

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715P270003 – Strojírenství

Studijní specializace: Programování NC strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh technologie pro obrobení tvarově složité součásti

Autor: Tomáš BASTL

Vedoucí práce: Ing. Aneta JIRÁSKO, Ph.D.

Akademický rok 2023/2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš BASTL**
Osobní číslo: **S23B0187P**
Studijní program: **B0715P270003 Strojírenství**
Specializace: **Programování NC strojů**
Téma práce: **Návrh technologie pro obrobení tvarově složité součásti**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

- Úvod
- Analýza současného stavu
- Návrh technologie
- Vyhodnocení
- Závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- NORTON, Robert L. *Cam design and manufacturing handbook*. 2nd ed. New York: Industrial Press, 2009. xv, 591 s. ISBN 978-0-8311-3367-2.
- Příručka SolidCAM.
- ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2015. 240 stran. ISBN 978-80-247-5269-3.
- EVANS, Ken. *Programming of computer numerically controlled machines*. 3rd ed. New York: Industrial Press, 2007. xiv, 457 s. ISBN 978-0-8311-3316-0.
- STANĚK, J., NĚMEJC, J. : *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací*. Plzeň:ZČU, 2005.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Aneta Jirásko, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Josef Sklenička, Ph.D.**
Regionální technologický institut
Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.
vedoucí katedry

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

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bastl	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715P270003 Strojírenství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Jirásko, Ph.D.	Jméno Aneta	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU – FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh technologie pro obrobení tvarově složité součásti		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2024
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	60	TEXTOVÁ ČÁST	54	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	Bakalářská práce se zabývá návrhem tvorby technologie pro zadanou součást vstřikovací formy. V této práci bude řešen proces tvorby výrobní technologie a její problematika.
KLÍČOVÁ SLOVA	vstřikovací forma, tvorba technologie, SolidCAM, obrábění, upínání při obrábění

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Bastl	Name Tomáš	
STUDY PROGRAMME	B0715P270003 Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Jirásko, Ph.D.	Name Aneta	
INSTITUTION	ZČU – FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of machining technology for shape-complex component		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2024
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	60	TEXT PART	54	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	The bachelor's thesis deals with the design of the creation of technology for the assigned part of the injection mold. In this work, the process of creating production technology and its issues will be addressed.
KEY WORDS	injection mold, technology creation, solidCAM, machining, clamping during machining

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	3
Seznam obrázků	3
Seznam tabulek	6
1 Úvod.....	7
2 Analýza současného stavu.....	8
2.1 Popis součásti a jejich funkčních ploch.....	8
2.2 Výkres	9
2.3 Materiál součásti	9
2.4 Polotovar součásti	10
2.5 Stroj.....	11
2.6 Upínací technika.....	11
2.6.1 Upínka AMF 6490–20 mm	12
2.6.2 Zešíkmená upínka AMF 6314V – M20x22	13
2.6.3 Šroub AMF M20x250	14
2.7 Nástroje	14
2.8 Problematická místa součásti	14
2.9 Prvotní návrh upnutí.....	16
3 Návrh technologie	17
3.1 Návrh upnutí.....	17
3.1.1 První upnutí.....	17
3.1.2 Druhé upnutí.....	17
3.1.3 Třetí upnutí.....	18
3.2 Operace prvního upnutí.....	19
3.2.1 Přerovnání čelní plochy dna	19
3.2.2 Vyhrubování boků dna	20
3.2.3 Dokončení čelní plochy dna	20
3.2.4 Dokončení boků dna.....	21
3.2.5 Gravírování označení	22
3.2.6 Vrtání děr D24.....	23
3.3 Operace druhého upnutí	24
3.3.1 Vyhrubování vnitřní kapsy.....	24
3.3.2 Dokončení boků vnitřní kapsy	24
3.4 Operace třetího upnutí.....	26

3.4.1	Hrubování součásti	26
3.4.2	Dokončení čelní plochy	27
3.4.3	Hrubování vnější zapuštěné drážky	27
3.4.4	Hrubování stěn žebrování	29
3.4.5	Dokončení dna rozměr 6.02 mm z výkresu	30
3.4.6	Dokončení dna žebrování	30
3.4.7	Hrubování boků pod přesahem	31
3.4.8	Dokončení boků a stropu pod přesahem	32
3.4.9	Dokončení boků žebrování	33
3.4.10	Dokončení sražení žebrování	34
3.4.11	Dokončení dna a boku rozměr 5 mm z výkresu	35
3.4.12	Dokončení drážek pro odvod vzduchu	36
3.4.13	Dokončení boku přesahu	36
3.4.14	Dokončení boku velkého přesahu	37
3.4.15	Dokončení rádiusu R1	38
3.4.16	Dokončení boků a stropu u velkého přesahu	39
3.5	Dokončení vnější zapuštěné drážky pomocí 5D frézovacích operací	40
3.5.1	Hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem	41
3.5.2	Hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem – vnější stěna	42
3.5.3	Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídavkem 1.2 mm – pravá část	43
3.5.4	Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídavkem 1.2 mm – levá část	44
3.5.5	Hrubování středu kapsy	45
3.5.6	Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídavkem 0.1 mm-pravá část	46
3.5.7	Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídavkem 0.1 mm – levá část	47
3.5.8	Dokončení vnější části drážky	48
3.5.9	Dokončení středu drážky	49
3.5.10	Dokončení vnitřní části drážky – levá část	50
3.5.11	Dokončení vnitřní části drážky – pravá část	51
4	Vyhodnocení	52
5	Závěr	53
	Seznam použité literatury	54
	Příloha 1 – Výpis operací	i

Přehled použitých zkratk a symbolů

D	Průměr
R	Rádus
3D	3osé
5D	5osé
Obr	Obrázek
FST	Fakulta strojní
KTO	Katedra technologie obrábění
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
EN	Evropská norma
HM	Vysokorychlostní hrubovací frézování
HSM	Vysokorychlostní dokončovací frézování
AW	Hliníkové tvářené slitiny

Seznam obrázků

Obrázek 1-Model vstříkovací formy	7
Obrázek 2-Řez složené formy	7
Obrázek 3-Řez součástí	8
Obrázek 4-Přesah nad zapuštěnou drážkou	8
Obrázek 5-Výkres součásti	9
Obrázek 6-Chemické složení materiálu [4]	10
Obrázek 7-Polotovar	10
Obrázek 8-DMU 65 monoBLOCK® [6]	11
Obrázek 9-Upínka AMF6490 [1]	12
Obrázek 10- Nákres upínky AMF6490[1]	12
Obrázek 11- Nákres upínky AMF6490[1]	12
Obrázek 12-Upínka AMF 6314V [2]	13
Obrázek 13-Nákres upínky AMF6314V [2]	13
Obrázek 14-Šroub AMF M20 s podložkou a maticí [3]	14
Obrázek 15-Použité nástroje	14
Obrázek 16-Řez součástí	15
Obrázek 17-Rozměry u rozšířeného výstupku	15
Obrázek 18-Rozměry u výstupku kolem celého obvodu	15
Obrázek 19-Prvotní návrh-1. upnutí	16
Obrázek 20-Prvotní návrh-2. upnutí	16

Obrázek 21-První upnutí	17
Obrázek 22-Druhé upnutí.....	18
Obrázek 23-Třetí upnutí	18
Obrázek 24-Fréza D50	19
Obrázek 25-Dráhy operace přerovnění čela dna	19
Obrázek 26- Dráhy vyhrubování boků dna	20
Obrázek 27-Dráhy dokončení čelní plochy dna	20
Obrázek 28-Fréza D16	21
Obrázek 29-Dráhy dokončení boků dna.....	21
Obrázek 30-Fréza D 0.6	22
Obrázek 31-Solid verifý gravírování.....	22
Obrázek 32-Dráhy vrtání děr.....	23
Obrázek 33-Vrták D24	23
Obrázek 34- Dráhy vyhrubování vnitřní kapsy	24
Obrázek 35-Dráhy dokončení boků vnitřní kapsy	25
Obrázek 36-Solid verifý dokončení boků vnitřní kapsy	25
Obrázek 37-Solid verifý hrubování součásti	26
Obrázek 38-Dráhy hrubování součásti	26
Obrázek 39-Dráhy dokončení čelní plochy	27
Obrázek 40-Fréza D6	27
Obrázek 41-Dráhy hrubování vnější zapuštěné drážky.....	28
Obrázek 42-Solid verifý hrubování vnější zapuštěné drážky.....	28
Obrázek 43-Fréza D8	29
Obrázek 44-Dráhy hrubování stěn žebrování.....	29
Obrázek 45-Dráhy dokončení rozměru 6.02 mm.....	30
Obrázek 46-Dráhy dokončení dna žebrování	30
Obrázek 47-Kotoučová fréza D80.....	31
Obrázek 48-Dráhy hrubování boků od přesahem	31
Obrázek 49-Solid verifý přídavky na plochách.....	32
Obrázek 50-Dráhy dokončení boků a stropu pod přesahem	32
Obrázek 51-Fréza D4	33
Obrázek 52-Dokončení boků žebrování.....	33
Obrázek 53-Kulová fréza D6	34
Obrázek 54-Dráhy dokončení šikmých ploch žebrování	34
Obrázek 55-Dráhy dokončení dna a boku rozměr 5 mm z výkresu.....	35

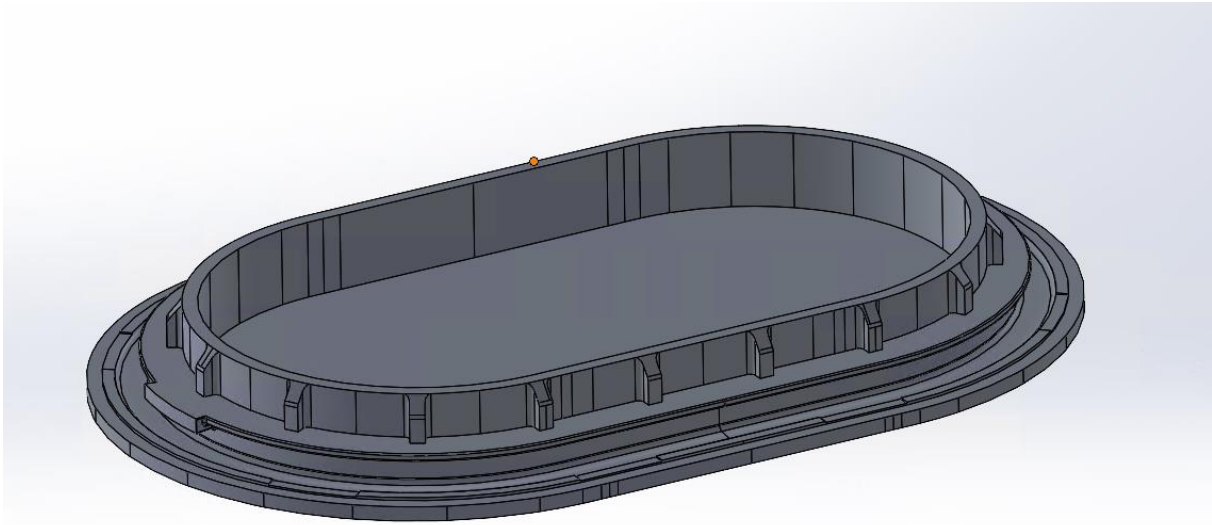
Obrázek 56-Solid verify dokončení dna a boku rozměr 5 mm z výkresu.....	35
Obrázek 57-Dráhy dokončení drážek pro odvod vzduchu.....	36
Obrázek 58-Dráhy dokončení boku přesahu.....	36
Obrázek 59-Dráhy dokončení boku velkého přesahu.....	37
Obrázek 60-Solid verify dokončení boku velkého přesahu.....	37
Obrázek 61-Dráhy dokončení rádiusu R1.....	38
Obrázek 62-Fréza D2.....	38
Obrázek 63-Fréza D3.....	39
Obrázek 64-Simulace stroje dokončení boků a stropu u přesahu.....	39
Obrázek 65-Solid verify po dokončení boků a stropu u velkého přesahu.....	40
Obrázek 66-Solid verify přídávky ve vnější zapuštěné drážce.....	40
Obrázek 67-Přídávky pod velkým přesahem ve vnější zapuštěné drážce.....	41
Obrázek 68-Přídávky ve většině vnější zapuštěné drážky.....	41
Obrázek 69-Dráhy hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem.....	41
Obrázek 70-Solid verify hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem.....	42
Obrázek 71- Dráhy hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem-vnější stěna.	42
Obrázek 72-Solid verify hrubování vnější části drážky pod velkým přesahem-vnější stěna..	43
Obrázek 73- Dráhy hrubování na vnitřní stěně s přídávkem 1.2 mm-pravá část.....	43
Obrázek 74-Solid verify hrubování na vnitřní stěně s přídávkem 1.2 mm-pravá část.....	44
Obrázek 75-Dráhy hrubování na vnitřní stěně s přídávkem 1.2 mm-levá část.....	44
Obrázek 76-Solid verify hrubování na vnitřní stěně s přídávkem 1.2 mm-levá část.....	45
Obrázek 77-Dráhy v řezu hrubování středu kapsy.....	45
Obrázek 78-Solid verify hrubování středu kapsy.....	46
Obrázek 79-Dráhy hrubování u vnitřní stěny kapsy – pravá část.....	46
Obrázek 80-Solid verify hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídávkem 0.1 mm-pravá část...	47
Obrázek 81-Dráhy hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídávkem 0.1 mm-levá část.....	47
Obrázek 82-Solid verify hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídávkem 0.1 mm-levá část.....	48
Obrázek 83-Detail drah dokončení vnější části drážky.....	48
Obrázek 84-Solid verify dokončení vnější části drážky.....	49
Obrázek 85-Dráhy dokončení středu drážky.....	49
Obrázek 86-Dráhy dokončení vnitřní části drážky-levá část.....	50
Obrázek 87-Solid verify dokončení vnitřní části drážky-levá část.....	50
Obrázek 88-Solid verify dokončení vnitřní části drážky-pravá část.....	51
Obrázek 89-Dráhy dokončení vnitřní části drážky-pravá část.....	51

Seznam tabulek

Tabulka 1-Parametry stroje	11
Tabulka 2-Rozměry upínky AMF6490	12
Tabulka 3-Rozměry upínky AMF6314V	13

1 Úvod

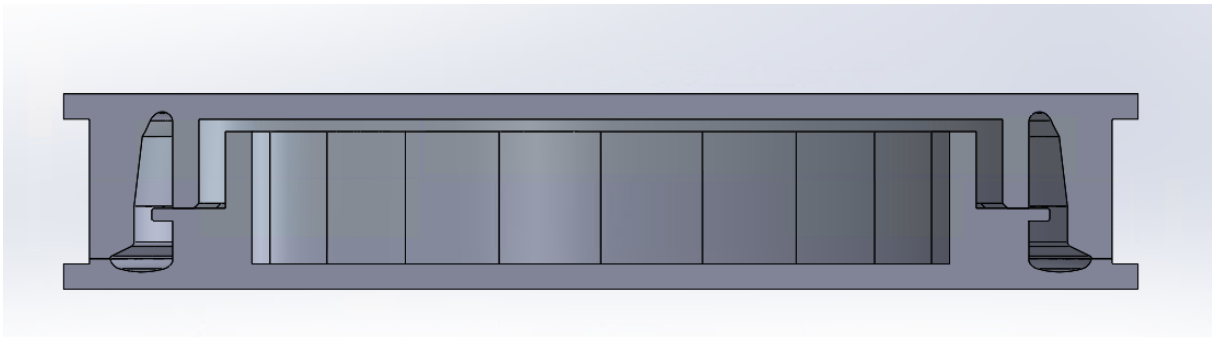
Bakalářská práce se zabývá návrhem tvorby technologie pro zadanou součást vstříkovací formy. Celá vstříkovací forma se skládá ze dvou částí, které se skládají do sebe. Po složení vznikne kapsa sloužící ke vstříkování plastu. V této práci bude řešena tvorba technologie pouze spodní část formy. Pro její realizaci bude použit software SolidWorks a SolidCAM. Technologie bude vytvářena pro zadaný stroj DMU 65 monoBLOCK® od výrobce DMG MORI, který se nachází ve výzkumném centru Západočeské univerzity. Řídicím systémem stroje je Heidenhain iTNC530. Nástroje a vybavení, které budou použity v této práci, vychází z toho, co je ve výzkumném centru k dispozici. V této práci bude řešen proces tvorby výrobní technologie a její problematika.



Obrázek 1-Model vstříkovací formy

Cíle této práce jsou:

- Navrhnout vhodné upínání pro obrábění
- Navrhnout funkční způsob obrobení součásti
- Nastavení vhodných rezných podmínek
- Dosažení předepsaných drsností a tolerancí



Obrázek 2-Řez složené formy

2 Analýza současného stavu

2.1 Popis součásti a jejich funkčních ploch

Rozměry vstřikovací formy jsou 217x334.79x31 mm. Tato forma má obdélníkový tvar s dvěma stranami ve tvaru rádiusu. Na horní straně obsahuje kapsu téhož tvaru, která má na vnější straně žebrování, což může být užitečné pro lepší chlazení a pevnost součásti. Po celém obvodu se nachází zapuštěná drážka, jejíž dno má tvar rádiusu, nad kterým se nachází přesah. Tento přesah představuje při obrábění významnou komplikaci, neboť omezuje přístup k obrobení zapuštěné drážky z horní strany formy, a proto bude nutné použít 5D obrábění pro dokončení této plochy. Tato část obrobku je klíčová, neboť slouží jako funkční plocha pro vstřikování, což si vyžaduje vysokou přesnost a drsnost těchto ploch.

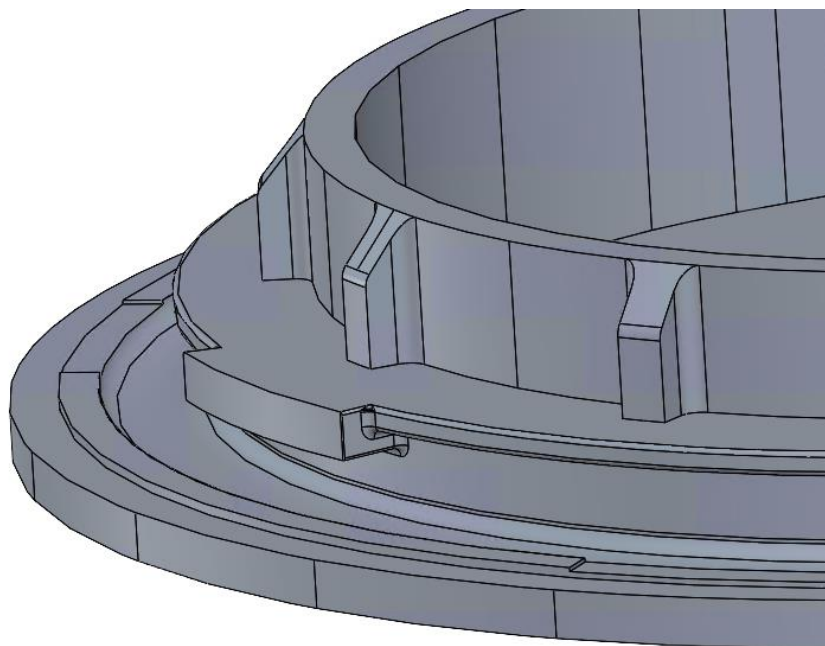
V jednom místě se zmíněný přesah ještě zvětšuje viz obr. 4, což dále ztěžuje dosažení správného obrobení. Pod tímto místem bude ještě složitější dosáhnout správného obrobení zapuštěné drážky.

Na druhé straně formy je vygravírované označení této součásti. Název je A1-03250 :C: TOP. Šířka znaků je 1 mm a hloubka gravírování také 1 mm.

Další komplikací je poměrně malá tloušťka dna, která činí pouze 5 mm. Tato skutečnost si vyžaduje zohlednění při návrhu upnutí součásti, aby nedošlo k deformacím nebo nežádoucím jevům při obrábění. S ohledem na to, že materiál obráběné součásti je hliník, je třeba pečlivě zvážit způsob upnutí součásti při obrábění, aby se minimalizovaly rizika deformací a zajistila se kvalita obrobených ploch výsledné součásti.



Obrázek 3-Řez součástí

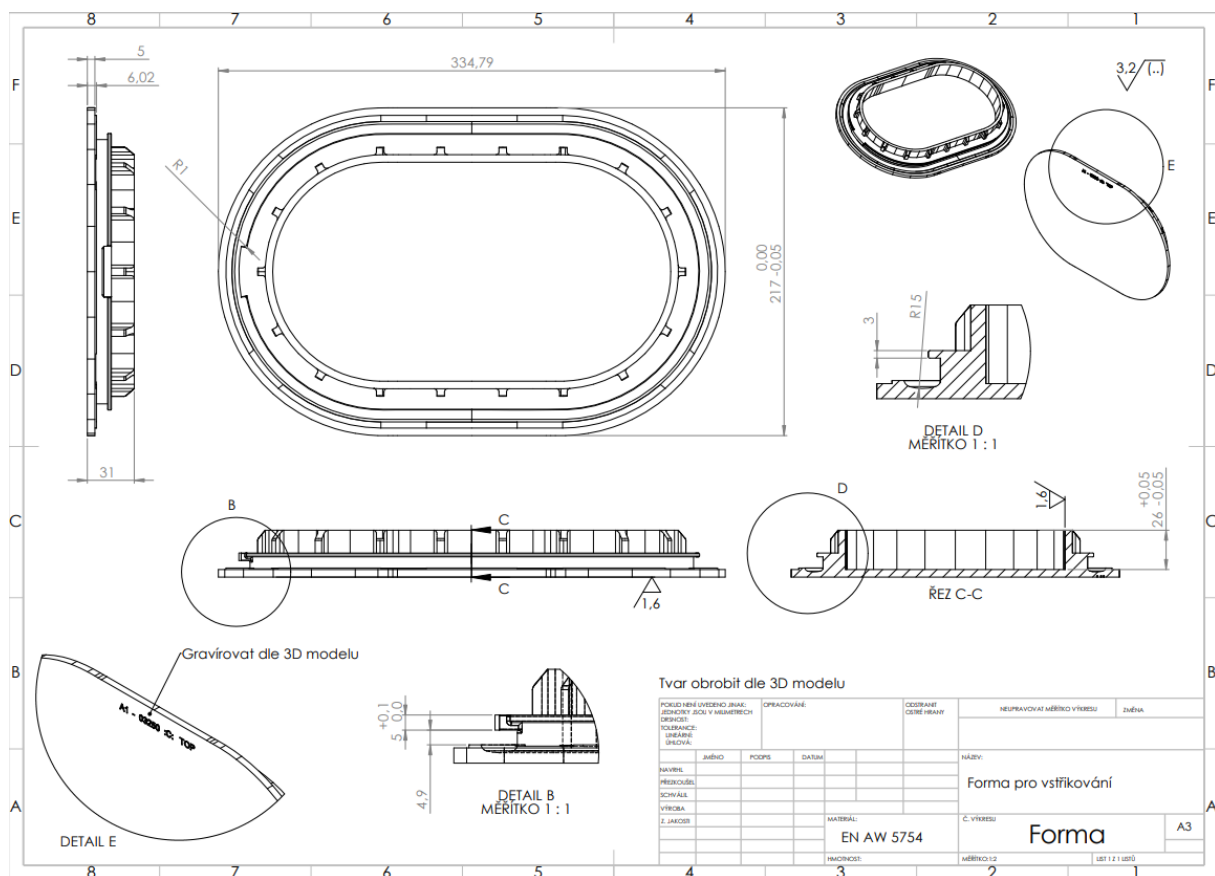


Obrázek 4-Přesah nad zapuštěnou drážkou

2.2 Výkres

Při tvorbě technologie pro výrobu součásti budou klíčové rozměry, které jsou zakótovány na výkresu, pečlivě zohledněny. Součást má předepsanou celkovou drsnost Ra 3.2, s výjimkou ploch boků vnitřní kapsy a spodního dna, kde je požadována drsnost ploch Ra 1.6. Tyto požadavky na drsnost budou zohledněny při volbě nástrojů a nastavení obráběcích parametrů.

Dále jsou na výkrese uvedeny rozměry s malými tolerančními poli pro výrobu. Při tvorbě technologie bude na tyto rozměry brán zřetel, aby byly dodrženy předepsané tolerance. Rozměry, které nejsou uvedeny přímo na výkresu, byly odměřeny z modelu součásti, který byl poskytnut spolu s výkresem. Tyto rozměry budou zahrnuty do procesu tvorby technologie tak, aby výsledná součást splňovala požadované specifikace.



Obrázek 5-Výkres součásti

2.3 Materiál součásti

Slitina EN AW 5754 AlMg3 je tvářená slitina hliníku, která je určena pro široké využití díky své dobré odolnosti proti korozi a střední konstrukční pevnosti. Tato slitina je vhodná pro různé aplikace, včetně potravinářství, chemického průmyslu, výroby dopravních prostředků (včetně lodí) a zařízení pracujících v agresivním průmyslovém prostředí nebo s chemikáliemi, včetně slané vody.

EN AW 5754 patří mezi nevytvrditelné slitiny hliníku. Lze ho v případě potřeby žíhat na měkko. Další vhodnou vlastností hliníkové slitiny EN AW 5754 je schopnost dosáhnout kvalitní technické úrovně úpravy povrchu anodickou oxidací.

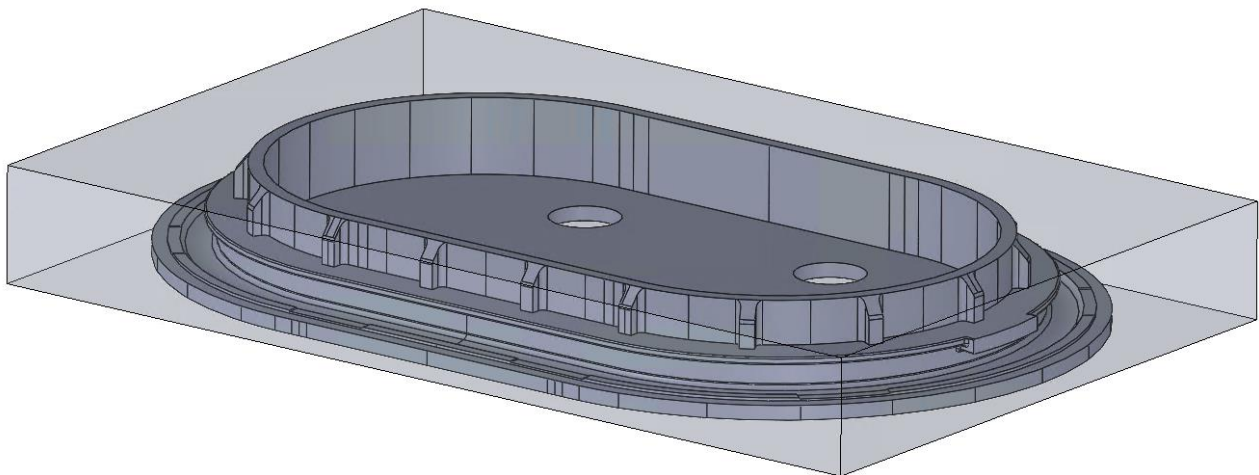
Další významnou vlastností slitiny EN AW 5754 je velmi dobrá svařitelnost a dobrá tvárnost, včetně tvárnosti za studena. Tato slitina má také dobrou obrobiteľnosť, což je klíčová vlastnosť pro naše využití. Tyto vlastnosti činí EN AW 5754 atraktivní volbou pro širokou škálu aplikací, kde jsou požadovány pevnost, odolnost, obrobiteľnosť a kvalitní povrchová úprava. [4]

EN AW	JAKOST	SI	FE	CU	MN	MG	CR	ZN	TI	PB	OSTATNÍ	OSTATNÍ	AL
5754	AlMg3	0.40	0.40	0.10	0.50	2.6-3.6	0.30	0.20	0.15		0.05	0.15	zbytek

Obrázek 6-Chemické složení materiálu [4]

2.4 Polotovar součásti

Vzhledem k rozměrům součásti 216.73x334.8x31 mm, byl navrhnout polotovar o rozměrech 220x340x40 mm. Rozměry polotovaru byly voleny vzhledem k nabídce polotovaru na trhu a zvoleným přísadkám, potřebným pro správné obrobení. Pokud by se postupem tvorby technologie ukázalo, že by bylo třeba změnit rozměry polotovaru, mohlo být provedena změna. Nicméně ani po dokončení tvorby technologie nenastal důvod pro změnu rozměrů polotovaru. [5]



Obrázek 7-Polotovar

2.5 Stroj

Strojem pro výrobu bylo zvoleno 5D obráběcí centrum DMU 65 monoBLOCK® od firmy DMG Mori. Následná tvorba technologie bude tedy realizována vzhledem k parametrům stroje. Polohování stolu má kolébkovou koncepci s otočným stolem v rozsahu 360°. To umožňuje plynulé 5D obrábění tvarově složitých ploch, což je klíčové pro zadanou součást. Řídicím systémem je Heidenhain iTNC530. [6]



Obrázek 8-DMU 65 monoBLOCK® [6]

Tabulka 1-Parametry stroje [6]

Max. otáčky vřetene	18000 ot./min
Max. pojezd v ose X	650 mm
Max. pojezd v ose Y	650 mm
Max. pojezd v ose Z	560 mm
Max. výška obrobku	500 mm
Max. hmotnost obrobku	1 000 kg
Zásobník nástrojů	180 pozic

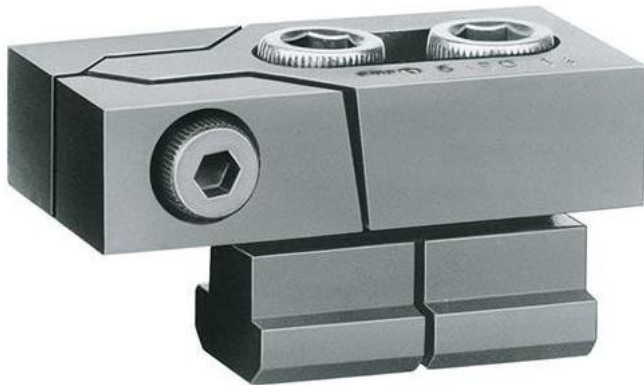
2.6 Upínací technika

Pro tvorbu technologie bylo zvoleno několik typů upínek, v prvotní fázi bylo zvažováno také upnutí pomocí svěráku, nicméně vybavení stroje nedisponuje dostatečně velkým svěrákem pro upnutí vstřikovací formy.

Pro upínání bylo použito toto nářadí:

2.6.1 Upínka AMF 6490–20 mm

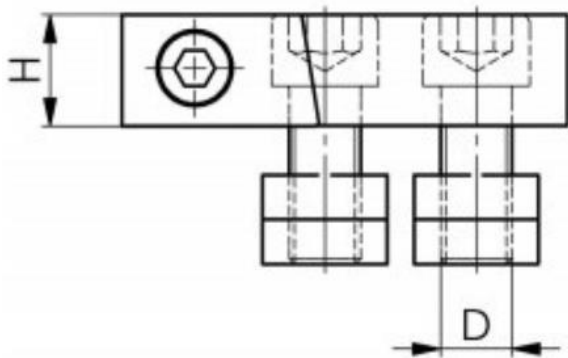
Upínka AMF 6490 byla zvolena, protože umožňuje upnutí obrobku nízko nad pracovním stolem, což bude výhodné vzhledem k tomu, že vstříkovací forma má výšku pouze 31 mm. Používá se pro upínání za boky obrobku. [1]



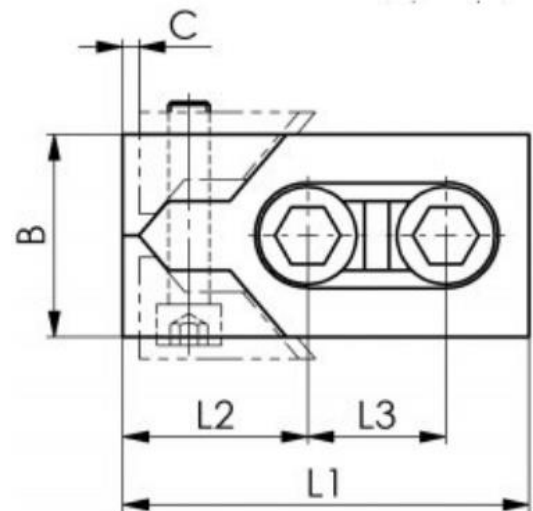
Obrázek 9-Upínka AMF6490 [1]

Tabulka 2-Rozměry upínky AMF6490

Šířka drážky	20 mm
B	50 mm
C	4 mm
D	M16
H	25 mm
L1	100 mm
L2	46 mm
L3	34 mm



Obrázek 10- Nákres upínky AMF6490[1]



Obrázek 11- Nákres upínky AMF6490[1]

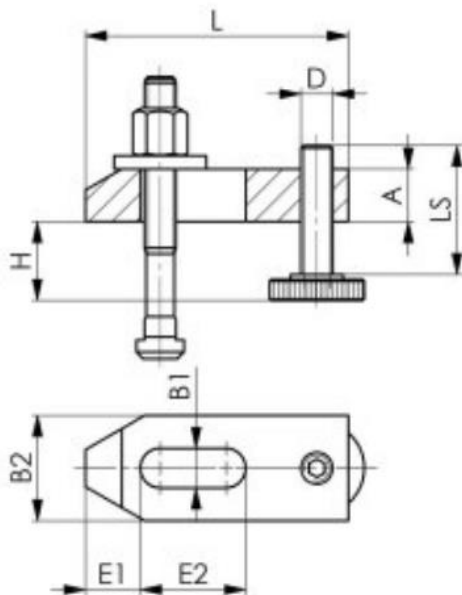
2.6.2 Zešíkmená upínka AMF 6314V – M20x22

Zešíkmená upínka s přestavitelným opěrným šroubem AMF 6314V – M20x22 slouží pro upínání za horní plochu. Má nastavitelnou výšku a velikost vyložení, tyto vlastnosti by mohly být užitečné pro naši aplikaci. [2]



Obrázek 12-Upínka AMF 6314V [2]

Tabulka 3-Rozměry upínky AMF6314V [2]



B1	22 mm
H	16-105 mm
LS	65 mm
E1	30 mm
E2	60 mm
L	160 mm
B2	60 mm
A	30 mm

Obrázek 13-Nákres upínky AMF6314V [2]

2.6.3 Šroub AMF M20x250

Šroub pro T drážky AMF M20x250 s šestihrannou maticí DIN 6330 B a podložkou Scheibe DIN 6340 se používá pro upnutí za horní plochu obrobku nejčastěji v případech, kdy se šroub např. protáhne už vyrobenou dírou v obrobku.[3]



Obrázek 14-Šroub AMF M20 s podložkou a maticí [3]

2.7 Nástroje

Nástroje byly voleny z katalogu nástrojů stroje, jenž je kopie toho, jaké nástroje jsou reálně k dispozici. Zde budeme vybírat ty nejvíce vhodné pro naše operace. Na obr. 15 můžeme vidět seznam použitých nástrojů pro naše obrábění.

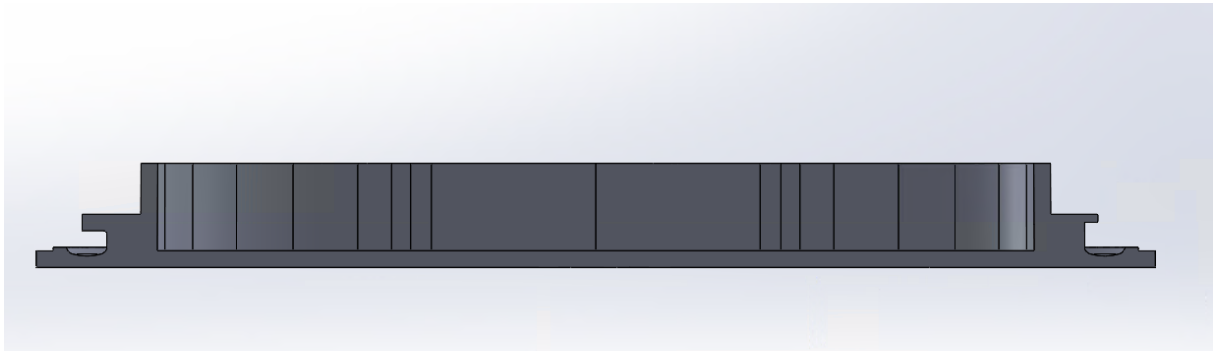
Číslo nástroje	B.	ID Č	Typ nástroje	Popis
#1 Spindle_Y(1/254/15)				
1		FR D0.6 r0 L3-OSG-gravirovací	Toroidní fréza	FR D0.6 r0 L...
2		Fr D2 r0 L3 z2 - OSG	Toroidní fréza	Fr D2 r0 L3 z...
5		Fr D4 r0.05 L11 z4 - SEH 422825	Toroidní fréza	Fr D4 r0.05 L...
9		Fr D6 r0.05 L13 z4 (klasika) - OB06950-1	Toroidní fréza	Fr D6 r0.05 L...
15		Fr D8 r0.1 L19 z4 (klasika) - OB06951-1	Toroidní fréza	Fr D8 r0.1 L1...
32		Fr D16 r0.2 L32 z4 (klasika) - OB06954-1	Toroidní fréza	Fr D16 r0.2 L...
115		Fr D50 r0.8 L9 z5 (Avantec - tangencialni)...	Čelní fréza	Fr D50 r0.8 L...
202		Kul D3 L20 z4 (long) - SEH 422845	Kulová fréza	Kul D3 L20 z4...
207		Kul D6 L13 z4 - SEH 422848	Kulová fréza	Kul D6 L13 z4...
330		Vrt D24 - 5D - (Iscar) - DCN 240-120-32A-5D	Vrták	Vrt D24 - 5D ...
701		Kotouc D80 r0 L2 z36 (Vraga)	Korunková fr...	Kotouc D80 r...

Obrázek 15-Použité nástroje

2.8 Problematická místa součásti

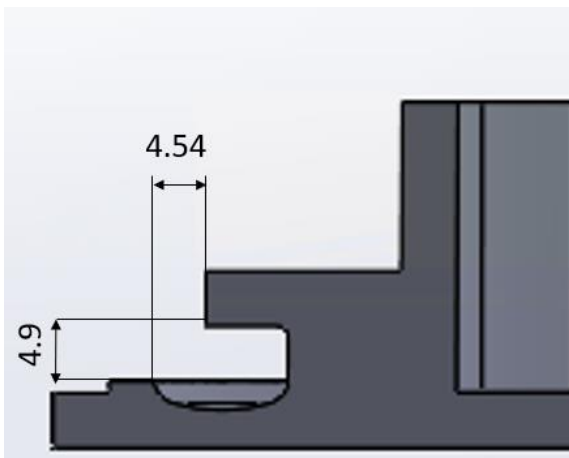
Na obr. 16 můžeme vidět řez součástí, z čehož je patrné, že největší problém bude vnější zapuštěná drážka, která je kolem celého obvodu součásti. Dno má tvar rádiusu a kolem celého obvodu drážky je výstupek. Výstupek je kolem celého obvodu stejný, kromě jedné části, kde se rozšiřuje. V tomto místě bude obrábění složitější, vzhledem k rozměrům viz obr. 17. Výroba bude muset být uskutečněna pomocí 5D operací a naklápění stolu. Rozměry u výstupku kolem celého obvodu jsou viz obr. 18, což nám umožní o něco snadnější obrobení, nicméně i toto bude

představovat komplikaci. Vzhledem k těmto parametrům, jenž drážka má, bude muset být použit malý průměr nástroje, a pravděpodobně také větší vyložení a operace bude velice časově náročná. Tato část je ale nejdůležitější z celého obrábění, protože je to funkční plocha pro vstřikování plastu.

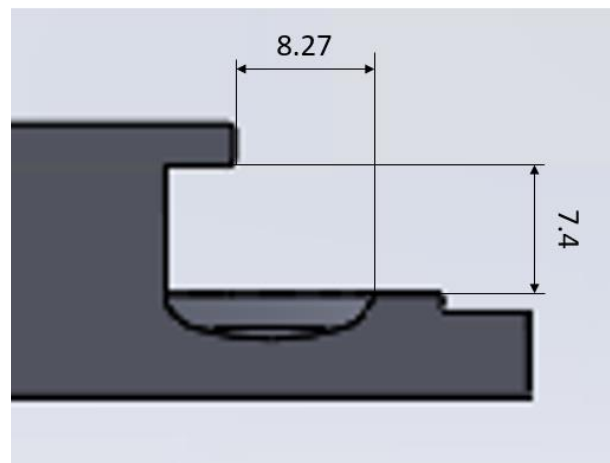


Obrázek 16-Řez součástí

Další komplikace bude představovat žebrování, jenž se nachází na obvodu kapsy, neboť rádius v rohu žeber je pouze 2 mm a výška žeber je 15.08 mm. Potencionálně tedy může nastat problém, že nebude k dispozici nástroj, který by roh dokázal vyrobit. Vzhledem k tomu, že velikost rádiusu v rohu by neměla ovlivňovat funkčnost dílu, může po konzultaci s konstruktérem dojít ke zvětšení rádiusu.



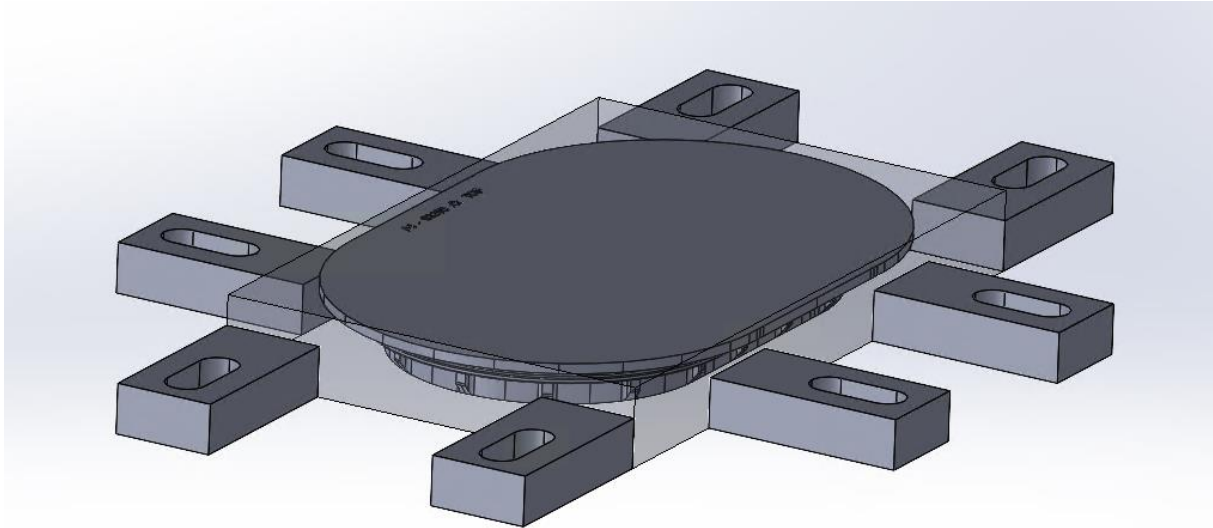
Obrázek 17-Rozměry u rozšířeného výstupku



Obrázek 18-Rozměry u výstupku kolem celého obvodu

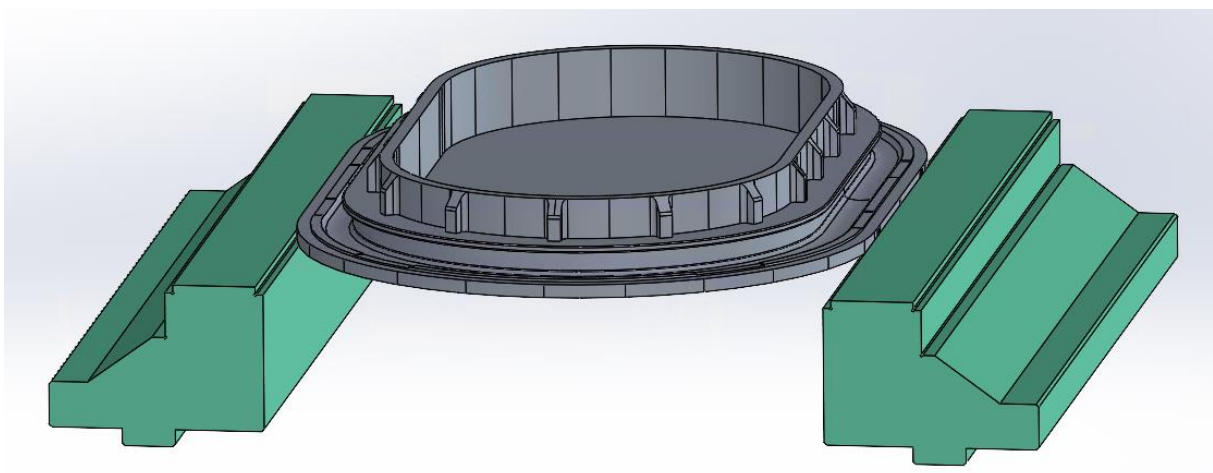
2.9 Prvotní návrh upnutí

Při prvotním návrhu upnutí byla uvažována výroba pomocí 2 upnutí. Při 1. upnutí byla obrobena a dokončena spodní plocha součásti, včetně jejich boků. Upnutí bude realizováno pomocí sady upínek AMF 6490.



Obrázek 19-Prvotní návrh-1. upnutí

U 2. upnutí mělo následovat kompletní obrobení zbytku součásti. Upnutí bylo provedeno za pomoci svěráku, kdy součást byla upnuta za boky dna v zoubku svěráku. Tento návrh se však ukázal jako nerealizovatelný, protože při tvorbě 5D technologie docházelo ke kolizi upínače s čelistmi svěráku. Další potenciální problém tohoto řešení byl také kombinace malé tloušťky dna a obráběného materiálu, která by mohla zapříčinit prohnutí dna.



Obrázek 20-Prvotní návrh-2. upnutí

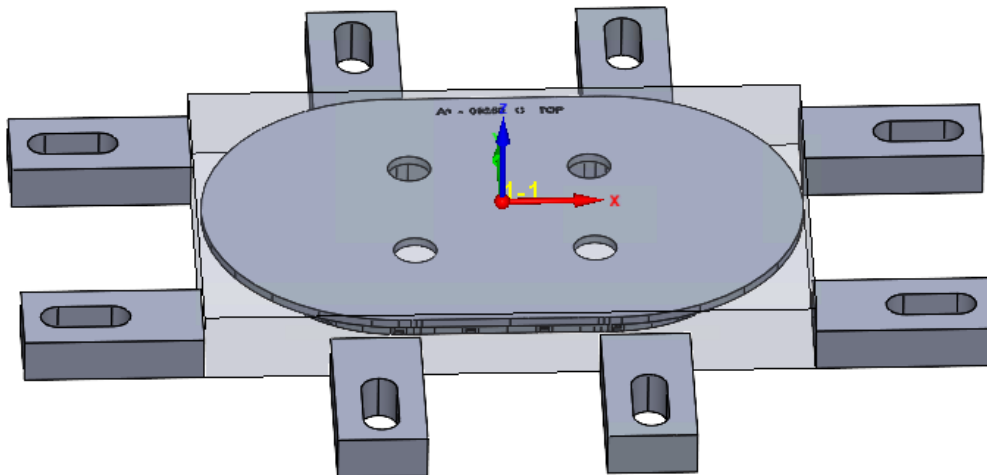
3 Návrh technologie

3.1 Návrh upnutí

Prvotní návrh technologie, který uvažoval 2 upnutí, nevyhovoval potřebám obrábění. Proto byl návrh změněn na obrábění pomocí 3 upnutí. Pro 2. a 3. upnutí byly navrženy přípravky, pomocí kterých budou eliminovány nedostatky, kterými disponoval původní návrh. Dále bylo nutné provést malé konstrukční změny, aby bylo možné provést 3. upnutí. Změna konstrukce nastala ve dně součásti, kde dojde k vyvrtání čtyř děr o průměru 24 mm. Tyto změny mohly být provedeny, protože dno kapsy není funkční plocha, a tedy změny nebudou mít vliv na funkčnost součásti.

3.1.1 První upnutí

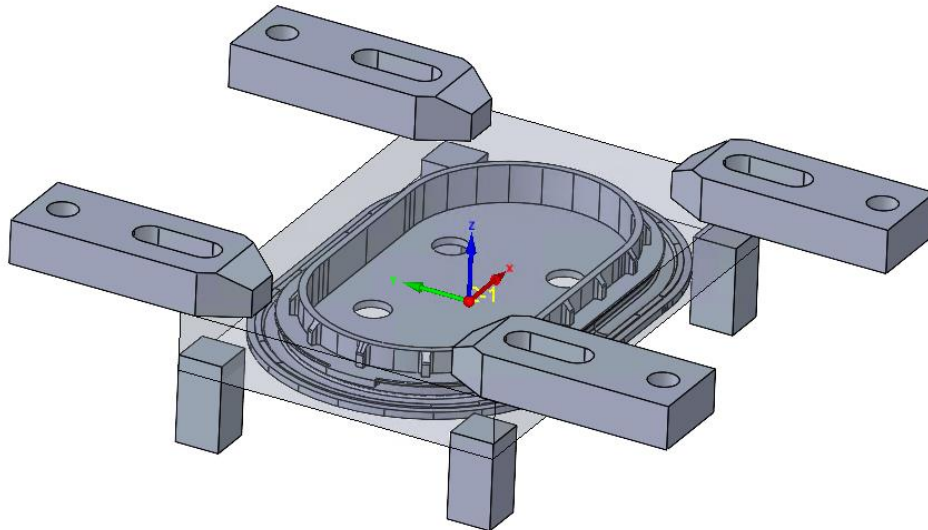
První upnutí zůstalo totožné jako při prvotním návrhu. Bude realizováno pomocí upínek, které budou součást držet na stole. Díky umístění upínek po obvodu součásti ze všech stran zajistíte rovnoměrnou distribuci tlaku a minimalizujete riziko pohybu nebo posunu během obrábění.



Obrázek 21-První upnutí

3.1.2 Druhé upnutí

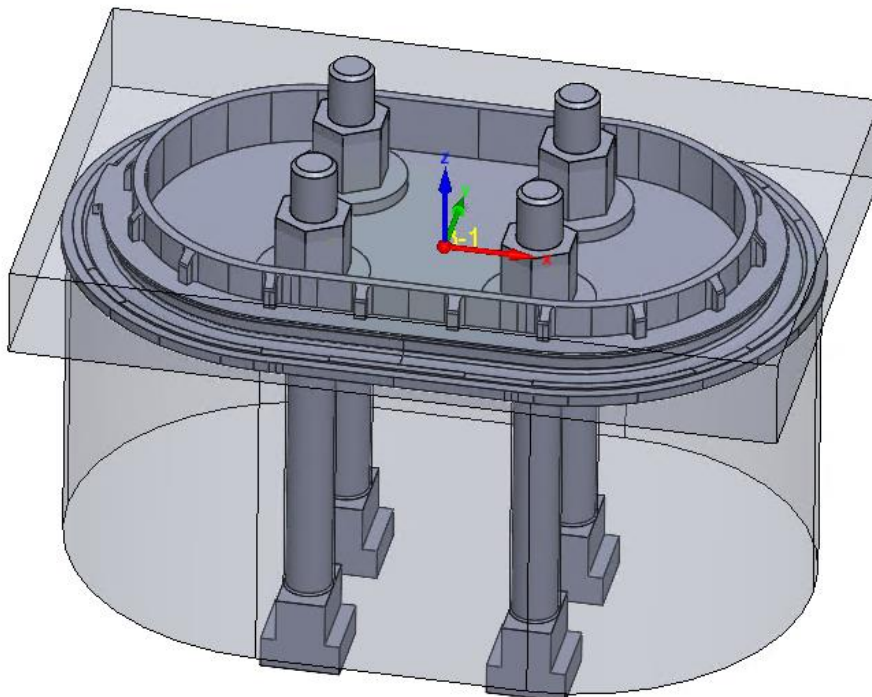
Při druhém upnutí byly použity upínky AMF 6314V. Pro toto upnutí byl navržen přípravek, který zvětší vzdálenost spodní obrobené plochy od stolu. Toto řešení mělo 2 hlavní důvody. Prvním bylo, aby již dokončená spodní plocha nebyla v kontaktu s deskou stolu, čímž by se předešlo možnému poškození povrchu. Druhým důvodem bylo nastavení nulového bodu pro toto upnutí na již dokončenou spodní plochu. Bez tohoto kroku by mohlo dojít k nepřesnostem při přeupnutí. Upínky jsou v kontaktu se součástí nad horní plochou. Přípravky jsou umístěny v rohových částech součásti a jsou v kontaktu s přídávky na polotovaru. V této poloze dochází k dokončení vnitřní kapsy součásti a následnému vyvrtání děr do dna kapsy. Toto zajišťuje přesné umístění a současně minimalizuje riziko deformace součásti během obrábění.



Obrázek 22-Druhé upnutí

3.1.3 Třetí upnutí

Při třetím upnutí byly použity závitové tyče AMF, které spojí součást se stolem. Při tomto upnutí byl použit další přípravek. Přípravek byl navržen ze dvou důvodů. Primární důvod byl zvětšit vzdálenost stolu a součásti, tak aby při realizaci 5D operací nedocházelo ke kolizi vřetena stroje se stolem. Dalším důvodem bylo podepření dna součásti, aby nedošlo k jeho prohnutí. Při tomto upnutí dojde k dokončení součásti.

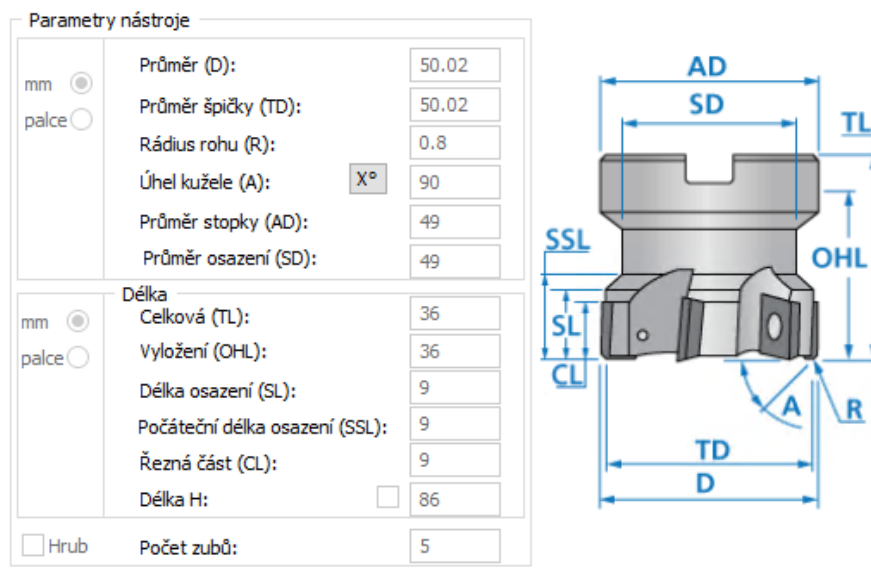


Obrázek 23-Třetí upnutí

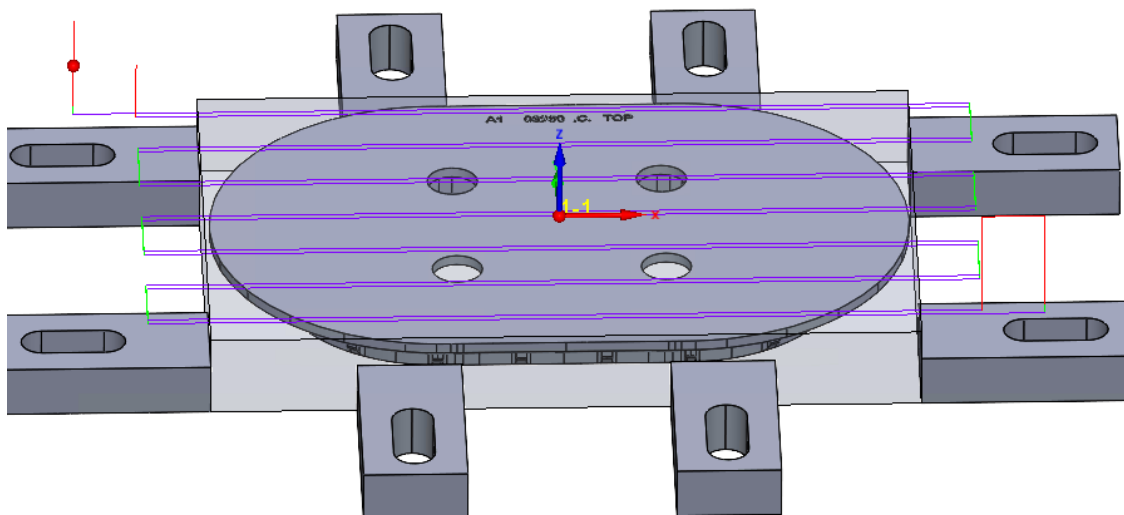
3.2 Operace prvního upnutí

3.2.1 Přerovnání čelní plochy dna

Při první operaci dojde k přerovnání čelní plochy s přírůstkem 0.2 mm na dno. Pro tuto operaci byla použita čelní fréza D50 (viz Obr. 24). Přírůstek od polotovaru na této ploše činí 4.5 mm. Hloubka řezu je 2.25 mm. Překrytí nástroje bylo nastaveno na 30 procent. Pro provedení této operace byla využita technologie čelního frézování s technologií cik-cak. Tato kombinace nástroje a technologie umožňuje přesné a efektivní přerovnání čelní plochy součásti s minimálním rizikem deformace či poškození. Technologie cik-cak byla zvolena pro dosažení kratšího času obrábění.



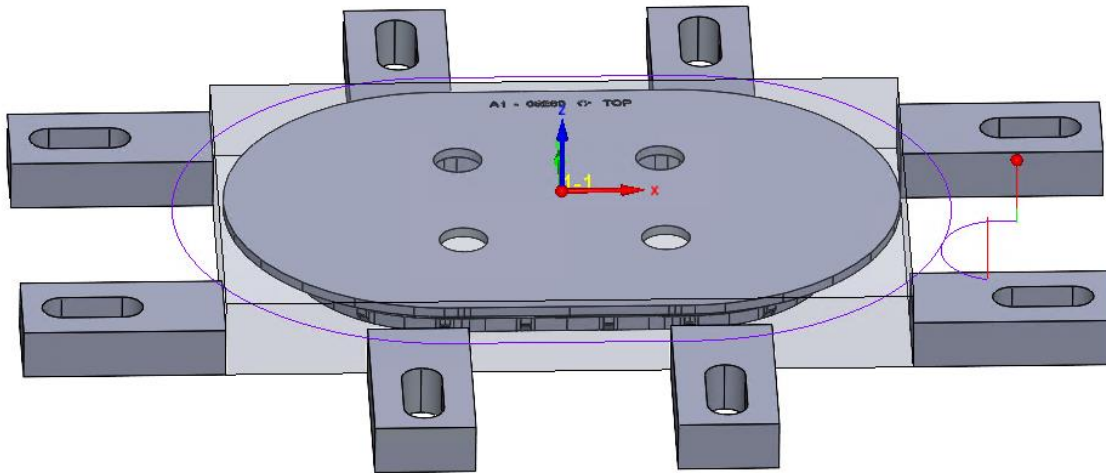
Obrázek 24-Fréza D50



Obrázek 25-Dráhy operace přerovnání čela dna

3.2.2 Vyhrubování boků dna

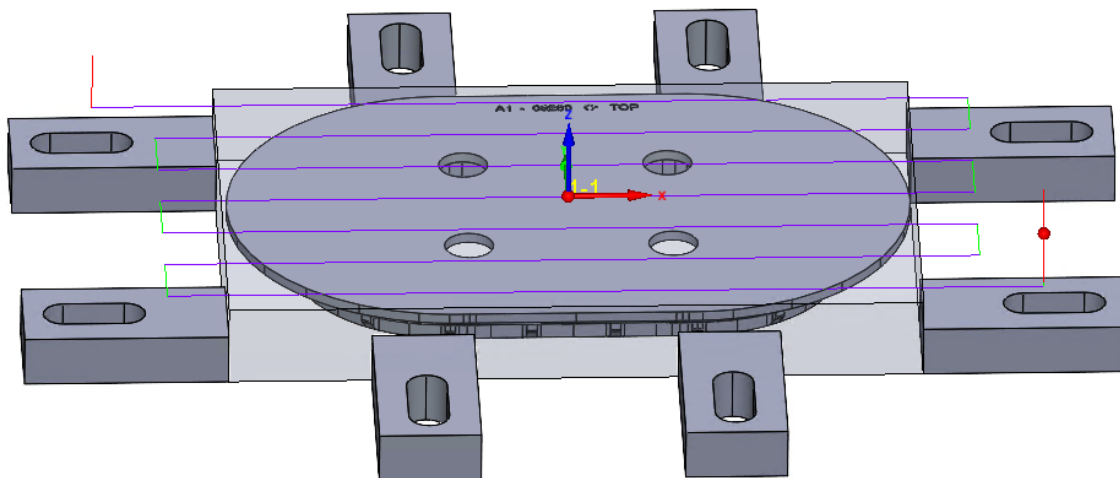
Pro vyhrubování boků součásti byla zvolena operace kontura. Přídavek na bok byl stanoven na 0.2 mm. Pro tuto operaci byl zvolen nástroj ve formě frézy D50 (viz obr. 24). Tento nástroj je vhodný pro danou technologii. Pro tento krok byla zvažována i operace iMachining, ale vzhledem k výšce řezu, která je 6 mm, zde nadává její využití smysl.



Obrázek 26- Dráhy vyhrubování boků dna

3.2.3 Dokončení čelní plochy dna

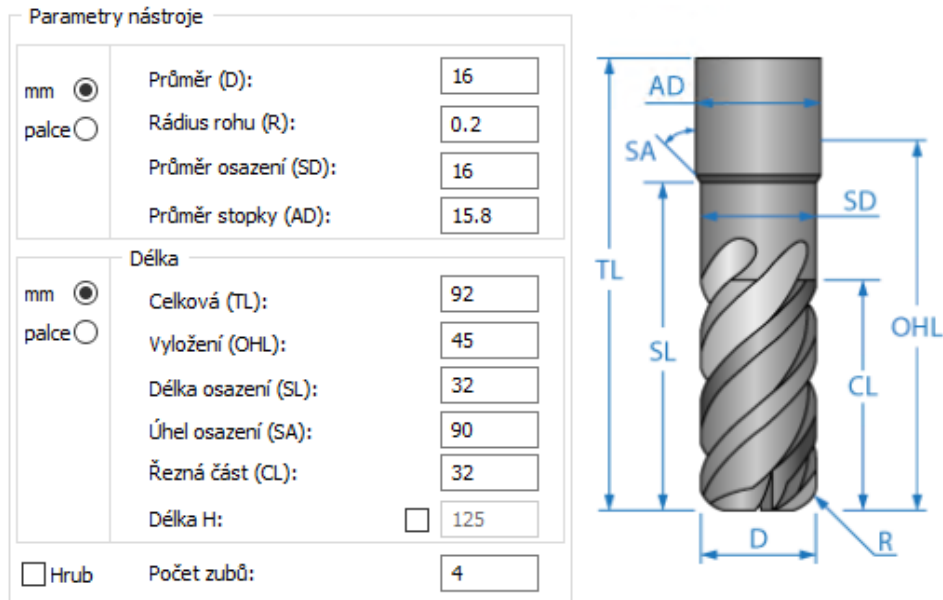
Při této operaci dojde k dokončení čelní plochy. Pro tuto operaci byla použita čelní fréza D50 (viz obr. 24). Překrytí nástroje bylo nastaveno na 30 procent. Byla použita operace kontura s technologií cik-cak. Technologie cik-cak byla zvolena pro dosažení kratšího času obrábění. Zároveň je důležité, že dojde k dokončení plochy bez zvednutí nástroje v ose Z, což by mělo zaručit dostatečně kvalitní opracování plochy.



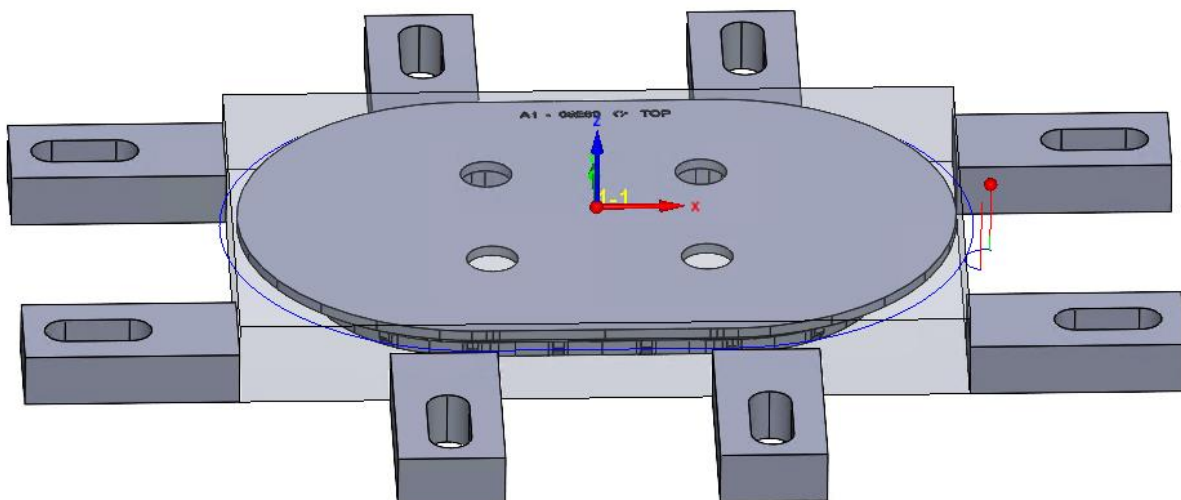
Obrázek 27-Dráhy dokončení čelní plochy dna

3.2.4 Dokončení boků dna

Pro dokončení boků dna součásti byla zvolena operace kontura. Pro tuto operaci byl vybrán vhodný nástroj ve formě toroidní frézy D16 (viz obr. 28). Při použití této operace dochází k dokončení boků součásti pomocí jednoho dokončovacího řezu o hloubce 6 mm, což je klíčové pro dosažení požadovaných rozměrů a povrchové kvality. Tento postup zajišťuje kvalitní finální vzhled součásti.



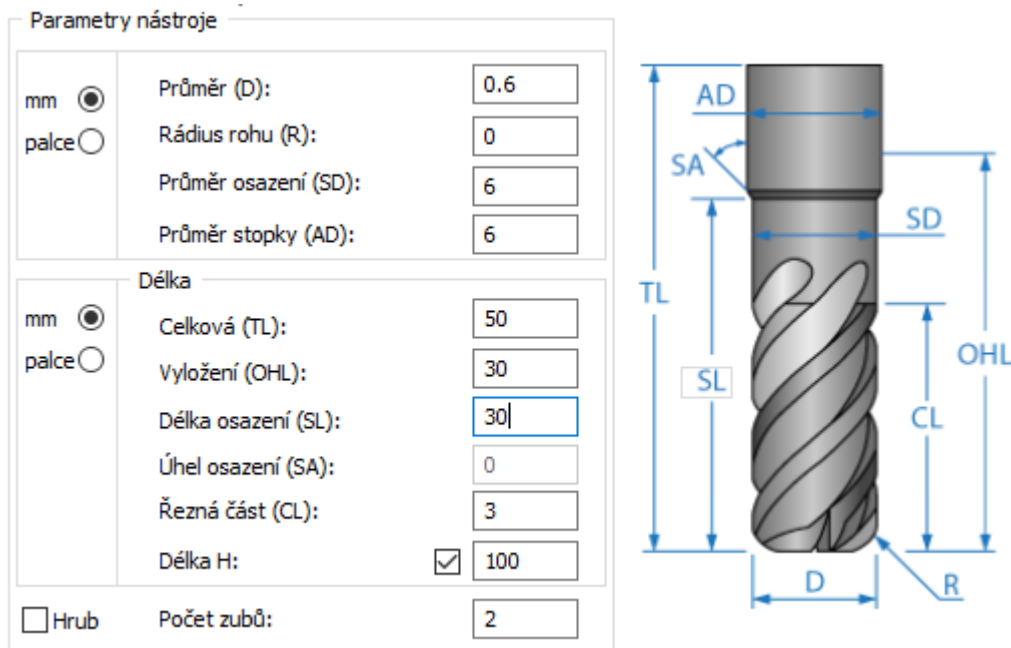
Obrázek 28-Fréza D16



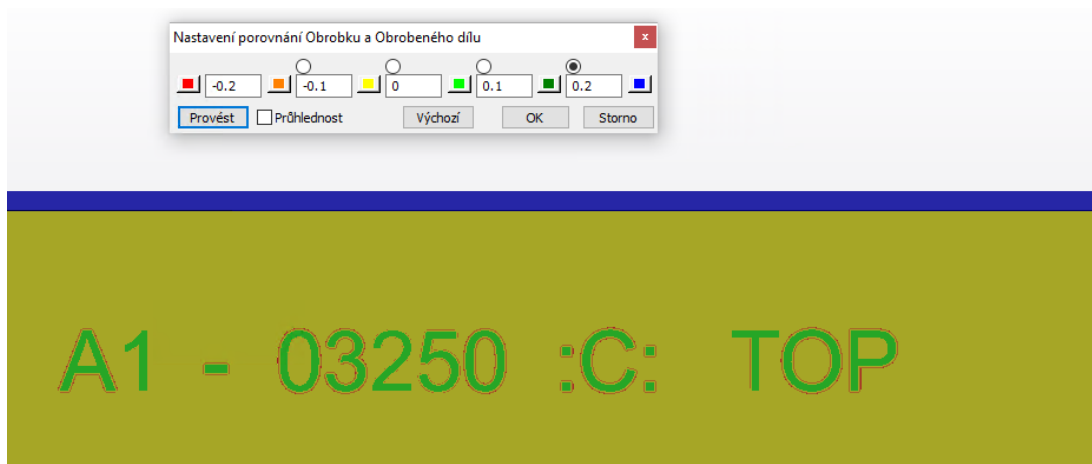
Obrázek 29-Dráhy dokončení boků dna

3.2.5 Gravírování označení

Při této fázi procesu dochází k vygravírování názvu na spodní straně součásti. Pro tuto operaci byl použit speciální nástroj ve formě frézy D0.6 (viz obr. 30). Operace má název gravírování, avšak vzhledem k tvaru, jež je na 3D modelu, se nejedná o gravírování, ale spíše o klasické frézování. Na obrázku 31 lze pozorovat různá místa, kde jsou přídavky materiálu nebo naopak více odebraného materiálu v rámci názvu. Tento problém vznikl, protože název je tvarově složitý a jeho přesné obrobení by vyžadovalo další operaci. Vzhledem k tomu, že vyfrézování názvu slouží pouze pro identifikaci dílu a estetické účely, byl tento krok zhodnocen jako nadbytečný. Pro provedení tohoto frézování byla opět zvolena operace kontura. Krok dolů byl nastaven na 0.5 mm, aby nedošlo k poškození nástroje. Hloubka gravírování je 1 mm, což je dostatečná hodnota pro vytvoření jasně čitelného názvu součásti.



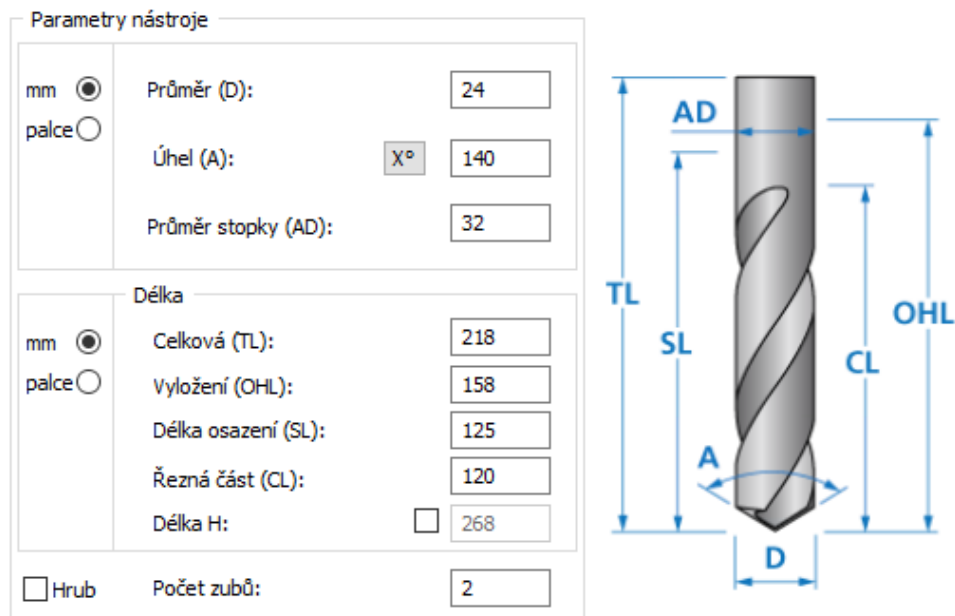
Obrázek 30-Fréza D 0.6



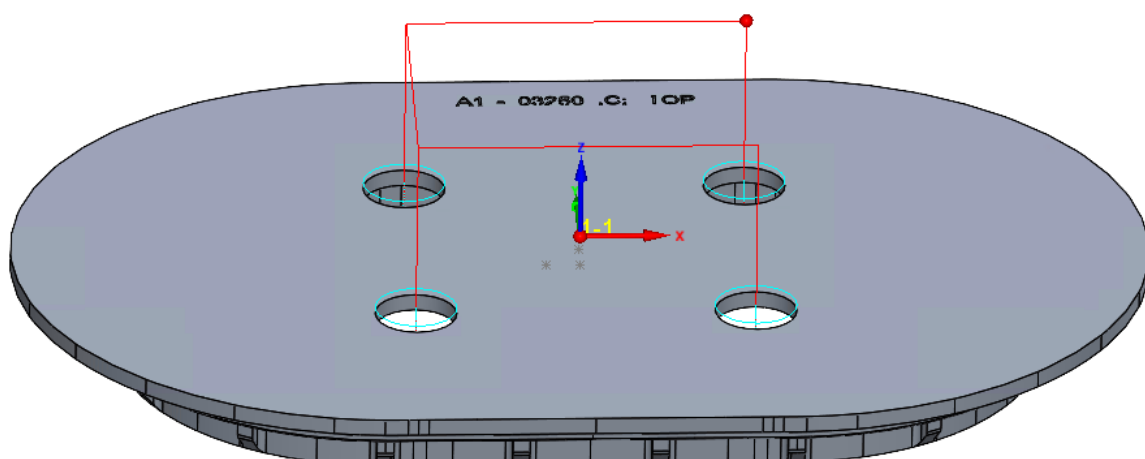
Obrázek 31-Solid verify gravírování

3.2.6 Vrtání děr D24

Finální operací je vrtání, které slouží k vyvrtání děr potřebných pro třetí upnutí součásti. Díry kromě využití pro třetí upnutí také použijeme pro nastavení nulového bodu při 2. upnutí. Hloubka vrtání byla nastavena na 8 mm na celý průměr nástroje. Nástroj pro operaci je vrták D24 (viz obr. 33). Tato operace je klíčová pro správné umístění a fixaci součásti během dalších fází výrobního procesu.



Obrázek 33-Vrták D24

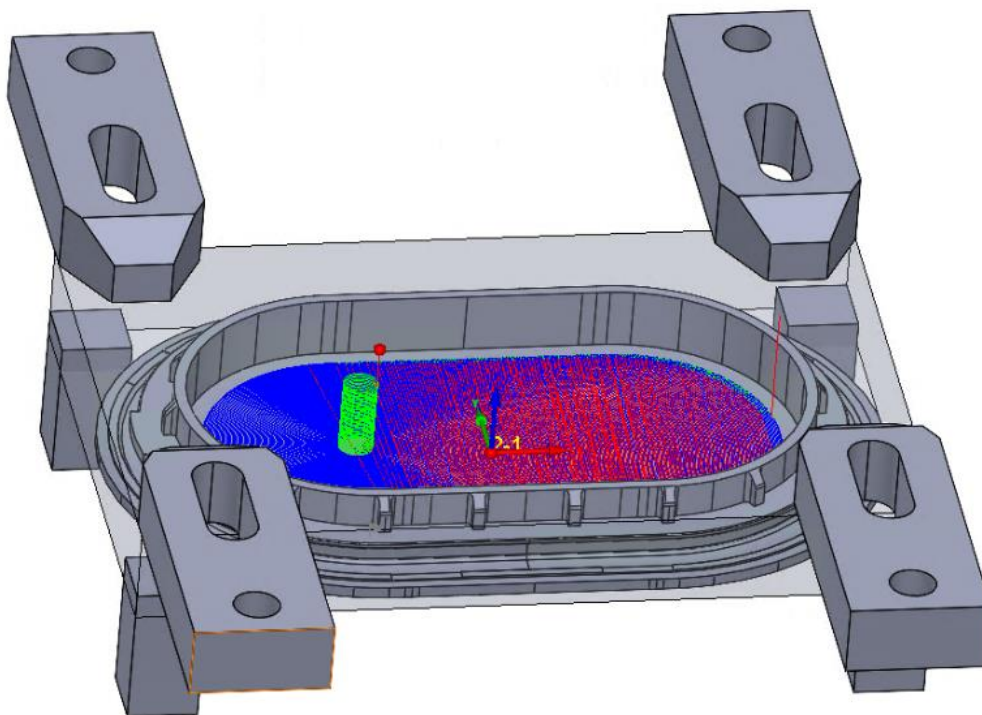


Obrázek 32-Dráhy vrtání děr

3.3 Operace druhého upnutí

3.3.1 Vyhrubování vnitřní kapsy

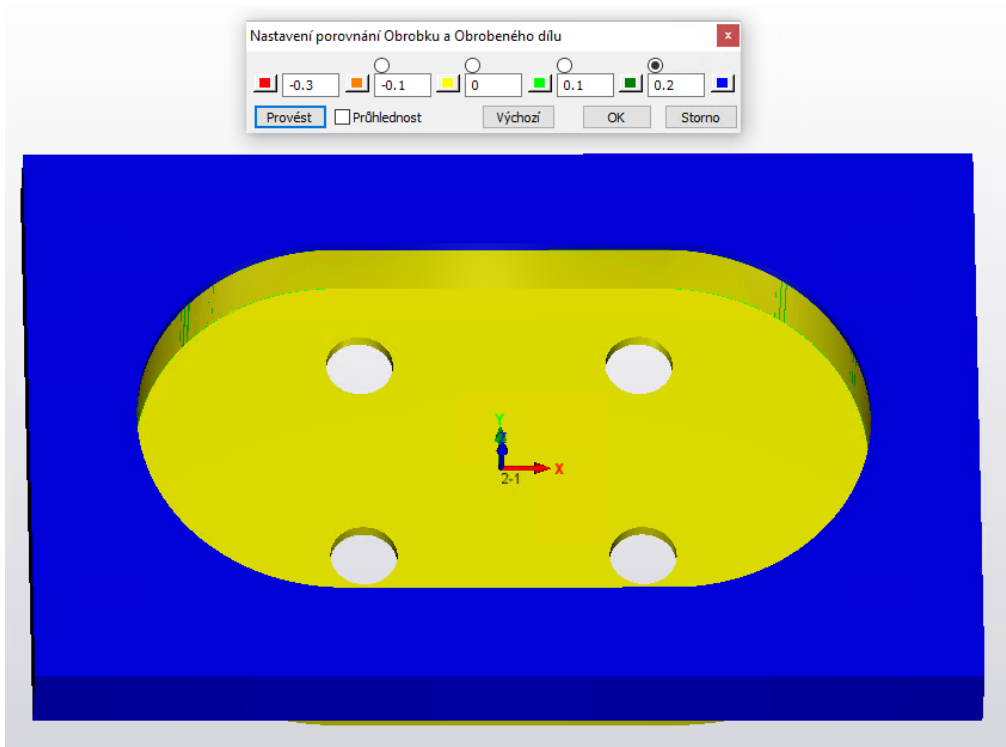
Pro vyhrubování vnitřní kapsy byla zvolena operace iMachining. Při této operaci byl nulový bod nastaven podle spodní dokončené plochy dna v ose Z. V ose Y a X byl nulový bod nastaven podle polotovaru. Proto byl zvolen přídavek na bok 2 mm. Plocha dna vnitřní kapsy bude při této operaci dokončena. Jako nástroj byla vybrána toroidní fréza D16 (viz obr. 28). Použití iMachining je v této situaci výhodné, protože umožňuje efektivní odstranění velkého množství materiálu v krátkém čase. Tím dochází k optimalizaci výrobního procesu a zkrácení času obrábění. Dalším důvodem, proč byl pro tento krok zvolen iMachining, je, že dno má tloušťku pouze 5 mm a při klasickém úběru materiálu seshora dolů by mohly vzniknout vibrace. Díky této kombinaci nástroje a technologie je možné dosáhnout efektivního odebírání materiálu s dobrou životností nástroje.



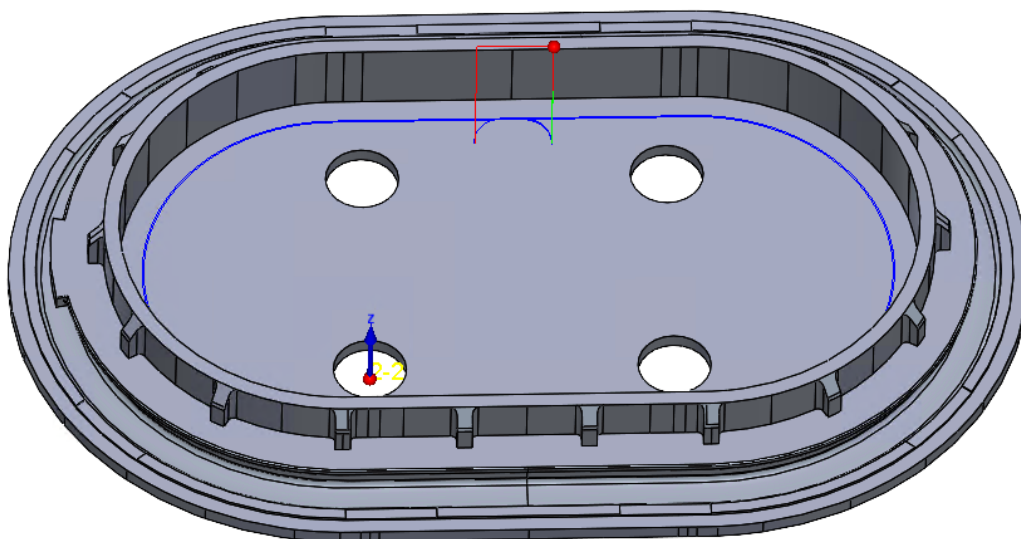
Obrázek 34- Dráhy vyhrubování vnitřní kapsy

3.3.2 Dokončení boků vnitřní kapsy

Při této operaci dojde k dokončení boků vnitřní kapsy součásti. Pro tuto činnost byl vybrán nástroj ve formě toroidní frézy D16 (viz obr. 28). Při této operaci bylo využito děr D24 pro nastavení nulového bodu v ose X a Y, aby mohlo dojít k přesnému obrobení boků. Přídavek na boku z předchozí operace je 2 mm. Technologie operace je kontura. Nejprve dojde k prvnímu řezu s přídavkem 0.5 na bok pro odstranění nerovností přídavku z předchozí operace. Následuje dokončovací řez, kde dojde k dokončení plochy. Hloubka řezu je 30.5 mm. Dokončovací řez má plnou hloubku, aby vlivem rozdělení na více hloubkových řezů nedošlo k nepřesnostem na ploše.



Obrázek 36-Solid verify dokončení boků vnitřní kapsy

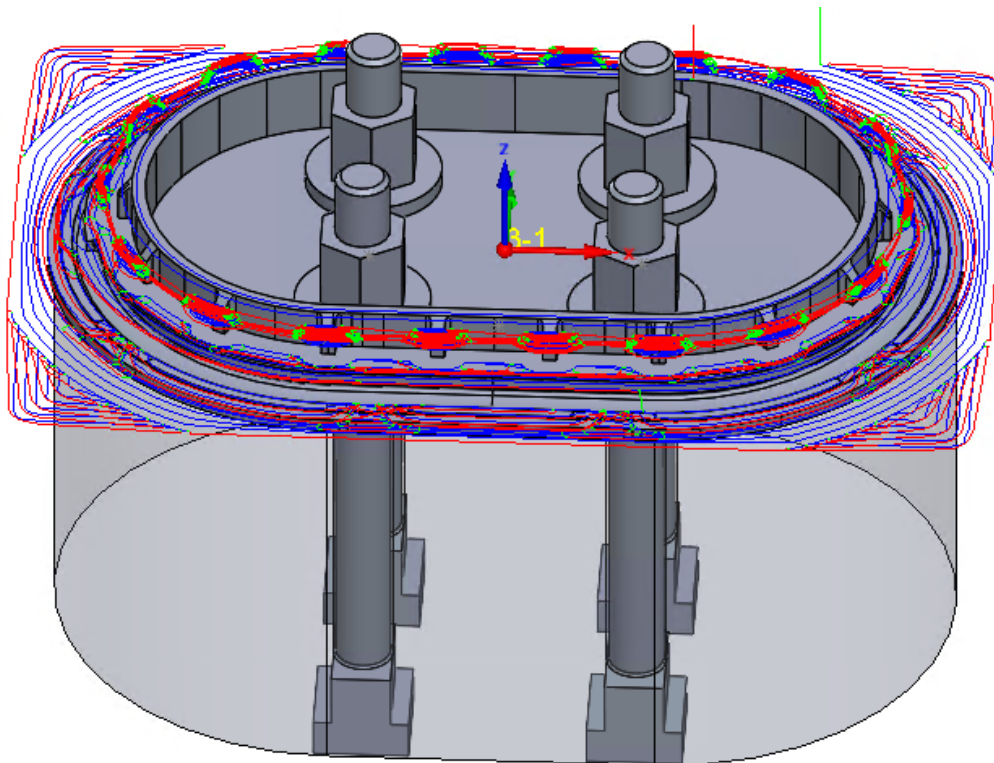


Obrázek 35-Dráhy dokončení boků vnitřní kapsy

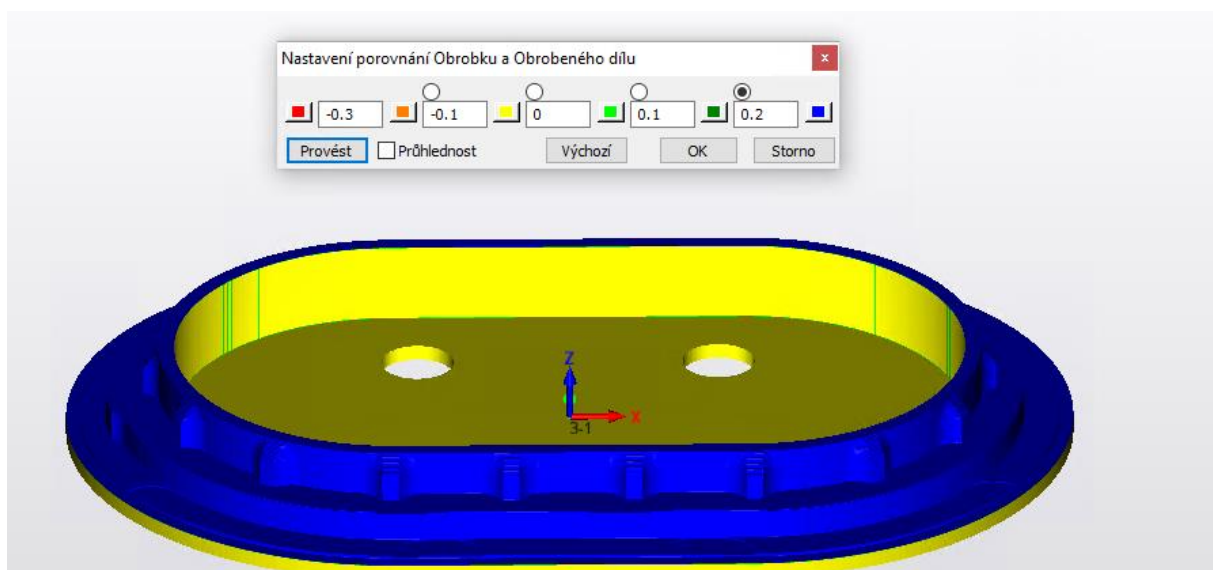
3.4 Operace třetího upnutí

3.4.1 Hrubování součásti

Při této operaci dochází k vyhrubování součásti pomocí funkce iMachining. Pro tuto úlohu byla zvolena toroidní fréza D16 (viz obr. 28). Pro frézování je stanoven přídavek 0.4 mm na bok i na dno součásti. Použití iMachining je v této situaci výhodné, protože umožňuje efektivní odstranění velkého množství materiálu v krátkém čase. Styl obrábění je sousledný. Drsnost (krok nahoru) byl nastaven na 0.3.



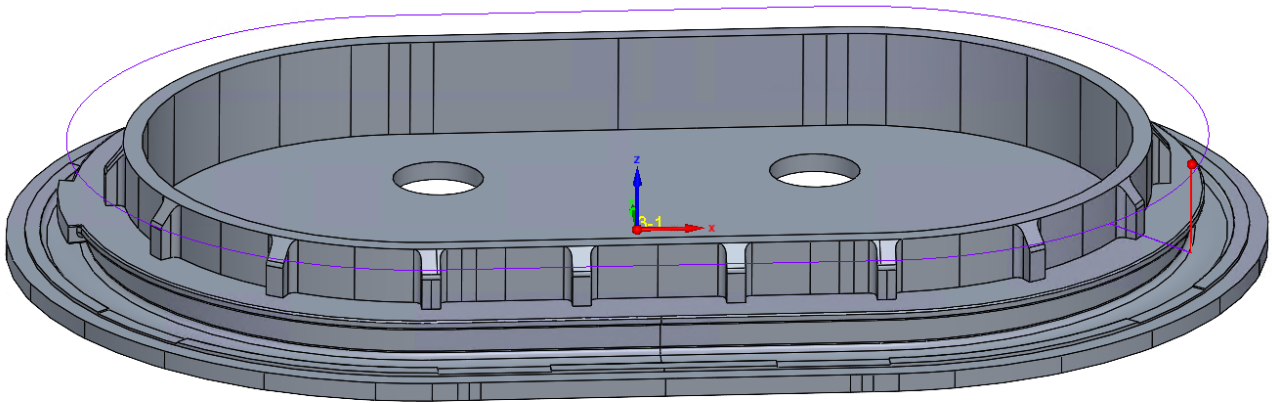
Obrázek 38-Dráhy hrubování součásti



Obrázek 37-Solid verify hrubování součásti

3.4.2 Dokončení čelní plochy

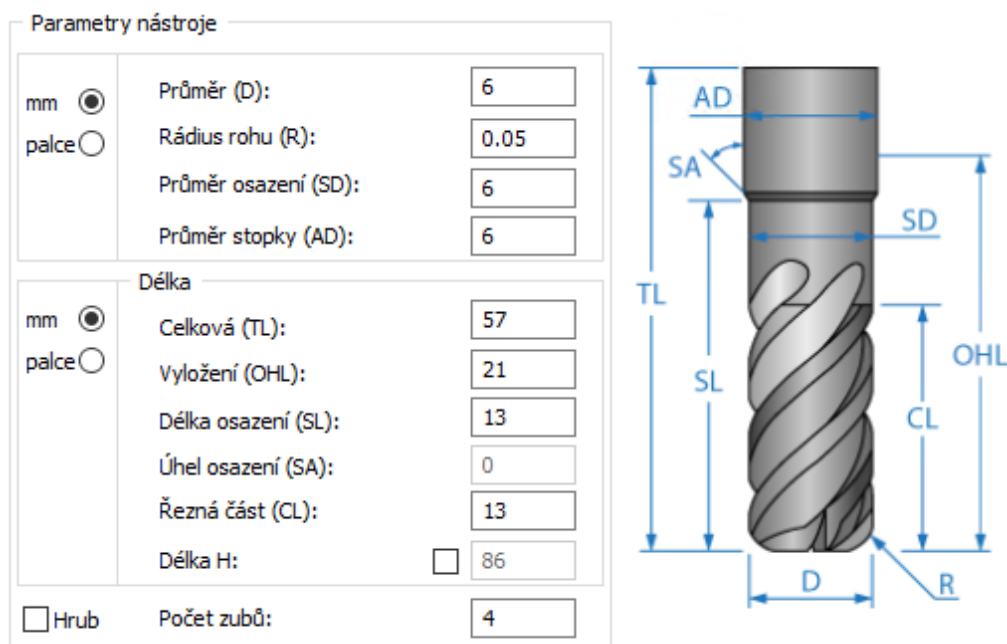
Při této operaci dochází k dokončení horní čelní plochy součásti. Pro tuto úlohu byla zvolena čelní fréza D50 (viz obr. 24). Typ operace použitý pro tuto činnost je kontura. Přídavek před dokončením je 0.4 mm. Tímto přídavkem je zajištěno, že bude k dispozici dostatečná rezerva materiálu pro dokončovací řez, aby byla splněna tolerance 26 ± 0.05 od dna vnitřní kapsy.



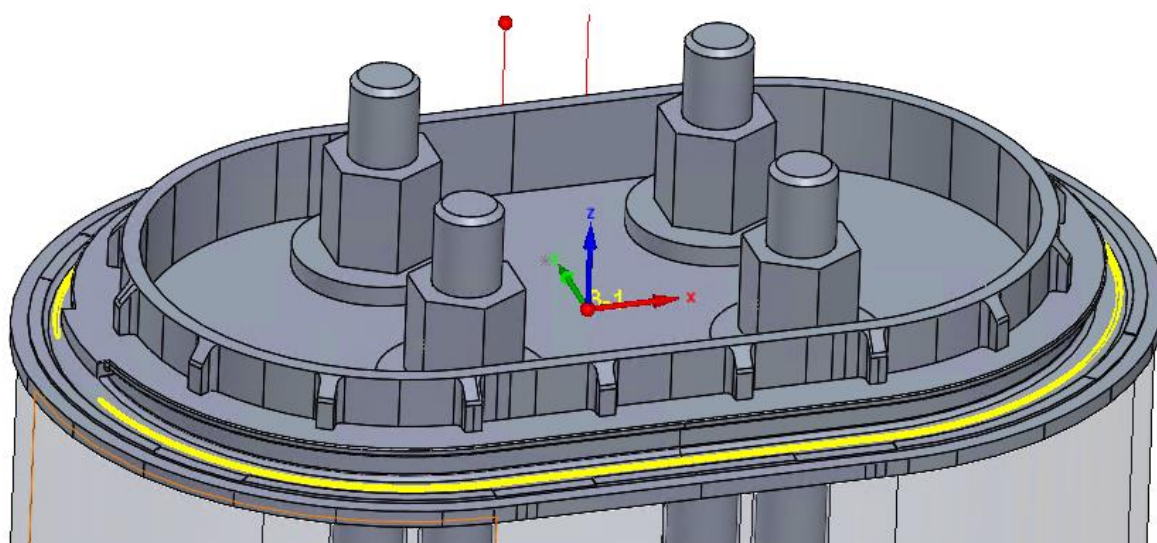
Obrázek 39-Dráhy dokončení čelní plochy

3.4.3 Hrubování vnější zapuštěné drážky

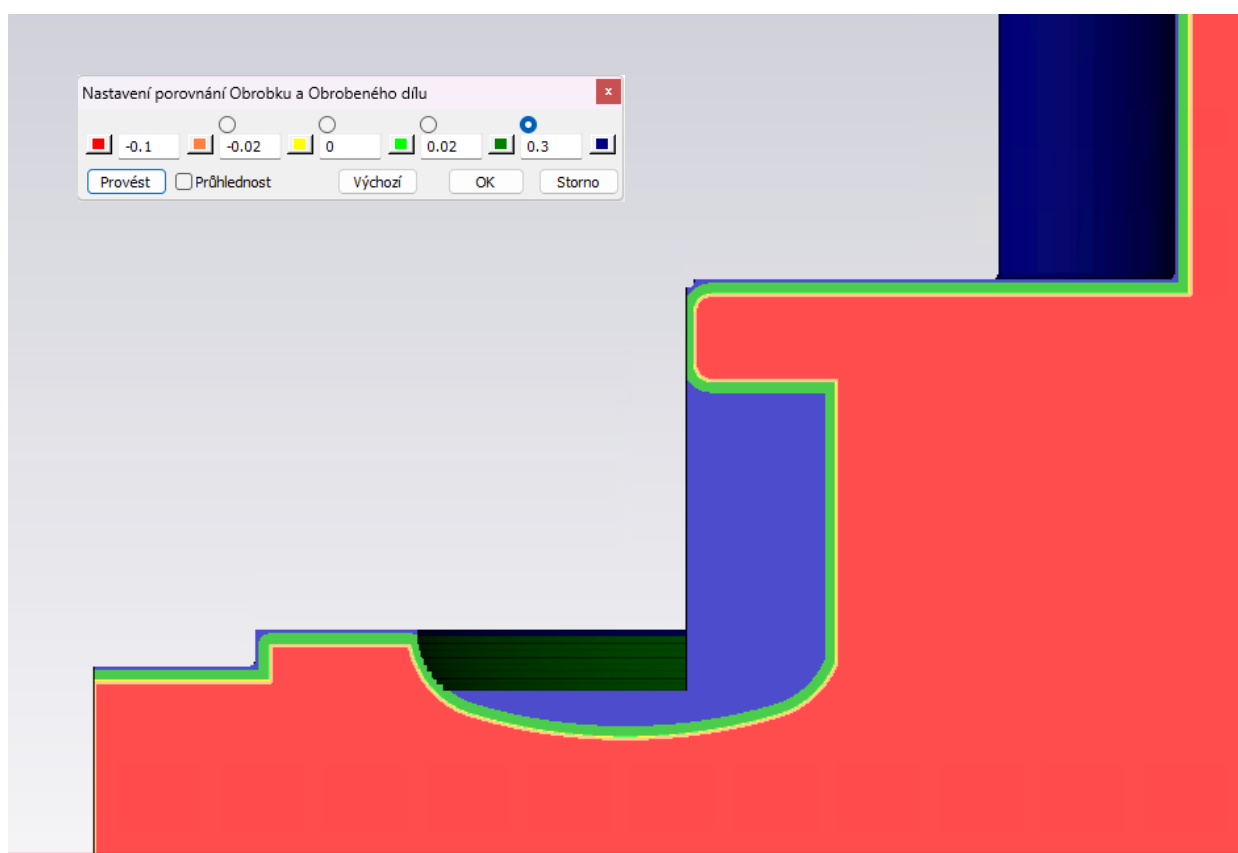
Pomocí toroidní frézy D6 (viz obr. 40) dojde k hrubování vnější zapuštěné drážky po celém obvodu. V rozšířeném místě výstupku nedojde k obrobení, protože zde není dost prostoru pro nástroj. Typ operace je HM hrubování. Přídavek pro plochy byl určen 0.2 mm. Krok dolů byl zvolen 0.2 mm.



Obrázek 40-Fréza D6



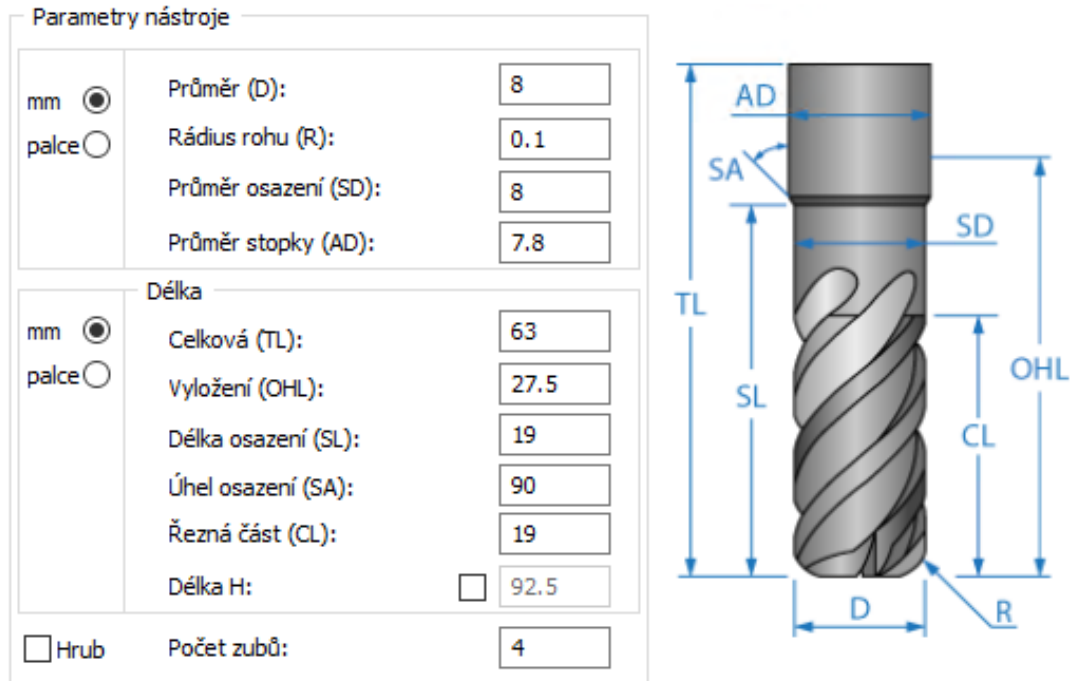
Obrázek 41-Dráhy hrubování vnější zapaštěné drážky



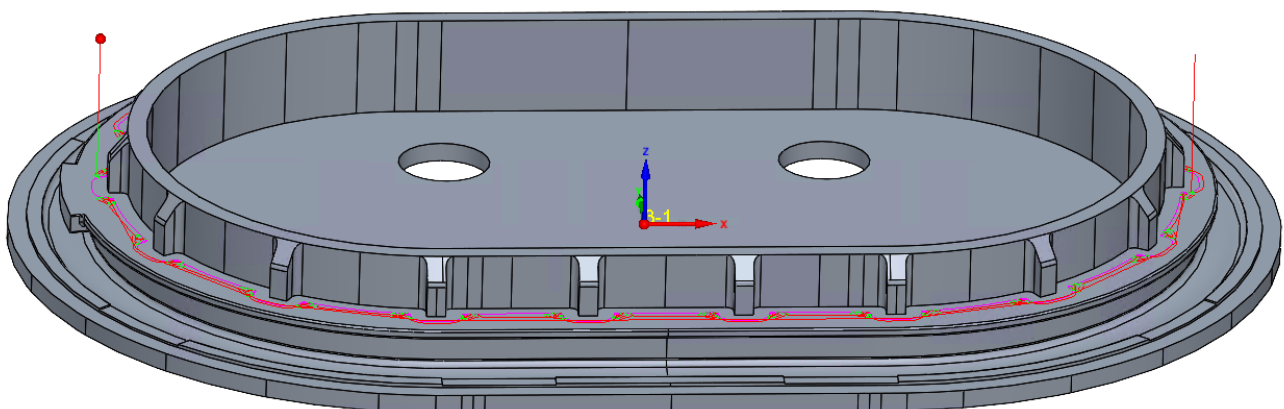
Obrázek 42-Solid verify hrubování vnější zapaštěné drážky

3.4.4 Hrubování stěn žebrování

Pomocí funkce iMachining dojde k obrobení stěn žebrování součásti. Přídavek materiálu byl nastaven na 0,2 mm pro boky žebrování a 0,4 mm pro dno. Přídavek je z předchozí operace nastaven na 0,4 mm, proto dojde k úběru materiálu pouze na bocích žebrování. Pro tuto operaci byla zvolena toroidní fréza D8 (viz obr. 43). Byl zvolen menší nástroj, aby bylo možné efektivně odstranit materiál ze stran žebrování, kde se nachází rádius R2. Tímto postupem je zajištěno zmenšení přídavku v rohách žebrování.



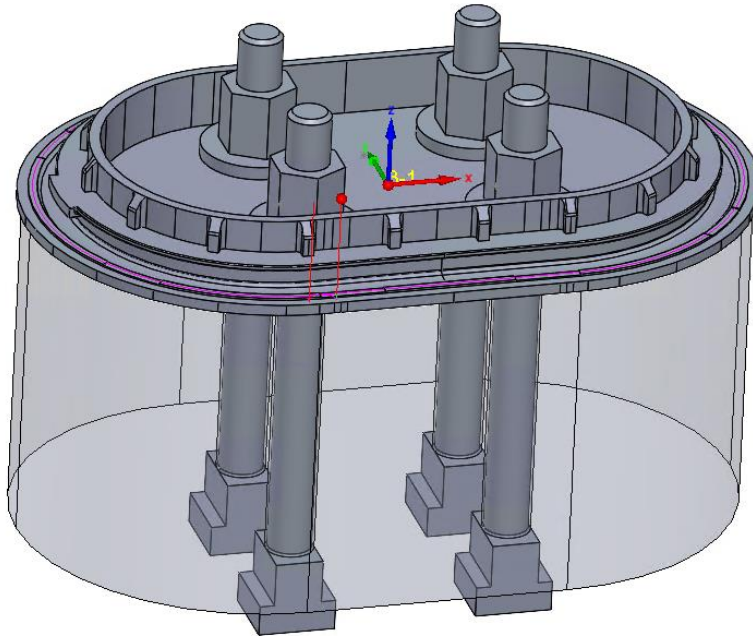
Obrázek 43-Fréza D8



Obrázek 44-Dráhy hrubování stěn žebrování

3.4.5 Dokončení dna rozměr 6.02 mm z výkresu

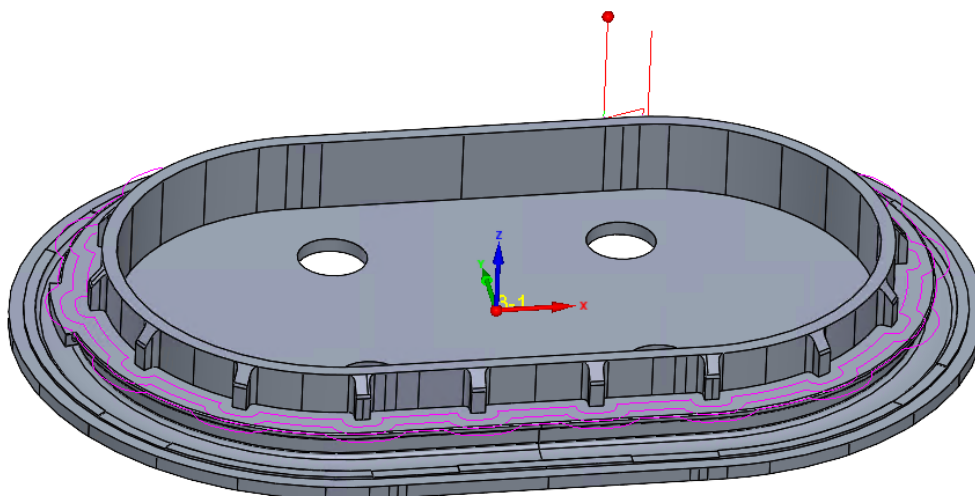
Přednostně dojde k dokončení této plochy z důvodu následující operace. Pokud by tak nebylo učiněno, tato plocha by byla obráběna při hrubování boků pod přesahem. Proto je důležité, aby tato plocha byla již dokončená. Typ operace je kontura. Nástrojem byla zvolena fréza D8 (viz obr. 43). Pomocí jednoho řezu dojde k dokončení. Přídavek na ploše před dokončením je 0.4 mm.



Obrázek 45-Dráhy dokončení rozměru 6.02 mm

3.4.6 Dokončení dna žebrování

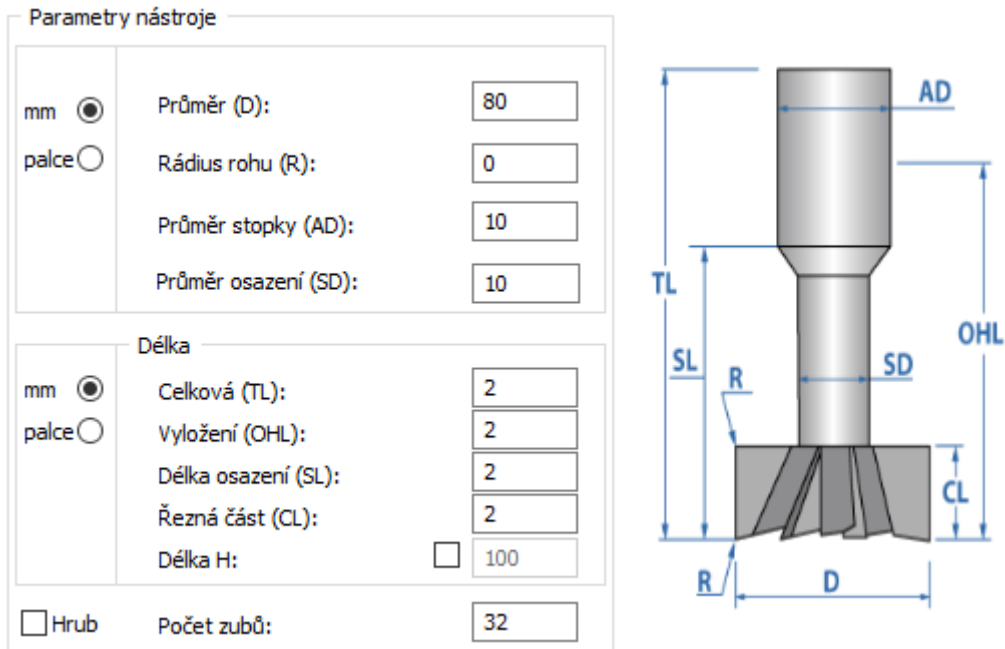
Při této operaci bude provedeno dokončení dna žebrování s přídavkem 0.3 mm na boky, aby nedošlo při obrábění ke kontaktu s přídavkem na bocích, který je 0.2 mm. Jako nástroj byla zvolena fréza D8 (viz obr. 43) kvůli rádiusům u žebrování. Operace má tři řezy s odsazením po 5 mm.



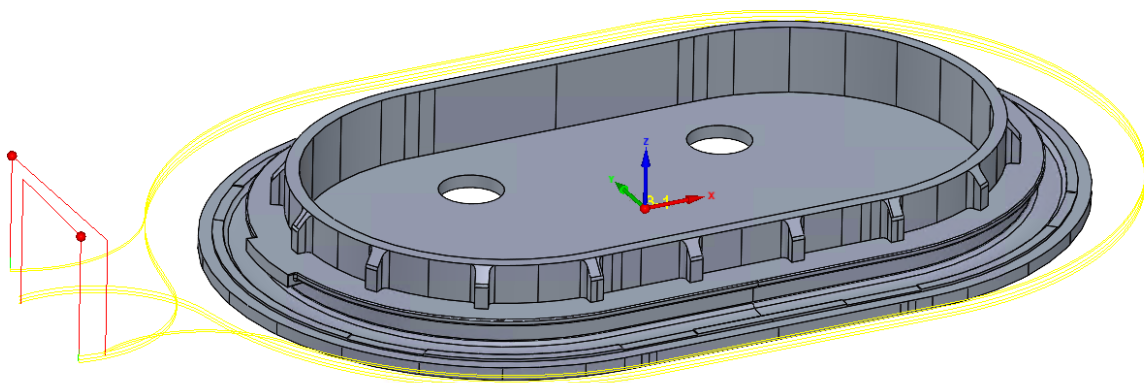
Obrázek 46-Dráhy dokončení dna žebrování

3.4.7 Hrubování boků pod přesahem

Pomocí kotoučové frézy D80 (viz obr. 47) dojde k vyhrubování boků pod přesahem s přídávkem 0.2 mm pro strop a bok. Na dně byl nastaven přídavek 0.05mm. Překrytí nástroje je 0.5 mm. Dochází k obrábění ve směru seshora dolů. Hrubování je rozděleno do 2 operací, na operaci v úrovni velkého přesahu a na operaci pod velkým přesahem.



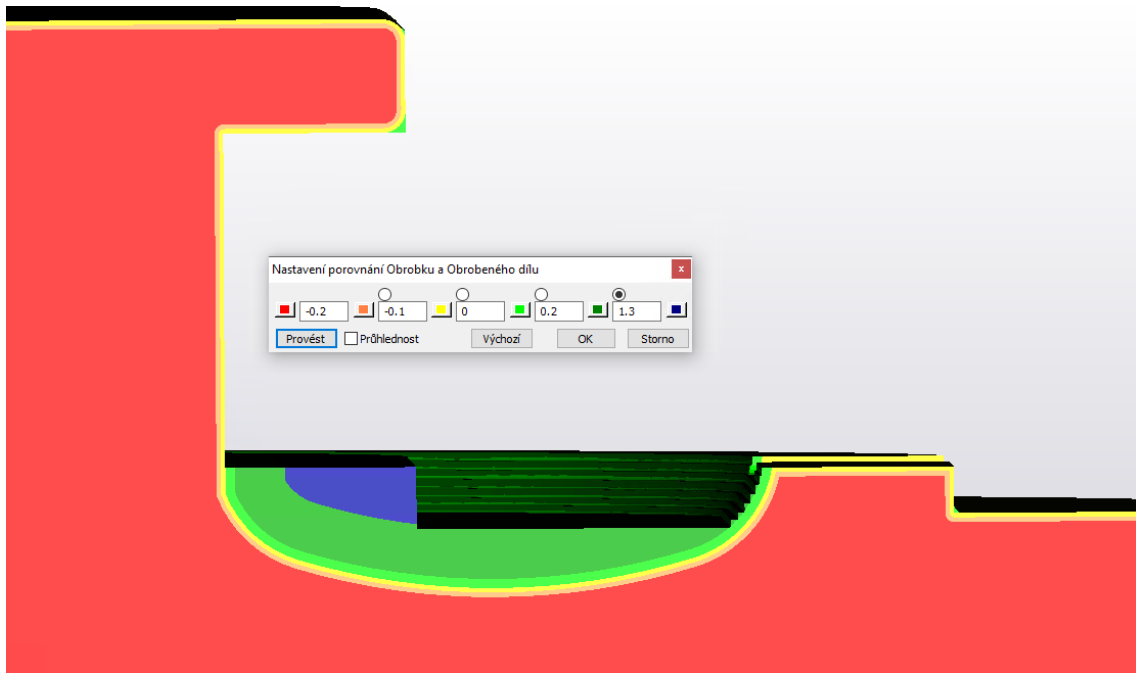
Obrázek 47-Kotoučová fréza D80



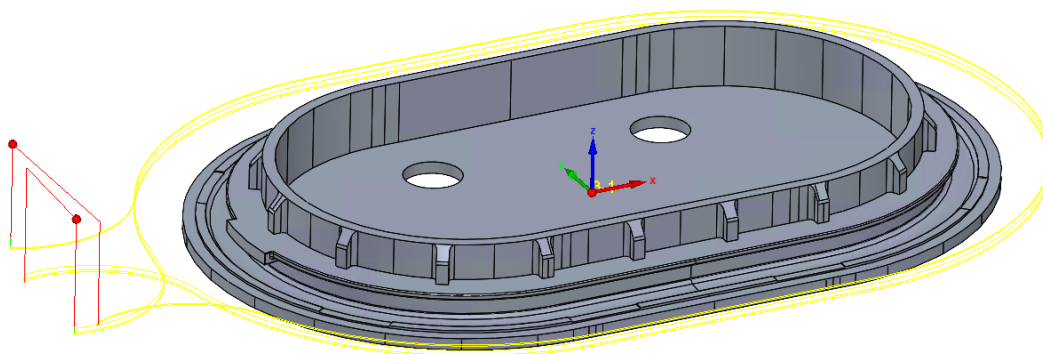
Obrázek 48-Dráhy hrubování boků od přesahem

3.4.8 Dokončení boků a stropu pod přesahem

Pomocí kotoučové frézy D80 (viz obr. 47) dojde k dokončení boků a stropu pod přesahem. Na dně byl nastaven přídavek 0.05mm, aby nedošlo ke kontaktu s již dokončenou plochou rozměr 6.02 mm z výkresu. Překrytí nástroje je 0.5 mm. Dochází k obrábění ve směru seshora dolů. Dokončení boků je rozděleno do 2 operací, na operaci v úrovni velkého přesahu a na operaci pod velkým přesahem.



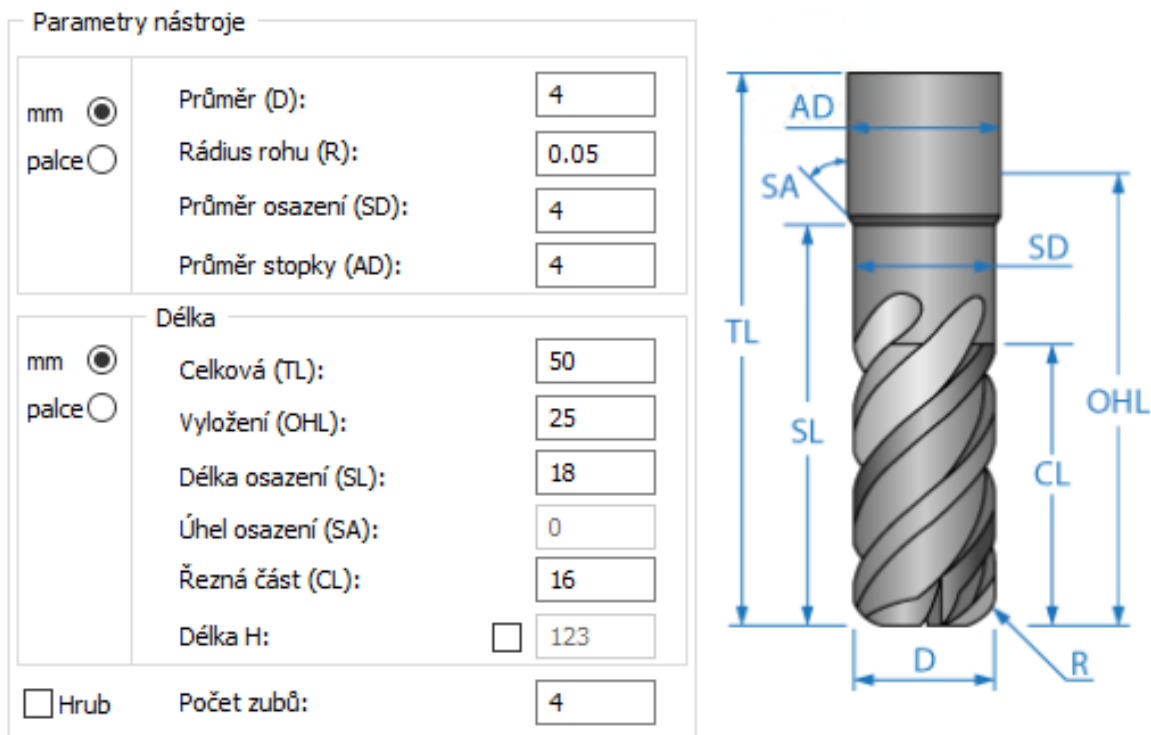
Obrázek 49-Solid verify přídavky na plochách



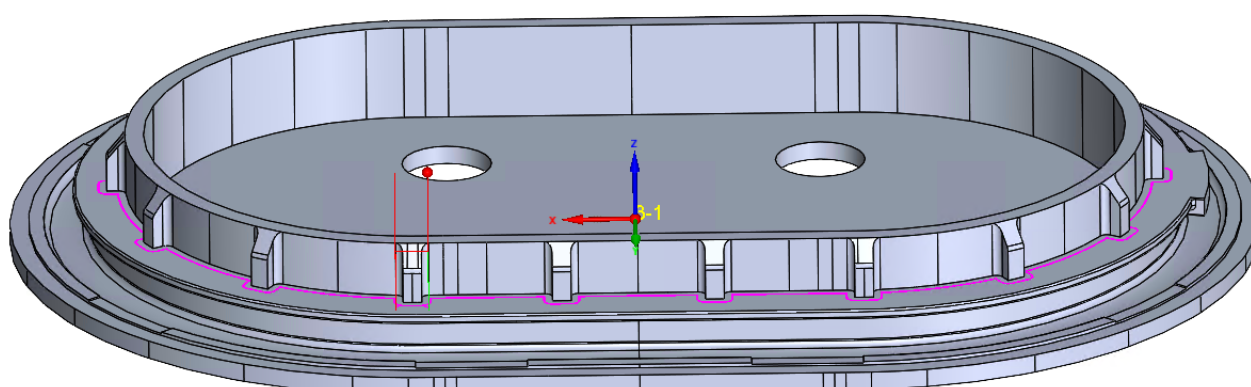
Obrázek 50-Dráhy dokončení boků a stropu pod přesahem

3.4.9 Dokončení boků žebrování

Následně dojde k dokončení boků žebrování. Dokončení bude mít celkem 3 řezy, je to z důvodu nerovného přírůstku v rohu žebrování vůči zbylým plochám. Nástrojem byla zvolena toroidní fréza D4 (viz obr. 51). Jedná se o prodlouženou verzi nástroje. Pokud by byl dokončovací řez pouze jeden, mohlo by dojít v rohu žebrování k zachvění nástroje, případně i k jeho zničení. Byl konzultován návrh na změnění velikost rádiusu, vzhledem k tomu, že se nejedná o funkční plochu, by případná změna ulehčila obrobení plochy. Návrh byl zamítnut. Technologie operace je kontura.



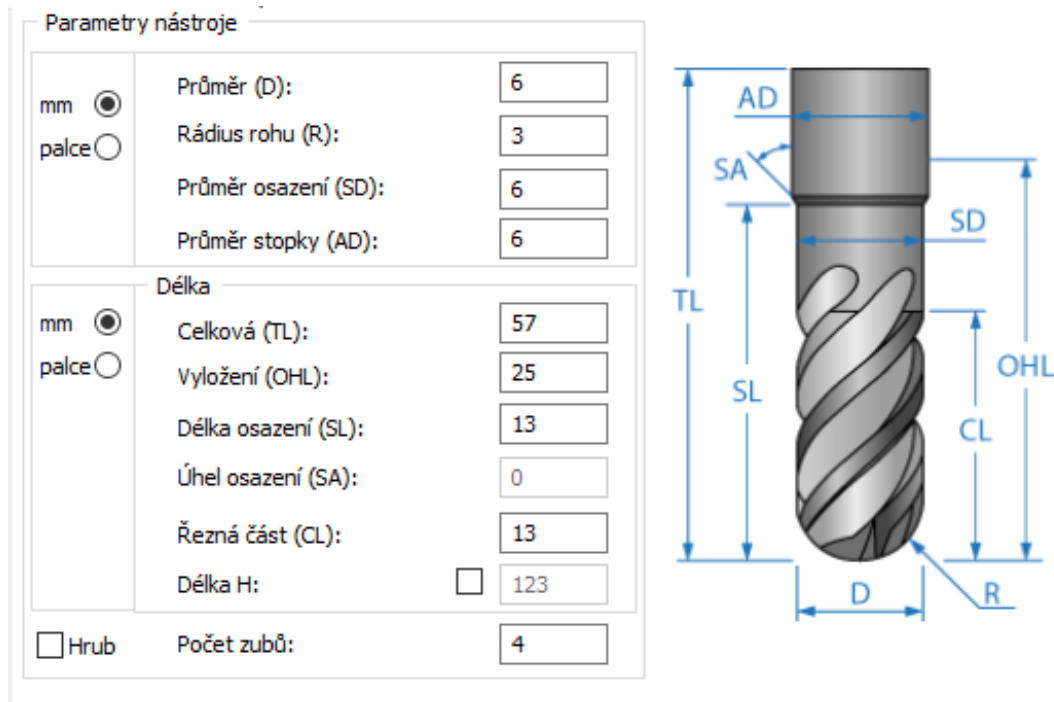
Obrázek 51-Fréza D4



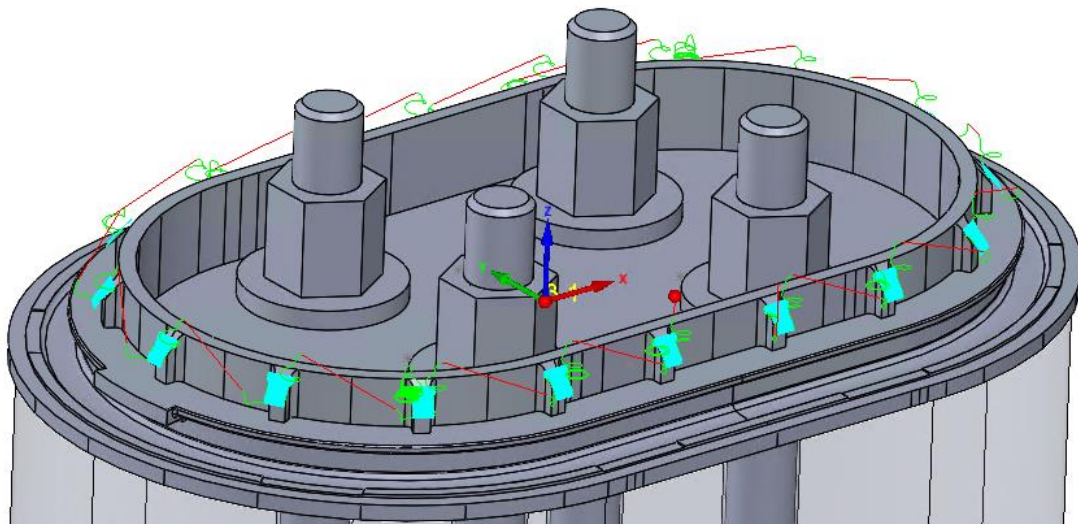
Obrázek 52-Dokončení boků žebrování

3.4.10 Dokončení sražení žebrování

Dojde k dokončení šikmých ploch žebrování. Byl zvolen nástroj kulová fréza D6 (viz obr. 53). Plochy jsou předhrubovány s přídavkem 0.4 mm a rampou o kroku 0.3 mm. Krok byl zvolen 0.2 mm. Technologie operace je HSM operace.



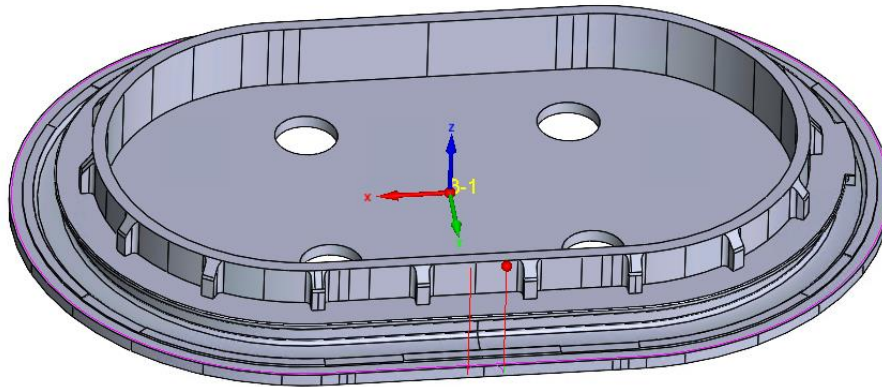
Obrázek 53-Kulová fréza D6



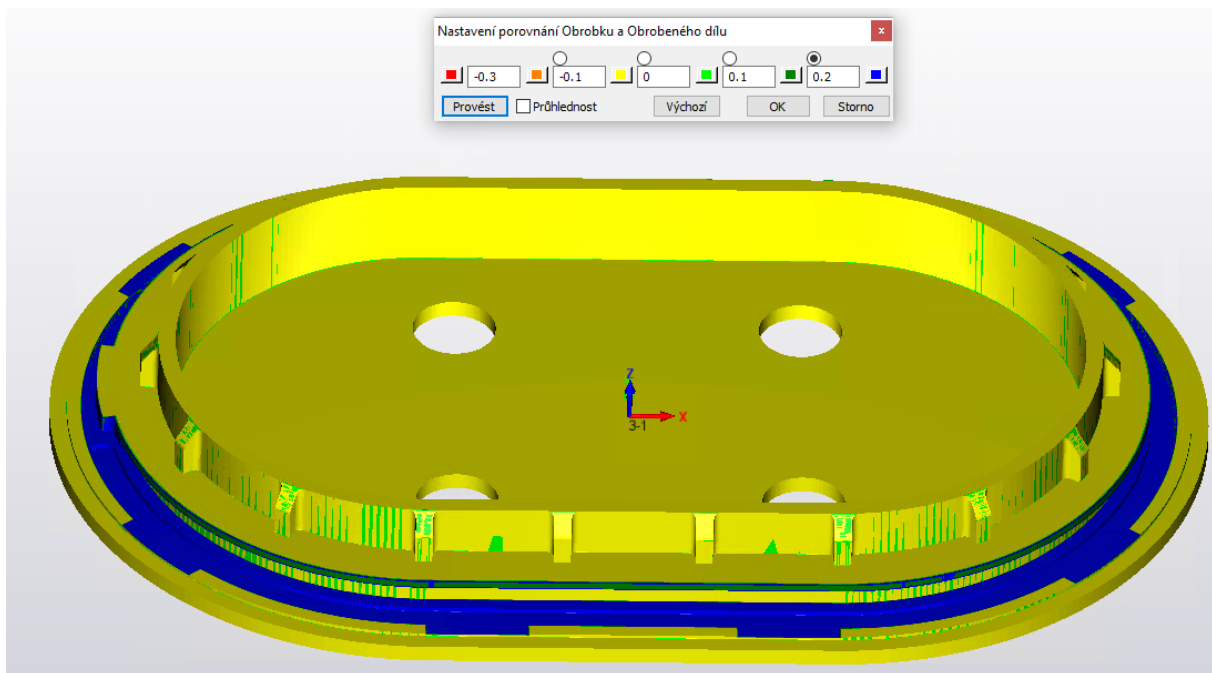
Obrázek 54-Dráhy dokončení šikmých ploch žebrování

3.4.11 Dokončení dna a boku rozměr 5 mm z výkresu

Pomocí operace kontura dojde obrobení dna rozměr 5 mm z výkresu. Nástrojem byla zvolena toroidní fréza D8 (viz obr. 43). Operace má jeden dokončovací řez. Přídavek na ploše před touto operací je 0.4 mm.



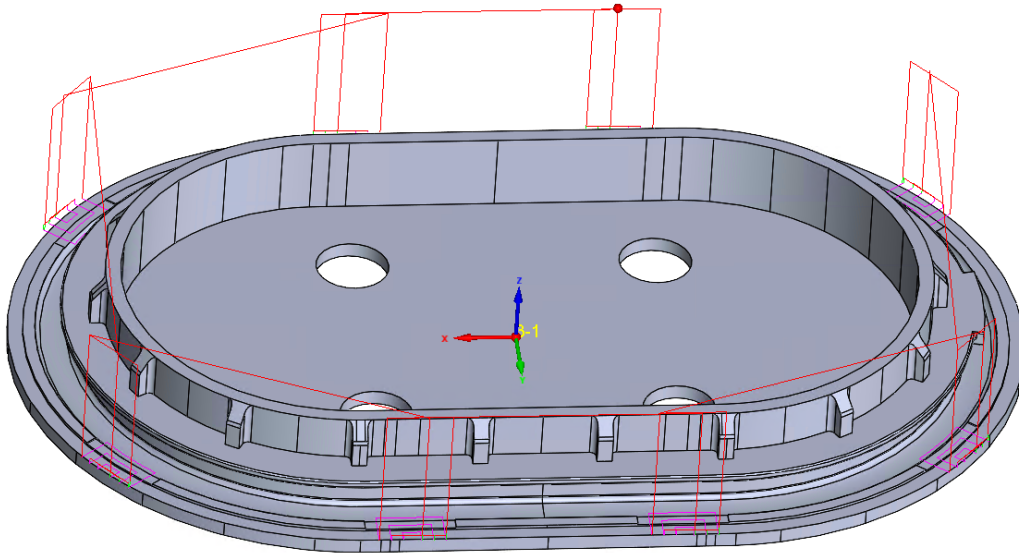
Obrázek 55-Dráhy dokončení dna a boku rozměr 5 mm z výkresu



Obrázek 56-Solid verify dokončení dna a boku rozměr 5 mm z výkresu

3.4.12 Dokončení drážek pro odvod vzduchu

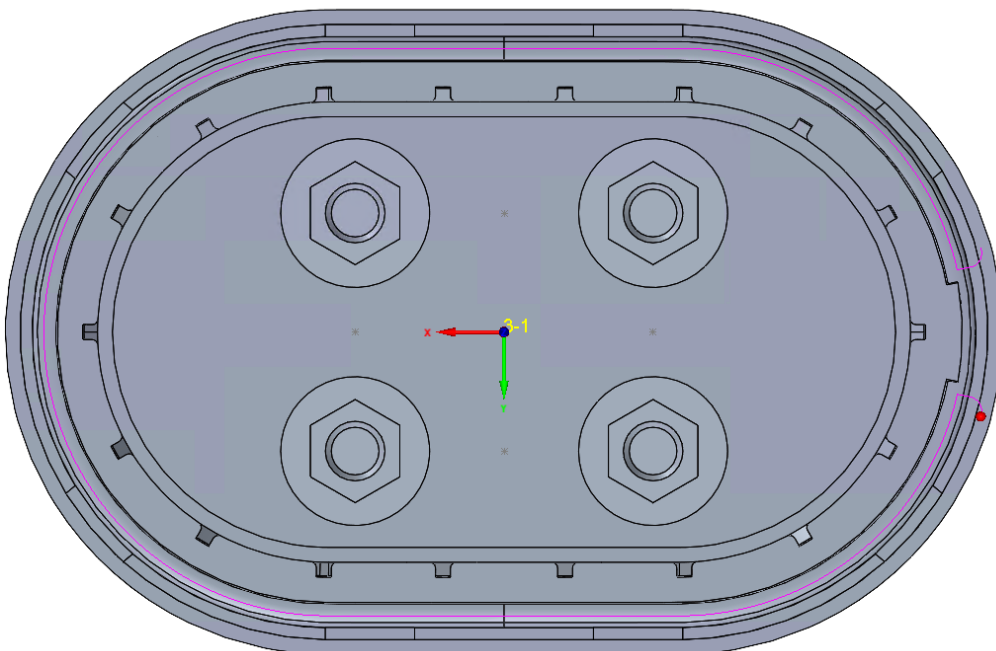
Pomocí operace kapsa dojde k dokončení dna i boků drážek pro odvod vzduchu. Nástrojem byla zvolena toroidní fréza D8 (viz obr. 43). Přídavek na ploše před touto operací je 0.4 mm. Minimální překrytí nástroje bylo nastaveno na 50 procent.



Obrázek 57-Dráhy dokončení drážek pro odvod vzduchu

3.4.13 Dokončení boku přesahu

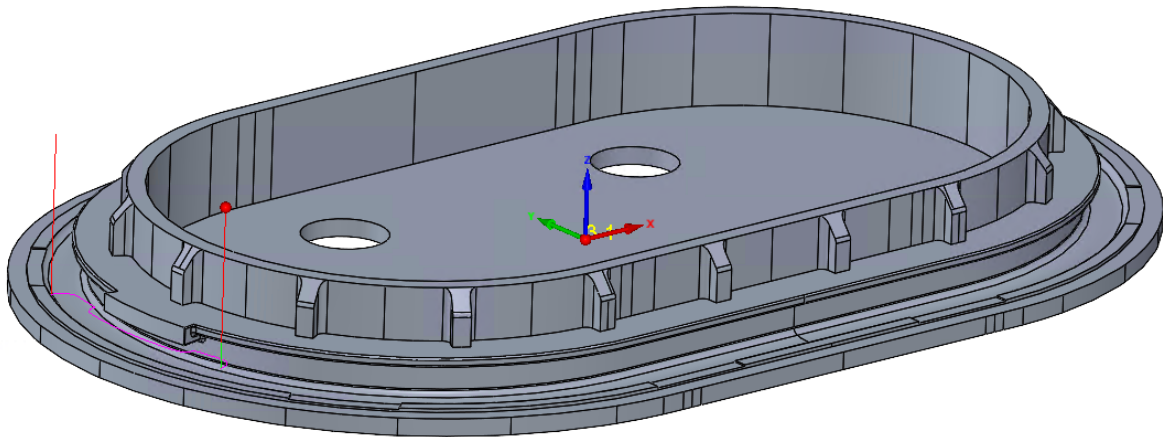
Při této operaci dojde k dokončení boku přesahu. Nástrojem byla zvolena toroidní fréza D8 (viz obr. 43). Přídavek na ploše je 0.2 mm. Technologie operace je kontura. Operace má jeden dokončovací řez. Hloubka řezu je 2.7 mm. V části u velkého přesahu můžeme na obrázku 60 vidět, že zde zůstane přídavek, což je zapříčiněno velkým průměrem nástroje. Tato část bude muset být dokončena menší frézou.



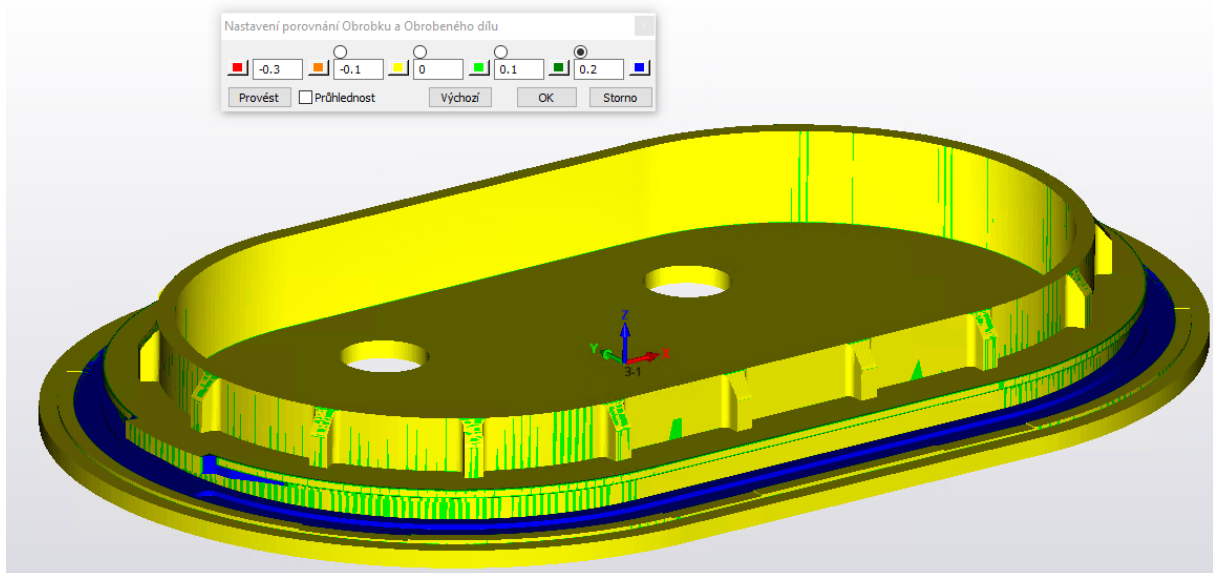
Obrázek 58-Dráhy dokončení boku přesahu

3.4.14 Dokončení boku velkého přesahu

Při této operaci dojde k dokončení boku velkého přesahu. Nástrojem byla zvolena toroidní fréza D8 (viz obr. 43). Přídavek na ploše je 0.4 mm. Technologie operace je kontura. Operace má jeden dokončovací řez. Hloubka řezu je 5 mm. Operace je nastavena tak, aby nástroj vyrovnal přídavek v rohu mezi přesahy, kde je rádius R1.



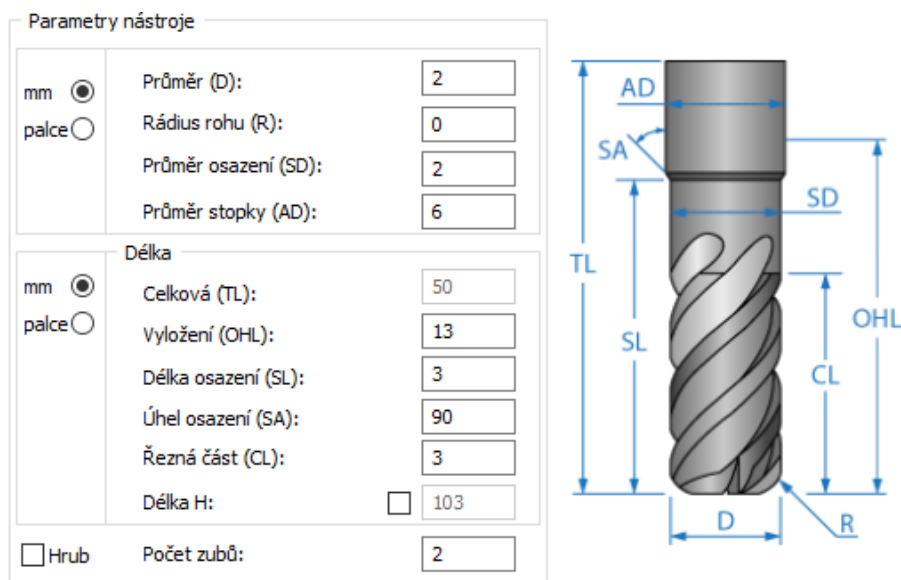
Obrázek 59-Dráhy dokončení boku velkého přesahu



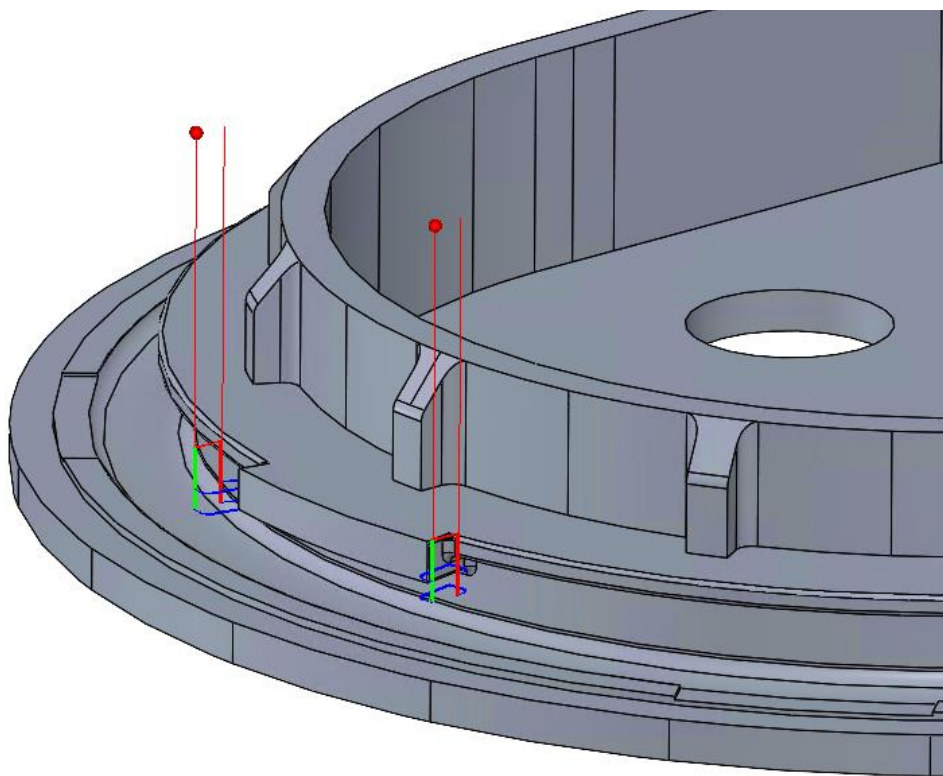
Obrázek 60-Solid verify dokončení boku velkého přesahu

3.4.15 Dokončení rádiusu R1

Dokončení rádiusu bylo rozděleno na 2 totožné operace, každá pro jeden roh. Technologie operace je kontura. Nástrojem pro operace byla zvolena fréza D2 (viz obr. 62). Každá operace má 3 hrubovací řezy po 0.2 mm pro odstranění materiálu v rohu. Hloubka řezu je 5.5 mm, kvůli řezné části nástroje, která je 3 mm, musela být operace rozdělena na dva hloubkové řezy. Následně dojde k dokončení pomocí dokončovacího řezu, ten je také rozdělen na dva hloubkové řezy, což není úplně ideální pro finální povrch. Tento problém by mohl být odstraněn, pokud by byl použit nástroj s větší řeznou částí, avšak takový nástroj nebyl k dispozici ve vybavení, kterým výzkumné centrum disponuje.



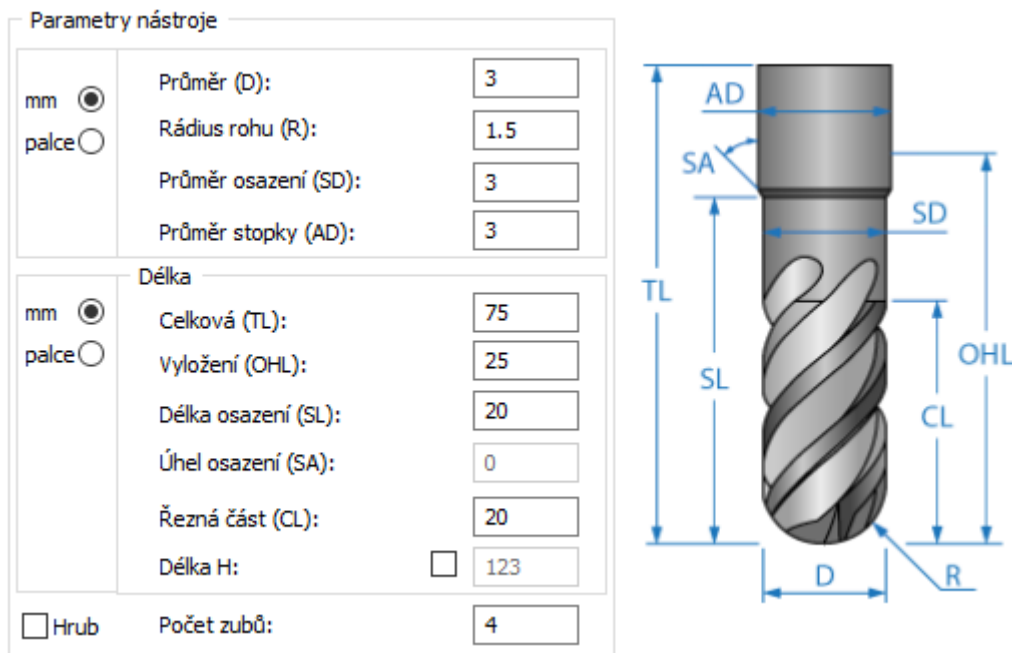
Obrázek 62-Fréza D2



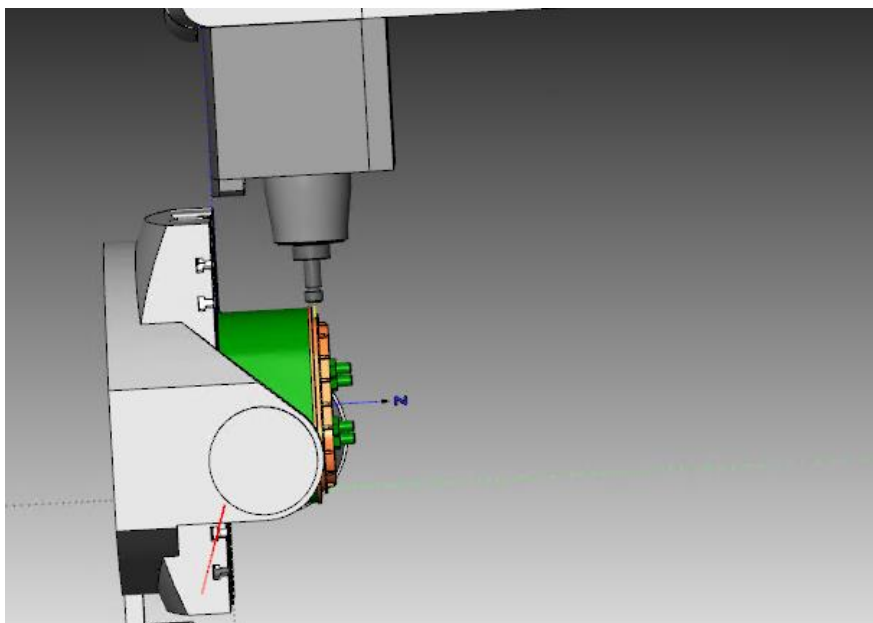
Obrázek 61-Dráhy dokončení rádiusu R1

3.4.16 Dokončení boků a stropu u velkého přesahu

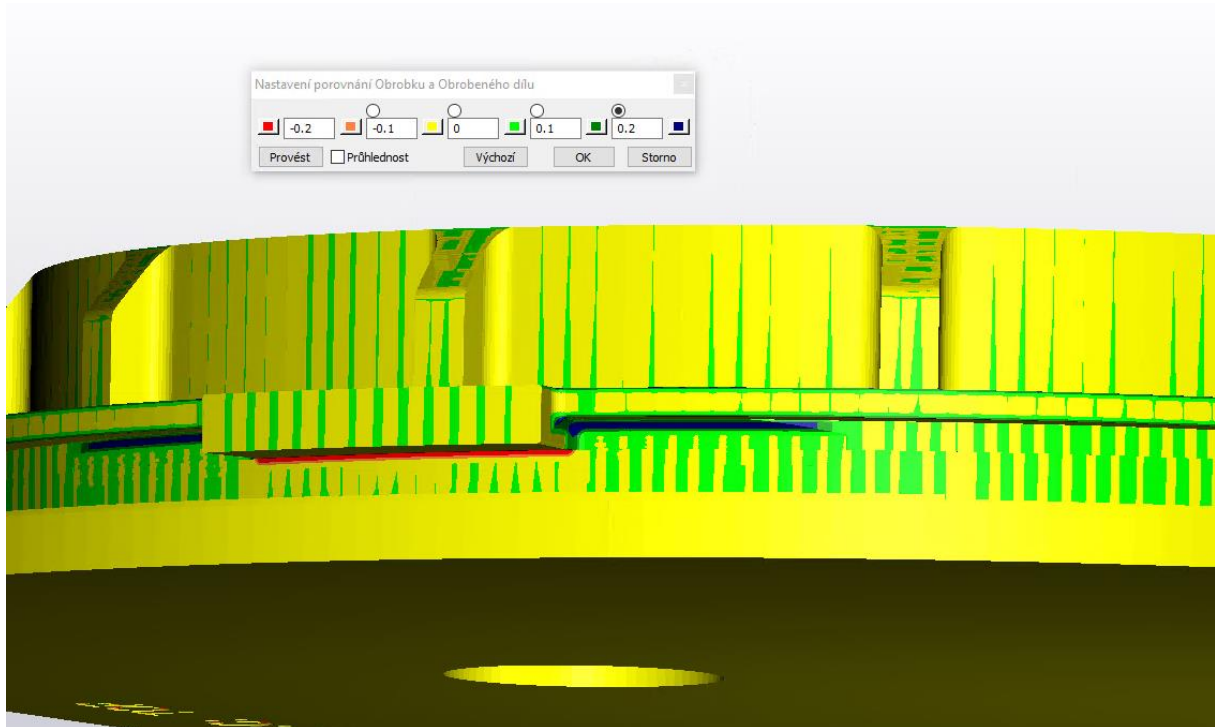
Jak můžeme vidět na obrázku 60, když došlo k dokončování boků pomocí kotoučové frézy, nemohla fréza dokončit bok kompletně, aby nedošlo k poškození velkého přesahu. Tento materiál bude muset být odstraněn pomocí 5D operace. Nástrojem byla zvolena kulová fréza D3 (viz obr. 63). Byla použita operace souvislé více osé frézování s technologií rovnoběžně s křivkou. Nástroj se naklápí relativně podle dráhy. Nástroj jezdí prakticky kolmo k obráběné ploše a při tomto úkonu nesmí dojít ke kontaktu vřetena se stolem. Boční i hloubkový krok je nastaven na 0.2 mm, aby nedošlo k poškození nástroje, jenž je kulová fréza průměr 3 mm. Jedná se o prodlouženou verzi nástroje, aby upínač nepřišel do kontaktu s obrobkem. Na obrázku 65 můžeme v rohách vidět přídivky, ty jsou způsobeny poloměrem nástroje a nejde je odstranit.



Obrázek 63-Fréza D3



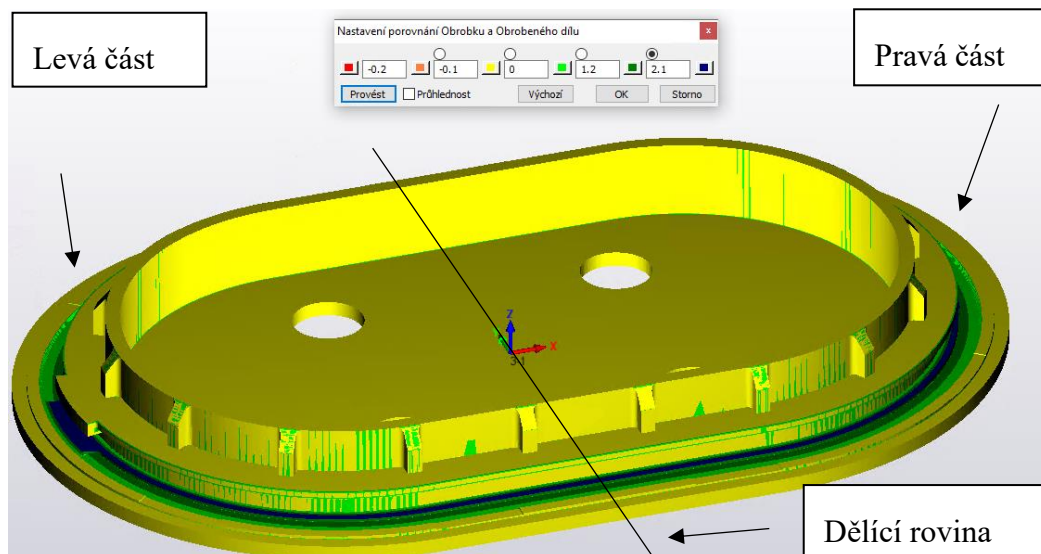
Obrázek 64-Simulace stroje dokončení boků a stropu u přesahu



Obrázek 65-Solid verify po dokončení boků a stropu u velkého přesahu

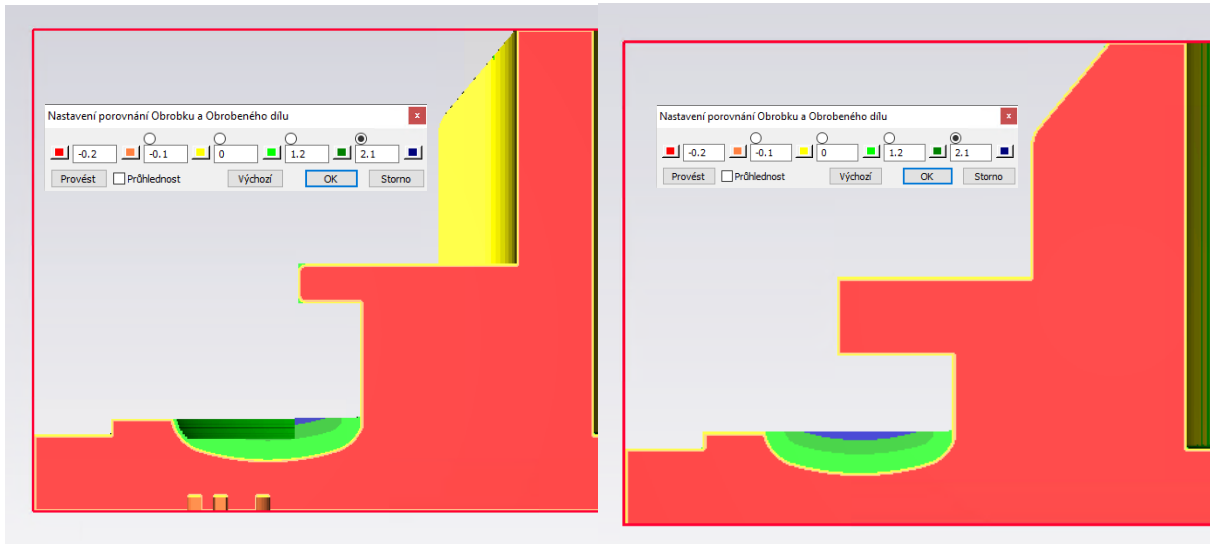
3.5 Dokončení vnější zapuštěné drážky pomocí 5D frézovacích operací

V této fázi obrábění je dokončena většina ploch součásti. Zbývá obrobit vnější zapuštěnou drážku. Většinu drážky jsme si předhrubovali pomocí 3D operací, kromě části pod velkým přesahem, kam jsme se nebyli schopni ve třech osách dostat s nástrojem. Pro všechny tyto operace bude použita kulová fréza D3 (viz obr. 63). Některé tyto operace budou rozděleny na pravou a levou část v polovině obrobku kvůli rozdílné technologii. Operace, které odebírají



Obrázek 66-Solid verify přídavky ve vnější zapuštěné drážce

materiál u vnitřní stěny, musí být rozděleny na levou a pravou část. Většina operací má nastaven relativní úhel natočení podle dráhy nástroje, nicméně operace u vnitřní stěny na levé části musí být nastaveny na pevný úhel, aby nedošlo k poškození velkého výstupku. Tato technologie však zapříčiní, že materiál není rovnoměrně odebírán, a proto musí být v těchto operacích více drah, abychom tento jev odstranili.

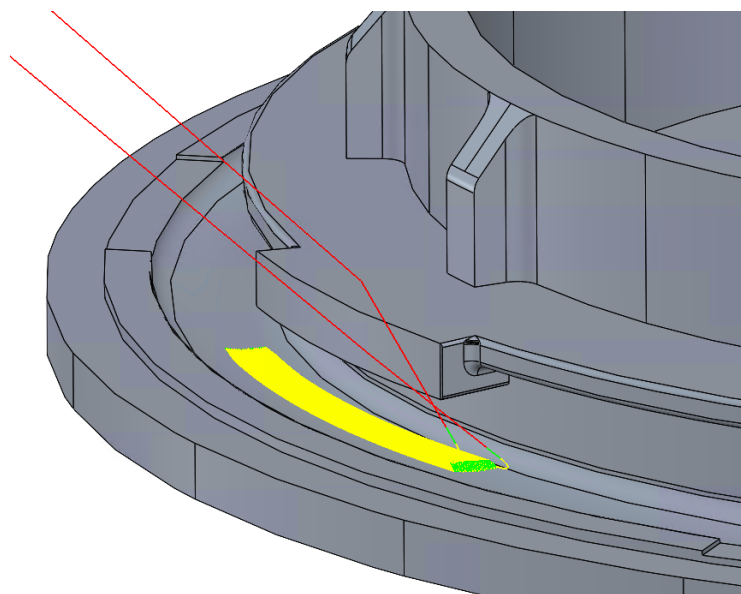


Obrázek 68-Přídavky ve většině vnější zapaštěné drážky

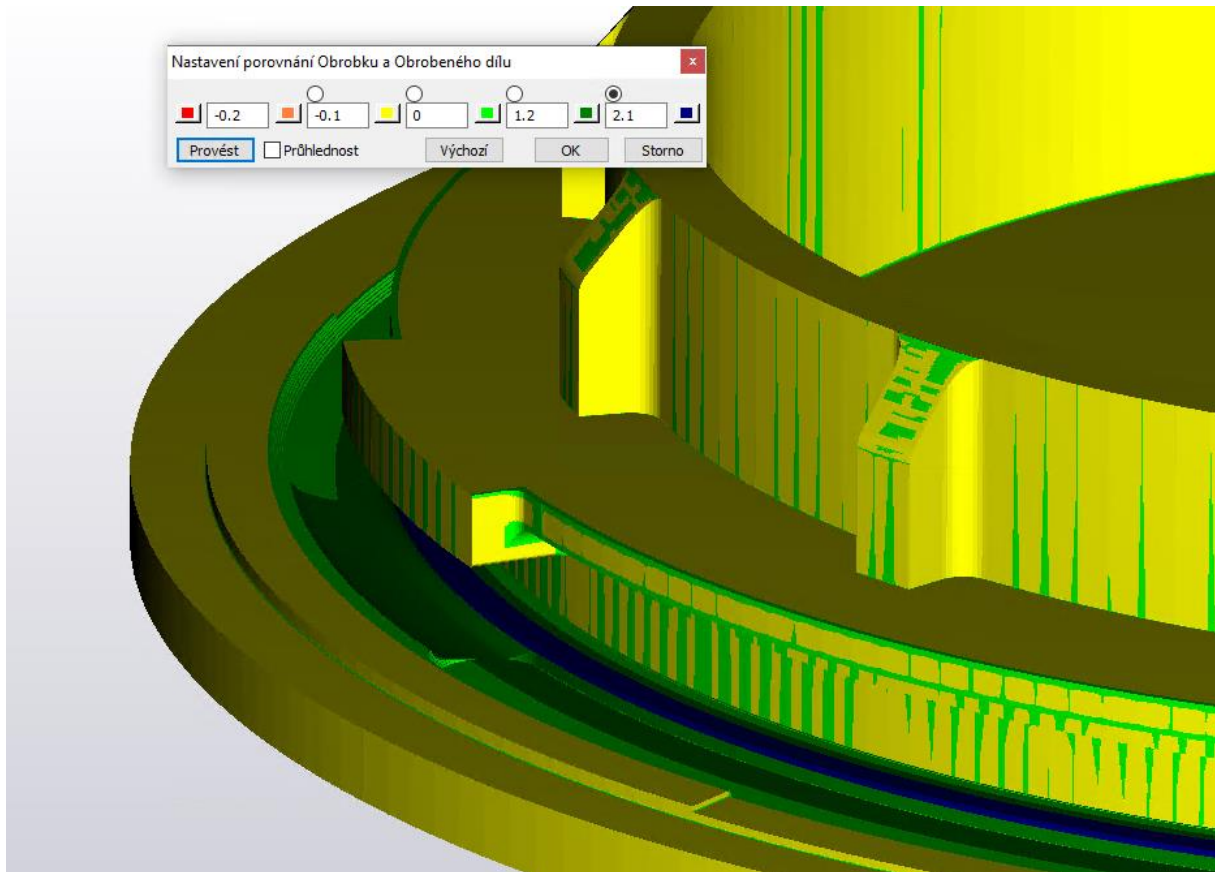
Obrázek 67-Přídavky pod velkým přesahem ve vnější zapaštěné drážce

3.5.1 Hrubování vnější zapaštěné drážky pod velkým přesahem

Při této operaci je odebírán materiál pod velkým přesahem s přídavkem 1.3 mm na spodní plochu. Cílem je sjednotit přídavek se zbytkem plochy. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje relativně podle dráhy s naklopením 50 stupňů vůči Z ose. Boční i hloubkový krok je nastaven na 0.2 mm.



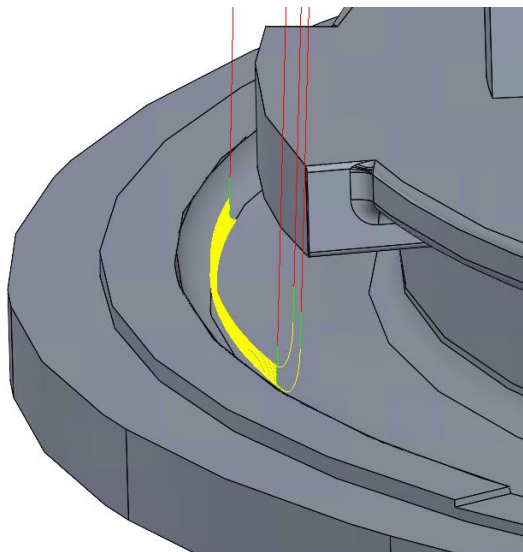
Obrázek 69-Dráhy hrubování vnější zapaštěné drážky pod velkým přesahem



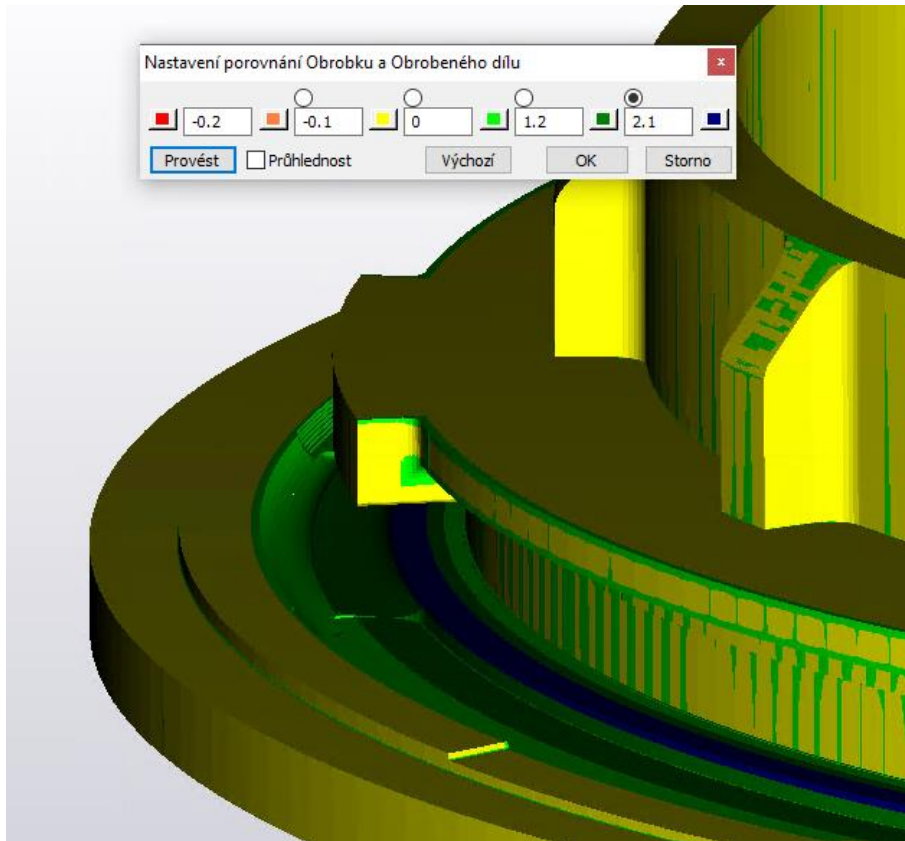
Obrázek 70-Solid verify hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem

3.5.2 Hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem – vnější stěna

Při této operaci je odebrán materiál pod velkým přesahem na vnější stěně s přídavkem 0.5 mm na spodní plochu. Cílem je sjednotit přídavek se zbytkem plochy. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj je naklopen v pevném úhlu 3 stupně vůči Z ose. Hloubkový krok je nastaven na 0.05 mm, boční krok je 0.2 mm.



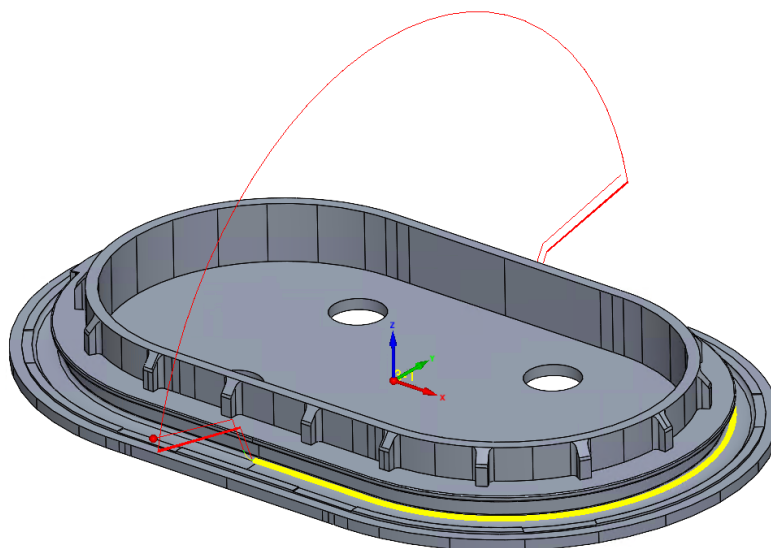
Obrázek 71- Dráhy hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem-vnější stěna



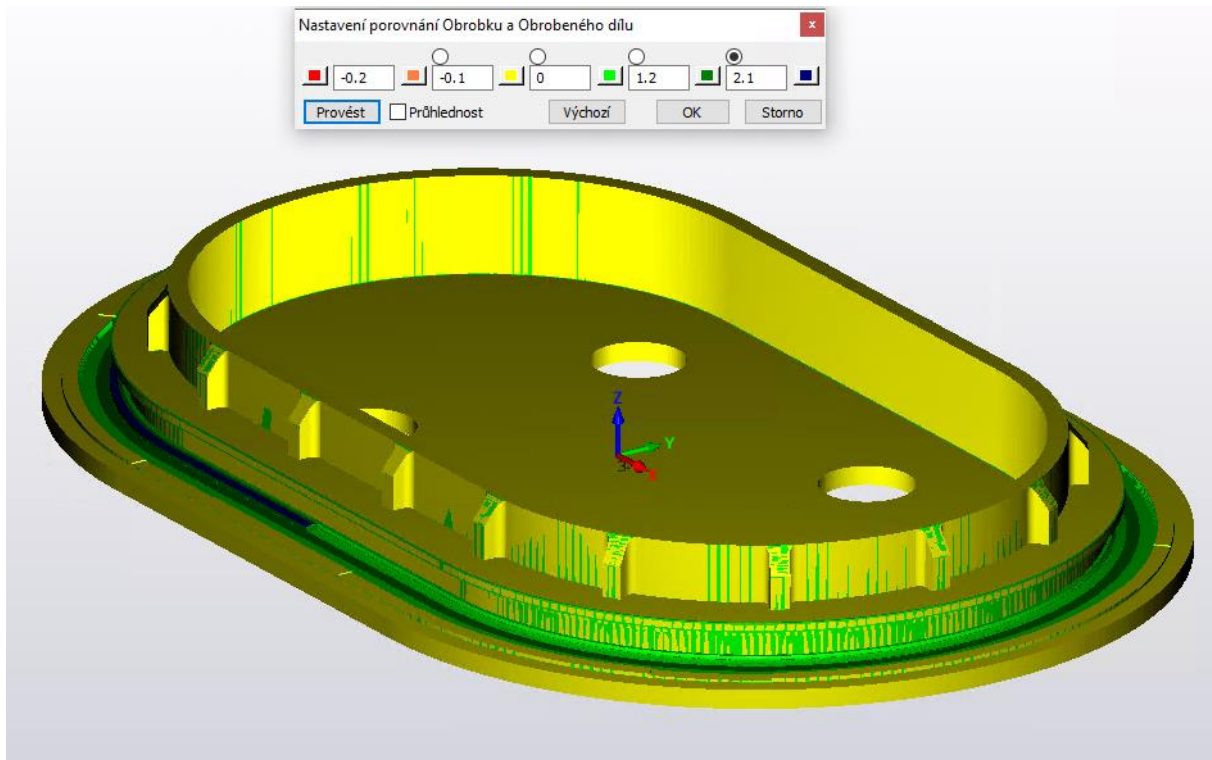
Obrázek 72-Solid verify hrubování vnější části drážky pod velkým přesahem-vnější stěna

3.5.3 Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídavkem 1.2 mm – pravá část

V této fázi dojde k odebrání materiálu u vnitřní strany drážky s přídavkem 1.2 mm, aby došlo k sjednocení přídavku se zbytkem ploch. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje relativně podle dráhy s nakloněním 15 stupňů vůči Z ose. Hloubkový a boční krok byl nastaven na 0.2 mm. Bylo zde přidáno 6 hloubkových hrubovacích řezů pro rovnoměrné odebrání materiálu.



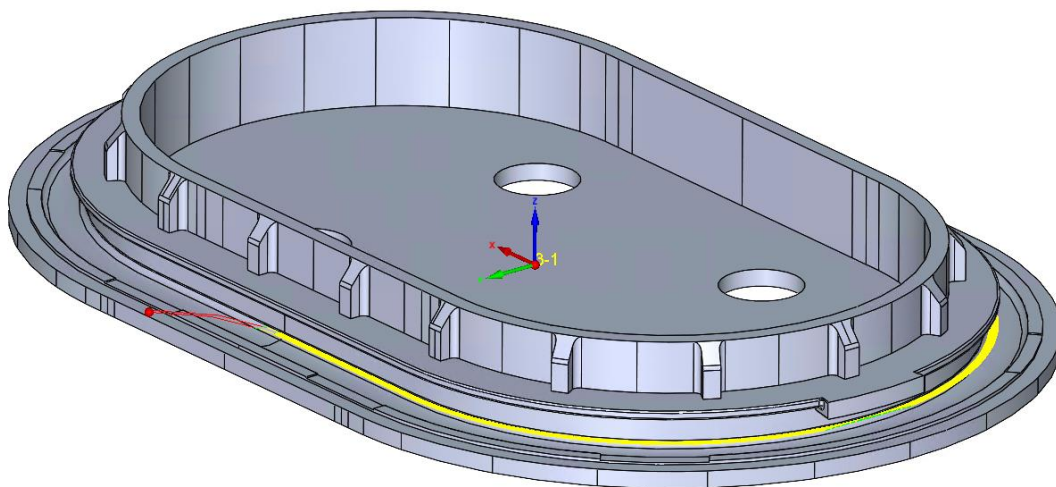
Obrázek 73- Dráhy hrubování na vnitřní stěně s přídavkem 1.2 mm-pravá část



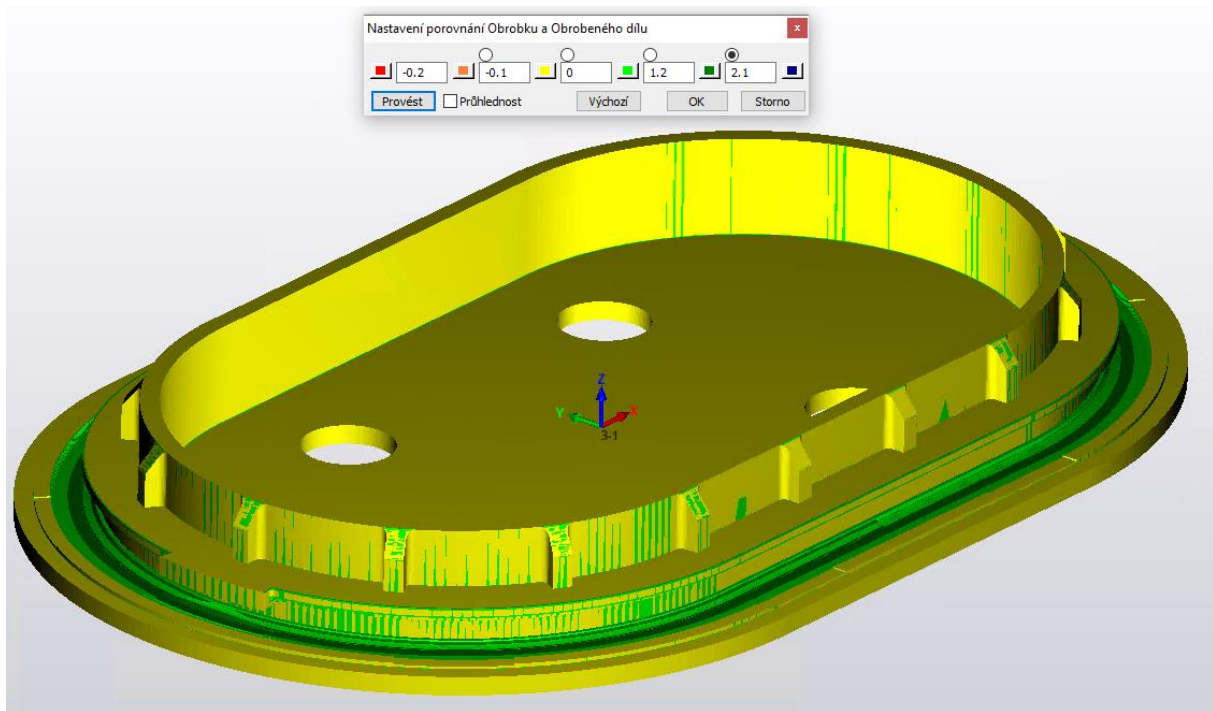
Obrázek 74-Solid verify hrubování na vnitřní stěně s přídatkem 1.2 mm-pravá část

3.5.4 Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídatkem 1.2 mm – levá část

V této fázi dojde k odebrání materiálu u vnitřní strany drážky s přídatkem 1.2 mm, aby došlo k sjednocení přídatku se zbytkem ploch. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje nakloněný k ose Z v pevném úhlu 65 stupňů. Boční a hloubkový krok je 0.2 mm. Bylo zde přidáno 9 hloubkových řezů, 7 hrubovacích a 2 dokončovacích s krokem 0.1 mm. Toto bylo nastaveno z důvodu, že naklonění v pevném úhlu není tak vhodné jako relativní naklonění podle dráhy nástroje z předchozí operace a vzniká nerovnoměrné odebrání materiálu v koncových drahách. Přidání dokončovacích drah by tento jev mělo eliminovat.



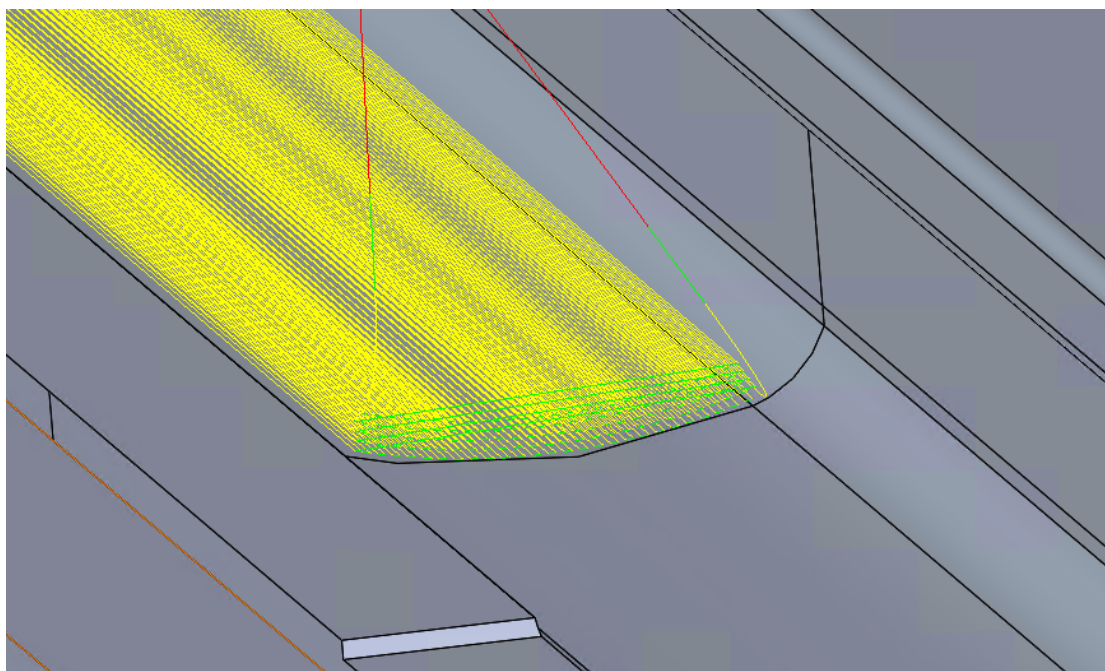
Obrázek 75-Dráhy hrubování na vnitřní stěně s přídatkem 1.2 mm-levá část



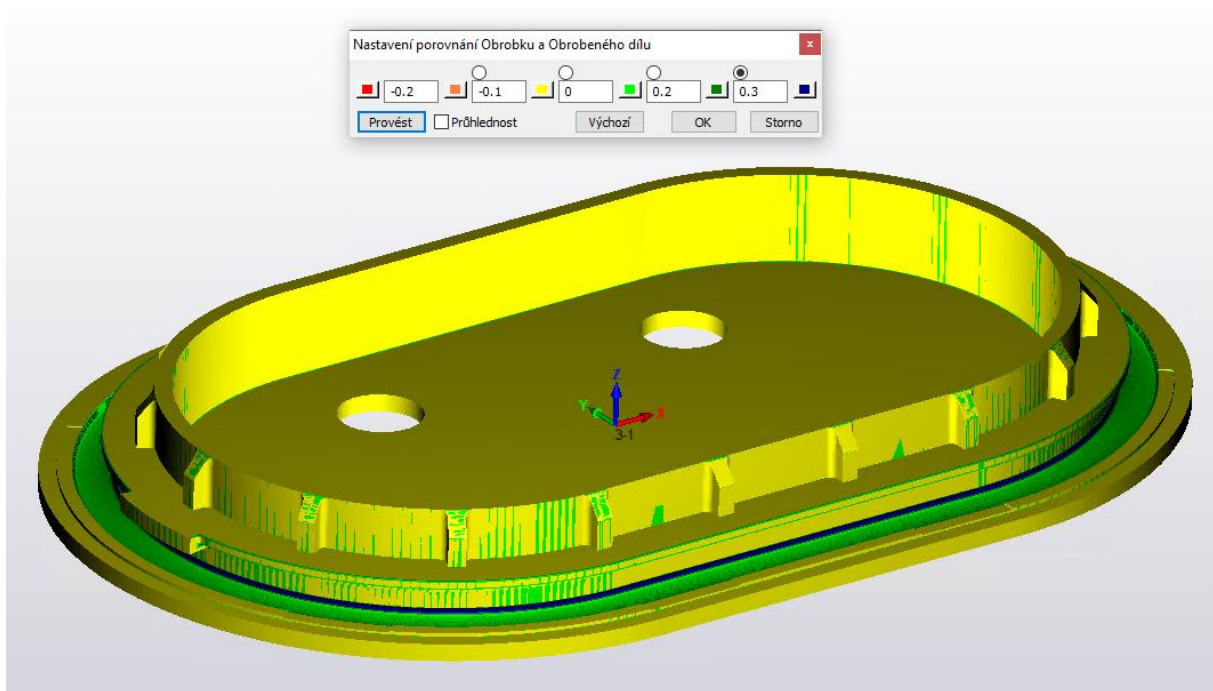
Obrázek 76-Solid verify hrubování na vnitřní stěně s přídávkem 1.2 mm-levá část

3.5.5 Hrubování středu kapsy

Při této operaci dojde k vyhrubování středu drážky s přídávkem 0.1 mm. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje relativně podle dráhy s naklopením 15 stupňů vůči Z ose. Boční krok byl nastaven na 0.2 mm. Bylo zde přidáno 7 hloubkových řezů, 6 hrubovacích s přídávkem 0.2 a 1 dokončovací s krokem 0.1 mm. Řezy jsou nastaveny na přizpůsobivé k ploše.



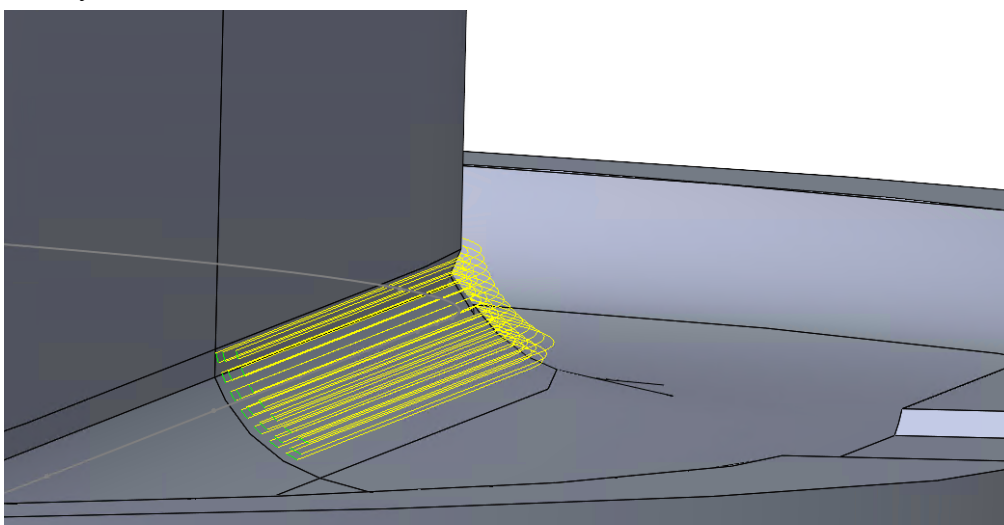
Obrázek 77-Dráhy v řezu hrubování středu kapsy



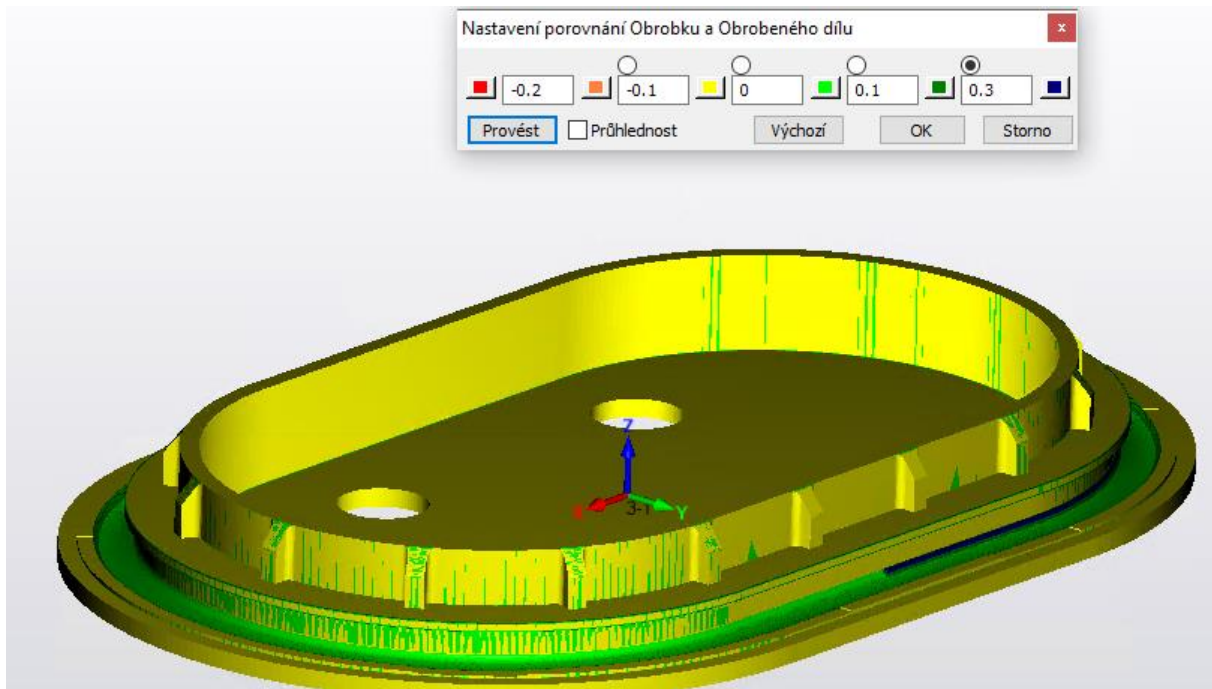
Obrázek 78-Solid verify hrubování středu kapsy

3.5.6 Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídavkem 0.1 mm-pravá část

V této fázi dojde k odebrání materiálu u vnitřní strany drážky s přídavkem 0.1 mm. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje relativně podle dráhy s naklopením 15 stupňů vůči Z ose. Boční krok byl nastaven na 0.2 mm. Hloubkové řezy jsou tři, dva hrubovací s krokem 0.2 mm a jeden dokončovací s krokem 0.1 mm. Při tomto obrábění rádiusové plochy byly hloubkové řezy zvoleny tak, aby si udržely stejný odběr materiálu pro jednotlivé řezy.



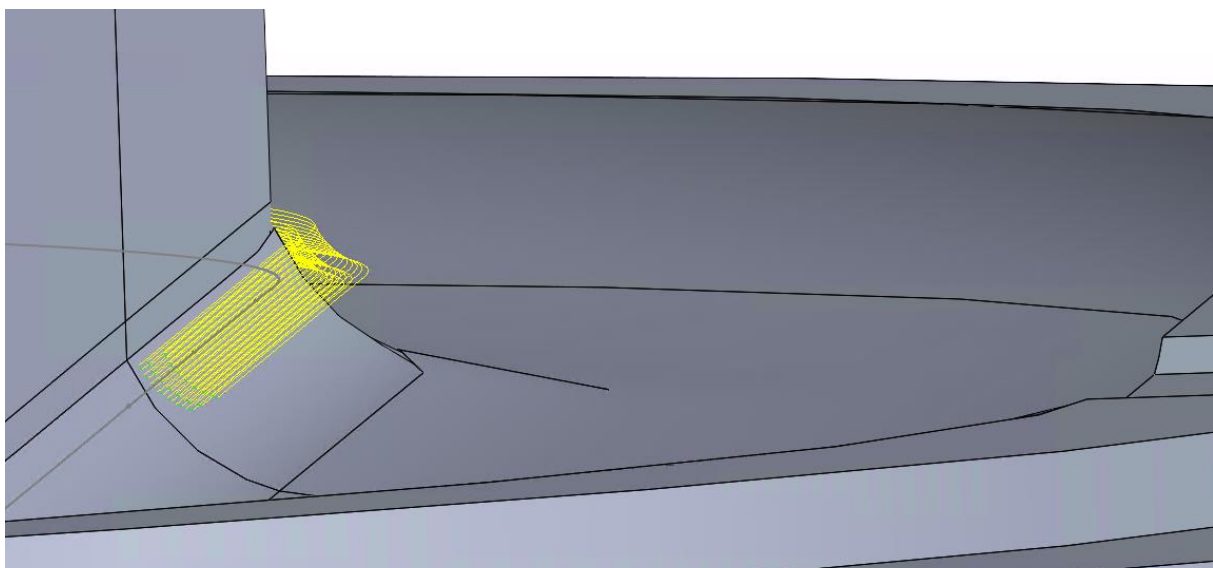
Obrázek 79-Dráhy hrubování u vnitřní stěny kapsy – pravá část



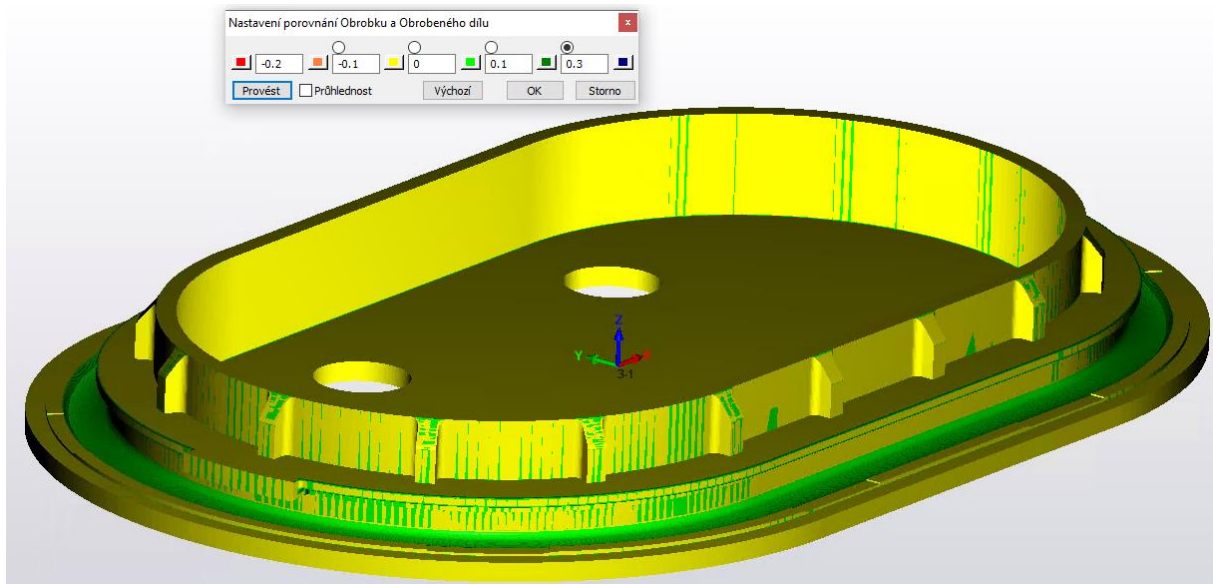
Obrázek 80-Solid verify hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídatkem 0.1 mm-pravá část

3.5.7 Hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídatkem 0.1 mm – levá část

Při této operaci dojde k odebrání materiálu u vnitřní strany drážky s přídatkem 0.1 mm na dno. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje nakloněný k ose Z v pevném úhlu 65 stupňů. Boční krok je 0.2 mm. Byly nastaveny 3 hloubkové řezy se stejnou technologií jako u předchozí operace. V této fázi je vnější zapuštěná drážka vyhrubována kompletně s přídatkem 0.1 mm na plochu. Budou následovat dokončovací operace. Na obrázku 82 můžeme vidět větší přírůstek na vnějším okraji drážky, nicméně protože tato plocha byla vyhrubována ještě za pomoci 3D frézovacích operací, je na této ploše kaskáda, kterou nebude problematické dokončit.



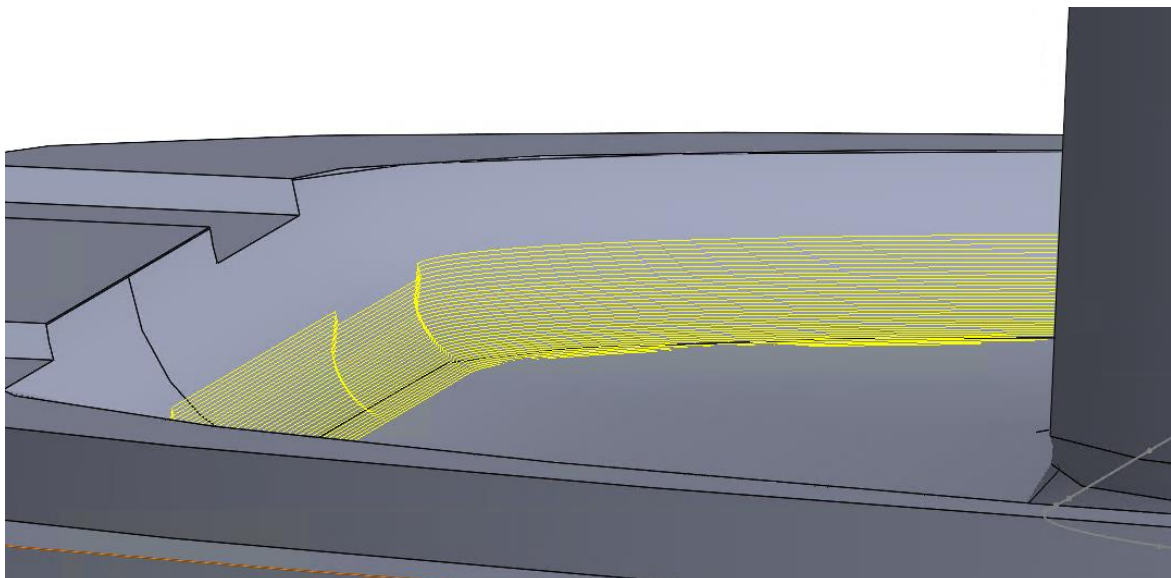
Obrázek 81-Dráhy hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídatkem 0.1 mm-levá část



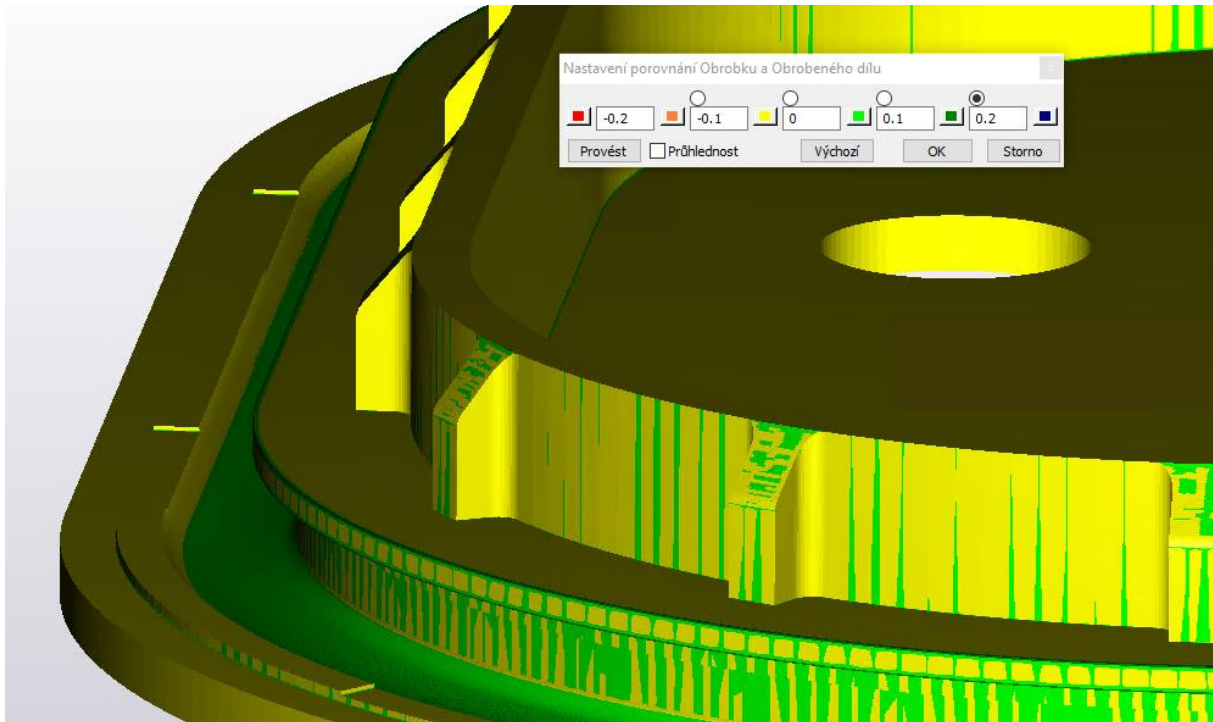
Obrázek 82-Solid verify hrubování u vnitřní stěny kapsy s přídavkem 0.1 mm-levá část

3.5.8 Dokončení vnější části drážky

V této části přichází finální dokončení ploch vnější části drážky. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje nakloněný k ose Z v pevném úhlu 3 stupně. Boční krok je 0.1 mm. Bylo zde přidáno 9 hloubkových řezů s krokem 0.05 mm.



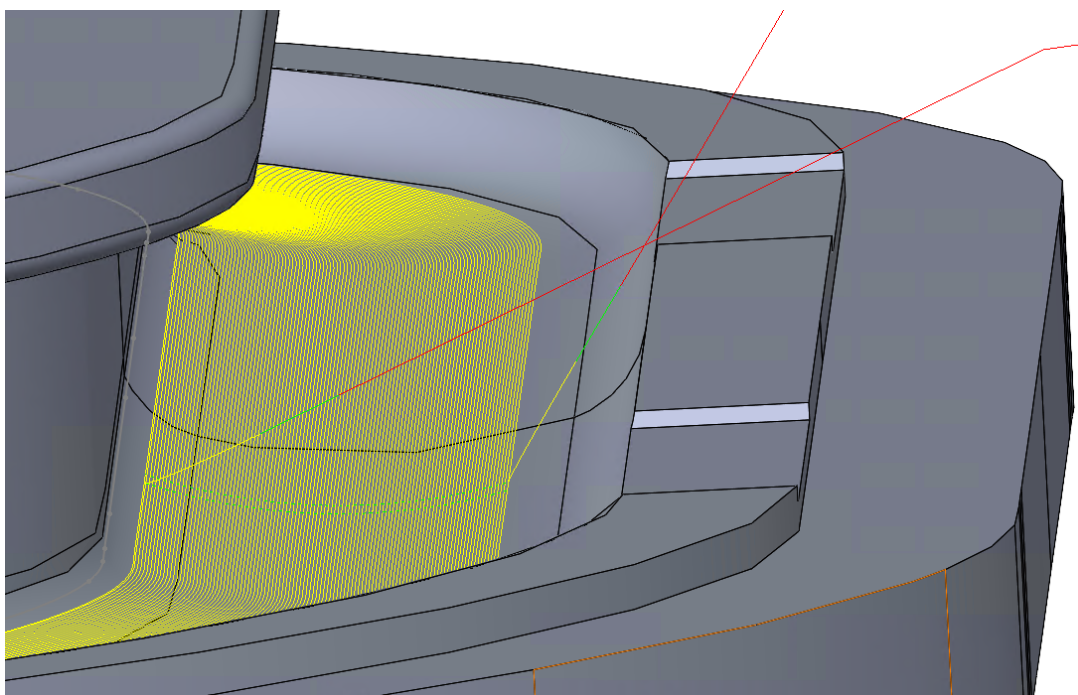
Obrázek 83-Detail drah dokončení vnější části drážky



Obrázek 84-Solid verify dokončení vnější části drážky

3.5.9 Dokončení středu drážky

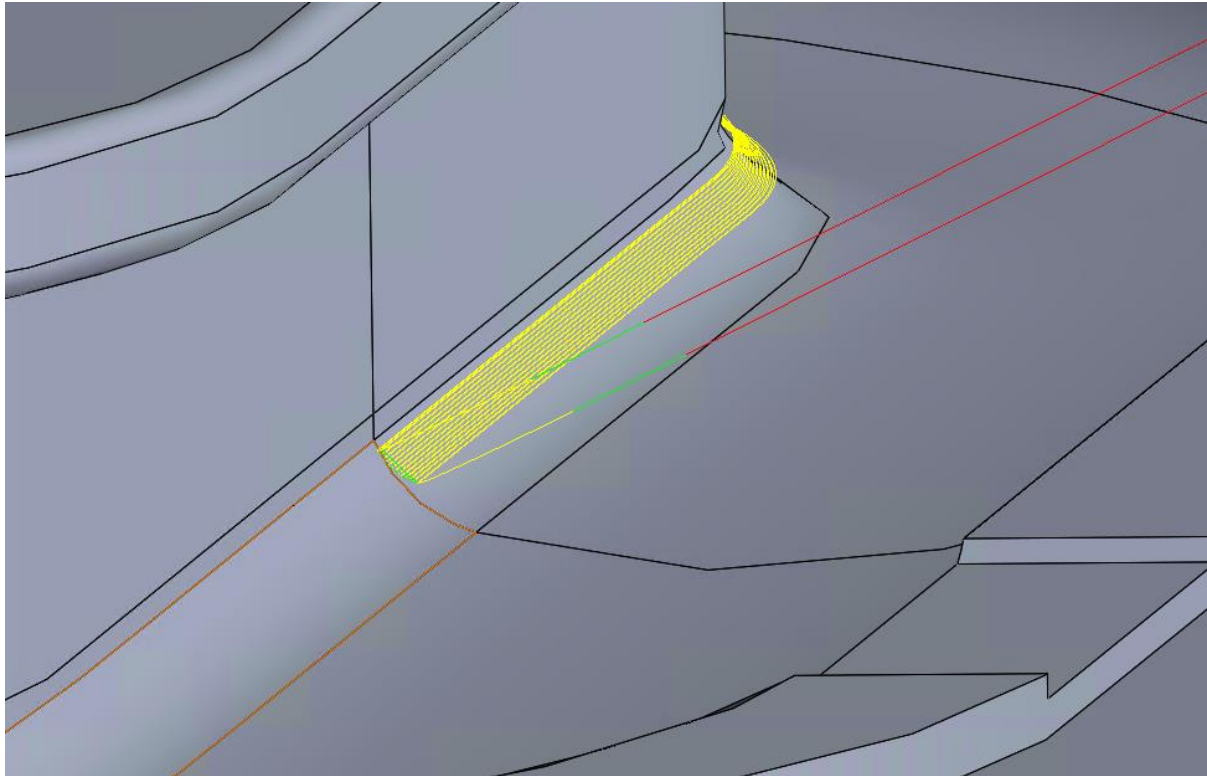
Při této operaci dojde k dokončení středu drážky. Přídavek z předchozí operace je 0.1 mm. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje relativně podle dráhy s naklopením 15 stupňů vůči Z ose. Boční krok byl nastaven na 0.1 mm.



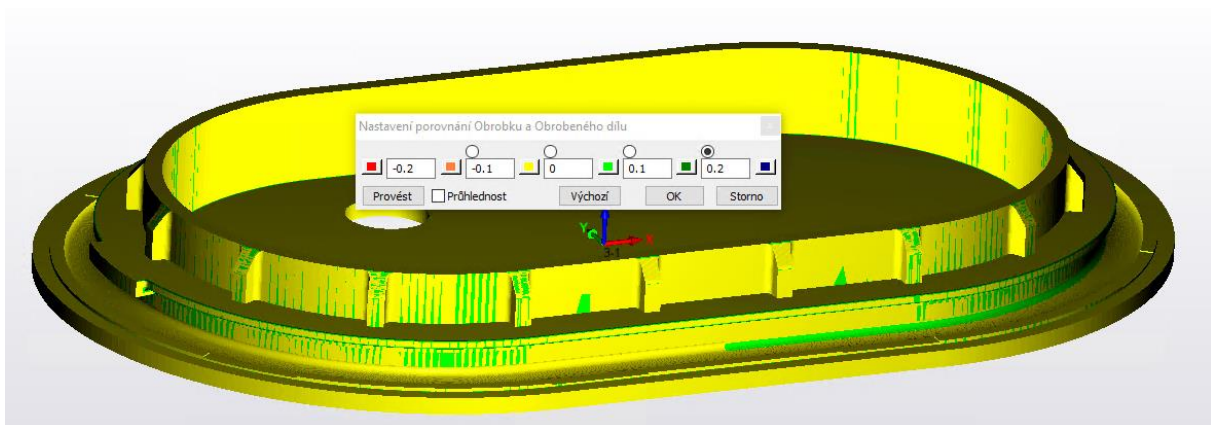
Obrázek 85-Dráhy dokončení středu drážky

3.5.10 Dokončení vnitřní části drážky – levá část

V této fázi dojde k dokončení plochy u vnitřní strany drážky. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje nakloněný k ose Z v pevném úhlu 65 stupňů. Boční krok je 0.1 mm. Byly zde přidány 2 dokončovací hloubkové řezy s krokem 0.05 mm. Toto bylo nastaveno z důvodu, že naklonění v pevném úhlu není tak vhodné jako relativní naklonění z předchozí operace a vzniká nerovnoměrné odebrání materiálu v koncových drahách.



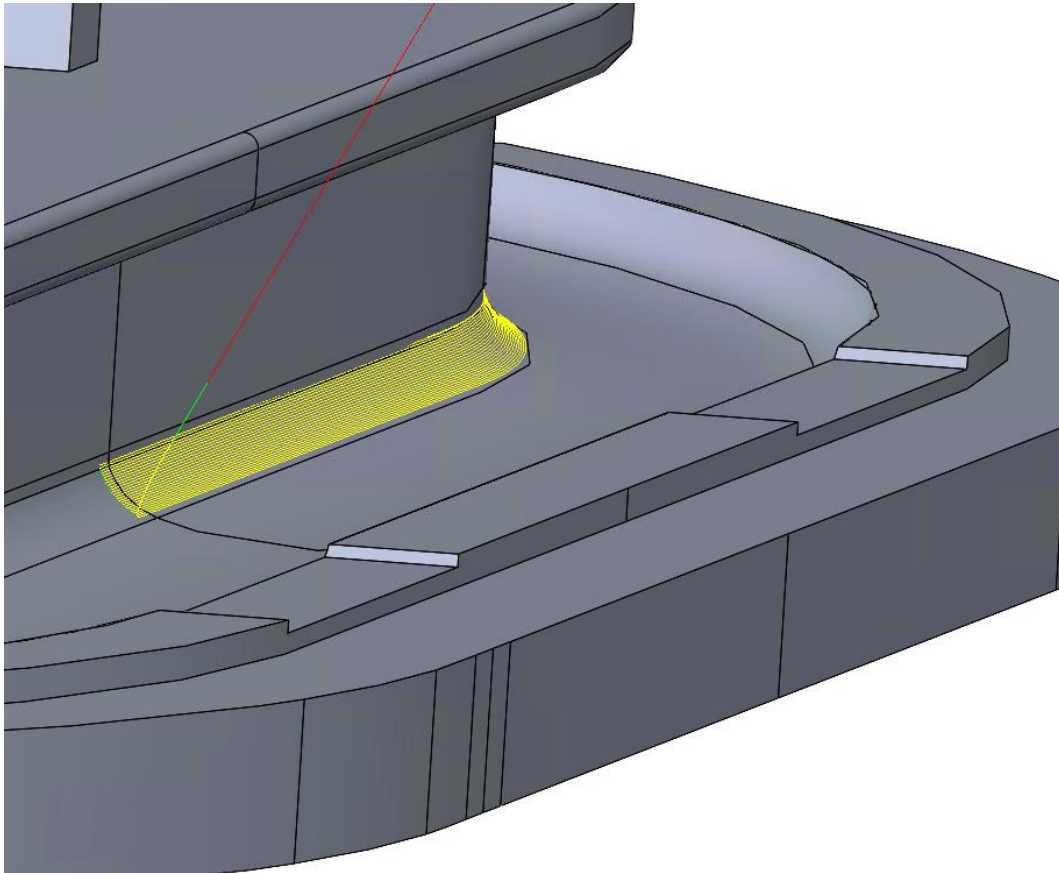
Obrázek 86-Dráhy dokončení vnitřní části drážky-levá část



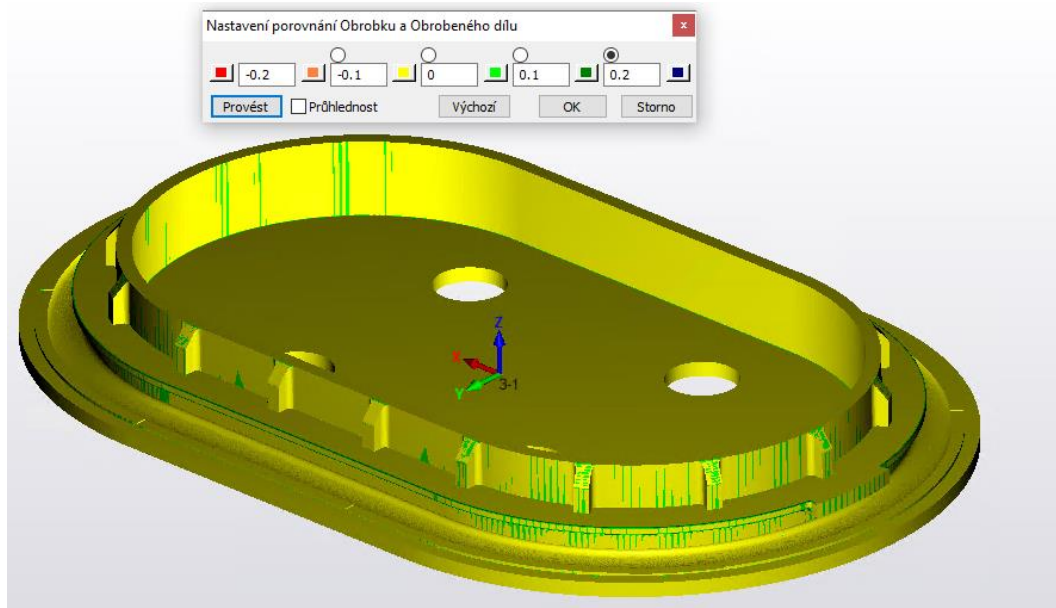
Obrázek 87-Solid verify dokončení vnitřní části drážky-levá část

3.5.11 Dokončení vnitřní části drážky – pravá část

Při poslední operaci dojde k dokončení vnitřní části drážky, respektive její pravé části. Byla použita operace více osé frézování s technologií mezi křivky. Nástroj se pohybuje relativně podle dráhy s nakloněním 15 stupňů vůči Z ose. Boční krok byl nastaven na 0.1 mm.



Obrázek 89-Dráhy dokončení vnitřní části drážky-pravá část



Obrázek 88-Solid verify dokončení vnitřní části drážky-pravá část

4 Vyhodnocení

V této práci navržené upínání vyhovuje všem specifikům součásti, aby mohlo dojít k jejímu správnému obrobení. Muselo dojít k úpravě konstrukce, aby mohlo být upínání realizováno. Změna však nepředstavovala velký problém z hlediska obrábění a na funkčnost součásti nemá vliv.

Program byl odzkoušen pomocí kontrolních funkcí solid verify a simulace stroje. Při kontrole simulace stroje nebyla nalezena žádná kolize. Při simulaci odebrání materiálu také nebyl nalezen žádný problém, který by způsobil nedodržení předepsaných hodnot tolerance. K vyrobení součásti nedošlo, ale program byl vygenerován a nastaven na stroji. Ani zde při kontrole nedošlo k žádným kolizím.

Řezné podmínky byly nastaveny podle katalogových hodnot, případně poupraveny po konzultaci s vedoucím práce.

Technologie byla nastavena tak, aby bylo dosaženo předepsaných drsností a tolerancí. Vzhledem k tomu, že díl nebyl vyroben, není možnost tento návrh ověřit. Nicméně technologie byla konzultována s vedoucím a práce a za předpokladu dodržení všech náležitostí při obrábění by obrobek měl dodržet předepsané tolerance a drsnosti.

V práci byly splněny všechny vytyčené cíle, které jsme si na začátku definovali.

5 Závěr

Cílem této práce bylo vytvoření funkční technologie pro zadanou součást. Technologie vyvinutá v rámci této práce byla testována pomocí několika simulací, které neodhalily žádné kolize. Rovněž nebyly zjištěny žádné nepřesnosti, které by vedly k nedodržení předepsaných tolerancí a drsností na výkrese. Návrh obrábění byl konzultován s odborníky v této oblasti, kteří potvrdili, že by měl být vyhovující.

Nejlepší způsob, jak ověřit výsledky této práce, by byla výroba součásti, která by umožnila praktické ověření správnosti navržené technologie. K výrobě dílu však nedošlo z důvodu nedostatku času.

Seznam použité literatury

- [1] Kyvná upínka s drážkou AMF 6490. *Enaradinastroje* [online]. 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.enaradinastroje.cz/kyvna-upinka-s-drazkou-amf-6490-20-mm--73007-/>
- [2] Zešikmená upínka s přestavitelným opěrným šroubem AMF 6314V-M20x22. *Enaradinastroje* [online]. 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.enaradinastroje.cz/zesikmena-upinka-s-prestavitelnym-opernym-sroubem-amf-6314v-m20x22--70326-/>
- [3] ŠROUB PRO T-DRÁŽKY S MATICÍ A PODLOŽKOU DIN 787. *VERKO* [online]. 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.verko.cz/sroub-pro-t-drazky-s-matici-a-podlozkou-din-787-10299/>
- [4] Hliníková slitina EN AW-5754. *Primapol-Metal-Spot* [online]. 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: https://www.primapol.cz/produkty/hlinik/?gclid=CjwKCAiA2rOeBhAsEiwA2PI7Q-Wf6D1N7HAnoGDGhp6u-Hms_JPUtPuueW6zqSzPPWo-wUpibqk1DxoCnI0QAvD_BwE
- [5] Hliníkové tyče ploché EN AW-5754. *Profimet* [online]. 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.profimet.cz/hlinik/hlinikove-tyce/hlinikove-tyce-ploche/en-aw-5754>
- [6] DMU 65 monoBLOCK. *DMG MORI* [online]. 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://cz.dmgmori.com/produkty/stroje/frezovani/petiose-frezovani/monoblock/dmu-65-fd-monoblock-2nd>

Příloha 1 – Výpis operací

Index	Název operace - (Typ Operace)					
	Nul. Bod	Otáčky Dok.	Posuv XY Posuv	Posuv Z Posuv pro Dok.	Čas	
	Číslo nástroje	Chlazení nástroje				
	Popis					
	X min	X max	Y min	Y max	Z min	Z max
1	Čelní plocha s příd. 0.2mm na dno - (Čelní frézování) :					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)	220	0.12	0.12	0:07:34	
	T115 - Fr D50 r0.8 L9 z5 (Av)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina+Skrz nástroj				
	-229.452	229.389	-86.964	101.495	-4.3	2
2	hrubování boků dna s příd. 0.2 na bok- - (Kontura) :					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)	220	0.12	0.12	0:01:27	
	T115 - Fr D50 r0.8 L9 z5 (Av)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina+Skrz nástroj				
	-192.613	224.357	-133.562	133.567	-10.5	-2.5
3	Čelní plocha hotová - (Čelní frézování) :					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)	220	0.08	0.12	0:05:39	
	T115 - Fr D50 r0.8 L9 z5 (Av)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina+Skrz nástroj				
	-229.452	229.389	-86.964	101.495	-4.505	-2.3
4	DOKONČENÍ BOKŮ SPODNÍ ČÁSTI - (Kontura) :					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)	220	0.05	0.05	0:01:17	
	T32 - Fr D16 r0.2 L32 z4 (kl)	Chlazení vřetene/hlavy:Proud vzduchu vřetenem				
	-175.403	182.487	-116.352	116.357	-10.5	-2.5
5	GRAVÍROVÁNÍ NÁZVU - (Kontura) :					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)	4000	0.1	0.043	0:00:42	
	T1 - FR D0.6 r0 L3-OSG-gra					
	-31.959	37.766	93.381	98.362	-5.5	-2.5
6	4xD24 - (Vrtání) :					
	Nulový bod 1 (1- Poloha)	100	0.12	0.12	0:00:18	
	T330 - Vrt D24 - 5D - (Iscar)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
	-50	50	-40	40	-16.868	-2.5
7	hrubování vnitřní kapsy s příd. 2mm na bok,dno hotovo - (iMachining) :					
	Nulový bod 2 (1- Poloha)	10475	13435	40000	0:05:03	
	T32 - Fr D16 r0.2 L32 z4 (kl)	Chlazení vřetene/hlavy:Proud vzduchu vřetenem				
	-121.443	121.443	-62.383	62.384	5	37.5
8	DOKONČENÍ BOKŮ VNITŘNÍ KAPSY - (Kontura) :					
	Nulový bod 2 (2- Poloha)	220	0.05	0.05	0:00:50	
	T32 - Fr D16 r0.2 L32 z4 (kl)	Chlazení vřetene/hlavy:Proud vzduchu vřetenem				
	-123.443	123.443	-64.384	104.383	5	33

9	i3DRough_obrobek - (3D iMachining) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	9579	5653	40000	0:06:01	
	T32 - Fr D16 r0.2 L32 z4 (kl)	Chlazení vřetene/hlavy:Proud vzduchu vřetenem				
		-179.875	179.811	-119.846	119.831	0.4
10	Dokončení dna rozm.31 z výkresu - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.08	0.12	0:01:43	
	T115 - Fr D50 r0.8 L9 z5 (Av)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina+Skrz nástroj				
		-151.453	151.453	-92.394	92.394	25.95
11	Hrubování vnější zapuštěné drážky - (HM hrubování)					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.1		0:02:55	
	T9 - Fr D6 r0.05 L13 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Proud vzduchu vřetenem				
		-153.013	155.203	-96.292	96.311	-0.3
12	Hrubování rohů rohů stěn žebrování - (3D iMachining) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	13282	3753	40000	0:00:48	
	T15 - Fr D8 r0.1 L19 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
		-145.633	146.775	-87.74	87.74	11.318
13	Dokončení dna rozm. 6.02 z výkresu - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.1	0.1	0:00:16	
	T15 - Fr D8 r0.1 L19 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
		-160.395	160.398	-107.269	101.373	1.018
14	Dokončení čela přesahu u žebrování - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.1	0.1	0:01:03	
	T15 - Fr D8 r0.1 L19 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
		-155.923	155.923	-96.864	102.763	10.918
15	Hrubování stropu a boků pod přesahem - (T-Drážka) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	26	0.07	0.07		
	T701 - Kotouc D80 r0 L2 z3					
		0	0	0	0	0
16	Hrubování boků stěny pod rozšířeným přesahem - (T-Drážka) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	103.451	0.2	0.2	0:05:38	
	T701 - Kotouc D80 r0 L2 z3					
		-240.544	186.645	-127.585	127.585	1.118

17	Dokončení boků a stropu pod přesahem - (T-Drážka) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	103.451	0.2	0.2	0:03:22	
	T701 - Kotouc D80 r0 L2 z3					
		-236.944	186.444	-127.385	127.385	5.918
18	Dokončení boků pod přesahem - (T-Drážka) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	103.451	0.2	0.2	0:05:37	
	T701 - Kotouc D80 r0 L2 z3					
		-240.348	186.445	-127.385	127.385	1.118
19	Dokončení boků žebrování - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	200	0.05	0.05	0:01:16	
	T5 - Fr D4 r0.05 L11 z4 - SE	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-143.833	143.833	-84.774	88.232	10.918
20	Dokončení sražení žebrování - (Konstant Z)					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	250	0.07		0:01:59	
	T207 - Kul D6 L13 z4 - SEH	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-148.738	148.763	-91.206	91.18	17.207
21	Dokončení dna rozm.5 z výkresu - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.1	0.1	0:00:22	
	T15 - Fr D8 r0.1 L19 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
		-166.394	166.394	-107.375	113.167	0
22	Dokončení drážek pro odvod vzduchu - (Kapsa) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.1	0.1	0:00:25	
	T15 - Fr D8 r0.1 L19 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
		-149.907	149.907	-109.94	109.94	0.618
23	Dokončení boku přesahu u obvodu - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.1	0.1	0:00:14	
	T15 - Fr D8 r0.1 L19 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
		-160.316	154.431	-95.385	95.385	8.218
24	Dokončení boku přesahu - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	220	0.1	0.1	0:00:01	
	T15 - Fr D8 r0.1 L19 z4 (kla)	Chlazení vřetene/hlavy:Skrz nástroj				
		-157.803	-150.365	-35.593	35.593	5.618
25	Dokončení rádiusu R1 z výkresu - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	113.097	0.1	0.1	0:00:08	
	T2 - Fr D2 r0 L3 z2 - OSG	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-155.648	-149.181	-22.051	-17.434	5.418

26	Dokončení rádiusu R1 z výkresu. - (Kontura) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	113.097	0.1	0.1	0:00:02	
	T2 - Fr D2 r0 L3 z2 - OSG	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-155.648	-149.181	17.435	22.051	5.418 12.918
27	Dokončení boků pod přesadem - (Sim. 5 axis: Rovnoběžně s křivkou) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:05:24	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-217.287	-137.554	-71.466	71.513	4.714 6.928
28	Hrubování vnější zapuštěné drážky pod velkým přesahem s přídatkem 1.3mm - (Sim. 5 axis: Mezi křivky)					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:02:31	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-227.688	-148.585	-27.778	20.532	0.185 78.048
29	hrubování pod velkým přesahem, vnější okraj s přídatkem 0.5mm - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:00:34	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-156.496	0	-24.27	20.475	-0.54 250
30	hrubování kapsy pod přesahem s přídatkem 1.2mm-prava část - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:07:51	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-3	150.321	-152.5	152.341	-0.138 153.895
31	hrubování kapsy pod přesahem s přídatkem 1.2mm -leva část - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:10:30	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-149.115	12.885	-91.082	125.842	0.653 12.504
32	hrubování středu kapsy s přídatkem 0.1mm - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	1:30:15	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-155.959	155.959	-213.619	96.934	-1.01 38.626
33	hrubování kapsy pod přesahem s přídatkem 0.1mm-pravá část - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:04:50	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-3	147.851	-88.796	145.647	-0.698 27.044
34	hrubování kapsy pod přesahem s přídatkem 0.1mm-levá část - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:04:50	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-147.404	3	-145.137	88.348	-0.063 13.688
35	dokončení vnější části kapsy - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:08:42	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-156.994	156.993	-97.969	97.969	-1.02 221.829
36	dokončení středu kapsy - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:26:01	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-155.375	155.375	-213.658	96.351	-1.11 36.908
37	dokončení kapsy pod přesahem-levá část - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:03:13	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-147.188	3.352	-88.129	165.286	-0.157 17.371
38	dokončení kapsy pod přesahem-pravá část - (Sim. 5 axis: Mezi křivky) :					
	Nulový bod 3 (1- Poloha)	168	0.05	0.1	0:03:08	
	T202 - Kul D3 L20 z4 (long)	Chlazení vřetene/hlavy:Kapalina				
		-4.501	147.765	-142.935	145.47	-0.854 28.256