

Postprocessing a výroba tvarově složitých ploch

Ing. Petr Vavruška

Abstrakt

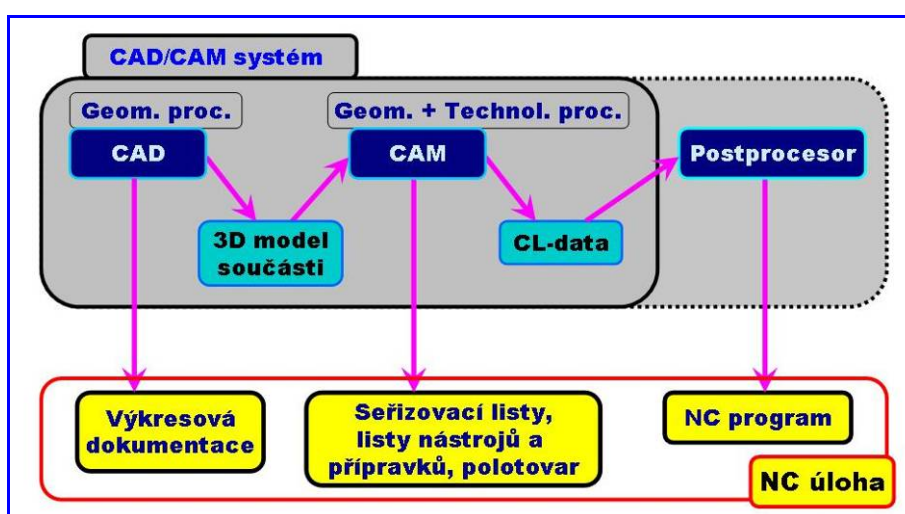
Príspevek obsahuje návrh a ověření metody pro tvorbu postprocesoru pro víceosé obrábění. Metoda je založena na překladech textového souboru s CL daty. Pro aplikace pětiosého obrábění je zde zmíněna potřeba optimalizace velkého přírůstku úhlové souřadnice rotační osy C ve dvou následujících blocích partprogramu při souvislém obrábění. Následně je metoda tvorby postprocesoru ověřena aplikací na obrábění tvarově složitých ploch. Využito je systému CATIA, uvažován je řídicí systém iTNC 530 firmy Heidenhain a pětiosé obráběcí centrum MAS MCVL 1000.

Klíčová slova

postprocesor, víceosé obrábění, interpolace, CL data

1. Úvod

Automatické generování NC programů, zvláště pro aplikace víceosého obrábění, není v současné době řešeno optimálně. K programování číslicově řízených strojů – CNC strojů (Computer Numerical Control) se dnes již běžně používají CAM systémy (Computer Aided Manufacturing). Ty jsou však řešeny obecně, aby bylo možné využít daného CAM systému na více typů strojů. Prostředek, který musí propojit požadovanou technologii výroby s reálným číslicově řízeným strojem je NC postprocesor (Numerical Control), viz lit. [3]. Univerzálnost CAM systémů vede k určitým jejich nedokonalostem při uvážení konkrétního číslicově řízeného stroje. Některé tyto nedokonalosti mohou být kompenzovány pomocí řídicího systému daného stroje. Možnosti řídicích systémů se však odvíjejí od jejich výrobce a proto se jejich funkční vybavení (zvláště pomocné M-funkce pro víceosé obrábění) liší. Přitom by některé nedokonalosti CAM systémů mohl řešit odpovídající specializovaný postprocesor.



Obr. 1. Schéma postupu automatizované přípravy výroby

Postprocesory jsou v dnešní době koncipovány pouze jako překladače výstupních dat z CAM systému (CL data – Cutter Location data) do NC programu, který musí odpovídat použitému

řídícímu systému a konstrukčnímu uspořádání stroje. Většina standardně řešeních postprocesorů však neumožňuje jiná rozšíření, nežli přímo jejich výrobcem a jsou poplatné pouze odpovídajícímu CAM systému. Proto je v tomto příspěvku prezentována metoda pro tvorbu víceosých postprocesorů. Metoda je založena na překladu textového souboru s CL daty. CL data mají obecně různé formáty podle použitého CAM systému. Pro tvorbu postprocesoru je znalost formátu CL dat konkrétního CAM systému nezbytná. Podle jejich syntaxe a sémantiky musí být sestaveny takové algoritmy, které zaručí vygenerování odpovídajícího NC programu. Postprocesor může být nadále upravován a rozšiřován o další funkce, podle konkrétní aplikace.

2. Podmínky pro tvorbu postprocesoru

Postprocesor spadá do výše uvedeného řetězce (viz obr. 1), který shrnuje postup tvorby automatizované přípravy výroby. Proto je nutné respektovat okrajové podmínky, které jsou dány ostatními bloky v tomto řetězci, navazujícími na samotný postprocesor. Obr. 1 také podává představu o skutečnosti, že postprocesor nemusí být nutně součástí systému CAM (i když se o toto výrobci CAM systémů snaží). Postprocesor totiž může být samostatně stojící program a podle jeho hlavní funkce – automatická tvorba NC programu na základě zpracování souboru s CL daty lze tvrdit, že jde ve své podstatě o překladač. Problematika překladačů se vyučuje na fakultě elektrotechnické (ČVUT). Teorie překladačů je velmi obsáhlá, o čemž svědčí mnohá skripta z této fakulty, např. lit. [2].

2.1 Rozbor CL dat

Soubor s CL daty obsahuje veškeré informace, nutné pro vytvoření konkrétního NC programu. V CAM systému nastaví uživatel odpovídající tolerance pro generování dráhy nástroje a ty jsou poté promítnuty do výsledných souřadnic v souboru CL dat. Též jsou zde obsaženy informace ohledně použitých nástrojů (jejich rozměry), posuvové hodnoty, hodnoty otáček včetně a smysl rotace, požadované chlazení, typ interpolace, atd. Souřadnice referenčního bodu nástroje jsou generovány v CL datech vzhledem k nastavenému souřadnému systému obrobku v CAM. Pro víceosé obrábění jsou tyto tři souřadnice (určující polohu nástroje v prostoru) doplněny ještě o další tři reálná čísla, pomocí kterých je určena také orientace nástroje v prostoru. Jde o určení pomocí složek jednotkového vektoru, který je umístěn v ose nástroje a vychází z referenčního bodu nástroje v každém místě v průběhu dráhy nástroje. Složky jednotkového vektoru jsou poté situovány do souřadného systému umístěného též v referenčním bodě nástroje v každém místě v průběhu dráhy nástroje a osy tohoto pomyslného souř. systému jsou rovnoběžné s osami souřadného systému obrobku. V každém bloku lineární interpolace je poté množina těchto šesti reálných čísel zaznamenána. Jelikož jsou ale CAM systémy tvořeny obecně, aby obsáhly co nejširší spektrum výrobních strojů, jsou dráhy nástroje při víceosém obrábění generovány tak, že se v prostoru vždy pohybuje nástroj vůči statickému modelu součásti. Nástroj tedy koná všechny pohyby a souřadnice polohy referenčního bodu nástroje odpovídají této skutečnosti.

V systému CATIA je možné ovlivnit i formát CL dat. K tomuto účelu je k dispozici tzv. postprocesorová tabulka (soubor s příponou *.pptable*). Tyto postprocesorové tabulky je možné libovolně upravovat, jelikož se jedná o textové soubory. Na obr. 2 je znázorněn příklad činnosti postprocesoru, kde v zeleném rámečku jsou ohraničena CL data a v červeném rámečku odpovídající bloky NC programu (v jazyku ISO). CL data obsahují v bloku lineární interpolace (věta uvozena slovem „GOTO“) pouze tři reálná čísla, což vypovídá o tom, že jde maximálně o tříosé obrábění (je určena pouze poloha nástroje, nikoliv jeho orientace). Před blokem lineární interpolace je určena rychlost posuvu. Pokud se jedná o rychloposuv, je

```

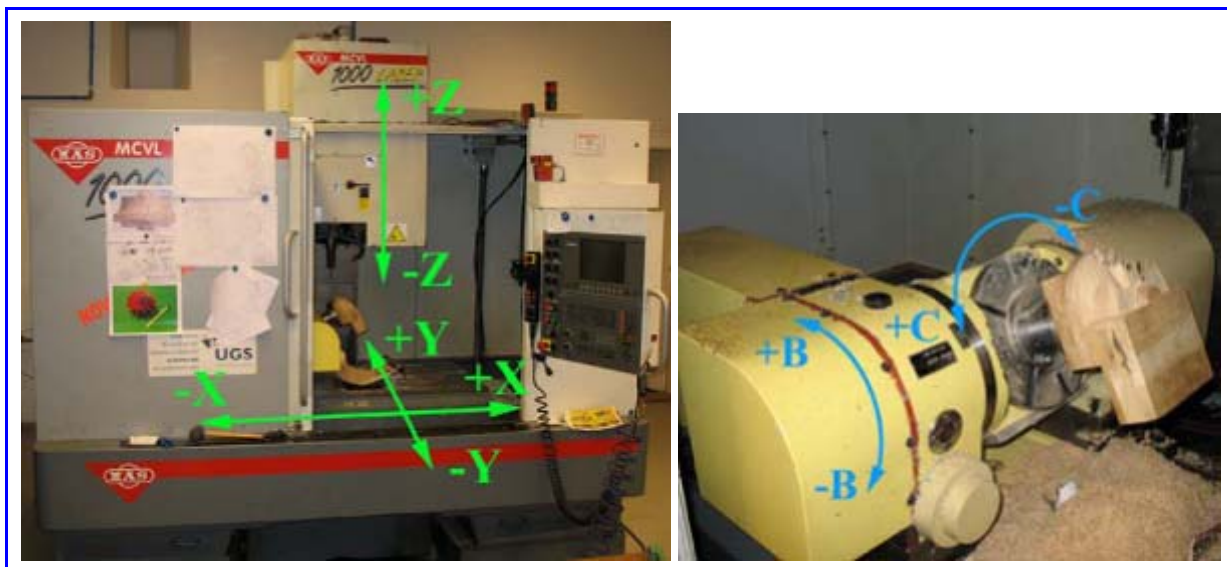
GOTO / 54.22413, 5.97688, -15.00000
GOTO / 12.07107, 6.00000, -15.00000
INDIRV/ -1.00000, 0.00000, 0.00000
TLON, GOFWD/ (CIRCLE/ 12.07107, 25.00000, -15.00000, $
19.00000), ON, (LINE/ 12.07107, 25.00000, -15.00000, $
-1.36396, 11.56497, -15.00000)
GOTO / -9.89949, 20.10051, -15.00000
RAPID
GOTO / -9.89949, 20.10051, 15.20000
RAPID
GOTO / 100.00000, 4.00000, 15.20000
RAPID
N500 G1 X54.224 Y5.977
N510 X12.071 Y6
N520 G2 X-1.364 Y11.565 I0 J19
N530 G1 X-9.899 Y20.101
N540 G0 Z15.2
N550 G0 X100 Y4

```

2.2 Vliv konstrukce daného obráběcího stroje

Při víceosém obrábění mohou nastat dva základní způsoby obrábění a to polohování (tzv. indexování) nebo kontinuální (též souvislé) obrábění. V případě polohování se v okamžiku, kdy je nástroj v bezpečné vzdálenosti od obrobku nastaví rotační strojní osy do požadované polohy a následné obrábění probíhá pouze změnami souřadnic v lineárních osách. Postprocesor tedy transformuje souřadnice podle týchž úhlových souřadnic a kontrola limitů rotačních strojních os proběhne pouze v bloku s nastavením požadovaných poloh rotačních os. Zatímco u kontinuálního obrábění je nutné, aby postprocesor v každém bloku kontroloval polohu rotačních strojních os stroje. V případě čtyřosého obrábění jde o rovinnou transformaci souřadnic (souřadnice lineární strojní osy, ve které je umístěna rotační osa zůstává nezměněna) a většinou též rotační osa nemá omezení v podobě limitů. V případě pětiosého obrábění nastává však problém rozsáhlejšího charakteru. Jde o transformaci prostorovou a transformace není jednoznačná. Známe totiž pouze polohu koncového bodu (end effector) a hledáme polohy jednotlivých strojních os, jedná se o aplikaci tzv. inverzní kinematiky. Podle konstrukčního provedení – umístění rotačních os rozdělujeme víceosé obráběcí stroje a podle toho jsou také sestaveny transformační rovnice. Transformační rovnice se většinou sestavují pomocí transformačních matic. Transformační matice je možné odvodit, nebo jsou uvedeny v odpovídající literatuře, např. lit. [4]. Na obr. 3 je zobrazena kinematika pětiosého obráběcího centra, kterým disponuje Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii (VCSVTT) fakulty strojní (ČVUT). Základem je tříosá frézka

MCV 1000 firmy MAS a doplněna je o rotačně/sklonný stůl firmy NIKKEN. V tomto případě jsou obě rotační osy umístěny v obrobkové větví a tato koncepce se označuje jako STŮL-STŮL. Pro tento stroj jsou transformační rovnice obsaženy v lit. [6].



Obr. 3. Pětiosé obráběcí centrum: tříosá frézka MAS MCV 1000 + rotačně/sklonný stůl NIKKEN (detail vpravo)

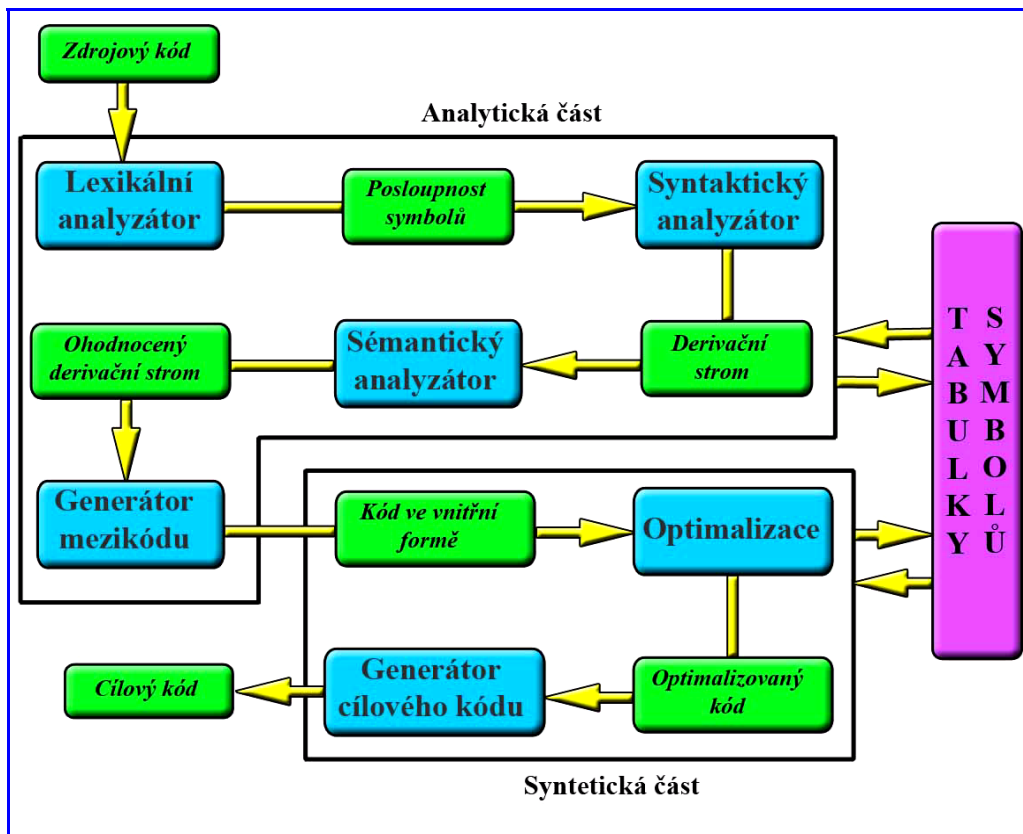
2.3 Vliv řídicího systému daného obráběcího stroje

Formát výsledného NC programu je poplatný vždy řídicímu systému použitého obráběcího stroje. Existuje i tzv. obecný jazyk pro NC kód – jazyk ISO. Firmy, produkující řídicí systémy se však snaží stále přinášet nové funkce svých systémů (většinou v podobě pomocných M – funkcí) a aby tyto funkce byly v NC programu generovány, musí postprocessor „rozpoznat“ místa v souboru CL dat, kde je tyto funkce možno použít. Další funkce postprocesoru, jako jsou např. uvažování modality jednotlivých slov v blocích NC programu, programování posuvových hodnot pomocí parametrů, atd. patří mezi rozšířené, nebo až nadstandardní funkce postprocesoru a jsou odvozeny od konkrétních požadavků ve výrobě, nebo zvyklostech v dané firmě, která bude postprocessor využívat. V tomto případě bylo nutné přizpůsobit výstup z postprocesoru – formát NC programu požadavkům řídicího systému Heidenhain iTNC 530, viz lit. [1]. Tento umožňuje programování jak pomocí jazyka ISO, tak disponuje ještě svým vlastním jazykem Dialog. Jazyk Dialog se však velmi liší od jazyka ISO a tak z důvodu požadavků obsluhy stroje bylo nutné upravit postprocessor tak, aby byl NC program generovaný v tomto jazyku.

3. Navržená metoda tvorby postprocesoru

Metoda je založena na překladu textového souboru s CL daty. Základem je využití koncepce kompilačního překladače jehož podrobná struktura je patrna z obr. 4. Struktura překladačů se rozděluje na dvě hlavní části podle závislosti na výstupním kódu. Část první je na výstupním kódu nezávislá a říká se jí část analýzy nebo bývá označována anglickým termínem FRONT END (přední část). Část druhá je logicky na požadovaném výstupním kódu závislá a říká se jí část syntézy (syntetická část). I pro tuto část překladače se používá anglický termín – BACK END (zadní část). Takové rozdělení překladače není rozhodně provedeno z estetického či podobného důvodu, které dobře vypadá na obrázcích a části jsou označovány působivými

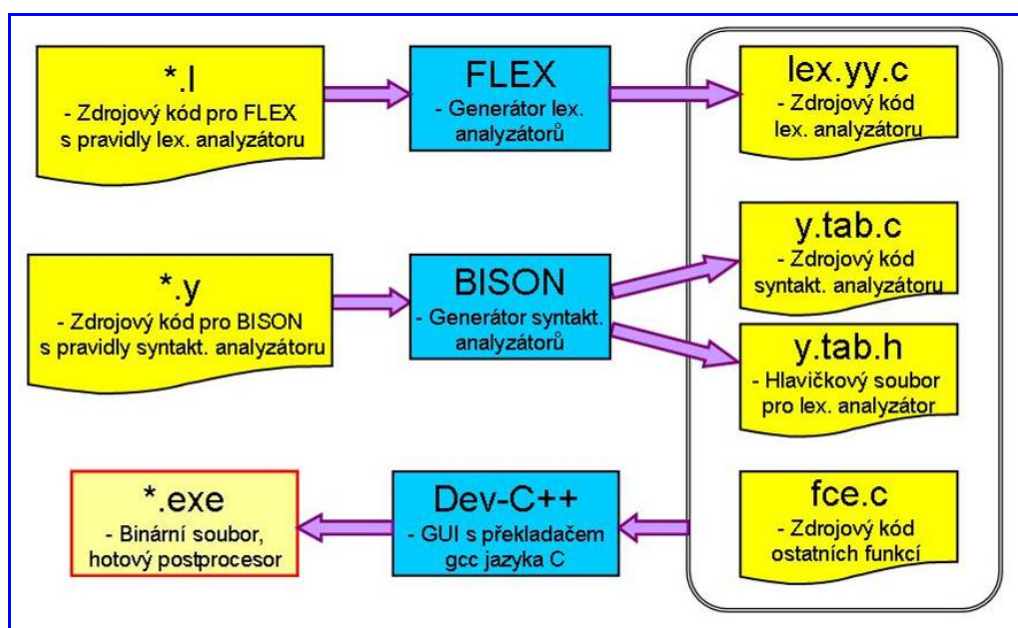
termíny, ale z důvodu velice praktického. Uvědomme si, že s narůstajícím počtem kombinací jazyků vyšší úrovně, druhů operačních systémů a druhů procesorů nutně roste i počet překladačů. Není potom účelné programovat překladač vždy na konkrétní kombinaci. Jistě se tomuto v mnohých případech nelze vyhnout, ale práci nám ulehčí právě toto výše uvedené rozdělení překladače. Existuje mnoho případů, kdy požadujeme pouze jiný výstupní kód a překladač na stejný vstupní kód již máme. Pak nám tedy stačí přeprogramovat část syntézy a část analýzy ponechat. Předchozí skutečnosti je možné využít i v opačném případě, kdy je požadavek na stejný kód výstupní pro jiný kód vstupní, než na který již překladač máme. Opět můžeme změnit pouze jednu část, v tomto případě analytickou a syntetickou ponechat stejnou.



Obr. 4. Schéma kompilačního překladače

Pro urychlení tvorby lexikálního a syntaktického analyzátoru (dvou navazujících bloků překladače) bylo využito tzv. generátorů těchto analyzátorů. Generátory poskytuje nadace pro svobodný software GNU (rekurze GNU is Not Unix) a jsou chráněny licencí GPL (General Public License). Oba generátory generují výstupní kód ve formátu jazyka C a výstupní kód je nutno zkompileovat pomocí překladače. Generátor pro lexikální analyzátor se nazývá FLEX (Fast LEXical analyzer generator) a vstupní kód pro tento generátor je nutné sestavit podle pravidel jazyka flex a jazyka C. Vstupní kód je rozdělen do tří sekcí, sekce definiční, sekce pravidel a sekce uživatelská. V sekci pravidel musí programátor sestavit pravidla pro lexikální analýzu podle pravidel jazyka flex. Podobně je koncipován i generátor syntaktických analyzátorů BISON (název vznikl vtípem jeho tvůrce, který vylepšil generátor YACC – Yet Another Compiler Compiler; bison je druh jaka). Obdobně jako FLEX i BISON je rozdělen do stejných sekcí s tím rozdílem, že v sekci pravidel jsou sestavena pravidla gramatiky pomocí terminálních a neterminálních symbolů podle vstupních CL dat. Ostatní funkce postprocesoru byly naprogramovány v samostatném souboru pomocí jazyka C. Schéma

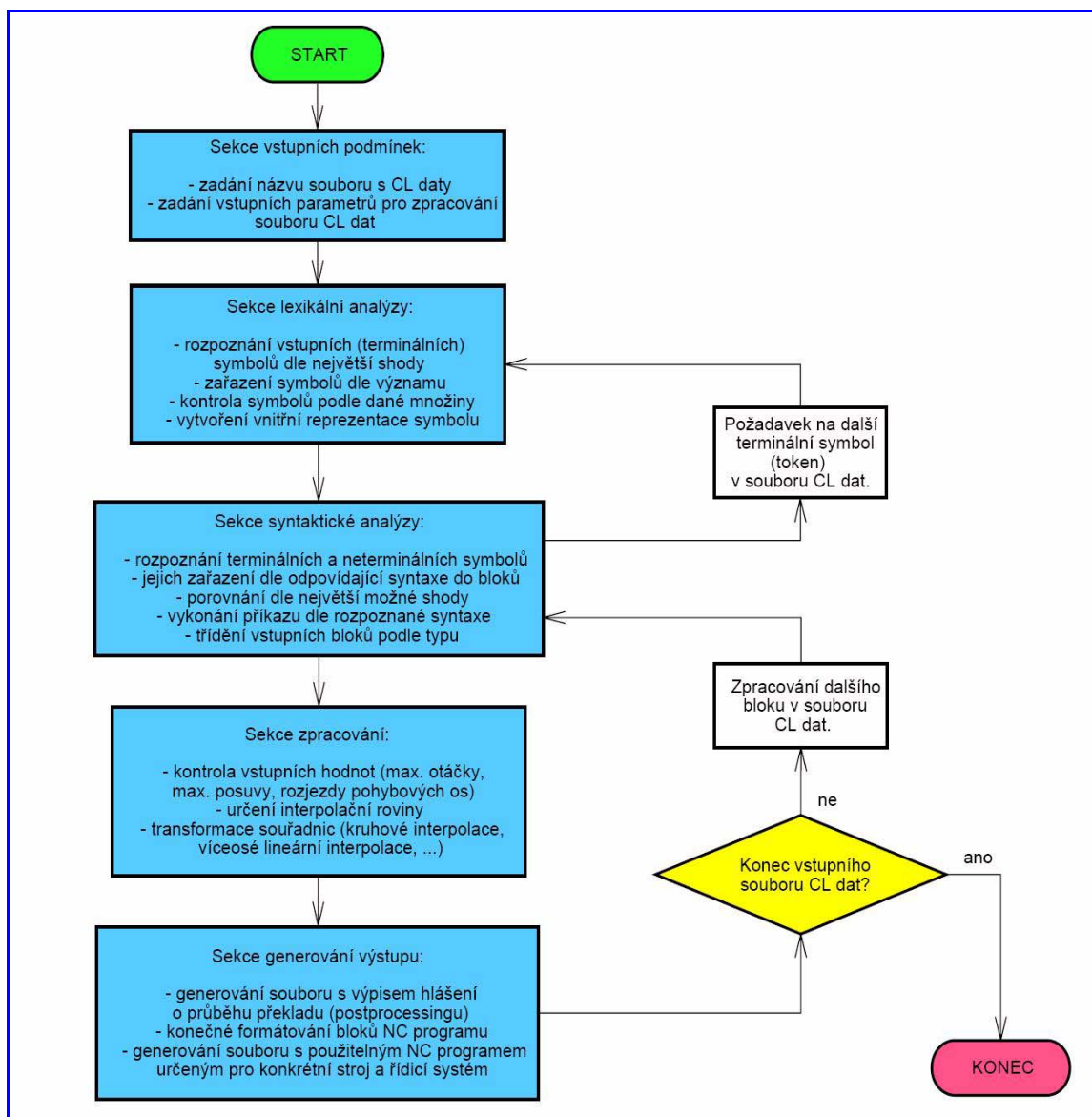
metody pro tvorbu postprocesoru je zaznamenáno na obr. 5, kde spolu s generátory FLEX a BISON je modrým rámečkem ještě vyobrazen překladač jazyka C (v tomto případě Dev-C++). Žluté bloky s černým ohraničením představují zdrojové kódy – textové soubory. Zdrojový kód pro generátor FLEX (pro odlišení bývá označen příponou *.l*) musí obsahovat pravidla lexikální analýzy pro rozpoznání jednotlivých dílčích symbolů v souboru s CL daty. Pomocí jazyka flex a prostřednictvím generátoru FLEX je možné jednoduše vytvořit i konečný automat. Generátorem FLEX je na základě zdrojového kódu vygenerován zdrojový kód lexikálního analyzátoru (textový soubor *lex.yy.c*), obsahující pouze kód jazyka C. Podobně pracuje i generátor BISON. Na základě zdrojového kódu pro generátor BISON (zpravidla označovaný příponou *.y*) je vygenerován zdrojový kód syntaktického analyzátoru (*y.tab.c*), obsahující také pouze kód jazyka C.



Obr. 5. Metoda tvorby postprocesoru

Hlavičkový soubor *y.tab.h* obsahuje seznam všech *tokenů* (terminálních symbolů) použitých v pravidlech bezkontextové gramatiky. Tento soubor je důležitý pro spolupráci lexikálního a syntaktického analyzátoru a je generován generátorem BISON pomocí přepínače „-h“. Poslední zdrojový kód (soubor pro odlišení označen *fce.c*) obsahuje všechny funkce postprocesoru, volané v průběhu překladu CL dat do NC programu. Všechny zdrojové kódy ohraničené zdvojenou čarou je nutné pomocí překladače jazyka C zkompileovat. Hotový binární soubor – postprocesor (přípona “.exe”) je možné provozovat na platformách s procesorem s 32-bitovou sběrnici a s intelovskou architekturou od i386 po současná pentia.

Postprocesor musí být tvořen několika funkčními bloky. Prvním je vstupní blok – načtení souboru CL dat. Další bloky vyplývají již z teorie překladačů. Blok lexikální analýzy – zde se rozpoznají nejzákladnější symboly vstupních dat – CL dat. Symboly se rozdělují na terminální a neterminální, vysvětlení pojmů viz lit. [2]. Další blok řetězce tvoří syntaktická analýza, kde jsou podle pravidel sestavené bezkontextové gramatiky rozpoznávány celé bloky – věty v CL datech. Po rozpoznání dané konkrétní věty v CL datech se v dalším bloku zpracují data obsažená v této větě podle významu věty (sémantiky). V posledním bloku se provede vygenerování odpovídající věty – bloku do NC programu. Tyto bloky, neboli sekce jsou přehledně zaznamenány na obr. 6, který vypovídá o průběžné činnosti postprocesoru.



Obr. 6. Blokové schéma činnosti postprocesoru

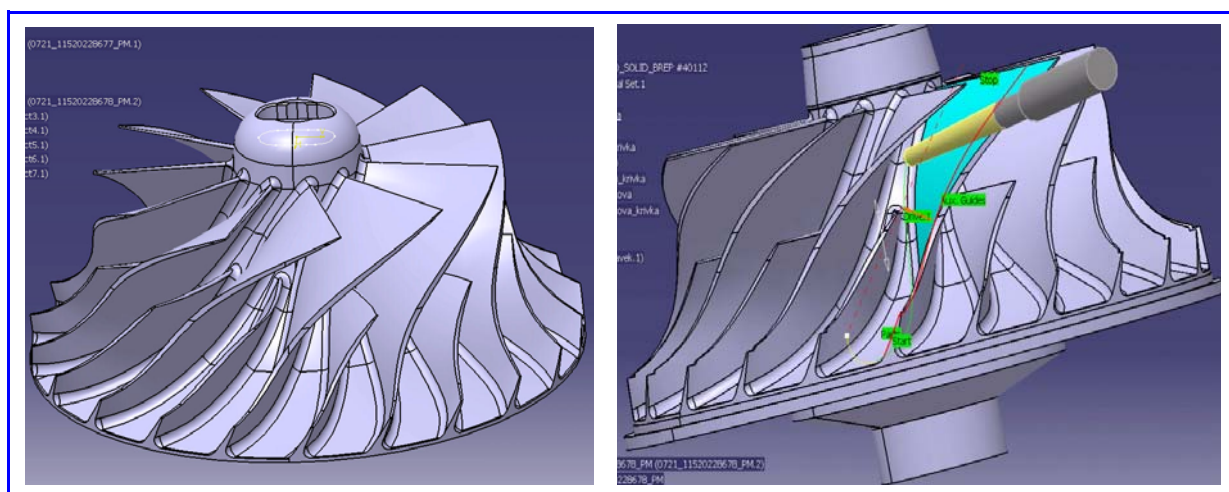
4. Optimalizace velkých změn úhlových souřadnic

Standardní postprocesory pro kontinuální víceosé obrábění nezahrnují řešení v oblasti limitů rotačních strojních os, ani v oblasti přechodu přes stacionární body v průběhu dráhy nástroje. Je sice možné limity strojních os zadat a postprocesor poté bude kontrolovat při transformaci souřadnic polohu rotačních os. Ale pokud by nastala situace, že následující poloha některé z rotačních by znamenala překročit limit této osy, vygenerují standardní postprocesory v následujícím bloku souřadnice alternativního řešení poloh strojních os (pokud ovšem existuje). Nedojde však k žádnému odjetí nástroje do bezpečné vzdálenosti od obrobku, aby mohla změna strojních os proběhnout bez hrozící kolize nástroje a obrobku (příp. částí stroje), jelikož je mezi těmito dvěma následujícími bloky v NC programu programována lineární interpolace. Při použití víceosé interpolace, kdy se do procesu obrábění zapojí i rotační osy totiž skutečně nedochází k lineární interpolaci (i když je v NC programu zadána), ale vzniká určitá prostorová křivka. Zadaná tolerance v CAM poté ovlivní odchylky prostorových křivek od teoretické úsečky.

Byl řešen optimalizační algoritmus pro řešení těchto situací při obrábění, ale funkčnost tohoto algoritmu nebyla ověřena na dostatečném počtu různých typů obrábění např. pro vlečení nástroje pod určitým úhlem. Z důvodu neověření plné funkčnosti zde ještě není podrobný výklad o řešeném algoritmu uveden.

5. Ověření NC programů na stroji

Po vytvoření pětiosého postprocesoru pro kontinuální obrábění byl tento využit pro vygenerování NC programů pro výrobu radiálního kompresorového kola největšího průměru 160 mm s 11-ti hlavními lopatkami. K vytvoření drah nástroje bylo využito systému CATIA. Nejprve bylo aplikováno hrubování kanálu mezi lopatkami, poté bylo zvoleno menšího přídavku vůči plochám pro obrábění před dokončováním a následně byly plochy lopatek dokončovány pomocí tzv. meridiánního obrábění. Při meridiánním obrábění nedochází k bodovému styku mezi nástrojem a obrobkem, ale ke křivkovému styku. Křivka je dána meridiánem nástroje. V tomto případě bylo použito kuželového nástroje, meridiánem je tedy úsečka a tím bylo dosaženo obrobení zborcené plochy.



Obr. 7. vlevo - 3D model radiálního kompresorového kola;
vpravo – meridiánní způsob obrábění lopatky kuželovým nástrojem

Pomocí generátoru CL dat v systému CATIA byla tato data vyexportována do textového souboru. Všechny textové soubory s CL daty byly poté přeloženy postprocesorem na NC program v jazyku Dialog pro již zmíněný řídicí systém Heidenhain iTNC 530. Z důvodu požadavků obsluhy číslicově řízeného stroje byl postprocesor vybaven funkcí, která umožní programování posuvových hodnot v NC programu pomocí parametrů. Obsluha stroje tak nemusí upravovat hodnotu posuvu na několika místech v NC programu. Vždy na začátku jsou přes parametry označené písmenem Q a číslem parametru definovány hodnoty posuvových rychlostí a tyto lze jednoduše změnit, aniž by musel být celý NC program prohledán kvůli určitým hodnotám posuvů. Lze též načít parametry tak, aby bylo jasné, které posuvové hodnoty jsou určeny pro rychloposuv a které pro pracovní posuv či pro najetí a vyjetí nástroje z řezu. Příklad s částí souboru CL dat pro dokončování tlakové plochy hlavní lopatky je uveden na obr. 8 vlevo. V pravé části obr. 8 je poté umístěn NC program (pouze část) v jazyku Dialog. Bloky NC programu v pravé části obrázku odpovídají blokům CL dat v levé části obrázku tak, jak jsou odděleny jejich částí třemi tečkami na oddělovacích řádcích. Samozřejmě si neodpovídají přesně blok od bloku, jelikož jsou CL data mnohdy obsáhlejší nežli je potřeba a tak jsou některá data v CL datech postprocesorem vynechána, nebo naopak

některá doplněna. Je patrné, že souřadnice v NC programu nejsou shodné se souřadnicemi v CL datech, což je samozřejmě způsobeno transformací. Otestováním NC programu na stroji lze ale ověřit, že transformace byla provedena správně.

<pre> \$\$ ----- \$\$ Generated on 24. listopad 2008 12:09:37 \$\$ CATIA APT VERSION 1.0 \$\$ ----- \$\$ Tlakova_fin \$\$ Part Operation.1 \$\$*CATIA0 \$\$ Tlakova_fin \$\$ 0.00000 0.00000 -1.00000 189.70100 \$\$ 1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 \$\$ 0.00000 -1.00000 0.00000 0.00000 PARTNO PART TO BE MACHINED COOLNT/ON CUTCOM/OFF \$\$ OPERATION NAME : Tool Change.3 \$\$ Start generation of : Tool Change.3 MULTAX FROM / 0.00000, 0.00000, 350.00000, 0.000000, 0.000000, 1.000000 \$\$ TOOLCHANGEBEGINNING CUTTER/ 4.287760, 2.200754, 0.000000, 2.200754, 0.000000,\$ 1.500000, 50.000000 TOOLNO/2, 6.906000 TPRINT/T2 Conical Mill D 4.4 LOADTL/2 \$\$ TOOLCHANGEEND \$\$ End of generation of : Tool Change.3 \$\$ OPERATION NAME : Multi-Axis Flank Contouring.19 \$\$ Start generation of : Multi-Axis Flank Contouring.19 LOADTL/2,1 FEDRAT/ 300.0000,MMPM SPINDL/ 3000.0000,RPM,CLW COOLNT/ON GOTO / -59.31770, -73.10992, 194.30385,-0.056006,-0.529829, 0.846253 GOTO / -59.29153, -72.61708, 193.92141,-0.056006,-0.529829, 0.846253 FEDRAT/ 1000.0000,MMPM GOTO / -48.94369, -64.30807, 189.50866,-0.046726,-0.512808, 0.857231 GOTO / -48.50886, -64.25596, 189.57181,-0.036127,-0.494786, 0.868263 GOTO / -48.19855, -64.21563, 189.61803,-0.028688,-0.481691, 0.875871 GOTO / -47.67211, -64.13881, 189.70103,-0.015942,-0.460921, 0.887298 GOTO / -47.16827, -64.05885, 189.78351,-0.003941,-0.441460, 0.897272 GOTO / -46.69683, -63.97800, 189.86333, 0.007121,-0.423696, 0.905776 GOTO / -46.15341, -63.87419, 189.96023, 0.019620,-0.404200, 0.914460 GOTO / -45.50093, -63.73654, 190.08341, 0.034172,-0.381724, 0.923644 GOTO / -44.79004, -63.57219, 190.22445, 0.049083,-0.358053, 0.932410 GOTO / -44.79007, -63.57203, 190.22438, 0.048733,-0.358226, 0.932362 GOTO / -44.05451, -63.35378, 190.37608, 0.022436,-0.358186, 0.933381 GOTO / -43.73267, -63.25477, 190.44416, 0.011010,-0.358314, 0.933536 GOTO / 10.58681, -15.41742, 247.60273, 0.465742,-0.883400,-0.051850 FEDRAT/ 1000.0000,MMPM GOTO / 15.24423, -24.25142, 247.08424, 0.465742,-0.883400,-0.051850 \$\$ End of generation of : Multi-Axis Flank Contouring.19 SPINDL/OFF REWIND/0 END </pre>	<pre> 0 BEGIN PGM Tlakova_fin MM 1 ;(STROJ: MAS MCV1000L) 2 ;(CNC: HDH iTNC530) 3 ;(POSTPROCESSOR: Mas_MCV1000L_Hdh_Dia) 4 ;(PARTPROGRAM ZE DNE 24.11.2008 CAS 12:09) 5 ;(CAM PROGRAMATOR: Vavruska) 6 BLK FORM 0.1 Z X+0. Y+0. Z+0. 7 BLK FORM 0.2 X+100. Y+100. Z+100. 8 M126 M135 9 L Z350. FMAX 10 Q1=1000. 11 Q2=300. 12 ;(===== VYMENA NASTROJE =====) 13 ;(NASTROJ: KUZEL. FREZA D4.29 R2.20) 14 ;(=====) 15 TOOL CALL 0 Z 16 ;(=====) 17 ;(OPERACE: Multi-Axis Flank Contouring.19) 18 ;(=====) 19 TOOL CALL S3000 20 L B-32.194 C+83.966 FMAX 21 L X+36.718 Y+51.304 R0 FMAX 22 L Z+206.488 FMAX M3 M8 23 L X+36.931 Y+51.33 Z+205.902 FQ2 50 L X+38.877 Y+42.906 Z+197.717 B-30.993 C+84.794 FQ1 51 L X+35.337 Y+43.701 Z+198.144 B-29.743 C+85.824 52 L X+32.844 Y+44.296 Z+198.396 B-28.852 C+86.592 53 L X+29.151 Y+45.427 Z+198.644 B-27.464 C+88.019 54 L X+25.932 Y+46.595 Z+198.753 B-26.198 C+89.489 55 L X+23.225 Y+47.765 Z+198.748 B-25.072 C+90.963 56 L X+20.577 Y+49.196 Z+198.623 B-23.871 C+92.779 57 L X+17.962 Y+51.003 Z+198.344 B-22.535 C+95.115 58 L X+15.693 Y+53.009 Z+197.931 B-21.186 C+97.806 59 L X+15.669 Y+52.951 Z+197.948 B-21.194 C+97.747 60 L X+11.877 Y+47.929 Z+199.397 B-21.032 C+93.584 61 L X+10.502 Y+45.655 Z+199.97 B-21.007 C+91.76 145 L X+248.233 Y-2.175 Z+5.712 B-92.972 C+117.799 146 L Z+15.712 147 M5 M9 148 M30 149 END PGM Tlakova_fin MM </pre>
--	---

Obr. 8. vlevo – část souboru s CL daty systému CATIA – dokončování lopatky;
vpravo – NC program odpovídající souboru s CL daty vlevo

Na obr. 9 je zachycena výroba kompresorového kola na stroji. Vycentrování polotovaru na stroji je provedeno pomocí přesného otvoru v přípravku do něhož zapadá čep za největším průměrem kompresorového kola. Kontura polotovaru byla předsoustružená a materiál byl dural. K průběhu obrábění lze snad dodat pouze to, že nebylo v systému CATIA zvoleno dostatečně úzké toleranční pásmo pro generování souřadnic vyššího počtu jednotlivých bloků lineárních interpolací. Plochy lopatek sice byly obrobena v dostatečné kvalitě, ale na jejich povrchu byly „velké“ vzdálenosti mezi jednotlivými body lineárních interpolací znatelné.



Obr. 9. *Obrábění zkušební dílu; vlevo – dokončování hlavní lopatky; vpravo – detail obrobené lopatky*

7. Závěr

V příspěvku byly shrnuty poznatky dosažené v rámci návržení a ověření metody tvorby víceosého postprocesoru. Metoda je založena na překladu textového souboru s CL daty. Soubor s CL daty je generován systémem CAM a následně jsou CL data překládána příslušným postprocesorem, určeným vždy pro konkrétní systém CAM, konkrétní stroj a řídicí systém. Vytvořený postprocesor je binární soubor (přípona “.exe”), který je možné provozovat na platformách s procesorem s 32-bitovou sběrnici a s intelovskou architekturou od i386 po současná pentia. Jako operačního systému musí být použito systému Windows. Na ostatních operačních systémech (např. Linux) není zaručena funkčnost postprocesoru. Metoda tvorby víceosého postprocesoru byla ověřena pomocí CAM systému CATIA. Obrobením reálného dílce (radiálního kompresorového kola) byla ověřena vhodnost použití vytvořeného postprocesoru v praxi pro výrobu tvarově složitých součástí. Po rozboru formátu CL dat dalších CAM systémů může být metoda tvorby postprocesoru aplikována i na tyto CAM systémy.

Seznam použité literatury

- [1] iTNC 530, příručka uživatele – programování podle DIN/ISO. Traunreut: Heidenhain, 2002. 463 s.
- [2] MELICHAR, B. et al.: Konstrukce překladačů. I. a II. část. 1. vydání. Praha: ČVUT, 1999. 636 s. ISBN 80-01-02028-2.
- [3] RYBÍN, J.: Automatické řídicí systémy. 1. vydání. Praha: ČVUT, 1991. 150 s. ISBN 80-01-00694-8.
- [4] STEJSKAL, V. – VALÁŠEK, M.: Kinematics and dynamics of machinery. 1. vydání. New York: MARCEL DEKKER, INC., 1996. 494s. ISBN: 0-8247-9731-0.
- [5] VAVRUŠKA, P. – RYBÍN, J.: Vývoj postprocesoru pro CAD/CAM systém CATIA – úvodní fáze. Výzkumná zpráva č. V-07-057. ČVUT v Praze, Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, 2007. 40 s.
- [6] VAVRUŠKA, P. – RYBÍN, J.: Postprocessing a jeho aplikace na tvarově složité plochy. Výzkumná zpráva č. V-08-088. ČVUT v Praze, Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, 2008. 54 s.