

Polohovanie plazmového rezacieho stroja

V roku 2006 sa začal riešiť projekt APVV moderného sieťového riadiaceho systému pre náročné priemyselné technológie. Realizačným výstupom projektu je plazmový rezací stroj, ktorý obsahuje niekoľko samostatných subsystémov. Jedným z nich je riadiaci softvér. Súčasťou programového riešenia sú CAD/CAM systém, grafické používateľské rozhranie, riadiaci modul reálneho času a systém výpočtu želaných hodnôt. V tomto článku by sme chceli ukázať proces od kreslenia výrobku po výpočet želaných hodnôt rýchlosti a polohy stroja.

Ako prvý do procesu vstupuje návrhár. Návrhár má k dispozícii technický výkres. Jeho úlohou je nakresliť výrobok v návrhovom softvéri. V našom projekte sme využili HeeksCAD. HeeksCAD je open-source nástroj na jednoduché kreslenie typu CAD. Oproti často používaným CAD programom neobsahuje bohatú funkcionálnosť, ale licencia GNU GPL verzie 3 nám ho umožňuje modifikovať na želanie zákazníka. HeeksCAD obsahuje doplnok HeeksCNC, ktorý umožňuje transformovať výkres do postupnosti rezania v rôznych jazykoch NC/CNC strojov (NC program, niekedy nazývaný aj rezný plán). Samostatný výkres sa musí najskôr upraviť tak, že sa rezané časti opíšu len spojitými trajektóriami – sketchmi. Z každého sketchu sa vytvorí operácia. Operácia typu Profile je sketch doplnený o nástroj, ktorým sa bude rezať, korekcie jeho hrúbky a iné údaje, ako je napr. informácia, či sa má trajektória rezať zvnútra alebo zvonku. V jazyku Python sme vytvorili vlastnú knižnicu na CAM Post-Processing. Postprocessing je zápis vygenerovaných akcií stroja v konkrétnom NC jazyku. HeeksCNC volá skript, v ktorom si návrhár pomocou menu nastaví používanú knižnicu. Po spustení skriptu sa vygeneruje NC program v jazyku, pre ktorý bola napísaná knižnica. NC program nazýva implementátor riešenia rezným plánom.

Rezný plán je postupnosť príkazov, ktoré slúžia na určenie pohybu a stavu stroja pri rezaní. Na základe príkazov sa generujú žiadané hodnoty motorov stroja. Príkazy môžeme rozdeliť podľa operácií, ktoré vykonávajú. Rezný plán sa zvyčajne začína príkazmi na korekciu. Pri príkaze GO_LEFT sa uplatňuje korekcia vľavo, GO_RIGHT nariadi korekciu vpravo a GO_CENTER hovorí, že korekcia sa neuplatní. Príkaz AD_W uvedie hlavice do režimu rezania, teda ju priblíži do požadovanej vzdialenosti nad plech, a príkaz PARK ju zdvihne do hornej polohy. Zapnutie lúča plazmy sa určuje príkazom PL_ON a vypnu-

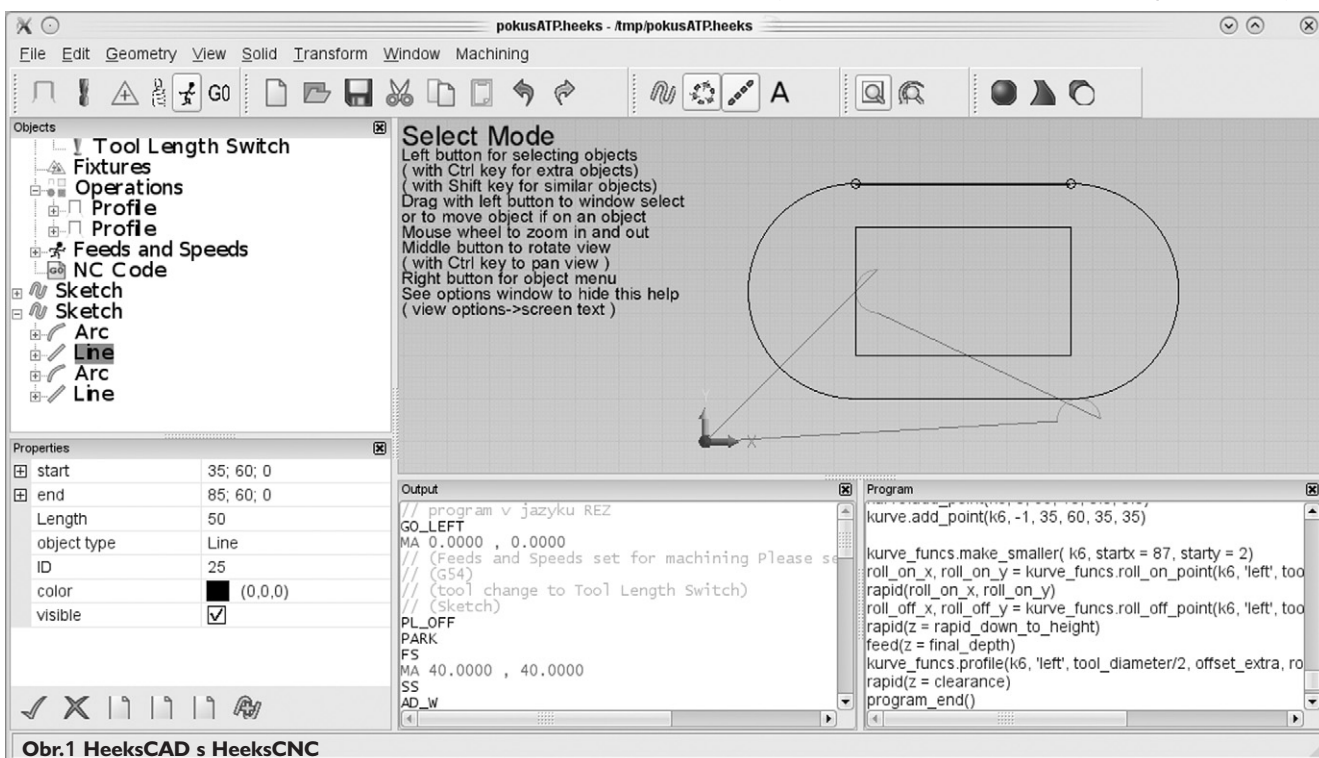
tie príkazom PL_OFF. Na určenie rýchlosti pohybu hlavice slúžia príkazy FS a SS. FS hovorí, že hlavica sa má posúvať v úseku najväčšou rýchlosťou. Využíva sa pri pohybe medzi jednotlivými rezmi. Príkaz SS spomaľuje pohyb hlavice na menšiu rýchlosť zadanú operátorom. Väčšinou sa používa pri samostatnom rezaní na zvýšenie presnosti rezania.

Doteraz spomenuté príkazy hovorili viac o stave hlavice a plazmy. Nasledujúce sa týkajú pohybu hlavice. Na priamočiary pohyb sa používa príkaz MA X, Y. Bod [X, Y] je bodom, ku ktorému sa má hlavica pohybovať priamočiaro. Súradnice [X, Y] sú uvedené v milimetroch voči štartu s presnosťou na štyri desatinné miesta. Na pohyb po kruhovej trajektórii sa používa príkaz C X, Y, α , kde [X, Y] sú súradnice stredu v milimetroch a α je uhol otočenia v smere znamienka (+ proti smeru hodinových ručičiek a – v ich smere) začínajúc v bode, kde sa hlavica práve nachádza. Uhol natočenia sa uvádza v stupňoch, opäť s presnosťou na štyri desatinné miesta. Všetky možné tvary sa teda dajú vyjadriť pomocou takejto postupnosti priamok a kruhových oblúkov.

Pred prekladom rezacieho plánu do súboru žiadaných hodnôt s ním treba urobiť niekoľko operácií. Uľahčujú prácu návrhárovi, ktorý sa nimi nemusí zaoberať pri návrhu výrobku. Ide o:

- analýzu uhlov,
- zväčšenie/zmenšenie plánu,
- rotáciu plánu okolo jeho stredu,
- korekciu.

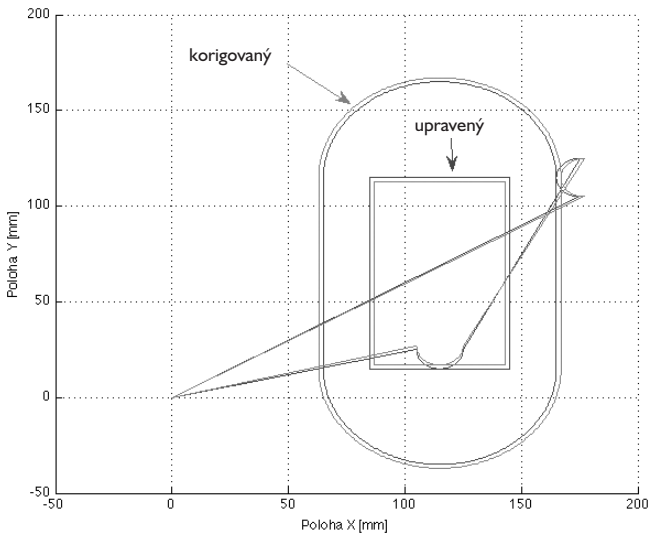
Väčšina návrhových programov nám nedokáže automaticky zabezpečiť analýzu ostrých uhlov. Na konci každého rezu je potrebné rozhodnutie o tom, či má hlavica zastať, alebo môže pokračovať želanou rýchlosťou. To závisí od uhla zlomu medzi konkrétnymi rezmi. V zájme čo najmenšieho namáhania motorov a ostatných častí stroja sa



Obr.1 HeeksCAD s HeeksCNC



v praxi tento zlomový uhol volí z intervalu (175° – 179°). Po tejto analýze pribudnú do plánu príkazy DEC_ON a DEC_OFF. Príkaz DEC_ON znamená povolenie spomalenia medzi úsekmi (napr. pri rohoch alebo precíznych tvaroch). Príkaz DEC_OFF zase umožňuje prejsť do ďalšieho úseku bez zastavenia.



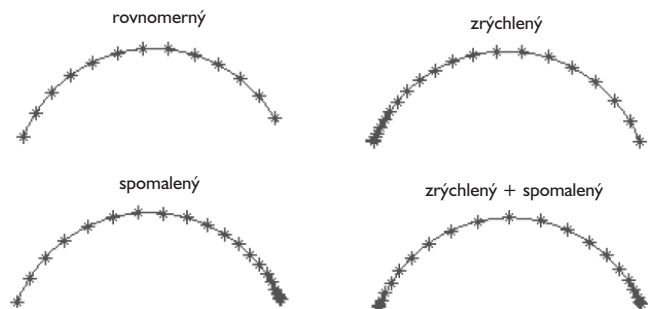
Obr. 2 Plán po základných operáciách

Niekedy treba vyrezať súčiastku väčšiu alebo menšiu. Namiesto presklopenia originálneho plánu v CAD programe stačí prispôbiť veľkosť priamo na mieste prevádzky. Zväčšenie alebo zmenšenie sa uskutočňuje koeficientom, ktorým sa vynásobia originálne parametre príkazov MA a C. Uhly otočení kružnicových oblúkov pritom musia zostať nezmenené, aby sa zachoval tvar výrobku. Možnosť otáčania rezacieho plánu je jednou zo základných požiadaviek na prácu s ním. Ak poznáme bod, okolo ktorého sa má plán otočiť, pomocou vektorov sme schopní prepočítať každú súradnicu v rovine do nového bodu. Uhol, ktorý zvierajú starý vektor s novým, je práve žiadaným uhlom otočenia plánu. Tento princíp sa používa aj pri otáčaní stredov kruhových oblúkov, pričom ich uhly sa musia zachovať.



Obr.3 Pohyb po priamke

Jednou z nevyhnutných súčastí úpravy rezného plánu je korekcia šírky lúča plazmy. Čím bude použitý lúč hrubší, tým väčšia bude odchýlka skutočných rozmerov od želaných. Je to spôsobené tým, že pri definovaní želaného pohybu sa v inštrukcii implicitne definujú súradnice želaného polohy stredy plazmového lúča, nie jeho okrajov. Preto na presnejšie vyrezanie výrobku treba pri generovaní vzoriek pre servopohony kalkulovať aj s hrúbkou plazmového rezného lúča. Hlavica už nebude opisovať dráhu pohybu, ktorá je presne zadaná v príslušných inštrukciách, ale bude sa pohybovať vždy o niečo ďalej od výrobku tak, aby



Obr.4 Pohyb po kružnici

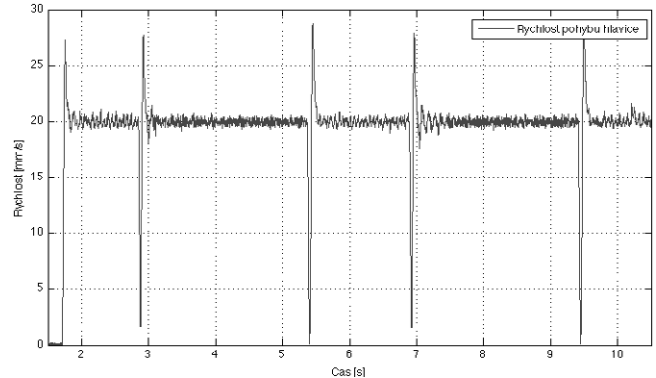
kraj rezného lúča opisoval práve želanú trajektóriu. Ako najvhodnejší spôsob korekcie sa ukázalo použitie analytickej geometrie.

Úlohou prekladača je previesť rezný plán do súboru želaných hodnôt v každej perióde vzorkovania. Generovanie želaných hodnôt prebieha v troch častiach v závislosti od priebehu rýchlosti. Fázy výpočtu želaných hodnôt sú:

- úsek rovnomerne narastajúcej rýchlosti,
- úsek konštantnej rýchlosti,
- úsek rovnomerne klesajúcej rýchlosti.

Výpočet rýchlosti a polohy závisí aj od toho, či ide o pohyb po priamke, alebo po kružnicovom oblúku. Pri pohybe po priamke sa vypočíta aktuálna rýchlosť vzhľadom na začiatok pohybu, a tým aj prírastok dráhy. S prírastkom dráhy vieme určiť želanú polohu v smere uhla, ktorý je daný koncovým a začiatočným bodom priamky. Pohyb po kružnici sa podobá na pohyb po priamke. Keďže príkaz C obsahuje uhol otočenia, rozhodli sme sa naše hodnoty prepočítavať vzhľadom na uhlovú rýchlosť a prírastok uhla. Grafické znázornenie pohybov po priamke a kružnici sú znázornené na obrázkoch 3 a 4.

Prekladač vygeneruje želané hodnoty polohy a rýchlosti pre x-ovú a y-ovú os. K želaným hodnotám sa pridáva stavové slovo, ktoré hovorí o stave hlavice. Želané hodnoty sa posielajú do meničov motorov pomocou zbernice CAN a protokolu CANOpen. Riadenie polohy stroja sa realizuje želanými rýchlosťami, pričom želané hodnoty polohy sa využívajú na korekciu žiadanej rýchlosti s cieľom dodržania polohy. Na obr. 5 sú skutočné hodnoty rýchlosti namerané zo stroja pri opracúvaní vnútornej časti výrobku z prvého obrázka. Rýchlosť je vektorovým súčtom rýchlosti x-ovej a y-ovej osi. Zníženie rýchlosti v štyroch časových úsekoch predstavuje brzdenie v rohoch. Údaje boli namerané na prototypy plazmového rezacieho stroja spoločnosti Prvá zväračkárka, a. s., ktorý je výstupom spomínaného projektu agentúry APVV.



Obr.5 Skutočné hodnoty rýchlosti

Článok vznikol s podporou projektu APVV č. 99-04805 a VEGA č. 1/0592/10.

prof. Ing. Ján Murgaš, PhD.
 Ing. Peter Fodrek, PhD.
 Ing. Michal Blaho
 Slovenská technická univerzita v Bratislave
 Fakulta elektrotechniky a informatiky
 Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
 Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
 e-mail: jan.murgas@stuba.sk
 peter.forder@stuba.sk
 michal.blaho@stuba.sk

Ing. Tomáš Murgaš
 Systémy priemyselnej informatiky
 Kopčianska 14, 851 01 Bratislava 5
 e-mail: tomas.murgas@syprin.sk