

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství

Studijní zaměření: Programování NC strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technologická příprava výroby bočních sedel kontrolního přípravku

Autor: **Jiří Šimeček**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří VYŠATA, Ph. D.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří ŠIMEČEK**
Osobní číslo: **S11B0353P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Programování NC strojů**
Název tématu: **Technologická příprava výroby bočních sedel kontrolního přípravku**
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
2. Analýza součásti
3. Návrh výroby
4. Tvorba programů pro CNC stroje
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

- **JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.:** Programování NC strojů. Plzeň: ZČU, 2000.
- **VRABEC, M., MÁDL, J.:** NC programování v obrábění. Praha: ČVUT, 2004.
- **STANĚK, J., NĚMEJC, J.:** Metodika zpracování a úprava diplomových prací. Plzeň: ZČU, 2005.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 20. října 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Vyšatovi, Ph.D. za vstřícné jednání, důležité rady a odborné vedení při psaní práce

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Šimeček		Jiří
STUDIJNÍ OBOR	B2341 „Programování NC strojů“		
VEDOUcí PRÁCE	Ing. Vyšata Ph.D.		Jiří
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Technologická příprava výroby bočních sedel kontrolního přípravku		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	50	TEXTOVÁ ČÁST	36	GRAFICKÁ ČÁST	14
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Tato práce se zaměřuje na přípravu a realizaci výroby dvou součástí pomocí CAD/CAM systému a počítačově řízeného stroje. Vyrobené součásti jsou sedla měřicího přípravku pro automobilové výfuky.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Výroba, technologie, strategie, CNC, CAM, CAD, obrábění, plast, frézování, Catia

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Simecek		Jiri
FIELD OF STUDY	B2341 "Programming of NC Machines"		
SUPERVISOR	Ing. Vysata Ph.D		Name Jiri
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Preparation of production technology for side seats of inspection device		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	50	TEXT PART	36	GRAPHICAL PART	14
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This work focuses on the preparation and implementation of production of two parts using CAD / CAM systems and computer-controlled machines. The manufactured components are part of the measurement of automotive exhaust.
KEY WORDS	Manufactory, technology, CAM, machining, milling, plastic, CNC, Catia, strategy

Obsah

1. Úvod.....	10
1.1 Podstata práce.....	10
2 Analýza problému.....	10
2.1 Analýza součástí.....	11
2.1.1 Výkresová dokumentace, 3D modely.....	11
2.1.2 Tvar součástí.....	12
Tvar sedla I.....	12
Tvar sedla II.....	13
2.1.3 Materiál.....	14
2.1.4 Rozvaha o technologičnosti součástí.....	15
2.2 Analýza technických prostředků.....	16
2.2.1 Stroje.....	16
2.2.2 Nástroje.....	20
2.2.3 Ostatní technické prostředky.....	21
3 Návrh výroby.....	21
3.1 Návrh postupu frézování s ohledem na upnutí.....	22
Sedlo I.....	22
Sedlo II.....	23
3.2 Tvorba programu.....	23
3.2.1 Import modelů a nastavení softwaru Catia V5.....	23
3.2.2 Aplikace obráběcích strategií na součásti.....	24
Sedlo I.....	26
Sedlo II.....	29
3.2.3 Export programu a realizace výroby.....	33
4 Závěr.....	35
Seznam použité literatury.....	36
Seznam příloh.....	36

Seznam obrázků

Obr. 1: Sestava celého měřicího přípravku pro výfukové potrubí.....	9
Obr. 2: Náhled výrobního výkresu pro sedlo I.....	10
Obr. 3: Náhled výrobního výkresu pro sedlo II.....	10
Obr. 4: Sedlo I. (horní strana).....	11
Obr. 5: Sedlo I. (spodní strana).....	11
Obr. 6: Tvar sedla II. (horní strana).....	12
Obr. 7: Tvar sedla II. (spodní strana).....	12
Obr. 8: Ukázka použití materiálu Delrin®.....	13
Obr. 9: Náhled podstavy s příložkou sedla I.....	14
Obr. 10: Náhled podstavy s příložkou sedla II.....	14
Obr. 11: Obráběcí centrum DMU 65 MonoBLOCK®.....	15
Obr. 12: Stroj MAS MCV 750A.....	16
Obr. 13: Schém. ukázka obr. konkávních ploch.....	19
Obr. 14: Upnutí sedla I. (druhá strana).....	21
Obr. 15: Upnutí sedla I. (první strana).....	21
Obr. 16: Upnutí sedla II. (první strana).....	22
Obr. 17: Upnutí sedla II (druhá strana).....	22
Obr. 18: Dialogové okno Part Operation.....	23
Obr. 19: Funkce Z-level.....	23
Obr. 20: Funkce Contour driven.....	23
Obr. 21: Dialogové okno pro nastavení parametrů strategií.....	24
Obr. 22: Dráha nástroje při operaci Profile Contouring.....	25
Obr. 23: Dráha nástroje při operaci Facing.....	25
Obr. 24: Dráha nástroje při operaci Profile Contouring.....	26
Obr. 25: Dráha nástroje při operaci Roughing.....	26
Obr. 26: Dráha nástroje při operaci Contour Driven.....	26
Obr. 27: Dráha nástroje při operaci Drilling.....	27
Obr. 28: Simulace první strany sedla I.....	27
Obr. 29: Simulace druhé strany sedla I.....	27
Obr. 30: Dráha nástroje při operaci facing.....	29
Obr. 31: Dráha nástroje při operaci Profile Contouring.....	29
Obr. 32: Dráha nástroje při operaci Roughing.....	29
Obr. 33: Dráha nástroje při operaci Contour Driven.....	30
Obr. 34: Dráha nástroje při operaci Contour Driven.....	30
Obr. 35: Vyklonění virtuálního obrobku při programování.....	30
Obr. 36: Dráha nástroje při operaci Drilling.....	31
Obr. 37: Dráha nástroje při operaci Reaming.....	31
Obr. 38: Dráha nástroje při operaci Drilling.....	31
Obr. 39: Dialogové okno pro volbu postprocesoru.....	33
Obr. 40: Dialogové okno pro volbu typu dat a cílové složky.....	33
Obr. 41: Třísky z výroby sedel.....	34

Seznam tabulek

Tabulka 1: Charakteristika stroje MCV 750A.....	21
Tabulka 2: Použité nástroje při výrobě obou sedel.....	24
Tabulka 3: Tabulka řezných podmínek jednotlivých operací při výrobě prvního sedla.....	32
Tabulka 4: Tabulka řezných podmínek jednotlivých operací při výrobě druhého sedla.....	39

Přehled použitých zkratk a symbolů

CNC	Computer Numeric Control (počítačově řízený stroj)
CAD	Computer Assisted Design (počítačově podporované modelování)
CAM	Computer Assisted Machining (počítačově podporované obrábění)
3D	Prostorový tvar ve třech osách (dimenzích)
mm	Milimetry
∅	Průměr
POM-H	Polyacetal homopolymer
°	Stupeň (úhlová jednotka)
*.pdf	Formát souboru s výkresy
*.stp	Formát souboru s 3D modely součástí
t_{BC}	Přípravné časy
ISO	Mezinárodní norma
HSK	Typ držáků pro upínání fréz
a_p	Hloubka třísky při obrábění
M8	Metrický závit
%	Procento

1. Úvod

Hlavním smyslem podnikání ve výrobě je generování zisku. Je tedy zřejmé, že by podnikatel měl mít zájem na ekonomičnosti výroby svých produktů a proto je vhodné aby zvažoval možnost různých výrobních prostředků a technologií, které má k dispozici ze svých kapacit, ale v některých případech i z kapacit jiných firem v rámci kooperace. Důvodem je vliv na snižování celkových nákladů. Ekonomická výhodnost výroby, je v prospěch výrobce, ale také zákazníka. Nižší náklady pro něj znamenají nižší cenu finálního výrobku.

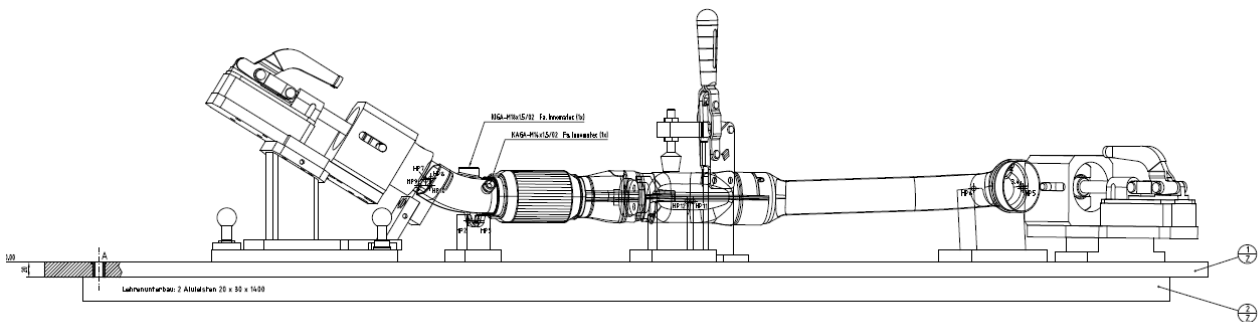
V úvahu se ale musí brát fakt, že výroba na strojích s CNC řízením je spojena s vyšší kvalifikovaností pracovníků pracujících na přípravě výroby, a ta se může promítnout do konečných nákladů. To se negativně projeví hlavně při kusové výrobě. Proto je v takovém případě třeba tyto práce pokud možno co nejvíce redukovat. Těmto pracem se ale nevyhneme pokud obrábíme tvarově složité součásti, které takovýto přístup přímo vyžadují. To je případ součástí, které mají být vyrobeny v rámci zakázky, kterou se zabývá i tato práce. Výroba na ručních strojích by byla pravděpodobně nerealizovatelná. Jedná se o součásti, které nazýváme „boční sedla“.

Obě sedla jsou součásti na nichž se vyskytují tvarové plochy, které nejsou jednoznačně definované pomocí kót na výkresech. Z hlediska výroby je tedy nutné použití CAM systému.

Tato sedla jsou součástí kontrolního přípravku určeného pro základní měření automobilových výfuků. Sedla zajišťují polohu výfuků a jsou celkem tři. Tvarové a rozměrové požadavky jsou stanoveny 3D modely a výrobními výkresy, které dodal zákazník – firma WOWEMA GmbH.

1.1 Podstata práce

Předmětem této práce je návrh výroby bočních sedel měřicího přípravku automobilových výfuků pro firmu WOWEMA GmbH dle tvarových i rozměrových požadavků, které jsou stanoveny 3D modely a výrobními výkresy, jež dodal zákazník. Těžištěm práce je volba vhodné technologie obrábění, optimalizace výrobních strategií a tvorba programu pro tyto součásti vyráběné na stroji s CNC řízením.



Obr. 1: Sestava celého měřicího přípravku pro výfukové potrubí

2 Analýza problému

Pro vhodný a efektivní výběr technologie, obráběcích strategií a výrobních prostředků je výhodné před započítáním těchto rozhodovacích procesů zjistit výchozí stav celého problému. Tato analýza může zajistit plynulejší chod všech následujících prací na obráběných součástech.

2.1 Analýza součásti

Rozbor vlastností obrobku je základem pro volbu technických prostředků a slouží k seznámení se s tvarem součástí, s požadavky zadavatele, s materiálem apod.

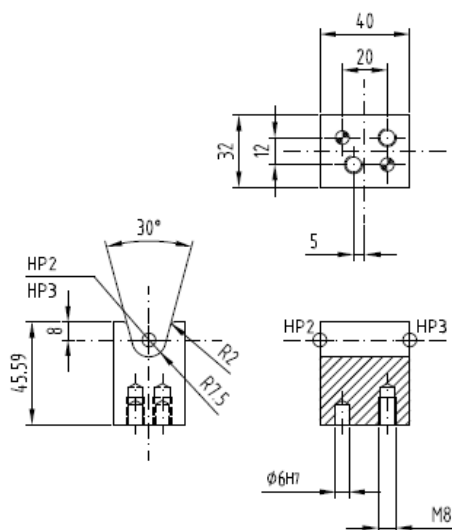
2.1.1 Výkresová dokumentace, 3D modely

Zákazník dodal výkresovou dokumentaci celé sestavy přípravku a jednotlivé výrobní výkresy ve formátu *.pdf (viz. Příloha č.1), dále také 3D modely obou součástí ve formátu *.stp.

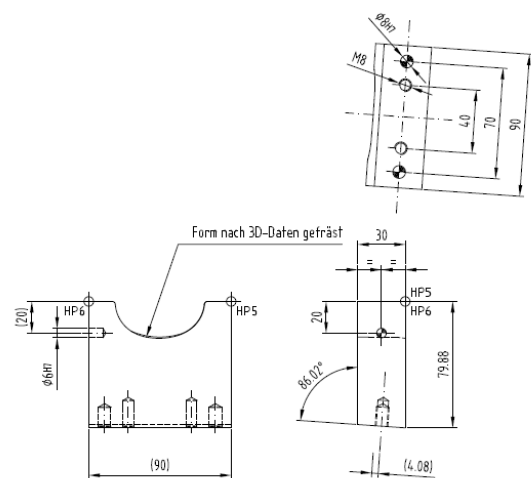
Z výrobních výkresů je patrné, že vnější rozměry charakterizující součásti jsou méně důležité. Na výrobních výkresech nenajdeme kromě otvorů s tolerancemi H7¹ žádnou hodnotu délkové ani geometrické tolerance vyžadující vyšší přesnost. Zákazník klade důraz na přesnost tvaru funkční, respektive dotykové plochy, která je určena 3D modelem a odkazuje na tuto skutečnost informací na odkazové čáře směřující na již zmíněný tvar.

Na výrobních výkresech nebyly zakótovány hloubky všech otvorů a proto bylo využito 3D modelů k jejich doměření v softwaru *Catia V5R20*². Patrné jsou další chyby v technickém kreslení jako například netolerované polohy přesných otvorů apod.

3D modely byly po importování do CAD/CAM programu v pořádku a nevyžadovali žádné úpravy. Jejich plochy byly pevně zavazbeny ve všech směrech a plochy nebyly nijak degradované. Oba modely byly použitelné pro technickou přípravu výroby.



Obr. 2: Náhled výrobního výkresu pro sedlo I.



Obr. 3: Náhled výrobního výkresu pro sedlo II.

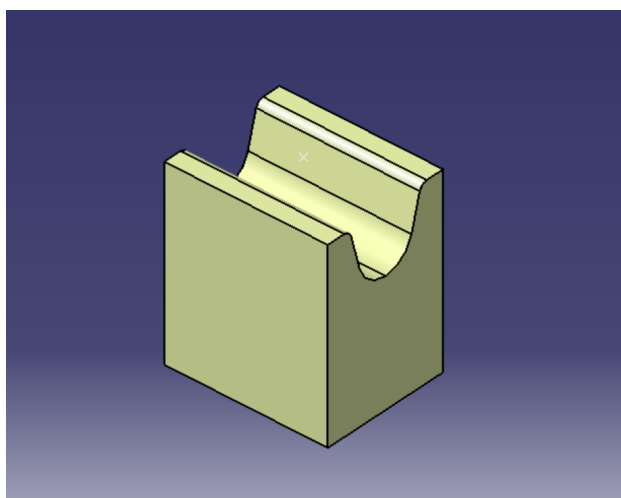
1 H7 je označení tolerance pro díru dle stupňů přesnosti IT

2 Catia V5R20 je CAD/CAM systém, v kterém byly součásti zpracovávány

2.1.2 Tvar součástí

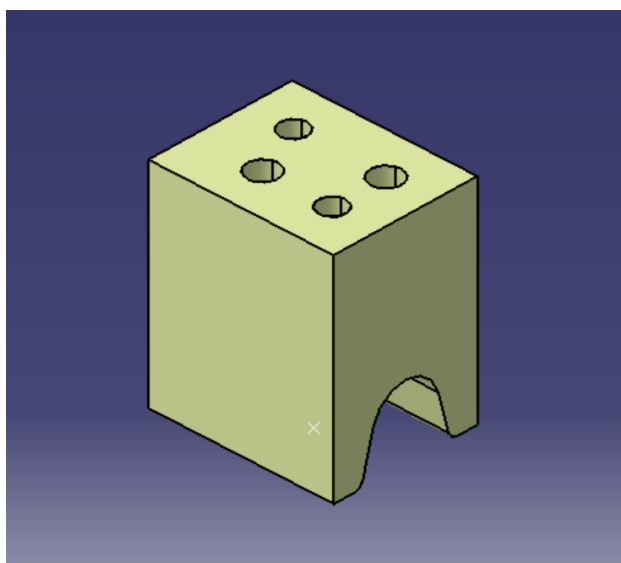
Tvar sedla I.

Základním tvarem sedla je kvádr o rozměrech $40 \times 32 \times 46$ mm s tvarovou drážkou uprostřed horní plochy. Model součásti je vyobrazen na obrázku Obr. 4: Sedlo I. (horní strana). Tvarová drážka je rovnoběžná s delší stranou kvádrů a je hluboká 15,5 mm. Drážka i celá součást jsou symetrické podle roviny procházející středem profilu drážky. Drážka plynule přechází rádiusem R2 z horní plochy kvádrů směrem ke středu součásti tečně na plochu, která je skloněna pod úhlem 30° od svislého směru. Na tuto rovinnou plochu opět tangenciálně navazuje rádius R7,5, který tvoří dno drážky.



Obr. 4: Sedlo I. (horní strana)

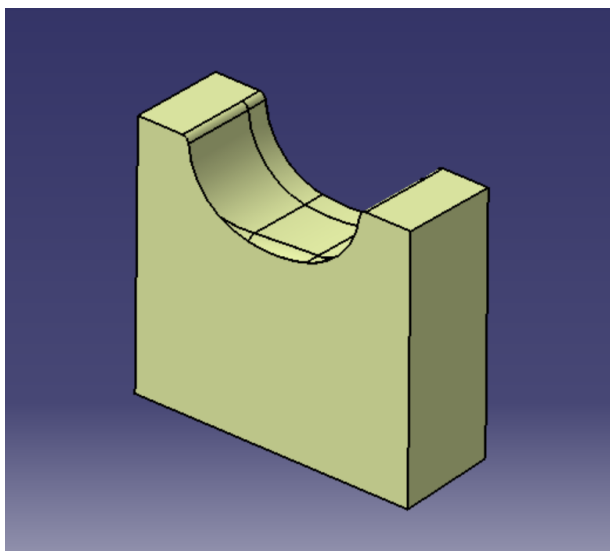
Na protilehlé (spodní) ploše jsou čtyři díry, jejichž rozmístění je asymetrické a je zřejmé z obrázku Obr. 5: Sedlo I. (spodní strana). Dvě díry jsou se závitem M8 a dvě díry bez závitu 6mm s tolerancí H7.



Obr. 5: Sedlo I. (spodní strana)

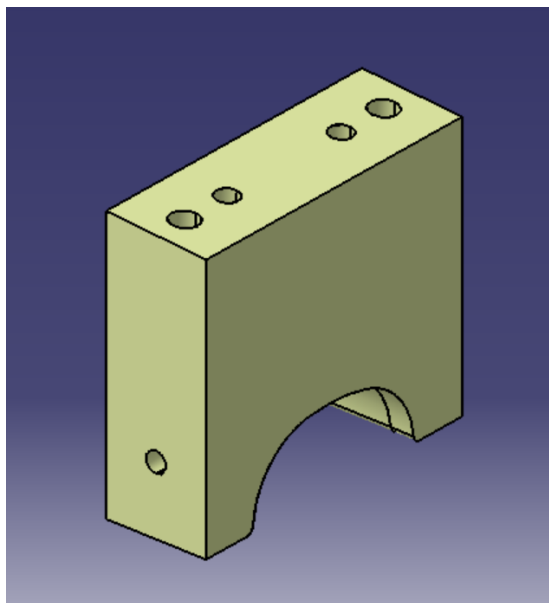
Tvar sedla II.

Základem druhého sedla je tvar úzkého kvádru o rozměrech $90 \times 30 \times 80$ mm. Na horní straně je opět symetrická tvarová drážka, ale její rovina symetrie je kolmá na delší stranu kvádru. Tvar této drážky není definován jednoduchými kótovatelnými tvary, nýbrž obecnými plochami. Je tedy celkově složitější než v případě prvního sedla. Přesný tvar této drážky je dán 3D modelem (Obr. 6: Tvar sedla II. (horní strana)).



Obr. 6: Tvar sedla II. (horní strana)

Spodní plocha, která je protilehlá k tvarovému vybrání, je zkosena pod úhlem 4° . Úhel je možno zakótovat v rovině symetrie a proto i zkosení a vlastně celá součást jsou symetrické. Ve zkosené spodní straně jsou opět otvory a jsou na tuto plochu kolmé. Všechny díry leží na delší ose symetrie spodní plochy, dvě z nich jsou bez závitu 8mm s tolerancí H7 a dvě jsou se závitem M8. Na boční stěně je pak díra o průměru 6mm s tolerancí H7.



Obr. 7: Tvar sedla II. (spodní strana)

2.1.3 Materiál

Sedla jsou vyrobena z materiálu označovaného v popisovém poli výrobních výkresů jako *DBLRIN*. Patrně je míněn *DELRIN*, což je obchodní označení termoplastu *Polyacetal homopolymer* neboli „*POM-H*“³. Tento materiál má bílou barvu a je využíván pro svou vysokou⁴ pevnost, houževnatost, nenasákavost, rozměrovou stabilitu, odolnost vůči lubrikantům, rozpouštědlům, benzinu a také pro vynikající kluzné vlastnosti.

Další obchodní označení tohoto materiálu v různých modifikacích jsou například: *Celcon*, *Ramtal*, *Duracon*, *Kepital* nebo *Hostaform*. V průmyslu je používán například pro výrobu malých ozubených kol, kuličkových ložisek a je také hojně využíván v automobilovém průmyslu.[1]

Pro sedla měřicího přístroje mají vlastnosti zmíněného materiálu následující dopad. Relativně vysoká tuhost a rozměrová stabilita přispívá k pevné aretaci polohy výfuků vůči přípravku a neměnnosti přítláčných sil v čase, čímž napomáhá stabilitě výsledků měření a dlouhodobé použitelnosti přípravku. Další významný vliv má jeho nízká cena, která je v dnešní době velmi důležitým aspektem nejn při technických návrzích. Pozitivem je pro měření přímo ve výrobě také jeho chemická odolnost.



Obr. 8: Ukázka použití materiálu Delrin® [2]

3 POM-H je zkratka pro polyacetal homopolymer.

4 Vysoké hodnoty mechanických vlastností se myslí ve srovnání s jinými plasty.

2.1.4 Rozvaha o technologičnosti součástí

Z kapitol 2.1.1, 2.1.2 a 2.1.3 je patrné, že součásti jsou relativně malých rozměrů a proto jejich velikost pravděpodobně nebude nijak značně komplikovat výrobu. Tvar součástí je z části tvořen obecnými plochami, které nejsou definované jednoduchými geometrickými prvky, jako je například kružnice nebo přímka, ale pouze 3D modely, proto je nutné využít pro jejich výrobu počítačově řízený stroj, který zaručí shodu tvaru vyrobených součástí s 3D modely.

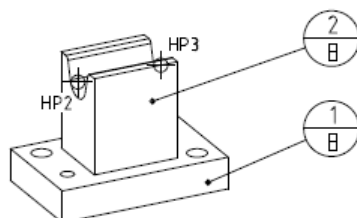
První sedlo má tvar, který je za předpokladu vhodně zvoleného polotovaru vyrobitelný na dvě upnutí v běžném svěráku a nepotřebuje kromě geometricky přesných podložek žádné další upínací přípravky.

Tvar druhého sedla je pro výrobu obtížnější z důvodu zkosené spodní plochy (viz. 2.1.2). Tuto plochu by bylo možno vyrobít po přeupnutí obvodem stopkové frézy nebo „vyřádkováním“ toroidní frézou, ale z výkresové dokumentace je patrné, že všechny díry na této ploše jsou k ní kolmé, a proto je nutné využití buď pěti-osého stroje s otočným stolem, nebo vyklopení celé součásti o odpovídající úhel výklopným úhlovým svěrákem na tří-osém stroji.

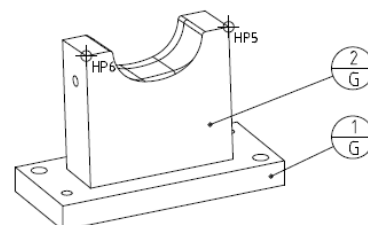
Přesnost a drsnost součástí je stanovena zákazníkem a je v souladu s jejich funkcí a použitím (jediným vyšším požadavkem na přesnost byly díry s tolerancí H7). Nezatěžuje tedy nadměrně čas přípravy ani samotné výroby a nepředstavuje příliš vysoké nároky na výběr technických prostředků.

Polotovary by měly mít takové přídatky pro obrábění, aby byla zaručena minimální hloubka třísky během celého procesu výroby a předešlo se tak případným tvarovým či rozměrovým nepřesnostem nebo případně nevyhovující jakosti povrchu. Pro obě součásti by měly být polotovary zvětšeny také o technologický příravek pro upnutí. Tento příravek by měl zaručit obrobení obvodu součástí v jejich plné výšce na jedno upnutí. Takto je možné snížit nutný počet přeupínání a tím se vyhnout potenciálním chybám ve výrobě.

Pokud budeme hodnotit technologičnost konstrukce sedel vůči celému výrobku, čímž je celý příravek pro měření výfuků, je takové hodnocení úzce spjato s technologičností z hlediska montáže. S ohledem na funkci sedel je koncepce jejich zajištění a upnutí na příravek jednoduchá a funkční. Princip montáže znázorňují obrázky 9 a 10. Je možno si na nich všimnout, že sedla jsou připevněna na příložky, které jsou dále spojeny se samotným tělem přípravku. K příložkám jsou sedla uchycena dvěma šrouby a dvěma kolíky, které zajišťují jejich polohu. Montáž tedy není komplikovaná ani zdlouhavá a sedla lze snadno a rychle vyměnit v případě jejich opotřebení nebo poškození.



Obr. 9: Náhled podsestavy s příložkou sedla I.



Obr. 10: Náhled podsestavy s příložkou sedla II.

Obrobitelnost materiálu *Delrin*®, z kterého mají být sedla vyrobena výrobce definuje jako velice dobrou. Neuvádí však žádné konkrétní hodnoty řezných rychlostí nebo posuvů, nezmiňuje se ani o nutnosti chlazení či vhodnému úhlu geometrie nástroje. Proto v tuto chvíli není možné hodnotit obrobitelnost přesněji a při volbě řezných podmínek se budou brát v úvahu předchozí zkušenosti obsluhy stroje s tímto materiálem. Při špatně zvolených řezných podmínkách je možno korigovat otáčky i posuv potenciometrem stroje v době, kdy nástroj nevykonává dokončovací operace.

2.2 Analýza technických prostředků

Technickými prostředky se zde rozumí reálné možnosti výběru výrobních prostředků pro výrobu obou zadaných součástí. Do technických prostředků jsou tedy zahrnuty především stroje včetně jejich vybavení, jako je například chladicí zařízení. Zahrnuty jsou dále nástroje, ale také například upínače, software nebo postprocessor.

Tato analýza je potřebná zejména kvůli stabilitě toku jednotlivých zakázek ve výrobě, předchází se díky ní čekacím dobám na volnou kapacitu technických prostředků a zároveň zajišťuje celkovou proveditelnost i v technické přípravě výroby.

2.2.1 Stroje

Zvolení vhodného stroje je důležitým faktorem nezbytným pro další technickou přípravu výroby, protože zásadním způsobem rozhoduje o způsobech obrobení konkrétních tvarů. Mezi aspekty ovlivňující výběr vhodného stroje patří například velikost obráběné součásti, aktuální vytíženost stroje, počet vyráběných kusů výrobků, požadavky na otáčky, výkon, přesnost a další.

Pro výrobu sedel je možný výběr ze dvou dostupných strojů:

DMU 65 MonoBLOCK®

Jedná se o nový velice moderní stroj s řídicím systémem heidenhain, který má pět souvisle programovatelných os. Jeho výhody jsou zejména v rychlých posuvech, kapacitě nástrojového zásobníku, vysokých otáčkách vřetene a v přesnosti obrábění. Měl by tak být ideální pro výrobu sedel, zejména pak druhého sedla z důvodu možnosti vyklopení stolu kvůli zkosené ploše (viz. 2.1.4). Ale vzhledem k jeho možnostem a vlastnostem je tento stroj velmi využíván a proto by bylo obtížné dostat zadané součásti v odpovídajícím termínu do výroby na tento stroj. K přílišnému časovému vytížení by přispěl i fakt, že se v případě sedel jedná o kusovou výrobu. Tyto kusové součásti by způsobovaly zdržení dalších prací i proto, že mají vysoké přípravné časy t_{BC} . Vzhledem k tomu, že zmíněný stroj má vysokou hodinovou sazbu by také přípravné časy znamenaly vysoké náklady a výroba by se tak stala neefektivní.



Obr. 11: Obráběcí centrum DMU 65 MonoBLOCK®, [3]

Další komplikací pro výrobu zadaných součástí na tomto obráběcím centru je filtrační systém stroje, který by mohl být třískami z obrábění plastového materiálu ucpan a zničen, jelikož plastové materiály ve spojení s chladicí kapalinou s celkovou koncepcí filtračního systému vykazují jiné chování než kovové třísky. Zanášejí filtry a podílejí se na degradačních kvasných procesech kapaliny. Mimoto třída odpadu materiálu sedel neodpovídá třídě odpadu pro které jsou filtry primárně určeny a i při pomnutí zmíněných problémů přechod na jinou třídu odpadu u koncepcí třískového a kapalinového hospodářství zmíněného stroje vždy znamená značnou pracnost navíc.

MAS MCV 750A

Tento stroj je oproti předchozímu poměrně starší a má pouze tři programovatelné osy. Je však stále schopen výroby s přesností až na 0,02 mm a další osy lze v jednodušších případech nahradit speciálními upínacími přípravky.

V dokumentaci ke stroji lze vyčíst následující skutečnosti. „Vertikální obráběcí centrum MCV750A je pokračovatelem řady vertikálních center MCV500, 750, 1000 KOVOSVITu, a.s., Sezimovo Ústí. Vyznačuje se především zvýšenou dynamikou a stabilitou řezného procesu, vysokými otáčkami vřetena, dokonalým odvodem třísek z pracovního prostoru, vysokou spolehlivostí a produktivitou. Tyto vlastnosti ho předurčují jak pro oblast univerzální výroby tak i pro oblast výroby forem.“ [4] Citovaná

charakteristika stroje je pro účel výroby sedel vhodná nejen díky možnosti použít vysoké otáčky vřetene, ale i díky podobnosti tvarů součástí s tvary forem.

Píše se tam také: „Obráběcí centrum MCV 750A je určeno pro náročné práce v kusové i sériové výrobě. Provádí operace vrtání, vystružování, vyvrtávání, frézování, a řezání závitů. Je standardně určeno pro obrábění dílců z oceli, barevných kovů a plastů upnutých na pracovním stole.“ [4] Všechny tyto vlastnosti odpovídají požadavkům pro výrobu sedel. Výhodou je především univerzálnost stroje, díky které dokáže efektivně obrábět i v kusové výrobě, čehož jsou sedla jasným příkladem.



Obr. 12: Stroj MAS MCV 750A [5]

K samotné stavbě a mechanismům stroje výrobce uvádí následující informace:

„Základ stroje tvoří lože. Po loži přejíždějí saně (osa Y) po kterých se pohybuje stůl (osa X). Stůl slouží k upnutí obráběného dílce. V zadní části lože je plocha pro stojan po kterém se pohybuje vřeteník (osa Z).

Pohony posuvů jsou ve všech osách digitálními regulačními servopohony⁵, které jsou připojeny spojkami na kuličkové šrouby.

Vřeteno je vybaveno středovým upínáním nástrojů a alternativně kuželem ISO 40, HSK 63 A. Pohon vřetena je regulačním vestavěným motorem s vlastním okruhem kapalínového chlazení.

Obráběcí centrum má standardně rotační zásobník pro 20 nástrojů. Ovládání zásobníku nástrojů, stejně jako uvolňování nástrojů ve vřetenu, je pneumatické.

Kryty pracovního prostoru se zasouvacími dveřmi zabraňují rozstříku chladicí kapaliny od středového či vnějšího chlazení nástrojů.

Třísky a chladicí kapalina jsou po skluzech vany pracovního prostoru odváděny do dopravníku třísek, nebo vany, které jsou zasunuty do otvoru středem lože ve směru pohybu stolu (osa X).“ [4]

Zásobník nástrojů a automatické pneumatické upínání nevyžaduje přístup obsluhy mezi jednotlivými operacemi. Obsluha tedy připraví všechny nástroje dle nástrojového listu konkrétního programu do zásobníku před spuštěním programu a v průběhu se již může věnovat pouze vizuální kontrole výroby. Při výrobě sedel je možno tuto výhodu využít pro souvislé ladění řezných podmínek potenciometrem na ovládacím panelu.

V tabulce číslo 1 jsou oficiální parametry stroje *MCV 750A*, které prezentuje výrobce. Je zřejmé, že se některé parametry mohou měnit v čase. Potenciální chyby projevující se stářím stroje mohou nastat při určitých řezných podmínkách a ovlivnit nejen skutečné rozměry obrobku ale i jakost povrchu. Jedním z mnoha možných problémů může být vůle v uložení vřetene. Nahodilé malé výchylky od osy otáčení však při vysokých otáčkách způsobí statisticky průměrnou chybu do všech stran tak, že nástroj imaginárně zvýší svůj průměr. Je tak možné s použitím korekcí úspěšně předejít rozměrovým odchylkám. Dalším problémem může být snížení tuhosti stroje jako celku a větší sklon ke ztrátě stability řezu. Tyto změny jsou však pro obrobení sedel zanedbatelné z důvodu předpokládaných malých řezných sil, protože materiál je z dobře obrobitelného plastu.

Pro další analýzy je nutné rozhodnout o volbě stroje již nyní, jelikož k volbě stroje se vztahuje i volba nástrojů a dalších technických prostředků vstahujících se ke konkrétním strojům. Pokud porovnáme klady a zápory obou strojů, je možné po konzultaci s odborným personálem univerzity učinit rozhodnutí.

5 Termín digitální regulační servopohony je uveden v originální příručce výrobce

MAS MCV 750A			Provedení		
			ISO	HSK	
Stůl	Upínací plocha stolu		1000x500 [mm]		
	Max. zatížení stolu		450 [kg]		
Posuvy	Dráha pojezdu	X	750 [mm]		
		Y	500 [mm]		
		Z	500 [mm]		
	Vzdálenost upínací plochy od čela vřetena		150-650 [mm]	200-700 [mm]	
	Rychloposuv	X	45 [m/min]		
		Y	45 [m/min]		
		Z	45 [m/min]		
	Zrychlení	X	2.5 [m/s-2]		
		Y	2.5 [m/s-2]		
		Z	3 [m/s-2]		
Pracovní posuv		1-15000 [mm/min]			
Vřeteno	Jmenovitý výkon		11,5 [kW]		
	Rozsah otáček		20-13000 [1/min]		
	Průměr čelních ložisek		70 [mm]		
Zásobník nástrojů	Počet nástrojů		20		
	Max. hmotnost nástroje		6 [kg]		
	Čas výměny tříska-tříška sousedního nástroje		5.5 [sec]		
Elektrické připojení	Celkový jmenovitý příkon stroje		30 [kVA]		
	Napětí AC		3x400 [V]		
Hmotnost stroje	Stroj s elektroskříní a zásobníkem nástrojů		4900 [Kg]		

Tabulka 1: Charakteristika stroje MCV 750A, [4]

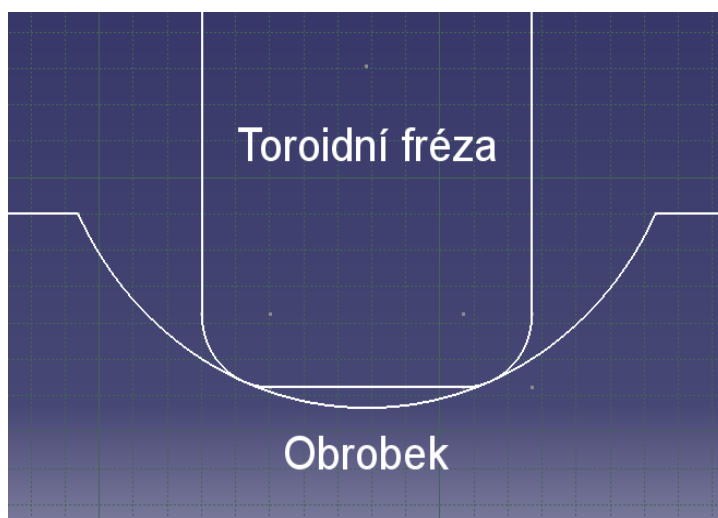
Tento stroj je pro výrobu obou součástí méně vhodný nežli obráběcí centrum *DMU 65 MonoBLOCK®*, avšak s přihlédnutím k faktům jako je časová vytiženost centra, jeho řádově vyšší nákladovost na hodinu nebo komplikované čištění filtračního systému, je třeba říci, že stroj *MCV 750A* také dokáže součásti obrobit, byť s mírnými komplikacemi například při upínání a někdy s méně výhodnými podmínkami obrábění (to se týká například otáček). Vysoké časy pro přípravu zapříčiněné nutností výměny svěráku lze pominout, jelikož se jedná o kusovou výrobu a nepřesahují únosnou mez. Celková pracnost tím sice vzroste, nicméně v porovnání s hodinovou sazbou obráběcího centra *DMU 65 MonoBLOCK®*, je výroba na stroji *MAS MCV 750A* stále ekonomicky výhodnější.

2.2.2 Nástroje

Dalšími materiálními prostředky jsou nástroje. U frézky, která byla zvolena, jsou běžně k dispozici nástroje, jejichž seznam je dán v lokální knihovně nástrojů.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1.4, tvar sedel tvoří i obecné plochy, a proto je zapotřebí použít buď toroidní nebo kulové frézy pro jejich dokončení.

Vzhledem k malým rozměrům a tvaru sedel jsou možnosti volby nástrojů omezené. Z konkávního tvaru sedel plynou komplikace při dokončovacích operacích. Pro dodržení plynulosti přechodů a jakosti povrchu je nutné dokončit tvarové plochy buď toroidními nebo kulovými frézami, ovšem při obrábění toroidními frézami při předpokladu malého poloměru dna součásti může nastat situace, kdy fréza nedokáže zajet do nejspodnějšího místa sedla bez „podříznutí“ tvaru obrobku (viz. Obr. 13)



Obr. 13: Schém. ukázka obr. konkávních ploch

Kulové frézy mají sice nepříznivé vlastnosti v ose otáčení, kde řezná rychlost je nulová, ale jsou to jediné nástroje, které mohou mít u tříosého obrábění tečnou polohu vůči obráběným plochám s konkávně zakřiveným dnem. Pokud dokážeme vybrat takovou velikost fréz, aby svým poloměrem byly co nejbližší poloměru zakřivení ploch, tak jsou napojení dostatečně hladká i při větším rozestupu jednotlivých drah a můžeme je použít.

Dalším omezením kulových monolitních fréz je maximální možná hloubka řezu. Při dokončování mohou nastat situace, kdy fréza při kopírování tvaru je v řezu téměř po celém obvodu, což ji velmi zatěžuje. Proto se musí hloubka třísky pohybovat v řádově nižších hodnotách než při obrábění válcovými frézami. V případě výroby sedel je ale takové omezení, které prodlužuje čas výroby nevýznamné, jelikož malou hloubku třísky A_p můžeme z části kompenzovat rychlostí posuvu.

Použité nástroje jsou uvedené v tabulce 2.

FR D50 L10 Z5 r0,8 AVANTEC	Válcová čelní fréza 50mm
FR D16 L34 Z4 SEH 422825	Stopková fréza 16mm
FR D8 L26 Z3 SEH 422858	Stopková fréza 8mm
FR D4 L14 Z4 SEH 422829	Stopková fréza 4mm
KU D16 L14 Z2 ISCAR 32C16H140	Kulová fréza 16mm
KU D6 L15 Z4 SEH 422848	Kulová fréza 6mm
VR 140° D7,8 L48 E3617 1 0780	Vrták 7,8mm
VR 140° D6,8 L29 RUBIG 412813	Vrták 6,8mm
VR 140° D5,8 L40 E3617 1 0580	Vrták 5,8mm
VY 6H7 L23 Z6 StimZet 1484021 HSS	Výstružník 6mm H7
VY 8H7 L30 Z6 StimZet 1484269 HSS	Výstružník 8mm H7
M8x1,25 L93 Z3 NAREX	Závitník M8x1,25
NA 90° D12 L22 Z2 RUBIG 10948 HSS	Kužel. záhlubník 90° 12mm

Tabulka 2: Použité nástroje při výrobě obou sedel

2.2.3 Ostatní technické prostředky

Technickými prostředky jsou zde myšleny také upínací pomůcky. V případě druhého sedla je nutné řešit složitější upnutí kvůli zkosení spodní plochy (viz. 2.1.2). Proto by bylo vhodné použít výklopný úhlový svěrák zafixovaný šrouby s maticemi v T-drážkách stolu frézky. Alternativy pro upnutí výklopným úhlovým svěrákem jsou možné, ale jsou velice složité a vnesly by do výroby větší pravděpodobnost vzniku chyby při výrobě.

Vzhledem k tomu, že výroba je kusová, součásti nemají nadměrné rozměry ani požadavky na parametry, není nutné použití dalších materiálních prostředků jako jsou například jeřáby, zdvihací zařízení, magnetické upínače, robotické podavače, dopravníky apod.

Software také patří mezi technické prostředky a je to nejdůležitější prostředek pro technickou přípravu výroby. Volba softwaru ovšem musí korespondovat s odpovídajícím postprocesorem pro konkrétní stroj.

3 Návrh výroby

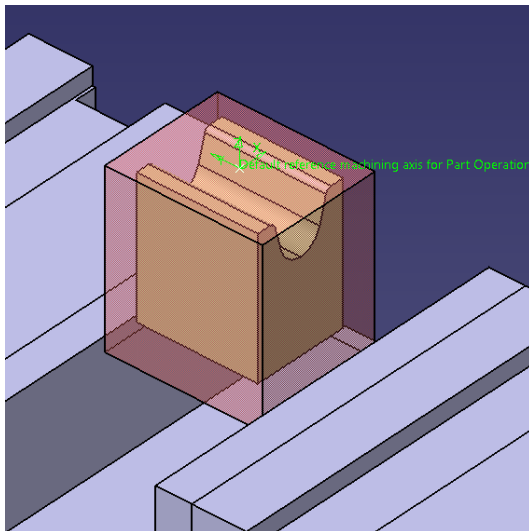
Úkolem při návrhu výroby je navrhnout co nejefektivnější a nejekonomičtější řešení pro obrobení výrobků s přihlédnutím k dostupnosti technických prostředků a k objemu výroby. Návrh se týká zejména různých variant upnutí a postupů při obrábění. Součásti sedlo I. a sedlo II. nejsou rotační a všechny technologie, které je nutné použít na výrobu sedel, jsou vhodné pro CNC frézku. Proto je možno zúžit výrobní postup pouze na frézování. Je tedy zapotřebí definovat postup obrábění jen na jednom pracovišti. Návrh postupu výroby je úzce spjat s upínáním součástí a pro efektivní návrh postupu je tedy nutné brát v úvahu všechny okolnosti ovlivňující čas a kvalitu výroby.

3.1 Návrh postupu frézování s ohledem na upnutí

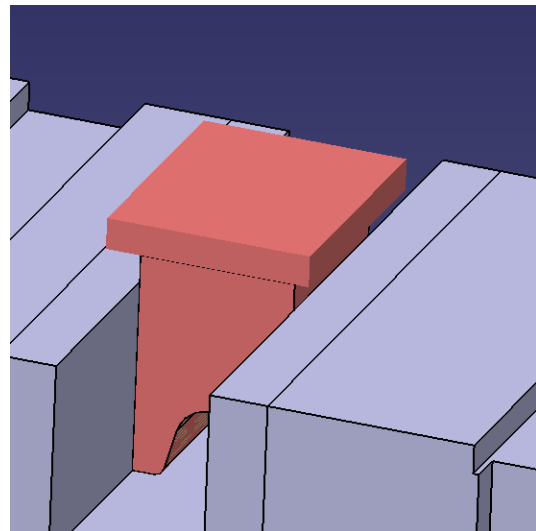
Vzhledem ke skutečnosti, že stroj, software, tvar součástí, materiál součástí i nástroje jsou již známy, můžeme přistoupit ke konkrétnímu postupu výroby sedel.

Sedlo I.

Pro obrobení první strany by bylo výhodné polotovary upnout do běžného svěráku za technologický přírůstek tak, aby se mohla obrobít plná výška součásti bez nutnosti přeupínání. Technologický přírůstek by měl zvýšit polotovary alespoň o 8 mm, aby se polotovary mohly upnout do svěráku a bylo možno vyrobit obvod celé výšky součásti v bezpečné vzdálenosti nad svěrákem. Upnutí je čitelné z Obr. 15: *Upnutí sedla I. (první strana)*. Tuto možnost je potřeba konzultovat s obsluhou stroje, kvůli možnému nebezpečí vyklouznutí obrobku, aby se tak zohlednily předešlé zkušenosti obsluhy stroje s tímto materiálem. Při tomto upnutí je možno obrobít horní plochu součásti, všechny čtyři boky součásti a vyhrubovat i dokončit tvar sedla.



Obr. 15: Upnutí sedla I. (první strana)



Obr. 14: Upnutí sedla I. (druhá strana)

Pro obrobení druhé strany pak musí být součást upnuta za protilehlé boky součásti, které jsou vyrobeny již na požadovaný rozměr a jsou vzájemně rovnoběžné. Může se tak tedy upnout do běžného svěráku. Upnutí je patrné z obrázku Obr. 14: *Upnutí sedla I. (druhá strana)*. Nyní takto upnutá součást může být dokončena bez dalšího přeupnutí nejdříve přerovněním horní plochy a následně vyrobou všech otvorů.

Sedlo II.

Pro obrobení první strany by měl být polotovar upnut za technologický přídavek opět do svěráku tak, aby se mohl obrobít obvod součásti v její plné výšce. Technologický přípravek by měl splňovat stejné parametry jako u předchozí součásti. Upnutí je patrné z obrázku *Obr. 16: Upnutí sedla II. (první strana)*. Postup výroby při prvním upnutí by měl začínat přerovnáním horní plochy, poté pokračovat obrobením obvodu součásti, vyhrubováním tvaru sedla a nakonec dokončením tvarové plochy uvnitř sedla.

Pro obrobení druhé strany je nutné kvůli již zmíněnému zkosení spodní plochy sedla o 4° (viz. 2.1.2) provést upnutí pomocí výklopného svěráku (viz. *Obr. 17: Upnutí sedla II (druhá strana)*). Na vyklopené součásti odstraníme přídavek, za který byla součást upnuta při předchozích operacích, a zároveň srovnáme horní plochu. Následuje výroba otvorů.

Pro výrobu díry na třetí straně se obrobek snadno upne opět v klasickém svěráku pootočen o 90° . Provede se vrtací cyklus, otvor se vystruží a součást je dokončena.

3.2 Tvorba programu

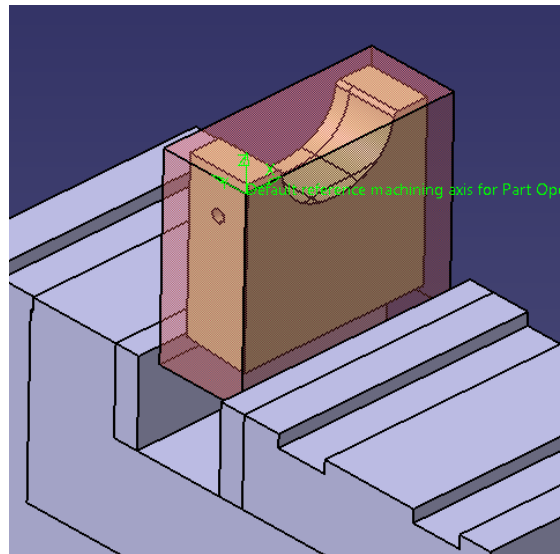
Po navržení postupu při výrobě a po rozvaze o nejvhodnějším upnutí je zapotřebí vytvořit programy pro vlastní výrobu všech potřebných ploch v CAD/CAM systému Catia V5. Jedná se o podstatnou část přípravy výroby a zásadním způsobem rozhoduje o efektivitě výroby.

3.2.1 Import modelů a nastavení softwaru Catia V5

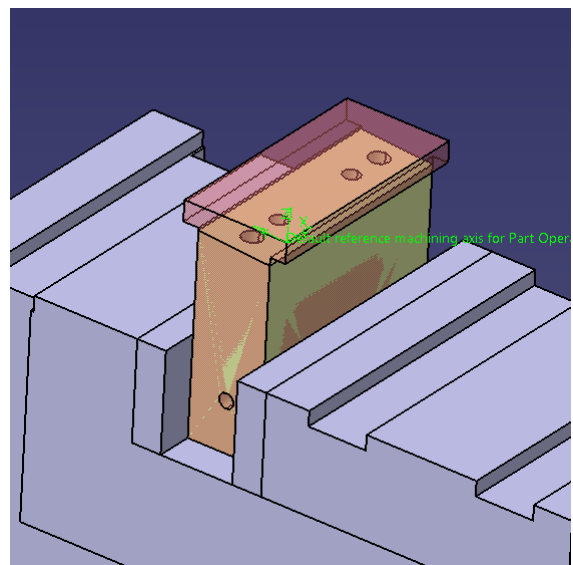
Modely byly dodány ve formátu *.stp a proto nebylo nutné je před samotným programováním vytvářet. Po importování do softwaru Catia V5 nebyl žádný problém s degradací jejich ploch či rozpojením vazeb a tak práce na součástech mohla plynule přejít do CAM modulu⁶.

Prostředí Catia V5 lze modifikovat a upravovat dle pohodlí uživatele. Jedná se zejména o nástrojové panely a zobrazování samotného prostředí. Tato možnost byla využita jen nepatrně vzhledem k již předdefinovanému prostředí z provozování tohoto programu při výuce.

⁶ Systém Catia V5 je modulární CAD/CAM systém, takže zákazník má jen ty moduly, které jsou zaměřeny právě na jím potřebné úlohy, jako je modelování součástí, obrábění, stříhové plány a rozviny plechových součástí a podobně.



Obr. 16: Upnutí sedla II. (první strana)

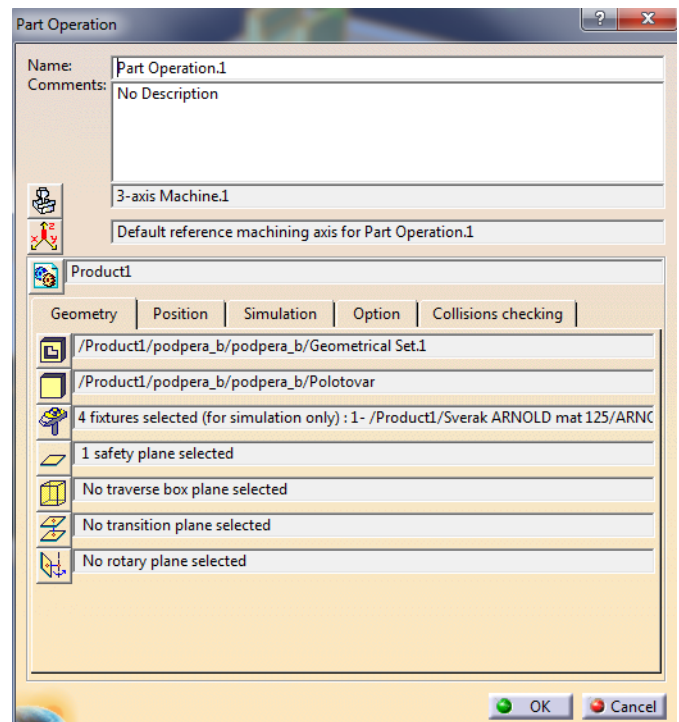


Obr. 17: Upnutí sedla II (druhá strana)

Jako první po importování modelu je nutné vytvořit polotovár o odpovídajících rozměrech a následně vsadit tento polotovár i s modelem výrobku do modelu svěráku z důvodu prevence proti kolizi nástroje při přejezdech.

Další částí nastavení je zvolení nulového⁷ bodu součásti spolu se souřadnicovým systémem, definování stroje na kterém se bude obrábět, označení polotovaru, součásti a upínacího zařízení pro správné zobrazení simulace v dialogovém okně, které je vidět na obrázku Obr. 18 .

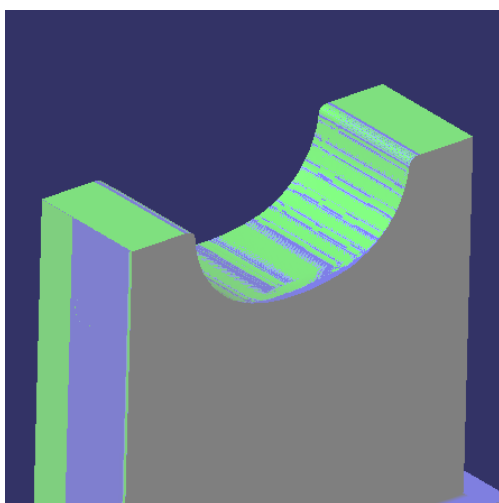
Nulový bod obrobku byl u obou sedel definován na střed horní plochy polotovaru a tato skutečnost byla sdělena obsluze stroje ústně. Proto není zapotřebí u této jednorázové výroby vytvářet seřizovací list. Po provedení těchto základních nastavení je možné začít s aplikací konkrétních obráběcích strategií na obrobky, tedy sedla.



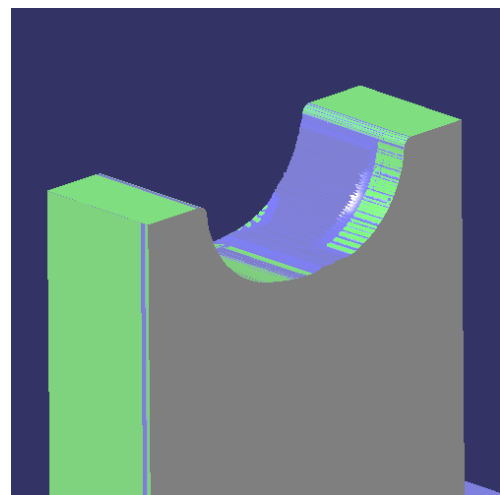
Obr. 18: Dialogové okno Part Operation

3.2.2 Aplikace obráběcích strategií na součásti

Vhodnost jednotlivých typů strategií se zásadním způsobem liší při aplikaci na různé plochy součástí a je nutné tuto skutečnost brát na zřetel. Pro dosažení maximální efektivity výroby se jednotlivé strategie přizpůsobují a upravují konkrétním případům. V některých případech je pro dokonalejší průběh drah nástroje výhodné kombinovat i několik různých strategií na jeden tvar součásti. Příklad rozdílného chování dvou různých funkcí na stejné plochy vidíme na obrázcích 19 a 20.



Obr. 20: Funkce Contour driven



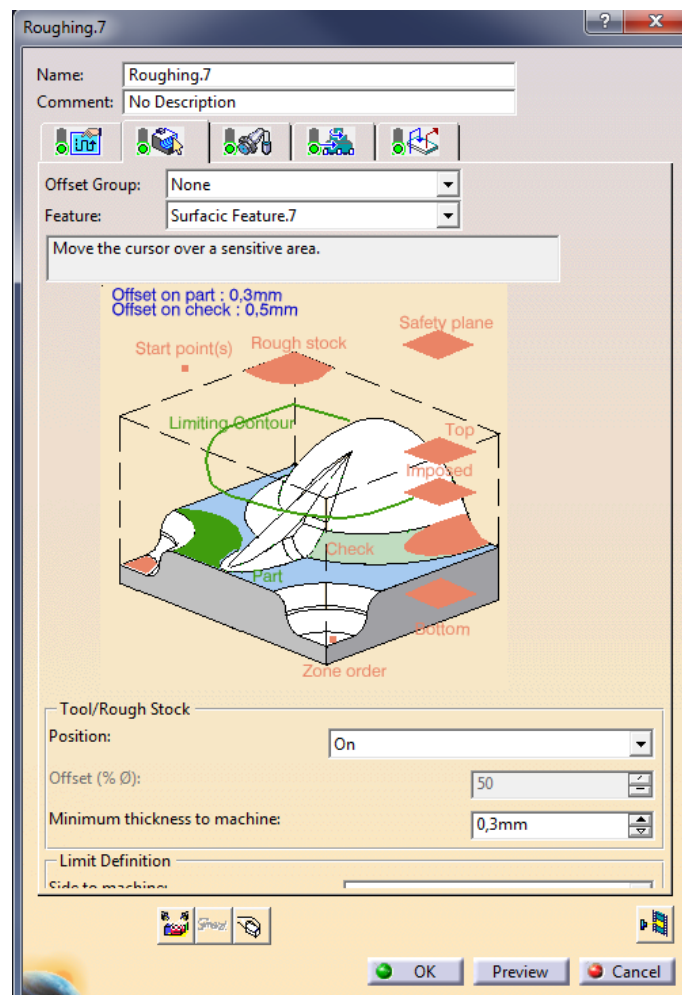
Obr. 19: Funkce Z-level

⁷ Nulový bod je bod v prostoru stroje řízeného počítačem, ve kterém jsou souřadnice X,Y i Z nulové a jsou k němu vztaženy všechny generované souřadnice drah nástrojů.

Všechny níže uvedené funkce jsou aplikovány na obrobek za pomoci dialogových oken konkrétních strategií. Bude tedy vhodné si uvést způsob práce pro všechny dále v práci aplikované strategie souhrnně a potom případně pouze uvádět odlišnosti. Dialogová okna mají v záložkách nastavení konkrétních podmínek a parametrů, kterými je možné upravovat nebo omezovat jednotlivé strategie přímo na určité plochy. Je také možné měnit směr a smysl pohybu, nájezdy, odjezdy apod.

V první záložce je možnost nastavit sousledné nebo nesousledné obrábění, postup nástroje ve směru kolmém na jeho osu, postup nástroje ve směru jeho osy (maximální hloubka třísky) nebo například vodící křivky. V druhé záložce se interaktivně vybírají plochy definující polotovár, tvar součásti, dno, horní plocha obrobku atd. Třetí záložka definuje nástroj kterým se bude obrábět. Jedním z možných způsobů je definování tvaru nástroje přímo v dialogovém okně. Další možností je výběr z již předdefinované knihovny nástrojů. V tomto dialogovém okně je nutné zadefinovat také konkrétní rezné podmínky. Ve čtvrté a páté záložce je kompletní nastavení nájezdů a odjezdů.

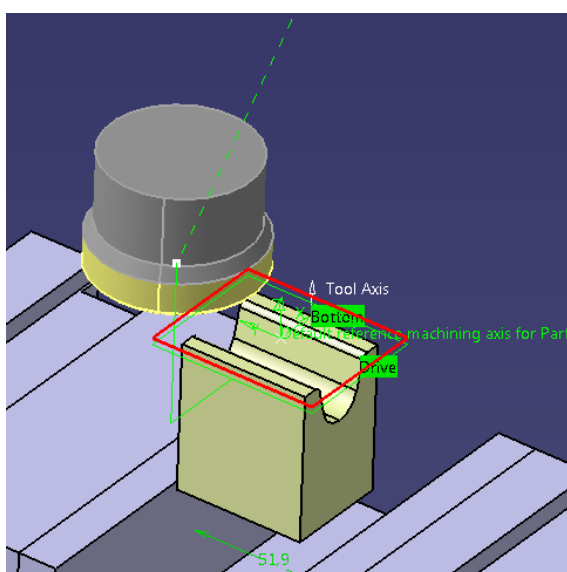
Na obrázku 21 je ukázka záložky s virtuálním interaktivním modelem pro definici obráběných ploch.



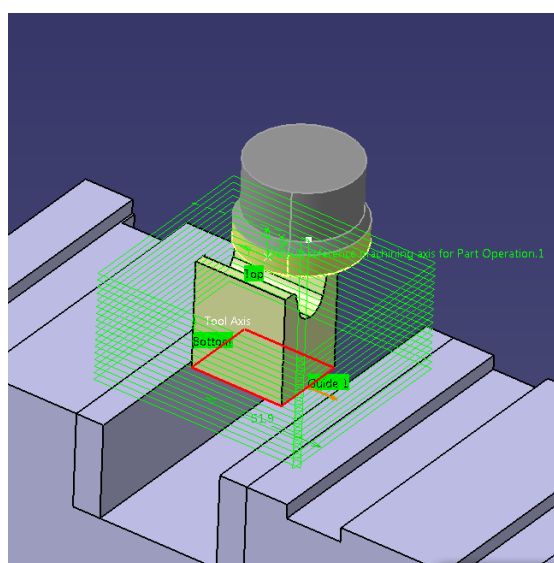
Obr. 21: Dialogové okno pro nastavení parametrů strategií

Sedlo I.

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.1, nejdříve se bude obrábět první strana sedla, tedy strana, jejíž horní plocha plynule přechází do sedla. Jako první se srovná horní plocha pomocí funkce *Facing*. Tato funkce je základní strategií pro obrábění čelem frézy a používá se především pro obrobení horních rovných ploch součástí. Poté se odebere materiál po obvodu obrobku postupně v plné výšce celé součásti funkcí *Profile Contouring*. Tato funkce je základní strategií pro obrábění obvodem frézy, tudíž je využitelná při výrobě boků. Maximální hloubka třísky a_p u obou operací je definována na hodnotu 3 mm. Pro tyto operace byla použita válcová čelní fréza označená v knihovně nástrojů jako FR D50 L10 Z5 r0,8 AVANTEC. Na obrázku 22 a 23 jsou zelenou barvou označeny dráhy nástroje při těchto operacích. Červeně jsou pak viditelné limitní kontury.



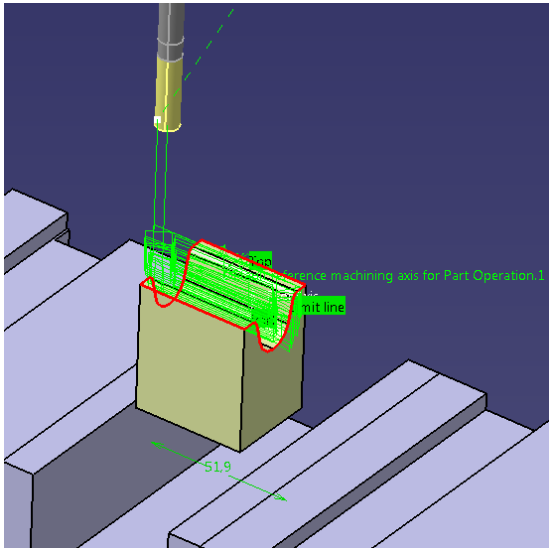
Obr. 23: Dráha nástroje při operaci *Facing*



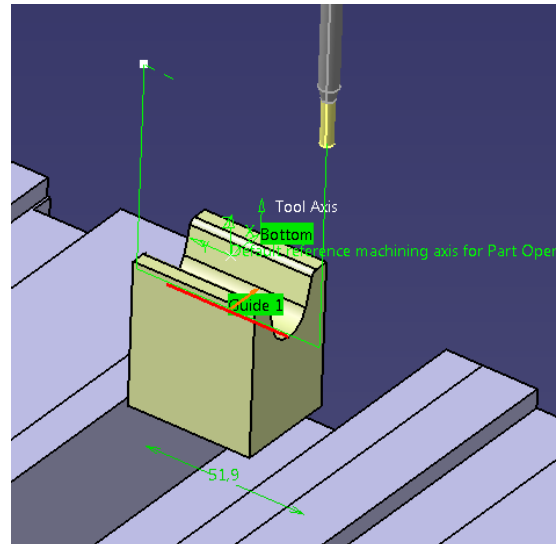
Obr. 22: Dráha nástroje při operaci *Profile Contouring*

Navazující operací je hrubování tvaru sedla funkcemi *Roughing* a *Profile Contouring*. Hrubování sedla je typickou ukázkou nutnosti použití více funkcí pro úplné obrobení požadovaných ploch. *Roughing* je automatická strategie pro hrubování tvarových ploch, která má za úkol co nejrychleji odebrat co nejvíce materiálu, a proto byla použita fréza s větším průměrem ($\varnothing 16$ mm). V nejspodnější části však zůstává vrstva materiálu, která by mohla způsobit zahlcení kulové frézy při dokončování tvaru, a proto je nutné využít funkci, která jedním průjezdem tento zbytkový materiál odebere. Právě pro tento účel je využitelná funkce *Profile Contouring*, která s menší frézou ($\varnothing 8$ mm) dokončí střed spodní části sedla. Pro operace hrubování byly využity stopkové frézy označované v knihovně nástrojů jako: FR D16 L34 Z4 SEH 422825 a FR D8 L26 Z3 SEH 422858. Na obrázku číslo 25 je zelenou barvou vyznačena automaticky vygenerovaná dráha nástroje pro hrubování tvaru sedla. Červeně pak limitní kontura omezující oblast, kde má funkce *Roughing* generovat dráhy.

Pro dostatečné vybrání dna je nutné použít dodatečnou operaci *Profile Contouring* se stopkovou frézou, která je označena v knihovně nástrojů jako FR D4 L14 Z4 SEH 422829. Zabrání se tak zbytečnému přetížení kulové frézy a potenciálním odchylkám jakosti povrchu při dokončování v této oblasti. Na obrázku číslo 24 je vidět zeleně vyznačená dráha nástroje, která byla doplněna pro odebrání zbytkového materiálu na dně sedla.



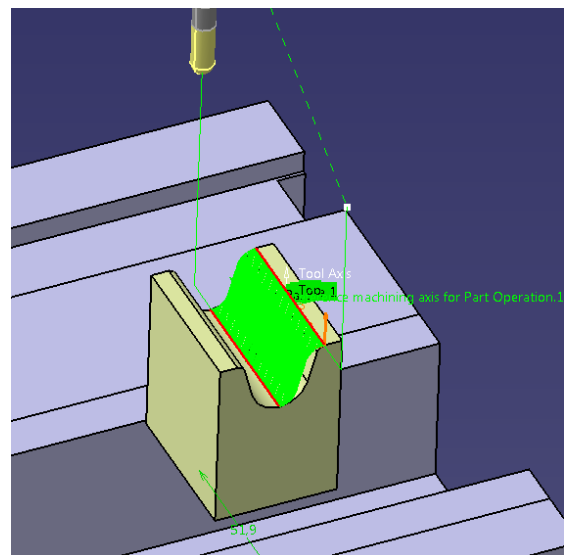
Obr. 25: Dráha nástroje při operaci *Roughing*



Obr. 24: Dráha nástroje při operaci *Profile Contouring*

Po vyhrubování tvaru sedla následuje dokončování kulovou frézou, která je v knihovně nástrojů označena jako KU D6 L15 Z4 SEH 422848. Dokončování je realizováno operací *Contour Driven* a z důvodu vytvoření dobré jakosti povrchu je rozděleno na dvě poloviny. Strategie totiž při průjezdu celého sedla v celku vykazovala nevyhovující parametry odchylek od povrchu, což je možné zjistit v 3D analýze povrchu ve virtuální simulaci výroby. Zelená dráha nástroje je na obrázku číslo 26. Nástroj je veden po horizontálních přímkách kopírujících povrch sedla.

Po dokončení druhé poloviny vybrání stejným způsobem je výroba první strany sedla hotová. Následuje otočení součásti a poté se opět srovná horní plocha čelní válcovou frézou FR D50 L10 Z5 r0,8 AVANTEC funkcí *Facing*.



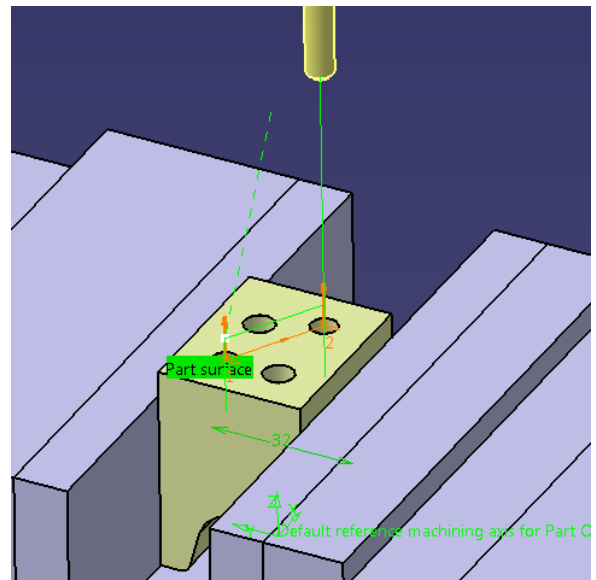
Obr. 26: Dráha nástroje při operaci *Contour Driven*

V tuto chvíli je hlavní tvar dokončen a zbývá výroba otvorů. První operací je vrtání otvorů 5,8 a 6,8 vrtáky VR 140° D5,8 L40 E3617 1 0580 a VR 140° D6,8 L29 RUBIG 412813 funkcí *Drilling*. Při vrtání je vhodné použít chlazení, respektive výplach třísky procesní kapalinou. V případě plastového materiálu není výplach nezbytný, ale předejde se tak případnému ucpávání vrtáku během procesu vrtání. Dalším preventivním opatřením je výplach třísek vyjžděním vrtáku po vyvrtání do hloubky 10 mm. Na obrázku 27 je vidět ukázka drah vrtacích nástrojů.

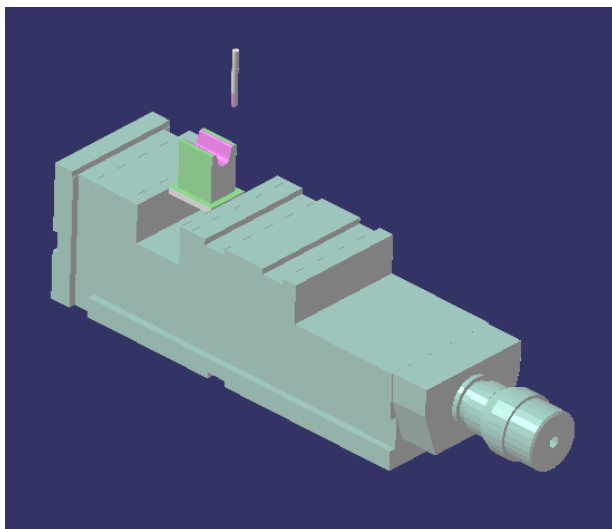
Nyní se srazí hrany všech čtyřech otvorů kuželovým záhlubníkem NA 90° D12 L22 Z2 RUBIG 10948 HSS, poté se vyrobí závity M8x1,25 závitníkem M8x1,25 L93 Z3 NAREX a konečnou operací je vystružení otvorů 6 H7 výstružníkem VY 6H7 L23 Z6 StimZet 1484021 HSS.

Takto je možné považovat součást za kompletně naprogramovanou a zbývá již jen doplnit konkrétní řezné podmínky všem nástrojům.

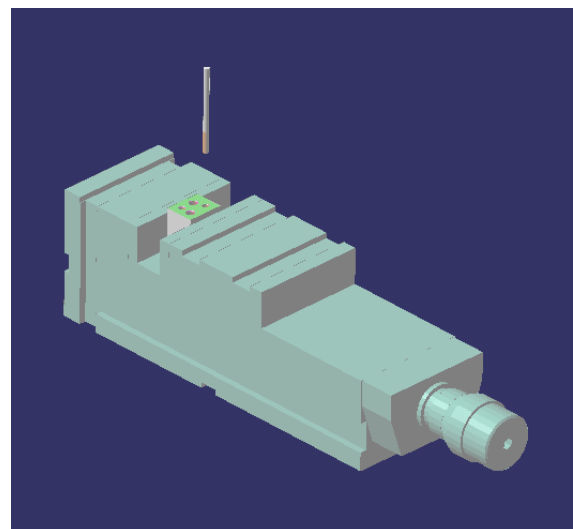
Ukázky 3D simulace výroby včetně svěráku jsou vidět na obrázku 28 a 29. Výhodou této simulace je možnost aktivovat funkci *Tool Collision*, která detekuje případné hrozby nárazu nástroje s upínacím zařízením. Další nespornou výhodou je rozměrová analýza, díky které je možno vidět místa, která jsou rozměrově nepřesná.



Obr. 27: Dráha nástroje při operaci *Drilling*



Obr. 28: Simulace první strany sedla I.



Obr. 29: Simulace druhé strany sedla I.

V tabulce číslo 3 jsou přehledně uvedeny parametry jednotlivých operací definované při programování součástí v CAM modulu. V prvním sloupci je uveden druh konkrétní operace, v druhém sloupci pak řezná rychlost, v dalším posuv a v posledním sloupci hloubka třísky.

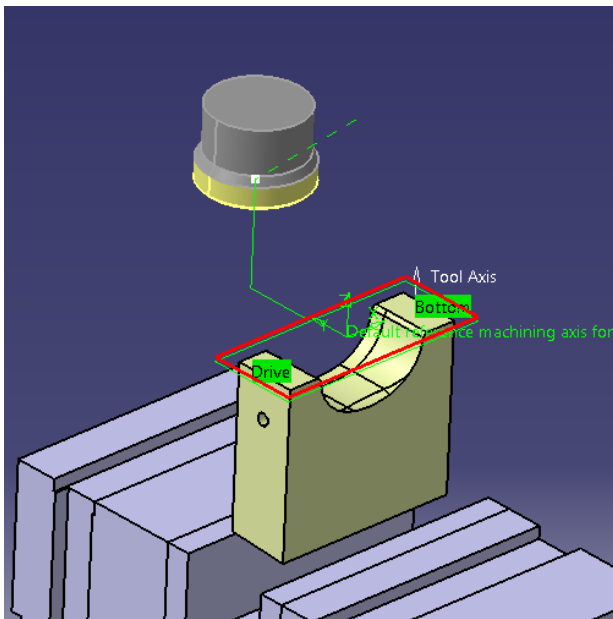
Je třeba podotknout, že u některých operací jsou uvedeny odlišné parametry, jelikož při definování řezných podmínek byly záměrně zvoleny ty parametry, které jsou pro daný proces směrodatné. Například u závitování místo posuvu na zub definujeme posuv na otáčku tak, aby byla snadno zaručena shoda posuvu se stoupáním závitu. U operací vrtání pak není uvedena v tabulce hloubka třísky, jelikož tato informace se běžně neuvádí a je nepodstatná.

OPERACE	ŘEZNÁ RYCHLOST [m/min (ot/min)]	POSUV NA ZUB [mm/zub (mm/ot)]	HLOUBKA TŘÍSKY [mm]
Facing	500	0,2	3
Profile Contouring	500	0,2	3
Roughing	200	0,08	1
Roughing II.	100	0,05	1
Profile Contouring II.	100	0,05	1
Contour Driven	150	0,06	0,5
Contour Driven II.	150	0,06	0,5
Facing	500	0,2	2
Drilling	90	0,05	-
Spot Drilling	90	0,5	-
Tapping	125 ot/min	1,25 mm/ot	-
Reaming	500 ot/min	0,017 mm/ot	-

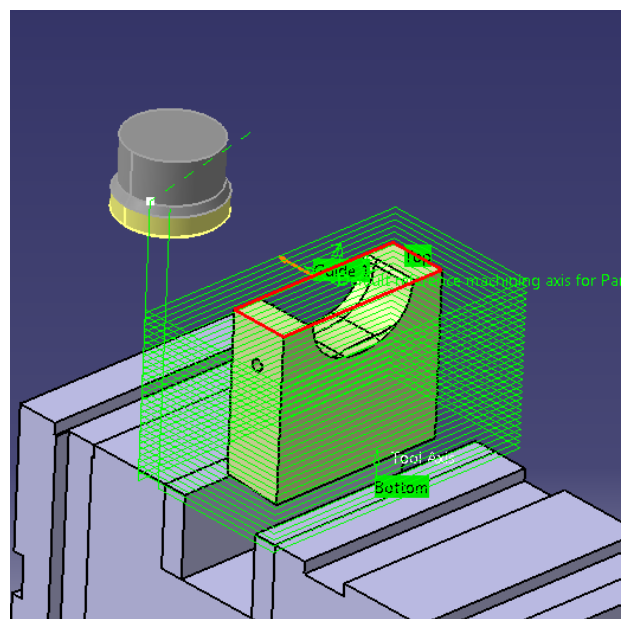
Tabulka 3: Tabulka řezných podmínek jednotlivých operací při výrobě prvního sedla

Sedlo II.

Jako první se opět srovná horní plocha obrobku pomocí funkce *Facing*. Poté se odebere materiál po obvodu obrobku postupně v plné výšce celé součásti funkcí *Profile Contouring*. Maximální hloubka třísky u obou operací je definována opět na hodnotu 3 mm. Pro tyto operace byla použita válcová čelní fréza označená v knihovně nástrojů jako FR D50 L10 Z5 r0,8 AVANTEC. Na obrázcích 30 a 31 jsou opět zelenou barvou vidět dráhy nástrojů a červenou barvou limitní kontury součástí.

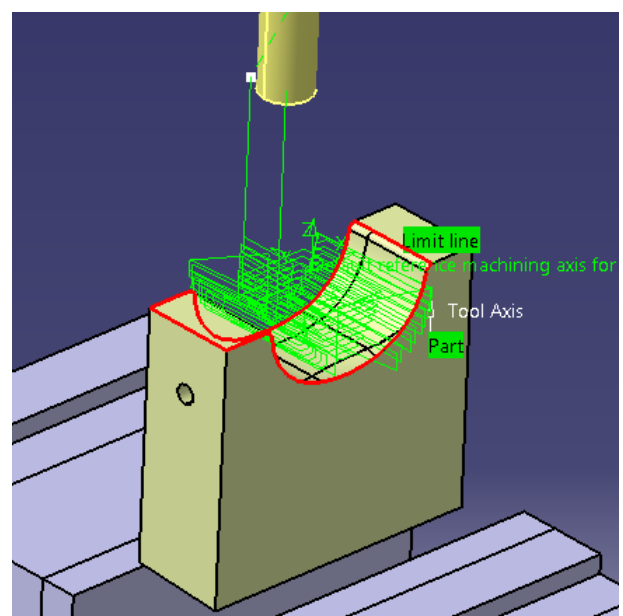


Obr. 30: Dráha nástroje při operaci facing



Obr. 31: Dráha nástroje při operaci Profile Contouring

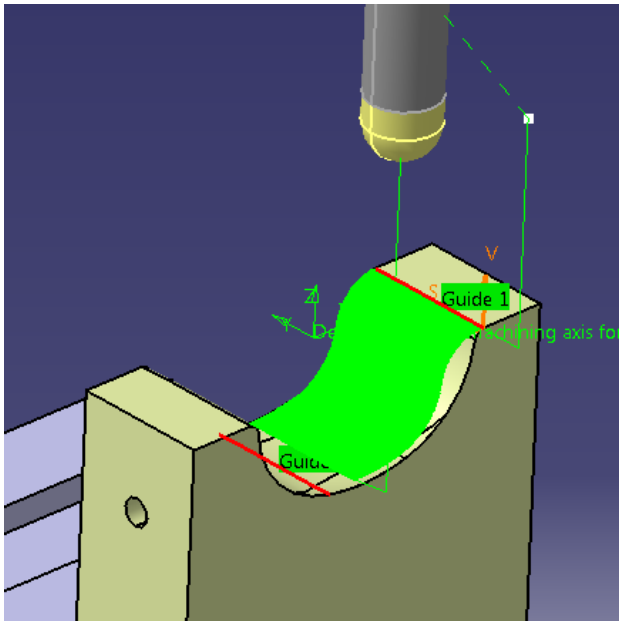
Následuje vyhrubování tvaru sedla funkcí *Roughing*. Aby zbytkový materiál bylo možné odebrat v dostatečné míře, je nutné hrubování provést na dvakrát s použitím dvou nástrojů. Pro první operaci hrubování byla použita válcová stopková fréza FR D16 L34 z4 SFH 422825 a maximální hloubka řezu je nastavena na hodnotu 2 mm. Pro druhou operaci hrubování je volena fréza s menším průměrem FR D8 L26 z3 SEH 422858. Maximální hloubka řezu je zredukována na hodnotu 0,5 mm. Je tak zaručena dostatečná jemnost mezi přechody jednotlivých drah i v napojení do rádiusu, tím pádem jsou předhrubované plochy dostatečně připraveny pro dokončení kulovou frézou. Na obrázku číslo 32 je zelenou barvou vyznačena automaticky vygenerovaná dráha hrubovacího nástroje a červenou barvou limitní kontura vymežující obráběné plochy.



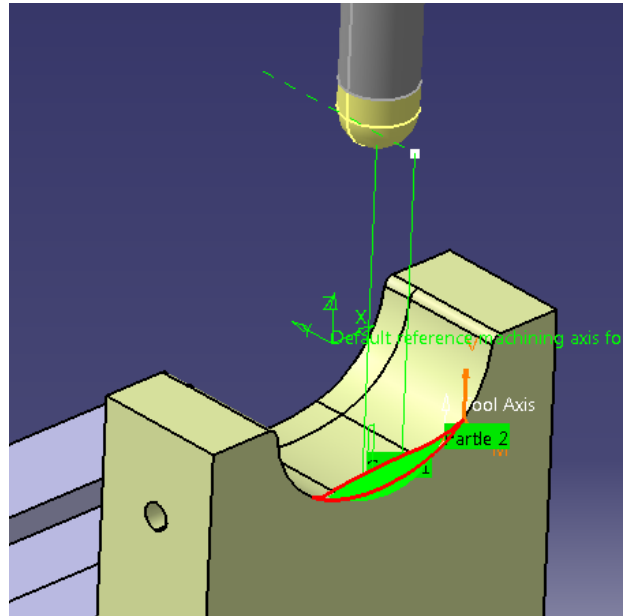
Obr. 32: Dráha nástroje při operaci Roughing

Pro dokončení tvarové plochy sedla je využita stejná funkce jako u prvního sedla, jelikož jsou si tyto plochy podobné a je tak možné využít předchozí zkušenosti s různým chováním různých strategií na těchto plochách. Nástroj, kterým se sedlo obrábí je v knihovně nástrojů označován jako KU D16 L14 z2 Iscar 32C16H140. Opět je strategie *Contour Driven* omezena do poloviny sedla pomocí vodících čar *Guide 1* a *2*. Na obrázku číslo 34 je zelenou barvou vyznačena dráha nástroje. Nástroj je veden po horizontálních přímkách kopírujících povrch sedla.

Oproti prvnímu sedlu je druhé sedlo u okraje spodní části tvarově upraveno pro dokonalejší dosednutí části výfuku. Technologie je navržena záměrně tak, že se obrobí nejdříve kompletní jednoduchý tvar sedla, a nakonec se doobrobí tato plocha zvlášť, kvůli napojení plochy přes střed. Na obrázku číslo 33 je dráha nástroje, která řádkuje tvarové vybrání kolmo na delší stranu součásti.



Obr. 34: Dráha nástroje při operaci Contour Driven

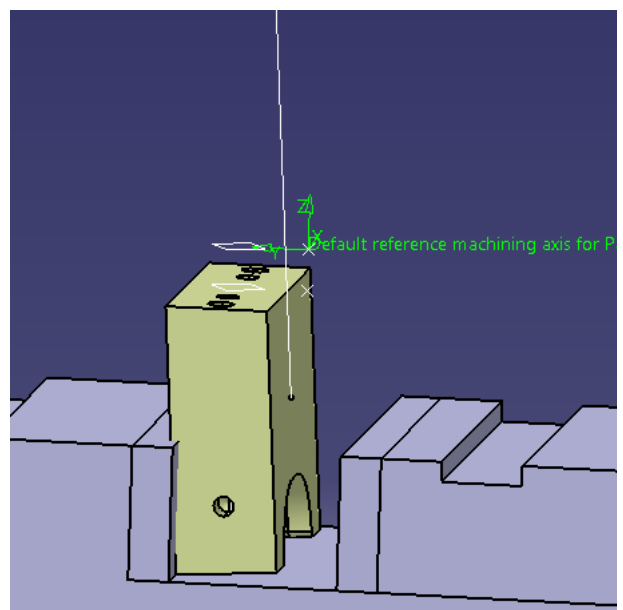


Obr. 33: Dráha nástroje při operaci Contour Driven

Takto je první strana druhého sedla kompletně obrobena a následuje druhá strana, kde je třeba obrobít již několikrát zmíněnou plochu pod úhlem 4°. O tento úhel je zapotřebí vyklonit virtuální model a změnit systém os tak, aby osa Z byla kolmá na tuto zkosenou plochu. Díky tomu je možné zachovat osu vřetene s nulovým vyklopením a je tak realizovatelné obrobení zkosené plochy na tříosé frézce s použitím výklopného úhlového svěráku.

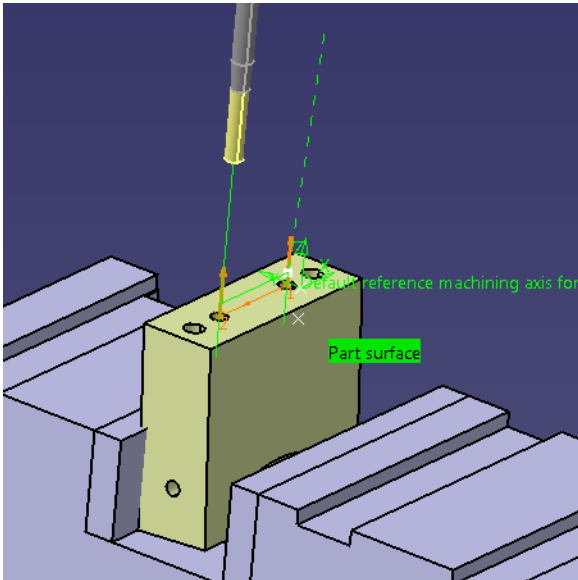
Na připravený model je již možno klasickým způsobem aplikovat všechny potřebné strategie. Jako první je opět odebrání materiálu na horní ploše funkcí *Facing* postuně po 2 mm. Opět je použita fréza FR D50 L10 z5 r0,8 Avantec.

Nyní je plocha připravena pro vrtání děr $\varnothing 7,8$ mm a $\varnothing 6,8$ mm. Pro výrobu děr je použita funkce *Drilling* a z důvodu prevence proti ucpání vrtáku během procesu vrtání je tento proces s chlazením, respektive výplachem.

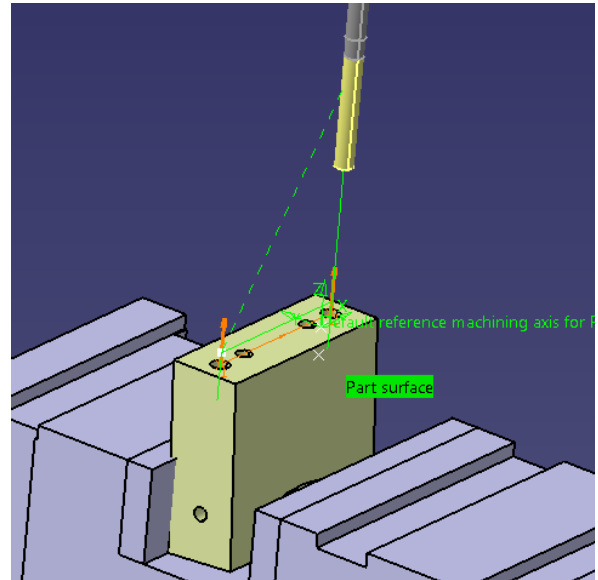


Obr. 35: Vyklonění virtuálního obrobku při programování

Vrtáky použité při této operaci: VR 140° D7,8 L48 E3617 1 0780 a VR 140° a D6,8 L29 RUBIG 412813. Následuje sražení hran všech děr na 2x45° funkcí *Counter Sinking* kuželovým záhlubníkem NA 90° D12 L22 z2 RUBIG 10948 HSS. Díry ležící dále od středu součásti se vystruží na průměr 8H7 výstružníkem VY 8H7 L30 z6 StimZet 1484269 HSS funkcí *Reaming* a díry ležící blíže k středu se vyzávitují závitníkem M8x1,25 L93 z3 NAREX funkcí *Tapping*.



Obr. 36: Dráha nástroje při operaci Drilling

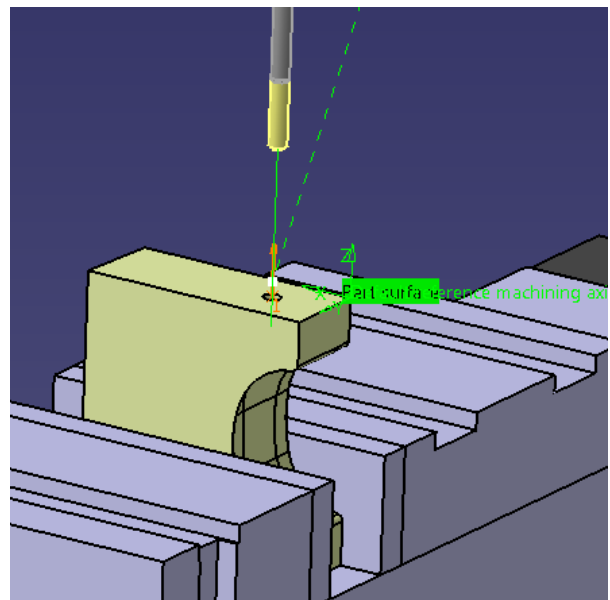


Obr. 37: Dráha nástroje při operaci Reaming

Takto je druhá strana součásti hotová a zbývá již jen vyvrtat a vystružit díru na poslední straně pootočené součásti o 90°. Nejdříve proběhne vyvrtání funkcí *drilling* vrtákem VR 140° D5,8 L40 E3617 1 0580, poté sražení hran funkcí *Counter Sinking* kuželovým záhlubníkem NA 90° D12 L22 z2 RUBIG 10948 HSS a nakonec vystružení funkcí *Reaming* výstružníkem VY 6H7 L23 z6 StimZet 1484021 HSS. Vrtání a vystružení je opět s chlazením (výplachem).

Takto je možné považovat součást za kompletně naprogramovanou a zbývá již jen doplnit konkrétní řezné podmínky všem nástrojům.

V tabulce číslo 4 je přehled řezných podmínek jednotlivých operací definovaných pro výrobu druhého sedla. Je třeba opět podotknout, že u některých operací jsou uvedeny odlišné parametry, jelikož při definování řezných podmínek byly záměrně zvoleny ty parametry, které jsou pro daný proces směrodatné. Například u závitování místo posuvu na zub definujeme posuv na otáčku aby tak byla snadno zaručena shoda posuvu se stoupáním závitu. U operací vrtání pak není uvedena v tabulce hloubka třísky, jelikož tato informace se běžně neuvádí a je nepodstatná.



Obr. 38: Dráha nástroje při operaci Drilling

OPERACE	ŘEZNÁ RYCHLOST [m/min (ot/min)]	POSUV NA ZUB [mm/zub (mm/ot)]	HLOUBKA TŘÍSKY [mm]
Facing	500	0,2	3
Profile Contouring	500	0,2	3
Roughing	300	0,15	2
Roughing II.	200	0,08	0,5
Contour Driven	7950 ot/min	0,2	0,5
Contour Driven II.	7950 ot/min	0,2	0,5
Contour Driven III.	7950 ot/min	0,2	0,5
Facing	500	0,2	2
Drilling	90	0,05	-
Counter Sinking	90	0,05	-
Tapping	125 ot/min	1,25 mm/ot	-
Reaming	500 ot/min	0,017 mm/ot	-
Drilling	90	0,05	-
Counter Sinking	90	0,05	-
Reaming	500 ot/min	0,017 mm/ot	-

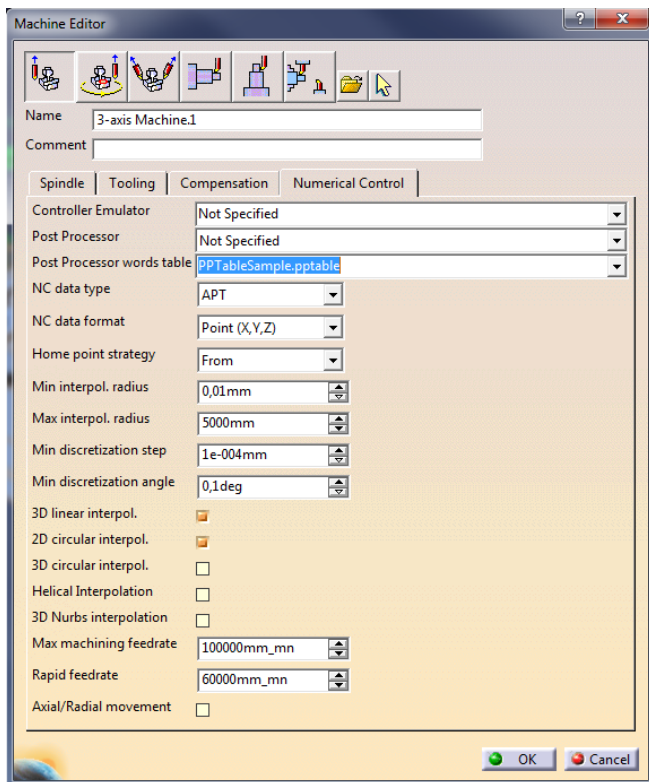
Tabulka 4: Tabulka řezných podmínek jednotlivých operací při výrobě druhého sedla.

3.2.3 Export programu a realizace výroby

Naprogramování obou součástí je nyní kompletně hotové a řezné podmínky jsou přiřazeny k jednotlivým operacím respektive nástrojům. Dalším krokem pro dokončení celého procesu přípravy výroby je export programů v podobě NC kódu čitelného pro stroj, na kterém budeme obrábět.

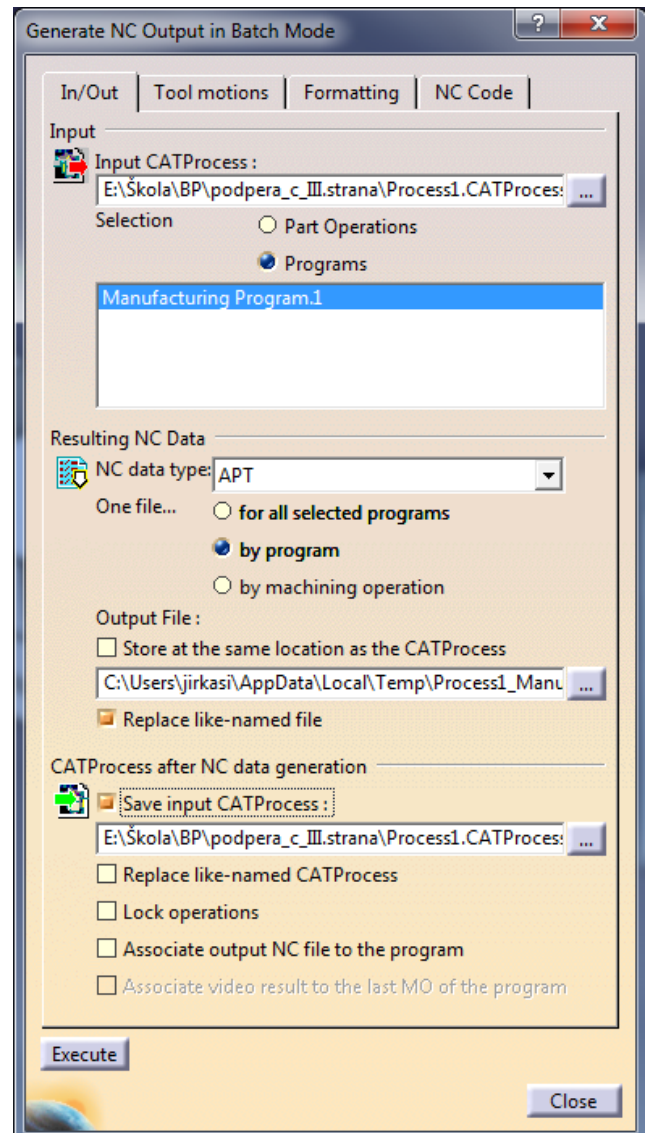
Pro vygenerování NC kódu je nutné nejdříve zvolit druh interního postprocesoru a exportovat CL data. Po rozkliknutí ikony *Machine* v dialogovém okně *Part Operation* se zobrazí další dialogové okno, ve kterém zobrazíme záložku *Numerical control*. V Záložce *Numerical control* jsou pole, která charakterizují vybraný stroj a formát dat. Téměř všechna pole jsou již automaticky předvyplněna od začátku programování, kdy se vybírá druh stroje v dialogovém okně *Part Operation*. Jedinou nutnou volbou je výběr položky s názvem – *PPTableSample.pptable*. Ukázka dialogového okna je vidět na obrázku 39 a výběr je zvýrazněn modrou barvou.

Nutnou podmínkou pro správný export CL dat je zvolení formátu CL dat. Tento krok provedeme rozkliknutím ikony na panelu nástrojů s názvem *Generate NC code in batch mode*. V dialogovém okně zvolíme cílovou složku kam chceme program exportovat a ve výběru *NC data type* se zvolí formát APT. CL data ve formátu APT se poté konvertují v externím postprocesoru na konečný NC kód.



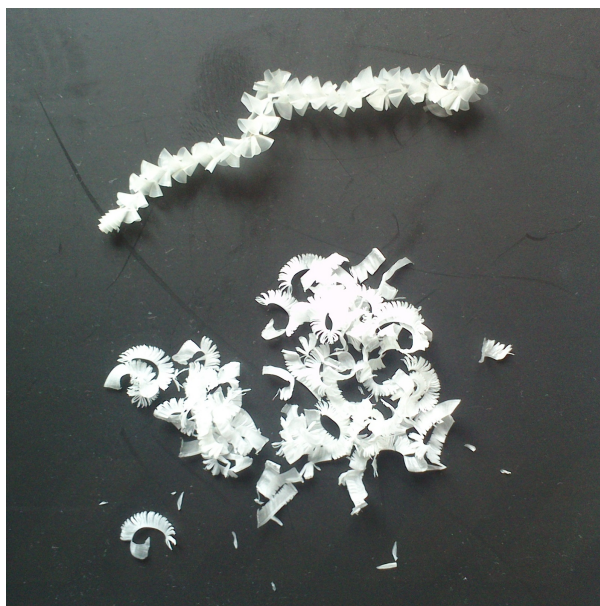
Obr. 39: Dialogové okno pro volbu postprocesoru

Závěrečnou fází je odladění programu na stroji a dohled nad výrobou první součásti. Konkrétně v této práci šlo vlastně o dvě součásti, jejichž výroba je nyní již realizována. Před vlastní výrobou sedel bylo nutné přenést NC program do stroje a spustit zkušební simulaci na ovládacím panelu s displejem. Přenesení proběhlo po intranetové síti až do počítače v seřizovně stroje MCV 750A, odkud vede datové komunikační propojení přímo do stroje. Před přenosem do stroje bylo také potřeba v procesech frézování odstranit funkce M8 (chlazení), jelikož proces výroby je naplánován bez chlazení, M21 a M26 (zpevnění os), jelikož aplikovaný postprocesor je pro jiný stroj a MCV 750A tyto funkce neumí. Za *TOOL CALL* je pak nutné přidání funkce M6 (výměna nástroje), což je také nutnost, kterou vyžaduje použitý postprocesor, který není přímo pro tento stroj. Po zavedení do stroje tedy proběhla ještě kontrola správnosti programu v simulačním režimu „test programu“. Při simulaci se ukázalo, že nástroj vytvořil průchozí otvor uprostřed tvarové plochy, kde žádný takový prvek být neměl. Při pečlivé kontrole programu se ale ukázalo, že tato chyba byla chybou simulační grafiky a i po vyrobení bylo zřejmé, že oba programy jsou správné. Po skončení simulace programu se pomocí sondy nastavil nulový bod a překontrolovaly se správné pozice a délkové korekce jednotlivých nástrojů.



Obr. 40: Dialogové okno pro volbu typu dat a cílové složky

Při vlastním obrábění nebylo zapotřebí žádných úprav programů. Obrobitelnost použitého materiálu byla na vynikající úrovni a tak zásahy do procesu výroby byly minimální. Naopak se ukázalo, že materiál dovoluje zvýšení posuvu, ale tato úprava se neprováděla úpravou programu. Pouze se potenciometrem posuvu zvýšil posuv na 120 %. Ukázky třísek vzniklých při obrábění sedel jsou vidět na obrázku číslo 41 a je patrné, že při frézování materiálu *POM-H* vznikají malé elementární třísky, které tepelně nezatěžují pracovní prostor a nenarušují stabilitu řezu. Při vrtacích operacích, které byly chlazeny vodou s chladicí emulzí, vznikají u tohoto materiálu asi 50 mm dlouhé šroubovitě třísky, které taktéž neměly vliv na stabilitu řezu ani přesnost výroby.



Obr. 41: Třísky z výroby sedel

4 Závěr

Sedla byla vyráběna pro konkrétního zákazníka, který je využívá ve skutečném provozu, a proto musela být vyrobena s dostatečnou rozměrovou přesností i odpovídající jakostí povrchu. Tato podmínka byla splněna a obě sedla byla v požadovaném termínu tří týdnů odeslána zákazníkovi.

Způsob, jakým bylo postupováno při technické přípravě výroby i při návrhu technologie a upnutí, byl přizpůsoben okolnostem. Hlavně počtu kusů výrobků, omezením spojených se strojem apod. Je proto nutné říci, že výroba sedel by se dala více zefektivnit, ale v tomto případě by bylo časově i finančně nevýhodné hledat sofistikovanější řešení výroby, jelikož výroba jednoho sedla trvala řádově dvacet minut a drobná vylepšení by se výrazně projevila až při sériové výrobě, kde by uspořený čas přibýval přímo úměrně počtu vyráběných kusů. Z hlediska běžného postupu v zavedené výrobě by se vytvořily i seřizovací listy, ale vzhledem k tomu, že výroba probíhala v rámci zpracování bakalářské práce s dohledem programátora a odborného dozoru, mohla být tato část nutné dokumentace vynechána. Ekonomickou stránku výroby zde není vhodné řešit, protože jak již bylo zmíněno, jednalo se o vypracování zakázky v rámci bakalářské práce a odlišností od skutečné výroby bylo mnoho. Zejméná díky tomu, že se jedná o kusovou výrobu je zřejmé, že pro větší ekonomičnost výroby se musí dobře zvážit poměr mezi časem nutným pro přípravu a aplikaci jednotlivých zlepšení a rozdílem v časech výroby. Při špatném zvážení těchto aspektů může nastat situace, kdy zkrácení doby výroby bude působit z celkového pohledu kontraproduktivně.

Seznam použité literatury

- 1: DUPONT. *Delrin* [online]. 2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://www2.dupont.com/Czech_Republic_Country_Site/cs_CZ/Products_and_Services/Products/derlin.html
- 2: *Použití materiálu Delrin* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: http://www2.dupont.com/Czech_Republic_Country_Site/cs_CZ/Products_and_Services/Products/derlin.html
- 3: *DMG MORI* [online]. [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://in.dmgmori.com/products/milling-machines/universal-milling-machines-for-5-sided-5-axis-machining/dmu-monoblock/dmu-65-monoblock>
- 4: MAS KOVOSVIT. *Návod pro instalování a obsluhu vertikálního obráběcího centra MCV750*. Ver.1.0-cz. Sezimovo Ústí.
- 5: *MCV 750A* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://centes.cz/vyroba/obrabeni-kovu/cnc-obrabeni/cnc-frezovani/>
- 6: JANDEČKA, K., J. ČESÁNEK a P. KOŽMÍN. ZČU. *Programování NC strojů*. 2000.
- 7: VRABEC, M., J. MÁDL . ČVUT. *NC programování v obrábění*. 2004.
- 8: STANĚK, J., J. NĚMEJC a . ZČU. *Metodika zpracování a úprava diplomových prací*. 2005.

Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Ukázky NC kódů pro výrobu sedla I.
- Příloha č. 2 – Ukázky NC kódů pro výrobu sedla II.
- Příloha č. 3 – Výrobní výkres sedla I.
- Příloha č. 4 – Výrobní výkres sedla II.
- Příloha č. 5 – Výkres sestavy měřicího přípravku pro automobilové výfuky.

Příloha č. 1

**Ukázky NC kódů pro výrobu sedla I.
(kompletní NC kódy jsou k dispozici na přiloženém CD)**

Ukázka NC kódu pro sedlo I. (první strana)

```
0 BEGIN PGM Manufacturing Program.1 MM
1 ; Simecek
2 ; 25.11.2014 7:9:41
3 BLK FORM 0.1 Z X-48.1 Y-46.95 Z-50.3
4 BLK FORM 0.2 X41. Y45.05 Z48.
5 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
6 ; FR D8 L26 Z3 SEH 422858
7 ; FR D4 L14 Z4 SEH 422829
8 ; KU D6 L15 Z4 SEH 422848
9 ; NASTROJ=FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
10 ; PRUMER= 50.000000
11 ; ZAOBLNI= 0.800000
12 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
13 ; PROGRAM NA KONEC NASTROJE
14 FN 0: Q1 = 3055 ; POSUV NAJEZDOVY - 100 PROCENT
15 FN 0: Q2 = 3820 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
16 FN 0: Q3 = 1000 ; POSUV ODJEZDOVY - 100 PROCENT
17 TOOL CALL 5 Z S3183
M6
18 L M140 MB MAX
19 L X0. Y0. FMAX
20 ;
21 ; FACING.1
22 ;
23 M3
24 L X-48.1 Y0.05 Z48. FMAX
25 L Z1. FMAX
26 ;
27 L Z-2. FQ1
28 L X-21.1
...
...
...
...
2441 L X0. Y18.922
2442 L Y-19.821
2443 L Y-29.821 FQ3
2444 L Z48. FMAX
2445 M5
2446 M9
2447 L M140 MB MAX
2448 L Y0. FMAX
2449 END PGM Manufacturing Program.1 MM
```

Ukázka NC kódu pro sedlo I. (druhá strana)

0 BEGIN PGM Manufacturing Program.2 MM
1 ; Simecek
2 ; 25.11.2014 8:5:33
3 BLK FORM 0.1 Z X-26. Y-48.102 Z29.587
4 BLK FORM 0.2 X26. Y21.098 Z104.787
5 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
6 ; VR 140° D5,8 L40 E3617 1 0580
7 ; VR 140° D6,8 L29 RUBIG 412813 VNEJSI CHLAZENI
8 ; NA 90° D12 L22 Z2 RUBIG 10948 HSS
9 ; ;X1,25 L93 Z3 NAREX
10 ; VY 6H7 L23 Z6 STIMZET 1484021 HSS
11 ; NASTROJ=FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
12 ; PRUMER= 50.000000
13 ; ZAOBLENI= 0.800000
14 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
15 ; PROGRAM NA KONEC NASTROJE
16 FN 0: Q1 = 3055 ; POSUV NAJEZDOVY - 100 PROCENT
17 FN 0: Q2 = 3820 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
18 FN 0: Q3 = 1000 ; POSUV ODJEZDOVY - 100 PROCENT
19 TOOL CALL 5 Z S3183
M6
20 L M140 MB MAX
21 L X0. Y0. FMAX
22 ;
23 ; FACING.1
24 ;
25 M3
26 L Y-48.102 Z104.787 FMAX
27 L Z55.587 FMAX
...
...
...
...
201 L X-10. Y6. R0 FMAX M99
202 L X10. Y-6. R0 FMAX M99
203 L Z104.787 FQ3
204 M5
205 M9
206 L M140 MB MAX
207 L X0. Y0. FMAX
208 END PGM Manufacturing Program.2 MM

Příloha č. 2

**Ukázky NC kódů pro výrobu sedla II.
(kompletní NC kódy jsou k dispozici na přiloženém CD)**

Ukázka NC kódu pro sedlo II. (první strana)

```
0 BEGIN PGM Manufacturing Program.3 MM
1 ; Simecek
2 ; 25.11.2014 9:24:4
3 BLK FORM 0.1 Z X-72. Y-40. Z-84.6
4 BLK FORM 0.2 X70. Y56.35 Z48.
5 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
6 ; FR D16 L34 Z4 SFH 422825
7 ; FR D8 L26 Z3 SEH 422858_1
8 ; KU D16 L14 Z2 ISCAR 32C16H140
9 ; NASTROJ=FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
10 ; PRUMER= 50.000000
11 ; ZAOLENI= 0.800000
12 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
13 ; PROGRAM NA KONEC NASTROJE
14 FN 0: Q1 = 3055 ; POSUV NAJEZDOVY - 100 PROCENT
15 FN 0: Q2 = 3820 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
16 FN 0: Q3 = 1000 ; POSUV ODJEZDOVY - 100 PROCENT
17 TOOL CALL 5 Z S3183
M6
18 L M140 MB MAX
19 L X0. Y0. FMAX
20 ;
21 ; FACING.1
22 ;
23 M3
24 L Y56.35 Z48. FMAX
25 L Z0. FMAX
26 ;
27 L Z-2. FQ1
28 L Y21.35
29 L X52.25 FQ2
30 L Y-21.35
...
...
...
...
12985 L X0.991 Y-9.701 Z-24.554 FQ2
12986 L X0.594 Y-9.713 Z-24.573
12987 L X0.197 Y-9.731 Z-24.59
12988 L Z-14.59 FQ3
12989 L Z48. FMAX
12990 M5
12991 M9
12992 L M140 MB MAX
12993 L X0. Y0. FMAX
12994 END PGM Manufacturing Program.3 MM
```

Ukázka NC kódu pro sedlo II. (druhá strana)

0 BEGIN PGM Manufacturing Program.4 MM
1 ; Simecek
2 ; 25.11.2014 12:51:1
3 BLK FORM 0.1 Z X-45. Y-28.251 Z-28.103
4 BLK FORM 0.2 X45. Y41.759 Z51.938
5 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
6 ; VR 140° D7,8 L48 E3617 1 0780
7 ; VR 140° D6,8 L29 RUBIG 412813 VNEJSI CHLAZENI
8 ; NA 90° D12 L22 Z2 RUBIG 10948 HSS
9 ; ;X1,25 L93 Z3 NAREX
10 ; VY 8H7 L30 Z6 STIMZET 1484269 HSS
11 ; NASTROJ=FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
12 ; PRUMER= 50.000000
13 ; ZAOBLENI= 0.800000
14 ; FR D50 L10 Z5 R0,8 AVANTEC
15 ; PROGRAM NA KONEC NASTROJE
16 FN 0: Q1 = 3055 ; POSUV NAJEZDOVY - 100 PROCENT
17 FN 0: Q2 = 3820 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
18 FN 0: Q3 = 1000 ; POSUV ODJEZDOVY - 100 PROCENT
19 TOOL CALL 5 Z S3183
M6
20 L M140 MB MAX
21 L X0. Y0. FMAX
22 ;
23 ; FACING.1
24 ;
25 M3
26 L Y-28.251 Z51.938 FMAX
27 L Z-0.103 FMAX
...
...
...
...
Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE ~
Q208=Q2 ;POSUV NAVRATU ~
Q203=-12.103 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=5. ;2. BEZPEC.VZDALENOST
198 L X35. Y20.557 R0 FMAX M99
199 L X-35. Y20.557 R0 FMAX M99
200 L Z48.772 FQ3
201 M5
202 M9
203 L M140 MB MAX
204 L X0. Y0. FMAX
205 END PGM Manufacturing Program.4 MM

Ukázka NC kódu pro sedlo II. (třetí strana)

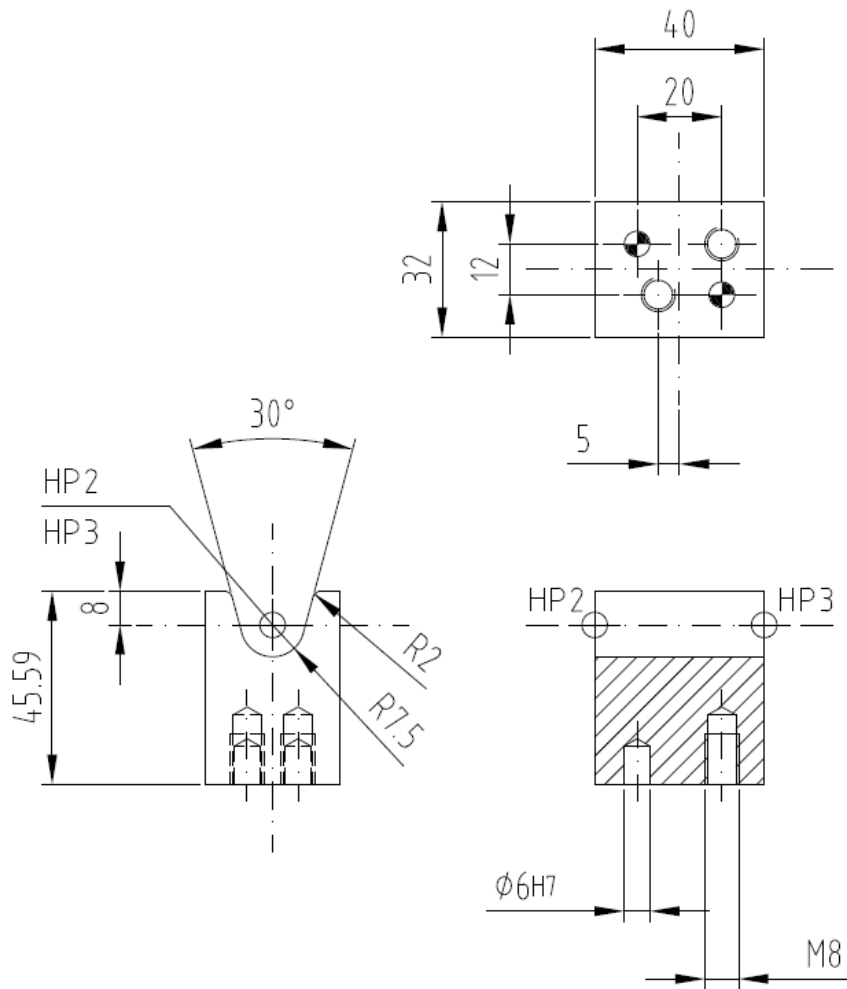
```
0 BEGIN PGM Manufacturing Program.5 MM
1 ; Simecek
2 ; 25.11.2014 13:51:46
3 BLK FORM 0.1 Z X20. Y0. Z-13.056
4 BLK FORM 0.2 X20. Y0. Z50.
5 ; VR 140° D5,8 L40 E3617 1 0580
6 ; NA 90° D12 L22 Z2 RUBIG 10948 HSS
7 ; VY 6H7 L23 Z6 STIMZET 1484021 HSS
8 ; NASTROJ=VR 140° D5,8 L40 E3617 1 0580
9 ; PRUMER= 5.800000
10 ; ZAOBLNI=
11 ; VR 140° D5,8 L40 E3617 1 0580
12 ; PROGRAM NA KONEC NASTROJE
13 FN 0: Q2 = 494 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
14 TOOL CALL 115 Z S4939
M6
15 L M140 MB MAX
16 L X0. Y0. FMAX
17 ;
18 ; DRILLING.1
19 ;
20 M3 M7
21 L X20. Z5. FMAX
22 ;
23 CYCL DEF 200 VRTANI ~
Q200=5. ;BEZPEC. VZDALENOST ~
Q201=-13.056 ;HLOUBKA ~
Q206=Q2 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q202=13.056 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q210=0. ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
Q203=0. ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=5. ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE
24 L X20. Y0. R0 FMAX M99
...
...
...
...
68 L X20. Y0. R0 FMAX M99
69 L Z50. FMAX
70 M5
71 M9
72 L M140 MB MAX
73 L X0. FMAX
74 END PGM Manufacturing Program.5 MM
```

Příloha č. 3

Výrobní výkres sedla I.

(dodán zákazníkem v elektronické podobě ve formátu *.pdf)

Pos. B2⁰¹



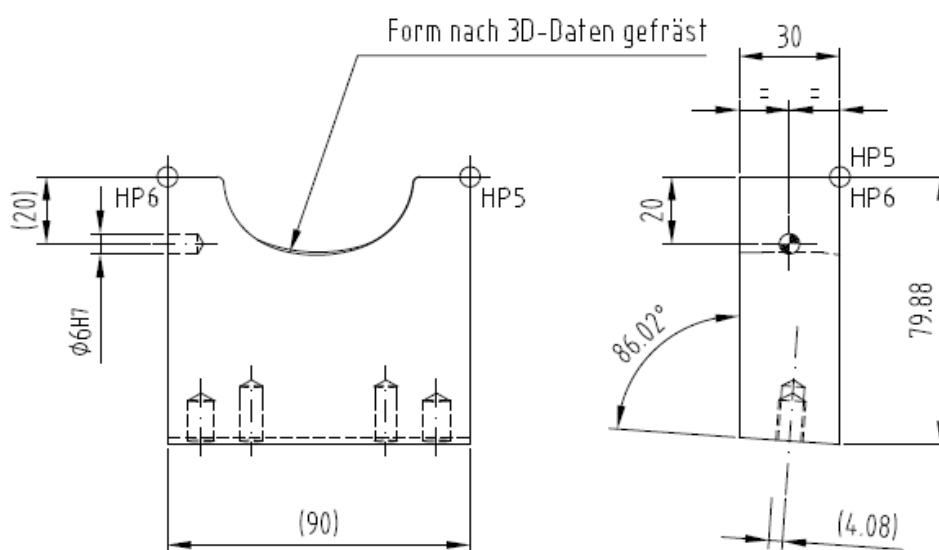
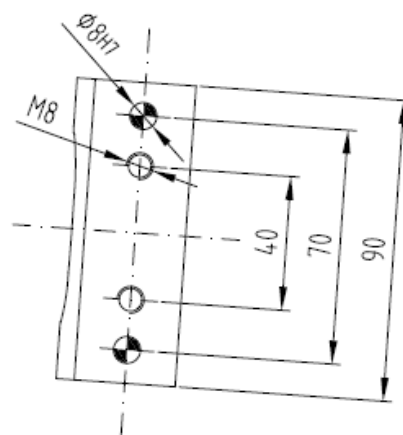
Position	Stückzahl	Material	Bemerkung	Betriebsmittel-Nummer
B2	1	D8LRIN	-	06.59.75.023.01

Příloha č. 4

Výrobní výkres sedla II.

(dodán zákazníkem v elektronické podobě ve formátu *.pdf)

Pos. G2



Position	Stückzahl	Material	Bemerkung	Betriebsmittel-Nummer
G2	1	DBLRIN	-	06.59.75.023.01

Příloha č. 5

**Výkres sestavy měřícího přípravku pro automobilové výfuky.
(dodán zákazníkem v elektronické podobě ve formátu *.pdf)**

