

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ**

KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Tvorba postprocesoru pro stroj DMC125DuoBlock z prostředí
InventorHSMpro**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Václav TOUŠ
Osobní číslo: S18B0108K
Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie-technologie obrábění
Název tématu: Tvorba postprocesoru pro stroj DMC125DuoBlock z prostředí Inventor HSMpro
Zadávající katedra: Katedra technologie obrábění

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

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu - postupy při tvorbě postprocesorů
3. Charakteristika CAM Inventor HSMpro
4. Charakteristika stroje a návrh postprocesoru
5. Shrnutí a závěr


Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.: Programování NC strojů. Plzeň ZČU 2000. ISBN 80-7082-692-4
- NÁPRSTKOVÁ, N., JANDEČKA, K.: Programování výrobních strojů. ústí nad Labem, Univerzita J.E. Purkyně, 2010. ISBN 97-8807-414-2161
- SCHILDT, H: Jawa: the complete reference, McGraw-Hill/osborne, 2005. ISBN 00- 7223-073-8
- DAVIM, J. PAULO: Modern machining technology: a practical guide: Oxford, Woodhead Publishing 2011, ISBN 978-0-85709-099-7
- STANĚK, J., NĚMEC, J. Metodika zpracování a úprava diplomových prací, Plzeň: ZČU 2005 *Originál (kopie) zadání BP*

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aneta Milsimerová
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: Ing. Ladislav Peleška
CMP technology spol. s r.o.

Datum zadání bakalářské práce: 16. října 2018
Termín odevzdání bakalářské práce: 24. května 2019


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 18. října 2018

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá tvorbou postprocesoru pro automatizované zpracování NC kódu. Konkrétně jsou zmapovány možnosti tvorby postprocesoru v systému InventorHSMpro. V tomto systému je tvořen postprocessor pro pětiosý soustružnickoobráběcí stroj DuoBlock s řídicím systémem MillPlusIT 5.30. Výsledkem práce je plně funkční, otestovaný postprocessor umožňující i souběžné pětiosé obrábění, který je uzpůsoben požadavkům obsluhy stroje, využití cyklů sond, možnosti ručního programování v prostředí SW a generování podprogramů.

Klíčová slova

postprocessor, NC programování, inventorHSMpro, kinematika stroje, řídicí systém, pětiosé obrábění, millplus, javascript NC kód, generování kódu, strategie obrábění, proměnné, cyklus, CL data, nástroj, stroj obrobek

Abstract

This bachelor thesis deals with the development of a postprocessor for automated NC program generation. It analyzes the possibilities of the CAM program InventorHSMpro. The system is used to create a postprocessor for a five-axis machine DuoBlock with the MillPlusIT 5.30 control. The outcome of the work is a fully functional, tested postprocessor enabling simultaneous 5-axis machining, which is adapted to machine operator requirements, probe cycle utilization, manual programming in SW environment, and subprograms generation.

Key words

postprocessor, NC programming, inventarHSMpro, machine kinematics, control system, five axis machining, millplus, javascript NC code, code generation, machining strategy, variables, cycle, CL data, tool, machine workpiece

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 28.5.2019

Václav Touš

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí práce Ing. Anetě Milsimerové, Ph.D za cenné rady, trpělivost a konzultace práce. Děkuji taktéž Ing. Ladislavu Peleškovi za to, že si na mě vždy udělal čas a byl mi schopen vždy poradit. Velké poděkování patří taktéž mým nejbližším, kteří mě při psaní mé práce podporovali.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1.1 CÍL TÉTO PRÁCE.....	10
1.2 CO JE TO POSTPROCESSOR	10
1.3 PROSTŘEDÍ JAVASCRIPTU	12
2 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU	14
2.1 PŘED ZAVEDENÍM CAM SW	14
2.2 DOPADY ZAVEDENÍ CAM SW	14
2.3 STROJE A JEJICH ŘÍDICÍ SYSTÉMY ŘEŠENÉ POSTPROCESSORY	15
2.4 ÚVOD DO TVORBY POSTPROCESSORŮ	15
2.5 ZÁKLADNÍ FUNKCE	15
2.6 VLASTNÍ PROGRAMOVÁNÍ POSTPROCESSORŮ	18
2.7 CL DATA.....	18
3 CHARAKTERISTIKA CAM INVENTOR HSM	19
3.1 ROZHRAŇÍ INVENTORHSM	21
3.2 UKÁZKA JEDNOTLIVÝCH KARET V PROSTŘEDÍ INVENTORHSMPRO	21
3.3 PROSTŘEDÍ EDITU ISOKÓDU.....	35
3.4 SEŘIZOVACÍ LISTY	36
3.5 ŘÍDICÍ SYSTÉM MILLPLUSIT5.30	37
4 VOLBA STROJE A NÁVRH POSTPROCESSORU	38
4.1 PARAMETRY	39
4.2 KINEMATIKA STROJE	40
4.3 PŘEHLED G, M A OSTATNÍCH FUNKCÍ, KTERÉ PŘEDPOKLÁDÁ OBJEDNATEL ŘEŠIT POSTPROCESSOREM PRO DMC125FD/MILLPLUS, v520/00H, v530.....	45
4.4 G FUNKCE, KTERÉ JSOU POSTPROCESSOREM ŘEŠENY.....	45
4.5 M FUNKCE ŘEŠENÉ POSTPROCESSOREM.....	50
4.6 FUNKCE CHLAZENÍ	51
4.7 PODPROGRAMY	52
4.8 KOMENTÁŘ NÁSTROJE	53
4.9 SOUSTRUŽNICKÝ REŽIM	54
4.10 FUNKCE EXE.....	54
4.11 FUNKCE SONDY	55
4.12 NASTAVENÍ KONFIGURACE 5D OBRÁBĚNÍ	57
4.13 SOUČÁST PRO TESTOVÁNÍ POSTPROCESSORU.....	58
SHRNUTÍ A ZÁVĚR	60
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	63
PŘÍLOHY	1
DEFINICE PROMĚNNÝCH PRO TVORBU POSTPROCESSORU	1
ZÁKLADNÍ NASTAVENÍ PŘES PŘÍKAZY TRUE/FALS	2
DEFINICE E PARAMETRŮ A JEJICH VÝPIS DO PODPROGRAMU PRO DĚLOVÉ VRTÁNÍ	3
ZÁPIS E PARAMETRŮ PŘI OPAKOVÁNÍ CYKLU	4

DEFINICE VLASTNÍCH PROMĚNNÝCH.....	5
UKÁZKA SEŘIZOVACÍHO LISTU.....	6

Seznam symbolů a zkratk

- CAD Computer Aided design / Počítačem podporované projektování
- CAE Computer aided engineering / Počítačem podporované inženýrství
- CAM Computer Aided Manufacturing / Počítačem podporovaná výroba
- CL data Cutter location data / Data polohy referenčního bodu nástroje
- CNC Computer Numerical Control / Počítačové číslicové řízení
- NC Numerical Control / Číslicové řízení
- PLC Programmable logic control / Programovatelný logický automat
- DNC Direct NumericalControl Přímé číslicové řízení

- **onRapid5D**

Příkazy pro výstup rychlého pětiosého posuvu.

- **onLinear5D**

Příkazy pro výstup lineárního 5osého posuvu.

- **onDwell**

Příkazy pro výstup posuvu v NC kódu.

- **onSpindleSpeed**

Příkazy pro výstup otáček vřetena.

- **onCycle**

Příkazy pro NC cykly, jako vrtání a závitování, které jsou prováděny v různých bodech programu CAM.

- **onCyclePoint**

Příkazy pro výstup různých bodů ze systému CAM pro použití cyklu.

- **onCycleEnd**

Ukončete a vynulujte cyklus.

- **onSectionEnd**

Příkazy k zachycení stroje do bezpečného místa a vypnutí modálních kódů. Tato funkce je vyvolána na konci každé sekce a může být užitečné přidávat tento kód pro přerušení operací.

- **onClose**

Příkazy výpisu do konce NC programu.

- **onTerminate**

Umožňuje přístup k výstupnímu souboru pro externí aplikace. Výstupní soubor bude uzamčen a nebude úplně zavřen, dokud nebude vyvolán příkaz onTerminate (). Soubor protokolu je v tomto okamžiku stále uzamčen. [8]

2.6 Vlastní programování postprocesorů

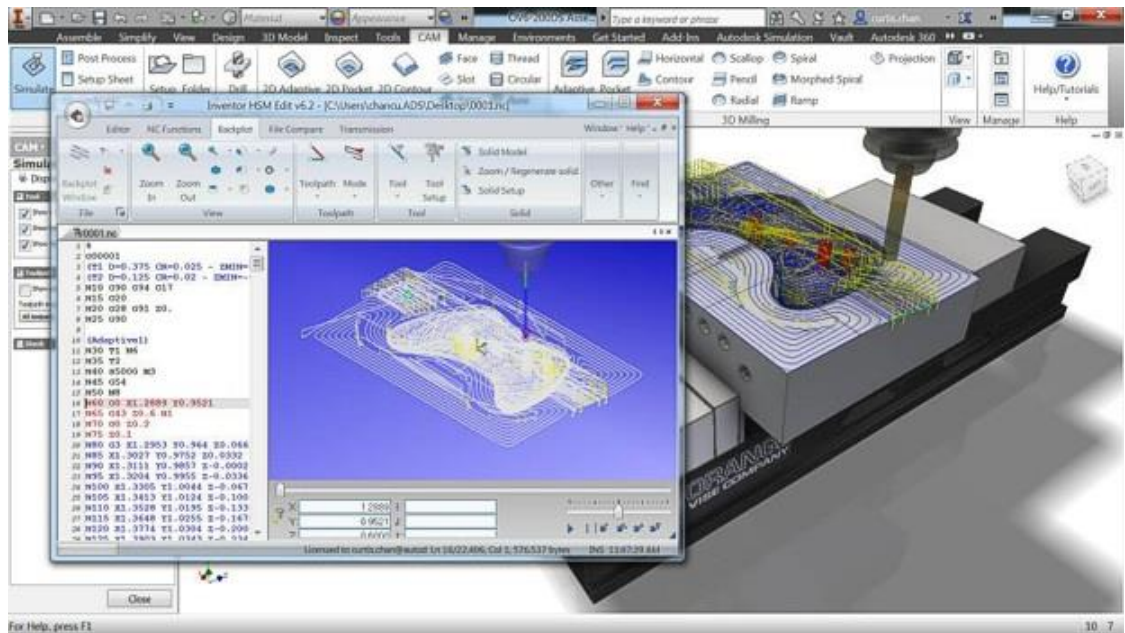
Pomocí těchto funkcí, ve spojení se svými vlastními doprogramovanými funkcemi, příkazy, omezeními a formátováním proměnných, lze dosáhnout požadovaného, výsledného a konečného postprocesoru. Programátor konkrétního postprocesoru má k dispozici funkcionalitu programování JavaScriptu. Vše vytvořené navíc, oproti dodané základní verzi postprocesoru, je vlastní programátorské „know-how“. Jediným, čím je programátor omezen, je výstup CL dat z CAM SW, nebo možnostmi funkcí, cyklů a příkazů v CAM SW.

2.7 CL data

Datové soubory polohování (CL) jsou generovány z cest obrábění specifikovaných v sekvencích NC. Každá NC sekvence generuje samostatný soubor CL. Lze také vytvořit jediný soubor pro celou operaci nebo cyklus.

Tyto datové soubory CL mohou být předány strojově specifickým nebo generickým postprocesorům pro generování komunikace DNC.

3 CHARAKTERISTIKA CAM INVENTOR HSM



Obrázek 3 – Prostředí InventorHSMpro

Autodesk HSM Professional je vybaven nejnovějšími technologiemi v oblasti frézování, soustružení, adaptivního obrábění, hladce propojené pohyby nástrojů šetřící čas obrábění i jejich životnost. Jedna licence pokrývá oblast CAD i CAM. Aplikace nabízí velmi intuitivní ovládání, rychlé zpracování a výstupů jednotlivých dat na profesionální úrovni.

CAM InventorHSM byl plně integrován v prostředí Inventor Professional. Uživatel si tak může snadno vybírat režim (skica, model, technologie, simulace atd.), ve kterém chce pracovat, jednoduchým přepnutím do jiné záložky v SW prostředí.

Po přepnutí do režimu CAM lze obrábět jak jednotlivé díly, tak celé sestavy. Tato implementace s sebou přináší mnoho výhod, od definice polotovaru, držáků, stolu, upínek při obrábění, až po asociativitu operací vůči obráběné geometrii v Inventoru vytvořené, nebo do Inventoru importované. Pokud dochází ke generování drah v dané sestavě a následně v simulaci, původní soubory jednotlivých dílů nejsou nijak dotčeny (CAM model bez technologie). Pokud dojde k úpravě jednotlivých dílů, stačí pouze aktualizovat výpočet drah v režimu CAM. Dráhy budou automaticky znovu vygenerovány dle poslední úpravy modelu

v závislosti na zvolených nástrojích.

Integrovaná simulace polotovaru umožňuje uživatelům vidět obrobený polotovar a automaticky kontroluje kolize dřívku nebo upnutí. Výsledný model polotovaru může být kontrolován zbarvením povrchu podle čísla nástroje, a případně rozřezán ke kontrole různých částí modelu.

Používá se funkce cílového porovnání dílu k zvýraznění zbývajících a podříznutých oblastí s různými barvami. Jelikož je podporováno (3+2)D obrábění, tudíž může být ověřeno více drah nástrojů v jedné operaci.

Po vytvoření dráhy nástroje lze prohlédnout a zkontrolovat výsledky s integrovaným vykreslením a kontrolními funkcemi. Integrovaným vykreslením se rozumí výsledný tvar obrobené plochy, nebo výsledný obrobek. Na tuto funkci navazuje funkce „porovnání dílu“. Kontroly zahrnují rychlost simulace a směr, viditelnost a průsvitnost nástroje, upínací části nástroje, držáku nástroje, a zbarvení rychloposuvů, najížděcích pohybů a řezných pohybů. Dále je možno použít pokročilé analytické nástroje pro měření vzdáleností, nebo dynamické zobrazení všech důležitých informací o nástrojích, posuvech / rychlostech, předpokládaném času obrábění, času nástroje v řezu.

Program generuje optimalizované dráhy nástroje z hlediska nájezdů/odjezdů, přejezdů, a tak nastavení optimalizovaných přejezdů je samozřejmostí. Velmi efektivní metodou technologie hrubování je „Adaptivní obrábění“, které dokáže udržet „konstantní“ zatížení nástroje v průběhu obrábění, díky čemuž je možné zvýšit produktivitu procesu hrubování a také zvýšit životnost nástroje. Adaptivní obrábění je nejlépe zpracovanou hrubovací operací, včetně zbytkového hrubování, a redukcí kroku pro použití následující dokončovací operace.

[6]

Výrobní dokumentace, tj. seznamy nástrojů a seřizovací listy, je automaticky generována pokročilým Inventor HSM postprocesorem s vysokým stupněm flexibility a

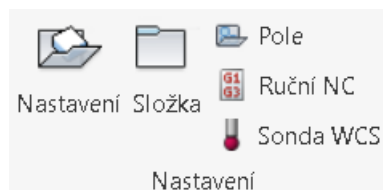
uživatelského přizpůsobení a mohou být exportovány v různých formátech jako HTML, XML, Excel a Word.

Inventor HSM Edit poskytuje řadu specifických funkcí pro CNC kód, jako číslování/přečíslování řádků, XYZ délkoměr a porovnávání souborů. Inventor HSM Edit nabízí DNC link pro spolehlivou komunikaci rozhraní RS-232 s různými CNC řídicími systémy.

3.1 Rozhraní InventorHSM

Program Autodesk HSM umožňuje využívat 64bitovou architekturu a „hyper-threading“ (vícejádrové a víceprocesorové stanice, až 24 jader), což se jednoznačně projeví snížením času potřebného pro zpracování náročných úloh. Autodesk HSM nabízí automatické využití distribuovaného CAM serveru pro rychlejší výpočty v síti LAN (nevyužité počítače v síti). Do toho spadá i manažer operací, kde lze jednoduše navolit, kdy a jaké operace mají být zpracovány, a to třeba i na pozadí, čímž je možné se věnovat navazující technologii.

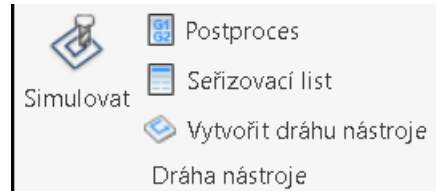
3.2 Ukázka jednotlivých karet v prostředí InventorHSMpro



Obrázek 4 – základní nastavení

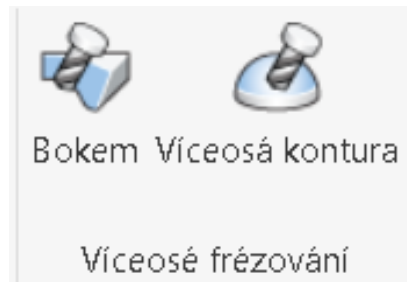
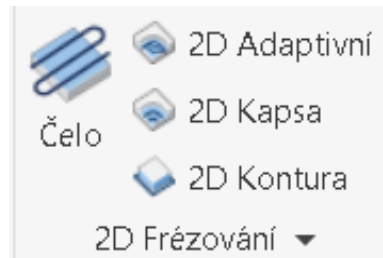
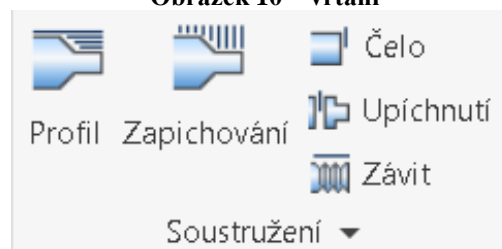
Touto záložkou se při tvorbě programu a určování technologií většinou začíná. V příkazu “Nastavení“ se určí například souřadný systém obrobku, jeho orientace, polotovar, druh obrábění (frézování, soustružení/frézování) a kam se budou data ukládat. “Pole“ je funkce, která umožňuje duplikovat technologie a množit je podle nadefinované geometrie.“ Ruční NC“ nám dovolí zadávat příkazy, kterými daný CAM nedisponuje a jsou doprogramovány v postprocesoru. Zadané příkazy jsou dle domluvy CAM

programátora/technologa a CAM vývojáře. Zadáním příkazu “Sonda WCS“ je určena geometrie cyklu pro použití měřicí sondy. Upravený postprocesor disponuje cykly sond, které automaticky generuje.



Obrázek 5 – simulace

V této záložce příkazem “Simulovat“ lze kontrolovat kinematiku pohybu nástroje vůči obrobku. Bohužel verze 2017 neobsahuje simulaci kinematiky celého stroje. Ta je plánována pro verzi 2018. “Seřizovací list“ automaticky generuje soubor do formátů pro tištěnou podobu. Informace především o nástrojích a jejich parametrech, které byly použity. Seřizovací list může být principiálně stejně programován a upravován, jako daný postprocesor. Lze vypsát hodnoty, komentáře a jiné informace, které slouží především pro operátory a seřizovače strojů. Příkazem “Vytvořit dráhu nástroje“ lze aktualizovat data pro jednotlivé operace, například při změně modelu se stanou již zadané a použité technologie, respektive dráhy nástroje, neplatnými, jelikož došlo ke změně jejich geometrie.

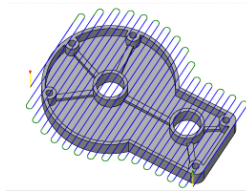
**Obrázek 8 – víceosé frézování****Obrázek 9 – 2D frézování****Obrázek 10 – vrtání****Obrázek 11 – soustružení**

Karty jednotlivých technologií jsou popsány dle použití. Je údělem CAM programátora, aby se s jednotlivými funkcemi zžil a dokázal si je co nejlépe a nejrychleji osvojit. Tyto technologie jsou všeobecně známy a díky jejich intuitivnímu nadefinování je lze snadno aplikovat.

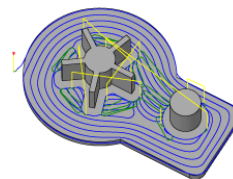
2.5D frézování

2.5D CAM řešení Inventor HSM nabízí mnoho možností. Operace jsou určeny pro tříosé stroje, které lze aplikovat i na víceosé stroje. Dráhy nástroje se vytvoří podle vybraných geometrií (hrany nebo náčrtu na modelu). 2.5D frézování je obsažené ve všech úrovních Inventoru HSM včetně HSM Express. Tyto strategie jsou nezbytností každého obráběcího projektu.

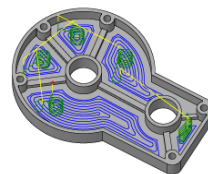
Polotovar je možné definovat podle odlitku, výkovku i výpalku. Pokud jsou definovány upínací prvky, lze dosáhnout maximálního bezpečí během celého procesu obrábění.

Přehled frézovacích operací:**Obrázek 12 – Obrábění čelních ploch**

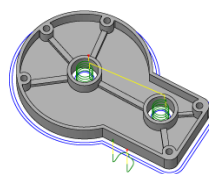
Strategie čelního obrábění je vytvořena pro rychlé obrobení čelních, ale i plochých oblastí.

**Obrázek 13 – 2D Adaptivní hrubování**

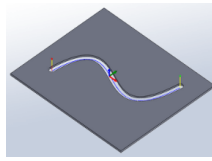
Strategie tvořící dráhy s konstantním opásáním, díky kterému se nástroj vyhne přetěžování a zkracování své životnosti. V oblastech, kde je to možné, se provádí obrábění po spirále, a pokud to není nutné, nevyjíždí ze záběru.

**Obrázek 14 – 2D Kapsa**

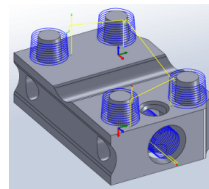
Dráhy nástroje frézování kapsy jsou vytvořeny ve vybraných řetězových konturách, které je možné měnit na otevřené, nebo uzavřené. Je možné definovat vstupní pozici, například předvrtaný otvor.

**Obrázek 15 – 2D kontura**

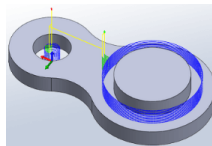
Dráhy nástroje jsou tvořeny u vybrané geometrie, které tvoří náčrt v Inventoru, nebo přímo hrana modelu. Tato strategie může posloužit jako hrubovací, ale i jako dokončovací.

**Obrázek 16 – Drážka**

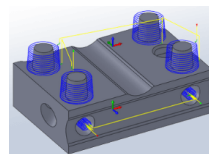
Pro urychlení obrobění drážek byla vyvinuta strategie pro drážkování. V drážce je potřeba vést dráhu nástroje středem drážky. Taková operace potřebuje vodící křivku. Tato strategie si ji vytvoří zcela sama, na základě geometrie modelu, a tím urychlí celý proces nastavování.

**Obrázek 17 – Závit**

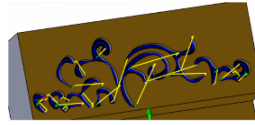
Operace závitování je možné použít v otvorech, nebo na válcových ostrovech. Výšky a hloubky jsou automaticky odvozeny z vybrané geometrie.

**Obrázek 18 – Kruhový**

Hlavní využití při frézování válcových kapes, nebo válcových ostrovů. Výšky a hloubky se odvozují automaticky z válcové geometrie a tím dostáváme možnost obrobit více prvků v jedné operaci.

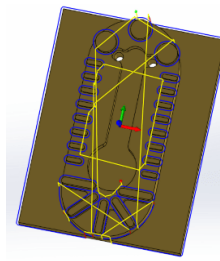
**Obrázek 19 – Vyvrtávání**

Tato strategie umožňuje tvořit otvory a ostrovy s využitím spirálové dráhy nástroje s konstantním klesáním.



Obrázek 20 – Gravírování

Za pomoci této strategie lze vykreslovat například text. Opět záleží na dané geometrii obrobku.



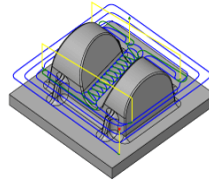
Obrázek 21 – 2D strážení hran

Touto operací lze srážet hrany, vytvořit zkosení o větších rozměrech, nebo zaoblení hran.

3D frézování a indexace 3+2D

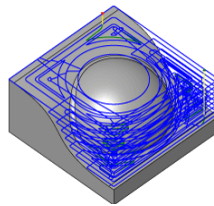
3D frézování si snadno poradí i s velmi složitými tvary obrobku. Adaptivní hrubování a strategie tvorby kapes se postará o rychlé a bezpečné hrubování a ostatní operace obsažené ve 3D frézování jsou určeny pro dokončovací operace. V dokončovacích operacích použitý nástroj finálně obrobí výsledný tvar plochy. 3D frézování je v Inventor HSM velmi propracované. Vždy je docíleno profesionálního NC kódu i přes velmi jednoduché ovládání a nastavení obráběcích operací.

Přehled 3D frézovacích operací:



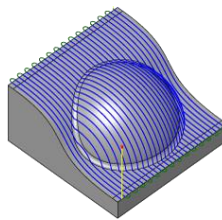
Obrázek 22 – Adaptivní hrubování

Hlavním úkolem je odebrání velkého množství materiálu. Po celou dobu operace je zajištěný maximální záběr nástroje a jeho zatížení je konstantní. Díky cyklům jsou umožněny hlubší záběry bez nebezpečí zničení nástroje. Strategie napřed obrobí model v určité hloubce a následně obrábí směrem zespuhu nahoru, aby nástroj odstranil vzniklé velké schody, které vyhladí na požadovaný tvar s definovaným přídavkem z operace.



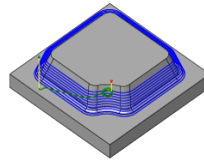
Obrázek 23 – Strategie obrábění kapes

Strategie obrábění kapes je jednou ze dvou hrubovacích strategií. Strategie tvoří řadu neměnných vrstev v ose Z a poté je jednu po druhé obrobí.

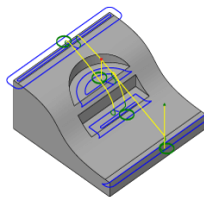


Obrázek 24 – Rovnoběžné

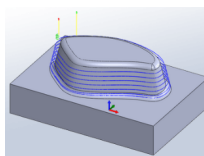
Dokončovací strategie obecně známa jako řádkování. Nástroj obrábí díl v definovaném směru. Dráhy této strategie se nejvíce hodí pro mělké oblasti a pro frézování směrem dolů.

**Obrázek 25 – Kontura**

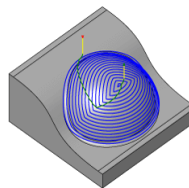
Nejvhodnější strategie pro obrobení strmých ploch. Oblast obrábění je možné omezit úhlem stěn a tím obrábět pouze oblasti, pro které je tato strategie určena. Mělké oblasti budou přenechány vhodnější strategii.

**Obrázek 26 – Vodorovné obrábění**

Obrobení rovinných ploch je úkol pro tuto strategii. Dojde k automatické detekci rovinných ploch.

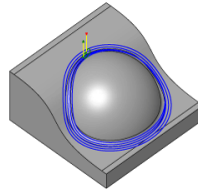
**Obrázek 27 – Rampové dokončení**

Tato strategie je určena pro dokončování strmých ploch. Kolem modelu se vygenerují dráhy nástroje, které zabírají krok směrem dolů po spirále. Vytvoří se tedy pouze jeden nájezd i dojezd. Nástroj je po celou dobu v materiálu, což může být důležité například u tvrdých a křehkých materiálu jako například keramika.

**Obrázek 28 – Rovnoměrné**

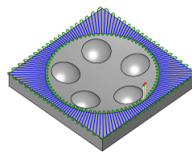
Strategie rovnoměrného dokončení si dává za hlavní úkol sledovat sklony a svislé

stěny a je docíleno vždy stejného bočního kroku a kroku dolů. Tato dokončovací strategie se může využít na dokončení celého modelu. Obrábění se provádí z vnějšku dovnitř.



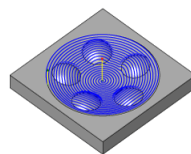
Obrázek 29 – Tužkové obrábění

Dokončovací strategie, která vytváří trajektorie podél vnitřních rohů a zaoblením s poloměrem menším, nebo rovným poloměru rohu nástroje. Tímto se ke zbytkovému materiálu dostanou nástroje, se kterými nebylo dříve možné tyto plochy obrábět.



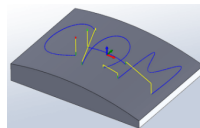
Obrázek 30 – Paprskové obrábění

Paprskové obrábění je dokončovací strategií, která tvoří dráhy nástroje v radiálním směru od středu ven. Dráhy mohou být omezeny vnitřním, nebo vnějším poloměrem.



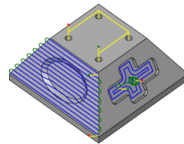
Obrázek 31 – Spirálové

Spirálové dokončení je strategie, které vytvoří spirálové dráhy nástroje, které přizpůsobí i nerovnostem povrchu. Nejeftivnější je u zaoblených a relativně plochých oblastí.



Obrázek 32 – Promítané

Promítání je dokončující strategie, která umožňuje obrábět středem nástroje podél kontur. Vybrané kontury jsou vždy promítnuty na plochy a nemusí být součástí plochy. Nejčastější použití nabídne tato strategie při potřeby gravírování textu nebo symbolu na plochy.

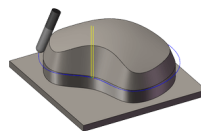


Obrázek 33 – 3+2D indexované obrábění

Verze InventorHSMpro disponuje (3+2)D obráběním. Pokud je stroj vybavený rotačními osami (A, B nebo C), lze je využít k napolohování obrobku a následnému obrobení. Lze zde aplikovat jakoukoliv operaci z 2.5D nebo 3D frézování. Napolohování modelu se nejvíce využije, pokud se nástroj nemůže do místa dostat z výchozí osy Z, nebo pokud je nutno obrábět strategií, která si vyžaduje přizpůsobení Z roviny.

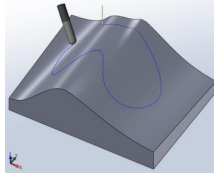
5D - víceosé frézování

Víceosé frézování, které je určeno pro obrábění velmi složitých ploch s potřebou náklonu nástroje v rotačních osách. Víceosé obrábění je doplněno pouze do úrovně Inventor HSM Pro.



Obrázek 34 – Bokem nástroje

Dokončovací strategie, která podporuje obrábění pomocí ploch i vodících kontur.



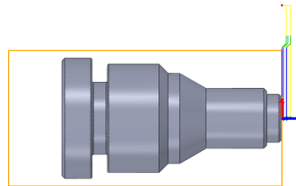
Obrázek 35 – Víceosá kontura

Strategie vede nástroj po kontuře i na velmi složitých plochách. Je možné použít vlečný a stranový úhel pro určení kontrolního bodu nástroje.

Soustružení

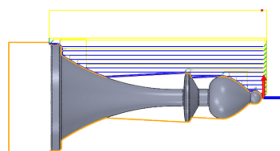
Soustružnické operace si poradí s obráběním profilů, včetně asymetrických. V této situaci je model obroben tak, aby v žádném místě nebyl obrobek podřezán. Řezné nástroje je možné nastavit jako nové, nebo vybrat z již definované tabulky nástrojů.

Přehled soustružnických operací:



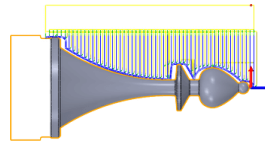
Obrázek 36 – Soustružení čela

Strategie pro obrábění rovinných ploch. Po definici nástroje se automaticky detekuje oblast obrábění se zobrazením výsledných drah nástroje.

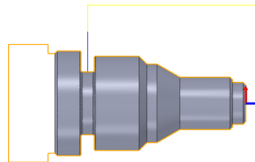


Obrázek 37 – Soustružení profilu

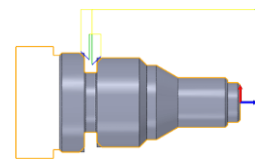
Strategie je určena pro hrubovací i dokončovací operace obráběného profilu. Tuto strategii můžeme aplikovat i na vnitřní soustružení.

**Obrázek 38 – Drážkové soustružení**

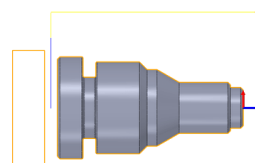
Hrubovací i dokončovací strategie k obrobení profilu. Nástroj neodebírá materiál v ose Z jako u strategie obrobení profilu, ale odebírá materiál metodou zapichování.

**Obrázek 39 – Soustružení jednoduchého zápichu**

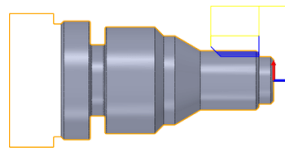
Strategie určená pro obrobení jednoduchého zápichu s jedním průchodem.

**Obrázek 40 – Soustružení srážení**

Pro srážení hran a tvorbu úkosu je přichystaný další pomocník. Strategie srážení je přizpůsobena pro rychlé nastavení. Výběr hran je velmi jednoduchý a rychlý. V jedné operaci můžeme vybrat všechny hrany, které chceme obrábět.

**Obrázek 41 – Upíchnutí**

Úkolem této strategie je upíchnutí zbytkového materiálu, který je upnutý ve vřetenu. Odpadá potřeba dalšího zarovnání obrobku z druhé strany.



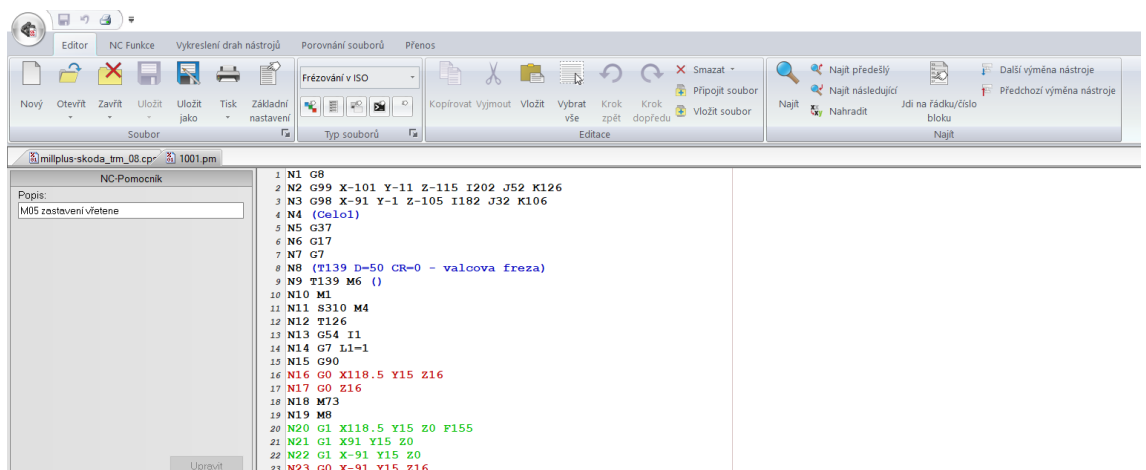
Obrázek 42 – Soustružení závitu

Pomocí definovaných cyklů v postprocesoru je možné soustružit závity. Strategie si pohlíká synchronizaci mezi polohou, otáčkami a posuvem.

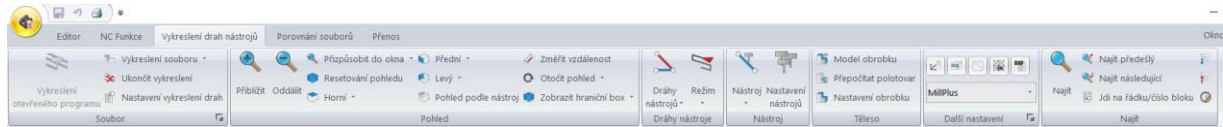
3.3 Prostředí EDITU ISOkódu

Požadovaný kód je generován do prostředí EDITU samostatné aplikace obsažené v daném SW. Tato aplikace obsahuje výpis v daném kódu, možnost jeho úpravy, definice a simulace.

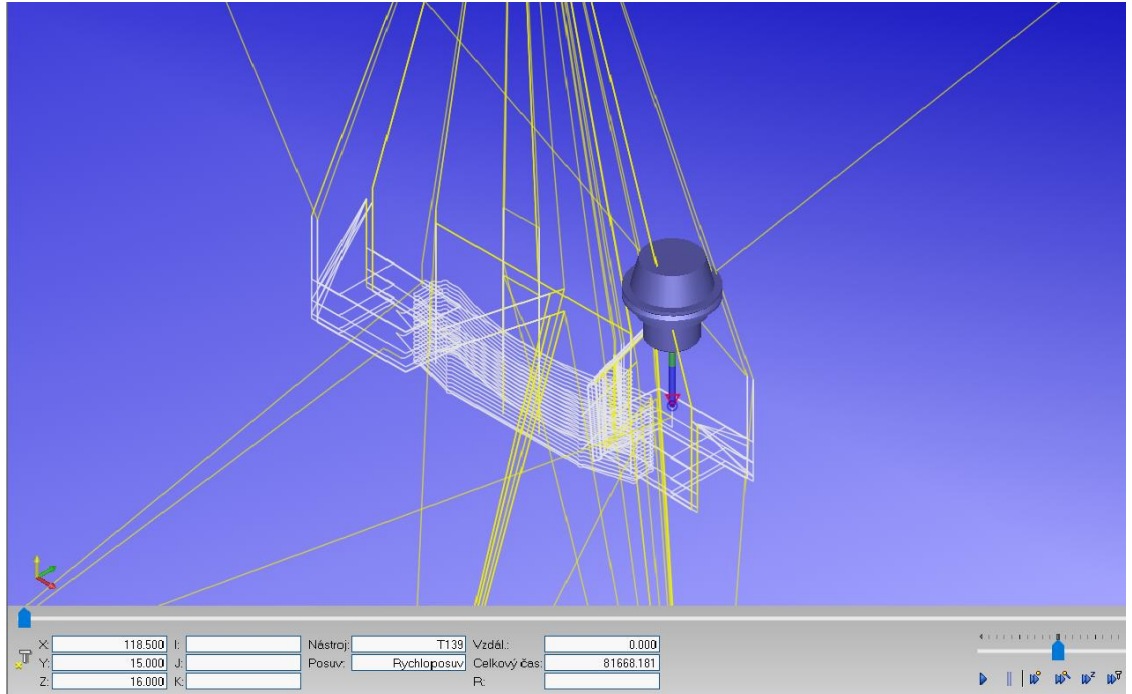
U simulace je možné si zvolit, pro který řídicí systém je tato simulace určena, respektive jak bude daný kód zpracován a přetvořen do CAx dat. Při volbě simulace pro konkrétní řídicí systém se počítá s jeho základními pravidly programování a musí být opět brán zřetel na jeho úpravy v postprocesoru.



Obrázek 43 – Ukázka prostředí EDITU s vygenerovaným kódem



Obrázek 44 – Základní pás karet pro vykreslení drah nástroje



Obrázek 45 – Ukázka simulace obrábění

3.4 Seřizovací listy

<p>POČATEK: #1</p> <p>POLOTOVAR: DX: 182mm DY: 32mm DZ: 106mm</p> <p>DL: DX: 180mm DY: 30mm DZ: 50mm</p> <p>SPODEK POLOTOVARU OD POČATKU #1: X: -91mm Y: -1mm Z: -105mm</p> <p>VŘEK POLOTOVARU OD POČATKU #1: X: 91mm Y: 31mm Z: 1mm</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Celkem
<p>POČET OPERACÍ: 34</p> <p>POČET NÁSTROJŮ: 18</p> <p>NÁSTROJE: T1 T2 T15 T28 T50 T61 T126 T139 T150 T171 T217 T233 T254 T257 T260 T407 T498 T700</p> <p>MAX. POSUV: 1000mm/min</p> <p>MAX. OTÁČKY VŘETENE: 5000ot/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 14288.01mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 8105.5mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 1h:8m:44s</p>

<p>Operace 1/34</p> <p>POPIS: Čelo1</p> <p>STRATEGIE: Celní</p> <p>POČATEK: #1</p> <p>TOLERANCE: 0.01mm</p> <p>MAX. STRANOVÝ KROK: 47.5mm</p>	<p>MAX. OTÁČKY VŘETENE: 310ot/min</p> <p>MAX. POSUV: 155mm/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 215.5mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 26mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 1m:24s (2%)</p> <p>CHLAZENÍ: Kapalina</p>	<p>T139 D139 L139</p> <p>Typ: válcová fréza</p> <p>PRUMER: 50mm</p> <p>DELKA: 40.5mm</p> <p>BRITY: 4</p> <p>POPIS: Freza D50 s VBD</p> <p>DRŽAK: Maritool CAT40-ER32-2.35</p>	
<p>Operace 2/34</p> <p>POPIS: Hrubování tvaru</p> <p>STRATEGIE: 2D Kontura</p> <p>POČATEK: #1</p> <p>TOLERANCE: 0.01mm</p> <p>PRÍDAVEK: 0.5mm/0mm</p> <p>MAX. KROK DOLU: 3mm</p> <p>MAX. STRANOVÝ KROK: 10mm</p>	<p>MAX. OTÁČKY VŘETENE: 1400ot/min</p> <p>MAX. POSUV: 467mm/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 9201.46mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 760.71mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 28m:30s (41.5%)</p> <p>CHLAZENÍ: Kapalina</p>	<p>T126 D126 L126</p> <p>Typ: válcová fréza</p> <p>PRUMER: 20mm</p> <p>DELKA: 80mm</p> <p>BRITY: 2</p> <p>POPIS: Freza D20 hurricane</p> <p>DRŽAK: Maritool CAT40-ER32-2.35</p>	

Obrázek 46 – Ukázka základního seřizovacího listu

Seřizovací listy slouží pro zpřehlednění jednotlivých obráběcích operací, použitých nástrojů, upnutí obrobku a polohu nulového bodu obrobku. Tyto parametry mohou být generovány do více formátů, jako je HTML, EXCEL, TXT,

3.5 Řídící systém MillPlusIT5.30

Doporučená struktura programu u jednoduchých, konvenčních obrábění obrysů

- 1 Vyzvolání nástroje, definování jeho osy
- 2 Odjetí nástrojem
- 3 Předpolohování v rovině obrábění poblíž výchozího bodu obrysu
- 4 Předpolohování nad obrobkem nebo hned do hloubky, dle potřeby zapnout vřetenou / přívod chladicí kapaliny
- 5 Najetí na obrys
- 6 Obrábění obrysu
- 7 Opuštění obrysu
- 8 Odjetí nástrojem, ukončení programu

Podrobné informace k tomuto tématu:

- Programování obrysů: Viz „Pohyby nástroje“, strana 188

Příklad: Struktura programu k programování obrysů

```

0 BEGIN PGM BSPPCONT MM
1 BLK FORM 0.1 Z X... Y... Z...
2 BLK FORM 0.2 X... Y... Z...
3 TOOL CALL 5 Z S5000
4 L Z+250 R0 FMAX
5 L X... Y... R0 FMAX
6 L Z+10 R0 F3000 M13
7 APPR ... RL F500
...
16 DEP ... X... Y... F3000 M9
17 L Z+250 R0 FMAX M2
18 END PGM BSPPCONT MM

```

Doporučená struktura programu u jednoduchých programů s cykly

- 1 Vyzvolání nástroje, definování jeho osy
- 2 Odjetí nástrojem
- 3 Definování obráběcích pozic
- 4 Definování obráběcího cyklu
- 5 Vyzvolání cyklu, zapnutí vřetenou / chladicí kapaliny
- 6 Odjetí nástrojem, ukončení programu

Podrobné informace k tomuto tématu:

- Programování cyklů: Viz Příručka uživatele cyklů

Příklad: Struktura programu k programování cyklů

```

0 BEGIN PGM BSBCYC MM
1 BLK FORM 0.1 Z X... Y... Z...
2 BLK FORM 0.2 X... Y... Z...
3 TOOL CALL 5 Z S5000
4 L Z+250 R0 FMAX
5 PATTERN DEF POS1( X... Y... Z... ) ...
6 CYCL DEF ...
7 CYCL CALL PAT FMAX M13
8 L Z+250 R0 FMAX M2
9 END PGM BSBCYC MM

```

Obrázek 47 – ukázka kódu HDH

Nejedná se o klasický řídicí systém společnosti Heidenhain, na které jsme zvyklí (např.: tnc415, tnc430, tnc530 atd.). Na rozdíl od klasického Heidenhain systému, viz obrázek 46, se dá u Millplus mluvit spíše o ISO kódu. Disponuje klasickými funkcemi ISO kódu jako jsou (G00-rychloposuv, G01-pomalý/pracovní posuv, G02/G03-kruhové interpolace atd.) Avšak rozdíly zde najdeme. Ty budou popsány a řešeny v samotné práci tvorby postprocesoru.

Disponuje i mnoho dalšími funkcemi „vyšších řádů“(Př: funkce G81 je změněna na funkci G781 apod. ...). Jedná se například o funkce vrtání, zahlubování, vystružování, hlubokého vrtání, dělového vrtání (Příloha 2) a ostatní možné cykly. U těchto funkcí lze zadat

více parametrů, než u funkcí základních. Tím dosáhneme mnohem přesnějšího nadefinování cyklů a jejich funkcí. Tato variabilita se nejvíce uplatní při modernizaci/vývoji jednotlivých nástrojů a jejich použití.

Jelikož se jedná o soustružnicko/frézovací centrum, režim obrábění určují funkce G36/G37, kde G36=soustružení, G37=frézování. Tato funkce má v podstatě jediný důvod a tj., že v případě režimu soustružení dojde ke zpevnění vřetene.

Je zde specifikum zadávání nulových bodů, které je vyvoláno funkcí G54 I. Všimněme si parametru „I“, který může nabývat až 99 různých hodnot. To znamená, že na jednom obrobku, pokud jich není na NC stole upnuto více, lze definovat až 99 různých nulových bodů a k nim lokálních souřadných systémů.

Posun nulového bodu je určen pomocí funkce G93 X_ Y_ Z_ A_ B_ C_ . Tyto souřadnice nabývají přírůstkových hodnot od původního souřadného systému.

Pracovní roviny zde určují funkce G17, G18. Jedná se o nastavení parametru, v které rovině se bude obrábět (xy, zy, zy). Funkce polohy vřetene G7, G8, G9 nám určují základní polohy vřetene. Používají se zejména při výměně nástroje, odjezdu na bezpečné vzdálenosti, nebo při přechodu na soustružnický režim.

4 Charakteristika stroje a návrh postprocesoru



Obrázek 48 – DMC125DuoBlock

4.1 Parametry

Pětiosé soustružnicko-frézovací centrum, s lineárními posuvy v osách X,Y,Z. otočnou osou C a frézovací výklopnou hlavou s A a B osami.

Osy:	X,Y,Z,A,B,C
rozsahy os:	osa X+625mm, osa Y-300 +700, osa Z+100 +1100
maximální otáčky:	18000 ot / min
výměník nástrojů:	40 krát Chip-to-chip
maximální délka nástroje:	500 mm
maximální \varnothing nástroje:	220 mm max
rychlost posuvu:	60000 mm / min

rapid:	60 mm / min
homing:	20 - 5,000 mm / min
výkon:	28 kW max.
kroutící moment vřetena:	121 Nm
upínací plocha:	ø 1250 x 1100 mm max.
max. průměr obrobku:	1500 max. výška obrobku: 1.050 mm
doba:	horizontálními 4,5 s; 7 je ve svislém směru (osa B)

iTNC 530 (Procesor Pentium III, 26 GB pevný disk, 0,5 ms doba zpracování kontroluje až 99 bloků předem)

4.2 Kinematika stroje

Důležité je také zmínit vzájemnou kinematiku otočného stolu (C) a vyklápěcí hlavy (A,B) daného stroje.

V případě DMC125Duoblock je zde vřeteno pod úhlem 45°, to znamená, že vstupující hodnoty natočení B-osy jsou poloviční. Dále jsou zde prohozeny osy X a Y, u kterých je zvykem mít opačnou orientaci, jako je tomu u klasických vertikálních frézek.

Při obrábění pod zadaným úhlem dojde k vyklopení frézovací hlavy a pootočení C-osy (kompenzace). Vzhledem k tomuto konstrukčnímu řešení stroje vzniká problém ohledně indexace os A, B, které budou řešeny postprocesorem.

Jelikož si C-osa kompenzuje natočení, bude muset být přesně definováno, jak se dané osy budou natáčet a která z os bude preferována (otáčet kolem A, nebo B). Pro lepší představu jsou níže fotky s popisky v „základních“ polohách stroje.



Obrázek 49 – PANEL



Obrázek 50 – X0 Y0 Z0 B0



Obrázek 51 – X0 Y0 Z0 B90



Obrázek 52 – X0 Y0 Z0 B45

Všimněme si natočení frézovací výklopné hlavy o 22,5° v reálu (chceme obrábět sražení o úhlu 45°) a kompenzace natočení C-osy.

4.3 Přehled G, M a ostatních funkcí, které předpokládá Objednatel řešit postprocesorem pro DMC125FD/MillPlus, v520/00h, v530

Výběr z G funkcí, které budou postprocesorem řešeny:

G0	G1	G2	G3	G4	G7	G8	G9	G14	G17
G18	G19	G22	G23	G29	G33	G36	G37	G39	G40
G41	G42	G43	G44	G45	G50	G53	G54 I1 ..I99	G70	G71
G74	G79	G81	G83	G84	G85	G86	G87	G88	G89
G90	G91	G93	G94	G94 F5=	G95	G96	G97	G98	G99
G149	G150	G174	G180	G182	G620	G621	G622	G623	
G626	G627	G628	G629		G633	G634	G691	G692	G781
G783	G790								

Vrtací a frézovací cykly, cykly dotykové sondy, opracování s válcovou interpolací

- M funkce

M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
M10	M11	M13	M14	M22	M23	M27	M28	M30	M53
M54	M55	M56	M57	M58	M60	M66	M67		

4.4 G funkce, které jsou postprocesorem řešeny

G00, G01, G02, G03

Funkce obecných pohybů. Těmito funkcemi jsou generovány veškeré pohyby nástrojů, pokud nejsou definovány v cyklech.

- G00 – rychloposuv
- G01 – pracovní posuv
- G02, G03 – polární interpolace

G04

Funkce časové prodlevy. Hodnota za touto funkcí určuje, jakou dobu/kolik otáček setrvá nástroj ve své poloze.

G07, G08, G09

Funkce polohy nástroje ve vřeteni. Jsou vyvolávány většinou před výměnou nástroje. Jelikož se jedná o soustružnicko-frézovací centrum, mohou být ve vřeteni upnuty jak

frézovací a vrtací nástroje, tak soustružnické nože, které mohou být upnuty horizontálně, či vertikálně. Při přechodu ze soustružnického režimu na frézovací, nebo naopak, by bez použití těchto funkcí mohlo dojít ke kolizi, nebo by k výměně vůbec nedošlo.

G17, G18, G19

Určení roviny, v které bude obráběno. Přičemž při funkci G17 se stroj chová jako vertikální frézka, G18 jako horizontální frézka a při G19 dojde k prohození os X,Y. Jsou zde zvláštnosti, které musely být řešeny, a to u přechodu z frézovacího režimu na soustružnický.

Funkce G17 platí pro pozici nástroje vertikální frézky a pro soustružení čela, kdy je nůž rovnoběžný s osou rotace. Dle požadavků zákazníka bylo nastaveno, že pokud dojde k jakémukoliv vyklopení nože, které je nastaveno v prostředí CAM, automaticky se nástroj přepne do polohy G18. Toto platí pouze pro soustružení čela.

Při přechodu z frézovacího režimu na soustružení profilu, to znamená, že nástroj je kolmý na osu rotace, je aktivována funkce G18 společně s napolohováním nástroje v ose B o 180°.

G19 nebyla doposud využívána a ani při použití CAM SW se nepočítá s její aktivací, jelikož dochází k definování rovin pomocí polohy os.

G51 – G59

- definování nulového bodu
- v tomto postprocesoru řešeno přes funkci G54 I., kde parametr "I" nabývá až 99 hodnot

G180, G182

Funkce frézování na válcové ploše byly vyřešeny přes cyklus v daném CAMu, který jím disponuje. Při základním nastavení docházelo k výpisu souřadnic X,Y,Z,B,C, kdy stroj

vypisoval dráhu nástroje po dané kontuře, avšak nezohledňoval polotovar, na kterém byla tato operace použita. Nástroj najížděl na konturu skrz upnutý obrobek a i když opisoval správnou dráhu kontury, při špatném napolohování nástroje nemohl být tento cyklus použit. V postprocesoru muselo být řešení tohoto problému provedeno přepisem souřadnic bodů na polární souřadnice, blokace jedné osy a správný nájezd k polotovaru. To znamená, že pokud je obráběno na válcové ploše, nástroj se dostane do kolmé polohy na osu válce (natočení B osy= 180°) a souřadnice osy Y je rovna nule. Programátor si pouze doplní ručním programováním, přes příkaz EXE, velikost bezpečného nájezdu. Nástroj je přiveden ke kontuře, zanořen do materiálu a otočný stůl polohuje natočení dle zadané geometrie. Pro frézování na válcové ploše mohou být použity klasické 2D operace, které jsou na ni tímto převedeny.

G81 až G89

Standartní cykly, které jsou definovány manuálem. Cykly jsou zapsány do několika parametrů „Q“. Jejich nadefinování je časově náročné, avšak ne složité. Mimo to, postprocesor, který nabízí společnost Autodesk, již spoustu těchto cyklů obsahuje.

G90/91

- G90- Absolutní souřadnice měřené od nulového bodu programu W.
- G91- Přírůstkové souřadnice vzhledem k poslední poloze.

G92/G93

- G92-přírůstkové souřadnice vzhledem k poslednímu nulovému bodu programu
- G93-absolutní souřadnice vzhledem k nulovému bodu definovanému pomocí funkcí G54-G59 nebo G54 I...

-maximální hodnota parametru „I“ je 99, to znamená, že lze na obrobku zadefinovat až 99 nulových bodů

G94/G95

- G94- Posun v mm/min. nebo v palcích/min
- G95- Posun v mm/ot. nebo v palcích/ot.

G96/G97

- -definování konstantní řezné rychlosti
- G96-m/min
- G97-ot/min

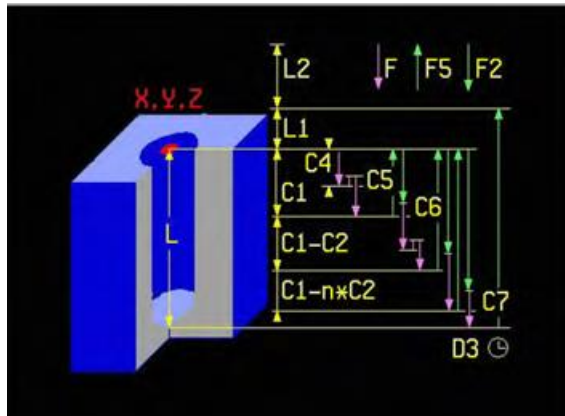
G98/G99

- -přes zadané parametry je určena definice trojrozměrného surového kusu a jeho polohy vzhledem k nulovému bodu
- -tyto definice jsou zobrazovány přímo na panelu stroje a upravovány obsluhou

Ostatní G funkce, které zde nejsou zmíněny, jsou řešeny samotným CAM SW a není nutné je v postprocesoru zohledňovat. Jedná se především o funkce, které určují geometrické obrazy, roviny a body. Tyto obrazy nám určují dráhu nástroje, polohu nástroje vůči obrobku, natočení stolu, polohu vřetena.

G783 Hluboké vrtání (lámání třísek)-ukázka řešení cyklu

Definování cyklu vrtání hlubokých děr s klesající hloubkou přísuvu pro odstranění třísek a pevnou vzdáleností lámání třísek v jedné větě programu.



```
G Hlub.vrtání s dodat.lámáním třísek
L Hloubka
L1= 1. bezpečná vzdálenost
L2= 2. bezpečná vzdálenost
C1= Hloubka přísuvu
C2= Pokles hloubky přísuvu
C3= Minimální hloubka přísuvu
C4= Hloubka vrtání do zlomení trisky
C5= Zpetná vzdál. pro lámání třísek
C6= Bezpečná vzdálenost po zpet. chod
C7= Bezp.vzdál. po posl. zpet. chodu
D3= Prodlévání [otáčky]
F Posuv
S Pocat otáček vřetena
F2= Speš. chod pokles
```

```
F5= Spešný zpetný chod
```

Obrázek 53 – Ukázka cyklu pro hluboké vrtání s popisem všech jeho parametrů

4.5 M funkce řešené postprocesorem

M..	Popis	Modální s:
M0 M1 M30	Program zast. Volitelné zast. Konec programu	- - -
M3 M4 M5 M19	Vřeteno ZAP pravý chod Vřeteno ZAP levý chod ZASTAVENÍ vřetena ZASTAVENÍ vřetena v určité úhlové poloze	M4,M5,M14,M19 M3,M5,M13,M19 M3,M4,M13,M14 M3,M4,M13,M14
M6 M66	Provedení automatické výměny nástroje Ruční výměna nástroje	- -
M7 M8 M9	Chladicí médium č.2 zapnout Chladicí médium č. 1 zapnout Chladicí médium vypnout	M9 M9 M7,M8,M13,M14
M13 M14	Vřeteno ZAP, pravý chod a chladicí médium ZAP Vřeteno ZAP, levý chod a chladicí médium ZAP	M9 M9
M25 M26 M27 M28 M24 M29	K aktivaci měření nástroje Kalibrovat měřicí sondu Aktivovat měřicí sondu Vypnout měřicí sondu Aktivovat snímací systém Zapnout ofuk. vzduch u měřicí sondy	- - M28 M27
M41 M42 M43 M44	Výběr převod. stupně pohonu vřetena	M42,M43,M44 M41,M43,M44 M41,M42,M44 M41,M42,M43
M67	Aktivovat korekci nástroje	-

M..	Popis	Modální s:
M10 M11 M22 M23 M32 M33	Sevření 4. osy ZAVŘ. OTEVŘ. Sevření 5. osy ZAVŘ. OTEVŘ. Sevření 6. osy ZAVŘ. OTEVŘ.	-
M16 M18	Čištění obrobku VYP Čištění obrobku ZAP	-
M20	Volně použitelný výstup NC	-
M46	Automatická výměna nástroje (bez zpětného chodu os neprovádějících výměnu nástroje)	-
M53/M54	Výkyvná frézovací hlava pro horizontální/vertikální obrábění	-
M55	Zapnutí frézovací hlavy řízené pomocí NC Nastavit a zafixovat polohu v úhlu 0 stupňů	-
M56 M57 M58	1. Uvolnit rozsah pojezdu (spínací polohu) pro osu X (modální) 2. Uvolnit rozsah pojezdu pro osu X (modální) 3. Uvolnit rozsah pojezdu pro osu X (modální)	-
M60/M61/M62	Příkazy pro výměnu palet	-
M68	Naplnit/uvolnit zásobník nástrojů v pracovním prostoru	-
M70 M71	Dopravník na třísky ZAP Dopravník na třísky VYP	-
M74 M75 M76 M77	Pojistné funkce: Kruhový zásobník palet Výměník palet Výkyvná frézovací hlava Výměník nástrojů	-
M80-M89	Rezervováno pro softwarovou volbu	-

M27

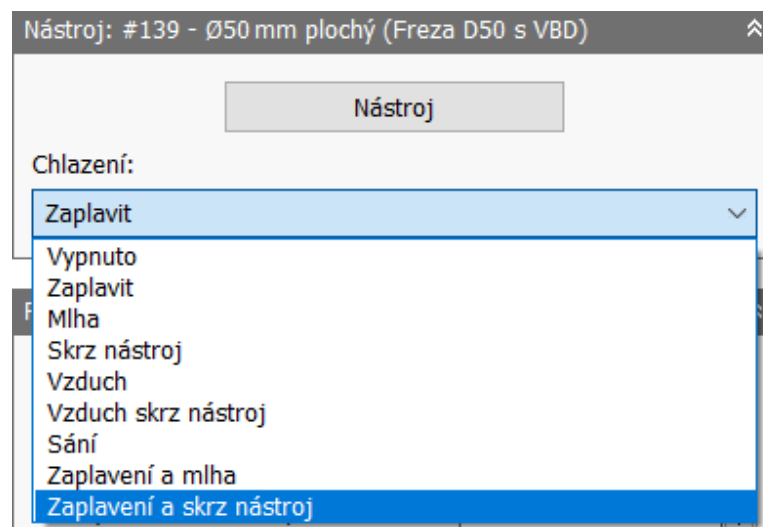
- funkce, která aktivuje/deaktivuje sondu
- tato funkce je vyvolávána ihned po výměně nástroje při aktivaci a po výměně nástroje při deaktivaci

4.6 Funkce chlazení

Funkce chlazení jsou vyvolány dvěma M-funkcemi, přičemž jedna určuje cestu, kudy bude dané médium proudit a druhá druh proudícího média. Jelikož řídicí systém Millplus

neakceptuje dvě M funkce v jednom řádku, musejí být zapsány do těchto bloků. Každá M funkce má svůj vlastní řádek

- zaplavit – M73 + M8
- vzduch – M72 + M8
- skrz nástroj – M73 + M7
- vzduch skrz nástroj – M72+M7



Obrázek 54 – Volba chlazení v prostředí CAM SW

4.7 Podprogramy

Pro lepší přehlednost programu pro programátora i obsluhu byly opakované funkce vypsány do podprogramů. Základní verze postprocesorů podprogramy nedefinované nemají a musejí být doprogramovány za použití vlastních proměnných (Příloha 3). Jedno řešení je nabízeno pro řídicí systém FANUC, avšak podprogramy jsou zapsány jako samostatné programy a nejsou vypsány do jednoho výstupu dat, ale do několika souborů, rozděleny podle použitých operací. Zvolený stroj je schopen si sám přečíslovat řádky nahraného programu, v podstatě automaticky, hned při jeho vstupu.

Postprocesorem jsou podprogramy řešeny výpisem podprogramů na řádky „n“ řádu a jsou vloženy na konec programu (Příloha 4 a Příloha 4). Do samotného programu se automaticky vypíše rozsah těchto řádek a přiřazeny ke správnému cyklu. Výjimkou je cyklus

zpětného zahloubení, kde jsou hodnoty vypsány do „E“ parametrů. Tyto parametry jsou definovány na začátku cyklu. Samotný podprogram je vypsán na konci programu, právě pomocí „E“ parametrů (Příloha 4). To znamená, že obsluha stroje má k dispozici okamžitou úpravu parametrů daného cyklu, které se automaticky načtou do podprogramu. Toto řešení vzniklo na základě problematiky obrábění velkého množství děr, kde je použito více nástrojů. Pokud by nebyl vygenerovaný kód řešen podprogramy, cyklus by byl volán od samého počátku. To by znamenalo navýšení pracovních časů a větší prostor k chybám obsluhy.

```

16 N16 G0 Z15
17 N17 M72
18 N18 M7
19 N19 G0 X218.743 Y71.074 Z15
20 N20 G0 X218.743 Y71.074 Z0
21
22 N21 E101=5 (*ODJEZD)
23 N22 E102=5000 (*PRAC. OTACKY)
24 N23 E103=5000 (*ZAPNUTI MALYCH OTACEK)
25 N24 E104=-45 (*VRTANI NA HLOUBKU)
26 N25 E105=0 (*NAVRAT)
27 N26 E106=1000 (*PRAC. POSUV)
28 N27 E107=1000 (*VYJEZD VEN SE ZRYCHLENYM PRAC. POSUVEM)
29 N28 E108=-15 (*ZASUN)
30 N29 E109=1111 (*ZASUN S MENSIM POSUVEM)
31
32 N30 G14 N1=9000000 N2=9000010 (*VRTANI DELOVE)
33 N31 G0 X199.722 Y64.894 Z0
34 N32 G14 N1=9000000 N2=9000010 (*VRTANI DELOVE)
35 N309 G0 X-114.127 Y-37.082 Z0
36 |
37 N309 G0 X-114.127 Y-37.082 Z15
38 N310 M9
39 N311 M5
40 N312 G74 Z-1 L1
41 N313 G7
42 N314 G7 L1=1
43 N315 T0 M6
44 N316 G7
45 N317 E0=0 E1=0 M30
46
47 N9000000 (*DEFINICE CYKLU DELOVEHO VRTANI)
48 N9000001 S=E103 M3 (*ZAPNUTI MALYCH OTACEK)
49 N9000002 G1 Z=E108 F=E109 (*ZASUN S MENSIM POSUVEM)
50 N9000003 M7 (*VYPLACH)
51 N9000004 S=E102 M3 (*PRAC. OTACKY)
52 N9000005 G1 Z=E104 F=E106 (*VRTANI NA HLOUBKU)
53 N9000006 M9 (*VYPNOUT VODU)
54 N9000007 S=E103 M3 (*ZAPNUTI MALYCH OTACEK)
55 N9000008 G1 Z=E105 F6=E107 (*VYJEZD VEN SE ZRYCHLENYM PRAC. POSUVEM)
56 N9000009 M5 (*VYPNUTI OTACEK)
57 N9000010 G0 Z=E101 (*ODJEZD)

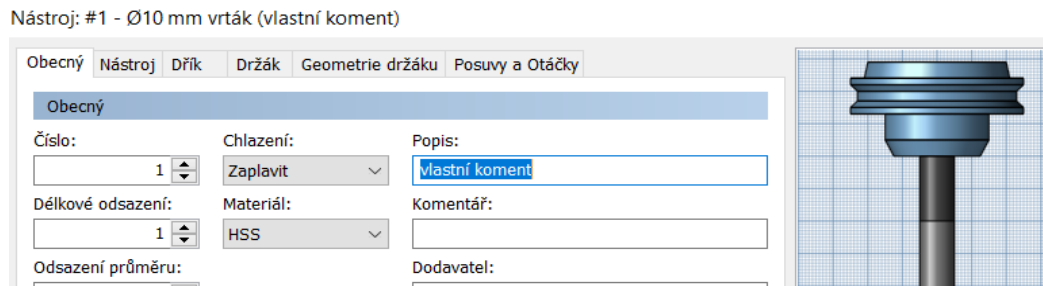
```

Obrázek 55 – Podprogramy cyklu, řešené přes „E“ parametry

4.8 Komentář nástroje

Většina postprocesorů automaticky obsahuje popis operace + popis nástroje, který lze aktivovat, či deaktivovat. Zde je přidána poznámka, generovaná ze záložky popisu nástroje.

Slouží především k popisu neobvyklostí nástrojů a operací, kterou píše sám programátor.



Obrázek 56 – Vlastní popis nástroje

4.9 Soustružnický režim

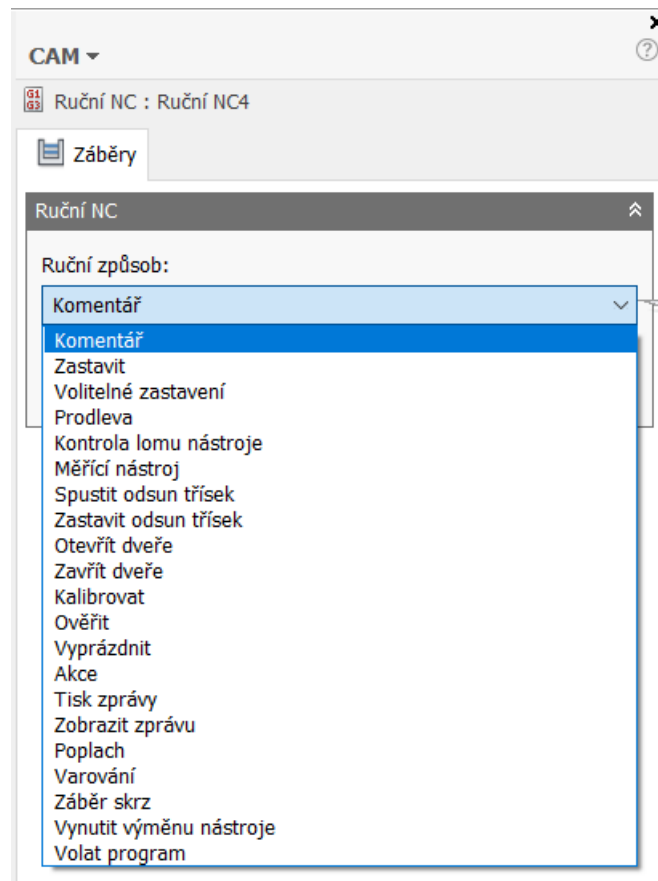
Oproti přípravným funkcím při frézování, které byly popsány výše, u soustružení nelze mluvit o klasickém zápisu. Jsou vypsány v podstatě jako parametr, který je roven zadané hodnotě. Jejich výpis je rozdílný.

- zapnutí otáček a vody - G96 S1=1000 M1=5
- vypnutí otáček a vody - G97 S1=0 M1=5

4.10 Funkce EXE

Tato funkce je vytvořena pro ruční psaní kódu. Pokud nelze daným CAM SW definovat dráhu nástroje, nebo jeho nájezdů, lze použít tento příkaz pro ruční programování. Tato funkce je v CAM prostředí pod záložkou „RUČNÍ NC“. Pokud programátor chce psát svůj vlastní kód ručně, zadá příkaz EXE a píše svůj kód do jednoho řádku. Pokud je nutnost využití více řádků, jako jejich oddělovač slouží středník, jako je zvykem zápisu přímo na strojích. Ačkoliv v prostředí CAM SW je daný kód napsán v jednom řádku a oddělen středníky, vygenerovaný kód je rozepsán klasicky do řádků. Tento přechod opět řeší postprocesor, kde byl středník nadefinován jako oddělovač řádků.

Tuto funkci lze použít kdykoliv během programu, bez jakéhokoliv omezení. Musí se pouze počítat s tím, že daný kód už má svoji posloupnost výpisu přípravných funkcí, proto musí být brán zřetel na to, kde je tento příkaz umístěn.



Obrázek 57 – Možnost ručního programování



Obrázek 58 – Příkaz EXE pro ruční programování

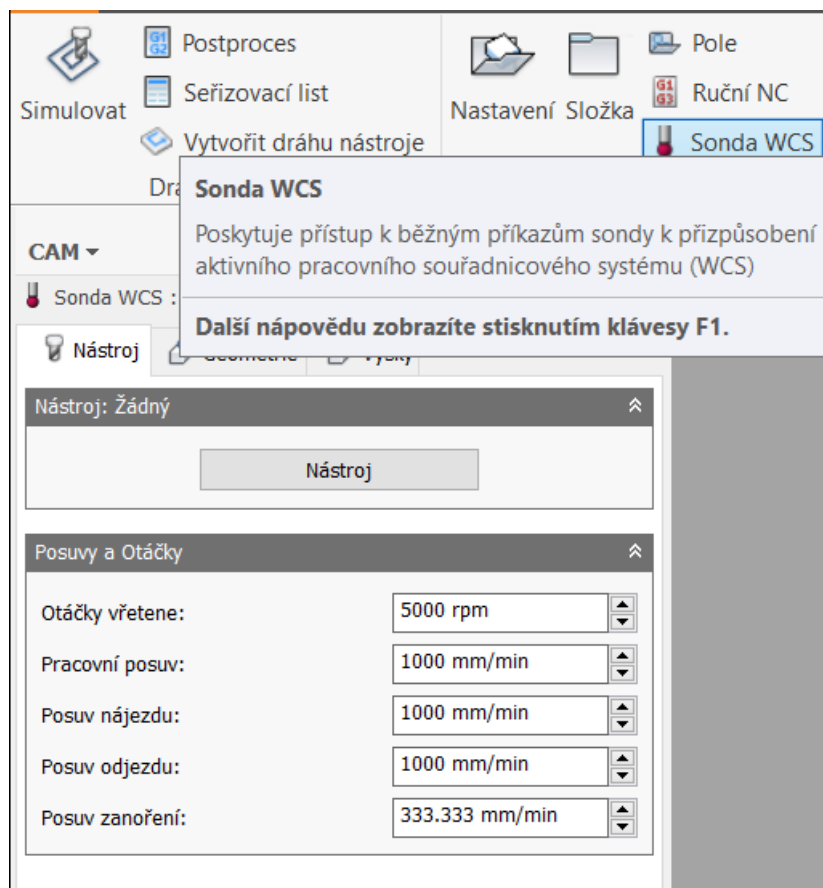
4.11 Funkce sondy

Nastavení cyklů sondování pro Millplus je psán cyklem, který je psán do jednoho řádku pomocí jednotlivých parametrů. Většina těchto cyklů je definována minimálně 10 parametry, které jsou potřeba k jejich přesnému definování. Jelikož funkce sondování jsou velice

rozmanité a různorodé, jak pro řídicí systémy a stroje, tak ve většině případech není možné kompletně zadefinovat cyklus z prostředí CAM. Tento problém je často řešen pomocí MAKER, to znamená, že cykly jsou předem definovány a programátor pouze vyplňuje parametry konkrétního sondování. Tyto soubory MAKER mohou být uloženy v PC úložištích a vyvolány do editu postprocessingu, nebo jsou vyvolány přímo na stroji. Tato makra jsou nahrána při nastavování stroje a definování vnitřních cyklů stroje. Tyto cykly jsou vyvolány obsluhou a vyplněny přímo u něj.

Řešení funkce sond v tomto postprocesoru je řešeno operací "SONDA" (obr.59), kterou daný CAM nabízí. Obsahuje operace snímání bodu, horní plochy, čtverce, kruhu, dvou bodů a rohu. Pohyby sondy v simulaci jsou pevně deklarovány. Lze je parametricky upravit, například nájezd sondy, délka nájezdu, délka sondování a definice geometrie, kterou chceme sondovat.

Programátor si při používání těchto cyklů kompletně vytvoří operace cykly v prostředí CAM SW. Parametry těchto cyklů jsou do postprocesoru generovány nekompletní. Počet parametrů, aby daný cyklus proběhl, je tak obsáhlý, že dostupná CL data na něj nepostačují. Pokud by došlo ke generování celistvého kódu, postprocessing by nebyl možný a hlásil by chybu. Aby byly cykly kompletní, po domluvě se zákazníkem dojde k zadání parametru „PROBE“ do názvu operace ve stromu technologie obrábění. Tímto příkazem je aktivováno ruční psaní programu, které je automaticky přiřazeno k danému cyklu. Programátor má možnost jejich doplnění, aby byly kompletní.



Obrázek 59 – Příkaz pro volání cyklu sondy

4.12 Nastavení konfigurace 5D obrábění

Na stroji je možnost použití pětiosého plynulého obrábění. InventorHSMpro má možnost pětiosého obrábění rozdělen do dvou operací.

- Víceosá kontura
- Frézování bokem

Tyto operace lze používat i při soustružnicko/frézovacích operacích, pokud je tomu daný stroj a postprocesor uzpůsoben. I když je daný stroj popisován a definován jako šestiosé soustružnicko/frézovací centrum, při obrábění dochází k aktivaci maximálně pěti os. To je způsobeno konstrukcí stolu, frézovací hlavy a jejich kinematikou. Vzájemným pohybem lze dosáhnout šestiosého obrábění při aktivaci pouze pěti os. To je dáno možností otáčení stolu (C osa) a vyklopení frézovací hlavy (B osa). „A“ osa nám tímto vzájemným posunem

vypadává a není tedy daným postprocesorem vůbec definována. Pokud byla použita při ručním programování, byla automaticky strojem přepočtena do os X, Y, Z, B, C (obr.60).

Osy víceosého obrábění jsou definovány parametry, které je mohou omezovat, deformovat, indexovat a určit jejich umístění na stroji. Jejich umístěním na stroji je myšleno, jestli se jedná o osu stolu nebo hlavy. To později ovlivňuje jejich vzájemný pohyb a generovaný kód může být po jejich úpravách rozdílný.

Na rozdíl od obrábění, při kterém jsou aktivovány maximálně 4 osy, je u pětiosého obrábění kód generován pomocí souřadnic I, J, K. Všechny ostatní jsou generovány pomocí A, B,C souřadnic a pokud je to nutné, jsou převedeny na souřadnice polární (viz. Frézování na válcové ploše).

```
function onOpen() {
if (false) { // note: setup your machine here
var aAxis = createAxis({coordinate:0, table:false, axis:[1, 0, 0], range:[-360,360], preference:1});
var bAxis = createAxis({coordinate:1, table:false, axis:[0, 1, 0], range:[-360,360], preference:1});
var cAxis = createAxis({coordinate:2, table:false, axis:[0, 0, 1], range:[-360,360], preference:1});
machineConfiguration = new MachineConfiguration(aAxis, bAxis, cAxis);

setMachineConfiguration(machineConfiguration);
optimizeMachineAngles2(0); // TCP mode - using G141
}

if (!machineConfiguration.isMachineCoordinate(0)) {
aOutput.disable();}
if (!machineConfiguration.isMachineCoordinate(1)) {
bOutput.disable();}
if (!machineConfiguration.isMachineCoordinate(2)) {
cOutput.disable();}

sequenceNumber = properties.sequenceNumberStart;
// writeln("%");
```

Obrázek 60 – Definice 5D obrábění

4.13 Součást pro testování postprocesoru

Funkčnost postprocesoru byla ověřena provedením zkoušek obrábění na predmētném stroji a obrobením testovacího dílce s drážkou na válcové ploše (obr.61). Jelikož technologie výroby tohoto dílce vyžaduje soustružnické, frézovací i vrtací operace, správnost kódu mohla být ověřena na jedné součásti. Byla ověřena správnost zápisu vrtacích cyklů, naklápění vřetena při přechodu mezi soustružnickými a frézovacími operacemi. Byl odzkoušen správný výpis podprogramů s ohledem na přehlednost kódu a jeho případného upravení přímo u stroje.

Bylo otestováno plynulé čtyřosé obrábění na válcové ploše. Během výpočtu dráhy nástroje musel být postprocessing upraven tak, aby souřadnice vystupovaly pouze ve třech osách s rotační osou C. Během tohoto přepočtu došlo ke změně z lineárních souřadnic na polární.

S ohledem na kinematiku stroje není možný zápis osy A. Vřeteno je pod úhlem 45° . I to muselo být v postprocesoru zohledněno, hlavně při výpočtu víceosých drah nástroje. Konfigurace pětiosého frézování je omezena tak, aby se stroj při polohování nedostal do koncových spínačů. Jde o kombinaci maximálního úhlu natočení vřetene a polohy otočného stolu.

Samotný NC kód splňuje veškeré požadavky konfigurace stroje, správného zápisu NC kódu, zápisu cyklů, orientace vřetene a výpisu parametrů rezných podmínek.

Na tomto konkrétním dílci byla odzkoušena kompletní technologie obrábění SW CAM, mimo plynulého pětiosého obrábění. I když se jedná o technologii čtyřosého obrábění, v prostředí javascript jde o pětiosé obrábění, jelikož daný SW samotné čtyřosé obrábění nenabízí. Daný postprocesor musel být upraven, respektive omezen na plynulé čtyřosé obrábění. Samotné plynulé pětiosé obrábění bylo testováno na jiném dílci, kde bylo vytvořeno sražení na elipsově kontuře.

Shrnutí a závěr

Postprocesor při automatizované tvorbě NC kódu zajišťuje propojení CAM systému s reálným strojem. Tvorba postprocesoru tak představuje komplexní problém, při jehož řešení je nutné brát v potaz možnosti uvažovaného CAM systému, parametry konkrétního stroje a jeho řídicího systému a požadavky obsluhy stroje.

V této práci je popsána úloha postprocesoru při automatizované tvorbě NC kódu v CAM. Rozebrány jsou obecné vlivy na tvorbu postprocesoru a konkrétní důsledky plynoucí z použití CAM systému InventorHSM a řídicího systému Millplus.

Tam, kde nebylo možné dosáhnout původní technologie v prostředí CAM SW, bylo navrženo řešení ručního programování formou poznámky, která se vytváří v CAM prostředí, ještě předtím, než proběhne samotný postprocessing. To znamená, že i po aktualizaci programu, tudíž i kódu, jsou tyto ruční příkazy automaticky generovány.

Pro zpříjemnění obsluhy stroje jsou veškeré cykly psány do podprogramů. Je to i z důvodu druhu výroby, jelikož se převážně jedná o kusovou.

Co se týče sondovacích cyklů, tak v daném CAM prostředí nelze kompletně nadefinovat takto složité cykly a veškeré jejich parametry, které řídicí systém vyžaduje. Do cyklů sond jsou generována veškerá možná data a zbytek je definován samotným programátorem přes příkaz „PROBE“.

Hlavním výstupem práce je postprocesor pro pětiosý obráběcí stroj DMC125 DuoBlock/MillPlusIT 5.30. Ten umožňuje generovat přímo z prostředí InventorHSMpro NC kód od základních tříosých obráběcích operací, přes polohování rotačních os až po operace souvislého pětiosého obrábění. Při použití víceosého obrábění postprocesor nabízí dvě uživatelem volitelné možnosti transformace souřadnic (A, B, C nebo I, J, K). Postprocesor

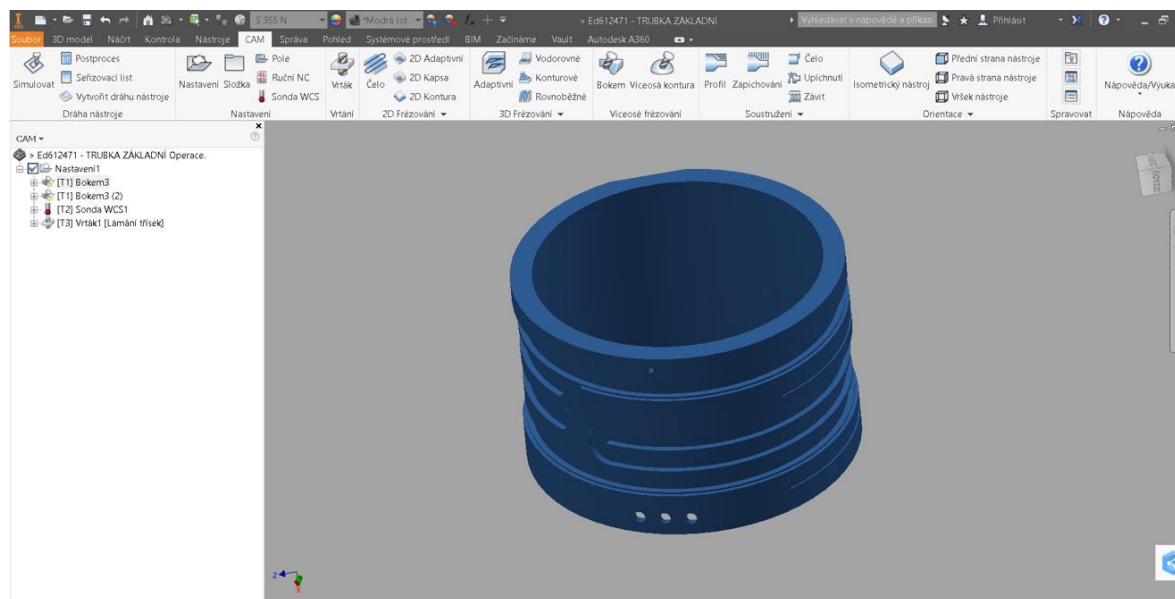
také využívá možností řídicího systému a nabízí uživateli například možnost generovat z prostředí CAM běžně užívané pevné vrtací cykly. Generovaný NC kód je uzpůsobený dle požadavků obsluhy stroje a samotného programátora. Pro větší přehlednost jsou vypisovány informace o programu na jeho začátku (operace, nástroje, vlastní poznámky).

Funkčnost postprocesoru byla ověřena provedením zkoušek obrábění na předmětném stroji a obrobením testovacího dílce s drážkou na válcové ploše (obr.61). Samotný NC kód splňuje veškeré požadavky konfigurace stroje, správného zápisu NC kódu, zápisu cyklů, orientace vřetene a výpisu parametrů řezných podmínek.

Na tomto konkrétním dílci byla odzkoušena kompletní technologie obrábění SW CAM, mimo plynulého pětiosého obrábění. I když se jedná o technologii čtyřosého obrábění, v prostředí javascript jde o pětiosé obrábění, jelikož daný SW samotné čtyřosé obrábění nenabízí. Daný postprocesor musel být upraven, respektive omezen na plynulé čtyřosé obrábění. Samotné plynulé pětiosé obrábění bylo testováno na jiném dílci, kde bylo vytvořeno sražení na elipsovém kontuře.

Během testování byly odzkoušeny veškeré cykly, možnosti víceosého obrábění, soustružení, výpisu podprogramů a čitelnost kódu pro obsluhu.

Samotné použití postprocesoru a jeho možnosti jsou v práci popsány. Hlavní cíl práce byl tímto splněn, jejím výsledkem je začlenění systému InventorHSMpro do plného provozu. To umožňuje využívání zcela nových možností, které tento systém nabízí. Ten může zajistit efektivnější a hospodárnější obrábění například i těžkoobrobitelných materiálů, u kterých obráběcí strategie ostatních CAM systémů selhávají.



Obrázek 61 – Díl s drážkou na válcové ploše

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.: Programování NC strojů. Plzeň ZČU 2000. ISBN 80-7082-692-4
- [2] NÁPRSTKOVÁ, N., JANDEČKA, K.: Programování výrobních strojů. ústí nad Labem, Univerzita J.E. Purkyně, 2010. ISBN 97-8807-414-2161
- [3] SCHILDT, H: Java: the complete reference, McGraw-Hill/osborne, 2005. ISBN 00-7223-073-8
- [4] DAVIM, J. PAULO: Modern machining technology: a practical guide: Oxford, Woodhead Publishing 2011, ISBN 978-0-85709-099-7
- [5] STANĚK, J., NĚMEC, J. Metodika zpracování a úprava diplomových prací, Plzeň: ZČU 2005
- [6] <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/4888-kvalitni-postprocesory-jako-zaklad-uspechu-5oseho-obrabeni.html>
- [7] <https://www.w3schools.com/js/default.asp>
- [8] <https://cam.autodesk.com/posts/reference/>

Přílohy

```
var angleFormat = createFormat({decimals:0, scale:DEG});
var revFormat = createFormat({decimals:0});

var gFormat = createFormat({prefix:"G", decimals:0});
var mFormat = createFormat({prefix:"M", decimals:0});
var hFormat = createFormat({prefix:"H", decimals:0});
var dFormat = createFormat({prefix:"D", decimals:0});

var xyzFormat = createFormat({decimals:(unit == MM ? 3 : 4)});
var abcFormat = createFormat({decimals:3, forceDecimal:true, scale:DEG});
var feedFormat = createFormat({decimals:(unit == MM ? 1 : 2)});
var toolFormat = createFormat({decimals:0});
var rpmFormat = createFormat({decimals:0});
var secFormat = createFormat({decimals:1}); // seconds - range 0.1-900
var taperFormat = createFormat({decimals:1, scale:DEG});

// for 5-axis motion
var tFormat = createFormat({decimals:6, forceDecimal:true, scale:100}); // unitless
var txOutput = createVariable({prefix:"I1=", force:true}, tFormat);
var tyOutput = createVariable({prefix:"J1=", force:true}, tFormat);
var tzOutput = createVariable({prefix:"K1=", force:true}, tFormat);
var xOutput = createVariable({prefix:"X", force:true}, xyzFormat);
var yOutput = createVariable({prefix:"Y", force:true}, xyzFormat);
var zOutput = createVariable({prefix:"Z", force:true}, xyzFormat);
var aOutput = createVariable({prefix:"A", abcFormat});
var bOutput = createVariable({prefix:"B", abcFormat});
var cOutput = createVariable({prefix:"C", abcFormat});
var feedOutput = createVariable({prefix:"F", feedFormat});
var sOutput = createVariable({prefix:"S", force:true}, rpmFormat);

// circular output
var iOutput = createVariable({prefix:"I", force:true}, xyzFormat);
var jOutput = createVariable({prefix:"J", force:true}, xyzFormat);
var kOutput = createVariable({prefix:"K", force:true}, xyzFormat);

var gMotionModal = createModal({force:true}, gFormat); // modal group 1 // G0-G3, ...
var gPlaneModal = createModal({onchange:function () {gMotionModal.reset();}}, gFormat); // modal group 2 // G17-19
var gAbsIncModal = createModal({}, gFormat); // modal group 3 // G90-91
var gFeedModeModal = createModal({}, gFormat); // modal group 5 // G94-95
var gUnitModal = createModal({}, gFormat); // modal group 6 // G70-71
var gCycleModal = createModal({}, gFormat); // modal group 9 // G781, ...
```

Příloha 1 – definice proměnných pro tvorbu postprocesoru

```
minimumCircularRadius = spatial(0.01, MM);
maximumCircularRadius = spatial(1000, MM);
minimumCircularSweep = toRad(0.01);
maximumCircularSweep = toRad(180);
allowHelicalMoves = false;
allowedCircularPlanes = undefined; // allow any circular motion
//mapWorkOrigin = false; // set to false to get G93 blocks

// user-defined properties
properties = {
  writeMachine: false, // write machine
  writeTools: false, // writes the tools
  preloadTool: true, // preloads next tool on tool change if any
  showSequenceNumbers: true, // show sequence numbers
  sequenceNumberStart: 1, // first sequence number
  sequenceNumberIncrement: 1, // increment for sequence numbers
  optionalStop: false, // optional stop
  MC84: 0, // MC84 machine parameter
  useParametricFeed: false, // specifies that feed should be output using Q values
  showNotes: false // specifies that operation notes should be output.
};
```

Příloha 2 – základní nastavení přes příkazy true/false

```

//řádky N9000000
var isGunDrilling=0;

function defineGunDrilling(){
if (isGunDrilling==0)
return;
writeln("");
writeln("N9000000 (*DEFINICE CYKLU DELOVEHO VRTANI)");
//writeln("N9001 G0 X0 Y0 Z5 (*NAJEZD NA POZICI)");
writeln("N9000001 S=E103 M3 (*ZAPNUTÍ MALÝCH OTÁČEK)");
writeln("N9000002 G1 Z=E108 F=E109 (*ZÁSUN S MENŠÍM POSUVEM)");
writeln("N9000003 M7 (*VÝPLACH)");
writeln("N9000004 S=E102 M3 (*PRAC. OTÁČKY)");
writeln("N9000005 G1 Z=E104 F=E106 (*VRTÁNÍ NA HLOUBKU)");
writeln("N9000006 M9 (*VYPNOUT VODU)");
writeln("N9000007 S=E103 M3 (*ZAPNUTÍ MALÝCH OTÁČEK)");
writeln("N9000008 G1 Z=E105 F6=E107 (*VÝJEZD VEN SE ZRYCHLENÝM PRAC. POSUVEM)");
writeln("N9000009 M5 (*VYPNUTÍ OTÁČEK)");
writeln("N9000010 G0 Z=E101 (*ODJEZD)");
//writeln("N9012 G74 Z-100 L1");
writeln("");
}

//E100-200
function callGunDrilling(cycle){
//ulozeni hodnot prvnioho cyklu do pameti
if (pruchodCyklem==0) {
E[101]=cycle.clearance;
E[102]=tool.spindleRPM;
E[103]=cycle.positioningSpindleSpeed;
E[104]=xyzFormat.format(-1*(cycle.depth) +cycle.stock);
E[105]=xyzFormat.format(cycle.retract);
E[106]=xyzFormat.format(cycle.feedrate);
E[107]=xyzFormat.format(cycle.retractFeedrate);
E[108]=xyzFormat.format(-1*(cycle.startingDepth) +cycle.stock);
E[109]=xyzFormat.format(cycle.positioningFeedrate);
}
}

```

Příloha 3 – definice E parametrů a jejich výpis do podprogramu pro dělové vrtání

```
//vypis do NC kodu
writeln("");





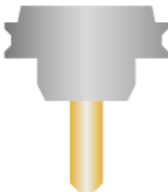
if ((pruchodCyklem==0) || (cycle.clearance!=E[101]) )
    writeBlock(("E101="+cycle.clearance), ("(*ODJEZD)"));
if ((pruchodCyklem==0) || (tool.spindleRPM!=E[102]) )
    writeBlock(("E102="+tool.spindleRPM), ("(*PRAC. OTACKY)"));
if ((pruchodCyklem==0) || (cycle.positioningSpindleSpeed!=E[103]) )
    writeBlock(("E103="+cycle.positioningSpindleSpeed), ("(*ZAPNUTI MALYCH OTACEK)"));
var hloubka=-1*(cycle.depth) +cycle.stock;
if ((pruchodCyklem==0) || (hloubka!=E[104]) )
    writeBlock("E104="+xyzFormat.format(hloubka), ("(*VRTANI NA HLOUBKU)"));
if ((pruchodCyklem==0) || (xyzFormat.format(cycle.retract)!=E[105]) )
    writeBlock("E105="+xyzFormat.format(cycle.retract), ("(*NAVRAT)"));
if ((pruchodCyklem==0) || (xyzFormat.format(cycle.feedrate)!=E[106]) )
    writeBlock("E106="+xyzFormat.format(cycle.feedrate), ("(*PRAC. POSUV)"));
if ((pruchodCyklem==0) || (xyzFormat.format(cycle.retractFeedrate)!=E[107]) )
    writeBlock("E107="+xyzFormat.format(cycle.retractFeedrate), ("(*VYJEZD VEN SE ZRYCHLENYM PRAC. POSUVEM)"));
var zasun=xyzFormat.format(-1*(cycle.startingDepth) +cycle.stock)
if ((pruchodCyklem==0) || (zasun!=E[108]) )
    writeBlock("E108="+zasun, ("(*ZASUN)"));
if ((pruchodCyklem==0) || (cycle.positioningFeedrate!=E[109]) )
    writeBlock(("E109="+cycle.positioningFeedrate), ("(*ZASUN S MENSIM POSUVEM)"));
writeln("");
writeBlock("G14 N1=9000000 N2=9000010 (*VRTANI DELOVE)");
writeln("");
pruchodCyklem++;
isGunDrilling=1;
}
```

Příloha 4 – zápis E parametrů při opakování cyklu

```
//moje
var subprograms = [];
var pruchodCyklem=0;
var E=[]; //pole pro ukládání E parametrů
var ZhomePosition=-1; // xyzFormat.format(machineConfiguration.getRetractPlane())
var pocetRadek=0;
var pristinastroj=0;
var natoceni=tool.Orientation;
var isSoustr=false;
var cycleType=hasParameter("operation:cycleType");
var tiskRapid=false;
```

Příloha 5 – definice vlastních proměnných

POCET OPERACI: 31
 POCET NASTROJU: 15
 NASTROJE: T1 T2 T3 T5 T140 T1188 T1580 T1625 T1730 T1761 T1774 T2375 T2425 T2515 T2550
 MAX. Z: 140mm
 MIN. Z: -50.51mm
 MAX. POSUV: 3000mm/min
 MAX. OTACKY VRETENE: 12000ot/min
 DELKA OBRABENI: 367571.16mm
 DELKA RYCHLOPOSUVU: 32348.3mm
 ODHADOVANY CAS CYKLU: 4h:31m:46s

Nastroje		
T1 D1 L1 TYP: válcová fréza PRUMER: 18mm DELKA: 90mm BRITY: 3	MIN. Z: 6mm MAX. POSUV: 1000mm/min MAX. OTACKY VRETENE: 5000ot/min DELKA OBRABENI: 52932.37mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 11290.89mm ODHADOVANY CAS CYKLU: 1h:27m:59s (32.4%)	
T2 D2 L2 TYP: válcová fréza PRUMER: 8mm DELKA: 59mm BRITY: 3	MIN. Z: 6mm MAX. POSUV: 1000mm/min MAX. OTACKY VRETENE: 5000ot/min DELKA OBRABENI: 11141.5mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 1292.24mm ODHADOVANY CAS CYKLU: 14m:2s (5.2%)	
T3 D3 L3 TYP: vrták PRUMER: 80mm UHEL SPICKY: 118° DELKA: 650mm BRITY: 3	MIN. Z: 0mm MAX. POSUV: 1000mm/min MAX. OTACKY VRETENE: 5000ot/min DELKA OBRABENI: 21mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 91mm ODHADOVANY CAS CYKLU: 2s (0%)	
T5 D5 L5 TYP: vrták PRUMER: 17mm UHEL SPICKY: 118° DELKA: 221mm BRITY: 3	MIN. Z: 0mm MAX. POSUV: 1000mm/min MAX. OTACKY VRETENE: 5000ot/min DELKA OBRABENI: 262mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 1715.13mm ODHADOVANY CAS CYKLU: 36s (0.2%)	
T140 D140 L140 TYP: úkosová fréza PRUMER: 10mm UHEL UKOSU: 45° DELKA: 30mm BRITY: 4 POPIS: Tvrdokovový odjehlovač DODAVATEL: www.hofmann-vratny.cz PRODUCT: 0211-10	MIN. Z: -1.3mm MAX. POSUV: 500mm/min MAX. OTACKY VRETENE: 5000ot/min DELKA OBRABENI: 3429.35mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 2063.38mm ODHADOVANY CAS CYKLU: 10m:2s (3.7%)	DRZAK: Default Holder 

Příloha 6 – ukázka seřizovacího listu