



ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ
A METROLOGIE

**Úprava a ověření postprocesoru pro SW PowerMill a
frézku VMC500**

Bakalářská práce

Vypracoval: Tomáš Vágner

Vedoucí práce: Ing. Pavel Novák, Ph.D.

Praha 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vágnér** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **473592**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací 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:

Úprava a ověření postprocesoru pro SW PowerMill a frézku VMC500

Název bakalářské práce anglicky:

Correction and verification of Postprocessor for PowerMill software and VMC 500 milling machine

Pokyny pro vypracování:

- 1) Analýza stávajícího stavu postprocesoru.
- 2) Výběr obráběcích cyklů pro doplnění a jejich definice v postprocesoru.
- 3) Ověření postprocesoru.

Seznam doporučené literatury:

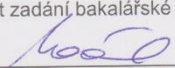
Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

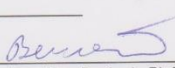
Ing. Pavel Novák, Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

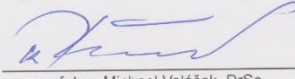
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.10.2020** Termín odevzdání bakalářské práce: **17.01.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____


Ing. Pavel Novák, 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.

7.12.2020
Datum převzetí zadání

Vágnér
Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Úprava a ověření postprocesoru pro SW PowerMill a frézku VMC500 vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznam použité literatury.

.....

Datum

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Pavlu Novákovi, Ph.D., za důležité rady a připomínky, především ale za velikou ochotu, vstřícnost a flexibilitu, s jakou ke své roli přistupoval a které mi byly velkou podporou při tvorbě této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval svojí matce Lence Vágnerové za podporu během celého bakalářského studia a svému bratranci Vladimíru Karbanovi, bez jehož nezištné podpory by má studentská dráha patrně nikdy nezačala.

Úprava a ověření postprocesoru pro SW PowerMill a frézku VMC500

Anotace

Cílem této bakalářské práce je úprava a ověření postprocesoru pro software Autodesk PowerMill 2020 a řídicí systém Siemens Acramatic 2100. Hlavním cílem je doplnění vrtacích a závitovacích cyklů. Práce zahrnuje podrobný popis jednotlivých cyklů definovaných programem PowerMill i cyklů definovaných systémem Acramatic 2100. Následně popisuje samotný proces tvorby postprocesoru v programu Autodesk Manufacturing Post Processor Utility 2020. V závěrečné fázi prezentuje výsledný postprocesor a jeho praktickou zkoušku.

Klíčová slova

PowerMill, Acramatic 2100, postprocesor, vrtání, závitování, vrtací cykly, závitovací cykly

Correction and verification of Postprocessor for PowerMill software and VMC 500 milling machine

Annotation

The aim of this bachelor's thesis is modification and validation of Post Processor for the Autodesk PowerMill 2020 software and control system Siemens Acramatic 2100. The main goal is the addition of drilling and tapping cycles. The work includes a detailed description of each cycle defined by PowerMill as well as cycles defined by Arcramatic 2100. Then it describes the process of creation Post Processor in Autodesk Manufacturing Post Processor Utility 2020 software. In the final phase it presents the resulting Post Processor and its practical test.

Keywords

PowerMill, Acramatic 2100, Post Processor, Drilling, Tapping, Drilling cycles, Tapping cycles

Seznam použitých zkratk

- CAM – Computer Aided Manufacturing – počítačem podporovaná výroba
- CAD – Computer Aided Design – Počítačem podporované navrhování
- CL data – Cutting Location Data – výstupní formát dat programů CAM

Obsah

Úvod	10
1. Základní informace o použitých programech.....	11
1.1 Autodesk.....	11
1.2 Autodesk PowerMill Ultimate 2020	11
2. Postprocesor	15
3. Cykly definované v systému Acramatic 2100.....	16
3.1 Vrtací cyklus G81	16
3.2 Vrtací cyklus G82	18
3.3 Vrtací cyklus G83	20
3.5 Závitovací cyklus G84.1	25
4. Cykly definované v programu PowerMill.....	29
4.1 Jedna dráha.....	29
4.2 Hluboké vrtání	30
4.3 Přerušované vrtání.....	31
4.4 Závitování.....	32
4.5 Tuhé závitování	33
4.6 Helikal a Obrácený helikal	34
4.7 Vystružování	34
4.8 Válcové zahlubování	35
4.9 Profilování.....	35
4.10 Frézování závitů	36
4.11 Dokončování vyvrtáváním.....	36
4.12 Uživatelské cykly	37
5. Programování v Post Processor Utility	38
6. Vlastní tvorba postprocesoru.....	40
6.1 Spárování cyklů	40
6.1.1 Jedna dráha.....	41
6.1.2 Hluboké vrtání	42
6.1.3 Přerušované vrtání.....	43
6.1.4 Závitování.....	43
6.1.5 Tuhé závitování	44
6.1.6 Závitování CCW a Tuhé závitování CCW	44
6.2 Další příkazy k cyklům	45

6.2.1 Drilling Cycle Start.....	45
6.2.2 Drilling Cycle End	45
6.3.1 Bezpečná vzdálenost	46
6.3.2 Mezery mezi slovy	46
6.3.3 Definování rovin.....	47
7. Zkouška postprocesoru v praxi	49
7.1 Výsledný NC program	49
7.2 Porovnání s virtuálním strojem.....	52
Závěr	56
Zdroje	57
Seznam obrázků	58
Seznam příloh.....	60

Úvod

Jednadvacáté století nabízí nejvyšší životní standardy v lidských dějinách. Tento komfort je mimo jiné umožněn obrovským rozvojem výrobních technologií, na kterých se podíleli a podílejí miliony lidí jak ve vědeckých institucích, tak v soukromých firmách.

Vzájemná konkurence mezi jednotlivými subjekty vývoj značně urychlovala, znamenala ale také nejednotný postup při řešení obecných problematik.

V oblasti obrábění proto v současnosti existuje nejen široká nabídka výrobních zařízení, nýbrž i řídicích systémů pro tyto stroje. Spektrum pak ještě více rozšiřuje fakt, že někteří, především menší, výrobci (jako například TOS Čelákovice, spadající pod Slovácké strojírny a.s.) využívají konvenční řídicí systémy (například Siemens nebo Fanuc), zatímco jiní, především velcí, výrobci (například Okuma nebo Mazak) si tvoří své vlastní.

Tato situace vytváří velký tlak na výrobce CAM systémů na co nejvyšší univerzálnost jejich programů. Ve výsledku proto není příliš obvyklé, aby nám CAM systém poskytoval přímý výstup v programovacím jazyku konkrétního stroje. Proto je třeba vytvářet široké spektrum postprocesorů, pro převod mezi jednotlivými CAM programy a řídicími systémy.

Tvorba takového postprocesoru je námětem i této práce. Mým úkolem je do postprocesoru pro převod informací mezi CAM software Autodesk PowerMill 2020 a řídicím systémem Siemens Acramatic 2100 doplnit plně funkční vrtací a závitovací cykly. Takto upravený postprocesor bude následně reálně využíván na frézce VMC 500 v halových laboratořích Strojí fakulty ČVUT v Praze.

1. Základní informace o použitých programech

Pro doplnění nových funkcí postprocesoru a jejich následné ověření jsem využíval několik programů. Zde přináším jejich výčet, základní popis a pro úplnost doplňuji i základní informace o jejich mateřských společnostech.

1.1 Autodesk

Společnost Autodesk, Inc. byla založena na začátku roku 1982 v Kalifornii počítačovým programátorem Johnem Walkerem. Jejím prvním produktem byl program AutoCAD, software určený pro 3D modelování a 2D dokumentaci v prakticky všech konstrukčních oborech. Vzhledem k rozvoji počítačových technologií a CNC řízení v té době se programové licence rychle prodávali a v roce 1989 již tržby překročily 100 000 000 \$. Firma tak rychle získávala klíčovou pozici na trhu. [A][B]

V současnosti patří společnost Autodesk k světovým lídrům ve vývoji a poskytování systémů computer aided design – CAD a computer aided manufacturing – CAM a v tomto oboru je největší firmou na světě. Tuto pozici se jí daří udržovat a její tržní hodnota dlouhodobě stoupá. Tento růst navíc nebyl zastaven ani koronavirovou krizí v roce 2020, kdy ceny akcií společnosti rostly (s výjimkou březnového propadu) ještě rychleji než v minulých letech. Do portfolia Autodesk spadají desítky programů určených pro strojírenskou konstrukci, stavebnictví nebo i herní či filmovou grafiku a mezi její vlajkové lodě patří mimo jiné i dodnes velmi oblíbený AutoCAD, populární CAD Inventor nebo v této práci užívaný CAM Autodesk PowerMill. [A][B][C][D]

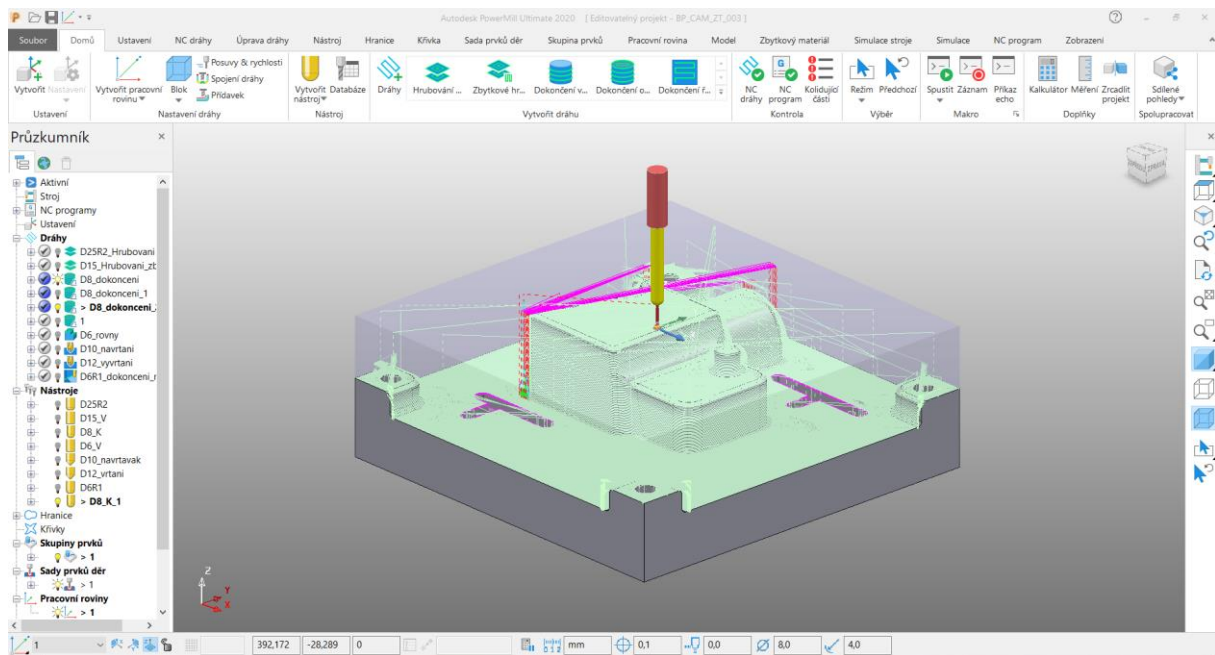


Obrázek 1 Logo společnosti Autodesk, Inc. [C]

1.2 Autodesk PowerMill Ultimate 2020

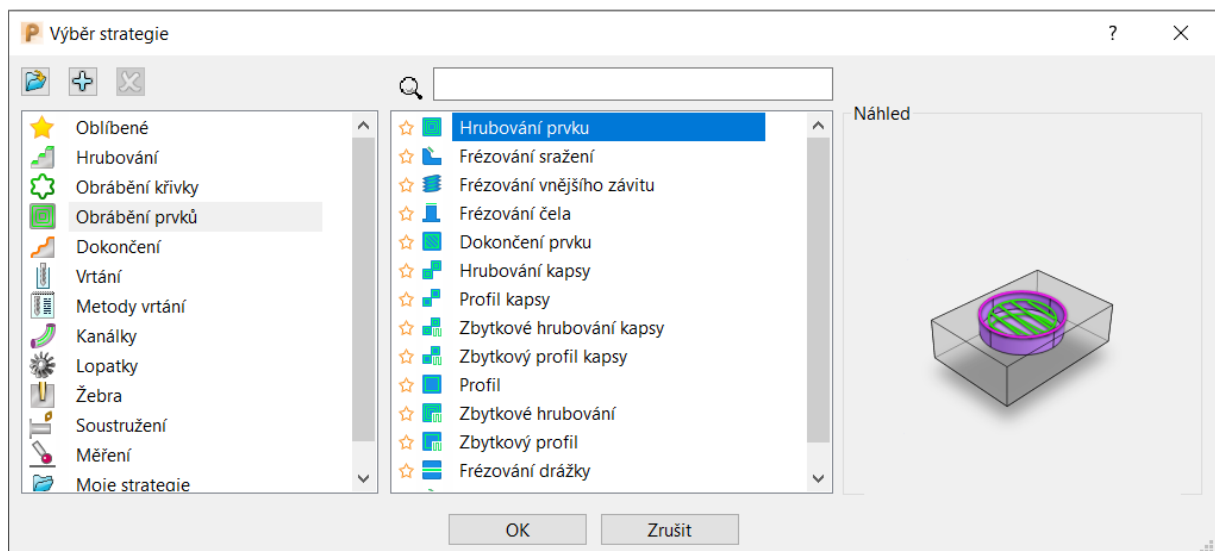
Autodesk PowerMill je CAM software určený pro CNC programování obráběcích procesů, primárně určený pro tříosá a pětiosá frézovací centra. Poprvé byl na trh uveden v roce 1995 a od té doby byl mnohokrát aktualizován, a to až do současné podoby – verze 2020. Jedná se o jeden z nejrozšířenějších CAM programů střední velikosti v průmyslové praxi. [E][F][G]

Z pohledu uživatele je velkou výhodou PowerMillu jeho velká uživatelská přívětivost. V porovnání s jinými programy, které jsem si měl možnost vyzkoušet, je práce v něm mnohem intuitivnější a největší výhodou jsou všudypřítomné jasně formulované popisy funkcí, doplňované schématickými ilustracemi. I bez velkých zkušeností s CAM jsem tak byl relativně rychle schopen zvládnout základní funkce programu.



Obrázek 2 Model s generovanými drahami otevřený v programu PowerMill

Software umožňuje široké možnosti tvorby výrobního programu. Nabízí celou řadu hrubovacích a dokončovacích frézovacích strategií, obrábění křivek či prvků, široké spektrum vrtacích cyklů, závitovacích cyklů, tvorbu kanálků, obrábění žeber, a dokonce i obrábění lopatek (resp. lopatkových kol). Mimo těchto frézovacích strategií nabízí i základní soustružnické strategie a měření ploch. V nabídce je pak i možnost vytvořit si vlastní strategie. Náhled na panel výběru strategie je znázorněn na obrázku 3.



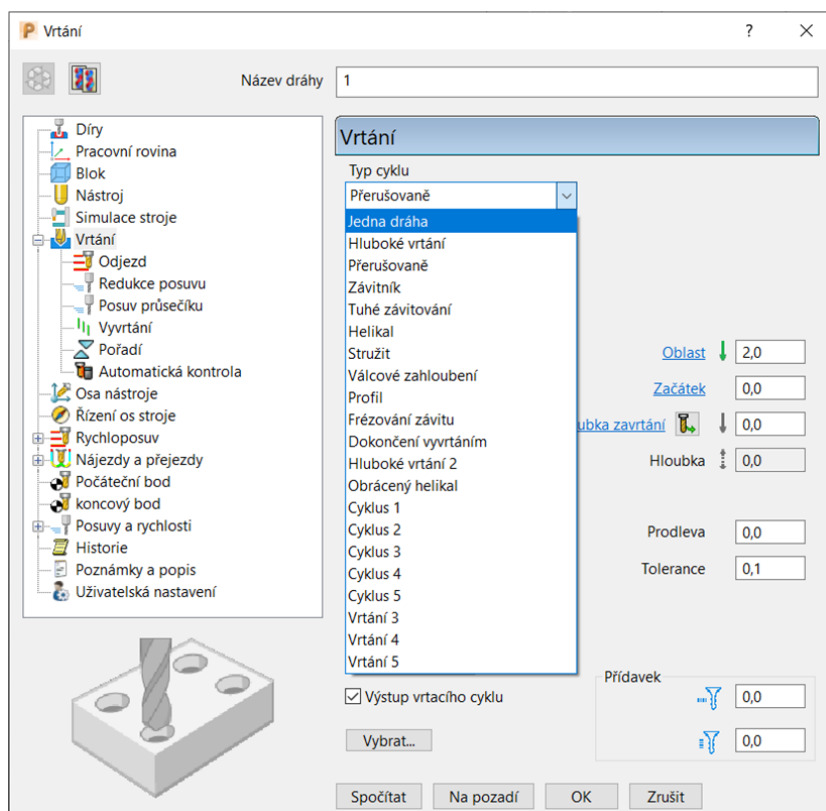
Obrázek 3 Panel výběru strategií

Na základě zvolené strategie PowerMill umožňuje generování optimálního rozložení drah nástroje pro danou geometrii obrobku, řezné podmínky a typ nástroje (optimálním rozložením se rozumí takové, při kterém dochází k co možná nejnižšímu opotřebení nástroje i stroje – resp. k jejich ekonomicky optimálnímu poměru, při co možná nejkratším celkovém čase).

Mimo této primární funkce nabízí program i řadu dalších, které jsou pro funkční CAM nezbytné. Jsou jimi především definování polotovaru, tvorba nástrojů, simulace obráběcího procesu, včetně simulace stroje (tedy simulace kdy můžeme sledovat výsledný proces přímo v prostředí konkrétního obráběcího stroje), kontrolu potenciálních kolizí, a především tvorbu samotného NC programu.

V této práci se zaměřuji na vrtací a závitovací cykly. PowerMill nabízí v této problematice následující (rozbalená nabídky vrtacích cyklů v rámci panelu vrtání je znázorněna na obrázku 4):

- Jedna dráha
- Hluboké vrtání
- Přerušované vrtání
- Závitování
- Tuhé závitování
- Helikal
- Stružení
- Válcové zahlubování
- Profil
- Frézování závitu
- Dokončení vrtáním
- Hluboké vrtání 2
- Obrácený helikal
- Cyklus 1
- Cyklus 2
- Cyklus 3
- Cyklus 4
- Cyklus 5
- Vrtání 3
- Vrtání 4
- Vrtání 5



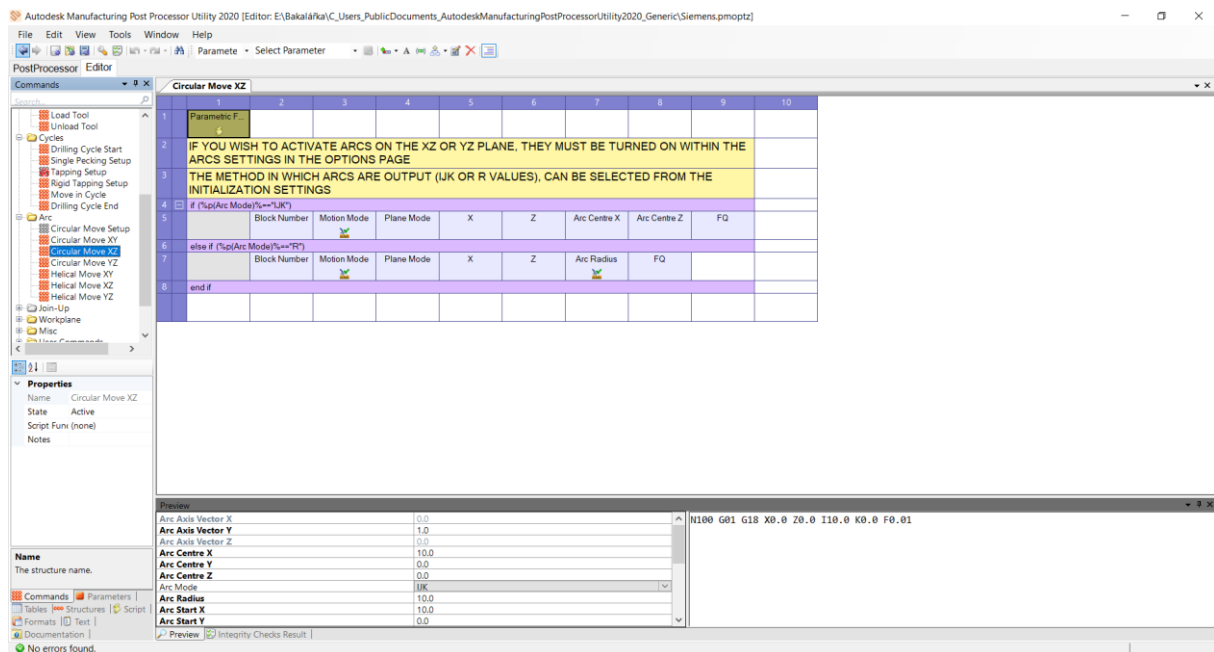
Obrázek 4 Panel vrtání s rozbalenou nabídkou vrtacích strategií

1.3 Autodesk Manufacturing Post Processor Utility 2020

Autodesk Manufacturing Post Processor Utility je software dodávaný společností Autodesk jako doplňující program k jejich CAM. Tento program umožňuje tvorbu postprocesorů, přičemž ty základní, pro masově užívané programovací jazyky, jsou již dodávány v základním souboru. Konkrétně jde o následující:

- Elexa
- Fanuc
- Fidia
- Haas
- Heidenhain
- Hurco Winmax
- Makino Pro5
- Matsuura
- Mazak Mazatrol
- Mitsubishi
- Okuma OSP
- Roeders
- Selca
- Siemens

Software Autodesk Manufacturing Post Processor Utility umožňuje uživatelům programů společnosti Autodesk vytvářet si další postprocesory, pro další, méně konvenční systémy nebo provádět případné modifikace těch dodaných, přičemž tuto možnost mají jak výrobci, tak koncoví uživatelé.

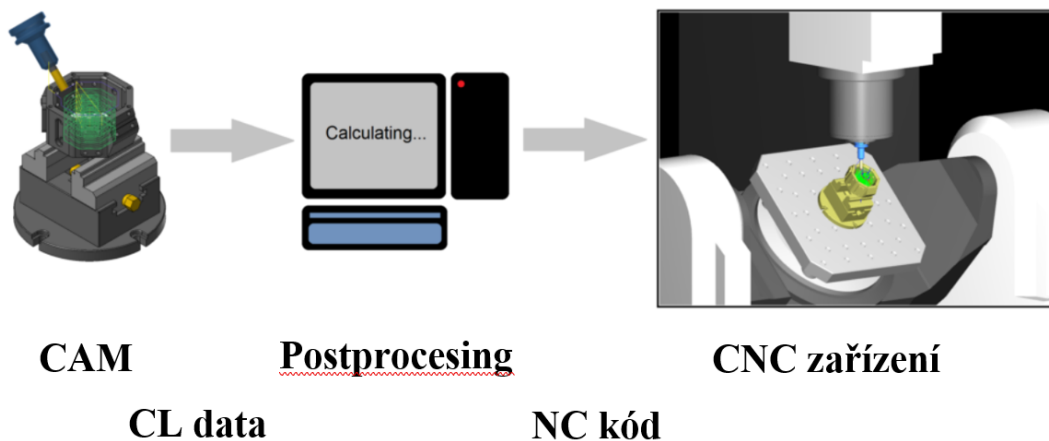


Obrázek 5 Naprogramovaný příkaz pro kruživý pohyb v ose Y v programování Siemens v Post Processor Utility

2. Postprocessor

Postprocessor lze nejjednodušší definovat jako datový převodník mezi CAM systémem a řídicím systémem CNC stroje. [I][K]

Výstupem CAM software jsou takzvaná CL data, která nejsou pro řídicí systémy strojů čitelná. Proto musíme použít právě postprocessor, který (teoreticky) veškeré informace obsažené v CL datech převede na NC kód – tedy výpis dat čitelných pro konkrétní CNC zařízení (respektive pro řídicí systém, který dané zařízení používá). Schematicky je proces znázorněn na obrázku 6. [I][J][K]



Obrázek 6 Schéma tvorby výrobního programu [J]

Je důležité říci, že jak mi ukázala tato práce, v praxi je věc poněkud složitější. Podmínkou, aby mohla být CL data optimálně převedena je, že bude existovat jejich protipól i v daném řídicím systému, a zatímco u některých základních pohybových příkazů se dá mluvit téměř o samozřejmosti, u náročnějších příkazů (jako jsou například právě cykly) nemusí být výstup možný, nebo nebude zcela přesně odpovídat hodnotám zadaným CAM software (Fakt, že cyklus nemá v řídicím systému svůj protipól, samozřejmě neznemožňuje jeho užití. Jen nebude definován v podobě cyklu, nýbrž bude výstup tvořit série bloků s pozičními, či jinými, příkazy).

3. Cykly definované v systému Acramatic 2100

V této kapitole předkládám výčet vrtacích a závitovacích cyklů, definovaných v systému Acramatic 2100.

3.1 Vrtací cyklus G81

Tento vrtací cyklus se hodí pro jednoduché vrtací operace bez velkých nároků. Při užití tohoto cyklu najede nástroj rychloposuvem na úroveň bezpečné vzdálenosti, poté se definovanou rychlostí zavrtá do materiálu a po dosažení definované hloubky zase vystoupá na úroveň bezpečné vzdálenosti a může provádět další příkaz. Jeho hlavním znakem je, že neumožňuje prodlevu, což je primární rozdíl mezi cyklem G81 a G82 (popsán v kapitole 3.2).

Podrobný popis jednotlivých fází cyklu G81:

1. V první fázi probíhá rychloposuv ve všech osách, kromě osy vřetena, na předepsanou polohu (na standardní tříosé frézce tedy v osách X a Y).
2. V druhé fázi probíhá rychloposuv v ose vřetena (na standardní tříosé frézce tedy v ose Z) směrem k materiálu a to až na úroveň bezpečné vzdálenosti (definována v řídicím systému parametrem GAGE_HT_MM).
3. V třetí fázi dochází ke spuštění vřetena a samotnému vrtání stanoveným posuvem až na úroveň definované hloubky díry.
4. Výjezd rychloposuvem do bezpečné roviny či do roviny zadané slovem s adresou W.

Cyklus G81 má následující strukturu:

Nx G81 Xx Yx Zx Rx Sx Mx Fx

přičemž význam jednotlivých slov je následující:

- Číslo bloku **N** – číslo bloku (bloky jsou obvykle číslovány v desítkové řadě – tedy N10, N20, N30, a v případě, že je třeba mezi ně vložit další, označíme ho pak například N15).
- Typ vrtacího cyklu **G81** – určuje nám konkrétní způsob vrtání. Stroj dokáže zaznamenáním tohoto jediného příkazu určit jakým způsobem má celé vrtání proběhnout. Všechna ostatní slova bloku nám již jen definují jednotlivé parametry či adresy vrtacího cyklu a dodávají jim konkrétní číselnou hodnotu.
- Adresy **X** a **Y** – udávají nám souřadnice středu vrtaného otvoru. Zadání adresy nám slouží jako pokyn k rychloposuvu na danou pozici.

- Hloubka zavrtání **Z** – tato adresa nám udává hloubku vrtaného otvoru.
- Rovina **R** – Udává nám rovinu vrcholu otvoru v ose vřetena (Z).
- Otáčky **S** – udává nám rychlost otáčení vřetene v otáčkách za minutu.
- Adresa **M** – adresy M jsou tzv. pomocné funkce. V tomto případě nastavuje smysl otáčení, přičemž:
 - M3 – spouští otáčky ve směru hodinových ručiček (CW)
 - M4 – spouští otáčky proti směru hodinových ručiček (CCW)
- Posuv **F** – udává nám rychlost posuvu v průběhu operace v mm/min.
- Číselná hodnota **x** – jedná se o významovou část slov a jeho význam je dle adresy

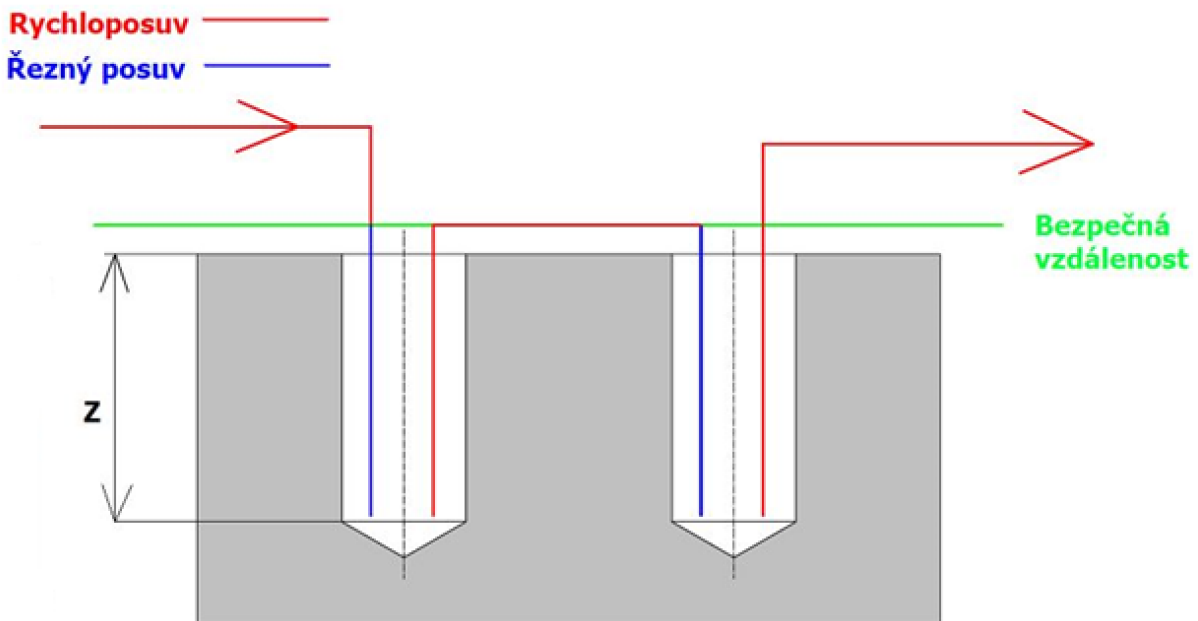
Příklad:

Generovaný příkazový blok pak může vypadat například takto:

N80 G81 X100. Y50. Z20.0 R50.0 S500 M3 F200.0

Tento konkrétní blok číslo 80 bude vrtat v souřadnicích $X = 100$ mm a $Y = 50$ mm. Vrchol otvoru je na souřadnici $Z = 50$ mm (definováno slovem R). Hloubka otvoru je 20 mm (slovo Z) (definováno od jejího vrcholu). Smysl otáčení nástroje bude pravý (slovo M), přičemž rychlost otáčení bude 500 otáček za minutu (slovo S) a pracovní posuv bude probíhat rychlostí 200 mm za minutu.

Celý cyklus je znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7 Znárodnění vrtacího procesu s užitím cyklu G81

3.2 Vrtací cyklus G82

Tento vrtací cyklus je v podstatě rozšířenou verzí příkazu G81. Na rozdíl od něj však již umožňuje prodlevu na dně díry a zpomalení posuvu v poslední fázi vrtání. Při užití tohoto cyklu najede nástroj rychloposuvem na úroveň bezpečné vzdálenosti, poté se definovanou rychlostí zavrtá do materiálu až na úroveň definované dokončovací hloubky. Poté pokračuje ve vrtání až na zadanou hloubku díry, ve které se posuv zastaví na dobu zadaným časem prodlevy. Po jejím uplynutí nástroj zase vystoupá na úroveň bezpečné vzdálenosti a může provádět další blok.

Podrobný popis jednotlivých fází cyklu G82:

1. V první fázi probíhá rychloposuv ve všech osách, kromě osy vřetena, na předepsanou polohu (na standardní tříosé frézce tedy v osách X a Y).
2. V druhé fázi probíhá rychloposuv v ose vřetena (na standardní tříosé frézce tedy v ose Z) směrem k materiálu a to až na úroveň bezpečné vzdálenosti (definována v řídicím systému parametrem GAGE_HT_MM).
3. V třetí fázi dochází ke spuštění vřetena a samotnému vrtání stanoveným posuvem až na úroveň definované dokončovací hloubky díry (definována v řídicím systému parametrem G82_FIN_DPTH).
4. Ve čtvrté fázi vrtání pokračuje s dokončovací rychlostí posuvu (definována v řídicím systému parametrem G82_FEED_FAC).
5. V páté fázi dojde k zastavení posuvu na konečné hloubce díry, a to na dobu definovanou zadaným časem prodlevy (definován v řídicím systému parametrem G82_DWELL)
6. Výjezd rychloposuvem na úroveň bezpečné vzdálenosti nebo na jinou definovanou hodnotu.

Cyklus G82 má následující strukturu:

Nx G82 Xx Yx Zx Rx Sx Mx Fx

příčemž význam jednotlivých slov je následující:

- Číslo bloku **N** – číslo bloku (bloky jsou obvykle číslovány v desítkové řadě – tedy N10, N20, N30, a v případě, že je třeba mezi ně vložit další, označíme ho pak například N15).
- Typ vrtacího cyklu **G82** – určuje nám konkrétní způsob vrtání. Stroj dokáže zaznamenáním tohoto jediného příkazu určit jakým způsobem má celé vrtání

proběhnout. Všechna ostatní slova bloku nám již jen definují jednotlivé parametry či adresy vrtacího cyklu a dodávají jim konkrétní číselnou hodnotu.

- Adresy **X** a **Y** – udávají nám souřadnice středu vrtaného otvoru. Zadání adresy nám slouží jako pokyn k rychloposuvu na danou pozici.
- Hloubka zavrtání **Z** – tato adresa nám udává hloubku vrtaného otvoru.
- Rovina **R** – Udává nám rovinu vrcholu otvoru v ose vřetena (Z).
- Otáčky **S** – udává nám rychlost otáčení vřetene v otáčkách za minutu.
- Adresa **M** – adresy M jsou tzv. pomocné funkce. V tomto případě nastavuje smysl otáčení, přičemž:
 - M3 – spouští otáčky ve směru hodinových ručiček (CW)
 - M4 – spouští otáčky proti směru hodinových ručiček (CCW)
- Posuv **F** – udává nám rychlost posuvu v průběhu operace v mm/min.
- Číselná hodnota **x** – jedná se o významovou část slov a jeho význam je dle adresy slova

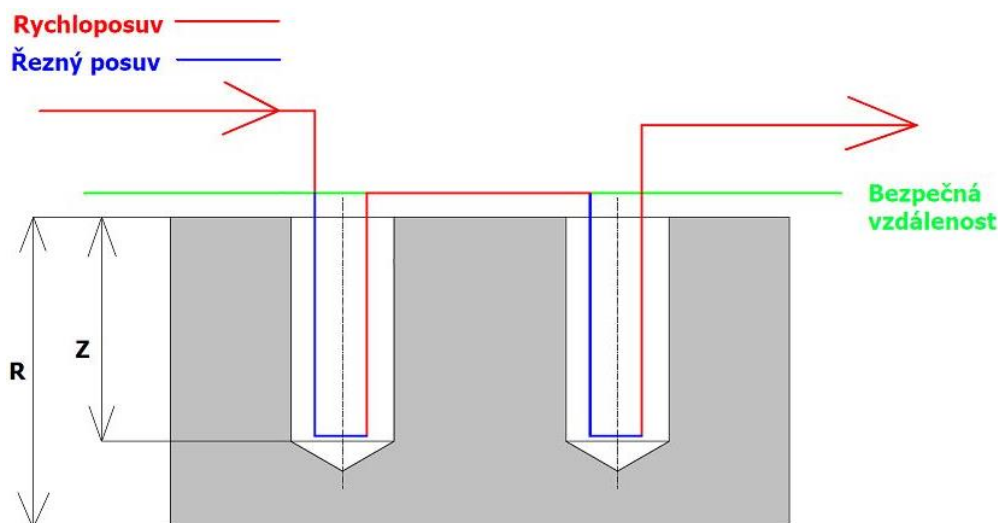
Příklad:

Generovaný příkazový blok pak může vypadat například takto:

N80 G82 X100. Y50. Z20.0 R50.0 S500 M3 F200.0

Tento konkrétní blok číslo 80 bude vrtat v souřadnicích $X = 100$ mm a $Y = 50$ mm. Vrchol otvoru je na souřadnici $Z = 50$ mm (definováno slovem R). Hloubka otvoru je 20 mm (slovo Z) (definováno od jejího vrcholu). Smysl otáčení nástroje bude pravý (slovo M), přičemž rychlost otáčení bude 500 otáček za minutu (slovo S) a pracovní posuv bude probíhat rychlostí 200 mm za minutu.

Celý cyklus je znázorněn na obrázku 8.



Obrázek 8 Znáornění vrtacího procesu s užitím cyklu G82

3.3 Vrtací cyklus G83

Tento cyklus je určen pro vrtání hlubokých děr. Obecně mluvíme o hloubkovém vrtání v případě, že je hloubka díry desetkrát větší než její průměr. V tomto případě je ovšem rozhodujícím faktorem, zda bude třeba během procesu vrtání přerušovat kvůli lámání nebo přímo odstranění třísek.

Podrobný popis jednotlivých fází cyklu G83:

1. V první fázi probíhá rychloposuv ve všech osách, kromě osy vřetena, na předepsanou polohu (na standardní třísové frézce tedy v osách X a Y).
2. V druhé fázi probíhá rychloposuv v ose vřetena (na standardní třísové frézce tedy v ose Z) směrem k materiálu, a to až na úroveň bezpečné vzdálenosti (definována v řídicím systému parametrem GAGE_HT_MM).
3. Během třetí fáze dochází k vrtání otvoru, které je přerušováno v intervalech definovaných slovy J a K.
4. Výjezd rychloposuvem na úroveň bezpečné vzdálenosti nebo na jinou definovanou hodnotu.

Cyklus G83 má následující strukturu:

Nx G83 Xx Yx Zx Rx Sx Mx Fx Jx Kx

přičemž význam jednotlivých slov je následující:

- Číslo bloku **N** – číslo bloku (bloky jsou obvykle číslovány v desítkové řadě – tedy N10, N20, N30, a v případě, že je třeba mezi ně vložit další, označíme ho pak například N15).
- Typ vrtacího cyklu **G83** – určuje nám konkrétní způsob vrtání. Stroj dokáže zaznamenáním tohoto jediného příkazu určit jakým způsobem má celé vrtání proběhnout. Všechna ostatní slova bloku nám již jen definují jednotlivé parametry či adresy vrtacího cyklu a dodávají jim konkrétní číselnou hodnotu.
- Adresy **X** a **Y** – udávají nám souřadnice středu vrtaného otvoru. Zadání adresy nám slouží jako pokyn k rychloposuvu na danou pozici.
- Hloubka zavrtání **Z** – tato adresa nám udává hloubku vrtaného otvoru.
- Rovina **R** – Udává nám rovinu vrcholu otvoru v ose vřetena (Z).
- Otáčky **S** – udává nám rychlost otáčení vřetene v otáčkách za minutu.

- Adresa **M** – adresy M jsou tzv. pomocné funkce. V tomto případě nastavuje smysl otáčení, přičemž:

M3 – spouští otáčky ve směru hodinových ručiček (CW)

M4 – spouští otáčky proti směru hodinových ručiček (CCW)

- Posuv **F** – udává nám rychlost posuvu v průběhu operace v mm/min.
- Slovo **J** – určuje jak bude vrtání pomocí cyklu G83 probíhat (viz. níže)
- Slovo **K** – určuje nám hloubku zavrtání mezi dvěma přerušeními vrtání.
- Číselná hodnota **x** – jedná se o významovou část slov a jeho význam je dle adresy slova

Abychom mohli cyklu G83 sdělit jakým způsobem má během vrtání postupovat, musíme do příkazového bloku začlenit nové slovo – **J**. Hodnota tomuto slovu přiřazená nám určuje, jakým způsobem bude vrtání pomocí cyklu G83 probíhat a které složky do něj budou začleněny. Možnosti jsou následující:

- **J1** nebo **J11** – Lámání třísek. Při zadání těchto hodnot bude nástroj přerušovat řez, přičemž rychloposuvem vystoupá o hodnotu definovanou systémovým parametrem G83_RET_DIST zpět v ose vřetene. Ihned poté pokračuje definovanou posuvovou rychlostí v procesu. Lámání třísek je optimální pro materiály s plynulou třískou, kterou můžeme s pomocí slov J1 nebo J11 lámat na menší segmenty a tím předejít možným komplikacím.
- **J2** nebo **J12** – Odstraňování třísek. Při zadání těchto hodnot již dochází nejen k přerušení třísky, nýbrž i jejímu odstranění částečným vysutím nástroje z vrtaného otvoru. Nástroj při tomto nastavení bude přerušovat řez, přičemž rychloposuvem vystoupá o hodnotu definovanou systémovým parametrem G83_SHRT_RET zpět v ose vřetene a poté bude stoupat dál a to až do definované vzdálenosti pod úroveň referenční roviny (tedy pod úroveň vrcholu otvoru). Tím dojde k odstranění velké části třísek a nástroj poté dojde rychloposuvem zpět na hodnotu definovanou systémovým parametrem G83_RELIEF nad úroveň aktuální hladiny řezu a poté bude standardním posuvem pokračovat ve vrtacím procesu.
- **J3** nebo **J13** – Odstraňování třísek. Takto definovaný vrtací cyklus je ve všech fázích stejný jako ten definovaný příkazy J2 a J12. Rozdíl je ten, že při této volbě nástroj během přerušení řezu vystoupá až na úroveň bezpečné roviny, čímž zcela uvolní vrtaný otvor a nástroj poté dojde rychloposuvem zpět na hodnotu definovanou systémovým parametrem G83_RELIEF nad úroveň aktuální hladiny řezu a poté bude standardním posuvem pokračovat ve vrtacím procesu.

Slovo J může mít buď variabilní nebo absolutní charakter. Hloubka jednotlivých zavrtání (tedy osová vzdálenost mezi dvěma přerušeními) je dána adresou **K**.

- **J1, J2 a J3** – Variabilní hloubka zavrtání. Tato volba vychází z jednoduché úvahy, že v první fázi vrtacího cyklu se vlastně ještě o hloubkové vrtání nejedná, protože hloubka vyvrtaného otvoru je ještě vůči svému průměru relativně malá. Proto při této volbě dojde k prvnímu přerušení až po zavrtání odpovídajícímu trojnásobku hodnoty K (hloubka prvního přerušení je tedy 3x K pod úrovní vrcholu díry), podruhé dvojnásobku hodnoty K (tedy 5x K pod úrovní vrcholu díry) a všechna další přerušení pak již následují vždy v intervalu odpovídající rozměru K (tedy třetí přerušení bude v hloubce odpovídající 6x K, čtvrté v hloubce 7x K,...).
- **J11, J12 a J13** – Absolutní hloubka zavrtání. Proces je v rámci celého svého průběhu přerušován vždy v intervalu definovaném adresou K.

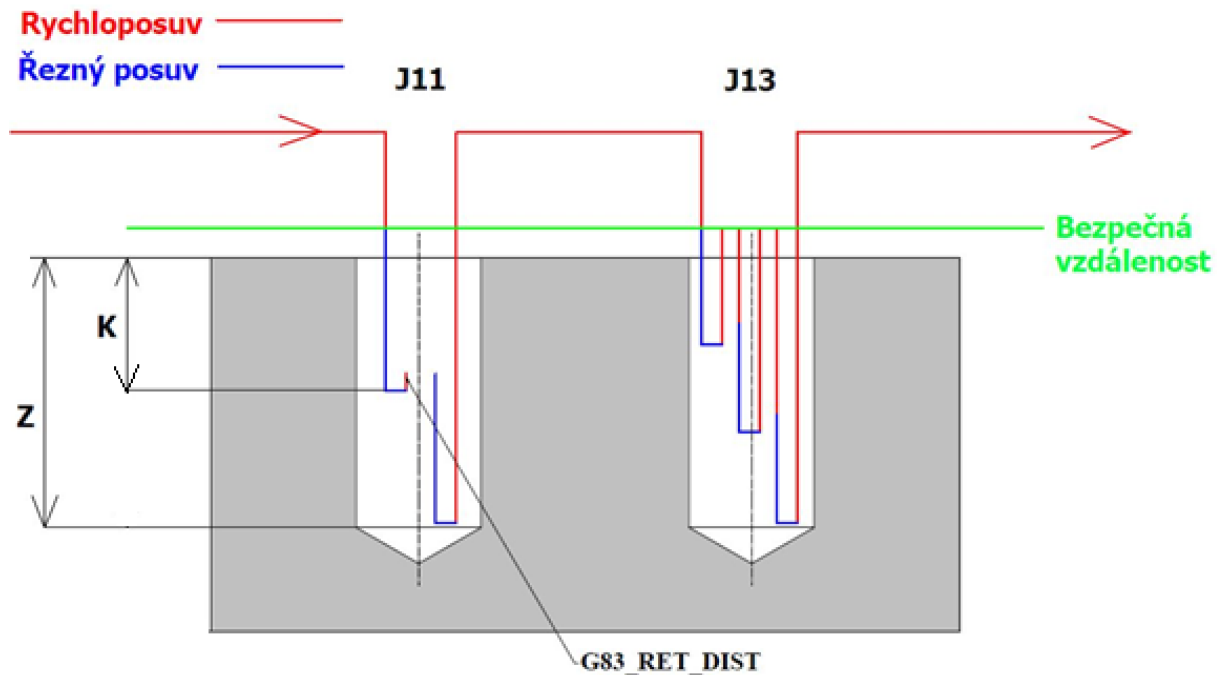
Příklad:

Generovaný příkazový blok pak může vypadat například takto:

N80 G83 X100. Y50. Z100.0 R50.0 S500 M3 F200.0 J2 K10

Tento konkrétní blok číslo 80 bude vrtat v souřadnicích $X = 100$ mm a $Y = 50$ mm. Vrchol otvoru je na souřadnici $Z = 50$ mm (definováno slovem R). Hloubka otvoru je 100 mm (slovo Z) (definováno od jejího vrcholu). Smysl otáčení nástroje bude pravý (slovo M), přičemž rychlost otáčení bude 500 otáček za minutu (slovo S) a pracovní posuv bude probíhat rychlostí 200 mm za minutu. Nástroj se napoprvé zavrtá do hloubky $Z = 30$ mm a následně se vrátí na systémově definovanou hladinu pod úrovní vrcholu díry. Poté se nástroj zavrtá do hloubky $Z = 50$ mm a následně se znovu vrátí na systémově definovanou hladinu pod úrovní vrcholu díry. Poté se nástroj zavrtá do hloubky 60 mm a následně se vrátí na systémově definovanou hladinu pod úrovní vrcholu díry. Poté se nástroj zavrtá do hloubky 70 mm a následně na systémově definovanou hladinu pod úrovní vrcholu díry. A takto bude po deseti milimetrech pokračovat až do definované hloubky otvoru $Z = 100$ mm.

Celý cyklus je znázorněn na obrázku 9.



Obrázek 9 Znárodnění vrtacího procesu s užitím cyklu G83

3.4 Závitovací cyklus G84

Závitovací cyklus G84 je určený pro užití závitníků, upnutých v plovoucích upínacích pouzdrech.

Podrobný popis jednotlivých fází cyklu G84:

1. V první fázi probíhá rychloposuv ve všech osách, kromě osy vřeten, na předepsanou polohu (na standardní tříosé frézce tedy v osách X a Y).
2. V druhé fázi probíhá rychloposuv v ose vřeten (na standardní tříosé frézce tedy v ose Z) směrem k materiálu, a to až na úroveň bezpečné vzdálenosti (definována v řídicím systému parametrem GAGE_HT_MM).
3. V třetí fázi probíhá tvorba závitu. Závitník se za definovaných podmínek zařezává ve směru osy Z, přičemž v pravidelných intervalech provádí reverzaci otáček.

Vzhledem k nutnosti naprosto přesné synchronizace mezi posuvem a otáčkami, vypíná cyklus G84 automaticky možnost manuálního ovládání posuvové rychlosti, která je generována na základě rychlosti otáčení.

Cyklus G84 má následující strukturu:

Nx G84 Xx Yx Zx Rx Sx Mx Fx Jx

přičemž význam jednotlivých slov je následující:

- Číslo bloku **N** – číslo bloku (bloky jsou obvykle číslovány v desítkové řadě – tedy N10, N20, N30, a v případě, že je třeba mezi ně vložit další, označíme ho pak například N15).
- Typ vrtacího cyklu **G83** – určuje nám konkrétní způsob vrtání. Stroj dokáže zaznamenáním tohoto jediného příkazu určit jakým způsobem má celé vrtání proběhnout. Všechna ostatní slova bloku nám již jen definují jednotlivé parametry či adresy vrtacího cyklu a dodávají jim konkrétní číselnou hodnotu.
- Adresy **X** a **Y** – udávají nám souřadnice středu vrtaného otvoru. Zadání adresy nám slouží jako pokyn k rychloposuvu na danou pozici.
- Hloubka závitu **Z** – tato adresa nám udává hloubku výsledného závitu.
- Rovina **R** – Udává nám rovinu vrcholu otvoru v ose vřetena (**Z**).
- Otáčky **S** – udává nám rychlost otáčení vřetene v otáčkách za minutu.
- Adresa **M** – adresy **M** jsou tzv. pomocné funkce. V tomto případě nastavuje smysl otáčení, přičemž:
 - M3 – spouští otáčky ve směru hodinových ručiček (CW)
 - M4 – spouští otáčky proti směru hodinových ručiček (CCW)
- Posuv **F** – udává nám rychlost posuvu v průběhu operace v mm/min.
- Adresa **J** – Multiplikátor rychlosti posuvu. Rychlost otáčení během zpětného posuvu je násobkem hodnoty slova **J**. Tedy Mám-li nastavenou rychlost otáčení S300 a slovo **J** nabývá hodnoty 2 (tedy J2), bude zpětná rychlost otáčení 600 otáček za minutu. V případě S300 a J3 potom 900 otáček za minutu.
- Číselná hodnota **x** – jedná se o významovou část slov a jeho význam je dle adresy slova

Příklad:

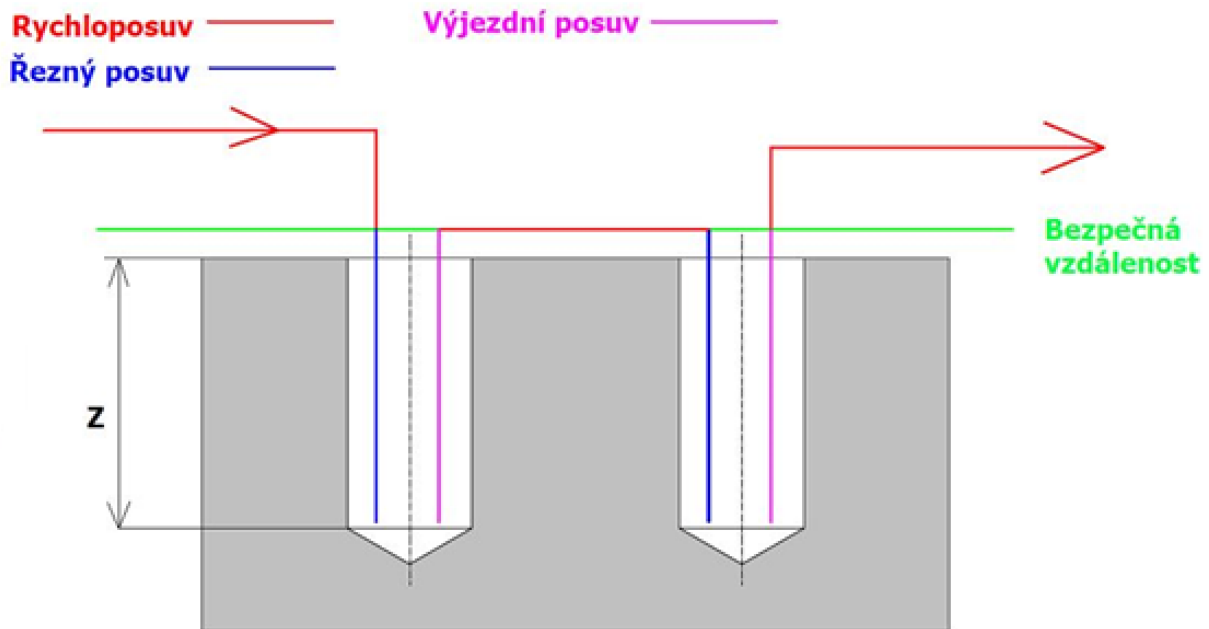
Generovaný příkazový blok pak může vypadat například takto:

N80 G84 X100. Y50. Z100.0 R50.0 S500 M3 F200.0 J2

Tento konkrétní blok číslo 80 bude tvořit závit v otvoru v souřadnicích $X = 100$ mm a $Y = 50$ mm. Vrchol otvoru je na souřadnici $Z = 50$ mm (definováno slovem **R**). Hloubka otvoru je 100 mm (slovo **Z**) (definováno od jejího vrcholu). Smysl otáčení nástroje bude pravý (slovo **M**), přičemž rychlost otáčení bude 500 otáček za minutu (slovo **S**) a pracovní posuv bude

probíhat rychlostí 200 mm za minutu. Řez bude v definovaných intervalech přerušován a během přerušování dojde k reverzaci otáčení, které bude probíhat rychlostí 400 mm za minutu. (slovo J).

Závitovací cyklus G84 je (bez přerušování) znázorněn na obrázku 10.



Obrázek 10 Znáornění vrtacího procesu s užitím cyklu G84

3.5 Závitovací cyklus G84.1

Závitovací cyklus G84.1 je určený pro užití závitníků, upnutých tuhým způsobem. Výhodou takového upnutí je maximální kontrola nad výsledným závitem či jeho hloubkou a současně nabízí mnohem levnější možnosti upnutí než plovoucí upínač. Ve výsledku tak máme levnější proces tvořící jakostnější výrobky s mnohem větší opakovatelností, než jakou nám poskytuje cyklus G84. Tyto výhody jsou však vykoupeny nutností mnohem větší preciznosti seřízení stroje, protože každá nepřesnost může mít za následek zničení nástroje a poškození nebo i zničení obrobku.

Podrobný popis jednotlivých fází cyklu G84.1:

1. V první fázi probíhá rychloposuv ve všech osách, kromě osy vřetena, na předepsanou polohu (na standardní tříosé frézce tedy v osách X a Y).
2. V druhé fázi probíhá rychloposuv v ose vřetena (na standardní tříosé frézce tedy v ose Z) směrem k materiálu, a to až na úroveň bezpečné vzdálenosti (definována v řídicím systému parametrem GAGE_HT_MM).

3. Ve třetí fázi dojde k zastavení vřetene na úrovni bezpečné vzdálenosti.
4. Ve čtvrté fázi začne samotný proces závitování. Posuv je velice přesně koordinován s otáčkami a je pravidelně přerušován, po čemž vždy následuje zrychlené reverzní otáčení (podrobněji je popsáno níže).
5. Před každým přerušením a poté i na konci definované délky závitu dojde před reverzací otáčení k prodlevě definované systémovým parametrem G84_DWELL.
6. V šesté fázi dochází k vyjetí do bezpečné vzdálenosti pomocí reverzního otáčení.
7. Je-li zadána adresa W, potom nástroj z roviny bezpečné vzdálenosti vystoupá rychloposuvem až do této roviny.

Proces je přerušován vždy po dosažení konkrétního přírůstku, definovaného slovem **K**. Během přerušování udělá nástroj několik otáček vzad (tedy v opačném směru než je stoupání závitu). Jejich počet nám určuje slovo **P**. Rychlost zpětného chodu je stanovena pomocí tzv. multiplikátoru rychlosti posuvu. Přenásobením řezné rychlosti tímto indexem získáme výstupní posuvovou rychlost. Multiplikátor rychlosti posuvu je určen slovem **J** (pokud by takto získaná hodnota překračovala maximální možnou rychlost stroje, bude zařazena maximální rychlost zařízení).

V případě že by slovo **K** bylo rovno nule nebo nebylo do bloku zařazeno, bude ignorováno i slovo **P**. V případě že slovu **K** bude přiřazena nenulová hodnota a slovo **P** nebude stanoveno nebo bude jeho hodnota nulová, bude hodnota určena tabulkově – tedy dle systémového nastavení parametrem G84_CHIP_BRK.

Cyklus G84.1 má následující strukturu:

Nx G84.1 Xx Yx Zx Rx Sx Mx Fx Jx Kx Px

přičemž význam jednotlivých slov je následující:

- Číslo bloku **N** – číslo bloku (bloky jsou obvykle číslovány v desítkové řadě – tedy N10, N20, N30, a v případě, že je třeba mezi ně vložit další, označíme ho pak například N15).
- Typ vrtacího cyklu **G83** – určuje nám konkrétní způsob vrtání. Stroj dokáže zaznamenáním tohoto jediného příkazu určit jakým způsobem má celé vrtání proběhnout. Všechna ostatní slova bloku nám již jen definují jednotlivé parametry či adresy vrtacího cyklu a dodávají jim konkrétní číselnou hodnotu.

- Adresy **X** a **Y** – udávají nám souřadnice středu vrtaného otvoru. Zadání adresy nám slouží jako pokyn k rychloposuvu na danou pozici.
- Hloubka závitu **Z** – tato adresa nám udává hloubku výsledného závitu.
- Rovina **R** – Udává nám rovinu vrcholu otvoru v ose vřetena (**Z**).
- Otáčky **S** – udává nám rychlost otáčení vřetene v otáčkách za minutu.
- Adresa **M** – adresy **M** jsou tzv. pomocné funkce. V tomto případě nastavuje smysl otáčení, přičemž:
 - M3 – spouští otáčky ve směru hodinových ručiček (**CW**)
 - M4 – spouští otáčky proti směru hodinových ručiček (**CCW**)
- Posuv **F** – udává nám rychlost posuvu v průběhu operace v mm/min.
- Adresa **J** – Multiplikátor rychlosti posuvu. Rychlost otáčení během zpětného posuvu je násobkem hodnoty slova **J**. Mám-li tedy nastavenou rychlost otáčení **S300** a slovo **J** nabývá hodnoty **2** (tedy **J2**), bude zpětná rychlost otáčení **600** otáček za minutu. V případě **S300** a **J3** potom **900** otáček za minutu.
- Adresa **K** – udává nám výšku přírůstku po kterém dojde k přerušení. Nebude-li uvedena, nebude k žádným přerušením řezu docházet.
- Adresa **P** – Určuje nám počet závitů, o které se nástroj během reverzace otáček vrátí.
- Číselná hodnota **x** – jedná se o významovou část slov a jeho význam je dle adresy slova

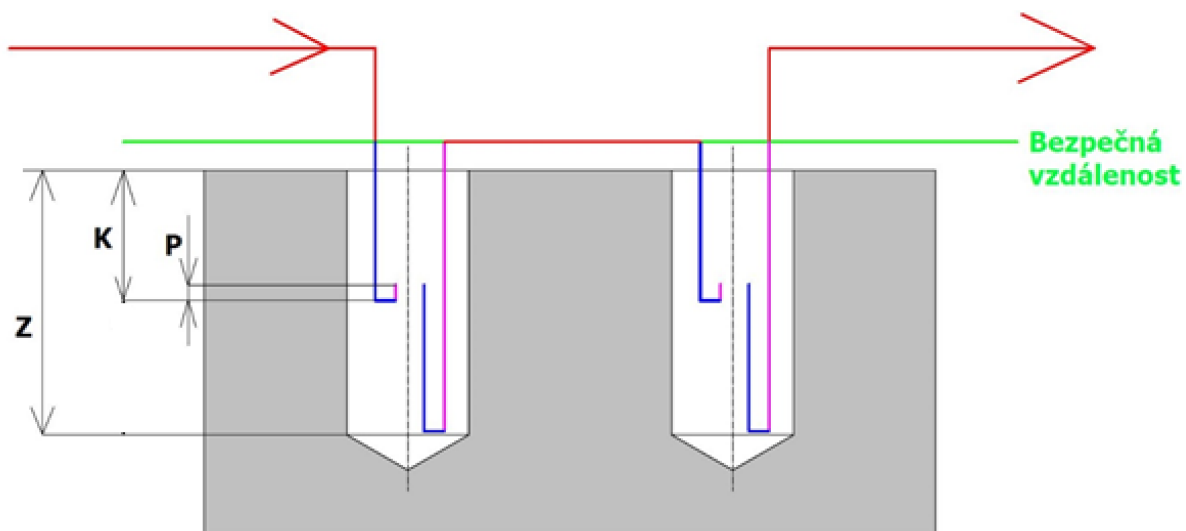
Příklad:

Generovaný příkazový blok pak může vypadat například takto:

N80 G84.1 X100. Y50. Z50.0 R50.0 S500 M3 F200.0 J2 K10 P3

Tento konkrétní blok číslo **80** bude tvořit závit v otvoru v souřadnicích **X = 100 mm** a **Y = 50 mm**. Vrchol otvoru je na souřadnici **Z = 50 mm** (definováno slovem **R**). Hloubka otvoru je **50 mm** (slovo **Z**) (definováno od jejího vrcholu). Smysl otáčení nástroje bude pravý (slovo **M**), přičemž rychlost otáčení bude **500** otáček za minutu (slovo **S**) a pracovní posuv bude probíhat rychlostí **200 mm** za minutu. Řez bude po každých **10 mm** přerušován (tedy v tomto případě v hloubce **10, 20, 30** a **40 mm**) (slovo **K**), počemž dojde k reverzaci otáčení, čímž se nástroj posune o tři závity zpět (slovo **P**).

Závítovací cyklus G84.1 je (bez přerušování) znázorněn na obrázku 11.



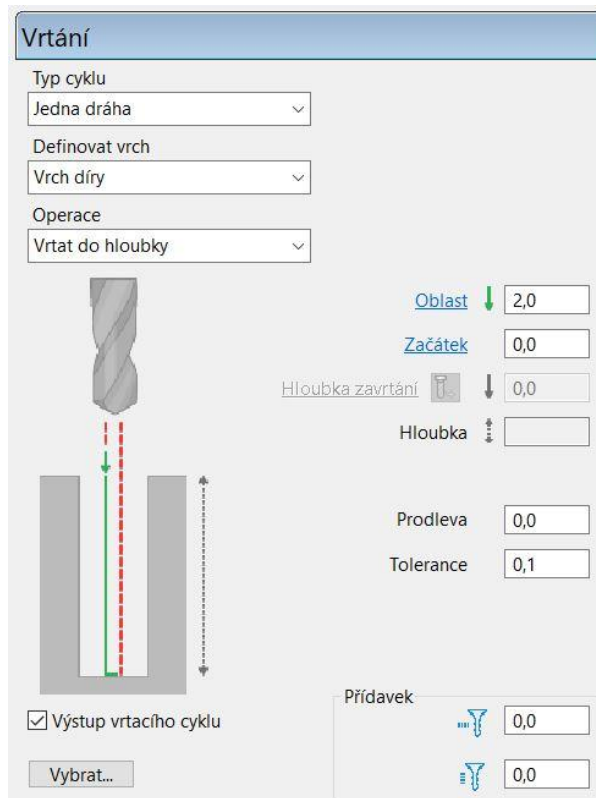
Obrázek 11 Znáznornění vrtacího procesu s užitím cyklu G84

4. Cykly definované v programu PowerMill

V této kapitole předkládám výčet vrtacích a závitovacích cyklů, definovaných v programu Autodesk PowerMill 2020.

4.1 Jedna dráha

Cyklus jedna dráha umožňuje jednoduché, nepřerušované vrtání s prodlevou po dosažení předepsané hloubky. Možnost nastavení hloubky díry je omezená dle volby operace (v nastaveních „Vrtat do hloubky“, „Plný průměr“ a „Díra skrz“ je hloubka odečítána automaticky z modelu). Rovněž je možné nadefinovat rovinu přiblížení (nastavení „Oblast“). Taktéž je možné nastavit prodlevu na konci dráhy. V rámci nastavení umožňuje tento cyklus nastavit rychlost pracovního posuvu jako proměnnou v několika hladinách vrtaného otvoru, a to buď pro běžné vrtání v nastavení „Redukce posuvu“ nebo pro vrtání dutých obrobků (typicky například radiální vrtání hřídelového náboje) v nastavení „Posuv průsečíku“.



Obrázek 12 Cyklus jedna dráha

Pracovní cyklus jedna dráha probíhá následujícím způsobem:

1. Rychloposuv na rovinu přiblížení.
2. Spuštění otáček a řezného posuvu.
3. Vrtání celé hloubky díry pracovním posuvem.
4. Po dosažení požadované hloubky buď okamžité vyjetí rychloposuvem nebo setrvání po dobu prodlevy a následné vyjetí rychloposuvem na úroveň bezpečné vzdálenosti.

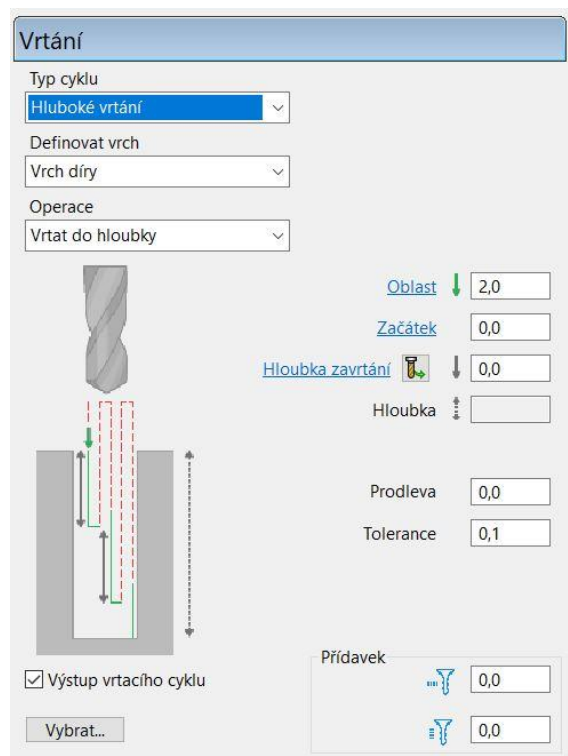
4.2 Hluboké vrtání

Cyklus hluboké vrtání (v praxi takovýto cyklus obvykle nazýváme vrtání s výplachem) umožňuje hloubkové vrtání – tedy obecně takové, při kterém je hloubka vrtaného otvoru alespoň desetkrát větší, než je její průměr. Vrtání definované tímto cyklem probíhá přerušovaně. Přerušování probíhá cyklicky, vždy po zavrtání do určité hloubky, kterou je možno nadefinovat v poli „Hloubka zavrtání“, přičemž nástroj po každém přerušování rychloposuvem vystoupá buď na rovinu přiblížení (hladinu spuštění řezného posuvu) nebo do roviny bezpečné vzdálenosti (můžeme volit v nastavení „Odjezd“), čímž dojde k odstranění třísek. Rovinu přiblížení je možné nastavit v poli „Oblast“.

Program rovněž umožňuje nastavit dobu prodlevy na dně díry, která pak proběhne po každém zavrtání. Možnost nastavení hloubky díry je omezená dle volby operace (v nastaveních „Vrtat do hloubky“, „Plný průměr“ a „Díra skrz“ je hloubka odečítána automaticky z modelu). V rámci nastavení umožňuje tento cyklus nastavit rychlost pracovního posuvu jako proměnnou v několika hladinách vrtaného otvoru, a to buď pro běžné vrtání v nastavení „Redukce posuvu“ nebo pro vrtání dutých obrobků (typicky například radiální vrtání hřídelového náboje) v nastavení „Posuv průsečíku“.

Pracovní cyklus hluboké vrtání probíhá následujícím způsobem:

1. Rychloposuv na rovinu přiblížení
2. Spuštění otáček a řezného posuvu
3. Vrtání do nastavené „Hloubky zavrtání“.
4. Je-li nastavena prodleva (tedy je-li její hodnota nenulová), setrvá po její dobu nástroj v hladině aktuální hloubky zavrtání.
5. Rychloposuv dle nastavení buď na rovinu přiblížení nebo do roviny bezpečné vzdálenosti.
6. Tento proces je opakován až do vyvrtání požadované hloubky díry. Po jejím dosažení setrvá nástroj po dobu prodlevy (je-li nastavena) na jejím dně a poté rychloposuvem vystoupá do roviny bezpečné vzdálenosti.



Obrázek 13 Cyklus hluboké vrtání

4.3 Přerušované vrtání

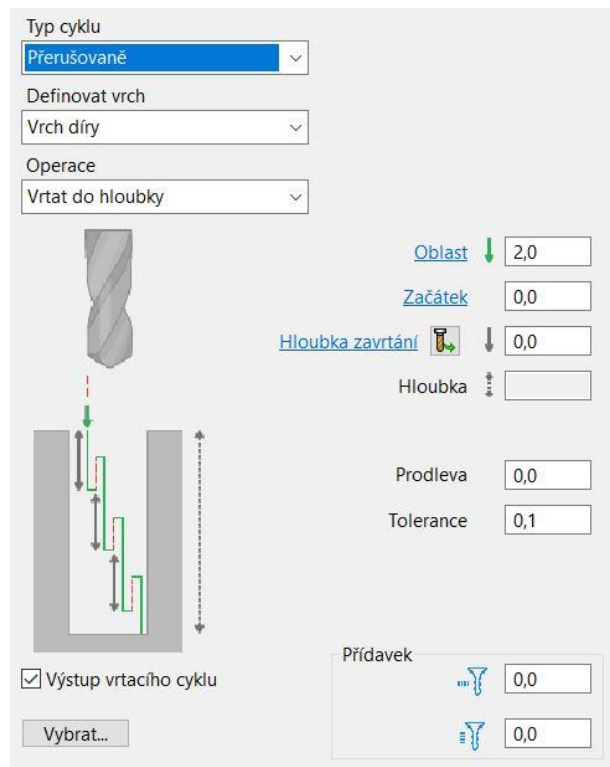
Cyklus přerušovaného vrtání (v praxi takovýto cyklus obvykle nazýváme vrtání s přerušováním třísky) umožňuje jednoduché přerušované vrtání s prodlevou před každým přerušením řezu.

Přerušování probíhá cyklicky vždy po zavrtání do určité hloubky, kterou je možno nadefinovat v poli Hloubka zavrtání, přičemž nástroj po každém přerušování rychloposuvem vystoupá o systémem definovanou vzdálenost zpět. Program rovněž umožňuje nastavit dobu prodlevy na dně díry, která pak proběhne po každém zavrtání. Možnost nastavení hloubky díry je omezená dle volby operace (v nastaveních „Vrtat do hloubky“, „Plný průměr“ a „Díra skrz“ je hloubka odečítána automaticky z modelu).

V rámci nastavení umožňuje tento cyklus nastavit rychlost pracovního posuvu jako proměnnou v několika hladinách vrtaného otvoru a to buď pro běžné vrtání v nastavení „Redukce posuvu“ nebo pro vrtání dutých obrobků (typicky například radiální vrtání hřídelového náboje) v nastavení „Posuv průsečíku“.

Pracovní cyklus hluboké vrtání probíhá následujícím způsobem:

1. Rychloposuv na rovinu přiblížení
2. Spuštění otáček a řezného posuvu
3. Vrtání do nastavené „Hloubky zavrtání“.
4. Je-li nastavena prodleva (tedy je-li její hodnota nenulová), setrvá po její dobu nástroj v hladině aktuální hloubky zavrtání.
5. Rychloposuv o systémem definovanou vzdálenost zpět.
6. Zavrtání o další stupeň „Hloubky zavrtání“ řezným posuvem.
7. Tento proces je opakován až do vyvrtání požadované hloubky díry. Po jejím dosažení setrvá nástroj po dobu prodlevy (je-li nastavena) na jejím dně a poté rychloposuvem vystoupá do roviny bezpečné vzdálenosti.



Obrázek 14 Cyklus přerušované vrtání

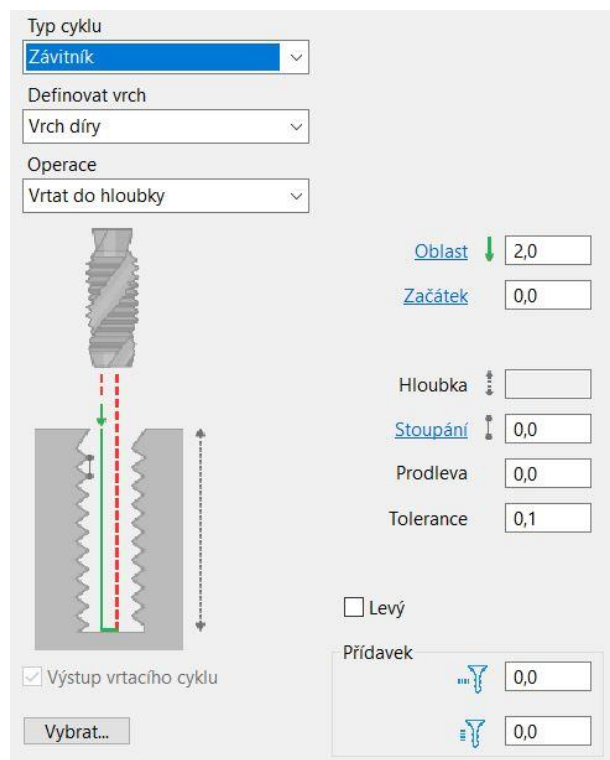
4.4 Závítování

Závítovací cyklus je určený pro tvorbu vnitřních závitů pomocí závitníku upnutého v plovoucím (pružinovém) pouzdře.

Cyklus umožňuje nadefinovat rovinu přiblížení (nastavení „Oblast“), stoupání závitu a prodlevu na konci hloubky závitu. Možnost nastavení hloubky závitu je omezená dle volby operace (v nastaveních „Vrtat do hloubky“, „Plný průměr“ a „Díra skrz“ je hloubka odečítána automaticky z modelu). Není ovšem umožněno přerušování v průběhu řezu. Rovněž je samozřejmě možné volit mezi levým a pravým závitem.

Pracovní cyklus závítování probíhá následujícím způsobem:

1. Rychloposuv na rovinu přiblížení.
2. Spuštění otáček a řezného posuvu.
3. Závítování do nastavené „Hloubky“.
4. Je-li nastavena prodleva (tedy je-li její hodnota nenulová), setrvá po její dobu nástroj v pozici.
5. Spuštění reverzních otáček a rychloposuv na úroveň bezpečné vzdálenosti.

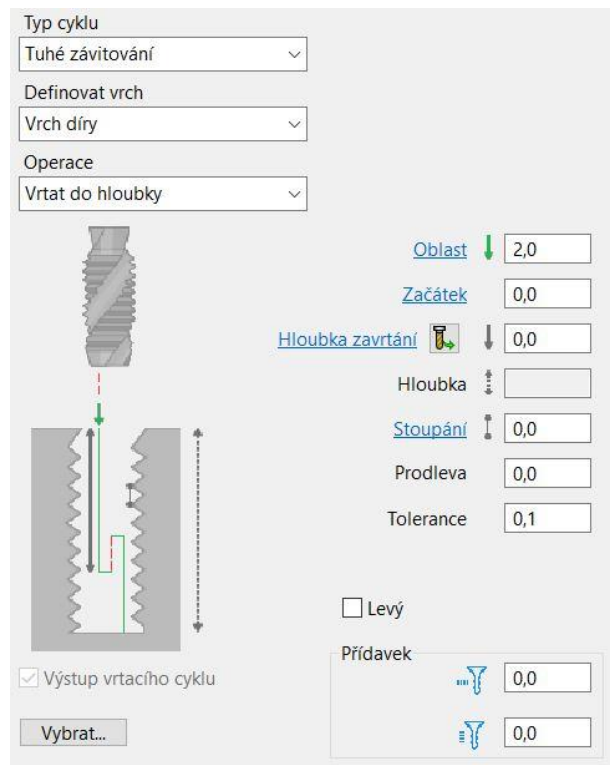


Obrázek 15 Závítovací cyklus

4.5 Tuhé závitování

Cyklus tuhé závitování je určen pro tvorbu vnitřních závitů pomocí závitníku upnutého v tuhém upínači.

Cyklus umožňuje nadefinovat rovinu přiblížení (nastavení „Oblast“), stoupání závitu a prodlevu na konci hloubky závitu. Možnost nastavení hloubky závitu je omezená dle volby operace (v nastaveních „Vrtat do hloubky“, „Plný průměr“ a „Díra skrz“ je hloubka odečítána automaticky z modelu). Na rozdíl od běžného závitování (cyklus „Závitník“) umožňuje tento cyklus přerušovaný řez. Přerušování probíhá cyklicky vždy po dosažení určité hloubky, kterou je možno nadefinovat v poli „Hloubka zavrtání“, přičemž nástroj po každém přerušování rychloposuvem vystoupá o systémem definovanou vzdálenost zpět. Program rovněž umožňuje nastavit dobu prodlevy na dně díry, která pak proběhne při každém přerušování mezi ukončením řezného posuvu a spuštěním rychloposuvu a reverzního otáčení. Rovněž je samozřejmě možné volit mezi levým a pravým závitem.



Obrázek 16 Cyklus tuhé závitování

Pracovní cyklus tuhé závitování probíhá následujícím způsobem:

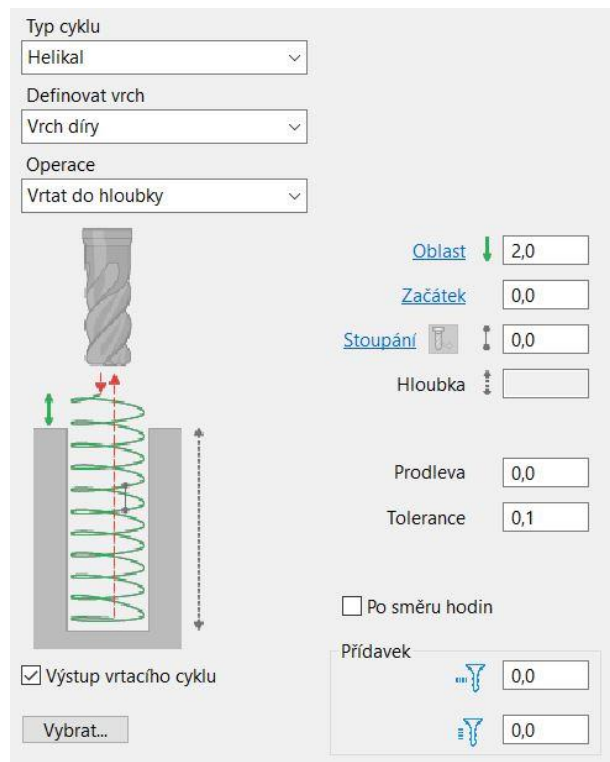
Pracovní cyklus tuhé závitování probíhá následujícím způsobem:

1. Rychloposuv na rovinu přiblížení.
2. Spuštění otáček a řezného posuvu.
3. Závitování do hloubky nastavené v poli „Hloubky zavrtání“.
4. Je-li nastavena prodleva (tedy je-li její hodnota nenulová), setrvá po její dobu nástroj v pozici.
5. Spuštění reverzních otáček a rychloposuvu o systémem definovanou vzdálenost.
6. Řezný posuv na další stupeň „Hloubky zavrtání“ řezným posuvem.
7. Tento proces je opakován až do vyvrtání požadované hloubky díry. Po jejím dosažení setrvá nástroj po dobu prodlevy (je-li nastavena) na jejím dně a poté rychloposuvem (a reverzními otáčkami) vystoupá do roviny bezpečné vzdálenosti.

4.6 Helikal a Obrácený helikal

Tyto cykly umožňují frézovat otvor pomocí zavrtávacích fréz. To nám umožňuje vynechat jednu výměnu nástroje a tím snížit strojní čas.

Jelikož se nejedná o operaci vrtání ani závitování, nebude tento cyklus v rámci této práce podrobněji rozebírán.

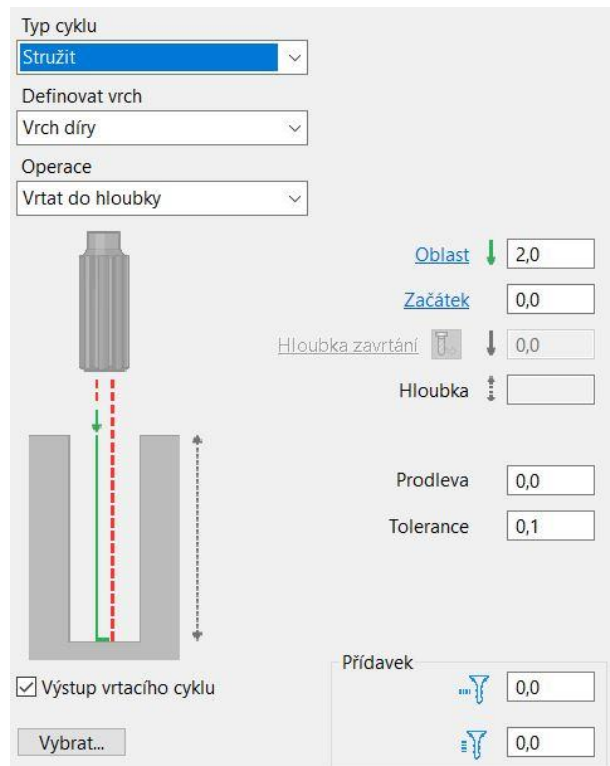


Obrázek 17 Cykly Helikal a Obrácený helikal

4.7 Vystružování

Vystružování patří mezi přesné dokončovací operace, při kterých je mnohobřitým nástrojem odebrána tenká tříska. Používá se pro výrobu přesných otvorů a typická je pro lícované součásti.

Jelikož se nejedná o operaci vrtání ani závitování, nebude tento cyklus v rámci této práce podrobněji rozebírán.

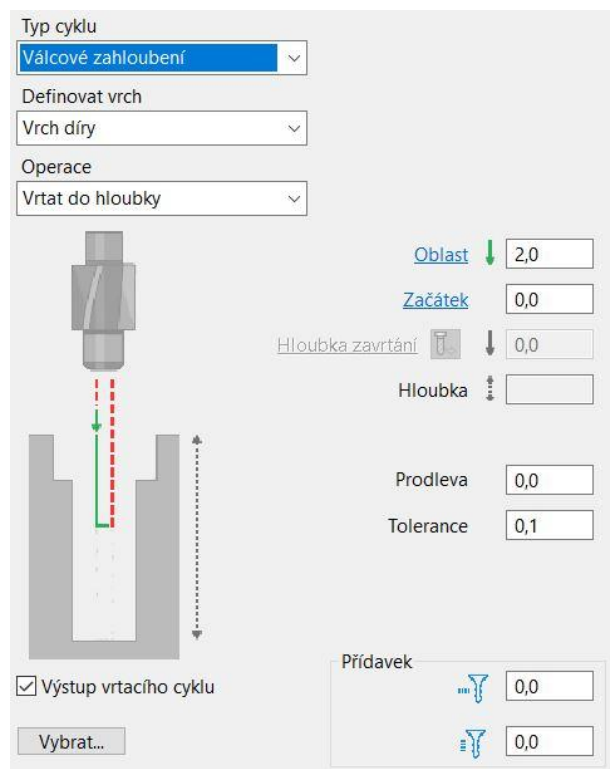


Obrázek 18 Vystružovací cyklus

4.8 Válcové zahlubování

Válcové zahlubování je typicky užíváno pro zapuštění šroubových hlav.

Tvorba válcového zahloubení v principu odpovídá vrtacímu procesu, v tomto případě ale není možné cyklus nadále rozvádět. Důvodem je fakt, že není možné v programu PowerMill takovýto nástroj definovat a pokud bychom vyšli z pouhé znalosti referenčního bodu ležícího v řezné rovině nástroje, nebudeme znát délku vodicí části a tudíž by nadefinování takového cyklu mohlo způsobit kolizi. Proto tento cyklus nebude v rámci této práce podrobněji rozebírán.

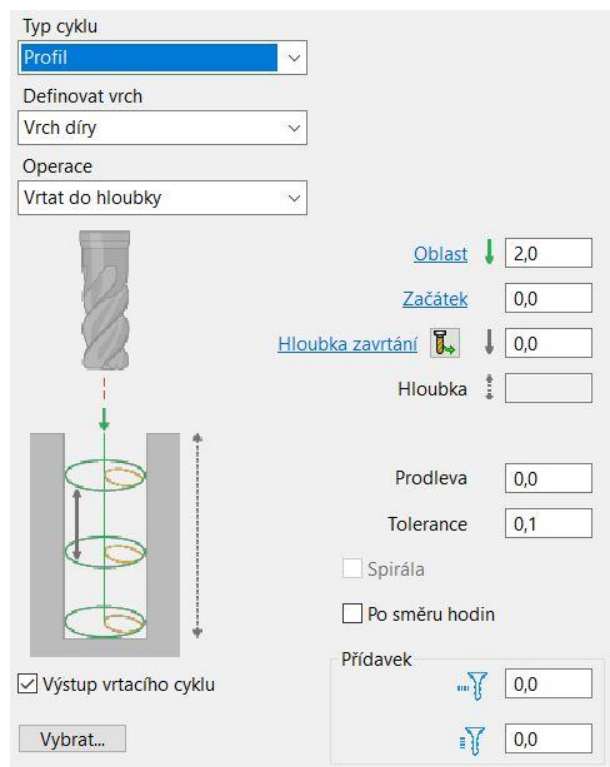


Obrázek 19 Cyklus válcového zahlubování

4.9 Profilování

Profilovací frézování nám umožňuje dosahování optimálních tvarových ploch.

Jelikož se nejedná o operaci vrtání ani závitování, nebude tento cyklus v rámci této práce podrobněji rozebírán.

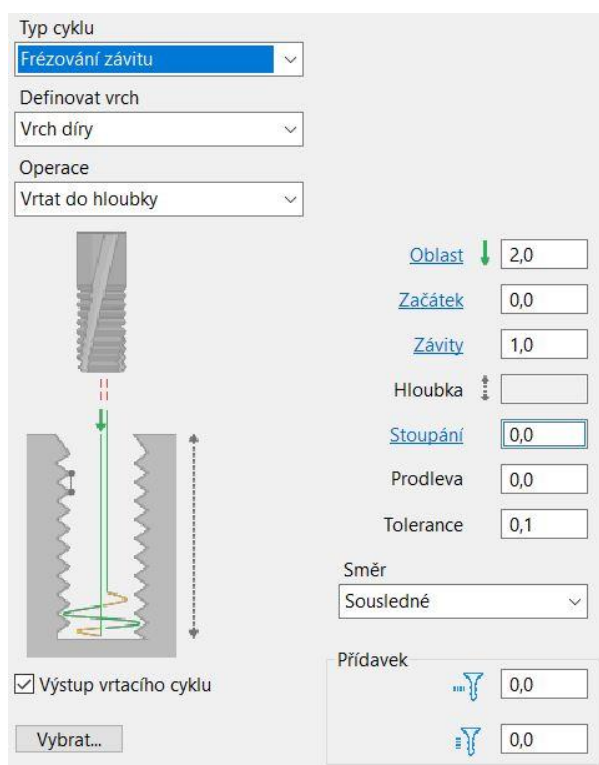


Obrázek 20 Profilovací cyklus

4.10 Frézování závitů

Frézování závitů má celou řadu výhod. Těmi hlavními jsou možnost tvorby více průměrů závitů jedním nástrojem a fakt že nástroj má nižší průměr, než je vnitřní průměr závitů, což vylučuje znehodnocení obráběné součásti zlomeným nástrojem (což je jeden z hlavních problémů závitníků).

Jelikož se jedná o frézovací cyklus, nebude tento cyklus v rámci této práce podrobněji rozebírán.

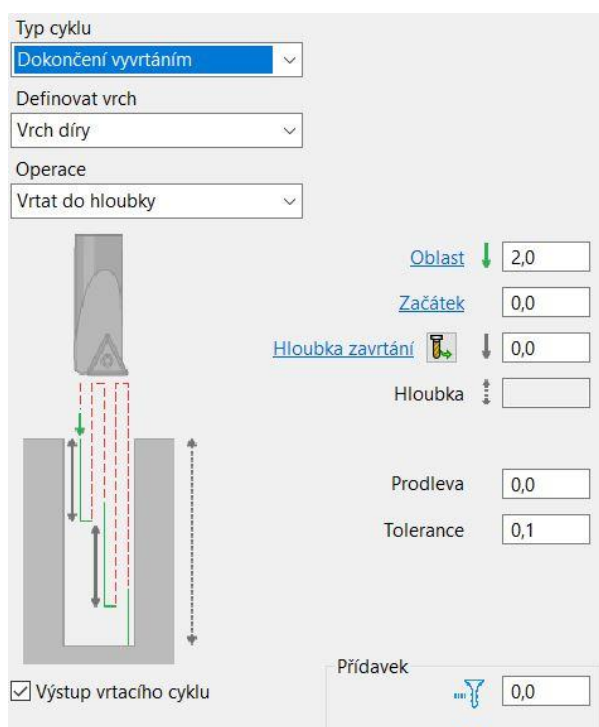


Obrázek 21 Cyklus frézování závitů

4.11 Dokončování vyvrtávání

Vyvrtávání slouží ke zvětšování již vytvořených otvorů. Lze jím dosáhnout velké přesnosti a současně je vhodné i pro hůře obrobitelné povrchy (například odlitky).

Jelikož se nejedná o operaci vrtání ani závitování, nebude tento cyklus v rámci této práce podrobněji rozebírán.



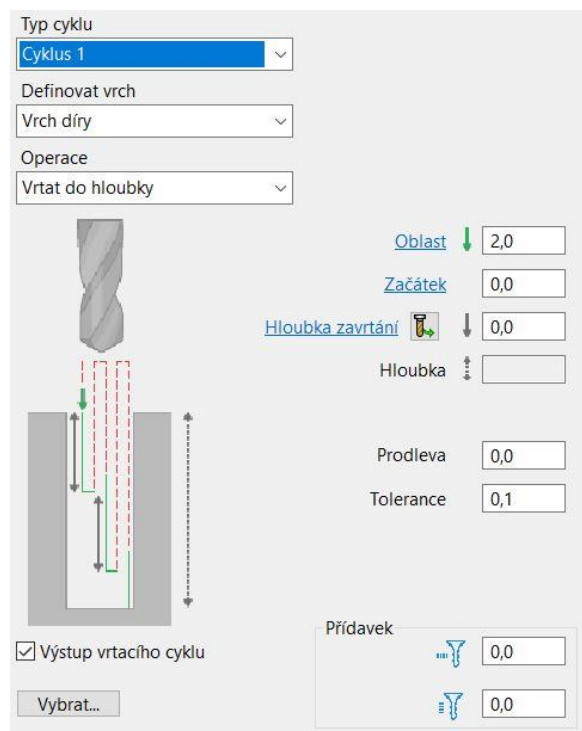
Obrázek 22 Cyklus dokončování vyvrtávání

4.12 Uživatelské cykly

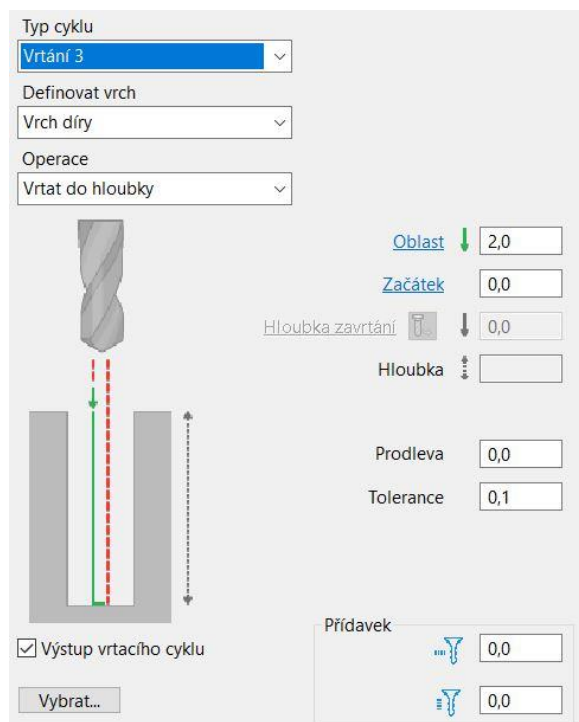
Do této kategorie spadají následující:

- Cyklus 1
- Cyklus 2
- Cyklus 3
- Cyklus 4
- Cyklus 5
- Vrtání 3
- Vrtání 4
- Vrtání 5
- Hluboké vrtání 2

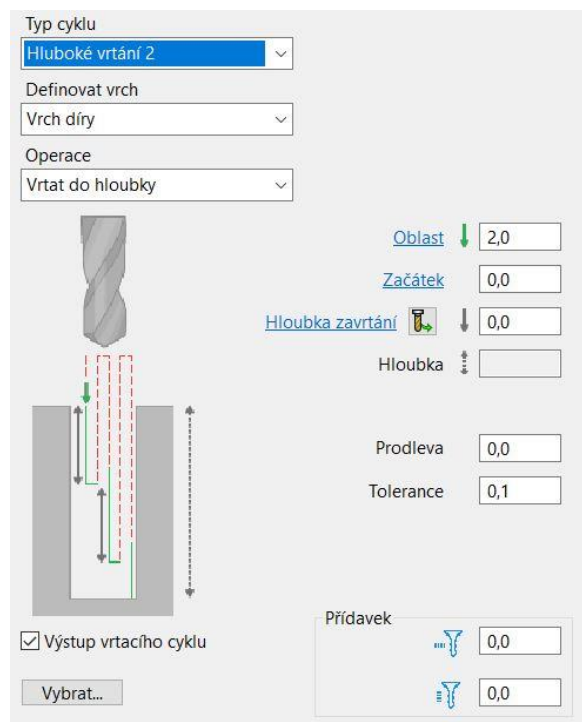
Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie nemá tyto cykly definované, a tudíž je není možné v rámci této práce nadále rozvíjet.



Obrázek 23 Uživatelský cyklus 1



Obrázek 25 Uživatelský cyklus Vrtání 3



Obrázek 24 Uživatelský cyklus hluboké vrtání

5. Programování v Post Processor Utility

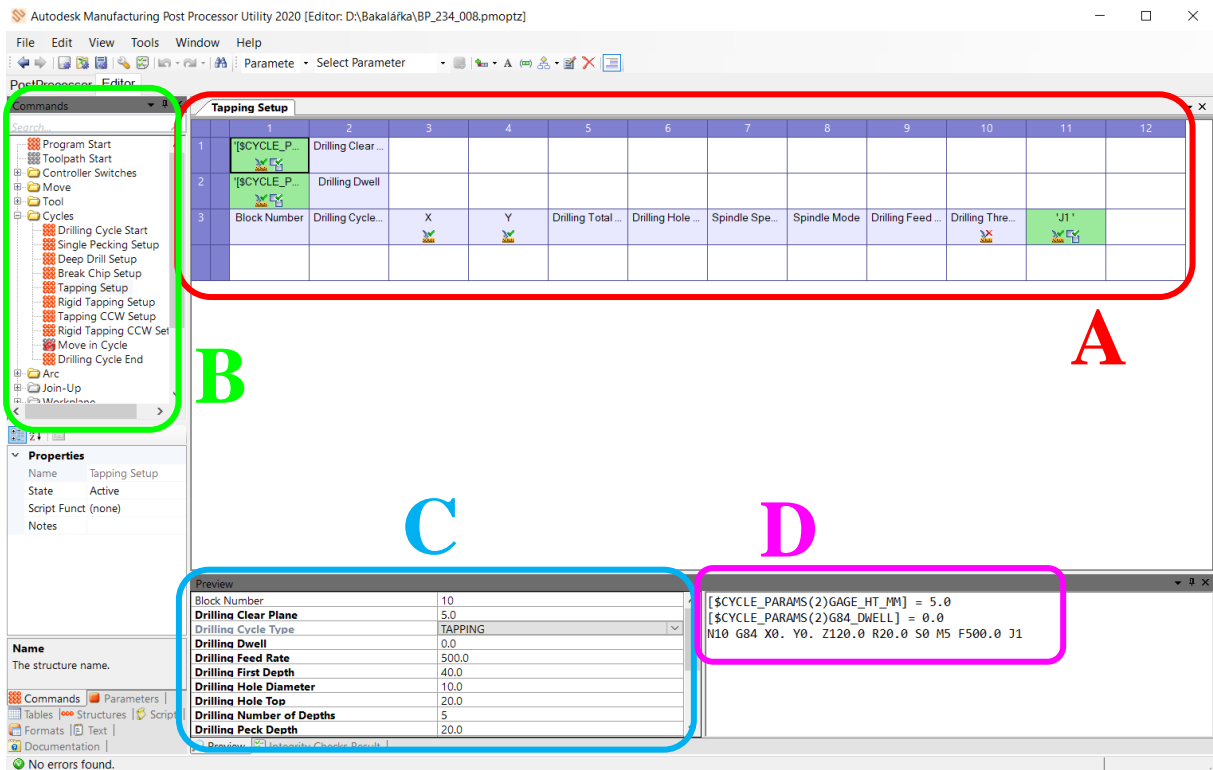
V této kapitole je mým cílem velmi stručně popsat jakým způsobem se vytváří postprocessor v Autodesk Manufacturing Post Processor Utility.

Princip tvorby postprocesoru v tomto programu je ve svém principu relativně jednoduchý. Program má ve svém základním nastavení výčet jednotlivých pohybů, akcí či cyklů, jež mohou tvořit výstup z programu PowerMill, kterým na základě jejich znalosti nadefinujeme jednotlivé složky, kterým pak přiřadíme adekvátní slova výstupního programu.

Na obrázku 26 je znázorněna hlavní pracovní plocha Post Processor utility s barevně vyznačenými detaily. Chceme-li nadefinovat zvolenou akci – v tomto případě například závitovací cyklus „Záviník“ (v originálním anglickém nastavení programu Tapping), postupujeme následovně:

1. V nabídce Commands (na obr. 26 označena B) navolíme akci, pro kterou chceme vytvořit postprocesorový převod do požadovaného systému – v tomto případě Tapping Setup.
2. V hlavním panelu nadefinujeme do připravené tabulky (na obr. 26 označena A) jednotlivé složky bloku tvořící cyklus v cílovém řídicím systému (například Block Number – číslo bloku nebo Spindle Speed – rychlost otáčení vřetene), které nás odkážou na hodnotu generovanou programem PowerMill a vygenerují nám ji v poli znázorňujícím výstup daného nastavení (na obr. 26 označeno D).
3. Adresu dané hodnoty můžeme nastavit v nastavení Item Properties (nejsnáze se do něj dostaneme po kliknutí pravého tlačítka myši na danou buňku) -> Parameter -> Prefix.
4. V tabulce Preview (na obr. 26 označeno C) potom můžeme měnit aktuálně zobrazované hodnoty (jde jen o příklad – nemá vliv na hodnoty generované při praktickém použití). To je praktické zejména v pokročilém užívání, kdy pracujeme s funkcí „když“. Úpravami hodnot v této tabulce si můžeme snadno zkontrolovat správnou funkčnost aktuálního nastavení.
5. V případě, že chceme doplnit nějakou informaci pro další uživatele – například obsluhu stroje, můžeme do buněk rovněž vkládat text. Rovněž to můžeme využít pro nadefinování slov jejichž hodnota se během užívání nebude měnit.

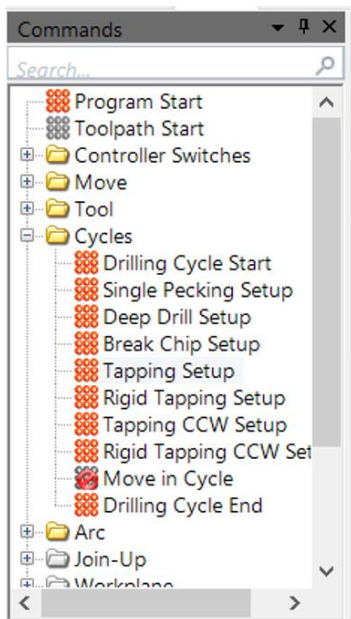
Tento popis je jen velmi stručný a slouží primárně k základnímu seznámení s používaným software. Jak bude z následující kapitoly patrné, je celý proces nastavení poněkud složitější.



A:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	{ \$CYCLE_P... Drilling Clear ...											
2	{ \$CYCLE_P... Drilling Dwell											
3	Block Number Drilling Cycle...	X	Y	Drilling Total...	Drilling Hole ...	Spindle Spe...	Spindle Mode	Drilling Feed ...	Drilling Thre...	J1		

B:



C:

Preview

Block Number	10
Drilling Clear Plane	5.0
Drilling Cycle Type	TAPPING
Drilling Dwell	0.0
Drilling Feed Rate	500.0
Drilling First Depth	40.0
Drilling Hole Diameter	10.0
Drilling Hole Top	20.0
Drilling Number of Depths	5
Drilling Peck Depth	20.0

D:

```
[ $CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM ] = 5.0
[ $CYCLE_PARAMS(2)G84_DWELL ] = 0.0
N10 G84 X0. Y0. Z120.0 R20.0 S0 M5 F500.0 J1
```

Obrázek 26 Pracovní plocha Post Processor Utility

6. Vlastní tvorba postprocesoru

V této kapitole bych rád podrobně popsal vlastní práci na postprocesoru pro převod dat mezi CAM software Autodesk PowerMill a řídicím systémem Siemens Acramatic 2100. Rád bych zde podrobněji rozvedl mé jednotlivé kroky během jeho tvorby, důvody, proč jsem ve výsledku zvolil konkrétní řešení, a i chyby, kterých jsem se během práce dopustil.

6.1 Spárování cyklů

První fází tvorby postprocesoru bylo nevyhnutelně spárování cyklů umožňovaných programem PowerMill a systémem Acramatic 2100.

Program PowerMill nabízí poměrně širokou škálu vlastních vrtacích cyklů (podrobně jsou vyjmenovány v kapitole 4). Výstupem každé z těchto voleb je specifický vrtací cyklus, určený pro konkrétní aplikace. Uživatel může volit kteroukoliv z nich. Je ovšem důležité vědět, že volba vrtací strategie neznamena automaticky také vygenerování vrtacího cyklu. Podmínkou jeho vzniku je existence takového cyklu i v programovacím systému použitého výrobního zařízení, kterým je v tomto případě Acramatic 2100.

Pokud zdrojový CAM software nabízí jakýkoliv cyklus, který nemá svůj protipól v cílovém řídicím systému, není možné takovýto cyklus převést. To pochopitelně znamená, že by technolog užívající CAM nemohl daný cyklus využívat, jen výsledný výstup nebude mít formát cyklu, nýbrž bude definován jako série pohybových (a dalších) bloků. [I]

Ihned v této fázi jsem se nejprve dopouštěl chyby, kdy jsem se snažil exaktně spárovat jednotlivé cykly obou systémů. V některých případech se mi toho sice podařilo dosáhnout – například cyklus Jedna dráha zcela odpovídá cyklu G81, ovšem jen do okamžiku, kdy uživatel nadefinuje prodlevu na dně vrtaného otvoru na nenulovou hodnotu. V ten okamžik přestává být cyklus G81 pro tento výstup použitelný, protože v jeho rámci není možné prodlevu dodefinovat.

Bylo proto třeba zvolit jiný přístup, během kterého jsem jednak v některých případech přiřazoval více výstupních cyklů PowerMill jednomu cyklu Acramatic 2100, jednak bylo nutné některé cykly Acramatic 2100 omezit doplněním dalších parametrů a tím je přiblížit výstupu odpovídajícímu prvotnímu nastavení v PowerMill. Některé cykly potom nebylo možné přiřadit vůbec, protože nejsou systémem Acramatic 2100 definovány vůbec.

6.1.1 Jedna dráha

Tento cyklus nám umožňuje jednoduché vrtání bez přerušování řezu (podrobný popis cyklu v kapitole 4.1). Přiřazení tohoto cyklu bylo poněkud problematické, protože jeho nejprostší podoba odpovídá vrtacímu cyklu G81 v Acramatic 2100. Cyklus Jedna dráha ovšem na rozdíl od cyklu G81 umožňuje prodlevu na dně vrtaného otvoru. V okamžiku, kdy bude tato zadána, není již možné užít jednoduchý cyklus G81 a je nutné vyjít ze složitějšího G82. Tento cyklus prodlevu umožňuje, jeho součástí je ovšem i dokončovací posuv.

Jako optimální řešení se ukázalo použít právě cyklus G82. Mimo základní parametry, definované v příkazovém bloku, obsahuje tento cyklus i několik systémově definovaných parametrů. Mezi nimi jsou i dva pro tento okamžik klíčové parametry, kterými jsou:

- Dokončovací hloubka díry – jedná se o hladinu při které dojde ke změně posuvu ze standardního na dokončovací. Pokud ji chceme nastavit jinak, použijeme pokyn ve formátu:

[$\$$ CYCLE_PARAMS(2)G82_FIN_DPTH] = dokončovací hloubka

- Dokončovací posuvový index – jedná se o konstantu v intervalu 0 až 999 %, která představuje procentuální zpomalení posuvu v poslední fázi procesu. Pokud ji chceme nastavit jinak, použijeme pokyn ve formátu:

[$\$$ CYCLE_PARAMS(2)G82_FEED_FAC] = dokončovací posuvový index

Vlastním definováním těchto parametrů – respektive pevným nastavením dokončovací hloubky na nulovou hodnotu a dokončovací posuvový index na hodnotu 100 – tedy 100 %, se mi podařilo potlačit funkci dokončovacího posuvu a tím dosáhnout maximální shody mezi cyklem PowerMill Jedna dráha a cyklem Acramatic 2100 G82.

Single Pecking Setup										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	'[$\$$ CYCLE_P... 	Drilling Clear ...								
2	'[$\$$ CYCLE_P... 	Drilling Dwell								
3	'[$\$$ CYCLE_P... 	'100.0' 								
4	'[$\$$ CYCLE_P... 	'0.0' 								
5	Block Number	Drilling Cycle...	X 	Y 	Drilling Total ...	Drilling Hole ...	Spindle Spe...	Spindle Mode	Drilling Feed ... 	

Obrázek 27 Definovaný cyklus Jedna dráha

```

[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G82_DWELL] = 0.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G82_FEED_FAC] = 100.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G82_FIN_DPTH] = 0.0
N10 G82 X0. Y0. Z120.0 R20.0 S0 M5 F500.0

```

Obrázek 28 Výsledný výstup cyklu Jedna dráha (hodnoty jsou ilustrační)

6.1.2 Hluboké vrtání

Tento cyklus nám nabízí hlubkové vrtání, s cyklickým přerušováním a výjezdem nástroje mimo vrtaný otvor. Hluboké vrtání lze považovat za určitou podmnožinu cyklu Acramatic 2100 G83. Ten může nabývat různých podob v závislosti na aktuální hodnotě slova **J** (viz. kapitola **X.X**).

Hluboké vrtání nemá s žádnou z možností G83 absolutní shodu, nicméně je velmi blízký možnosti definované slovem J13 – tedy cyklu hlubokého vrtání s odstraňováním třísek a absolutní hodnotou zavrtání.

Aspektem, který tyto dva cykly odlišuje je výška výjezdu nástroje. Zatímco cyklus G83 je definován na výjezd do úrovně bezpečné vzdálenosti definované systémovým parametrem GAGE_HT_MM, která je současně rovinou spuštění otáček, PowerMill nechává nástroj vyjíždět výše.

Tento rozdíl se však pro funkci daného cyklu neukazuje nijak zásadním, a proto jej bylo právě tímto způsobem – tedy cyklem G83 s pevně nastavenou hodnotou adresy J na hodnotě J13 možné definovat.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	[\$CYCLE_P... Drilling Clear ...										
2	[\$CYCLE_P... '2.0'										
3	Block Number	Drilling Cycle...	X	Y	Drilling Total ...	Drilling Hole ...	Spindle Spe...	Spindle Mode	Drilling Feed ...	'J13'	Drilling Peck ...

Obrázek 29 Definovaný cyklus Hluboké vrtání

```

[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G83_RELIEF] = 2.0
N10 G83 X0. Y0. Z120.0 R20.0 S0 M5 F500.0 J13 K0.0

```

Obrázek 30 Výsledný výstup cyklu Hluboké vrtání (hodnoty jsou ilustrační)

6.1.3 Přerušované vrtání

Tento cyklus nám nabízí vrtání, s cyklickým přerušováním řezu a mírným zdvihem za účelem lámání třísek. Obdobně jako hluboké vrtání lze i tento považovat za určitou podmnožinu cyklu Acramatic 2100 G83, který může nabývat různých podob v závislosti na aktuální hodnotě slova **J** (viz. kapitola 3.3).

V tomto případě je cyklus obdobou G83, definovaného slovem J11 – tedy cyklu hlubokého vrtání s lámáním třísek a absolutní hloubkou zavrtání.

Problémovým bodem je zde výška zdvihu, která není v PowerMill zcela jasně definovatelná a řídí se tak systémově. V Acramatic 2100 ji lze definovat systémovým parametrem G83_RET_DIST. Vzhledem k tomu že není v PowerMill možné její nastavení, definoval jsem ji jako pevnou hodnotu.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	'\$CYCLE_P...	Drilling Clear ...									
2	'\$CYCLE_P...	'3.0'									
3	Block Number	Drilling Cycle...	X	Y	Drilling Total ...	Drilling Hole ...	Spindle Spe...	Spindle Mode	Drilling Feed ...	'J11'	Drilling Peck ...

Obrázek 31 Definovaný cyklus Přerušované vrtání

```
[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G83_RET_DIST] = 3.0
N10 G83 X0. Y0. Z120.0 R20.0 S0 M5 F500.0 J11 K0.0
```

Obrázek 32 Výsledný výstup cyklu Přerušované vrtání (hodnoty jsou ilustrační)

6.1.4 Závitování

Tento cyklus nám nabízí tvorbu závitů za pomoci závitníku upnutého v plovoucím pouzdře. Tento cyklus jsem bez potíží ztotožnil s cyklem Acramatic 2100 G84.

Jediným významným bodem byl v tomto případě Multiplikátor rychlosti posuvu **J**. Ten nám udává rychlost výjezdních otáček, které jsou získány vynásobením řezných otáček hodnotou tohoto indexu. S ohledem na stáří tohoto konkrétního stroje a předchozí zkušenosti s jeho obsluhou jsem po dohodě s vedoucím práce tuto hodnotu pevně nastavil jako J1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	'\$CYCLE_P...	Drilling Clear ...									
2	'\$CYCLE_P...	Drilling Dwell									
3	Block Number	Drilling Cycle...	X	Y	Drilling Total ...	Drilling Hole ...	Spindle Spe...	Spindle Mode	Drilling Feed ...	Drilling Thre...	'J1'

Obrázek 33 Definovaný cyklus Závitování

```

[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G84_DWELL] = 0.0
N10 G84 X0. Y0. Z120.0 R20.0 S0 M5 F500.0 J1

```

Obrázek 34 Výsledný výstup cyklu Závitování (hodnoty jsou ilustrační)

6.1.5 Tuhé závitování

Tento cyklus nám nabízí tvorbu závitů za pomoci závitníku upnutého v tuhém upínači. Obdobně jako předchozí, i tento cyklus lze jednoznačně ztotožnit s cyklem Acramatic 2100 G84.1.

Tento závitovací cyklus je rozšířen o cyklicky se opakující zdvihy za účelem přerušení třísky, a právě tento zdvih se ukázal být problematickým bodem, protože v PowerMill je výška takového zdvihu definována systémově. Naopak Acramatic 2100 ji definuje jednou z adres – konkrétně adresou P. Dalším problematickým bodem byl fakt že hodnota P je definována v počtu závitů (tedy nikoliv jako přímá výška zdvihu).

Tento problém jsem vyřešil tak že jsem hodnotu slova definoval jako pevnou, s hodnotou P1.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Drilling Clear...											
2	Drilling Cycle...	X	Y	Drilling Total...	Drilling Hole...	Spindle Spe...	Spindle Mode	Drilling Feed...	Drilling Thre...	'J1'	Drilling Peck...	'P1'

Obrázek 35 Definovaný cyklus Tuhé závitování

```

[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
N10 G84.1 X0. Y0. Z120.0 R20.0 S0 M5 F500.0 J1 K0.0 P1

```

Obrázek 36 Výsledný výstup cyklu Tuhé závitování (hodnoty jsou ilustrační)

6.1.6 Závitování CCW a Tuhé závitování CCW


Cykly Závitování CCW a Tuhé závitování CCW (CCW – Counter-clockwise, tedy proti směru hodinových ručiček) jsou sice definované samostatně, nicméně jejich jediným rozdílem oproti standardnímu Závitování a Tuhému závitování je směr otáčení nástroje, který je ovšem v rámci všech těchto cyklů generován stejným slovem. Z hlediska systému Acramatic 2100 se tak nijak neliší. Cykly jsem ponechal aktivní, nicméně jsem je pouze přesměroval na jejich protějšky Závitování a Tuhé závitování.

6.2 Další příkazy k cyklům

Mimo v této práci primárně probíraných cyklů bylo pro optimální fungování postprocesoru nezbytné nadefinovat i tyto:

6.2.1 Drilling Cycle Start

Tento „cyklus“ představuje blok oznamující počátek cyklů v rámci NC programu. Jeho podstata spočívá v informaci že následující blok či bloky tvoří cyklus. Z hlediska obsahu se v podstatě jedná o text, který je obvykle nějakým způsobem (v tomto případě uvozovkami) zvýrazněn, aby byl v rámci NC programu (respektive primárně jeho textové formy) jasně zaznamenateľný (viz. obrázek 38).

	1	2	3	4
1	Comment Start 	Comment End	

Obrázek 37 Definovaný Drilling Cycle Start

```




; ..... ZACATEK CYKLU .....

```

Obrázek 38 Výsledný výstup Drilling Cycle Start

6.2.2 Drilling Cycle End

Tento „cyklus“ nám oznamuje konec části NC programu tvořící cyklus. Ovšem v tomto případě obsahuje mimo textové informace i další parametry. V prvním bloku přidavná funkce G80 ukončuje část zahrnující cykly. Ve druhém máme definovány podmínky po skončení cyklu. Teprve třetí blok pak dává textovou informaci o konci cyklů.

	1	2	3	4
1	Block Number	Drilling Cycle... = NONE		
2	Block Number	Spindle Spe... 	Spindle Mode 	
3	Comment Start 	Comment End	

Obrázek 39 Definovaný Drilling Cycle End

```

N10 G80
N20 S0 M5
; ..... Konec cyklu .....

```

Obrázek 40 Výsledný výstup Drilling Cycle End

6.3 Vlastní tvorba postprocesoru

Samotná tvorba ve svém principu spočívala v nadefinování požadovaných výstupních cyklů z nabízených parametrů. Tento proces byl již naznačen v kapitole 5 a není třeba ho zde rozvádět do podrobných detailů. Hodlám proto tuto kapitolu využít primárně pro popis některých potíží, kterým jsem v průběhu tvorby práce musel čelit, a způsobů jakými jsem se s nimi vypořádal.

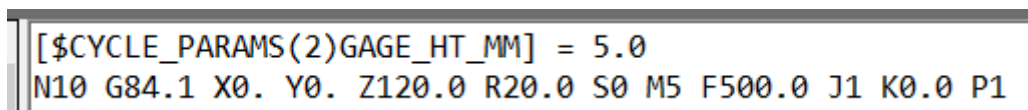
6.3.1 Bezpečná vzdálenost

V rámci systému Acramatic 2100 je rovina vrcholu otvoru definována adresou R. Vzhledem k tomu, že programovací manuál Acramatic 2100 často pracuje s rovinou bezpečné vzdálenosti, ale nikde ji v části, kterou jsem studoval primárně (kapitola týkající se vrtacích a závitovacích cyklů) doslova nedefinuje, domníval jsem se v první fázi své práce (především na základě několika ne zcela správně interpretovaných ilustrací), že právě rovině vrcholu otvoru je přiřazena hodnota 0 a definováním slova Rx definuji bezpečnou rovinu.

Skutečnost je taková, že adresa R nám udává rovinu vrcholu otvoru v absolutních souřadnicích (tedy v souřadnici Z). Bezpečná vzdálenost není v Acramatic 2100 definovatelná žádným slovem, nýbrž systémovým parametrem. Chceme-li ji pro určitý blok definovat, musíme předřadit pokyn GAGE_HT_MM ve formátu:

`[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = Hodnota bezpečné vzdálenosti v mm`

Výsledný zápis v NC programu je znázorněn na obrázku 41.



```
[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0  
N10 G84.1 X0. Y0. Z120.0 R20.0 S0 M5 F500.0 J1 K0.0 P1
```

Obrázek 41 Blok s předřazenou definicí bezpečné vzdálenosti

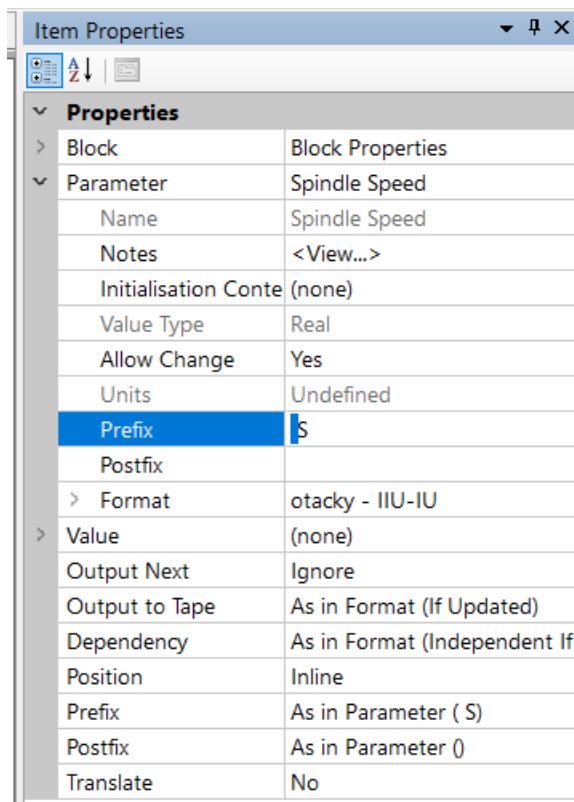
6.3.2 Mezery mezi slovy

V první fázi programování se mi nedařilo přijít na způsob, jakým od sebe oddělovat některá slova. Zatímco u některých problémů neexistoval, jiná se generovala ihned za předešlá. Nejprve jsem tuto komplikaci řešil vkládáním textů, které jsem definoval jako mezeru (viz. obrázek 42). Principiálně se to ukázalo funkční, ale v praxi to příliš efektivní nástroj nebyl.

Správným řešením je otevřít Item Properties daného cyklu a v Parameter → Prefix předepsat generovanému znaku požadovanou mezeru (viz. obrázek 43).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Block Number	Drilling Cycle...	' SEM PŘIJ...	X	Y	'	Drilling Total ...	Drilling Clear ...	Spindle Spe...
2	Block Number	Y							

Obrázek 42 Blok s mezerou instalovanou ve formátu textu



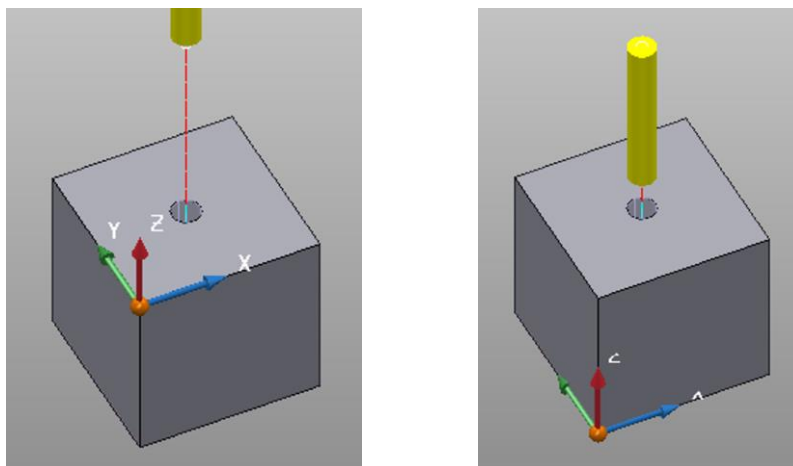
Obrázek 43 Parametr Spindle Speed otevřený v Item Properties s nastavenou mezerou před adresou S

6.3.3 Definování rovin

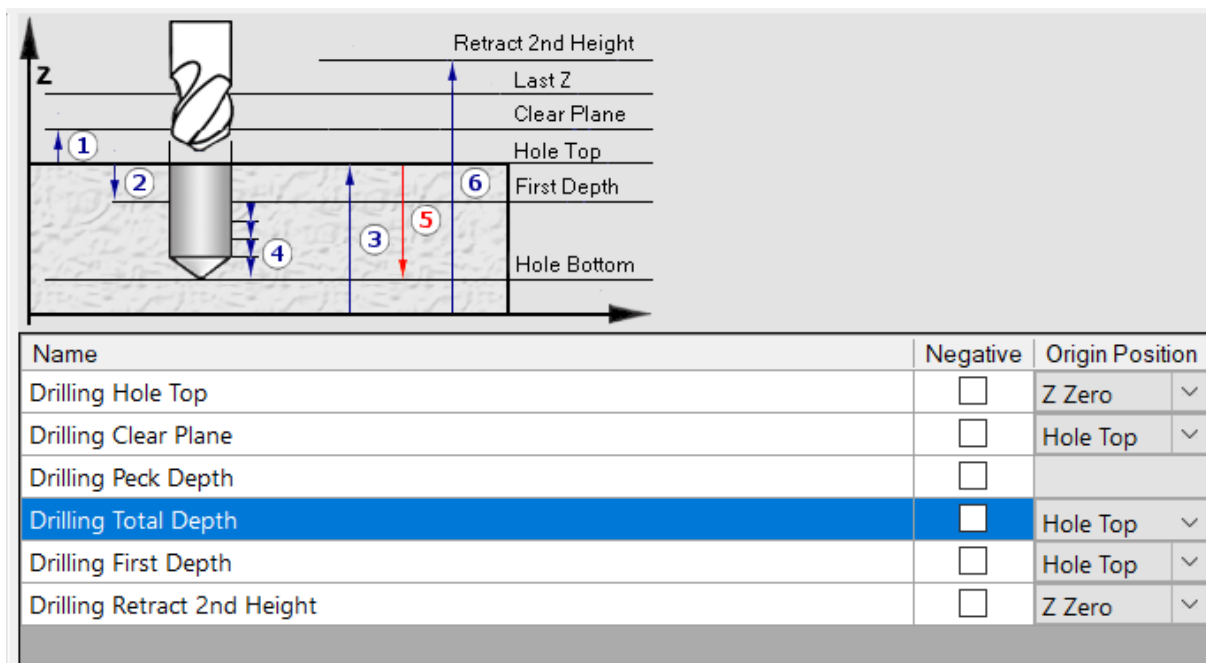
Tato chyba unikala mojí pozornosti relativně dlouho. Na začátku tvorby postprocesoru je třeba jasně definovat, od jaké roviny budou hodnoty jednotlivých slov odvozovány v nastavení Canned Cycles a sjednotit toto s nastavením programu CAM.

Pokud tak nebude učiněno, nemusí generované hodnoty slov odpovídat našim požadavkům. Zvláště pokud uvážíme že v rámci CAM systémů je i nastavení souřadného systému plně variabilní (dva nejčastější způsoby definování souřadného systému jsou znázorněny na obrázku 44).

Správné nastavení pro tento postprocessor je znázorněno na obrázku 45.



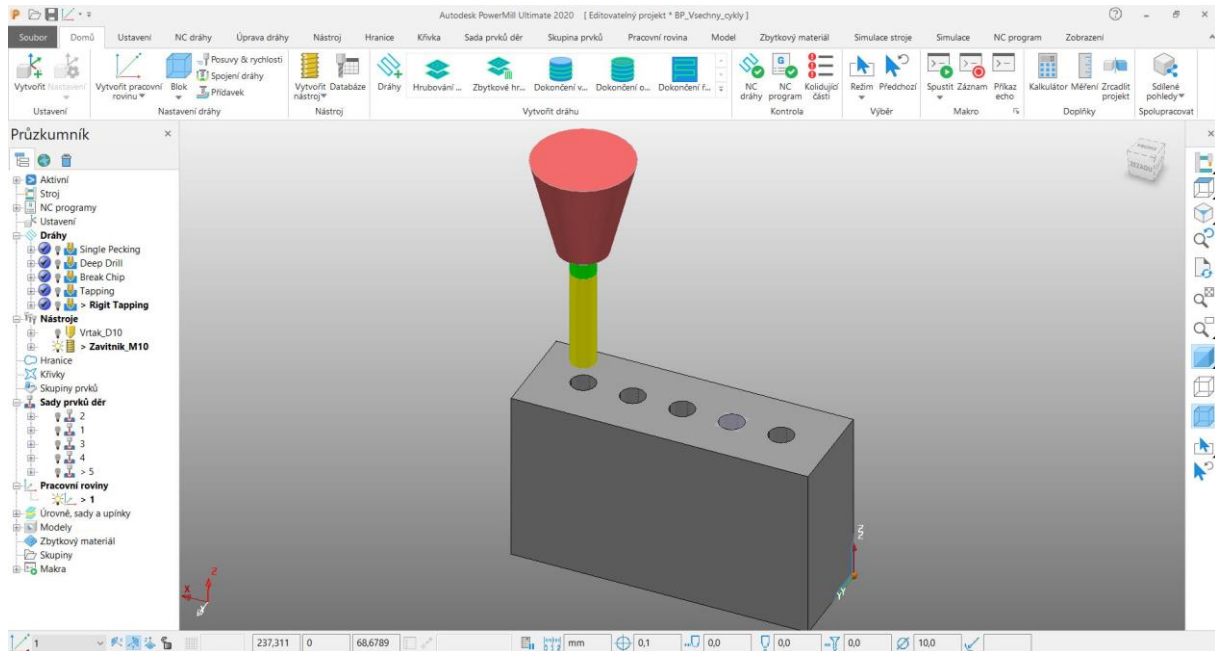
Obrázek 44 Modely s relativním a absolutním nastavením souřadného systému



Obrázek 45 Optimální nastavení rovin odečtu hodnot pro tuto práci

7. Zkouška postprocesoru v praxi

Nově vytvořený postprocesor jsem otestoval vytvořením jednoduché součásti, na kterou jsem v PowerMill aplikoval všechny v něm vytvořené cykly (viz. obr. 46).



Obrázek 46 Součást s vytvořenými cykly v PowerMill

Tyto jsem následně nechal zpracovat nově vytvořeným postprocesorem a tím získal kompletní NC program pro řídicí systém Acramatic 2100.

7.1 Výsledný NC program

```
; postprocessor: BP_234_010
; stroj: VMC 500
; program vytvoril: Thinkpad
; vytvoreno: 22.01.2021 v 4:57:30
; nazar projektu: BP_Vsechny_cykly
; nazar NC programu: BP_Vagner
; polotovar (XxYxZ): 9.99999999999999 x 9.99999999999999 x 50
; pohyb nastroje (XxYxZ): (40.;100.) x (20.;20.) x (16.996;150.)
; nastroj (typ a prumer): VICE NEZ JEDEN NASTROJ!!!
; vypoctany cas: 0 hod 3 min 58 sek
; =====
:
N10 T1 M6
```

```

N20 M3 S500 M8
N30 G0 X40. Y20. Z80.
; "*****" ZACATEK CYKLU "*****"
[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G82_DWELL] = 0.5
[$CYCLE_PARAMS(2)G82_FEED_FAC] = 100.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G82_FIN_DPTH] = 0.0
N40 G82 X40. Y20. Z50.0 R70.0 F200.0
;
*****
*****
N50 G0 Z80.
N60 G80
; "*****" Konec cyklu "*****"
; "*****" ZACATEK CYKLU "*****"
[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G83_RELIEF] = 1.0
N70 G83 X40. Y20. Z53.0043 R70.0 F200.0 J13 K10.0
;
*****
*****
N80 G80
; "*****" Konec cyklu "*****"
N90 G0 X60.
; "*****" ZACATEK CYKLU "*****"
[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G83_RET_DIST] = 1.0
N100 G83 X60. Y20. Z53.0043 R70.0 F200.0 J11 K10.0
;
*****
*****
N110 G80
; "*****" Konec cyklu "*****"
N120 G0 Z100.
N130 G0 X80. M9
N140 G0 Z80.

```

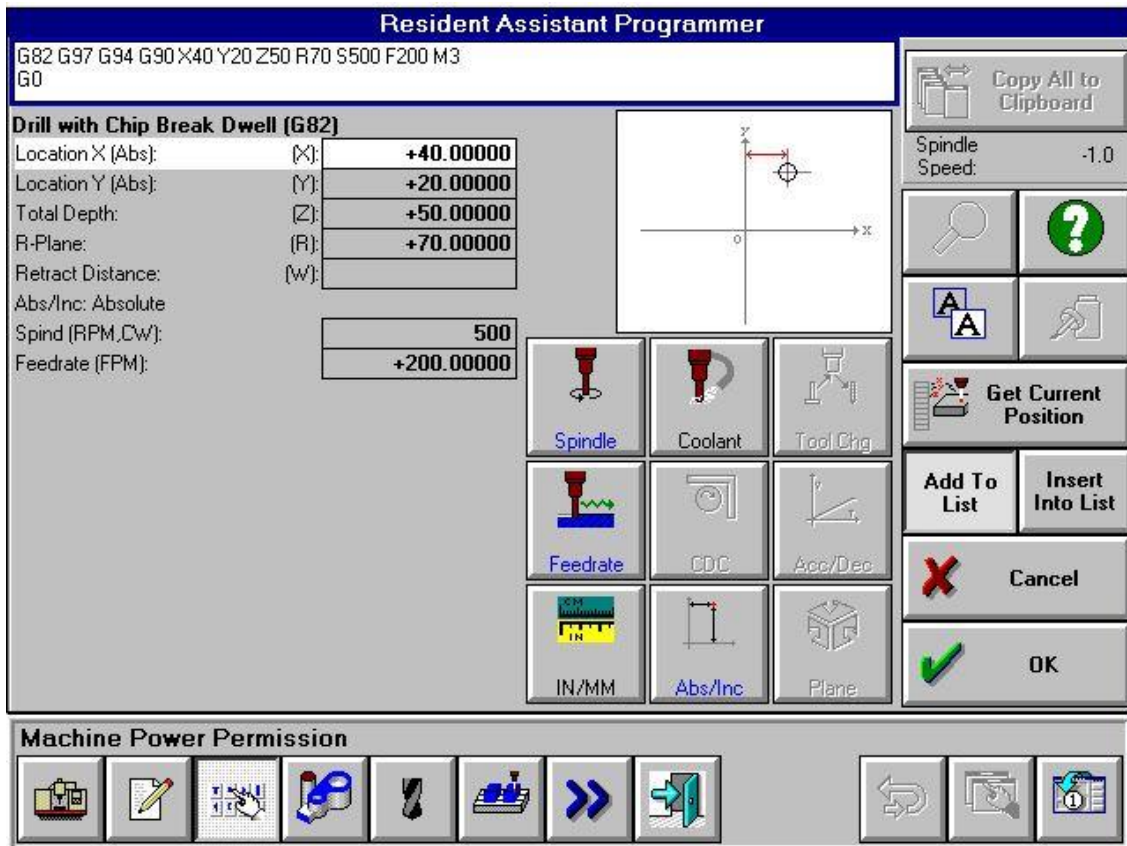
```

N150 T2 M6
N160 M3 S200 M8
; "*****" ZACATEK CYKLU "*****"
[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
[$CYCLE_PARAMS(2)G84_DWELL] = 0.5
N170 G84 X80. Y20. Z35.0 R70.0 F100.0 J1
;
*****
*****
N180 G80
; "*****" Konec cyklu "*****"
N190 G0 X100.
; "*****" ZACATEK CYKLU "*****"
[$CYCLE_PARAMS(2)GAGE_HT_MM] = 5.0
N200 G84.1 X100. Y20. Z35.0 R70.0J1 K10.0 P1
;
*****
*****
N210 G80
; "*****" Konec cyklu "*****"
N220 G0 Z150.
N230 M2

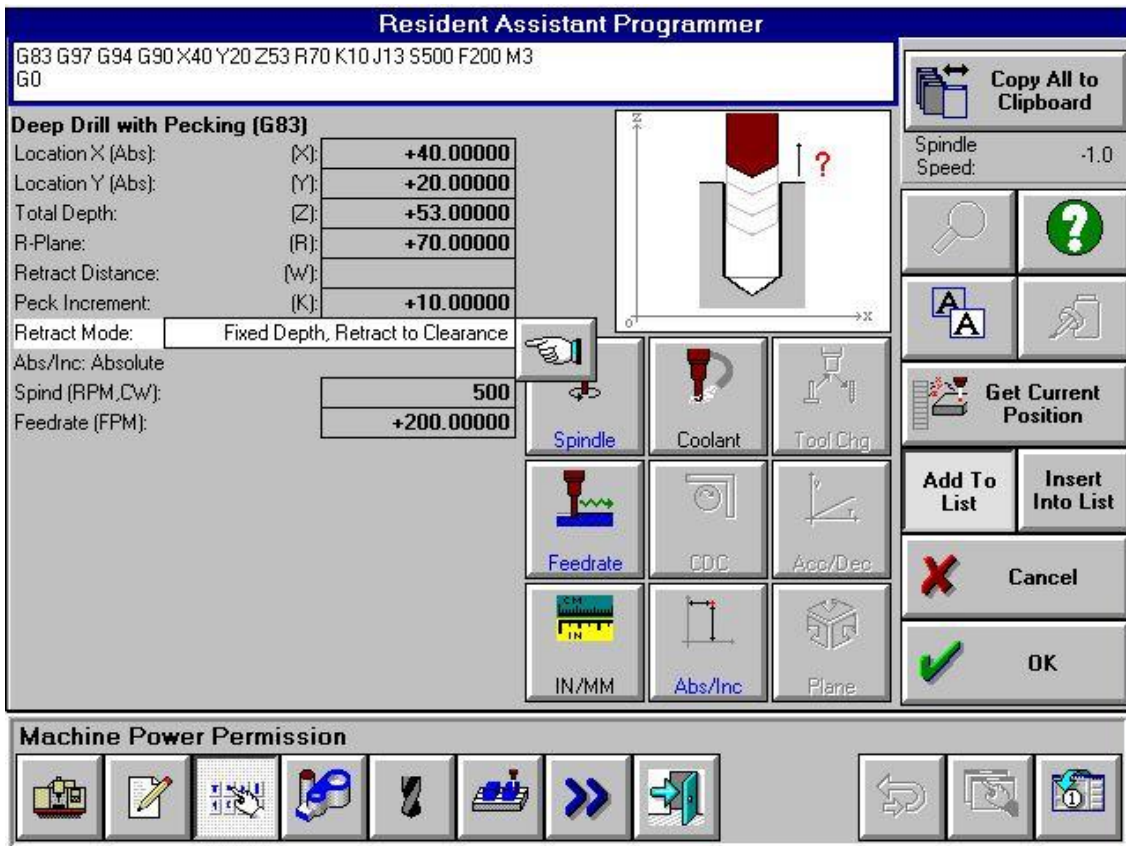
```

7.2 Porovnání s virtuálním strojem

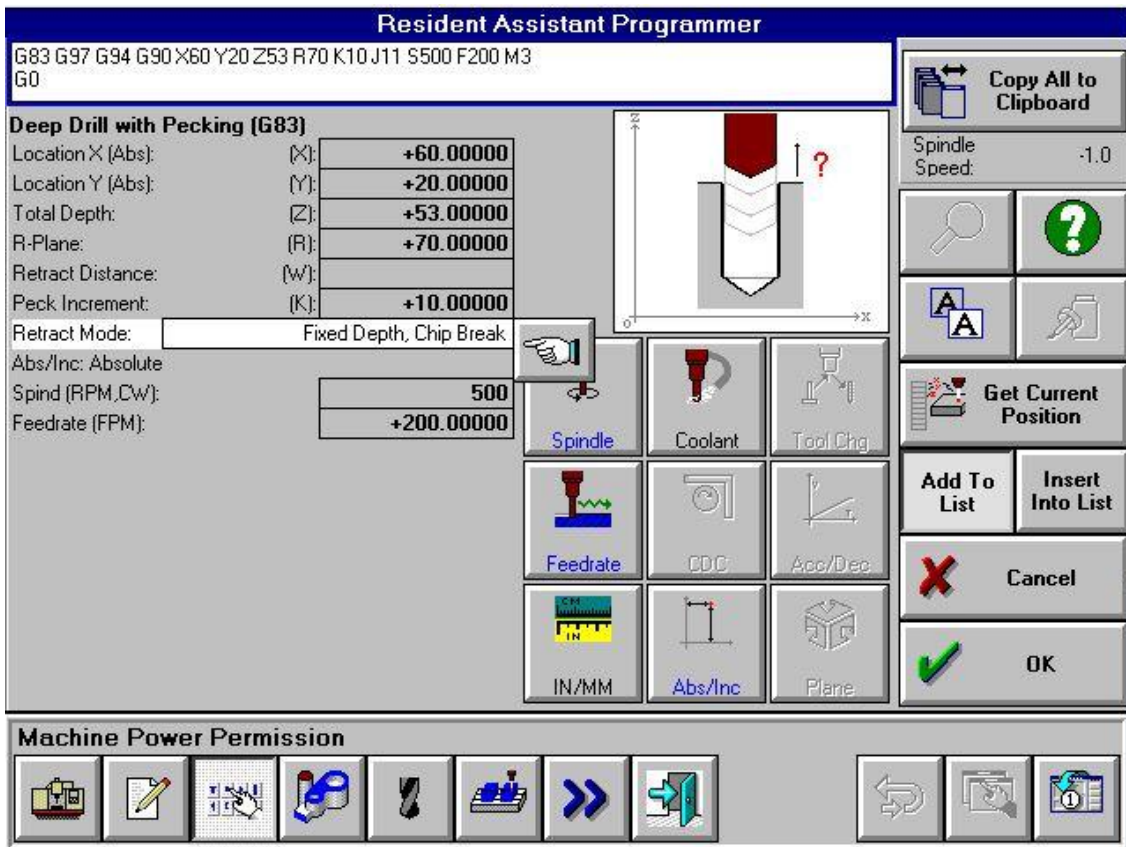
Pro ověření správnosti vytvořeného postprocesoru jsem provedl porovnání bloků vytvořených postprocesorem (viz. výše) s bloky tvořenými reálným systémem Acramatic 2100, skrze virtuální stroj (obrázky 47 až 51).



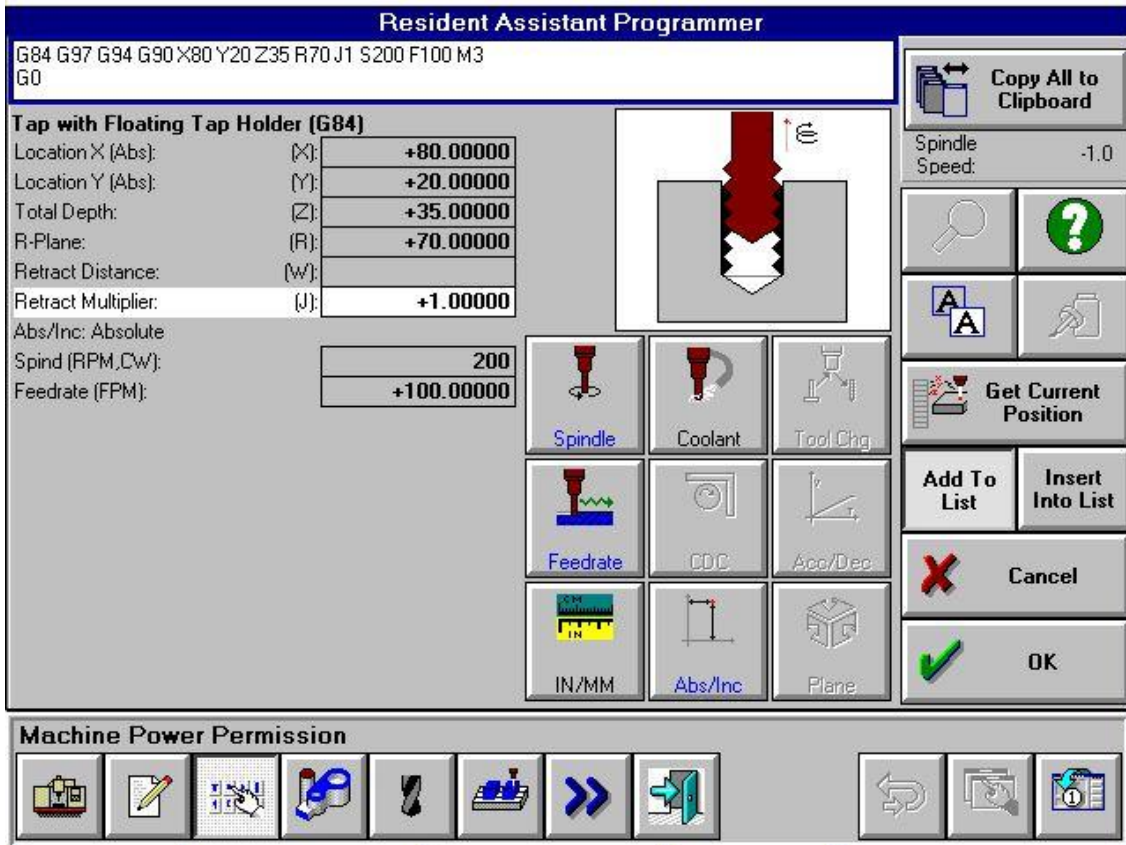
Obrázek 47 Cyklus Single Pecking vytvořený v programu Acramatic 2100



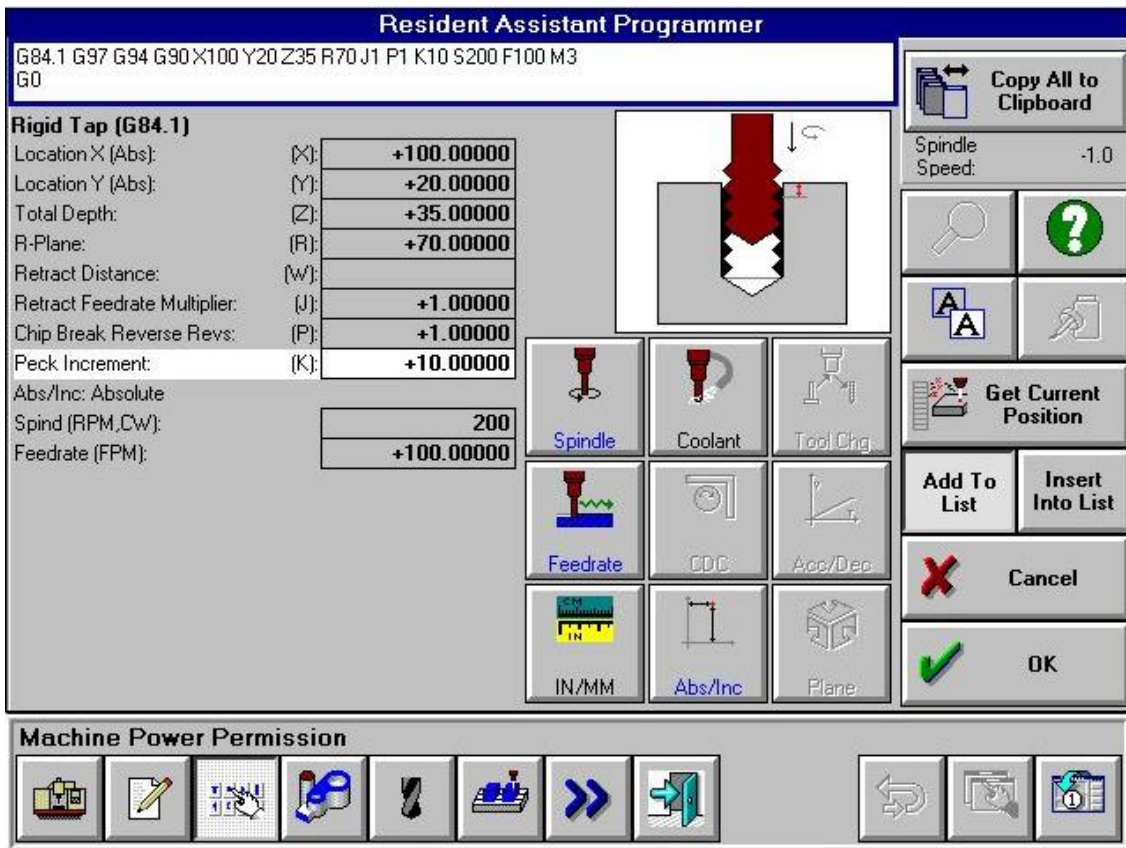
Obrázek 48 Cyklus Deep Drill vytvořený v programu Acramatic 2100



Obrázek 49 Cyklus Chip Breaking vytvořený v programu Acramatic 2100



Obrázek 50 Cyklus Tapping vytvořený v programu Acramatic 2100



Obrázek 51 Cyklus Rigid Tapping vytvořený v programu Acramatic 2100

Výsledkem byly tyto bloky:

Single Pecking: G82 G97 G94 G90 X40 Y20 Z50 R70 S500 F200 M3

Deep Drill: G83 G97 G94 G90 X40 Y20 Z53 R70 K10 J13 S500 F200 M3

Chip Breaking: G83 G97 G94 G90 X60 Y20 Z53 R70 K10 J11 S500 F200 M3

Tapping: G84 G97 G94 G90 X80 Y20 Z35 R70 J1 S200 F100 M3

Rigid Tapping: G84.1 G97 G94 G90 X100 Y20 Z35 R70 J1 P1 K10 S200 F100 M3

Z jednotlivých srovnání jasně vyplývá, že slova generovaná novým postprocesorem odpovídají těm, která si systém vytváří sám na základě manuálního naprogramování, byť s určitými rozdíly, způsobenými mimo jiné tím že PowerMill ukončuje cykly po strategiích.

Určitou odlišnost můžeme pozorovat primárně v pořadí slov, které ale pro fungování programu není nijak zásadní a pořadí definované postprocesorem se plně shoduje s tím, jak je definováno v programovacím manuálu Acramatic 2100. V tuto chvíli tedy není pochybnost o správném fungování výsledného postprocesoru.

Závěr

Cílem této práce bylo rozšířit stávající postprocesor pro převod dat mezi CAM software Autodesk PowerMill a řídicím systémem Siemens Acrumatic 2100 o vrtací a závitovací cykly.

Oba systémy nabízejí relativně širokou nabídku cyklů, z nichž ovšem některé nespádaly do požadavků této práce, a proto byly vynechány. Nakonec se mi podařilo ztotožnit cykly jedna dráha, přerušované vrtání, hluboké vrtání, závitování a tuhé závitování. Pro všechny tyto jsem vytvořil plně funkční převodník, který se mi následně podařilo ověřit při praktické zkoušce.

Vzhledem k tomu, že některé z cyklů jsou definovaných v programu PowerMill jsou poněkud odlišné od těch definovaných systémem Acrumatic 2100, musel jsem v některých případech přistoupit na variantu, že výstup řídicího systému nebude zcela totožný s původním naprogramování z programu PowerMill. Tyto změny však nejsou pro výsledný výrobek ani pro samotný proces obrábění důležité.

Praktická zkouška postprocesoru ukázala jeho plnou funkčnost a při porovnání výstupů postprocesoru s výstupy virtuálního stroje tuto funkčnost jednoznačně potvrzují. Na základě těchto skutečností proto prohlašuji, že se mi podařilo zcela splnit zadání této práce.

Zdroje

- [A] Autodesk, Inc. History. *Fundinguniverse.com* [online]. USA: Fundinguniverse [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <http://www.fundinguniverse.com/company-histories/autodesk-inc-history/>
- [B] Autodesk Company History Timeline. *Zippia.com: The Carrer Expert* [online]. Millbrae (Kalifornie): Zippia, 2020, 27. 8. 2020 [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.zippia.com/autodesk-careers-1125/history/>
- [C] *Autodesk.com* [online]. San Rafael (Kalifornie): Autodesk, 2020 [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/>
- [D] Akcie Autodesk. *LYNX* [online]. Praha: LYNX Broker, 2020, 1. 1. 2021 [cit. 2021-01-01]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/akcie/autodesk-akcie/>
- [E] CLINTON, Perry. Autodesk releases PowerMill 2021 with more speed and improved usability. *Autodesk* [online]. Autodesk, 2020, 13. 5. 2020 [cit. 2020-08-30]. Dostupné z: <https://blogs.autodesk.com/advanced-manufacturing/2020/05/13/autodesk-releases-powermill-2021/>
- [F] TOMÍČEK, Jan. Automatizace programování obráběcích strojů [série přednášek]. Strojní fakulta ČVUT v Praze, zimní semestr akademického roku 2019 – 2020.
- [G] *Powermill* [online]. CAD STUDIO, 2020 [cit. 2020-08-30]. Dostupné z: <https://www.powermill.cz/>
- [H] ŠTAJNOCHR, Lubomír. Obráběcí nástroje [série přednášek]. Praha: Strojní fakulta ČVUT v Praze, zimní semestr akademického roku 2019-2020.
- [I] ŠTAJNOCHR, Lubomír. Technologie II. [série přednášek]. Praha: Strojní fakulta ČVUT v Praze, letní semestr akademického roku 2018-2019.
- [J] What is a CNC Post Processor? *CAMplete.com* [online]. CAMplete Spoutions [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: <https://complete.com/cnc-post-processor/>
- [K] Postprocesor - slabé místo CAM systémů? *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha, 2005, (4), Strana 46 [cit. 2021-01-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/postprocesor-slabe-misto-cam-systemu.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1	Logo společnosti Autodesk, Inc. [C]	11
Obrázek 2	Model s generovanými drahami otevřený v programu PowerMill	12
Obrázek 3	Panel výběru strategií	12
Obrázek 4	Panel vrtání s rozbalenou nabídkou vrtacích strategií	13
Obrázek 5	Naprogramovaný příkaz pro krouživý pohyb v ose Y v programování Siemens v Post Processor Utility	14
Obrázek 6	Schéma tvorby výrobního programu [J]	15
Obrázek 7	Znázornění vrtacího procesu s užitím cyklu G81	17
Obrázek 8	Znázornění vrtacího procesu s užitím cyklu G82	19
Obrázek 9	Znázornění vrtacího procesu s užitím cyklu G83	23
Obrázek 10	Znázornění vrtacího procesu s užitím cyklu G84	25
Obrázek 11	Znázornění vrtacího procesu s užitím cyklu G84	28
Obrázek 12	Cyklus jedna dráha	29
Obrázek 13	Cyklus hluboké vrtání	30
Obrázek 14	Cyklus přerušované vrtání	31
Obrázek 15	Závitovací cyklus	32
Obrázek 16	Cyklus tuhé závitování	33
Obrázek 17	Cykly Helikal a Obrácený helikal	34
Obrázek 18	Vystružovací cyklus	34
Obrázek 19	Cyklus válcového zahlubování	35
Obrázek 20	Profilovací cyklus	35
Obrázek 21	Cyklus frézování závitů	36
Obrázek 22	Cyklus dokončování vyvrtáváním	36
Obrázek 23	Uživatelský cyklus 1	37
Obrázek 24	Uživatelský cyklus hluboké vrtání	37
Obrázek 25	Uživatelský cyklus Vrtání 3	37
Obrázek 26	Pracovní plocha Post Processor Utility	39
Obrázek 27	Definovaný cyklus Jedna dráha	41
Obrázek 28	Výsledný výstup cyklu Jedna dráha (hodnoty jsou ilustrační)	42
Obrázek 29	Definovaný cyklus Hluboké vrtání	42
Obrázek 30	Výsledný výstup cyklu Hluboké vrtání (hodnoty jsou ilustrační)	42
Obrázek 31	Definovaný cyklus Přerušované vrtání	43
Obrázek 32	Výsledný výstup cyklu Přerušované vrtání (hodnoty jsou ilustrační)	43
Obrázek 33	Definovaný cyklus Závitování	43
Obrázek 34	Výsledný výstup cyklu Závitování (hodnoty jsou ilustrační)	44
Obrázek 35	Definovaný cyklus Tuhé závitování	44
Obrázek 36	Výsledný výstup cyklu Tuhé závitování (hodnoty jsou ilustrační)	44
Obrázek 37	Definovaný Drilling Cycle Start	45
Obrázek 38	Výsledný výstup Drilling Cycle Start	45
Obrázek 39	Definovaný Drilling Cycle End	45
Obrázek 40	Výsledný výstup Drilling Cycle End	45
Obrázek 41	Blok s předřazenou definicí bezpečné vzdálenosti	46
Obrázek 42	Blok s mezerou instalovanou ve formátu textu	47

Obrázek 43	Parametr Spindle Speed otevřený v Item Properties s nastavenou mezerou před adresou S	47
Obrázek 44	Modely s relativním a absolutním nastavením souřadného systému.....	48
Obrázek 45	Optimální nastavení rovin odečtu hodnot pro tuto práci	48
Obrázek 46	Součást s vytvořenými cykly v PowerMill.....	49
Obrázek 47	Cyklus Single Pecking vytvořený v programu Acramatic 2100	52
Obrázek 48	Cyklus Deep Drill vytvořený v programu Acramatic 2100.....	53
Obrázek 49	Cyklus Chip Breaking vytvořený v programu Acramatic 2100	53
Obrázek 50	Cyklus Tapping vytvořený v programu Acramatic 2100	54
Obrázek 51	Cyklus Rigid Tapping vytvořený v programu Acramatic 2100	54

Seznam příloh

- Soubor postprocesoru BP_Vagner.pmoptz