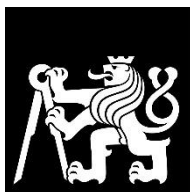


# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

**Výroba a ekonomika ve strojírenství**

**Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Postprocesing CL dat**

**Vedoucí práce: Ing. Jan Tomíček, Ph.D.**

**Vypracoval: Jiří Mandínek**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mandíneč** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **456789**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Postprocessing CL dat**

Název bakalářské práce anglicky:

**CL data postprocesssing**

Pokyny pro vypracování:

Vytváření nebo úpravy postprocesorů pro zvolený CAM software  
Analýza problému postprocessingu, návrh řešení  
Simulace v CAM, obrábění na stroji pro ověření

Seznam doporučené literatury:

Bílík, Oldřich; Vrabec, Martin : Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů, VŠB TUO, Ostrava, 2002  
Mádl, J.; Kafka, J.; Vrabec, M.; Dvořák, R.: Technologie obrábění, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2000  
Vrabec, M. ; Mádl, J.: NC programování v obrábění, Vydavatelství ČVUT v Praze, 2004

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

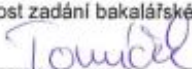
**Ing. Jan Tomiček, Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

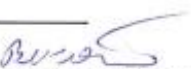
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


Datum zadání bakalářské práce: **02.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19.07.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

  
Ing. Jan Tomiček, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

10.4.2019  
Datum převzetí zadání

Medice  
Podpis studenta

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW, atd.) uvedené v příloženém seznamu. Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon)

V Praze dne

Podpis: .....



## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce ing. Janu Tomíčkoví, Ph.D. za jeho neocenitelné rady a čas, který mi věnoval.

## Anotace

Jméno autora: Jiří Mandínec

Název bakalářské práce: Postprocessing CL dat

Akademický rok vyhotovení: 2018/2019

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Tomíček, Ph.D.

Zadavatel tématu: Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Klíčová slova: Postprocessor, FeatureCAM, Vrtací cykly, Xbuild

Anotace: Tato bakalářská práce se zabývá zavedením vrtacích cyklů do již existujícího postprocesoru, na úrovni běžného uživatele, pro stroj OKUMA Genos L200E-MY a jejich následné ověření na stroji.

## Annotation

author: Jiří Mandínek

Name of the thesis: CL data postprocessing

Academic year: 2018/2019

Supervisor: Ing. Jan Tomíček, Ph.D.

Submitter of the thesis: Department of machining, proces planning and metrology.

Keywords: Postprocesor, FeatureCAM, Drilling cycles, Xbuild

Application: This bachelor thesis deals with addition of drilling cycles to existing postprocessor for OKUMA Genos L200E-MY and their subsequent verification on the machine.

# Obsah

Úvod.....	9
1. Základní pojmy.....	10
1.1. CAM systém.....	10
1.2. Systém FeatureCAM .....	10
1.3. Nové vlastnosti systému FeatureCAM.....	10
1.4. Partprogram .....	10
1.5. CL data .....	11
1.6. CNC postprocessor .....	11
1.7. Pevné cykly.....	13
1.8. Simulace v CAM systémech .....	14
1.9. NC kód .....	15
1.10. Vliv konstrukce zvoleného obráběcího stroje na postprocessing.....	15
1.11. Vliv řídicího systému zvoleného obráběcího stroje na postprocessing .....	16
2. Tvorba a úprava postprocesoru.....	16
2.1. Konstruktor postprocesoru Xbuild .....	16
2.2. Parametry stroje .....	17
2.3. Upřesnění funkcí CNC .....	20
2.4. G funkce .....	20
2.5. M funkce.....	21
3. Praktická část.....	22
3.1. Popis praktické části.....	22
3.2. Navržený CAD model pro ladění .....	22
3.2.1. Otevření postprocesoru v rozhraní Xbuild .....	23
3.2.2. Analýza chyb v postprocesoru OKUMA L200E-MY v2.....	25
3.2.3. Chybějící hodnota osy C .....	26
3.2.4. Chybějící G138 .....	27
3.2.5. Zbytečná M109 .....	27
3.2.6. Chybějící M146.....	28
3.3. Opravení chyb v postprocesoru.....	28
3.3.1. Debuging tool .....	28
3.3.2. Chybějící hodnota pro osu C ve vrtacím cyklu .....	30
3.3.3. Přebývající M109 .....	31
3.3.4. Chybějící M146.....	31
3.3.5. Chybějící G138 .....	32
3.3.6. Připsání poznámek do vrtacího cyklu G181 .....	33
3.4. Navržený CAD model pro testování .....	33
4. Ověření NC kódu.....	34
4.1. Použité G-kódy a M-kódy .....	36
5. Závěr.....	37
6. Použité zkratky .....	38



<b>7. Použité programy .....</b>	<b>39</b>
<b>8. Seznam obrázků .....</b>	<b>40</b>
<b>9. Seznam tabulek.....</b>	<b>42</b>
<b>10. Seznam elektronických příloh .....</b>	<b>43</b>
<b>11. Použitá literatura:.....</b>	<b>44</b>



## Úvod

V dnešní době se již neseťkáte s absencí CAD/CAM softwaru ve výrobě. Na to, aby tyto programy mohly být použity ve výrobě, je zapotřebí využití postprocesorů, které vygenerují NC kód pro daný stroj.

Tato bakalářská práce se zabývá zavedením vrtacích cyklů do již existujícího postprocesoru OKUMA Genos L200E-MY v2. Dále nalezením a opravením všech chyb, které již existovaly, anebo byly vytvořeny při ladění postprocesoru. Úpravy postprocesoru probíhaly v rozhraní systému Xbuild a FeatureCAM. Pro ujištění správnosti byly vygenerované NC kódy průběžně kontrolovány simulátorem na stroji.

Dále jsou v práci popsány základní pojmy, které se vztahují k dané problematice a které jsou důležité pro pochopení provedených úprav a případnou další úpravu postprocesorů.

## 1. Základní pojmy

### 1.1. CAM systém

CAM (Computer Aided Manufacturing) = počítačem podporovaná výroba.

*„CAM označuje systém, který připravuje data a programy pro řízení numericky řízených strojů pro automatickou výrobu součástí“.* Do tohoto systému se nahrávají geometrické informace vygenerované pomocí systému CAD. [1]

### 1.2. Systém FeatureCAM

Autodesk® FeatureCAM® je CAD CAM software pro 2D – 5D frézování, soustružení i soustružení s frézováním a drátové řezání. FeatureCAM je CAM systém, který je, pomocí „featur“, tedy technologických prvků, schopen výrazně zrychlit rychlost programování a tím snížit dobu přípravy NC programu. Featury, nebo také automatické rozpoznávání prvků z 3D modelu, umožňuje definovat celé prvky z 3D CAD modelu. [8]

V poslední době se specializuje hlavně na programování soustružnicko-frézovacích center, včetně simulace a hlídání kolizních stavů všech programovatelných příslušenství, jako jsou koníky, lunety apod. [8]

### 1.3. Nové vlastnosti systému FeatureCAM

a) Řízené rozpoznání prvků:

Nový způsob rozpoznání technologických prvků z 3D modelu zahrnuje nalezení děr, výstupků, kapes a otevřených profilů. Programování je tak ještě rychlejší, než dříve. [8]

b) Editace úhlu na vrtání:

Lze nastavit libovolný úhel navrtáváku pro přesné navrtání díry s vytvořením sražení, včetně korektního výpočtu hloubky dle úhlu a simulace výsledného tvaru. [8]

### 1.4. Partprogram

„Kromě partprogramů jsou v zálohované paměti uloženy také tabulky korekcí, posunutí počátků a parametrů. Partprogramy (a jejich logické součásti, tj. podprogramy, makrocykly, pevné cykly) jsou v paměti uloženy ve formě, kterou může systém během řízení v reálném čase snadno zpracovávat a převádět na okamžité instrukce pro řízený stroj.“ [5]

Tvorba partprogramu probíhá zpracováním geometrických a technologických údajů a parametrů stroje.

„Kódovaný zápis geometrie a technologie součástky tvořící partprogram je tvořen sledem přípustných znaků (tzv. adres.) Tento sled znaků musí jednoznačně popisovat obráběcí postup na konkrétním stroji, musí být jednoznačně identifikovatelný jako celek a ve formě výpisu na tiskárně, nebo obrazovce displeje musí být snadno srozumitelný a přehledný.“ [5]

Při tvorbě partprogramu je zapotřebí vycházet z těchto parametrů:

- Geometrie stroje
- Rozměry polotovaru
- Geometrie nástroje
- Rozměry výsledného obrobku
- Řezné podmínky
- Ostatní důležité podmínky

## 1.5. CL data

Vygenerovaný soubor s CL daty má v sobě zapsány informace, které jsou nutné k vytvoření NC programu. CL data jsou generována pomocí CAM systémů, kde se určí tolerance pro dráhu nástroje a zvolené obráběcí strategie. Tyto parametry jsou nutné ke správnému vygenerování CL dat. CL data neobsahují jen tolerance dráhy nástroje, ale i veškeré informace, vztahujících se k použitým nástrojům (rozměry a typ nástroje), posuvové hodnoty, hodnoty otáček včetně a smysl rotace, požadované chlazení, typ interpolace atd. Souřadnice referenčního bodu nástroje jsou generovány v CL datech vzhledem k nastavenému souřadnému systému obrobku v CAM. [2]

## 1.6. CNC postprocessor

V počátcích byl postprocessor považován za dorozumivací nástroj mezi systémy CAM (computer-aided manufacturing) a NC stroji (numerically controlled machines). V té době byl postprocessor používán jako prostý překladač, který četl výrobní pokyny zadané systémem CAM a následně je přepsal do vhodné formy pro cílený NC stroj, a to vytvořením takzvaného NC kódu. [3]

Dnes již postprocessor pracuje následovně. Nejdříve si musí CAM software přebrat geometrii z CAD modelu, kterou následně analyzuje a rozhodne, jaké nástrojové

dráhy se použijí. Ty se ukládají do neutrálních jazykových souborů. Jedná se buď o binární formát s názvem CL data, nebo o formát s názvem ASCII, který je sestaven pomocí strojního jazyku APT (Automatically Programmed Tools). Tyto soubory, jak už je výše zmíněno, obsahují všechny informace, potřebné k přesunutí řezných nástrojů po přesně naprogramovaných drahách, ale bohužel pro výrobní CNC stroj zatím nejsou tato CL data čitelná. [3]

CNC postprocessor je v klíčovou součástí propojující CAD/CAM, stroj a řídicí systém. Postprocessor může být i samostatně fungující program, který po vytvoření CL dat softwarem CAM tato data přeloží do požadovaného formátu NC kódu, který může být čten řídicím zařízením stroje.

Postprocessor je primárně zodpovědný za „překlad“ do cíleného NC kódu. Dobře naprogramovaný postprocessor kromě „překlada“ zvládne daleko více funkcí.

„Přihlíží k pracovním možnostem stroje, určuje rozmístění zásobníku nebo revolverových hlav. Dráhy nástrojů se transformují do souřadného systému stroje. Dále jsou určovány konečné otáčky vřetene a rychlosti posuvu a je prováděn výstup řídicího programu na některém nositeli informací v kódu a formátu bloku, ve kterém pracuje řídicí systém.“ [1]

„Mezi další funkce patří například vyhledání určitých řádků v CL datech a jejich následné nahrazení pevným cyklem. Pomocí cyklů se dá nahradit i několik výrobních operací jedním cyklem a tím výrazně zvýšit efektivitu výroby a zkrátit délku programu. Příkladem cyklu může být cyklus zarovnání čela, či cyklus soustružení zápichů.“ [1]

Postprocessing řeší i situace, když jsou stroj a řídicí systém od jiného výrobce. A to tím, že vytvořený postprocessor nastaví parametry stroje tak, aby odpovídaly danému řídicímu systému. Tento problém se zdá být zanedbatelný, ale stovky těchto parametrů často ovlivní formát požadovaného NC kódu. V dnešní době je běžné, že dva stejné stroje od stejného výrobce, mají velké rozdíly ve formátech NC kódu a za tyto rozdíly je právě zodpovědný postprocessor.

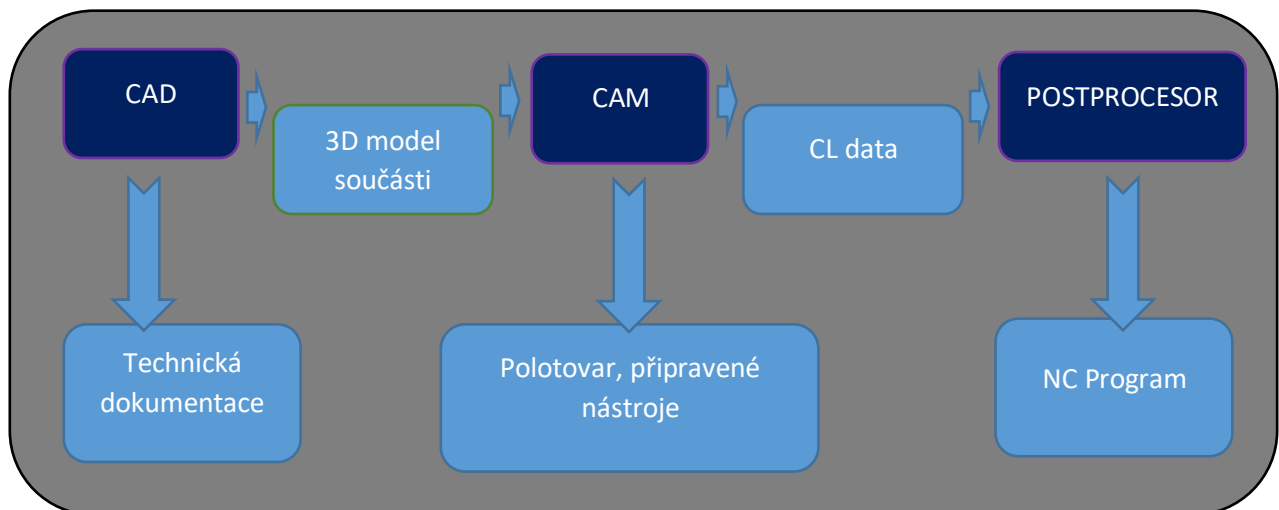
Mezi hlavní funkce postprocesoru patří samozřejmě vygenerování NC kódu z předem připravených dat z CAM systému, který bude čitelný na řídicím systému stroje a bude mít v sobě zapsány informace o parametrech stroje. Jedná se o velké množství operací například:

- Přečtení CL dat
- Přepočtení souřadnic a jejich případná transformace (pouze u víceosých systémů)
- Vygenerování NC kódu pro zvolený řídicí systém
- Generování pomocných funkcí a posuvů s otáčkami.

S pokrokem technologií se musí postprocesory neustále vylepšovat. Zároveň s vylepšováním se zvyšuje nárok na složitost postprocesorů. Příkladem je vytvoření postprocesorů na multifunkční obráběcí stroje, kde jsou obrovské požadavky na to, aby CAM co nejvíce zjednodušil programování. Naštěstí tvorba postprocesoru je v dnešní době téměř neomezená, tudíž lze docílit zefektivnění celého obráběcího procesu. Mezi další funkce postprocesoru patří zavedení pokročilých funkcí, které umožňuje stroj, ale řídicí systém s CAM systémem nikoli. Tyto pokročilé funkce dokáží zlepšit optimalizaci obráběcího procesu. Mohou to být:

- Informace o nástrojích.
- Vypsání strojních časů.
- Generování cyklů (vrtání, vyvrtávání, atd.)
- Optimalizace drah, otáček a posuvů.

**Obrázek 1 - Schéma pro lepší pochopení role postprocesoru**



## 1.7. Pevné cykly

Pevné cykly umožňují činnost, kterou by bylo nutné napsat několika bloky NC kódu, zapsat jedním cyklem. Tyto funkce umožňují výrazně snížit pracnost programování často se opakujících tvarů a tím i celkovou délku výsledného NC kódu.

Každý pevný cyklus je tvořen určitou sekvencí pohybů, záleží na tom, o jaký cyklus se jedná. Tyto úseky by bez použití cyklu bylo nutné manuálně programovat. [7]

Po dokončení operace cyklu se vždy nástroj vrací do výchozího bodu. Tudíž je možné zadávat cykly jak v absolutních hodnotách, tak v hodnotách přírůstkových.

Každý řídicí systém má jiné značení, význam, ba dokonce i průběh. Pevné cykly se dají dělit podle technologií a to například:

- Pro frézování.
- Pro soustružení.
- Pro vrtání.

## 1.8. Simulace v CAM systémech

Používání simulací je jednou z největších předností moderních CAM systémů. Většina systémů CAM má v sobě zabudovaný simulátor, který dokáže s vysokou přesností ukázat, jak přesně bude nástroj obrábět zadaný obrobek po vygenerovaných nástrojových drahách. Tyto simulace se například v systému FeatureCAM dají simulovat ve formě nástrojových rovin, či dokonce i v přesném 3D vykreslení obrábění, za použití vložených vymodelovaných nástrojů. [3]

Tyto simulace jsou velmi užitečné, ale mohou mít i jednu kritickou slabinu. Tou slabinou je, že v 99 % případech jsou simulace generovány z CL dat, které vytváří CAM software, a ne z NC kódu, který bude použit při výrobě na CNC stroji. To znamená, že pokud bude chyba v postprocesoru, nebo bude postprocesor vytvořen pro jiný typ stroje, než pro který byl vyladěn, bude simulace v CAM softwaru probíhat zcela bezproblémově. Problém ale nastane, když se program spustí na cíleném stroji. Tuto slabinu lze odstranit tím, že výsledný NC kód necháme zkontrolovat pomocí simulátoru od výrobce stroje. Ten už simulace tvoří přímo z výsledného NC kódu, který bude použit při výrobě. Ve většině případů jsou simulátory již součástí strojů.

Příkladem daného simulátoru může být systém Mikronex, či simulátor OKUMA OSP. Tyto systémy umožňují simulaci výrobního procesu na řídicím systému NC stroje, a dokonce i úpravy NC kódu. Pomocí těchto systémů se dají odhalit chyby, které nejsou na první pohled zřetelné v simulacích a které byly provedeny v systému CAM. Mezi tyto chyby patří například:

- Špatné umístění nulového bodu.

- Špatná definice polotovaru.
- Chybějící funkce.
- Nevygenerovaný, nebo chybějící pohyb nástroje.

## 1.9. NC kód

NC kód je soubor číselných informací odděleně popisující činnost stroje. Program se skládá z bloků (vět), zapsaných v jednom řádku. Tyto řádky dělíme na slova. Zde jsou zapsány geometrické a technologické informace. Tím je myšleno například nastavení otáček, či výsledné pohyby (pohyby v X, Y, Z; rotační pohyby A, B, C) a další pomocné funkce, které nejsou pohybové. Dále bloky dělíme na slova a ta mohou být rozměrová či bezrozměrová. [6]

- G00 Rychloposuv (využívaný na polohování).
- G01 Lineární interpolace.
- G02/G03 Kruhová interpolace.
- G41/G42 Kompenzace poloměru nástroje.
- G81 Jednoduchý vrtací cyklus.
- G90 Absolutní programování.
- G91 Inkrementální programování.

Seznam výše uvedených příkazů by mohl pokračovat dále, dokonce i jednoduchý stroj CNC zná velké množství příkazů. Samozřejmě tyto příkazy pokračují zadáním potřebných hodnot. Mimo G kódy existují také M kódy, ty se však nevyužívají k pohybu, ale jsou to spíše podpůrné příkazy a nastavení. [6]

- M0 Zastavení programu.
- M1 Podmíněné zastavení programu.
- M2 Spuštění otáček vřetene.
- M5 Vypnutí otáček.
- M99 Konec podprogramu.

## 1.10. Vliv konstrukce zvoleného obráběcího stroje na postprocesing

Konstrukce stroje má velký vliv na volbu, či tvorbu postprocesoru. Tím je myšleno, že když je nutné použití více než tří os pro obrábění, je požadováno, aby postprocesor přepočítal souřadnice referenčního bodu nástroje v každém bloku CL dat. To samozřejmě probíhá v závislosti na konstrukci stroje. [2]

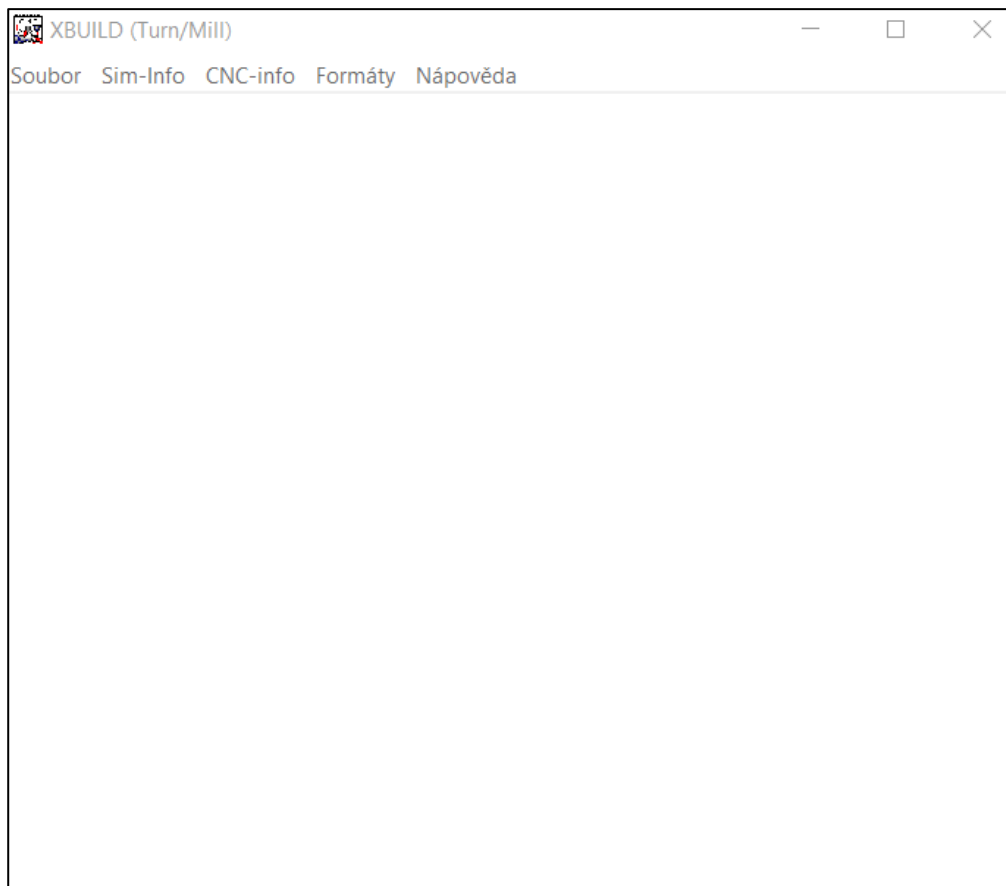
## 1.11. Vliv řídicího systému zvoleného obráběcího stroje na postprocessing

NC kód jako takový se vždy generuje na cílený řídicí systém. To znamená že, mezi systémy různých výrobců je mnoho odchylek, většinou se jedná o nové funkce. Aby těchto nových funkcí bylo využito, musí je postprocessor rozeznat v CL datech a správně použít. Další funkce postprocesoru záleží na firmě, která bude zařízení využívat. [2]

## 2. Tvorba a úprava postprocesoru

### 2.1. Konstruktor postprocesoru Xbuild

Při tvorbě/úpravě postprocesoru se v dnešní době používají programy, které jsou součástí CAM systémů u většiny dodavatelů. Tyto programy výrazně zjednoduší konstrukci vlastního postprocesoru. Pro systém FeatureCAM je to program Xbuild, který se používá na upravování a tvorbu postprocesorů.



*Obrázek 2 - Dialogové okno XBUILD*

Pomocí programu Xbuild je možné vytvořit postprocessor, který bude přesně optimalizovaný na daný řídicí systém, či stroj. V našem případě se jedná o stroj



OKUMA GENOS L200M s řídicím systémem OKUMA OSP300L. Postprocesor bude vytvořen způsobem, který vygeneruje CNC kódy, které budou odpovídat normám DIN/ISO pro výše zmíněný stroj a řídicí systém. To samozřejmě znamená, že se musí upřesnit vlastnosti pro daný řídicí systém a stroj.

V systému Xbuild je možné vytvoření a upravení postprocesoru, a to i pro mírně pokročilé uživatele. Dále je možné využití šablon, které výrazně ulehčí tvorbu, či úpravu postprocesoru, který je navrhován. V systému Xbuild je uživatel povinen zadat potřebné informace např. údaje o CNC stroji, řízených osách, rychloposuvech atd. Dále pokračuje k zadání formátů, kde se nachází definice:

- Programových formátů (počátek programu/konec programu, výměna nástroje).
- Pohybových formátů (lineární, kruhový, posuv vřetena).
- Makro formáty.
- Cykly (vrtání, hluboké vrtání, závit, vyvrtávání).
- Part handling formáty (podavač, podpora).
- Vlastní formáty (možnost napsání vlastních formátů).

## 2.2. Parametry stroje

Prvním krokem při vytváření postprocesoru je správné zadání parametrů CNC stroje. Od základního zadání výrobce stroje, až po maximální možné otáčky vřetena.

<b><i>Pracovní prostor</i></b>	
Velikost sklíčidla	8"
Max. oběžný průměr	450 mm
Obráběný Ø - max.	200 mm
Max. obráběná délka	380 mm
<b><i>Vřeteno</i></b>	
Otáčky	107-4500 ot/min
Zakončení vřetene	JIS A2-6
Vrtání vřetene Ø	66 mm
Výkon	11,0/7,5 kW



<b><i>NC koník</i></b>	
Upnutí hrotu	4 MK
Pojezd	80 mm
<b><i>Revolverová hlava</i></b>	
Počet nástrojových míst	12
Upnutí: vnější obrábění	20 x 20 mm
Upnutí: vnitřní obrábění-Ø	32 mm
Indexace: 1 poloha / 6 poloh	0,1 s
Otáčky hnaného nástroje	50-6000 ot/min
Výkon	4,0/1,8 kW
<b><i>Rychloposuvy</i></b>	
Osa X	20 m/min
Osa Y	10 m/min
Osa Z	25 m/min
Osa W	- m/min
Osa C	200 m/min
<b><i>Pojezdy</i></b>	
Osa X	165 mm
Osa Y	80 mm
Osa Z	400 mm
<b><i>Ostatní</i></b>	
Motor čerpadla	250 W
<b><i>Strojní data</i></b>	
Šířka	2118 mm
Hloubka	1748 mm

Výška	2040 mm
Zastavěná plocha	3,70 m*m
Hmotnost stroje	4600 kg

Parametry již výše zmíněného obráběcího stroje, OKUMA GENOS L200M s řídicím systémem OKUMA OSP300L, které vychází z technické dokumentace dostupné v katalogu výrobce.

Dále vyplníme, o jaký typ stroje se jedná. Xbuild má totiž možnost vytváření postprocesoru jak na soustružení, tak na frézování, tudíž je nutné zvolit přesně o jaký druh obrábění se jedná.

Protože se jedná o 4 - osý CNC soustruh s poháněnými nástroji, zvolíme možnost TURN/MILL a vyplníme potřebné informace

#### Informace o stroji

Typ stroje	<input type="text" value="Turn/MILL"/>	
Výrobce stroje	<input type="text" value="Okuma"/>	(např. "Doosan")
Model stroje	<input type="text" value="OKUMA L200E-MY"/>	(např. "Puma MX 2500, 3000, 4000")
Výrobce řídicího systému	<input type="text" value="Okuma"/>	(např. "Fanuc")
Model řídicího systému	<input type="text" value="OSP"/>	(např. "18i-TB")
Více-kanálový editor ID	<input type="text"/>	
Hodnocení postu	<input type="radio"/> * <input checked="" type="radio"/> ** <input type="radio"/> ***	

Obrázek 3 - Informace o stroji

Další důležitou hodnotou je výběr jednotek rozměru. V tomto případě se jedná o volbu mezi palci, či metrickým systémem (milimetry). Když bude part program napsán v palcích, a je na něj použit postprocesor s nastavenými milimetry, výsledkem bude, že si program převede palce na milimetry pomocí konstant, které má k dispozici.

Mezi další a neméně důležitou hodnotu, kterou je potřeba zadat, je nastavení maximálních posuvů a otáček, ta se dá lehce upravit. Tyto hodnoty musí odpovídat maximálním možným otáčkám stroje.

## Posuvy a otáčky

Max. otáčky	<input type="text" value="4500.0"/>		
Palcový max posuv	<input type="text" value="200.0"/>	Min.	<input type="text" value="0.0001"/>
Metrický max posuv	<input type="text" value="5000.0"/>	Min.	<input type="text" value="0.002"/>
Max. stupňů/minut	<input type="text" value="3600.0"/>	Min.	<input type="text" value="0.0"/>

Obrázek 4 - Volba otáček a posuvů

### 2.3. Upřesnění funkcí CNC

Zde je možné nastavit požadované funkce CNC kódu, které vycházejí z technického manuálu stroje. Patří sem základní pohyby, jako je například rychloposuv a pracovní posuv. Všechny tyto kódy musí být specifikovány, aby je řídicí systém byl schopen přečíst. Výborným příkladem je rychloposuv, který se většinou značí G00, ale řídicí systém ho může mít zakódovaný jako G0 přepsáním lze tuto chybu odstranit.

Od základních pohybů se můžeme posunout i ke korekcím a k podpůrným M kódům, dokonce i k nastavení G kódu pro cykly, které se volí jak pro soustružení, tak pro frézování. Je nutné, aby se všechny tyto funkce odladily pro konkrétní stroj.

### 2.4. G funkce

G funkce, nebo také G kódy se nazývají přípravné funkce. G kódy se skládají z numerických hodnot a adres G. Tímto zápisem definují, o jaký typ pohybu se jedná a o jakou metodu obrábění se jedná. Nejčastěji používané funkce:

- G00 – Rychloposuv.
- Formát: G00 X(U)\_\_\_Z(W)\_\_\_.
- X, Z - Souřadnice koncového bodu (absolutní hodnoty).
- U, W - Souřadnice koncového bodu (přírůstkové hodnoty).

Rychloposuvem jsou prováděny všechny posuvy stroje, které nemají za úkol cokoli obrobit, tím je myšleno, že se jedná především o přesuny nástroje k obrobku, či do cílených souřadnic. X, Y jsou souřadnice, které značí cílový bod najetí. Tyto

souřadnice jsou v absolutních hodnotách, oproti tomu souřadnice U, W specifikují cílový bod v přírůstkových hodnotách.

- G01 Lineární interpolace (lineární pracovní posuv).
- Formát: G01 X(U)\_\_\_Z(W)\_\_\_F\_\_\_,
- X, Z - Souřadnice koncového bodu (absolutní hodnoty).
- U, W - Souřadnice koncového bodu (přírůstkové hodnoty).
- F – Rychlost posuvu.

Lineární interpolace je pohyb, který má za úkol dojet do cílených souřadnic pracovním posuvem, a to po nejkratší dráze, tudíž obrobit obrobek. Stejně jako u lineární interpolace jsou X, Y souřadnice, které značí cílový bod najetí, v absolutních hodnotách. Oproti tomu souřadnice U, W specifikují cílový bod v přírůstkových hodnotách. Na rozdíl od rychloposuvu se tu ale objevuje hodnota F, která specifikuje rychlost posuvu. Ta se udává buď jako vzdálenost ujetá nástrojem na otáčku vřetene, nebo nástrojem za minutu

- G02/G03 Kruhové interpolace.
- Formát: G01 X(U)\_\_\_Z(W)\_\_\_I\_\_\_K\_\_\_.
- X, Z - Souřadnice koncového bodu (absolutní hodnoty).
- U, W - Souřadnice koncového bodu (přírůstkové hodnoty).
- I, K - Souřadnice středu kruhu.

Funkce kruhových interpolací provedou pohyb nástroje po kružnici, a to buď po směru hodin G02, nebo proti směru G03. Pomocí této funkce se dají vytvořit oblouky. Už tradičně X, Y souřadnice značí cílový bod najetí. Tyto souřadnice jsou v absolutních hodnotách, oproti tomu souřadnice U, W specifikují cílový bod v přírůstkových hodnotách. Nově se tu objevují I, K. Toto značení definuje souřadnice středu pomyslného kruhu, po kterém se nástroj bude pohybovat.

## **2.5. M funkce**

M funkce, nebo také M kódy se nazývají pomocnými funkcemi. Definují řízení běhu programu, spouštění vřetena, zapínání přívodu chladící kapaliny a další činnosti, které nesouvisejí se samotným pohybem nástroje. Mohou být například:

- M00 - Zastavení programu.
- M01 - Volitelné zastavení.
- M02 - Konec programu.
- M03 - Spuštění vřetena.
- M05 - Vypnutí vřetena.
- M17 - Konec podprogramu.

### **3. Praktická část**

#### **3.1. Popis praktické části**

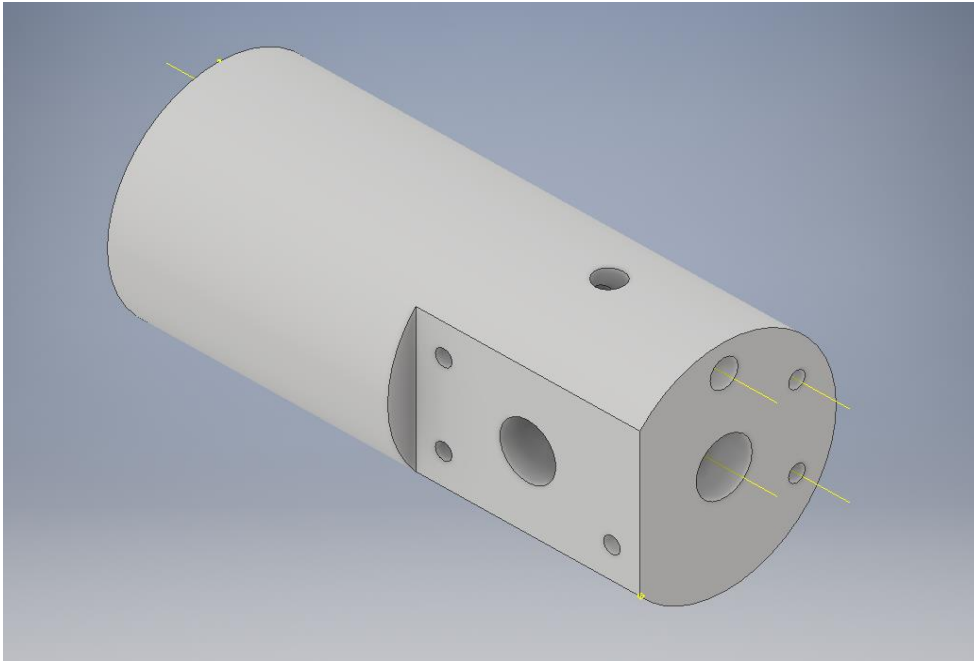
V praktické části bakalářské práce se zaměřuji na zprovoznění vrtacích cyklů na postprocesoru OKUMA L200E-MY v2, které nebyly funkční. Případně vyřešení dalších problémů, které vzniknou při úpravě postprocesoru.

V první části je navržen ladící model, na kterém se bude postupně upravovat postprocesor do té doby, než vygenerovaný NC kód bude bezchybně otestován na simulátoru OKUMA OSP.

Ve druhé části je navržen testovací model, který navrhl jiný student. Tento model poslouží jako zaručení funkčnosti postprocesoru. Následně, stejně jako u první části, bude vygenerován NC kód s pomocí upraveného postprocesoru. Pokud projde simulátorem OKUMA OSP bez chybového hlášení, tak je funkční a praktická část je úspěšně ukončena.

#### **3.2. Navržený CAD model pro ladění**

Abych mohl důkladně navrhnout a dále ověřit funkčnost vrtacích cyklů, je důležitý ladící model, který bude disponovat prvky pro vrtání. Pro tento účel byl vytvořen model, na kterém byly vymodelovány díry o různých průměrech. Aby se využil plný potenciál stroje, jsou tyto díry umístěny jak na čele modelu, tak na jeho stranách v nepravidelných odstupech a úhlech. Je nutné zmínit, že na modelu se nacházejí díry hluboké až 40 mm. To už se jedná o vrtání hlubokých děr, tudíž byla hloubka všech děr nastavena na 5 mm, abychom se vyhnuli tomuto problému.

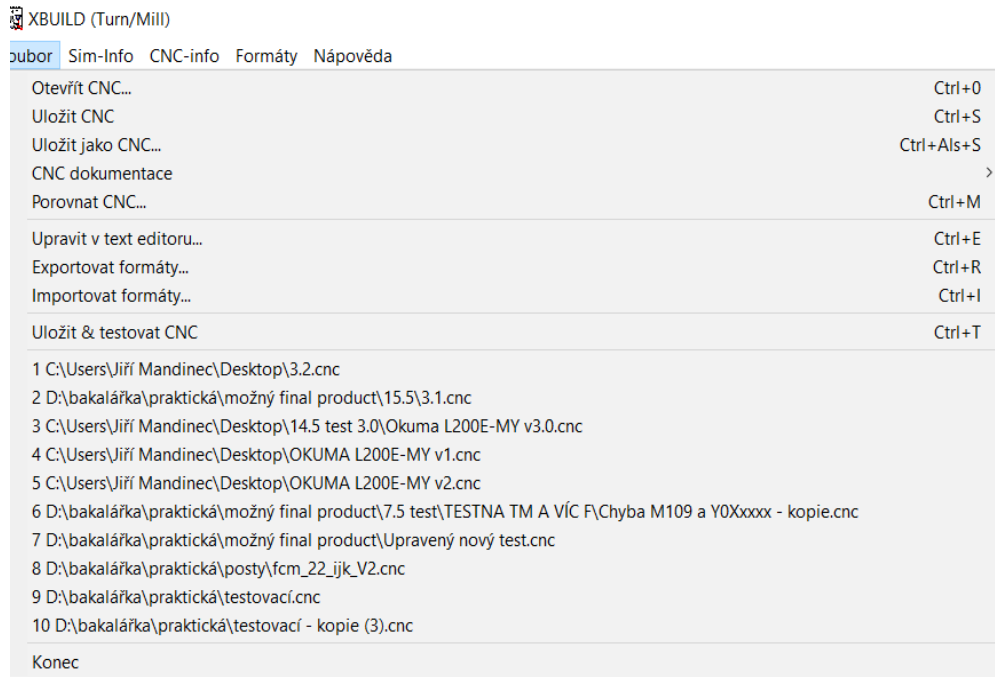


*Obrázek 5 - Ladící model*

Model byl nahrán do programu FeatureCAM a byly na něm vytvořeny a patřičně odladěny požadované obráběcí strategie. Tím je myšleno také správné určení řezných rychlostí a správná volba nástroje. Pomocí programu FeatureCAM a postprocesoru OKUMA L200E-MY v2 se tak vytvořil požadovaný NC kód. Pokud upravovaný postprocesor bude generovat vrtací cyklus, který nebude použitelný pro řídicí systém stroje, tak je nutné opravit vrtací cyklus tak, aby se tato chyba neopakovala.

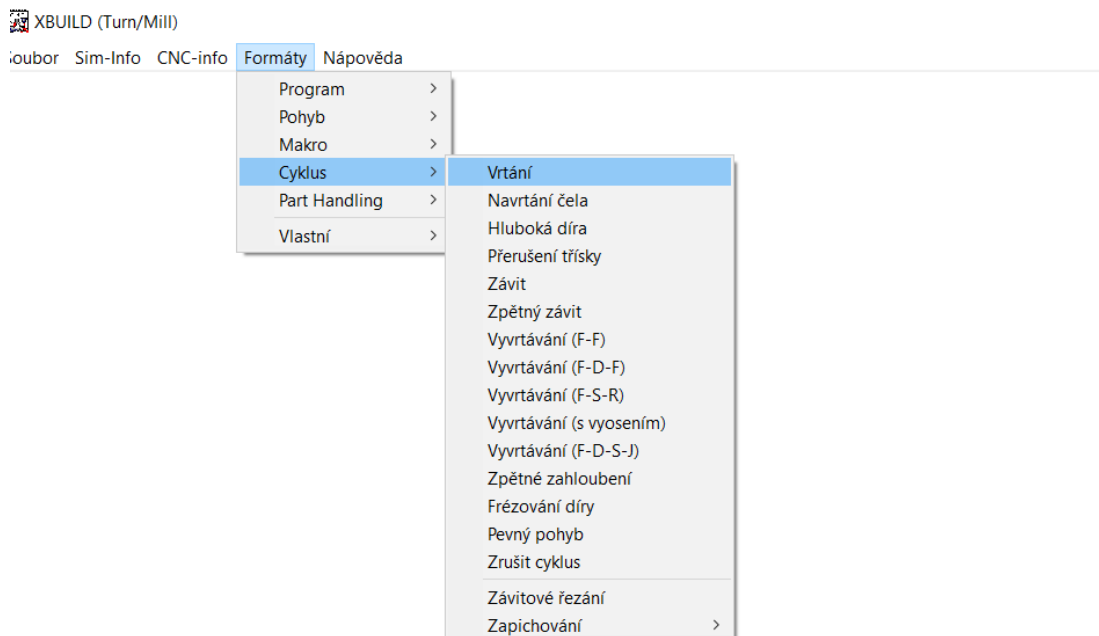
### **3.2.1. Otevření postprocesoru v rozhraní Xbuild**

Aby se mohl zobrazit a upravit postprocesor, tak musí být spuštěn v programu Xbuild, který je součástí programu FeatureCAM. Xbuild se dá spustit buď přes program FeatureCAM, nebo jako samostatný program. Po spuštění programu vybereme záložku „Soubor“ a následuje záložka „Otevřít CNC...“. Tímto způsobem vybereme upravovaný postprocesor OKUMA L200E-MY v2.



*Obrázek 6 -Postprocesor L200E-my v2 1*

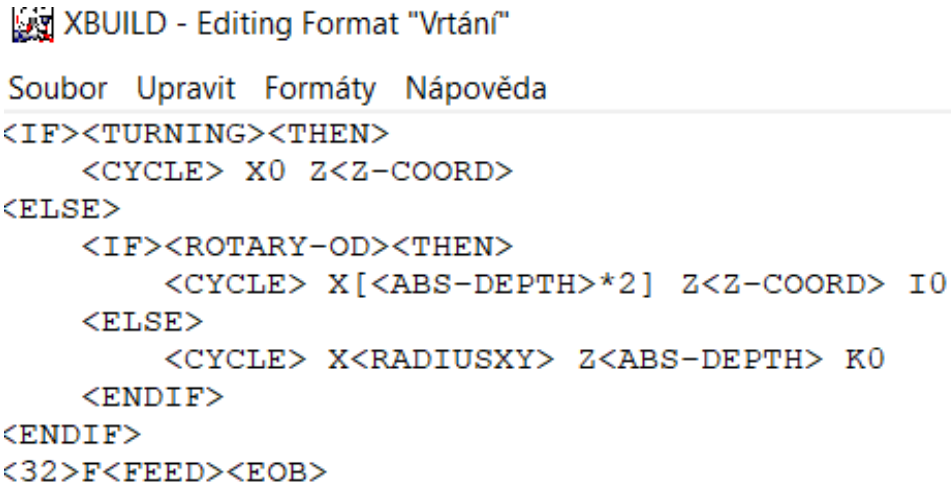
Dále pokračuji do a záložky „Formáty“ a následně do další záložky „Cyklus“ a vybereme cyklus „Vrtání“.



*Obrázek 7 - Postprocesor L200E-my v2 2*

Na obrazovce se objeví formát zápisu pro zvolený vrtací cyklus, který se dá libovolně upravit, a to přes seznam slov, které má FeatureCAM k dispozici.





```

XBUILD - Editing Format "Vrtání"
Soubor Upravit Formáty Nápověda
<IF><TURNING><THEN>
  <CYCLE> X0 Z<Z-COORD>
<ELSE>
  <IF><ROTARY-OD><THEN>
    <CYCLE> X[<ABS-DEPTH>*2] Z<Z-COORD> I0
  <ELSE>
    <CYCLE> X<RADIUSXY> Z<ABS-DEPTH> K0
  <ENDIF>
<ENDIF>
<32>F<FEED><EOB>

```

Obrázek 8 - Vrtací cyklus (původní)

Tento vrtací cyklus má zapsanou funkci soustružnické vrtání jako „<IF><TURNING><THEN>“. Což znamená, že obrobek rotuje a nástroj stojí. Podobně má zapsanou funkci i pro poháněné nástroje (obrobek stojí a nástroj rotuje) „<IF><ROTARY-OD><THEN>“.

Dále se objevují funkce typu:

- <CYCLE> - Vrtací cyklus 181.
- Z<Z-COORD> - Vypsání hodnoty Z.
- X [<ABS-DEPTH>\*2] - Vypsání hodnoty X jako hloubky vynásobené 2x.
- X<RADIUSXY> - Vypsání hodnoty X od středu díry.
- Z<ABS-DEPTH> - Vypsání hodnoty Z jako hloubky.
- KO/I0 - Axiální vrtání/radiální vrtání.
- X0 - Vypsání X jako 0.
- F<FEED> - Vypsání největší možné hodnoty F.

### 3.2.2. Analýza chyb v postprocesoru OKUMA L200E-MY v2

Na nahraném ladícím modelu jsem vytvořil obráběcí strategie v programu FeatureCAM a vygeneroval jsem NC kód.

Seznam operací

Automatické pořadí  
 Ruční pořadí

O	Operace	Feature	Nástroj	Posuv	Otáčky	Hloubka
↔	↑	dira4	* Válcová 12-rotační Z	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	10.000 mm
	↑	dira5	* Válcová 12-rotační Z	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	5.000 mm
	↑	dira13	* Válcová 12-rotační Z	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	5.000 mm
	↑	dira2	* Válcová 12-rotační Z	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	5.000 mm
	↑	dira1	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	12.000 mm
	↑	dira10	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	12.000 mm
	↑	dira8	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	12.000 mm
	↑	dira9	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	12.000 mm
	↑	dira14	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	7.000 mm
	↑	dira12	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	7.000 mm
	↑	dira11	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	7.000 mm
	↑	dira3	* Válcová 12-rotační X	* 7.5 mm/min	* 725 ot.	10.000 mm

Výsledky

Obrázek 9 - Obráběcí strategie

Z výsledné simulace NC kódu na stroji OKUMA vyšlo hned několik chyb. Tyto chyby byly různé a některé nebyly ani přímo součástí vrtacích cyklů. Nicméně bránily ve funkčnosti NC kódu a musely být tedy opraveny.

### 3.2.3. Chybějící hodnota osy C

Z tohoto pokusu vyšlo, že stroj není schopen přecíst cyklus vrtání G181 a hlásí chybu s chybějící souřadnicí C. Tato chyba se objevila jak u radiálního vrtání, tak u axiálního. Tato chyba znamená, že není vypsána hodnota natočení vřetene – souřadnice C a je potřeba ji dopsat do postprocesoru.

```

<IF><TURNING><THEN>
  <CYCLE> X0 Z<Z-COORD>
<ELSE>
  <IF><ROTARY-OD><THEN>
    <CYCLE> X[<ABS-DEPTH>*2] Z<Z-COORD> I0
  <ELSE>
    <CYCLE> X<RADIUSXY> Z<ABS-DEPTH> K0
  <ENDIF>
<ENDIF>

```

Obrázek 10 - Vrtací cyklus bez osy C

```
M110  
SB=725 M13  
G0 C0.  
M147  
Z115.0  
X0. M8  
Z98.0  
G181 X0. Z85.0 K0 F8.  
G180  
Z115.0
```

*Obrázek 11 - Vygenerovaný NC kód bez osy C*

### 3.2.4. Chybějící G138

Další nalezenou chybou bylo nevypsání funkce G138 (uvolnění osy Y) před posuvem v ose Y. Tato chyba se objevila při posuvu do bezpečné vzdálenosti po vykonání cyklu.

```
M146  
G0 C0.  
M147  
Y0. Z115.0  
X15.0 M8  
G17  
Z95.0
```

*Obrázek 12 - Chybějící G138*

Protože byla zamčena osa Y, tak stroj nebyl schopen provést pohyb v ose Y, který byl vypsán. Tudíž způsoboval nefunkčnost NC kódu v simulátoru. Tento problém nebyl součástí vrtacích cyklů a bylo nutné využít debugging toolu.

### 3.2.5. Zbytečná M109

Další chybou bylo vypsání funkce M109, která odpojuje osu C, a to před pohybem, který osu C využívá. Tento problém se objevuje zřídka, nicméně způsoboval nefunkčnost

NC kódu. Pro vyřešení tohoto problému bylo nutné využití Debuging toolu, který je součástí programu FeatureCAM.

```
X45.0  
M109  
M9  
M12  
G0 X999.  
Z125.0  
M30  
%
```

Obrázek 13 - Zbytečná M109

### 3.2.6. Chybějící M146

Tato chyba se objevuje u vrtacích cyklů. Vrtací cykly používají souřadnice v ose C pro natočení a správné umístění děr na obrobku, proto musí mít tuto osu odemčenou. Absence funkce M146 způsobila, že nebylo možné provést pohyb v rotační ose C, a tudíž nebylo možné provést vrtací cyklus. Tento problém se objevil u všech vrtacích cyklů a bylo nutné ho vyřešit, aby byl zaručen bezchybný chod postprocesoru.

```
Y0. Z115.0  
X15.0 M8  
G17  
Z95.0  
G181 X15.0 Z87.0 C0. K0 F8.  
G180
```

Obrázek 14 - Chybějící M146

## 3.3. Opravení chyb v postprocesoru

### 3.3.1. Debuging tool

Debuging tool, je nástroj v systému FeatureCAM, který umožňuje vypsání názvů formátů a jiných informací k řádkům NC kódu, které jimi byly vygenerovány.

Na vypsaném NC kódu jde snadněji poznat, jaký formát v postprocesoru je odpovědný za daný řádek. Např. formát `z_rapid` je odpovědný za vygenerování řádku s hodnotou `Z98.0`.

Tímto způsobem je možné jednoduše lokalizovat a následně opravit chyby, které se nachází ve formátech upravovaného postprocesoru.

```

CLEAR
DRAW

                                OpComment .....
N1 ( Z-AXIS ROTARY TOOL --- Válcová 12-rotační Z )
(   DRILL DIRA4   )
G17 G40 G94

                                TurretHome .....

G0 X999.
Z125.0
T111111
M15
M110

                                StartSpindle .....

SB=725 M13

                                Milling .....
                                UnclampRotateClamp .....

G0

                                FixRot1Dir .....

C0.
M147
Z115.0
X0. M8

                                z_rapid .....

Z98.0

                                drill_canned_cycle .....

G181 X0. Z85.0 K0 F8.

                                cancel_cycle .....

G180

                                z_rapid .....

Z115.0

                                segment_start (DIRA5:DRILL:) .....

                                OpComment .....
N2 ( Z-AXIS ROTARY TOOL --- Válcová 12-rotační Z )
(   DRILL DIRA5   )

                                UnclampRotateClamp .....

M146
G0

```

#### *Obrázek 15 - Debuging tool*

Debuging tool se nachází v systému FeatureCAM v záložce „Nastavení“ a dále v záložce „Postprocesor“. Uživatel zde může zaškrtnout potřebné informace, které chce vypsat do NC kódu. Mezi dostupné možnosti patří:

- Formáty rychloposuvu.
- Uživatelské formáty.

- Vrtací cykly.
- Formáty soustružení.
- Lineární a kruhové formáty.
- Čísla operací.
- Informace o stavu vřetene.
- Formáty záhlaví.
- Všechno ostatní.

Pro snadnější orientaci v NC kódu a pro lokalizaci chyb byl při řešení všech problémů využit debugging tool systému FeatureCAM.

### 3.3.2. Chybějící hodnota pro osu C ve vrtacím cyklu

Tuto chybu bylo možné okamžitě opravit po podrobné analýze postprocesoru a to připsáním „C<ROT1-ANSI>“ do vrtacího cyklu G181. Tato funkce umožňuje vypsání hodnoty C a řeší vzniklý problém.

```

<IF><TURNING><THEN>
  <CYCLE> X0 Z<Z-COORD> C0 K0
<ELSE>
  <IF><ROTARY-OD><THEN>
    <EOB>
    <CYCLE> X<ABS-DEPTH> Z<Z-COORD> Y<Y-COORD> C<ROT1-ANSI> I0
    <ELSE>
      <EOB>
      <CYCLE> X<RADIUSXY> Z<ABS-DEPTH> C<ROT1-ANSI> K0
    <ENDIF>
  <ENDIF>
<32>F<FEED><EOB>

```

Obrázek 16 - Upravený vrtací cyklus 1

```

Z115.0
X0. M8
Z98.0
G181 X0. Z85.0 C0. K0 F8.
G180
Z115.0

```

Obrázek 17 - Upravený vrtací cyklus 2

Z NC kódu je patrné, že se hodnota osy C vygenerovala bez problémů, a tudíž je problém vyřešen.

### 3.3.3. Přebývající M109

Další chybou bylo vypsání M funkce M109, která odpojila osu C, a to před pohybem, který tuto osu potřebuje.

Pomocí debugging toolu bylo možné najít formát zodpovědný za vygenerování M109 a tím byl formát výměny nástroje, který v sobě měl zapsán řádek, který způsoboval vygenerování této funkce. Po konzultaci s vedoucím práce a následném otestování nebyl jediný důvod tento řádek nechávat, a tudíž byl smazán a M109 se už neobjevuje.

```
IFNOT> [segment_end]<THEN>
  <INCLUDE:CancelPolar>
  <IF><$MILLING><THEN>|
    M109<EOB>
  <ENDIF>
  <CANCEL-COOL><EOB>
  <IFNOT> [eq (<SPINDLE>, <$SPINDLE> ) ] <THEN>
    <IF><$TURNING><THEN>
```

Obrázek 18 - Původní formát výměny nástroje 1

```
<IFNOT> [segment_end]<THEN>
  <INCLUDE:CancelPolar>
  <CANCEL-COOL><EOB>
  <IFNOT> [eq (<SPINDLE>, <$SPINDLE> ) ] <THEN>
    <IF><$TURNING><THEN>
```

Obrázek 19 - Upravený formát výměny nástroje 2

### 3.3.4. Chybějící M146

Bylo nutné zapsat funkci, která kdykoli po spuštění vrtacích cyklů uvolní osu C. Tou je M funkce M146. Tato chyba byla vyřešena dopsáním řádku M146<EOB> do vrtacího cyklu G181.

```

<IF><TURNING><THEN>
  <CYCLE> X0 Z<Z-COORD> C0 K0
<ELSE>
  <IF><ROTARY-OD><THEN>
    M146<EOB>
  <CYCLE> X<ABS-DEPTH> Z<Z-COORD> Y<Y-COORD> C<ROT1-ANSI> I0
  <ELSE>
    M146<EOB>
  <CYCLE> X<RADIUSXY> Z<ABS-DEPTH> C<ROT1-ANSI> K0
  <ENDIF>
<ENDIF>
<32>F<FEED><EOB>|

```

*Obrázek 20 - Upravený vrtací cyklus*

Tímto způsobem se vygenerovala funkce M146. Generuje se pouze v případě, kdy je potřeba. To je při vrtání poháněnými nástroji. Například při vrtání soustružnickým způsobem, kde není požadována, vygenerována nebude.

### 3.3.5. Chybějící G138

Absence této funkce způsobovala, že nemohl být proveden pohyb v ose Y, protože osa Y byla vypnuta. S využitím Debuging toolu jsem byl schopen nalézt formát, který tuto chybu generuje. Tím byl vlastní formát „FixRot1Dir“. Po analýze formátu „FixRot1Dir“ nebyl nalezen řádek, který tuto chybu generuje. Ten byl nalezen až ve formátu „UnclampRotateClamp“, který na „FixRot1Dir“ odkazuje.

```

{<CLAMP-OFF>}<EOB>
<MOTION> <INCLUDE:FixRot1Dir><EOB>
{<CLAMP-ON>}<EOB>

```

*Obrázek 21 - Chybějící G138 1*

Připsáním G138<EOB> do formátu „UnclampRotateClamp“ byla tato chyba vyřešena a při následném testování už se neobjevila.

```

{<CLAMP-OFF>}<EOB>
G138<EOB>
<MOTION> <INCLUDE:FixRot1Dir><EOB>
{<CLAMP-ON>}<EOB>

```

*Obrázek 22 - Chybějící G138 2*



### 3.3.6. Připsání poznámek do vrtacího cyklu G181

Pro jednodušší orientaci ve výsledném NC kódu, přesněji ve vrtacích cyklech byly připsány poznámky. Tyto poznámky ujasnily, jaký druh vrtání byl vygenerován.

Druhy vrtání, myšleno vrtání soustružnické, axiální a vrtání radiální. Tento způsob nějak neovlivnil výsledný chod vygenerovaného NC kódu, ale jak již bylo řečeno pomohl v jeho orientaci.

```
<IF><TURNING><THEN>
  <CYCLE> X0 Z<Z-COORD> C0 K0 (soustružnické)
<ELSE>
  <IF><ROTARY-OD><THEN>
    M146<EOB>
  <CYCLE> X<ABS-DEPTH> Z<Z-COORD> Y<Y-COORD> C<ROT1-ANSI> I0 (radialni)
  <ELSE>
    M146<EOB>
  <CYCLE> X<RADIUSXY> Z<ABS-DEPTH> C<ROT1-ANSI> K0 (axialni)
  <ENDIF>
<ENDIF>
<32>F<FEED><EOB>
```

Obrázek 23 - Připsání poznámek 1

```
Z118.464
X15.0 M8
Z96.464
M146
G181 X15.0 Z86.0 C0. K0 (axialni) F270.
X21.213 M16 C225.0
G180
M147
```

Obrázek 24 - Připsání poznámek 2

### 3.4. Navržený CAD model pro testování

Pro konečné testování postprocesoru, byl dotázán jeden náhodný student, který navrhl testovací model. Tento model měl ověřit funkčnost a univerzálnost vytvořeného postprocesoru.

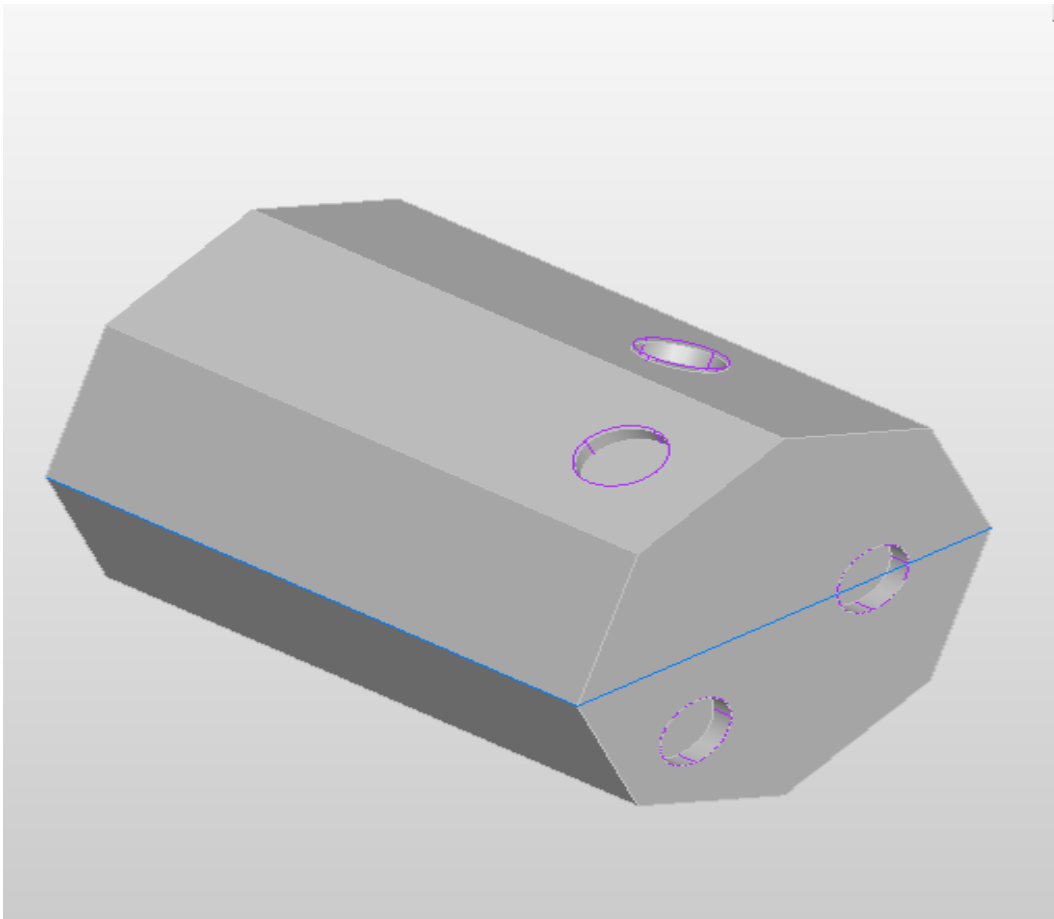
Jednalo se o osmihran, na kterém byly vymodelovány jak díry axiální, tak díry radiální o stejném průměru a hloubce. Tyto díry se nacházely v různých odstupech a byly rozmístěny různě po modelu, tudíž bylo využito plného potenciálu stroje. Stejně jako u modelu ladícího, tak i u modelu testovacího, byly vytvořeny a patřičně odladěny

požadované obráběcí strategie. Podle kterých se následně vygeneroval NC kód.

O	Operace	Feature	Nástroj	Posuv	Otáčky	Hloubka	
➔	↑	vrtání	dira1	305DA-12.0-56-A12 (Pra...	270.0 mm/min	4500 ot.	4.000 mm
	↑	vrtání	dira2	305DA-12.0-56-A12 (Pra...	270.0 mm/min	4500 ot.	4.000 mm
	↑	vrtání	dira5	305DA-12.0-56-A12 (Pra...	270.0 mm/min	4500 ot.	4.000 mm
	↑	vrtání	dira3	305DA-12.0-56-A12 (Pra...	270.0 mm/min	4500 ot.	4.000 mm
	↑	vrtání	dira4	305DA-12.0-56-A12 (Pra...	270.0 mm/min	4500 ot.	4.000 mm
	Výsledky						

*Obrázek 25 - Obráběcí strategie*

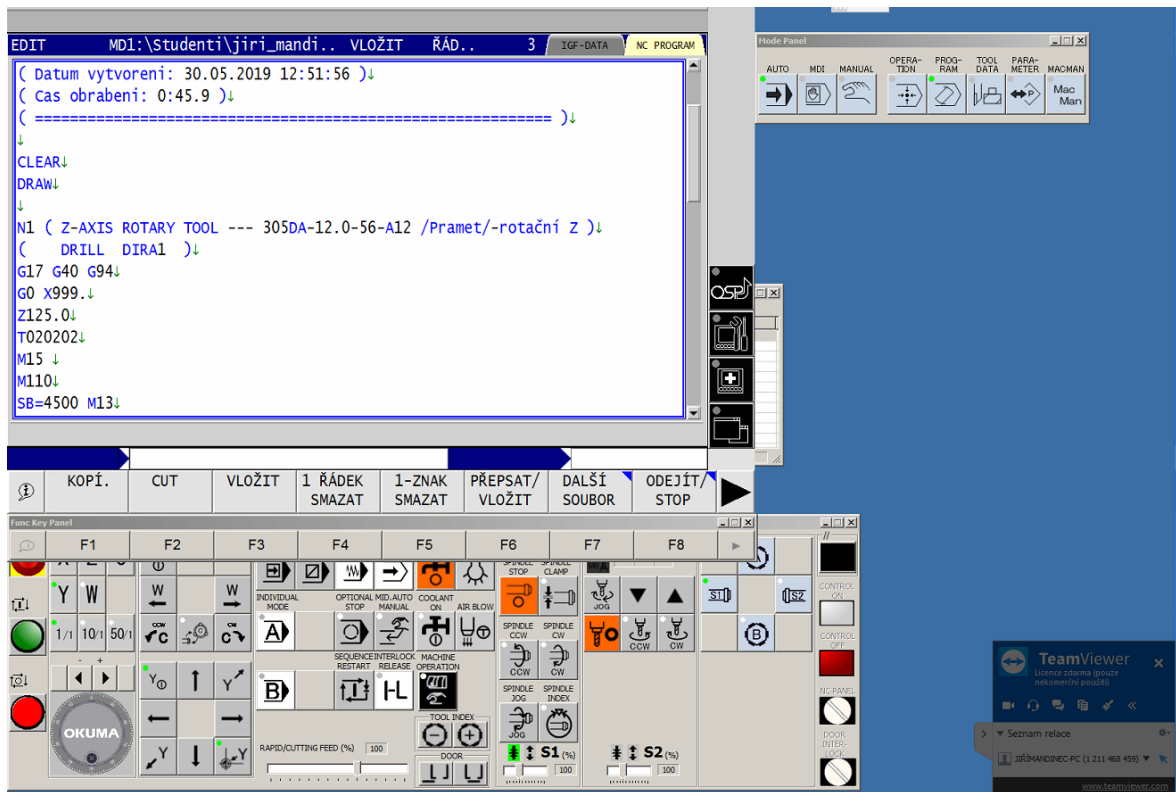
Byl použit opravený postprocessor OKUMA L200E-MY v3. Ten by měl bez problémů zvládnout vygenerovat NC kód, který bude následně otestovaný simulátorem na stroji. Pokud simulátor nevyhodnotí NC kód jako chybný a nenastane chybové hlášení, bude test na testovacím modelu úspěšný a postprocessor tedy funkční a univerzální.



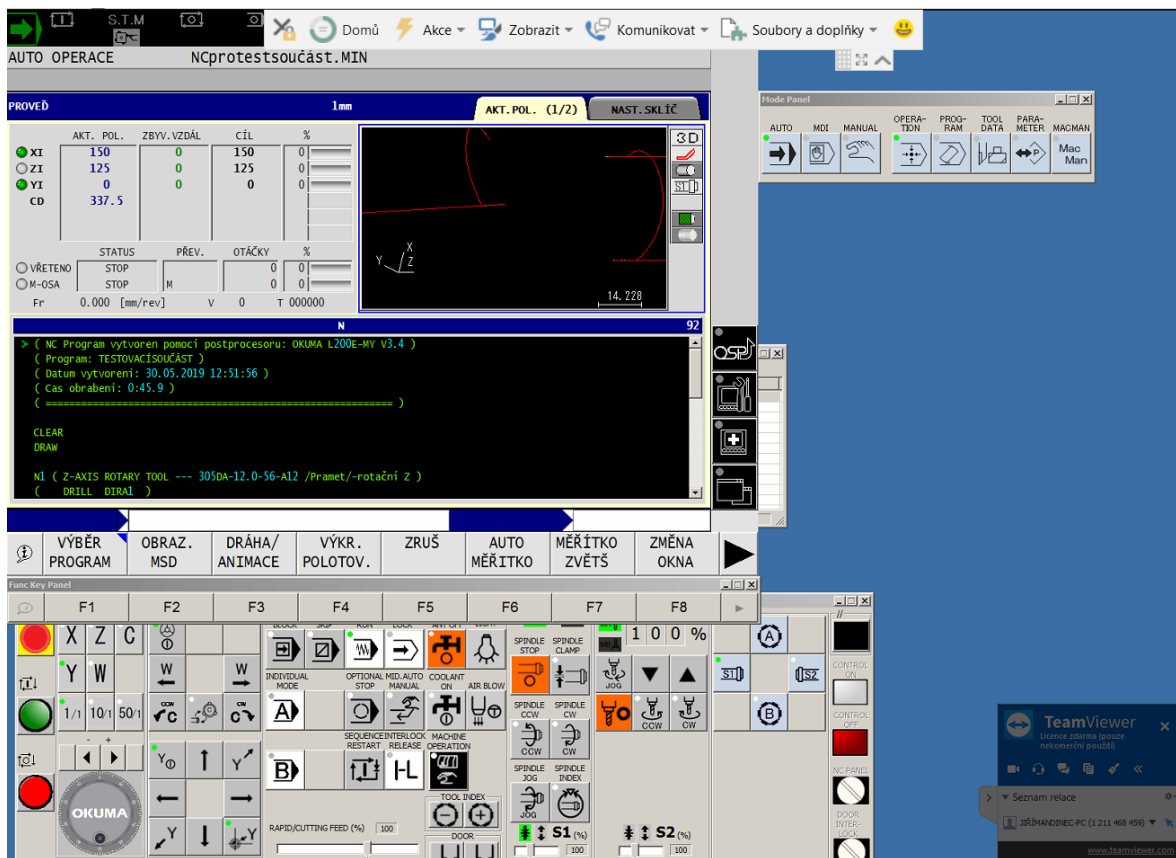
*Obrázek 26 - Testovací model*

#### **4. Ověření NC kódu**

Výsledný vygenerovaný kód byl nahrán do simulátoru na stroji, tento test proběhl zcela úspěšně a bezproblémově a stroj nevyhodil žádné chybové hlášení, tudíž je postprocessor funkční a univerzální.



Obrázek 27 - Nahraný NC kód



Obrázek 28 - Simulátor stroje OKUMA

## 4.1. Použité G-kódy a M-kódy

Pro lepší orientaci v NC kódu bylo nezbytné si vypsát použité kódy a napsat jejich přesnou funkci.

Funkce G:

- G0 - rychloposuv.
- G1 - pracovní lineární pohyb.
- G2 - pracovní kruhový pohyb (po směru hodinových ručiček).
- G3 - pracovní kruhový pohyb (proti směru hodinových ručiček).
- G17 - Výběr roviny pro interpolaci (rovina XY).
- G18 - Výběr roviny pro interpolaci (rovina XZ).
- G19 - Výběr roviny pro interpolaci (rovina YZ).
- G94 - určení jednotek posuvu (m/min).
- G95 - určení jednotek posuvu (mm/ot).
- G181 - Vrtací cyklus.
- G180 - Ukončení cyklu.
- G136 - Vypnutí osy Y.
- G137 - Zapnutí změny z osy X-Y na X-C.
- G138 - Zapnutí osy Y.

Funkce M:

- M110 - Připojení osy C.
- M109 - Odpojení osy C.
- M0 - Stopnutí programu.
- M1 - Volitelné zastavení programu.
- M8 - Zapnutí chladicí kapaliny.
- M9 - Vypnutí chladicí kapaliny.
- M12 - Zastavení vřetene nástroje.

- M30 - Konec programu.
- M146 - Odemknutí osy C.
- M147 - Zamknutí osy C.

## 5. Závěr

Tato bakalářská práce se zaměřila na úpravu postprocesoru pro stroj OKUMA L200-MY a na práci se softwarem FeatureCAM a společně s ním dodávaným SW na opravu a tvorbu postprocesorů, programem Xbuild. Dále byly objasněny základní pojmy, které se vztahují k tematice úpravy postprocesorů.

Hlavní část této práce byla věnována právě úpravě postprocesoru, přesněji zprovoznění vrtacích cyklů G181 a analýze chyb v postprocesoru, které byly buď nalezeny, nebo vznikly v souvislosti s tímto problémem. To vše právě v rozhraní systému FeatureCAM a Xbuild.

Všechny zjištěné chyby byly úspěšně odstraněny a opravený postprocesor byl vždy průběžně otestován simulátorem na stroji. Nalezené chyby byly:

- Odpojování osy C.
- Odpojování osy Y.
- Absence osy C ve vrtacích cyklech.
- Absence odemknutí osy C ve vrtacích cyklech.

Odstraněním těchto chyb se zaručuje budoucí bezchybné generování NC kódu, který obsahuje vrtání s poháněnými nástroji, a to jak vrtání radiální, tak i vrtání axiální, ale také vrtání soustružnické.

Správnost oprav byla vždy otestována simulátorem na stroji.

## 6. Použité zkratky

**CAD** - Computer Aided Design - počítačem podporované projektování

**CAM** - Computer Aided Manufacturing - počítačem podporovaná

**NC** - Numeric Control - číslicové řízení

**CNC** - Computer Numeric Control - počítačové číslicové řízení

**CL DATA** - Cutting Location Data – Poloha virtuálního nástroje



## 7. Použité programy

FeatureCAM professional 2019.3

XBUILD v8.197

Postprocessor OKUMA L200E-MY v2 vytvořený a používaný zaměstnanci ústavu 12134

Autodesk Inventor professional 2019.4

## 8. Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> - Schéma pro lepší pochopení role postprocesoru.....	13
<b>Obrázek 2</b> - Dialogové okno XBUILD.....	16
<b>Obrázek 3</b> - Informace o stroji.....	19
<b>Obrázek 4</b> - Volba otáček a posuvů.....	20
<b>Obrázek 5</b> - Ladící model.....	23
<b>Obrázek 6</b> - Postprocessor L200E-my v2 3.....	24
<b>Obrázek 7</b> - Postprocessor L200E-my v2 2.....	24
<b>Obrázek 8</b> - Vrtací cyklus (původní).....	25
<b>Obrázek 9</b> - Obráběcí strategie.....	26
<b>Obrázek 10</b> - Vrtací cyklus bez osy C.....	26
<b>Obrázek 11</b> - Vygenerovaný NC kód bez osy C.....	27
<b>Obrázek 12</b> - Chybějící G138.....	27
<b>Obrázek 13</b> - Zbytečná M109.....	28
<b>Obrázek 14</b> - Chybějící M146.....	28
<b>Obrázek 15</b> - Debuging tool.....	29
<b>Obrázek 16</b> - Upravený vrtací cyklus 3.....	30
<b>Obrázek 17</b> - Upravený vrtací cyklus 2.....	30
<b>Obrázek 18</b> - Původní formát výměny nástroje 1.....	31
<b>Obrázek 19</b> - Původní formát výměny nástroje 2.....	31
<b>Obrázek 20</b> - Upravený vrtací cyklus.....	32
<b>Obrázek 21</b> - Chybějící G138 3.....	32
<b>Obrázek 22</b> - Chybějící G138 2.....	32
<b>Obrázek 23</b> - Připsání poznámek 3.....	33
<b>Obrázek 24</b> - Připsání poznámek 2.....	33
<b>Obrázek 25</b> - Obráběcí strategie.....	34





<b>Obrázek 26</b> - Testovací model.....	35
<b>Obrázek 27</b> – Nahraný NC kód.....	35
<b>Obrázek 28</b> - Simulátor stroje OKUMA.....	35



## 9. Seznam tabulek

**Tabulka 1** – Technické parametry stoje.....17 - 19

## 10. Seznam elektronických příloh

- A. CAD soubor ladícího modelu
- B. CAD soubor testovacího modelu
- C. CAM soubor ladícího modelu
- D. CAM soubor testovacího modelu
- E. NC kód pro ladící model
- F. NC kód pro testovací model
- G. Upravený postprocesor

## 11. Použitá literatura:

- [1] SADÍLEK, Marek. CAM systémy v obrábění I. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1821-4.
- [2] Konference STČ [online]. Copyright ©0 [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: <http://stc.fs.cvut.cz/history/2009/sbornik/Papers/pdf/VavruskaPetr-319830.pdf>
- [3] Easy Tutorial on CNC Post Processors for CAM Software. G-Wizard CNC Speeds and Feeds Calculator - CNCCookbook: Be A Better CNC'er [online]. Copyright © 2018 [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: <https://www.cnccookbook.com/cnc-post-processor-cam/>
- [4] MIT - Massachusetts Institute of Technology [online]. Copyright © [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: <http://www.mit.edu/afs.new/sipb/user/jhawk/featurecam/v100/post.pdf>
- [5] SOŠ - Střední odborná škola Jana Tiraye Velká Bíteš [online]. Copyright ©S [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: [https://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV\\_TEXT\\_-\\_1.ST.pdf](https://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf)
- [6] GibbsCAM CNC Software. 3D Printers, 3D Scanning, Software, Manufacturing and Healthcare Services | 3D Systems [online]. Copyright © 2019 3D Systems, Inc. All rights reserved.. [cit. 07.07.2019] Dostupné z: [https://www.t-support.cz/extras//tiskoviny/2013-04\\_CAD04-GibbsCAM\\_postprocesory\\_nedilna\\_soucast\\_obrabcich\\_stroju](https://www.t-support.cz/extras//tiskoviny/2013-04_CAD04-GibbsCAM_postprocesory_nedilna_soucast_obrabcich_stroju)
- [7] ELUC. ELUC[online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1305>
- [8] FeatureCAM – CAD/CAM software pro frézování, soustružení, edm | CAD CAM SYSTEMS. CAD/CAM software pro frézování, soustružení, edm | CAD CAM SYSTEMS – CAD CAM software společnosti Autodesk Inc. pro CNC programování frézování, soustružení a drátového řezání. [online]. Copyright © CAD CAM SYSTEMS s.r.o. [cit. 13.03.2019]. Dostupné z: <https://www.cadcam-systems.cz/cad-cam-software/featurecam/>
- [9] Computer-Aided Manufacturing [online]. Dostupné z: [https://mfg230cls.groups.et.byu.net/CNC\\_code/okuma\\_code\\_blocks.htm#drilling\\_1](https://mfg230cls.groups.et.byu.net/CNC_code/okuma_code_blocks.htm#drilling_1)
- [10] Okuma Lathe G and M Codes – Helman CNC. CNC Programming basics, Tutorials & Example Codes - Helman CNC [online]. Copyright © 2012 [cit. 13.07.2019]. Dostupné z: <http://www.helmancnc.com/okuma-lathe-g-and-m-codes/>

- [11] Bulmakmetal Ltd. – Premium CNC Metal cutting machines[online]. Copyright ©[cit. 13.07.2019]. Dostupné z: <http://bulmakmetal.com/wp-content/uploads/2016/10/GENOS-L-E-7a-300Mar2015.pdf>
- [12] Okuma OSP P300 Manuals User Guides – CNC Manual. CNC Programming Manuals User Guides PDF Files - CNC Manual [online]. Copyright ©2014[cit. 13.07.2019]. Dostupné z: <http://cncmanual.com/okuma/okuma-osp-p300/>
- [13] XBUILD overview I FeatureCAM 2019 I Autodesk Knowledge Network.Home | Autodesk Knowledge Network[online]. Copyright ©2019 Autodesk Inc. All rights reserved[cit. 13.07.2019]. Dostupné: <https://knowledge.autodesk.com/support/featurecam/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/FCAM-XBUILD/files/GUID-5B748065-7CC9-4338-8EFF-6598B35AD22B-htm.html>