

Současný stav a trendy v oblasti CAx techniky

František MANLIG

Príspevek pojednáva o súčasnom stave a vývojových tendenciách v jednotlivých oblastiach CAx techniky. Jeho cieľom je podať ucelený obraz o možnostiach využívania počítačovej techniky jak v predvýrobných, tak i výrobných a povýrobných etapách podniku. Tematicky je článok rozdelen do okruhov CAD/CAM, informační systémy pro řízení výroby, logistika, CAQ a úloha člověka v podnikovém procesu. Zvláštní pozornost je věnována i uplatnění počítačové simulace v těchto oblastech.

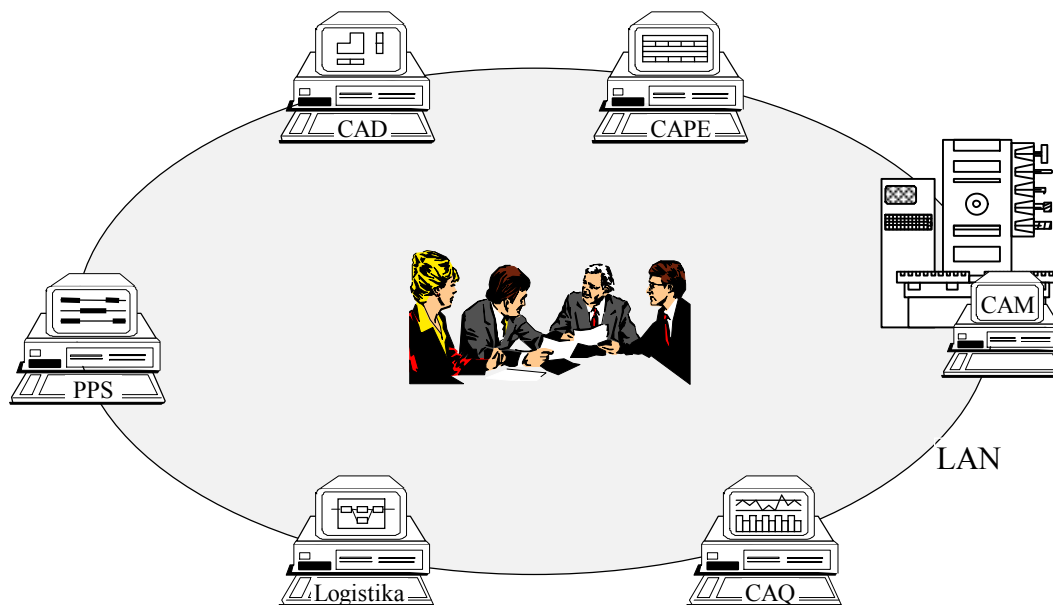
Použití zkratky:

BDE	<u>B</u> etriebs <u>d</u> atenerfassung	(Sběr provozních dat)
BDV	<u>B</u> etriebs <u>d</u> aten <u>v</u> erarbeitung	(Vyhodnocení provozních dat)
BOA	<u>B</u> elastungsorientierte <u>A</u> uftragsfreigabe	(Vytěžovací řízení)
CAx	<u>C</u> omputer <u>A</u> ided ...	(Počítačová podpora v oblasti ...)
CAE	<u>C</u> omputer <u>A</u> ided <u>E</u> ngineering	(Počítačem podporovaný vývoj)
CAD	<u>C</u> omputer <u>A</u> ided <u>D</u> esign	(Počítačem podporované konstruování)
CAM	<u>C</u> omputer <u>A</u> ided <u>M</u> anufacturing	(Počítačem podporovaná výroba)
CAPE	<u>C</u> omputer <u>A</u> ided <u>P</u> roduction <u>E</u> ngineering	(Počítačem podp. technologie výroby)
CAQ	<u>C</u> omputer <u>A</u> ided <u>Q</u> uality Assurance	(Počítačem podp. zabezpečování kvality)
CIE	<u>C</u> omputer <u>I</u> ntegrated <u>E</u> nterprises	(Počítačem integrovaný podnik)
CIM	<u>C</u> omputer <u>I</u> ntegrated <u>M</u> anufacturing	(Počítačem integrovaná výroba)
CNC	<u>C</u> omputerized <u>N</u> umerical <u>C</u> ontrol	(Číslicové řízení pomocí počítače)
DNC	<u>D</u> irect <u>N</u> umerical <u>C</u> ontrol	(Přímé řízení počítačem)
FEM	<u>F</u> inite <u>E</u> lements <u>M</u> ethod	(Metoda konečných prvků)
GPT	<u>G</u> rafická plánovací <u>t</u> abule	
LAN	<u>L</u> ocal <u>A</u> rea <u>N</u> etwork	(Lokální síť)
MDE	<u>M</u> aschinendatenerfassung	(Sběr strojních dat)
MRPII	<u>M</u> anufacturing <u>R</u> esource <u>P</u> lanning	(Plánování výrobních zdrojů)
PDM	<u>P</u> rodukt <u>D</u> ata <u>M</u> anagement	(Správa dat o výrobku)
PLC	<u>P</u> rogrammable <u>L</u> ogic <u>C</u> ontroller	(Programovatelný automat)
PPS	<u>P</u> roduktionsplanug und -steuerung	(Plánování a řízení výroby)
SPC	<u>S</u> tatistical <u>P</u> roces <u>C</u> ontrol	(Statistická regulace procesu)
TOC	<u>T</u> heory of <u>C</u> onstrains	(Teorie omezení)
TPM	<u>T</u> otal <u>P</u> roduction <u>M</u> anagement	(Totální výrobní management)
TQM	<u>T</u> otal <u>Q</u> uality <u>M</u> anagement	(Celopodnikové řízení kvality)
WOP	<u>W</u> erkstattorientierte <u>P</u> rogrammierung	(Dílensky orientované programování)

1. Úvod

Přes veškeré diskuse o aktuálnosti a přínosech počítačové integrace (Computer Integrated Manufacturing - CIM) a prosazování „nových“, moderních koncepcí výroby (Lean Produktion, Fraktálová továrna, Holonický podnik, TPM, TQM apod.) se ukazuje, že počítačové aplikace hrály, hrají a stále budou hrát významnou roli při zefektivňování všech činností podniku.

V dnešní době existují desítky počítačových systémů různé velikosti a kvality. Situace na jejich trhu je tak značně nepřehledná. V další části bude proto provedeno stručné shrnutí současného stavu a poukázáno na hlavní vývojové tendence v jednotlivých oblastech počítačové podpory (CAx techniky - viz. obr. 1).



Obr. 1. CAx - technika v integraci [2]

Článek je rozdělen do následujících tematických okruhů:

- CAD/CAM (Technická příprava výroby a vlastní výroba),
- PPS (Plánování a řízení výroby),
- Projektování výrobních systémů/Logistika,
- CAQ (Zabezpečování jakosti),
- Komunikace,
- Postavení člověka v podnikovém procesu.

Protože v jednotlivých oblastech hraje významnou roli počítačová simulace, bude jí věnována samostatná část, ve které budou souhrnně uvedeny možnosti jejího využití.

2. CAD/CAM

PDM systémy

Cílem systémů PDM je razantní zkrácení vyhledávacích časů a zefektivnění činnosti pracovníků různých oddělení pomocí kontrolovaného a rychlého přístupu k již jednou vytvořeným a uloženým datům. V jednom systému jsou uchovány úplné informace o výrobku po celý jeho „život“ (model, výkres, skica, protokoly o zkouškách, změny, včetně jejich odůvodnění, výsledky testů, informace z dílny, atd.). Systémy umožňují i rozsáhlou koordinaci práce více uživatelů, jejímž výsledkem je týmově orientované konstrukční prostředí - podpora *Concurrent Engineering*. Nechybí ani podpora tvorby dokumentace podle pravidel norem řady ISO 9000 (např. tím, že se při ukládání automaticky vytvářejí revize).

Systémy CAD/CAM

V posledních letech doznaly CAD/CAM systémy velkých změn. Je zřetelná snaha o co největší podporu kreativity pracovníků a přitom nejen značně zjednodušit a urychlit jeho práci, ale i eliminovat jeho chybovost. Systémy se stále více otevírají jak k ostatním systémům z kategorie CIM (rozhraní k systémům PDM, CAPE, PPS, DNC, k simulaci obrábění apod.), tak i k Rapid Prototyping. Moderní systémy podporují týmovou práci (*Concurrent* popř. *Collaborative Engineering*). Dochází k užší spolupráci výrobců specializovaných systémů. Tím vznikají komplexní systémy, které nabízejí řadu modulů v jednom systému, popř. se mohou na přání zákazníka „jednoduše“ doplnit.

Systémy se přibližují člověku jak po interaktivní, tak i po *ergonomické stránce*. Standardem je grafická obrazovka a ovládání pomocí ikon. Zaznamenávaná historie řídicích akcí umožňuje návrat k některému předešlému kroku a provedení změn. Nechybí ani fotorealistická vizualizace.

Až na výjimky se konstruuje v **3D** objemovém nebo plošném modelu. Začínají se prosazovat i tzv. *hybridní koncepty*, které při návrhu součásti umožňují použít současně plošné i objemové modelování, popř. propojení parametrických modelů s neparametrickými i z jiných CAD systémů. Pro přenos dat se používají nejen standardizované formáty IGES, DXF, VDA, STEP, SET, ale i přímá rozhraní k jiným systémům (např. CATIA[®], atd.).

Často se využívají *znalostní databáze*. Celá struktura výrobku se může nadefinovat a optimalizovat pomocí pravidel, která přihlížejí k nákladovým, hmotnostním či výrobním faktorům. Data o součásti lze rozdělit do jednotlivých skupin podle funkčních, geometrických a logických hledisek. Konstrukci ulehčují i katalogy normalizovaných součástí a stavebnicové prvky od různých firem (Hasco, Festo, Bosch, ...).

Různé *speciální funkce* dovolují dynamicky 3D řezat součásti, generovat zakřivené přechody, popř. definovat vzájemné relativní vztahy mezi jednotlivými díly (změna rozměru či pozice jednoho dílu přímo ovlivní díl, který s ním souvisí). Nechybí ani rozsáhlé výpočty a kontrolní činnosti (od kinematické a teplotní analýzy až po dynamickou simulaci montáže).

Značný důraz je kladen na *týmově orientované konstruování*. Nový díl nebo podskupina je možné konstruovat přímo v prostředí montážní skupiny, do které patří. Přitom je automaticky aktualizována struktura celého výrobku. Snahou je, aby více uživatelů mohlo on-line zpracovávat více dílů jedné skupiny současně.

Cílem CAM modulů je zjednodušit programování a snížit NC programovací náklady. Standardem se stává *automatické 3D frézování* všech 3D modelů, nezávisle na složitosti dílů. Uživatel zadává „jen“ postup frézování, potřebné tolerance a přídatky, dráhy nástrojů se propočítávají automaticky. Systémy dokáží navrhnout i „nejlepší“ postup frézování, popř. optimalizovat celý proces obrábění. Uživatelské chyby při zadávání parametrů jsou pomocí vnitřní, kontrolní logiky systému takřka vyloučeny.

Neodmyslitelnou součástí CAD/CAM systémů je dnes *3D simulace kolize*. Při kontrole procesu obrábění se permanentně zohledňuje jak geometrie a kinematika stroje, tak i poloha obrobku na stroji, geometrie obrobku, přípravku, nástroje a vřetena (v každém okamžiku je tak

známa situaci na stroji). Program automaticky ověřuje dráhu nástroje. Všechny kolize jsou detekovány a oznámeny obsluze. Během simulace obrábění lze provést i odhad potřebného strojního času.

Součástí velkých CAD/CAM systémů jsou i **CAQ moduly**, které slouží ke zjištění odchylky mezi CAD modelem a skutečně vyrobenou součástí. Během vlastního měření lze na monitoru řídicího systému sledovat jak zkonstruovanou plochu a souřadnice měřicího snímače, tak i aktuální odchylky mezi reálnou a nakreslenou polohou.

Reverse Engineering

Tyto systémy tvoří rozhraní mezi realitou a CAD/CAM systémy. S jejich pomocí lze zpracovávat 3D body (získané např. digitalizací na 3D souřadnicovém měřicím stroji, popř. scanováním), vytvořit z nich tvarové plochy a ty dále načíst a využívat v CAD/CAM systému.

CAPE

Systémy *automatizované tvorby technologického postupu* se snaží zodpovědět otázky typu:

- Jak nejlépe obrábět?
- Jaké metody, nástroje a stroje použít?
- Jak obrobek obrobek na co nejméně upnutí?
- Jaké jsou nejlepší přípravky?

Pro tvorbu technologického postupu se často využívají znalostní databáze, ve kterých jsou uloženy veškeré potřebné informace (podnikové metody a postupy, nástroje, přípravky, stroje, atd.). Systém automaticky provede návrh minimálního počtu upnutí s přihlédnutím ke geometrii obrobku a možnostem stroje, návrh vhodného nástroje včetně jeho upnutí, návrh optimálního postupu obrábění a bezkolizní vygenerování dráhy nástroje včetně optimálních posuvů a rychlostí. Uživatel má však většinou možnost ručního zásahu do provedených návrhů (např. korekce nástroje, apod.). Výsledkem je technologický postup, NC program, seznam použitých nástrojů, odhad nákladů a potřebného strojního času.

Pro automatizovanou tvorbu NC programů skříňových a rotačních součástí se používají stále i **NC programovací systémy**. Systémy jsou k uživateli stále přátelštější, umožňují i tzv. AUTO programování (tzn. jednou naprogramovat, zapamatovat si a v budoucnu uspořit až 80% programovacího času), podporují upnutí více dílů na jednu paletu, popř. využívají znalostních databází. Často jsou nabízeny společně s produktem „Management provozních dat“ (správa NC programů, nástrojů, přípravků a měřidel).

WOP

Dílensky orientované programování (WOP) lze výhodně použít zejména pro kusovou a malosériovou výrobu. Vychází se z myšlenky vytvářet NC programy v místech největšího výrobního „know-how“. Programování probíhá většinou ručně přímo v řídicím systému stroje pomocí grafického menu. V systému bývá uložen i katalog nástrojů a řezných podmínek. Nechybí ani rychlá a realistická simulace.

Dnes už se dílenské programování neomezuje pouze na programování jednoduchých součástí. Nejvyšší forma dílenského programování CAD/WOP/NC, která propojuje CAD/CAM techniku a CNC řídicí techniku do jednoho systému, po načtení externího CAD modelu umožňuje automaticky vygenerovat NC program i pro složité tvarové součásti.

DNC

Moderní DNC-systémy se vyznačují přímým přístupem k celopodnikové databázi a k ostatním CIM komponentům, modulární výstavbou a Windows prostředím. Kromě klasických DNC funkcí (správa a přenos NC dat) lze využít i rozsáhlé speciální funkce (např. vizualizace 2D i 3D obrábění, převod NC programů na formáty jiných řídicích systémů, vyhledání a opětovné najetí na přerušené místo programu v případě zlomení nástroje, oprava NC programů, integrované BDE/BDV funkce, přímé rozhraní ke CAD/CAM systému, apod.)

Kromě klasických způsobů přenosu dat mezi řídicím stanovištěm a obráběcím strojem, je možný i radiový přenos signálu.

CNC řídicí systémy

V oblasti CNC řídicích systémů se prosazují **inteligentní otevřené CNC řídicí systémy**. Jedná se o CNC a PLC modul, rozšířený o dodatečné PC funkce. Tyto CNC řídicí systémy umožňují pracovat pod operačním systémem Windows 95/98/NT™. Tak lze kromě standardních funkcí využívat i různé počítačové aplikace (např. programovací jazyky a počítačové databáze). K dispozici bývá i specializovaný SW (např. NC - editory, CAD systémy, systémy CAD/WOP/NC, SPC regulace aj.). Samozřejmostí moderních řídicích systémů jsou i rozsáhlé kontrolní a diagnostické funkce (např. aktivní kontrola nástroje, diagnostika uložení vřetene, apod.). popř. systémy adaptivního řízení (např. optimalizace posuvů).

3. PPS

Z porovnání PPS systémů vyplývá, že většina z nich je stále založena na principu MRP II a málo se využívají jiné, modernější přístupy k řízení výroby (např. simulační metody, BOA, TOC, apod.)

Dále lze vysledovat tři základní směry vývoje:

- komplexní systémy PPS, obsahující všechny obvyklé moduly,
- malé systémy pouze se základními moduly pro malé firmy,
- systémy na podporu dílenského řízení.

Ve světě se důrazně prosazují **grafické systémy pro podporu dílenského řízení**.

V současné době se dílenské plánování pomocí grafických plánovacích tabulí (GPT) doplňuje i o grafické BDE/MDE/BDV. Tyto systémy poskytují on-line grafické znázornění aktuální situace v dílně (stavy jednotlivých strojů), kapacitní a termínové plánování pomocí grafické plánovací tabule a rozsáhlé vyhodnocovací funkce (přehledy o provozu strojů a spotřebě materiálu, vyhodnocování zakázek, analýza silných a slabých stránek, vyhodnocení poruch,

atd.). Rovněž nabízejí rozhraní k CAQ systémům (např. pro kontrolu intervalů měření) a zpětnou vazbu na PPS systémy.

Zmíněné grafické systémy pro podporu dílenského řízení v propojení s DNC systémy a dílenskými informačními systémy tvoří účinnou řídicí a podpůrnou koncepci na úrovni dílny, která se stává důležitým a nedílným článkem celého informačního řetězce podniku.

4. Projektování výrobních systémů/Logistika

V oblasti projektování výrobních systémů lze při jeho prvotním návrhu použít řadu programů pro rozbor součástkové základny, dimenzování systému, popř. optimalizaci rozmístění strojů (materiálového toku). Pro detailní a komplexní analýzu jsou určeny převážně simulační systémy založené na *diskrétní simulaci*, s jejichž pomocí lze prověřit celou řadu variant, zahrnout dynamiku a stochastičnost zkoumaného procesu. Projektová dokumentace (výsledný layout) se často zpracovává v CAD systémech. Pro tyto účely se v nich vytvářejí speciální knihovny grafických prvků.

Pro pohybové a časové studie je kromě programů vyhodnocujících naměřená data možné využít i *3 D simulaci člověka ve výrobním procesu*. Ta je vhodná i pro optimalizaci pracoviště po ergonomické stránce.

Počítačová podpora v oblasti skladového hospodářství se zaměřuje hlavně *na sledování a řízení skladů*, málo však už na *optimalizaci zásob*. Tyto systémy jsou často propojeny s PPS systémy.

Do této části lze zahrnout i tzv. *dílenské informační systémy*, které často doplňují DNC-systémy a NC-programovací systémy podle hesla „*Hospodárná výroba vyžaduje včasnou, úplnou a bezchybnou přípravu všech výrobních informací*“ [1]. Patří sem široké spektrum různých informačních systémů pro správu všech dílenských informací. Jedná se např. o nástrojové informační systémy, systémy pro správu NC programů a provozních prostředků.

5. CAQ

K dispozici je celá řada počítačových programů na analýzu vad, tvorbu kontrolních plánů, na provádění statistických přejímek a mnoho dalších. Výjimkou nejsou ani informační systémy pro podporu *řízení jakosti* podle norem řady ISO 9000, VDA i QS 9000.

I v oblasti zabezpečování jakosti je možné využít grafické *CAQ řídicí stanoviště* (dispečink), na který se mohou napojit jednotlivé dílčí moduly (měřicí stanice, SPC regulace, atd.). Shromážděná data lze tak zpracovávat a vyhodnocovat na jednom místě.

V rámci „*dílenské*“ *integrace* se objevují i tendence začlenit SPC řízení přímo do řídicího systému stroje, popř. propojit externí měření přímo s řídicím systémem stroje. Přínosem je výroba, měření a následná regulace procesu bez zbytečných zdržení.

6. Komunikace

I přes řadu standardů pro přenos dat a komunikačních rozhraní žijeme stále v heterogenním prostředí, které neumožňuje optimální využití řídicí techniky a je spojeno poměrně s vysokými náklady na přizpůsobení jednotlivých systémů. Proto neustávají snahy o vytvoření *otevřené* (na výrobci nezávislé) *řídicí architektury*.

V oblasti informačních systémů se na jedné straně velký význam přisuzuje technologii *Internetu* (ITP - Internet Transaction Processing, podpora VRML formátu), na druhé straně se důrazně prosazuje platforma Microsoft. Ty se pomalu stávají základem pro budování celopodnikových informačních systémů.

7. Počítačová simulace

Stále významnějším podpůrným nástrojem v oblasti inovací podnikových procesů se stává počítačová simulace, která díky svým vlastnostem umožňuje předcházet chybám a minimalizovat rizika chybných rozhodnutí.

Počítačová simulace se používá k podpoře takřka všech podnikových činností:

- spojitá simulace pro řešení spojitě popsaných procesů k analýze časového chování procesu (např. simulace pohonů obráběcích strojů),
- diskrétní simulace pro řešení diskrétních systémů (např. logistických systémů),
- speciální simulace (řada z nich je integrována do komplexních CAD/CAM systémů):
 - 3D simulace pohybů (např. 3D simulace NC obrábění, 3D simulace obsluhy),
 - FEM simulace - využití metody konečných prvků (např. napěťová a deformační analýza, analýza teplotních polí),
 - simulace kinematických vazeb mechanismů,
 - simulace servomechanismů, apod.

8. Postavení člověka v podnikovém procesu

I v dnešní době překotného nástupu informačních technologií je třeba si uvědomit, že hlavní integrující složkou celého podnikového procesu je vysoce kvalifikovaný, motivovaný a především spokojený pracovník. Ten totiž hraje klíčovou roli při tak potřebné přeměně dat na informace a informací na znalosti.

Zavádění komplexních systémů klade důraz na „multifunkčnost (univerzálnost) pracovníků a komunikaci mezi lidmi (týmová práce). Nedílnou součástí podnikové filozofie se proto musí stát každodenní „péče“ o pracovníka (např. zvyšování kvalifikace a motivace, plná informovanost na všech úrovních, atd.).

9. Závěr

Vzhledem ke značnému množství různých počítačových systémů i aplikací a razantnímu vývoji v této oblasti, není možné v tomto přehledu postihnout všechny systémy a vývojové tendence. Důraz byl proto kladen na, dle autora, nejdůležitější a nejzajímavější řešení, která „nejlépe“ postihují současný stav a ukazují se jako „určující“ pro další vývoj v této oblasti.

Závěrem krátké shrnutí současného stavu a důležitých trendů v oblasti CAx techniky:

- důraz na komunikaci mezi lidmi (týmová práce) a informační „gramotnost“ (informační strategie, vědět „proč“ se počítače zavádějí),
- používání otevřených architektur a standardů,
- využívání dynamických, přizpůsobitelných systémů,
- důraz na decentralní, dílenské řízení (CAD/WOP/NC, GPT),
- dominantní postavení operačního systému Windows 98/NT™ i v tak netradičním oboru pro PC, jako jsou CAD/CAM systémy a systémy PPS,
- časté propojení na MS-Office® (OLE technologie - Objekt Linking and Embedding),
- velký význam se přisuzuje Internetu.

Zároveň je třeba poznamenat, že důsledné využívání počítačových aplikací samo o sobě nezaručuje trvalý rozvoj podniku. Ruku v ruce s tím musí jít i využívání dalších zásad moderních koncepcí řízení výroby (viz. např. [3]).

Literatura

- [1] Manlig, F.- Pelantová, V.: CIM - Computer Integrated Manufacturing.
In: Obráběcí stroje na 12. EMO v Hannoveru.
Sborník referátů semináře SpOS - K235 FS ČVUT v Praze, Praha, listopad 1997
- [2] Manlig, F. - Pelantová, V. - Keller, P.:
CAx - technika v integraci.
Strojírenská technologie, 3 (1998), č. 1, s. 11..15
- [3] Manlig, F.:
CIM na přelomu tisíciletí.
In: CA Systems and Technologies. International DAAAM Workshop,
Cracow 29.-30.09.1998, s. 80..83
- [4] Pokorný, P.: Trendy CAD, CAM, CIM.
In: Obráběcí stroje na EMO Paříž 99.
Sborník přednášek ze semináře SpOS - Ústav výrobních strojů a mechanismů fakulty strojní ČVUT v Praze - Svaz výrobců a dodavatelů strojírenské techniky,
Praha, červen 1999