

Viera Poppeová - Nadežda Čuboňová - Juraj Uriček *

VÝUČBA POČÍTAČOM PODPOROVANÝCH TECHNOLOGIÍ V STROJÁRSTVE

EDUCATION OF CA TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING STUDY

Na oblasť číslícovo riadených strojov, počítačom podporovaných technológií, hlavne na systémy počítačového konštruovania a počítačom podporovanú výrobu v strojárstve je na Strojnickej fakulte Žilinskej univerzity orientované hlavne študijné zameranie Výrobné systémy s priemyselnými robotmi a manipulátormi.

Na Strojnickej fakulte Žilinskej univerzity je možné v súčasnosti študovať viacero študijných odborov. Študijné zameranie Výrobné systémy s priemyselnými robotmi a manipulátormi (VSPRM) bolo koncipované v osemdesiatych rokoch, teda v rokoch maximálneho boomu robotov, na všetkých technických univerzitách v bývalom Československu. Na našej univerzite ho možno študovať od roku 1986. Garantom štúdia je Katedra merania a automatizácie. Na výučbu odborných a profilových predmetov bolo potrebné vybudovať nové laboratóriá s celkom novým vybavením - s číslícovo riadenými (NC - Numerical Control) strojmi, priemyselnými robotmi, počítačmi a potrebným programovým vybavením, neskôr so systémami pre počítačom podporované (CA - Computer Aided) technológie, hlavne počítačové konštruovanie (CAD - CA Design) a počítačom podporovanú výrobu (CAM - CA Manufacturing) a komplexné CAD/CAM systémy.

1. Výučba programovania NC strojov

Technologická príprava výroby a príprava programov pre NC stroje patrí medzi najdôležitejšie oblasti v pedagogickej a výskumnej činnosti katedry. Pre zabezpečenie tejto činnosti bolo nutné vybaviť pracovisko NC strojmi a potrebným hardvérom a softvérom. Bola to ťažká a zložitá úloha. Pretože produkčné NC stroje predstavujú investície vo výške niekoľkých miliónov, rozhodli sme sa zamerať na tzv. školské NC stroje - hlavne od rakúskej firmy EMCO. V roku 1989 sme zakúpili školský sústruh EMC O Compact 5 CNC, ktorý doteraz spoľahlivo pracuje a máme s ním tie najlepšie skúsenosti. Kapacita tohto stroja však nebola dostatočná pre výučbu viac ako sto študentov ročne, ako je to v našom prípade. Preto sme vyvinuli softvér na simuláciu činnosti tohto stroja, ktorý umožňuje overiť správnosť technologického postupu a NC programu, ako aj zistiť možné kolízne stavy. Simulačný program zvýšil efektívnosť a intenzitu pedagogického

Process of education in study branch Production Systems Equipped with Robots and Manipulators is mainly oriented towards the areas of Numerically Controlled Machines and Computer Aided Technologies, Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing Systems in Mechanical Engineering.

At present it is possible to study different study specializations and branches at the Faculty of Mechanical Engineering at the University of Žilina. The study branch Production Systems Equipped with Robots and Manipulators (PSERM) was conceived during the years of robotics boom (1980's) at several technical universities in former Czechoslovakia. At our University it has been possible to study it since 1986. The patron of this study is the Department of Measurement and Automation. It was necessary to build new laboratories for education of subjects with completely new structure - numerically controlled (NC) machines, industrial robots and manipulators, computers, software for programming automation of NC machines and later CA (Computer Aided) technologies and CAD/CAM (CA Design / Manufacturing) systems.

1. Teaching of NC Machines Programming

The technological production preparation and program creation for numerically controlled machine tools is one of the most important research and educational activities of our Department. In order to be able to support such activities it was necessary to equip our workplace with NC machines and later also with computers and required software. It was a difficult and complex task. Because all the production NC machines require an investment of several millions, we have decided to concentrate on training machines (among others from the Austrian company EMCO). In the year 1989 we have bought a EMCO Compact 5 CNC training lathe, which has worked reliably until today and we have had only the best experience with this machine. The capacity of one machine was not able to cover requirements to teach more than one hundred students per year as in our situation. Therefore we have developed a simulation software for this machine, which allows to check the technology procedure and the program off-line

* Ing. Viera Poppeová, PhD., Ing. Nadežda Čuboňová, PhD., Ing. Juraj Uriček, PhD.

Department of Measurement and Automation, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Veľký diel, 010 26 Žilina, Slovak Republic
tel.: +421-89-528 06, fax.: +421-89-652 940, e-mail: poppeova@fstroj.utz.sk

procesu. V roku 1995 katedra získala školský pružný výrobný systém EMCO, ktorý pozostáva zo sústruhu EMCO Compact 5 CNC s elektricky ovládaným konikom, čo umožňuje automatizovať výmenu obrobkov, ďalej z frézky EMCO F1 CNC s elektricky ovládaným zverákom a z päťosového robota MITSUBISHI.

Automatizované programovanie a tvorbu partprogramov sme začali vyučovať najskôr v systéme AUTOPROG, ktorý je možné použiť tiež na tvorbu technologických postupov. V roku 1990 sme začali používať systém INGE z firmy INORGA Praha. Tomuto systému však chýbalo niekoľko dôležitých funkcií, a preto sme začali pracovať so systémom KOVOPROG z firmy Kovosvit Sezimovo Ústí. Vďaka dobrej spolupráci s autormi tohto systému máme najnovšiu verziu, ktorá na počítači umožňuje vytvárať programy pre obrábacie centrá, sústruhy, drôtové rezačky a NC lisy. Ďalší systém, ktorý používame na výučbu programovania a simuláciu činnosti strojov a robotov, je systém od firmy INTYS Bratislava. Katedra vyvinula rozširujúci modul pre tento systém, ktorý umožňuje použiť ho aj pre programovanie sústruhu od firmy EMCO. V súčasnosti pracujeme tiež so simulačným programom činnosti frézky EMCO F1 CNC, ktorý bol vytvorený na našej katedre.

1.1 Modul výučbového softvéru INTYS pre sústruh EMCO 5 CNC

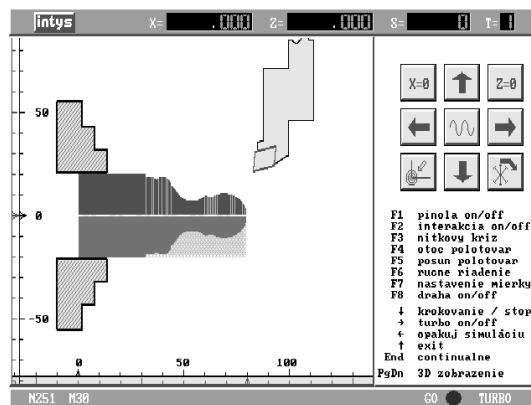
Firma INTYS Bratislava dodáva výučbové systémy pre rôzne NC stroje a robotizované pracoviská pre účely výučby (školské a tréningové centrá). Preto je rozdelený výučbový proces do týchto fáz: programovanie frézovacích a sústružníckych CNC strojov s grafickou simuláciou po jednotlivých riadkoch CNC programu, príprava a zoradenie stroja, výroba súčiastky podľa programu, editovanie a vytvoreného v predchádzajúcej fáze, príprava a zoradenie robotizovaného obrábacieho centra, navrhnutie riadiaceho programu a spojenie s inými CNC strojmi. Simulačný softvér firmy INTYS dovoľuje zvládnuť základy programovania ľahko a rýchlo. Študent je schopný vytvoriť program pre akúkoľvek zadanú súčiastku. Tento softvér dovoľuje simulovať vytvorený program na PC alebo skúsiť ho priamo na stroji. Vzhľadom na to, že mnoho škôl má školské CNC stroje firmy EMCO, naša katedra vytvorila rozširujúci modul pre systém INTYS. Tento modul umožňuje transformáciu NC programu z formátu INTYS na formát NC programu pre riadiaci systém stroja EMCO. Boli zistené rozdiely formátov v týchto prípadoch: číslovanie blokov, počet miest v danom bloku, formát a pozícia G a M funkcií, formát a pozícia súradníc X a Z a parametrov F, H, T, L a K, zistenie

and to detect any possible collisions. This simulation software made our education process more effective and intensive. In 1995, the Department managed to acquire the Training Flexible Manufacturing System EMCO which consists of EMCO Compact 5 CNC lathe with electric chuck (which allows automatic part exchange), milling machine EMCO F1 CNC with electrically controlled clamp and 5 - axis robot Mitsubishi.

The automated programming was introduced and the technique of part-program preparation was exercised first in the system AUTOPROG, which is also able to automatically create technological procedures. In 1990 we have tried the system INGE from Inorga Prague. However, it missed several important functions and therefore, we have begun with the KOVOPROG system from Kovosvit Sezimovo Usti. Thanks to good co-operation with authors of the system, we have the newest version of the system and it is suitable for program creation for machining centres, lathes, wire cutters and NC presses. Another system we use for programming and simulation of machines and robots, is the system from the firm INTYS Bratislava. Our department developed extension module for this system, which allows its application for EMCO training lathe. We are working also with the simulation program of the EMCO F1 CNC milling machine, which was also made in our Department.

1.1 Module of Educational Software INTYS for the EMCO 5 CNC Turning Machine

The firm INTYS Ltd., Bratislava supplies training systems - different CNC machines and robotized centres - for educational purposes (schools and training centers). Therefore, the educational process is divided in phases: the programming of milling and turning CNC machines with graphic simulation of single block of CNC program and the exercising of machine preparation and set-up, manufacturing a part using CNC program edited and debugged in previous phase, preparation and set-up of robotized machining center, devising its control program and communication with other CNC machines. INTYS simulation software allows to master CNC programming basics quickly and easily. Then, the student is able to create CNC program for any given part. Training software allows to simulate created program on the PC or try directly on a machine. Considering that many of the schools have some machines from the firm EMCO, our department developed an expanding module for educational software INTYS. This software module allows transformation of NC program from INTYS system format to EMCO format. Differences were found



Obr. 1. Grafická simulácia NC programu a výroby súčiastky v systéme INTYS
Fig. 1 Graphic simulation of NC program and manufactured part in INTYS system

kódu funkcie pre priame a pozdĺžne sústružnicke cykly, formát a definícia funkcií G02 a G03 pre kruhovú interpoláciu, definícia funkcie M06 - výmena nástroja, iný význam funkcie M99 a kapacita pamäte pre NC program.

2 Výučba CA technológií

2.1 Počítačové konštruovanie

Výučba predmetu Základy počítačového konštruovania sa začala v roku 1989. Na katedre bola vybudovaná počítačová učebňa, ktorá okrem iných predmetov umožnila výučbu kurzov systému AutoCAD 10. Obsah kurzu zahŕňal hlavne 2D kreslenie, tvorbu a editovanie grafických entít, tvorbu technickej a konštrukčnej dokumentácie pre priemysel. Neskôr, s ohľadom na zvyšujúce sa požiadavky na špecialistov v tejto oblasti (hlavne z konštrukčne orientovaných študijných odborov fakulty), bol realizovaný projekt na vytvorenie špecializovaného laboratória pre výučbu CAD systémov s nevyhnutným hardvérom a vyššími verziami AutoCADu. Toto laboratórium je v súčasnom období organizačne začlenené na Katedru častí strojov. Študenti Strojníckej fakulty tu môžu absolvovať niekoľko predmetov orientovaných na systémy AutoCAD a Pro/ENGINEER. Vďaka dobrej spolupráci s priemyslom naša katedra môže ponúknuť CAD aplikácie a študenti môžu pracovať s najnovšími softvérovými produktmi tohto druhu. Okrem AutoCADu je možné oboznámiť sa so systémami CADKEY a SOLIDWORKS. V roku 1996 bolo vytvorené na katedre nové laboratórium CAD/CAM so siedmimi pracovnými stanicami pre systém Pro/ENGINEER.

2.2 CAD/CAM systémy

Niekoľko rokov skúseností v oblasti CAD a programovania NC strojov, ako aj dostupné počítačové učebne na katedre a fakulte, vytvorili dobré štartovacie podmienky pre výučbu CAD/CAM systémov. Katedra pomohla vyriešiť tiež niekoľko praktických problémov pre firmy v tejto oblasti a spolupracovala pri aplikácii týchto systémov do praxe (tvorba postprocesorov pre konkrétne NC stroje a pod.). Prvý, veľmi jednoduchý, ale doteraz stále zaujímavý príklad takéhoto systému je využitie školského sústruhu EMCO Unimat PC, ktorý je riadený osobným počítačom. Softvér umožňuje vytvoriť profil obrodku na obrazovke počítača, potom je automaticky generovaný technologický postup, vytvára sa NC program a riadi sa výrobný proces na stroji. V roku 1995 vďaka dobrej spolupráci s firmou 3J Soft Poprad sme získali systém SURFCAM. Jeho výhodou je, že nevyžaduje silný hardvér a pracuje na klasických PC. Je aplikovaný v spojení s modelárskou frézku HWT A-442 CNC, ktorá dovoľuje dotykové snímanie povrchu modulu so skenovacou sondou a tiež matematické modelovanie povrchu. Ako už bolo uvedené vyššie v roku 1996 katedra získala sedem pracovných staníc a CAD/CAM systém Pro/ENGINEER. Okrem použitia tohto systému pre CAD a CAM problémy vyvinuli sme moduly pre spojenie systému Pro/ENGINEER s NC strojmi na katedre (školský sústruh a frézka EMCO).

out in the following instances: block numbering, character count in one line, format and position of G-function and M-function, format and position of coordinates X, Z and parameters F, H, T, L and K, indication of the function code for straight and face roughing cycle and the neck down cycle, format and definition of G02 and G03 functions for the circular interpolation, definition of M06 function - tool change, different M99 purpose and memory capacity for NC program.

2 Teaching of CA Technologies

2.1 Computer Aided Design

The instruction of the subject Basics of Computer Aided Design began for the first time in 1989. The Department founded a new computer laboratory, where among the other subjects, courses of the AutoCAD 10 system were taught. The contents of the course included mainly 2D drawing, creation and editing of graphical entities, creation of the technical and drawing documentation for the machining industry. Later, due to growing demands for specialists in this area, coming from other study branches (especially design oriented), a project was realised to create a special computer laboratory for teaching CAD systems together with necessary hardware and later versions of AutoCAD. This laboratory is now under the supervision of the Department of Mechanisms and Machine Parts. All faculty students can follow here several optional subjects from the basics of AutoCAD to Pro/ENGINEER.

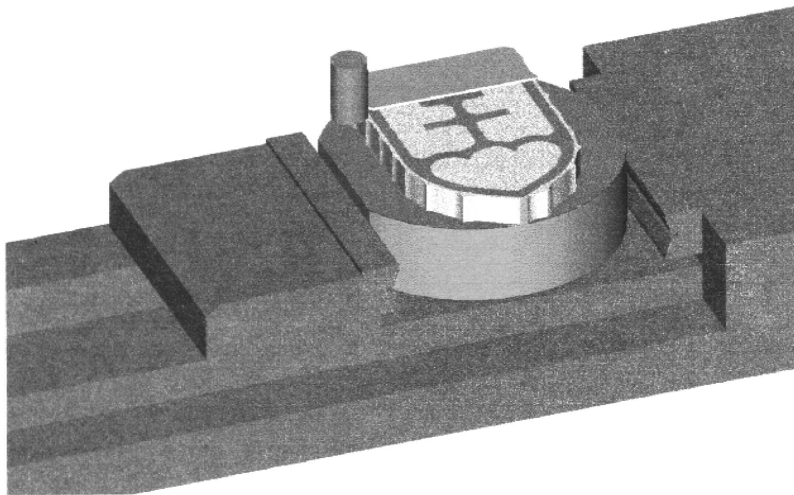
Thanks to cooperation with the industry, our department is able to follow CAD application explosion and students can work with the latest software products in this field. In addition to AutoCAD it is possible to get the students acquainted also with systems as CADKEY and SOLIDWORKS. In 1996 a new CAD/CAM laboratory was created with seven workstations for Pro/ENGINEER systems at our Department.

2.2 CAD/CAM Systems

Several years of experience in the area of CAD and programming of NC machines and the available computer laboratories at the Department and the Faculty, provided a good starting condition for the education of CAD/CAM systems. We also help to solve several practical problems for companies in the area and assist with introducing the application of such systems (creation of post-processors for individual machines and so on). First but until now still an interesting example of such a system is the application on EMCO Unimat PC training lathe, which is controlled by computer. The software allows to create the profile of the workplace on the computer screen and then it generates technological procedure, creates the NC program and controls the production process of the machine. In 1995, thanks to cooperation with the company 3J-SOFT Poprad, we have acquired the system SURFCAM. Its big advantage is that it does not need powerful hardware and it works on a regular PC. It is applied together with

2.2.1 Aplikácia CAD/CAM systému Pro/ENGINEER vo výučbe

CAD/CAM systém Pro/ENGINEER je na Strojnickej fakulte používaný na výučbu predmetov zameraných na automatizovanú technickú prípravu výroby. V tejto časti je uvedený problém transformácie CL (Cutting Location) dát, ktoré boli vytvorené v CAD/CAM systéme Pro/ENGINEER, na NC program takého formátu, ktorý je predpísaný pre vstup do riadiaceho systému školskej frézky EMCO F1 CNC. Preklad CL dát sa vykonáva pomocou programu, ktorý bol vytvorený na katedre. Softvér pracuje na štandardných PC. Program číta príkazy CL dát z textového poľa po riadkoch a generuje pre každý načítaný príkaz príslušnú funkciu do riadiaceho systému frézky. Cyklus generovania sa uskutočňuje dovtedy, pokiaľ nie sú načítané všetky príkazy z CL dátového poľa. Pri použití navrhnutého programu sa postupuje nasledovne: konštruovanie súčiastky v systéme Pro/ENGINEER, simulácia výroby v module Pro/MANUFACTURING, určenie technologických podmienok (nástroje, prípravky, rezné parametre, polotovary), tvorba CL dátového poľa (výstup z Pro/MANUFACTURING), preklad CL dát na NC program, načítanie NC programu do riadiaceho systému, výroba navrhnutých súčiastky na stroji. Správnosť programu bola overená pri výrobe viacerých súčiastok rozdielnych tvarov a rozmerov.



Obr. 2. Pohybový cyklus nástroja pri výrobe súčiastky v module Pro/MANUFACTURING
Fig. 2 Tool - path of machining part in Pro/MANUFACTURING model

3. Závery

Študenti študijného zamerania VSPRM sú po skončení štúdia pripravení riešiť problémy pružnej automatizácie technologických procesov a výrobných systémov. Sú schopní využívať a navrhovať aplikačný softvér a hardvér. Ovládajú základy CA technológií - počítačové konštruovanie, automatickú tvorbu technologických postupov a programov pre NC stroje a roboty. Môžu riešiť problémy v oblasti využitia CAD/CAM systémov, pri návrhoch pružných výrobných systémov alebo CIM systémov (počítačom

HWT A-442 CNC modelling milling machine, which allows the contact sensing (with a probe) of complex model surfaces and also mathematical surface modelling. In 1996, the department obtained seven UNIX workstations and CAD/CAM system Pro/ENGINEER. Except the application of this system for CAD problems we have developed modules for interconnection of NC machines at the Department (training lathes and milling machine EMCO) with system Pro/ENGINEER.

2.2.1 Application of CAD/CAM System PRO/ENGINEER in Education

The CAD/CAM system Pro/ENGINEER is used at the Faculty of Mechanical Engineering for the instruction of subjects aimed at the technical preparation of manufacturing. This part presents the problem of CL data arrangement from CAD/CAM system Pro/ENGINEER to the format of NC program that enters at the EMCO F1 CNC training milling machines. The arrangement of CL data is made by computer program which has been developed at our Department, software run on standard personal computers. The program reads the commands of CL data from the text file by the line row and adds for every command the competent function of milling machine control system. The cycle of

arrangement runs till the end of the CL data files. At verification of the proposed program the procedure was: drawing of the part in Pro/ENGINEER, simulation of manufacturing in the Pro/MANUFACTURING module, determination of all technological parameters (machine, tools, fixture, cutting parameters, workpiece), creation of the CL data file (output from Pro/MANUFACTURING), arrangement of the output CL data on NC program which enters the control system of milling machine (by developed program), the load of NC program to the control system of milling machine, manufacturing of a proposed part on EMCO F1 CNC milling machine. The program was verified at the manufacturing of several parts with different forms and dimensions.

3. Conclusions

The students of the PSERM study branch are prepared to face problems of flexible automation of technological processes and manufacturing systems after their graduation. They are able to use and design the application hardware and software. They master the basics of CA technologies - design, the automated creation of technological procedures, programs for NC machines and robots. They can be used for solving problems in the field of CAD/CAM systems and designing flexible manufacturing systems or CIM

integrovaná výroba). Prví absolventi ukončili štúdium v roku 1991 a doteraz je celkový počet absolventov študijného zamerania VSPRM 171.

Použitá literatúra:

- [1] POPPEOVÁ, V., URÍČEK, J., BEHŮŇOVÁ, V.: Programming and Simulation of NC Machines and Robots. Symposium 3rd IFAC/IFIP/IFORS, Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS '95. Vol1, p.191-195, Bucharest, Romania, 1995
- [2] ČUBOŇOVÁ, N.: The Application of CAD/CAM System Pro/ENGINEER in Education. Proceedings of the 8th International DAAAM Symposium. Dubrovnik, Croatia, 1997
- [3] POPPEOVÁ, V., URÍČEK, J., ČUBOŇOVÁ, N., BEHŮŇOVÁ, V.: The Development of Software for Simulation of NC Machines and Robots. The 3rd Scientific Conference, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Žilina, 1997
- [4] ČUBOŇOVÁ, N.: Design of CAD/CAM Systems for the EMCO MAIER Lathe. International Conference on Computer Integrated Manufacturing. Vol.II., Zakopane, 1996

systems. The first graduates finished their study in 1991. Since then there have been 171 students completing successfully their studies.

References:

- [1] POPPEOVÁ, V., URÍČEK, J., BEHŮŇOVÁ, V.: Programming and Simulation of NC Machines and Robots. Symposium 3rd IFAC/IFIP/IFORS, Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS '95. Vol1, p.191-195, Bucharest, Romania, 1995
- [2] ČUBOŇOVÁ, N.: The Application of CAD/CAM System Pro/ENGINEER in Education. Proceedings of the 8th International DAAAM Symposium. Dubrovnik, Croatia, 1997
- [3] POPPEOVÁ, V., URÍČEK, J., ČUBOŇOVÁ, N., BEHŮŇOVÁ, V.: The Development of Software for Simulation of NC Machines and Robots. The 3rd Scientific Conference, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Žilina, 1997
- [4] ČUBOŇOVÁ, N.: Design of CAD/CAM Systems for the EMCO MAIER Lathe. International Conference on Computer Integrated Manufacturing. Vol.II., Zakopane, 1996

RIEŠENIE KRÍZOVÝCH SITUÁCIÍ '99

Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v spolupráci s Ministerstvom hospodárstva Slovenskej republiky, organizuje v dňoch 19. - 20. mája 1999 IV. medzinárodnú vedeckú konferenciu venovanú riešeniu krízových situácií v špecifickom prostredí.

Konferencia sa bude konať na plenárnom zasadnutí a v troch sekciách:

- Sekcia č.1: Krízové plánovanie,
- Sekcia č.2: Prírodné katastrofy,
- Sekcia č.3: Ochrana majetku.

Konferencia sa uskutoční v priestoroch Žilinskej univerzity.

Všetkých záujemcov srdečne pozývame.

CRISIS SITUATIONS SOLUTION '99

The Faculty of Special Engineering of the University of Žilina in cooperation with the Ministry of Economy of the Slovak Republic is organising from 19 - 20 May 1999 the Fourth International Scientific Conference devoted to crises situations solution in specific environment.

The conference will take place in plenary meeting and in three sections:

- Section No.1: The crises planning
- Section No.2: The natural catastrophes
- Section No.3: The property protection.

The conference will be held at the University of Žilina.

All who are interested are cordially invited.

Sekretariát konferencie:

Žilinská univerzita - Fakulta špeciálneho inžinierstva

Secretary of the conference:

University of Žilina - Faculty of Special Engineering

Ing.Vlastimil Mach

Ul. 1.mája 32, B-27, SK-01001 Žilina, SLOVAKIA, Tel.: ++421-89-7633320, ex.240, Fax: ++421-89-34972, E-mail: vf@fsi.utc.sk