

# CNC systémy a jejich použití

*Richard Černý, Petr Fojtů*

## Abstrakt:

Příspěvek ukazuje trendy v řídicích systémech obráběcích strojů zaznamenané na EMO 2009 v Milánu. Dotýká se i využití CNC systémů pro řízení taktovacích linek a jejich úlohy v pružné výrobě, včetně řízení průmyslových robotů. Je zmíněn i význam komunikačních možností CNC systémů pro rozšiřování jejich možností pomocí uživatelských nadstaveb.

## 1 Nová vlna v CNC

CNC systémy na EMO 2009 v Milánu potvrdily rostoucí nástup nové generace. Mottem výstavy by mohlo být "jednoduše a levně".

S nástupem levných a výkonných PC se do prostředí CNC systémů vbloudil nový prvek. Počítač vlastní nebo k němu má přístup stále více lidí a stále více lidí je schopno na něm vytvářet v nějakém jazyce vlastní programy. Přitom nemusí jít o nijak zdatné programátory, výkon počítače drobné prohrašky, které program zneefektivňují, zakryje.

Naprogramovat základní geometrické pohyby není obtížné, a tak pokud nejsou vysoké požadavky na vlastnosti regulace, je řízení pohybových os poměrně snadné. Uvážíme-li šířku nabídky rozmanitých doplňkových vstupně-výstupních karet pro PC, není divu, že tendenci napsat vlastní řídicí systém má stále více lidí. Přitom na univerzitách technického směru je i dostatek studentů s potřebným teoretickým základem. Vysoké školy tedy představují dobrou líheň CNC systémů. V tomto prostředí např. kdysi vznikl vysoce výkonný systém firmy ANDRON, jeden z prvních, schopných řídit efektivně paralelní kinematiky typu hexapod.

Tato situace vytváří velký tlak na zavedené výrobce obecných CNC systémů, neboť jim v případě jednodušších aplikací ubírá zákazníci. V každém případě je patrný zvýšený tlak na trhu CNC a výrobci hledají obtížnější prostředky většího uplatnění.

### 1.1 Dospělé systémy

Firma SIEMENS patří dlouhodobě mezi přední výrobce CNC systémů s obecným použitím, a přestože má dobrou pozici na evropském trhu, musí odolávat zejména konkurenčnímu tlaku firem FANUC a HEIDENHAIN. I když tyto firmy mají velmi všestrannou nabídku, každá dominuje v tomto srovnání nějakou vlastností. Hlavní předností Fanucu je dlouhodobě vysoce výkonný hardware a velká otevřenost systému pro splnění speciálních požadavků uživatele, ale poněkud pokulhávají vlastnosti vývojového prostředí pro vytváření takových doplňků, zatímco Siemens má nad dostatečně výkonným hardware tuto podporu sofistikovanější a lépe a spolehlivěji vyřešenou. Oba systémy podporují ISO NC-programy, zatímco Heidenhain dominuje u uživatelů svým dílensky orientovaným programováním, po integraci systému Manual Plus i pro soustružnické stroje.

#### 1.1.1 SIEMENS

Pravděpodobně poptávka po levných CNC systémech s jednoduchou vnitřní strukturou dovedla Siemens k výstavbě zredukované varianty Sinumeriku, určené pro východní trhy. Kolovala fáma, že systém Sinumerik 828 byl vyroben asijskými programátory pro asijské trhy. Není tomu zcela tak, systém je sice určen zejména pro nabídku na východních trzích, je však vyvíjen a programován německými pracovníky, avšak novou skupinou, nezátíženou historií předchozích systémů.

Sinumerik 828D (obr. 1) je určen pro nasazení v dílenském prostředí menších provozů a je orientován na jednoduchost, kompaktnost (neobsahuje ventilátory), dobrou mechanickou odolnost, malé požadavky na údržbu a snadný servis. Neobsahuje pevný disk, data jsou ukládána do remanentní paměti (NVRAM), navíc disponuje vedle servisního rozhraní i rozhraními pro Compact Flash karty a USB.

Na rozdíl od řady 840 je kladen velký důraz na jednoduchost, a to jak z hlediska obsluhy (nové uživatelské a programovací rozhraní), tak z hlediska vnitřní struktury. K dispozici je proto pouze 1 kanál a lze řídit jen menší počet os (maximálně 8 os/vřeten). Při zachování stejné výpočetní přesnosti (80 bit floating point) a použití NURBS (non-uniform rational B-splines) je interpolace omezena pouze na čtyři osy. [1]

Tento přístup se zdá dokládat skutečnost, že Siemens chce bojovat s konkurencí i v oblasti jednodušších univerzálních CNC systémů.



Obr. 1: Jednoduchá verze Sinumeriku

### 1.1.2 FANUC



Obr. 2: FANUC Oi - soustružnická a frézovací varianta

Japonská firma FANUC připravila pro EMO Milano 2009 posílení systému FANUC Oi-D tím, že uvolnila některé vlastnosti a funkce silné řady 30i/31i/32i také pro tento systém. Fanuc systém Oi-D (obr. 2) je totiž

v podstatě variantou systémů 3xi, takže přesun libovolné funkcionality není problém. Touto cestou Fanuc demonstruje svoji převahu nad výše uvedeným systémem Sinumerik 828, který byl vytvořen účelově zejména pro čínský trh je nezávislým produktem nekompatibilním s Evropskými modely řady 840.

Dalším hitem bylo rozšíření funkce systémů řady 3 xi pro pětiosé obrábění a on-line prevence kolizí, čímž se Fanuc snaží přesvědčit svět, že ani na velkých a složitých obráběcích centrech nezaostává za evropskými systémy Siemens a Heidenhain.

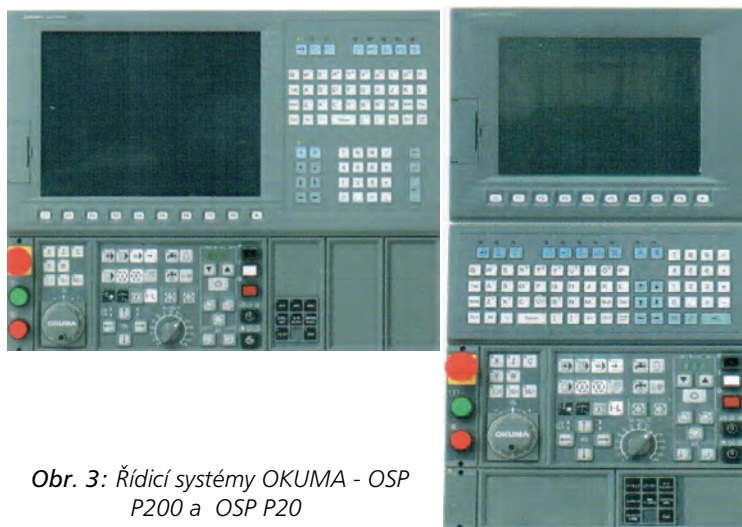
Přitom tradičně využívá své technologické převahy v oblasti hardware, která vede k nízkým tepelným ztrátám nejen na výkonových modulech, ale i na veškeré elektronice, která je tak schopna pracovat i při vysokých okolních teplotách. Vlastnosti rekuperačních pohonů jsou posíleny i automatickým nastavováním proudového regulátoru podle měřené teploty. Dobrou vlastností je možnost volby režimu obrábění, kde operátor může zvolit až v deseti úrovních způsob obrábění s prioritou rychlosti (=cyklového času) nebo úspory elektrické energie. Přitom skutečnou spotřebu elektrické energie jednotlivými motory stroje je možno

monitorovat přímo na obrazovce CNC systému.

Bezpečnostní hledisko, na něž je Evropa citlivá, pokryl Fanuc integrací funkce DCS (Dual Check Safety Function) řešené obdobnou redundancí, jakou představil Siemens na EMO 2007 v Hannoveru.

### 1.1.3 OKUMA

Japonský výrobce strojů Okuma se stoletou tradicí používá vlastní kvalitní CNC systém (obr. 3). Vedle podpory ISO NC-programování umožňuje i přípravu dat pomocí dialogu a cyklů. Systém je zajímavý tím, že integrovaná CAM úroveň nevyžaduje postprocessor pro převod CL-dat (cutter location data), dokonce fakticky ani obvyklá CL-data nevznikají, interpolátor pracuje přímo z interních dat vrstvy CAM. Systém umožňuje řídit až 24 os vytvářejících obvykle dvojice nebo trojice, lze však simultánně řídit i 6 os [2]. I zde je



Obr. 3: Řídicí systémy OKUMA - OSP P200 a OSP P20

k dispozici vedle sítě Ethernet i několik

USB kanálů a rozhraní RS 232. Použití vlastního CNC systému k řízení vlastních strojů umožnilo nejen vyřešit na vysoké úrovni různé typy kompenzací nepřesností stroje, ale dovolilo vytvořit i účinnou antikolizní ochranu na úrovni řízení polohy a to i při ruční manipulaci se strojem.

Tento přístup aplikuje např. i MAZAK, pro něhož vytváří na míru CNC systémy firma Mitsubishi (systém MAZATROL). Alespoň základní antikolizní ochranu obsahují dlouhodobě téměř všechny obecné CNC systémy, lze se však domnívat, že systémy vyvíjené pro konkrétní typ stroje konkrétního výrobce dávají mnohem lepší možnosti z hlediska vytěžení všech vlastností obráběcího stroje.

## 1.2 Menší výrobci

Kromě velkých zavedených výrobců CNC systémů vystavovala v Milánu řada menších firem. Zmíňme alespoň některé italské představitele.

### 1.2.1 E.C.S.

Italská firma E.C.S. (\*1970, s historií od 1962) nabízela kvalitní CNC s důmyslnými funkcemi již v 80. letech. Dnes nabízí systémy umožňující digitální řízení až 16 os včetně pětiosé interpolace s interpretem umožňujícím zpracování více než 1000 bloků/s. Přitom obsluha servosmyček běží ve 2 ms taktu, z čehož lze usuzovat na vnitřní uspořádání systému, kde se počet předpřipravených bloků (Look Ahead) pohybuje v rozmezí 20-128 bloků.[3][7]

Systémy ECS (obr. 4) podporují řadu vstupních jazyků a umožňují i popis součásti pomocí vestavěných cyklů s podporou režimu teach-in. Systém je koncipován modulárně s dobrými možnostmi pro připojování doplňků. Kromě firemního ECSSLINKu je možno digitální osy připojit pomocí digitálního rozhraní IEC 61491 (Sercos) a rovněž připojit velké množství vstupně/výstupních modulů pomocí rozhraní CAN Open.



Obr. 4: Systém CNC 4801 italské firmy E.C.S.



Obr. 5: CNC systém italské firmy VISEL

### 1.2.2 VISEL

Italská firma VISEL existuje 26 let (\*1984) [8]. V roce 1998 uvedla na trh svůj první CNC systém VSC 980. Dnes nabízí systém VSC 1020 pro řízení až 5 os[9]. Vstupní jazyk podporuje ISO programování, ale umožňuje

i přechod do programování pomocí maker. Interpolace ve 3 osách běží v taktu 2 ms na DUAL CPU (500MHz), což jsou i dnes vyhovující parametry. Je zde však několik zajímavostí: v první řadě na rozdíl od většiny výrobců nepoužívá pro komunikaci s obsluhou Windows. Přesto však umožňuje vzdálenou diagnostiku prostřednictvím webu napojením na nadřazenou DNC úroveň. Vedle Ethernetu je konektivita s okolím podporována i průmyslovou sběrnicí CAN (2x) a rozhraními USB a RS232. Cena systému kolísá podle konfigurace zhruba v rozmezí 5000-9000 EUR.



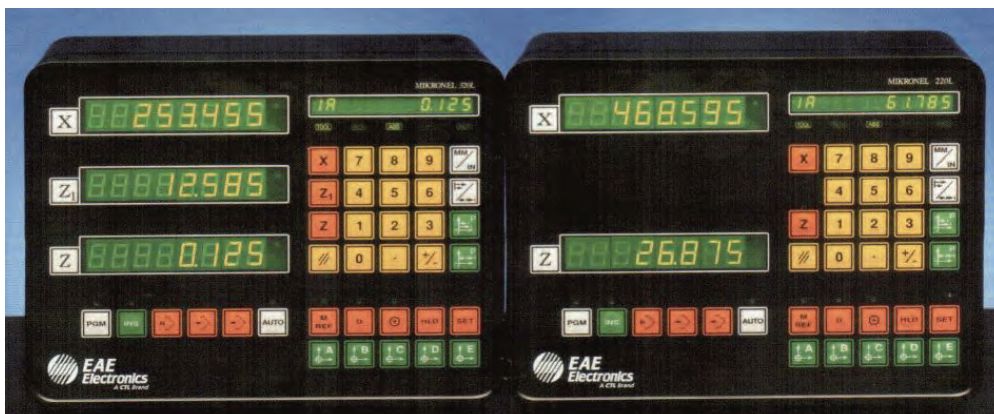
Obr. 6: CNC systém švýcarské firmy Affolter

### 1.2.3 AFFOLTER

Uplatnění nacházejí i speciální CNC systémy, např. systém CNC LESTE švýcarské firmy Affolter Technologies SA, s možností řídit simultánně až 12 os, vhodný např. pro výrobu ozubení. I tento kompaktní systém se vyznačuje dobrou konektivitou (2x RS232, 2xRS485, CAN-Bus 2.0, Ethernet). Honosí se zejména vysokorychlostní interpolací DHI (Direct Hardware Interpolation) s cyklem 90ns, lepší schopnosti CNC systémů, jako různé typy kompenzací nepřesností stroje však nejsou zmiňovány [4]. Příčinou může být buď prozatímní nedokonalost systému, nebo skutečnost, že ve zmíněném taktu není možno tyto problémy z časových důvodů uspokojivě řešit. Je však možné, že jsme právě svědky přesunu problematiky a pravomocí mezi různými vrstvami podobně, jako se kdysi řešení korekcí nástroje začalo přesouvat z CNC do vrstvy CAM. Pravou příčinu odhalí budoucnost.

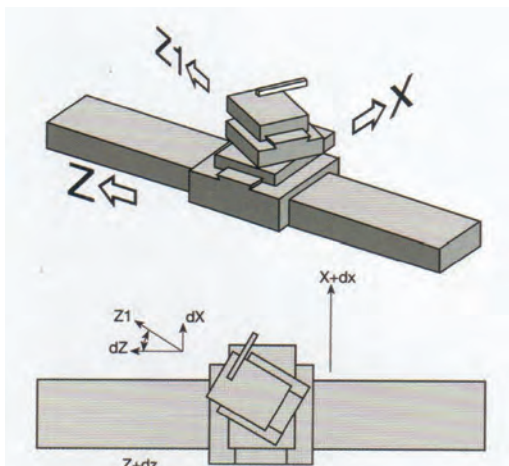
## 1.3 Jednoduchá řešení - indikace

Své místo na trhu vedle CNC systémů stále nacházejí i jednoduché indikace polohy (obr. 7). Turecká firma EAE Electronics vyrábějící lineární pravítka nabízí např. indikaci polohy max. tří os s inkrementem 5 um, ale se



Obr. 7: Varianty indikace turecké firmy EAE

zajímavými doplňky pro částečnou automatizaci jednodušších úloh. Kromě možnosti zapamatovat až 10 "referenčních" bodů, které odpovídají 10 posunutím počátku, jak je známo z CNC systémů, indikace překvapivě umožňuje zapamatování a práci až s 10 korekcemi nástrojů, a to i v kosoúhlých souřadných systémech (obr. 8) [5].



Obr. 8: Zajímavé možnosti jednoduché indikace (EAE)



Obr. 9: Křokovací linka serie MTR300 od firmy PRECITRAME

## 2 Aplikace CNC systémů

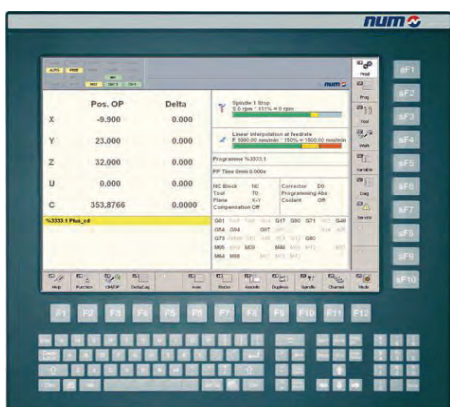
Kromě sólového nasazení u jednotlivých obráběcích strojů nacházejí CNC systémy uplatnění i v širší automatizaci, a to jednak jako řídicí systémy pevných transferových taktovacích linek, nebo jako subsystemy pružných výrobních systémů či podnikových systémů plánování a řízení kvality.

### 2.1 Taktovací linky

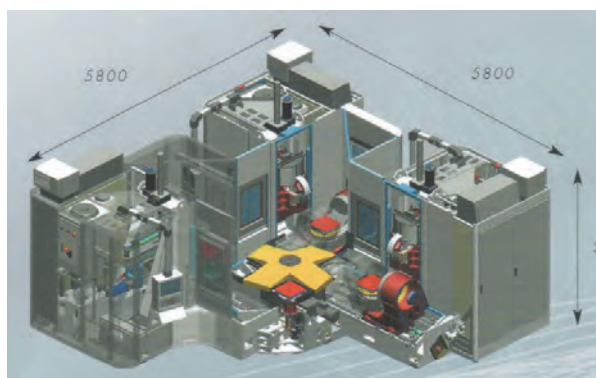
Transferové linky jsou typickým představitelem velkosériové automatizace ospravedlňujícím honbu za větším počtem číslicově řízených os rozdělených v rámci CNC do více kanálů.

#### 2.1.1 PRECITRAME

Švýcarská firma PRECITRAME [10] prezentovala na EMO 2009 v Miláně jako jedno z vysoce produktivních a spolehlivých řešení svou serii MTR300. Svařovaná kruhová konstrukce s dobrou teplotní stabilitou obsahuje základnu pro 12 stanic, z nichž 9 je osazeno obráběcími jednotkami. Sedmitunová linka (obr. 9) je nabízena s CNC řízením Sinumerik 840D, nebo se systémem Axiom Power francouzské firmy NUM schopným řídit až 150 NC os ve 40 stanicích [11] (obr. 13).



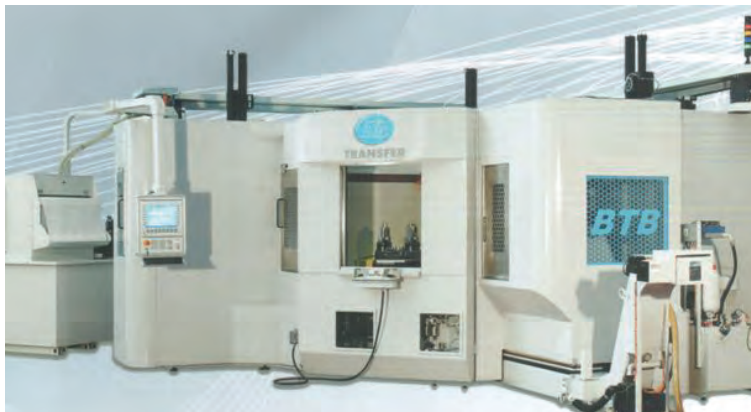
Obr. 10: Axiom Power CNC (NUM)



Obr. 11: Příklad uspořádání modulu BTB M08 [12]

### 2.1.2 BTB TRANSFER

Italská firma BTB TRANSFER SPA (\*1987) nabízí modulární výstavbu linek pro jejichž řízení zpravidla využívá CNC systémy skupiny Bosch Rexroth (obr. 11-obr. 12). Podobně jako jiní výrobci linek však podle požadavků zákazníka využívá pro zajištění mezioperační manipulace průmyslové roboty a řídicí systémy různých firem.



Obr. 12: Pohled na linku BTB M08



Obr. 13: CNC systém (Bosch Rexroth)

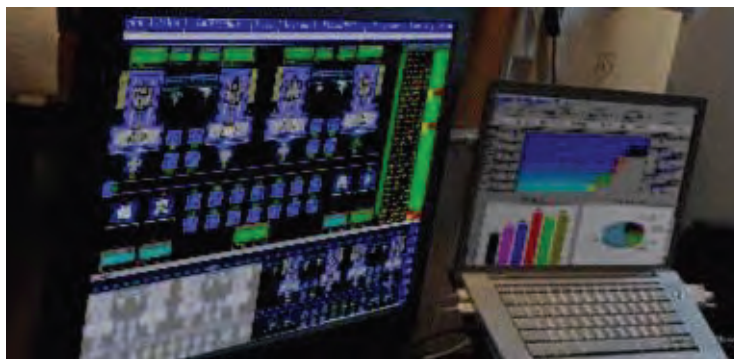
## 2.2 Pružnost výroby

Plnohodnotné řešení pružného výrobního systému představuje vždy velkou investici, a to ve všech rovinách jeho výstavby (projekt, inženýrské sítě, mechanika, logistika...). Přesto je možno dosáhnout velkého zefektivnění výroby již sledováním vytíženosti jednotlivých strojů a přesnějším plánováním rozpadu zakázek na jednotlivá pracoviště.

Tuto strategii podporují jak přední výrobci obráběcích strojů či CNC systémů, tak i nezávislé firmy již více než 20 let.

### 2.2.1 MCM S.p.A

Italská firma MCM - Machining Centers Manufacturing (\*1978) vyvinula pro lepší využití a podporu svých výrobních buněk systém jFMX (obr. 14). Původně se jednalo se o dohledový a koordinační software, vyvíjený pro pružnou automatizaci. Dnes obsahuje služby umožňující komplexní řešení založené na strojích MCM. Systém sleduje vytíženost pracovišť, termíny zakázek a podporuje hospodárnost a sledování kvality výroby [14].



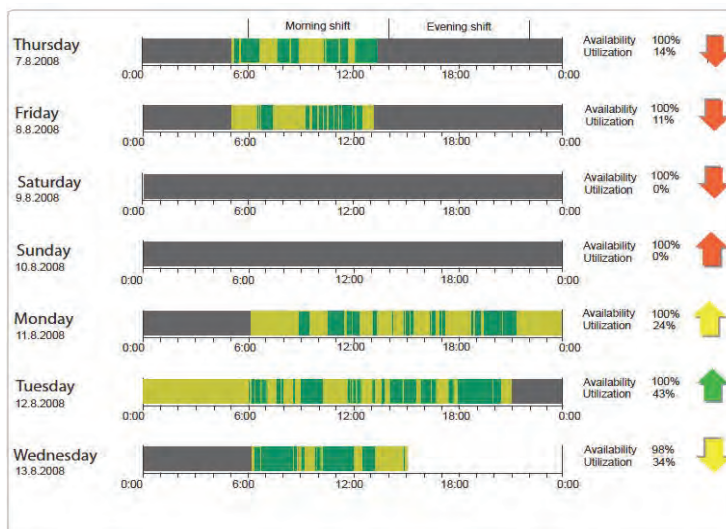
Obr. 14: Systém jFMX italské firmy MCM

## 2.2.2 FASTEMS

Původně obchodní společnost se začala zabývat problematikou pružnosti výroby počátkem 80. let [15]. Kromě podpory mechanické vrstvy řeší i logistiku pružných systémů. Fastems 8760 je registrovaná značka odvozená z podpory výroby 24 hodin denně po 365 dnů v roce.

Fastems promítá stav výroby do různých grafů, podporujících dispečerské rozhodování a vytváření front práce, a to jak pro potřebu velkoseriové výroby, tak i menších dávek. Metoda se opírá o sledování vytíženosti pracovišť podle hesla "více hodin, méně strojů".

V oblasti mechaniky nabízí Fastems skladové manipulátory a regálové zakladače, přičemž pro výstavbu pružných výrobních systémů či robotizovaných buněk využívá roboty firmy FANUC (obr. 16).



Obr. 15: Příklad výstupu FASTEMS 8760



Obr. 16: Aplikační příklad nasazení robotů firmou FASTEMS

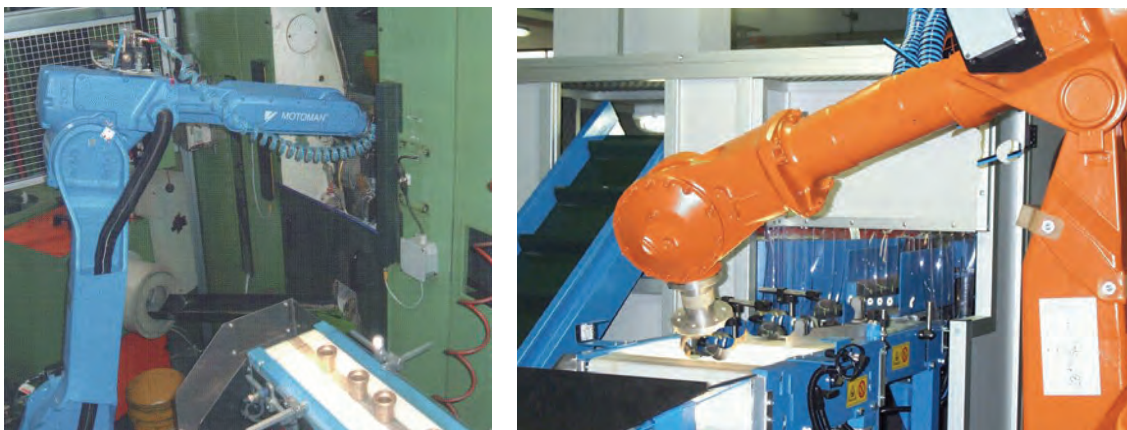
## 2.3 Význam robotů

S rostoucím tlakem na pružnost výroby roste význam mezioperační manipulace. Touto cestou roste i uplatnění robotů. Pro jejich řízení je sice možno principelně použít CNC systém, avšak mnoho standardních CNC funkcí zůstane nevyužito. Navíc, s ohledem na skutečnost, že roboty bývají založeny na seriové kinematice, přináší řízení rychlosti a tvaru dráhy běžným CNC systémům určité problémy a proto mívají roboty vlastní řídicí systém.

Vnitřní struktura CNC systémů se po léta vyvíjela tak, že dnes obsahuje zpravidla tři základní části: NC, PLC a HMI (NC = Numeric Control ~ řízení polohy, PLC = Programmable Logic Control ~ ovládání agregátů, HMI = Human Machine Interface ~ komunikace s okolím). Vzhledem k dobré konektivité většiny současných řídicích systémů a také z důvodu snazších strukturálních zásahů a servisu, bývají roboty začleňovány do výroby jako samostatné prvky manipulační sítě.

### 2.3.1 AUTOMAZIONI INDUSTRIALI

Italská firma Automazioni Industriali S.r.l. [16] používá při implementaci do pružných provozů roboty různých firem podle přání odběratele (obr. 17).



Obr. 17: Příklady mezioperační dopravy realizované pomocí robotů firmou Automazioni Industriali

### 2.3.2 FANUC ROBOTICS

Japonská firma Fanuc představila na EMO 2009 svižné řešení lehkého montážního robota s paralelní strukturou (obr. 18). Robot je nabízen ve dvou provedeních (4 nebo 6 os). Do konstrukce může být integrována kamera pro podporu iRVision (integrated vision). Pro řízení se předpokládá využití systému R-30iA firmy Fanuc, kde jsou implementovány nejnovější uživatelské funkce [17].

## 2.4 Mechatronické nadstavby

Byla již zmíněna sílící orientace CNC systémů na komunikaci s okolím. Komunikační možnosti spolu s rostoucí otevřeností této oblasti dávají uživateli možnost připojit i "third-party" nebo "self-made" hardware. Možnost průběžného exportu významných vnitřních proměnných CNC systému při dostatečné vzorkovací frekvenci dovoluje monitoring a vizualizaci pracovišť i tam, kde systém sám takové možnosti přímo nepodporuje. Mnohem významnější se však jeví možnost rychlejšího ověření přesnosti polohování os, zejména v případě víceosých strojů. V této souvislosti je známo např. řešení firmy FIDIA [6][18] - viz obr. 19.

## FANUC Robot M-1iA

The "GENKOTSU" Robot

**SERIE M-1iA**

**DUE TIPI DI POLSO**

- M-1iA/0.5A (6 assi)
- Polso a 3 assi per flessibilità nell'assemblaggio di pezzi
- M-1iA/0.5S (4 assi)
- Singolo asse di rotazione sul polso per cicli di presa ad alta velocità

**STRUTTURA LEGGERA**

- M-1iA/0.5S : 14kg
- M-1iA/0.5A : 17kg
- Meccanismo di trasmissione super leggero per movimenti ad alta velocità

**INSTALLAZIONE FLESSIBILE**

- Supporto rimovibile
- Montaggio a pavimento, soffitto, parete
- Controllore compatto
- Configurazione Dual Arm disponibile
- Agevole integrazione della telecamera per il sistema iRVision

**M-1iA Series**

**TWO WRIST TYPES**

- M-1iA/0.5A (6 axes)
- 3 axes wrist for flexible assembling
- M-1iA/0.5S (4 axes)
- Single rotation axis for high speed picking

**LIGHT WEIGHT DESIGN**

- M-1iA/0.5S : 14kg
- M-1iA/0.5A : 17kg
- Super lightweight link mechanism enables high speed motion

**FLEXIBLE INSTALLATION**

- Separable stand
- Floor, Angle or Ceiling Mount
- Compact "Open Air" Controller
- Dual Arm Configuration available
- Easy camera integration for iRVision

Patent Pending

Patent Pending

Obr. 18: Ukázka rychlého montážního robota s paralelní strukturou (FANUC)



Obr. 19: Kontrola přesnosti pomocí nízkozdvihových čidel (FIDIA)

Měření vzdáleně připomíná měření dotykovou sondou. Kromě toho, že je rychlejší, je zde další zajímavost: nástroj - střed kalibrované koule - je zapotřebí při měření různých poloh souřadnic stroje udržet v dosahu čidel, stroj tedy provádí jakýsi sférický pohyb kolem přípravku. Kontrolují se tedy jen některé kombinace souřadnic a pro měření je patrně nutno připravit NC program externě, např. pomocí vhodného CAM systému.

### 3 Shrnutí

Oproti předcházejícím létům je v CNC patrný určitý odklon od honičky za vysokým počtem řízených os nebo někdy až skoro nesmyslným počtem kanálů, což se ve své době stalo komerčním hitem. Nyní dominuje jednoduchost, konektivita, a odtud plynoucí flexibilita.

Důraz na rychlost, přesnost a kompenzaci špatných vlastností stroje pochopitelně zůstává, avšak zmíněná zjednodušení svým způsobem vracejí komplexní CNC nazpět do oblasti výkonných NC. To je způsobeno mj. i rostoucí poptávkou po řízení víceosých strojů, kde ruční příprava technologických programů nepřipadá téměř v úvahu. Tvarová složitost vyráběných dílců vede stále častěji k použití CAM systémů, takže se mnohdy neuplatní ani pro CNC typická schopnost výstavby korigovaných drah. Zvýšená pozornost je však věnována antikolizním subsystémům.

Případné doplňky CNC systémů jsou zaměřovány spíše ke zvyšování přesnosti, součinnosti s okolím, plánování a podpoře sledování kvality v rámci celého podniku. CNC se tak stává menším, ale nezbytným a vysoce výkonným kolečkem v soukolí průmyslové výroby.

### 4 Zdroje

Pro sestavení článku byly použity informace získané na stáncích od zástupců jednotlivých firem, níže uvedené tištěné materiály a www stránky.

- [1] SIEMENS. Powerhouse in the Compact Class. CNC4you, *The Shopfloor Magazine*. Volume 3, September 2009. Siemens Aktiengesellschaft. Order No: E20001-A1050-P610-X-7600.
- [2] OKUMA. OSP-P200, OSP-P20, CNCs for the New Era. ITplaza, Okuma NetFactory. *Firemní prospekt*, No.OSP-P200/P20-(4)-300. OKUMA Corporation.
- [3] E.C.S.: CNC for metal working machine tools 1800/2800/4800 series. *Firemní prospekt*, 2009. Code 770Z315. Electronic Control Systems S.p.A.
- [4] AFFOLTER. LESTE CNC. *Firemní prospekt*, V09.2009. AFFOLTER TECHNOLOGIES SA.
- [5] EAE Electronics a CTL Brand. Digital Read Outs. BASIC 110, 210, 310 Series. *Firemní prospekt*, 2009. CTL Enerji ve Kontrol Sistemleri Sanayi Ticaret A.S.
- [6] FIDIA. HMS - Head Measuring System, European patent No. 1549459. *Firemní prospekt*, 01/2008. Fidia S.p.A.

URLs: [cit. 2010/01]

- [7] <http://www.ecs.it/download900.aspx?Sel=DOWNLOAD&Pge=download900.aspx>

- [8] [http://www.viselelettronica.it/deu/vsc\\_1020.htm](http://www.viselelettronica.it/deu/vsc_1020.htm)
- [9] <http://www.vertex-monaco.com/vertexcnc/>
- [10] <http://www.precitrame.com/>
- [11] <http://www.num.fr/>
- [12] <http://www.btb.it/>
- [13] <http://www.boschrexroth.com/dcc/Vornavigation/Vornavi.cfm?Language=DE&VHist=g97568,g96072&PageID=p146899>
- [14] <http://www.mcmspa.it/english/jfmx/>
- [15] <http://www.fastems.com/>
- [16] <http://www.autind.com/>
- [17] [http://www.fanuc.jp/en/product/catalog/pdf/M-1iA\(e\)\\_v01a\\_s.pdf](http://www.fanuc.jp/en/product/catalog/pdf/M-1iA(e)_v01a_s.pdf)
- [18] [http://www.fidia.it/english/acc\\_eng\\_hms.htm](http://www.fidia.it/english/acc_eng_hms.htm)