

Logistika štruktúr výrobných systémov

Súčasný trend zameraný na rozvoj a využívanie základných prostriedkov vedú k tomu, že treba hľadať riešenia s novým a vyšším účinkom. Tieto riešenia sú prevažne spojené s úsilím o komplexné, koncentrované riešenie funkcií v rámci kompletu stroja, zariadenia a systému s rozširovaním vzájomne prepojených väzieb, vedúcich k nárastu a premene funkčnosti stavebných modulov a integrovaných zostáv strojových systémov. Vytvorenie zodpovedajúcich riešení je v súlade s potrebami priemyselnej praxe na inovačnú zmenu stratégie a reštrukturalizácie firemných systémov vzhľadom na trhovú adaptabilitu, efektívnosť výroby, konkurencieschopnosť a zvyšovanie úrovne poskytovaných služieb.

Definovanie problému

Automatizované výrobné systémy prešli značným vývojom a boli inštalované v mnohých výrobných prostrediach, efektívne pracujúcich v rôznych konfiguráciách a v širokom spektre. Avšak aj po ich rapidnom evolučnom vývoji chýba v súčasnom období dostatočný a presný opis inštalovaných a projektovaných systémov, definujúcich vzťahy a hranice vnútri systémov aj medzi nimi tak, aby bolo možné stanoviť ich ďalší vývoj [1].

Problematika budovania automatizovaných výrobných systémov na seba viaže viac otázok, sú to najmä otázka technickej a realizačnej základne a jej integrácie, úroveň podnikovej prípravy výroby, konkurenčná pozícia výroby, prognózy vývoja, podniková kultúra, ale ani tie nedávajú vždy jednoznačnú odpoveď na vhodnosť tej-ktorej štruktúry. Voľba padne v budúcnosti najskôr na štruktúry s určitým stupňom pružnosti, zoraditeľnosti, investičnej využiteľnosti a rekonfigurovateľnosti. Vývoj nových typov štruktúr výrobných systémov si preto žiada odpoveď na ďalšie otázky podporujúce integritu, ekvivalenciu a synergiu funkcií a činností. Stávajú sa rozhodujúcimi činiteľmi na jednoduché a jednoznačné zaradenie do výrobného-logistického reťazca [4], [5], tzn. majú schopnosť vytvárať zodpovedajúcu logistickú infraštruktúru informačného a materiálového toku, a tak zreálnovať integráciu procesno-hodnotových reťazcov aj na účely značne odlišné od pôvodného zámeru.

Význam logistiky

Dosiahnutie trhovej adaptability a efektívnosti výroby a celého podniku nie je možné bez aplikácie logistických princípov a vytvárania komplexných logistických riešení. V dôsledku toho dochádza k čoraz väčšej previazanosti a závislosti jednotlivých činností výroby a jej podporných zložiek.

Význam logistiky je práve v integrácii dosiaľ autonómnych výrobných funkcií (a často aj výrobných útvarov) technológie, manipulácie, dopravy a skladovania do jedného procesne orientovaného systému (vnútorná integrácia) a potom v prepojení výrobnej spoločnosti s jeho dodávateľmi a distribučnými partnermi až po konečného zákazníka do integrovaného logistického reťazca (vonkajšia integrácia), profilujúceho podľa integrovaného materiálového toku. Využitie logistiky, integrácie a integrovaných riešení na tvorbu štruktúr výrobných systémov si kladie za cieľ spresnenie a zefektívnenie vnútropodnikového materiálového toku medzi rôznymi logistickými uzlami vrátane príslušného informačného toku vo výrobných centrách [4]. Životaschopnosť a perspektívnosť logistiky štruktúr výrobných systémov treba chápať predovšetkým vo väčšej prepojenosti výrobných funkcií prostredníctvom integrovateľných a kompatibilných manipulačných a technologických systémov.

Tento trend podmieňuje nasadenie progresívnych koncepcií výrobných, dopravných a skladovacích systémov. Cestou k týmto cieľom je zavedenie logistických štruktúr automatizovaných výrobných systémov, rešpektujúcich rozmanitosť objektov výroby a základných technologických metód, stupeň automatizácie a pružnosti, ako aj ďalšie ukazovatele.

Princípy logistických riešení

Z prostriedkov na automatizované technologické spracovanie, manipuláciu, riadenie a z ich prepájacích prvkov sa zostavujú automatizované výrobné systémy. Najmenšou štruktúrnou jednotkou, z ktorej sa profilujú jednotlivé výrobné systémy, sú prvky a jednotky (stavebné moduly). Tieto prvky a jednotky sú spojené materiálovými a informačnými väzbami a môžu sa zoskupovať do komplexnejších celkov (výrobný úsek, cech, závod). V závislosti od spôsobu zoskupovania fyzických prvkov a jednotiek ich priestorového usporiadania a spôsobov prepojenia materiálovou a informačnou väzbou možno výrobné systémy rozvíjať na novú a vyššiu integrovanú úroveň, tzn.:

- v plnohodnotný technologický, resp. výrobný modul a jeho rozšírenie (základný model výrobného systému),
- v úplný výrobný systém vyššieho radu (komplexný výrobný systém).

Určujúce pre automatizované výrobné systémy je, že rozhodujúce činnosti materiálového, často aj informačného toku sa realizujú cez integračné zariadenia operačnej a medzioperačnej manipulácie (manipulátor, priemyselný robot) a dopravy (vozíkové a dopravníkové systémy), rozlišujúce sa podľa hierarchického stupňa.

V prípade základného modelu výrobného systému (VS) možno symbolicky tieto skutočnosti vyjadriť vzťahom:

$$VS = [IM \xleftarrow{i,m} \{T_a\}_{a=1,\dots,o}, \{MU_e\}_{e=1,\dots,p}] \quad (1)$$

kde IM je integrujúce manipulačné zariadenie (manipulátor, priemyselný robot),

T_a – technologické zariadenie (NC, CNC stroj),

MU_e – manipulačný uzol (preberajúce a odovzdávajúce zariadenie objektov, paliet),

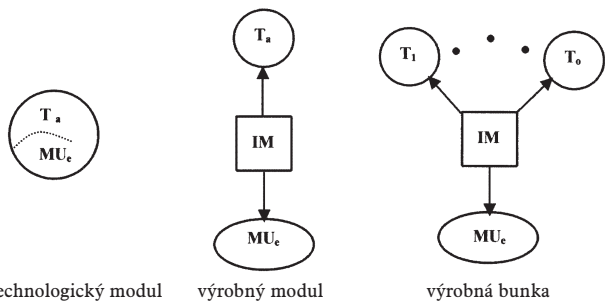
a – číslo technologického zariadenia,

e – číslo manipulačného uzla,

$\xleftarrow{i,m}$ – symbolické vyjadrenie informačnej a materiálovej komunikácie.

Týmto spôsobom boli zadané [5] štandardné podoby základného modelu výrobného systému (obr. 1), formované úrovňou integrity informačných a materiálových väzieb v čase, napr. technologický modul (TM), výrobný modul (VM), výrobná banka (VB).





technologický modul výrobný modul výrobná bunka

Obr.1 Podoby základného modelu výrobného systému

Priblížiť širšie väzby informačného a materiálového toku možno až pri riešení komplexných výrobných systémov integrovaných a zoskupovaných formou prepájania základných modelov výrobných systémov a systému skladovania centrálnym systémom medzioperačnej dopravy a centrálnemu systému riadenia.

Symbolicky možno štruktúru komplexného výrobného systému (KVS) vyjadriť vzťahom:

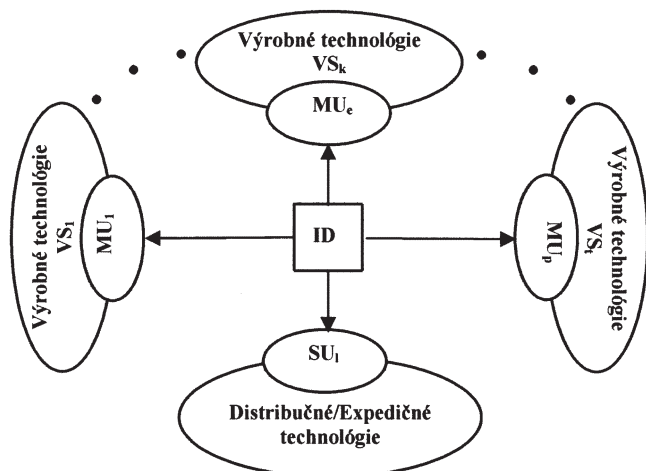
$$KVS = [ID \xleftarrow{i,m} \{VS_k\}_{k=1,\dots,t}, \{SU_l\}_{l=1,\dots,s}] \quad (2)$$

kde ID je integrujúci dopravný systém

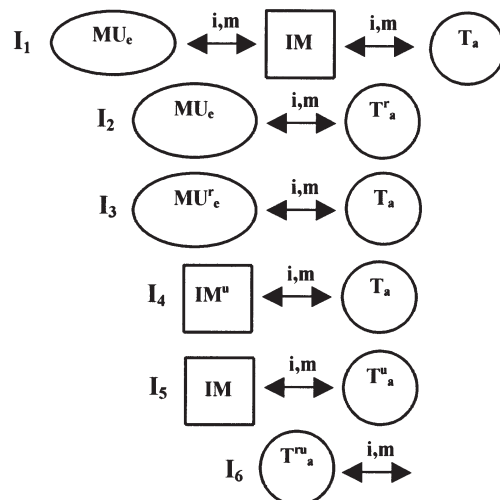
- (vozíkový, dopravníkový),
- VS_k – základný model výrobného systému (technologický a výrobný modul, výrobná bunka),
- SU_l – skladovací uzol (medioperačný, centrálny vstupno-výstupný sklad),
- k – číslo výrobného systému,
- l – číslo skladovacieho uzla.

Komplexné výrobné systémy (obr. 2) rozširujú integráciu medzi základnými modelmi výrobných systémov (technologický a výrobný modul, výrobná bunka) tak, že ich zoskupujú okolo dopravného systému, ktorý prepája predmetné moduly a bunky so skladovacím uzlom. Dopravný systém realizuje materiálový tok podľa situácie medzi skladovacím uzlom a technologickými a výrobnými modulmi, výrobnými bunkami, resp. medzi technologickými a výrobnými modulmi a výrobnými bunkami navzájom. Dosiahneme tým mnohoväzbové kombinované zlučovanie technológie a technologických profesií v podobe sériových, paralelných, sériovo-paralelných a vratných procesov.

Integrované riešenia výrobných systémov na báze informačných a materiálových väzieb sú síce podstatné, ale nie konečné. Dnešná technická prax čoraz viac siaha po nových riešeniach predstavujúcich koncentráciu funkcií a činností priamo prevedenú do integrujúceho zariadenia. Preto sa pri rozvoji výrobných systémov žiada uvažovať aj o fyzickej väzbe prvkov a jednotiek, ktorá má oporu aj medzi dnes už rozšírenými princípmi modularity, kompatibility a integrity technických a realizačných prostried-



Obr.2 Komplexný výrobný systém



- $MU_e, IM^p, T_a^r, T_a^u, T_a^{ru}$ – prvky a jednotky výrobného modulu vzájomne integrujúce (substituujúce) funkcie
- r, u, ru – ukazovateľ vyjadrujúci integráciu (substitúciu) funkcií (r – manipulačného zariadenia, u – manipulačného uzla)
- $a = 1, \dots, o$ – označuje číslo technologického zariadenia
- $e = 1, \dots, p$ – označuje číslo manipulačného uzla

Obr.3 Kompaktné integrované modely výrobného modulu

kov. Výsledkom sú riešenia orientované na vývoj kompaktných integrovaných modelov (obr. 3), či už na úrovni výrobného modulu alebo výrobnéj bunky.

V prípade výrobného modulu vychádzame z najčastejšie využívannej konfigurácie, ktorú definuje symbolický model (obr. 3 – prípad I_1). Všeobecný trend zameraný na koncentráciu výrob, kombináciu viacerých metód a zvyšovanie výkonových parametrov vedie k tomu, že sa čoraz častejšie využívajú nové koncepcie výrobnéj techniky zostavené na báze sériových, resp. paralelných superštruktúr, umožňujúcich zvládnuť integráciu technologických a manipulačných činností (obr. 3 – prípad I_2, I_3) až do podoby výrobo-manipulačnej sústavy (obr. 3 – prípad I_6). Úsilie o komplexné zrefazenie všetkých činností nielen na úrovni základného modelu výrobného systému, ale aj na úrovni komplexného výrobného systému vedie k uplatneniu výrobo-prenosových sústav (obr. 3 – prípad I_4, I_5), ktorých hlavným poslaním je zlepšenie kompatibility a zrefazenia jednotlivých úrovní materiálového toku vo výrobných systémoch s nepriamou väzbou, alebo rozšírenie integrácie vo výrobných systémoch s priamou väzbou [4]. Takéto riešenia napomáhajú tvorbe stratégie výrobnéj spoločnosti vzhľadom na ekvivalentnosť a synergickosť [2], ktorá vzniká medzi jednotlivými funkciami a parametrami systému a ktorá je neoceniteľná pri zmene výrobného programu.

Princípy integrácie z operačnej a medzioperačnej úrovne materiálového toku možno aplikovať aj na strediskovej úrovni (obr. 4), no výrazným prínosom sú pri riešení materiálového toku v rámci kompletného výrobo-logistického reťazca. Podstatou riešenia je, že integrujúce zariadenie (manipulačné zariadenie – IM, dopravný systém – ID) vystupuje v jednej z týchto podôb: ako samostatná jednotka, jednotka viazaná na technologické zariadenie (T), na výrobný model (TM, VM, VB), skladovací uzol (SU) alebo ako integrálna súčasť týchto zariadení. Z týchto podôb sa potom odvídzajú neštandardné konfigurácie výrobných systémov, ktoré prispievajú k značnej variantnosti štruktúr typových modelov a ktoré sú predpokladom pre novú a vyššiu technicko-ekonomický účinok. V skutočnosti sa dnes tieto riešenia začínajú prezentovať ako logistické, ktoré svoju podstatu chápu vo väčšej prepojenosti informačných a materiálových tokov v predvýrobných, výrobných a povýrobných procesoch.

Logistickú štruktúru výrobného systému (LVS), integrujúcu materiálový tok vo výrobo-logistickom reťazci symbolicky vyjadri-



Operačná, medzioperačná úroveň

$MU * IM * (T, \dots, T)$,
 $[MU, \dots, MU] * IM * (T, \dots, T)$,
 $MU * IM * (T, \dots, T)$,
 $MU * IM * (T, \dots, T), IM + MU * (T, \dots, T)$,
 $IM * [MU + T, \dots, MU + T]$,
 $MU + IM + T$.

Stredisková úroveň

$SU * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $[SU, \dots, SU] * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $[SU, \dots, SU] * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $SU * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $SU * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $[SU, \dots, SU] * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $[SU, \dots, SU] * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $[SU, \dots, SU] * ID * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$.

Operačná, medzioperačná a stredisková úroveň

$SU * [ID + TM, \dots, ID + VB, \dots, ID + VM]$,
 $SU * [ID + TM, \dots, ID + T, \dots, T, \dots, ID + T]$,
 $[SU + ID, \dots, SU + ID] * [TM, \dots, VB, \dots, VM]$,
 $[SU + ID, \dots, SU + ID] * [ID + TM, \dots, ID + VB, \dots, ID + VM]$,
 $SU + ID, \dots, SU + ID, ID + TM, \dots, ID + VB, \dots, ID + VM$,
 $[SU + ID, \dots, SU + ID] * [ID + TM, \dots, ID + T, \dots, T, \dots, ID + T]$,
 $SU + ID, \dots, SU + ID, ID + TM, \dots, ID + T, \dots, T, \dots, ID + T$.

MU, IM, T, SU, ID, TM, VM, VB – stavebné moduly a základné modely výrobného systému

* – informačno-materiálová väzba

+ – fyzická väzba

Obr.4 Logistické reťazce výrobného systému

me vzťahmi, ktoré zodpovedajú úrovňam základného modelu výrobného systému:

- výrobnno-manipulačná

$$LVS = [ID_v \xleftarrow{i,m,f} \{T_a^{ru}\}_{a=1,\dots,o}, \{SU_l\}_{l=1,\dots,s}] \quad (3)$$

- výrobnno-prenosová

$$LVS = [ID_v^r \xleftarrow{i,m,f} \{T_a^{ru}\}_{a=1,\dots,o}, \{SU_l\}_{l=1,\dots,s}]$$
$$LVS = [ID_v^u \xleftarrow{i,m,f} \{T_a^{ru}\}_{a=1,\dots,o}, \{SU_l\}_{l=1,\dots,s}]$$
$$LVS = [ID_v^{ru} \xleftarrow{i,m,f} \{T_a^{ru}\}_{a=1,\dots,o}, \{SU_l\}_{l=1,\dots,s}] \quad (4)$$

kde ID_v je kompatibilný dopravný systém,

$ID_v^r, ID_v^u, ID_v^{ru}$ – kompaktné modely kompatibilného dopravnno-manipulačného systému,

T_a^r, T_a^u, T_a^{ru} – kompaktné integrované modely výrobného modulu vzájomne integrujúce funkcie,

SU_l – skladovací uzol (medzioperačný, centrálny vstupno-výstupný sklad),

r, u, ru – ukazovateľ vyjadrujúci integráciu funkcií (r – manipulačného zariadenia,

u – manipulačného uzla),

$a = 1, \dots, o$ – číslo výrobného modulu,

l – číslo skladovacieho uzla,

$\xleftarrow{i,m,f}$ – symbolické vyjadrenie informačnej, materiálovej a fyzickej komunikácie.

Definované princípy integrácie (informačná, materiálová, fyzická) poskytujú informácie o schopnosti a rozsahu integrovať (zlučovať, substituovať) technologické a manipulačné operácie vo výrobnom systéme. Integrácia môže zároveň vypovedať o rezervách vo funkčnej (ekvivalentnosť, spojitosť a pružnosť systému), substančnej (prvky, moduly a komplety systému) a štrukturálnej (väzby, kompozícia a stabilita systému) zložke výrobného systé-

mu. Možno ju využiť nielen na optimalizáciu režimov funkcií a činností, ale aj na reštrukturalizáciu, resp. návrh nových výrobných štruktúr a zodpovedajúcich problémov riadenia, rozvrhovania výrobných úloh, dispozičnej lokalizácie a materiálových a informačných prepojení [4].

Zreálniť integrované reťazce výrobnéj spoločnosti logistickými štruktúrami si naďalej vyžaduje dopracovať základné bázy znalosti, metód, techník a nástrojov z oblasti rozvoja modulov technologickej a manipulačnej techniky vrátane jej formovania do komplexných výrobných systémov.

Záver

Vytváranie logistických štruktúr automatizovaných výrobných systémov vyžaduje systematickú analýzu funkcie a činnosti využívaných technických prostriedkov, trendov ich aplikácií vo výrobe a začleňovania do logistického reťazca takú, aby boli pružné a efektívne aj pri nestabilných vonkajších vzťahoch. Naplniť tento cieľ závisí najmä od schopnosti budovať integrované vzťahy vo výrobe, východiskom čoho je aj postupné budovanie výrobných štruktúr počnúc základným modelom, cez komplexný model a končiac logistickým modelom výrobného systému.

Treba poznamenať, že modulové konfigurácie výrobných sústav sa v súčasnosti považujú za štandardné už v rôznych technológiách (zváranie, tepelné spracovanie, kontrola, testovanie a paletizácia) a nachádzajú oporu aj v spoločnostiach orientovaných na dosahovanie zisku z moderných logistických technológií, ako sú JIT, TQM, skupinová technológia, tvorba manipulačných skupín, počítačom integrované technológie vo výrobe a obehu.

Literatúra

- [1] HUANG, H., CHUANG, P.: Specification, Modeling and Control of a FMC. JPR, 30, 1992.
- [2] KOVÁČ, M.: Tvorba štruktúr RTK. VUKOV, š. p., Prešov 1990.
- [3] PERNICA, P.: Logistika pro 21. stololetí. Praha: RADIX 2005.
- [4] VALENČÍK, Š.: Integrovaná manipulácia v automatizovanej výrobe. In: Logistika 12/03, Praha, 2003.
- [5] VALENČÍK, Š.: Logistika, technika materiáloveho toku a integrácia vo výrobných sústavách. In: AT&P journal 9/2004, Bratislava, 2004.

doc. Ing. Štefan Valenčík, CSc.

Katedra výrobnéj techniky a robotiky SJF TU v Košiciach
e-mail: stefan.valencik@tuke.sk

