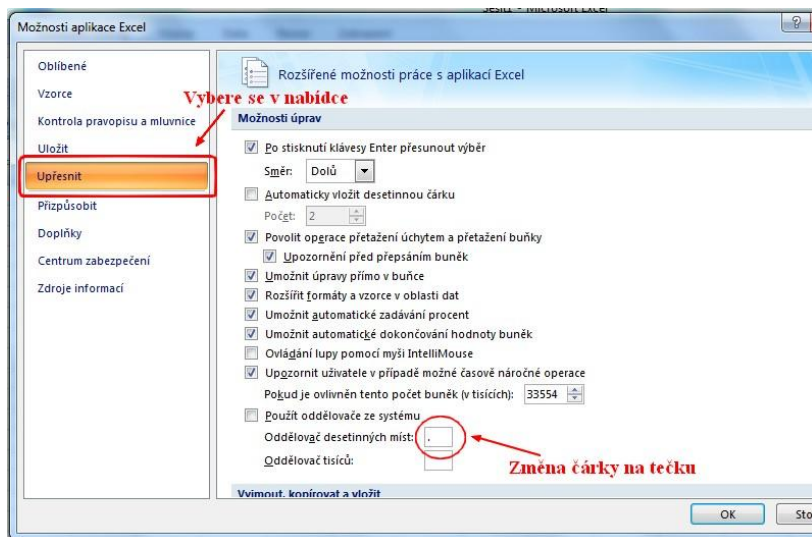
Obrázek 96

Délka_sroubovice_hodnoty. Dále se přidá hláška. V tomto okně se přepne na záložku **Zpráva na zadání** (viz. Obrázek 96). Ve sloupci **Délka_frézy** je opět seznam. Proveďte se

stejným postupem s tím rozdílem, že v položce zdroj jsou jiné hodnoty; **Zdroj**=sloupec s hodnotami u pomocné tabulky **Délka_frézy_hodnoty**. Dále se přidá hláška. Stejná hláška i postup v předchozím případě u sloupce **Délka_sroubovice**.

Tabulky: úhel hřbetu šroubovice, sražení zubu hrana

| Uhel_hrbetu_sroubovice(deg) | Srazeni_zubu_hrana(mm) |
|-----------------------------|------------------------|
| 20 | 0.4 |
| 20 | 0.4 |
| 20 | 0.3 |
| 20 | 0.3 |
| 20 | 0.3 |
| 20 | 0.3 |
| 20 | 0.3 |
| 20 | 0.3 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.2 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |
| 20 | 0.1 |




Obrázek 97

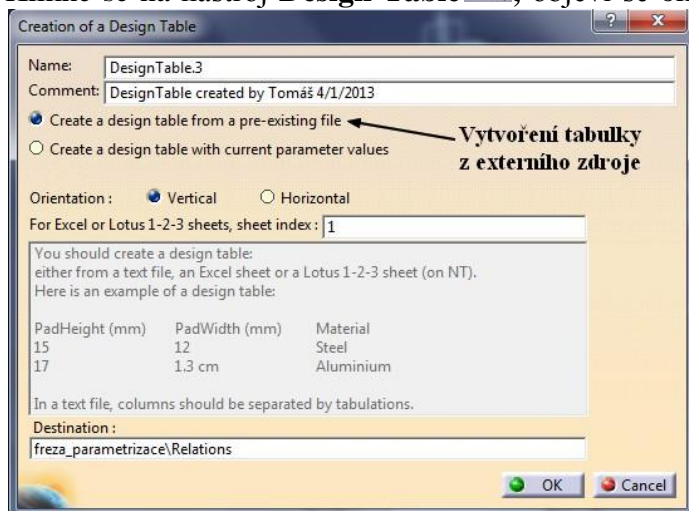
Ve sloupci **Uhel_hrbetu_sroubovice** se vytvoří seznam. Provede se stejným postupem s tím rozdílem, že v položce zdroj jsou jiné hodnoty; **Zdroj**=sloupec s hodnotami u pomocné tabulky **Uhel_hrbetu_sroubovice_hodnoty**.

Pozn. Aby se v Excelu místo desetinné čárky psala tečka, musí se takto postupovat. V hlavním menu se vybere **Možnosti aplikace Excel**. Potom se přepíše čárka na tečku (viz. Obrázek 97).

4.2 Vlastní parametrizace v Catii

V této části se spojí tabulky v **Catii** a **Excelu**.

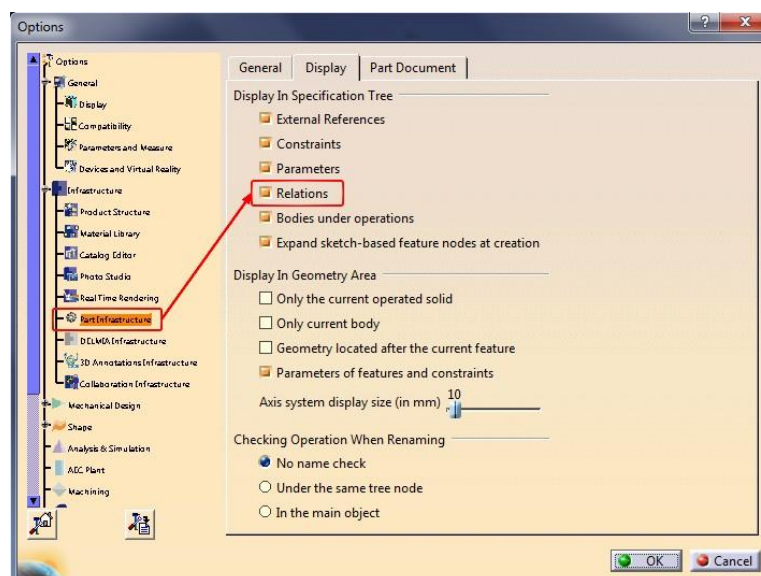
Klikne se na nástroj **Design Table** , objeví se okno (viz. Obrázek 98). Klikne se na OK.



Obrázek 98

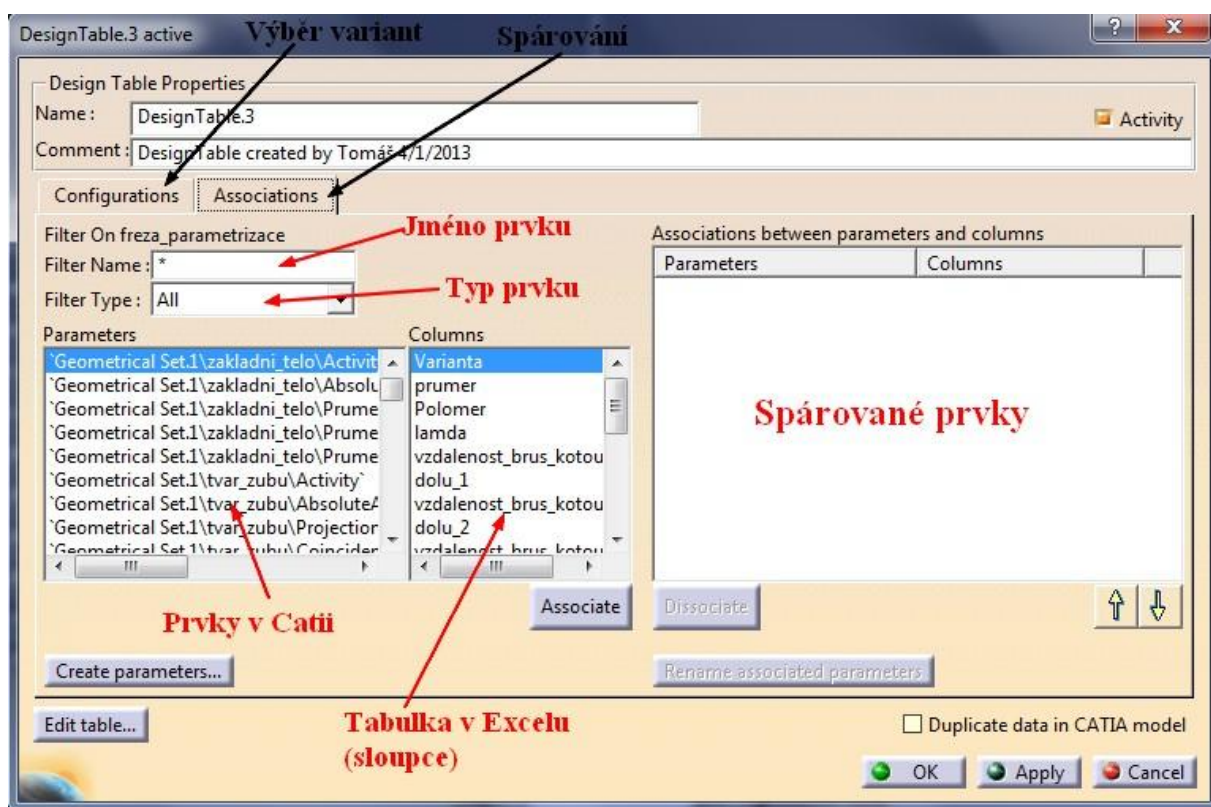
V tomto okně se aktivuje tato záložka (viz. Obrázek 99).

Objeví se okno, v kterém se vybere soubor, kde je vytvořená tabulka (**Parametrizace.xls**). Dále se objeví dotaz, jestli se mají dát automaticky dohromady prvky se stejným názvem (prvky v **Catii** se sloupci v **Excelu**). Vybere se možnost **NE**. Po tomto se objeví samotná tabulka. Než se bude dále pokračovat v popisu, ujistíme se, že **tabulka** je umístěná ve složce **Relations** (ve stromě). Pokud se tato složka nezobrazila, musí se aktivovat. Nahoře v nabídce se vybere **Tools**→**Options**. Zobrazí se okno.



Obrázek 99

Otevře se parametrizační tabulka. Na obrázku (viz. Obrázek 100_Parametrizační_tabulka) lze vidět tři okna. V levém okně jsou zobrazeny prvky v **Catii**, které lze parametrizovat. V prostřední části názvy sloupců z tabulky v **Excelu** a v pravé části lze vidět prvky, které jsou spárované. Princip je takový, že se vybere prvek v levé a prostřední části, které se mají spárovat. Klikne se na **Associate** a prvky jsou spárované. Popřípadě, když bude potřeba, tak zrušení spárování se udělá pomocí **Dissociate**. Klikne se v pravé části na příslušný pár a potom se klikne na **Dissociate**.



Obrázek 100_Parametrizační_tabulka

Teď bude předvedený princip parametrizace prvků na jednom příkladě. Ostatní prvky se udělají na stejném principu.

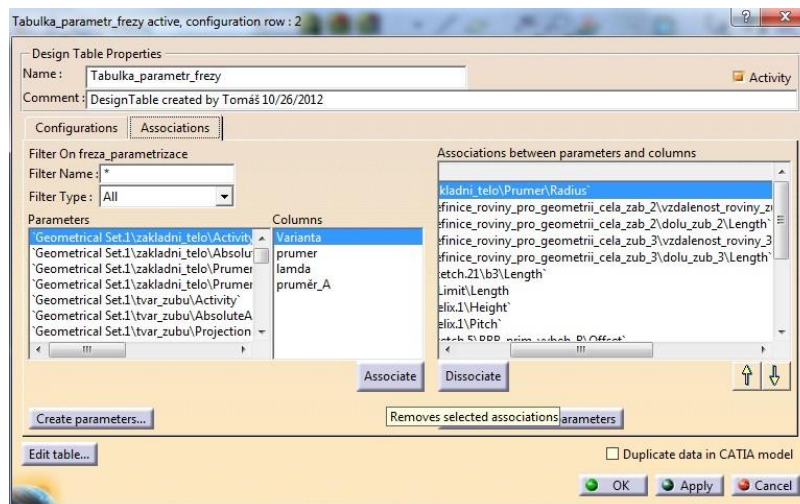
Ukázka bude předvedena na parametrizaci průměru frézy. Zobrazí se tabulka. Přepne se do lišty **Associations**. V prostředním okně se vybere možnost **Poloměr**. Teď se musí najít správný prvek v **Catii** v levém okně. Ve stromě se klikne na skicu **Zakladni_telo**. Tímto se nabídka prvků v levém okně zredukuje na prvky obsažené v této skice. V položce **Filter Type** se vybere možnost **Length**. Tím se ještě nabídka prvků zredukuje pouze na prvky rozměrové. Zůstane zde pouze jedna možnost **Prumer\Radius**. Tato možnost se označí. V tuto chvíli jsou označené prvky v levém a prostředním okně, které mají být spárovat. Klikne se na **Associate**. A prvky jsou spárované.

Teď se spárují, ostatní prvky. Na obrázku (viz. Obrázek 102_Spárované_prvky) je vidět jednotlivé spárované prvky a jejich cesty, jak se k nim dostane.

Na posledních dvou obrázcích je vidět, jak vypadá tabulka po plné parametrizaci. Pracuje se s ní tak, že v záložce **Configurations** se vybírá varianta frézy podle průměru a po stisknutí **OK** se fréza přepočítá na příslušnou variantu. Změna geometrie na fréze se dělá tak, že se mění údaje v tabulce **Excelu** a po následném uložení se tato změna projeví v tabulce v **Catii**.

| Parameters | Columns |
|---|---------------------------|
| `Geometrical Set.1\zakladni_telo\Prumer\Radius` | Polomer |
| `Geometrical Set.1\definice_roviny_pro_geometrii_cela_zab_2\vzdalenost_roviny_zub_2\Length` | vzdalenost_brus_kotouce_2 |
| `Geometrical Set.1\definice_roviny_pro_geometrii_cela_zab_2\dolu_zub_2\Length` | dolu_2 |
| `Geometrical Set.1\definice_roviny_pro_geometrii_cela_zub_3\vzdalenost_roviny_3\Length` | vzdalenost_brus_kotouce_3 |
| `Geometrical Set.1\definice_roviny_pro_geometrii_cela_zub_3\dolu_zub_3\Length` | dolu_3 |
| `Geometrical Set.1\Sketch.21\b3\Length` | b3 |
| PartBody\Pad.1\FirstLimit\Length | delka_frezy |
| `Geometrical Set.1\Helix.1\Height` | delka_sroubovie |
| `Geometrical Set.1\Helix.1\Pitch` | stoupani_sroubovice |
| `Geometrical Set.1\krivka_vybehu\BBB_prim_vybeh_B\Offset` | BBB_prim_vybeh |
| `Geometrical Set.1\krivka_vybehu\AAA_prim_vybeh_A\Offset` | AAA_prim_vybeh |
| `Geometrical Set.1\definice_roviny_pro_geometrii_cela_zub_1\dolu_zub_1\Length` | dolu_1 |
| `Geometrical Set.1\definice_roviny_pro_geometrii_cela_zub_1\vzdalenost_roviny_zub_1\Length` | vzdalenost_brus_kotouce_1 |
| `Geometrical Set.1\tvar_zubu\uhel_hrbetu_sroubovice\Angle` | Uhel_hrbetu_sroubovice |
| `Geometrical Set.1\srazeni_zubu\srazeni_zub\Length` | Srazeni_zubu_hrana |

Obrázek 102_Spárované_prvky



Obrázek 101_Konečná_tabulka_1

| Line | 'Geometrical Set.1\zakladni_telo\Prumer\Radius' | 'Geometrical Set.1\definice_roviny_pro_geometrii_cela_zab_2\vzdalenost_roviny' |
|------|---|--|
| 1 | 9mm | 1mm |
| <2> | 8mm | 1mm |
| 3 | 7.5mm | 1mm |
| 4 | 7mm | 1mm |
| 5 | 6.5mm | 1mm |
| 6 | 6mm | 1mm |
| 7 | 5.5mm | 1mm |
| 8 | 5mm | 1mm |
| 9 | 4.75mm | 1mm |
| 10 | 4.5mm | 1mm |
| 11 | 4.25mm | 1mm |
| 12 | 4mm | 1mm |
| 13 | 3.75mm | 1mm |

Obrázek 103_Konečná_tabulka_2

4.3 Doplnění k parametrizaci

V předchozím oddílu parametrizace se popisoval obecný postup parametrizace. Nevýhoda byla ta, že se pro změnu parametrů musí pracovat s tabulkou v Excelu. Pro uživatele je mnohem příjemnější pracovat pouze v Catii. Proto se vytvořily ještě tabulky, v kterých se mění parametry bez toho, aby se muselo pracovat s tabulkou v Excelu. Ale nejsou v takovém rozsahu, co umožňuje tabulka s vytvořenými seznamy v prvním případě.

V praxi se vytvářejí právě jednotlivé tabulky, aby uživatel měl příjemnou práci v Catii. V praxi není nutná taková variabilita příslušného modelu.



Obrázek 104_Tabulky

5 Závěr

Tato práce se zabývá metodikou konstrukce v Catii a následné parametrizace.

V teoretické části je práce zaměřena hlavně na teorii týkající se konstrukce frézy a následné parametrizace frézy.

V praktické části se práce věnuje popisu konstrukce a parametrizace frézy. V obou těchto částech je nastíněná metodika konstrukce a následný přesný popis provedení konstrukce krok po kroku.

Drážky na obvodu frézy se tvoří pomocí vytvořených ploch. Drážky na čelní části frézy jsou vytvářené pomocí vymodelovaných brusných kotoučů, touto metodou vymodelování se velmi přibližujeme k reálnému stavu skutečného broušení na stroji.

V další části se práce zabývá základy parametrizace pomocí tabulek v Excelu. Je zde opět popsána metodika parametrizace a následně popis parametrizace vymodelované frézy. Práce popisuje tvorbu tabulky, v které jsou vytvořené seznamy. Seznamy umožňují velkou variabilitu změny geometrie na fréze. V praxi se tyto tabulky se seznamy nepoužívají, jelikož je to pro uživatele nepohodlné. Pro uživatele je mnohem pohodlnější mít všechny změny geometrie zahrnuté v tabulkách, které se vytvoří v Catii. V této práci jsou vytvořené ještě samostatné tabulky právě proto, aby uživatel mohl pracovat pouze s tabulkami v Catii. V praxi se právě vytvářejí samostatné tabulky, ale mají nevýhodu v tom, že při rozsáhlé variabilitě modelu je náročné vytvoření všech tabulek, které zahrnují celkovou proměnlivost modelu.

Práce obsahuje jednotlivé tabulky, v každé samostatné tabulce se mění jedna zvolená základní hodnota frézy. Práce obsahuje také jednu univerzální tabulku se seznamy, která zachycuje plnou variabilitu modelu.

V současné době je tvorba v 3D programech nedílnou součástí při navrhování nástrojů. Z práce je vidět, že správná metodiky tvorby modelu frézy je náročná, ale pro parametrizování modelů velmi nezbytná.

6 Literatura

- [1] CHLADIL, Josef. Přípravky a nástroje: Část-Obrábění. 3. vyd. Brno: VUT, 1992, 157s. Učební text vysokých škol. ISBN 80-214-0408-6
- [2] PRAMET. *Katalog frézování*. 2012, 318 s. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>
- [3] SOVA, František. Technologie obrábění a montáže: Část-Obrábění. 3. vyd. Brno: Západočeská univerzita, 2001 157 s. Učební text vysokých škol. ISBN 80-708-2823-4
- [4] ING.ŘASA, Jaroslav. *Výpočetní metody v konstrukci řezných nástrojů*. Praha: SNTL, 1986.
- [5] SCHNIDT, Eduard. Příručka řezných nástrojů. Vyd. 1 Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1967, 484 s . Řada strojírenské literatury
- [6] NOVOTNÝ, MICHAL. *METODY POVLAHOVÁNÍ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ* [online]. Brno, 2012 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/9670/Metody_povlakovani_reznych_nastroju.pdf?sequence=1. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce doc. Ing. ANTON HUMÁR, CS c.
- [7] PROKEŠ, DAVID. *VÝROBA A OSTŘENÍ NÁSTROJŮ ZE SLINUTÝCH KARBIDŮ* [online]. Brno, 2012 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/11245/BP_Proke%20A1_Vyroba_a_ostren%C3%AD_slinute_karbidy.pdf?sequence=1. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. MILAN KALIVODA.
- [8] PRAMET. *Katalog monolitní fréza*. 2012, 125 s. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>
- [9] Roud, P., Doplnění nových poznatků Zpráva pro projekt inovativní akce OPPI "Zlepšení Technicko-technologických procesů ve firmě HOFMEISTER", Plzeň 2010
- [10] TICKOO, SHAM. CATIA: Kompletní průvodce. Brno Albatros media a.s, 2012. ISBN 978-80-251-3527-3
- [11] FABIAN, Michal a Emil SPIŠÁK. *Navrhování a výroba s pomocí CA. technologií*. Brno: CCB, 2009. Edice vědecké a odborné literatury. ISBN 978-80-85825-65-7.
- [12] PRAMET. *Katalog monolitní fréza*. 2012, 125 s. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>
- [13] SMÍTAL, Tomáš. *Návrh způsobu výroby nástroje a jeho ostření na CNC brusce WALTER*. BRNO, 2011. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/2798/BP_Sm%20Tal.T.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. MILAN KALIVODA.

[14] MUSIL, Michal. *Příprava řezného nástroje před povlakováním*. BRNO, 2010. Dostupné z:
https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/18020/2010_BP_Michal_Musil_101487_Priva_rezneho_mat.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. Anton Humár, CSc.

