



Rozvoj dielenského programovania CNC strojov

Na prípravu riadiacich programov pre CNC obrábanie sa začína širšie využívať tzv. systém dielenského programovania (v zahraničí označovaný ako **Workshop oriented programming – WOP**, **Conversational programming** a **Shop floor programming – SFP**). V príspevku sú priblížené technické a technologické možnosti moderných systémov dielenského programovania.

Úvod

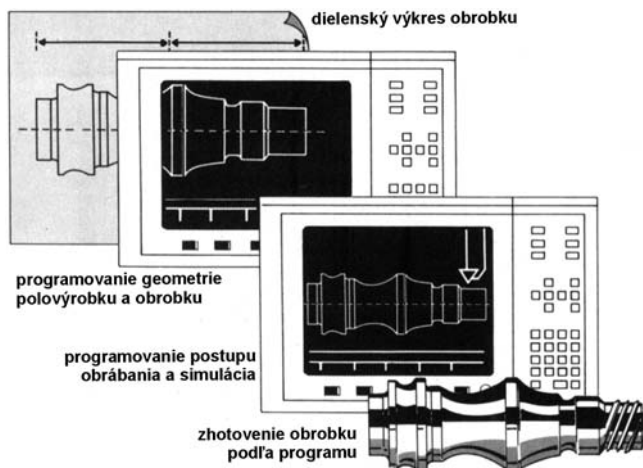
Dielenské programovanie bolo vyvinuté na začiatku roku 1980 a je rozšírené v mnohých oblastiach (obrobne v strojárskych prevádzkach, údržbárske dielne, prototypové dielne a pod.). Dielenské programovanie CNC je vyvinuté preto, aby riešilo nízku účinnosť ručného programovania v režime kódu G a offline programovanie pomocou CAM softvéru. Dobré dielenské programovanie je intuitívne, jednoduché a schopné jednoduchého programovania komplexných súčiastok. Dielenské programovanie na CNC sa stane veľmi efektívnym programovacím nástrojom pre mnoho strojárskych dielní a prevádzok, ktoré vyrábajú súčiastky v malých alebo stredne veľkých výrobných dávkach.

Dielenské programovanie nadobudlo väčšie uplatnenie vďaka pokroku vo výpočtovej technike. Operácie raného dielenského programovania sú veľmi podobné DOS-u na PC. Používateľské rozhranie bolo textovo založené kvôli obmedzeniam hardvéru a nebolo intuitívne. Napríklad je ťažké opisovať geometriu textom, donútiť operátora k tomu, aby dobre chápal geometrické názvoslovie.

Znaky dielenského programovania CNC obrábania

Návrh dobrého dielenského programovania CNC obrábania je náročná úloha, pretože treba zväziť mnoho faktorov. Programovací softvér musí predovšetkým zvažovať širokú používateľskú bázu. Tiež potrebuje obsahovať širokú použiteľnosť jednoduchých programovacích procesov (ako je napr. vonkajšie a vnútorné sústruženie či čelné frézovanie) a tiež komplexné obrábacie procesy, ako je sústruženie s viacerými nástrojmi a pomocným vretenom (pri CNC sústružníckych centrách).

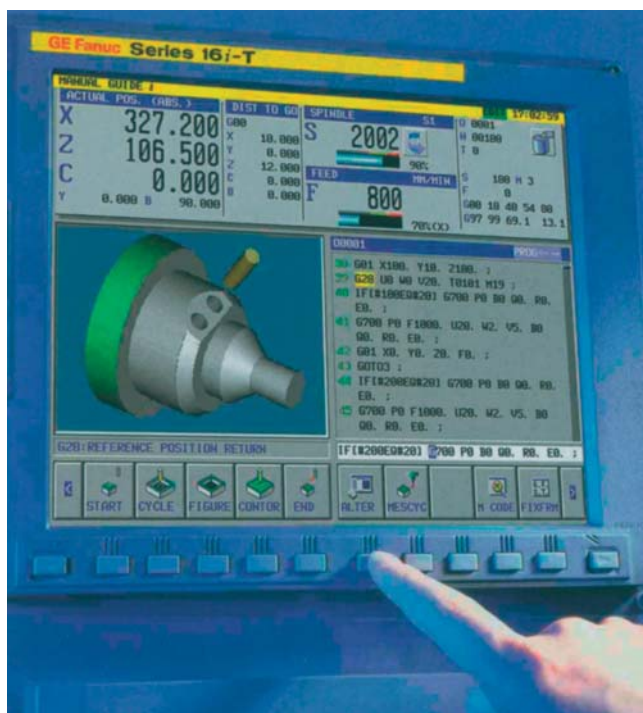
Používateľské rozhranie dnešného dielenského programovania je založené na grafickom vstupe. Napríklad geometrické dáta sú nielen opísané v texte, ale sú predstavené aj graficky. Preto používateľ rozumie vstupom intuitívne a môže rýchlo navrhnuť riadiaci program opracovania obrobku. Operácie dnešného dielenského programovania sú podobné operáciám Microsoft Windows. Na obr. 1 je znázornená schéma dielenského programovania CNC sústruženia.



Obr.1 Schéma dielenského programovania CNC sústruženia

Súčasný systémy dielenského programovania

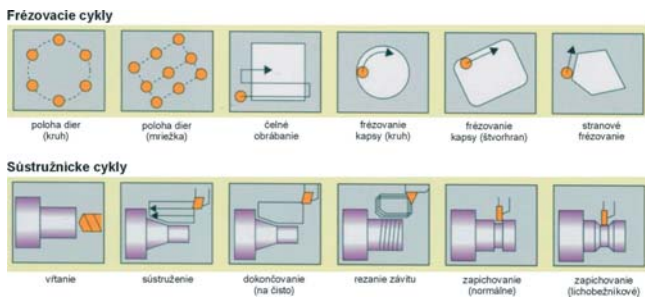
Dnes už dodáva systémy dielenského programovania väčšina svetových výrobcov CNC riadiacich systémov. Pomerne široko sa využíva systém dielenského programovania japonskej spoločnosti GE Fanuc označený ako Manual Guide i (obr. 2).



Obr.2 Pohľad na obrazovku CNC riadiaceho systému počas prípravy riadiaceho programu systémom dielenského programovania Manual Guide i

Je modulárny, má grafické používateľské rozhranie. Obsahuje základný systém s modulmi na sústruženie a frézovanie, ktoré majú navzdory odlišným technológiám jednotnú štruktúru i používateľské rozhranie. Modul sústruženia inicializuje všetky cykly umožňujúce používateľovi rýchlo a jednoducho naprogramovať sústružený obrobok. Okrem ďalších funkcií obsahuje tiež funkcie na hrubovanie a dokončovanie, vonkajšie a vnútorné sústruženie, čelné sústruženie, zápichy a cykly na drážkovanie a vrtanie. Modul frézovania ponúka funkcie na čelné frézovanie, frézovanie profilu i kapsy a tiež cykly vrtania. Pokiaľ sa na sústruhu vykonávajú aplikácie používajúce poháňané nástroje, používajú sa oba moduly. Na uľahčenie programovania sústruhov alebo frézok poskytuje Manual Guide i rôzne pevné cykly. Grafické programovanie pevných cyklov uvádza obr. 3. Stačí, keď operátor vyplní na grafickej CNC obrazovke potrebné políčka a program sa vytvorí automaticky.

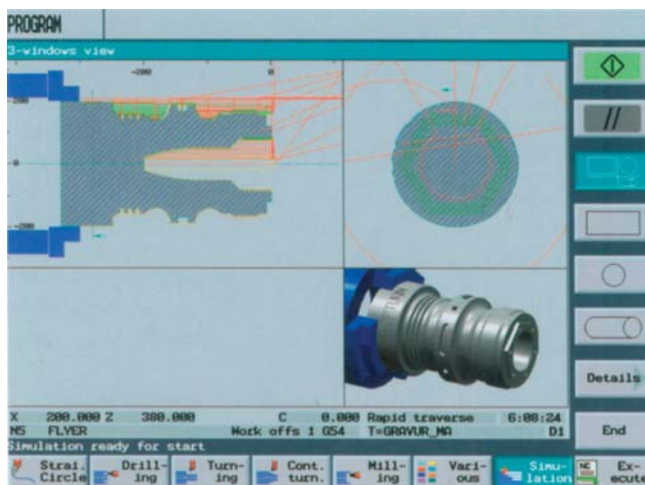
Nemecká spoločnosť Siemens rozšírila funkcie dielenského programovacieho softvéru ShopTurn a ShopMill. Nové funkcie pomáhajú používateľovi výrazne skrátiť čas programovania CNC, zvyšujú tak produktivitu vo výrobe. Technologické balíky sú vhodné pre cyklovo riadené sústruhy s vodorovným alebo šikmým suportom, vodorovnými alebo



Obr.3 Grafické programovanie pevných cyklov v programe Manual Guide i (GE Fanuc)

zvislými sústružníckymi či frézovacími centrami a rovnako tak sú vhodné pre komplexné obrábacie centrá v nástrojárňach a vo výrobe foriem.

Grafické prostredie programu ShopTurn teraz podporuje kompletne vybavené sústruhy s otočnou osou na frézovacom vretenne. Pritom môžu byť použité sústružnicke i frézovacie nástroje. Vo frézovacom režime môže byť os B natáčaná a pracovať tak ako bežná otočná os. Nástroje, ako fréza alebo vrták, sú potom orientované osou B (obr. 4). Pre aplikáciu dielenského programovania JobShop – ShopMill spoločnosti Siemens je typickým predstaviteľom stroja obrábacie centrum Stroj MCV 1016 Quick. Ide o trojosové vertikálne obrábacie centrum určené na komplexné obrábanie plochých a skriňových súčiastok z kovových i nekovových materiálov, prípadne na presnú výrobu tvarovo zložitých súčiastok a foriem v nástrojárňach. Stroj je riadený CNC systémom Sinumerik 810D powerline v spojení s pohonmi Simodrive. Nové funkcie systému ShopMill prvýkrát umožnia helixové frézovanie kruhových kapsí, priame natočenie rotačnej osi pri jednoduchých kinematikách stroja a optimalizovaný výber smeru pohybu rotačných osí.



Obr.4 Funkcie systému dielenského programovania ShopTurn (spoločnosť Siemens)

Spoločnosť Siemens vyvinula aj softvérové pracovisko so systémom Sinutrain umožňujúce tzv. PC based training na programovanie CNC systému Sinumerik a simuláciu činnosti programov NC vrátane dielenského programovania JobShop. Ide o virtuálnu simuláciu činnosti obrábacieho stroja. Hlavnou snahou pri obrábaní je totiž optimalizácia výrobného procesu. Vedľa vlastného obrábania sa používatelia stále viac orientujú pri vyhodnocovaní využitia stroja tiež na čas potrebný na programovanie, zoradenie a testovaciu prevádzku stroja. Hlavným dôvodom je skutočnosť, že najmä pri výrobe zložitých obrobkov je stroj až niekoľko dní blokovaný, čo má negatívne dôsledky na celkovú produktivitu výroby. Zlepšenie v tejto oblasti výrobcovia nachádzajú v použití „virtuálneho stroja“. Ďalšou prednosťou je tiež to, že programy na obrábanie sú testované v prostredí, v ktorom nehrozí poškodenie stroja ani nástrojov. Doterajšie riešenie simulácie obrábania má jednu veľkú nevýhodu – chýba v nej zobrazenie reálneho prostredia. Aby bola simulácia lepšie prakticky použiteľná, je potrebné, aby programátor a zoraďovač stroja mali k dispozícii zobrazenie prostredia stroja so zodpovedajúcou geometriou a kinematikou. Pre „virtuálny stroj“ je základom

ovládaci softvér na obsluhu a model reálneho stroja, takže v tomto virtuálnom prostredí možno exaktne programovať, zoradovať stroj s virtuálnymi nástrojmi a zobrazovať vlastný proces obrábania. Významnú úlohu v tomto prostredí hrá implementácia originálneho NC jadra (VNCK) riadiaceho systému Sinumerik 840D do CAD/CAM softvéru (napr. Siemens-UGS, CGTech-Vericut, Tecnomatix). Programátor má na počítači dve okná – v jednom vidí on-line originálnu ovládaciu plochu riadiaceho systému Sinumerik a v druhom okne potom model pracovného priestoru „virtuálneho stroja“. Prebiehajúci technologický program časovo i geometricky presne zodpovedá reálnej situácii. Pre implementovaný systém Sinumerik 840D-VNCK nie je dôležité, že riadi iba model stroja v prostredí PC a nie reálny stroj. Pri zadaní dát z reálneho stroja (rýchlosť, zrýchlenie, pojazďové dráhy) a tiež pomocou integrovaného nástrojového editora zadaných dát nástrojov na obrábanie je obrábaci proces verifikovaný mimo vlastného reálneho stroja a nie je teda blokovaný prípravou výroby.

Inovačný proces japonskej firmy Yamazaki Mazak Corp. je naplňovaný výraznými zlepšeniami v konštrukcii jednotlivých typov CNC obrábacích strojov, výrazným rozšírením funkcií nového CNC riadiaceho systému Mazatrol Matrix a využitím týchto nových funkcií v inteligentných moduloch, samostatne ovládajúcich vybrané činnosti výrobného zariadenia, ktoré výrazne ovplyvňujú výslednú presnosť a spoľahlivosť obrábania.

Prvý konverzačne naprogramovaný CNC riadiaci systém na svete bol Mazatrol (bol predstavený v roku 1981). V roku 1998 bol CNC riadiaci systém Mazatrol zlúčený s osobným počítačom, kde bola zabudovaná rozsiahla odborná znalosť firmy pre dosiaľ neprekonanú prevádzkovú účinnosť. Najnovší model Mazatrol Matrix bol navrhnutý tak, aby bol optimálnym systémom pre obrábacie stroje. CNC riadiaci systém 6. generácie japonskej firmy Yamazaki Mazak Corp. Mazatrol Matrix (obr. 5) na riešenie výrobných úloh zahŕňa štyri faktory: vysokú kvalitu, vysokú produktivitu, uľahčenie výkonu výrobných operácií a bezpečnosť.

Vývoj tohto nového CNC systému bol zameraný na tri oblasti: dielenské programovanie, programovanie v technologickej kancelárii a hardvér. Vzájomný vzťah týchto faktorov a prvkov v CNC riadiacom systéme Mazatrol Matrix zaisťuje doteraz neprekonané vlastnosti. Programátorovi poskytuje nový riadiaci systém Mazatrol Matrix nové vlastnosti, ako sú:

- Mazatrol rampa a špirálovitý kapesový vstup,
- 3D grafická podpora,
- pokročilý čip na delenie triesky pri sústružení,
- Mazatrol cyklus frézovania sústružením,



Obr.5 Panel CNC systému Mazatrol Matrix



- konverzačné jazykové zlepšenie (predtým naprogramovaný len v EIA/ISO), vysoké otáčky synchronizované pri rezaní závitov, cyklus vrtania hlbokých otvorov a voľba rádiusu nástroja na lineárne obrábanie.

Japonská firma Okuma Corporation uviedla na trh nový inteligentný CNC riadiaci systém OSP-P200 (obr. 6), ktorého súčasťou je aj systém dielenského programovania pre CNC sústruhy a sústružnícke centrá (Advanced One-Touch IGF L) a pre CNC obrábacie centrá (Advanced One-Touch IGF M). Na obr. 7 je pohľad na obrazovku riadiaceho systému OSP-P200 počas prípravy riadiaceho programu systémom dielenského programovania.

Japonská firma Mori Seiki inštaluje do svojich CNC riadiacich systémov (obr. 8) systém dielenského programovania MAPPS II/III. MORI APL/APNT/APZT sú aplikačné systémy firmy Mori Seiki, ktoré umožňujú ľahko vytvoriť riadiace programy na PC. Ich funkcie, dáta a pohotovosť sú v plnom rozsahu zlučiteľné so systémom dielenského programovania MAPPS II/III (obr. 8). Konverzačné riadiace programy môžu byť vytvárané aj centrálné. Medzi charakteristické vlastnosti konverzačného automatického programovania možno zaradiť aj to, že potrebné nástroje, rezné podmienky atď. môžu byť stanovené automaticky, jednoduchým vstupom modelu obrábania (obr. 9).

Výhody:

- automatické rozpoznanie a proces programovania z 3D CAD dát,
- zabudované rozmanité vzory na komplexné obrábanie,
- dostatočná kontrola na programovanie bez chýb,
- chránená kompatibilita medzi dielenským programovaním a MAPPS.

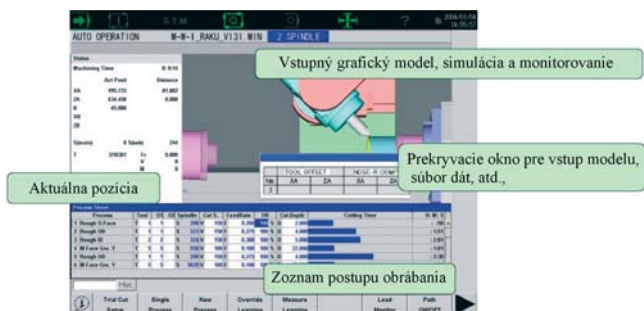
Funkcie:

- kontrola 3D výkresu simuláciou obrábania,
- to umožňuje kontrolu obrábaných profilov a dráh nástroja jednoduchými postupmi: možnosťou zväčšenia a natáčania obrobku počas simulácie, resp. vyžiadania si ukážky dráh nástroja na displeji.

Takmer 30 rokov vývoja a predaja CNC riadiacich systémov nemeckej firmy HEIDENHAIN preukázalo ich každodenné používanie na riadenie CNC obrábacích strojov a obrábacích centier vysokú technickú



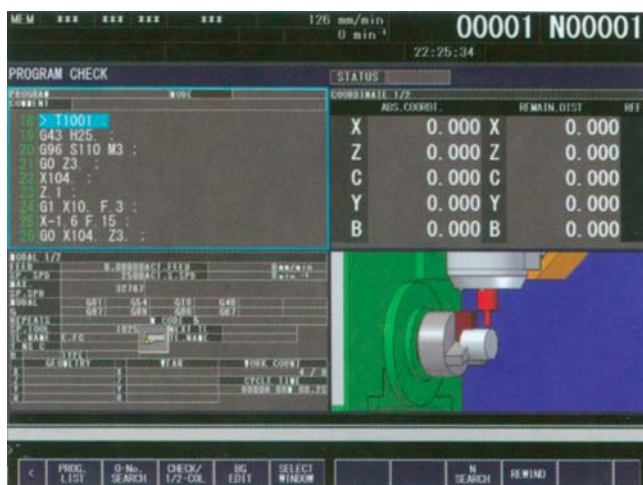
Obr.6 CNC riadiaci systém OSP-P200 (Okuma Corporation)



Obr.7 Pohľad na obrazovku riadiaceho systému OSP-P200 počas prípravy riadiaceho programu systémom dielenského programovania



Obr.8 Pohľad na CNC riadiaci systém firmy MORI SEIKI so zabudovaným systémom dielenského programovania MAPPS III



Obr.9 3D interferencia kontrolnej funkcie v systéme dielenského programovania MAPPS III

úroveň. Zatiaľ čo ovládacie prvky podstúpili nepretržitý vývoj, základná operačná technika zostala rovnaká.

Princípy implementované v riadiacich systémoch TNC 320 sú tieto:

- dielenské programovanie s grafickou podporou,
- mnoho osvedčených pracovných cyklov,
- dôverne známy operačný dizajn ďalších ovládacích prvkov HEIDENHAIN (obr. 10).

Konvenčné frézovanie a vrtanie sú naprogramované obsluhou na obrábacom stroji dialógovým jazykom – dielensky orientovaným konverzačným formátom HEIDENHAIN. CNC riadiaci systém TNC 320 poskytuje optimálnu podporu praktickými ponukami, otázkami a grafickými pracovnými pomôckami. Ide o štandardné operácie a dokonca komplexné aplikácie pri veľkej rôznorodosti skutočného cyklu obrábania alebo transformácie súradníc.



Pre jednoduchú operáciu, ako je napr. čelné frézovanie, sa nemusí písať program. S CNC riadiacim systémom TNC 320 je ľahké obsluhovať stroj ručným stlačením tlačidla osi alebo – pri maximálnej citlivosti – s elektronicky ovládanými ručnými kolieskami.

CNC riadiaci systém TNC 320 môže byť naprogramovaný tak isto aj dialkovo (offline vytvorenie programu). Rýchle ethernetové rozhranie garantuje krátky čas presunu programu.

Rozvojové trendy v systémoch dielenského programovania

Rozvoj nových typov súbežného obrábania, napríklad sústružnícke centrum s viacerými nožovými hlavami a so sklpoňnou frézovacou hlavou, bude vyžadovať výkonné pomôcky na tvorbu programu. Pre tieto komplexné stroje je štandardný programovací G kód neúčinný. CAM softvér bude vždy zaošávať za rozvojom nových strojov. Vývojári CAM softvéru nemusia byť ochotní vynaložiť veľa úsilia na špeciálne aplikácie pre ekonomické nároky. Dielenské programovanie môže prevziať vývoj programovacích nástrojov na podporu takýchto komplexných strojov.

Pokrok CNC hardvéru a redukcia hardvérových nárokov umožní dielenskému programovaniu doplniť ďalšie funkcie všeobecne používané v CAM softvéri, ako je napr. trojrozmerná grafická interpretácia a päťosové programovanie. Ďalší rozvoj bude prebiehať tak, že dielenské programovanie bude aplikovať viac metód grafického operačného systému a grafické prepojenie používateľa sa bude viac podobať grafickému operačnému systému Microsoft Windows. Rozhranie umožní používateľovi otvoriť rozdielne okná programu na editáciu a funkcie, ako sú COPY, CUT kópie, RANA a PASTE. S grafickým rozhraním budú mať výrobcovia strojov alebo používatelia viac flexibility prispôbiť programovacie pomôcky podľa želania zákazníka a urobiť dielenské programovanie výkonnejším. V dielenskom programovaní sa budú viac využívať počítačové vstupné zariadenia, napríklad myš, gulkový ovládač a blok na písanie.

Výrazná črta dielenského programovania je grafická a opisná vzájomná súčinnosť. To robí komplikovaný proces vytvárania programu ľahkou úlohou. Budúce CNC systémy iste prijímajú konverzačné výhody. V minulosti všetci hlavní výrobcovia CNC systémov vyvinuli dielenské pro-



Obr.10 Príprava riadiaceho programu na CNC riadiacom systéme firmy HEIDENHEIN systémom dielenského programovania

gramovanie ako externý softvér na doplnenie bežného CNC softvéru. Obrázky dielenského programovania sú odlišné od bežných CNC obrázkov. Väčšina obrázkov dielenského programovania bola vyvinutá neskôr a poskytuje vzhľad a pocit grafického operačného systému Microsoft Windows. Bežné obrázky môžu byť postupne vymenené za konverzačné obrázky. Viac pridaných konverzačných funkcií CNC systému pomôže výrobcovi strojov a nastaveniu stroja alebo údržbárskemu personálu vyhľadať poruchy stroja. Tieto funkcie môžu zahŕňať nastavenie servomotora, odladovanie stroja, hľadanie chyby stroja a strojovú optimalizáciu. Tieto úlohy možno ľahko vykonávať použitím konverzačného používateľského rozhrania.

Záver

Dobré dielenské programovanie by malo dovoliť priemernej obsluhu stroja to, aby získala programovacie schopnosti s minimálnym úsilím. Na dosiahnutie tohto cieľa musí mať konverzačný program tieto základné funkcie:

- náčrt intuitívneho programovania,
- grafický vstup programu,
- komplexné obrábacie cykly,
- jednoduchý vstup obrysu,
- výbornú animáciu programu,
- jednoduché usporiadanie „nástroje – obrábanie“.

Ďalšie funkcie, ktoré vytvorí všestranný konverzačný program, sú: funkcie učenia, G kódová konverzačná schopnosť, základná editácia, úprava podľa prania zákazníka a komplexné obrábanie.

Dielenské programovanie je vhodnejšie pre prevádzky, ktoré vyrábajú široký sortiment súčiastok v podmienkach kusovej a malosériovej výroby. V týchto prevádzkach bude operátor musieť často vyhotoviť riadiaci program, zvoliť nástroje a spôsob upnutia polovýrobku, overovať a optimalizovať vyhotovený riadiaci program. Dielenské programovanie môže významne podporiť produktivitu výroby v týchto prevádzkach. Pri strojoch na súbežné obrábanie, ako je napr. sústružnícke centrum, dielenské programovanie nebolo v minulosti úspešné. Koncoví používatelia určite zvažujú použitie dielenského programovania aj na týchto strojoch. Dielenské programovanie je veľmi prospešné v poskytovaní CNC výcviku. Funkcia výučby môže pomáhať obzvlášť operátorom získať lepšie pochopenie CNC programovania a CNC operácií. Dobré vyškolení CNC operátori môžu veľmi zlepšiť výrobnosť strojov. Budúce dielenské programovanie bude mať viac z grafického operačného systému Microsoft Windows a vstup i editácia riadiaceho programu sa stanú pohodlnejšie. Funkcie široko používané v dnešnom nespriahnutom CAM softvéri, napr. trojrozmerná grafická interpretácia, môžu byť združené v konverzačnom systéme programovania. Niektorý exkluzívny dielenský programovací softvér bude pôsobiť aj v oblasti programovania strojov na súbežné obrábanie.

Literatúra

- [1] EVANS, K.: Programming of CNC Machines. New York: Industrial Press 2007. 500 p. ISBN 978-0-8311-3316-0.
- [2] HAVRILA, M.: Možnosti dielenského programovania CNC obrábania. In: AT&P journal, 2005, roč. XII, č. 5, s. 38 – 39. ISSN 1335-2237.
- [3] URBANOVÁ, R.: Dielenské programovanie CNC obrábania. In: Strojárstvo/Strojírnenství, 2007, roč. XI, č. 2, s. 72 – 73. ISSN 1335-2938.
- [4] www stránky popredných svetových výrobcov CNC riadiacich systémov

Ing. Renáta Urbanová

18

Stredná priemyselná škola elektrotechnická Prešov
e-mail: rrenii@gmail.com

doc. Ing. Michal Havrila

Fakulta výrobných technológií TU Košice so sídlom v Prešove
e-mail: havrila.michal@fvt.sk