



# Koncepcie inovácií výrobných systémov: agilná a inteligentná výroba

Výrobné systémy s prelomovými inováciami, ktoré sú v štádiu výskumu a vývoja, sa v odbornej literatúre a v prezentovaných projektoch označujú rôznymi pojmami: továreň budúcnosti (Factory of Future, FOF), inteligentná výroba (Intelligent Manufacturing, IM), agilná výroba (Agile Manufacturing), trvalo udržateľná výroba (Sustainable Manufacturing), dýchajúca továreň (Breathing Factory), excelentná výroba (Excellent Production), učiac sa organizácia (Learning Organization) a mnohými ďalšími.

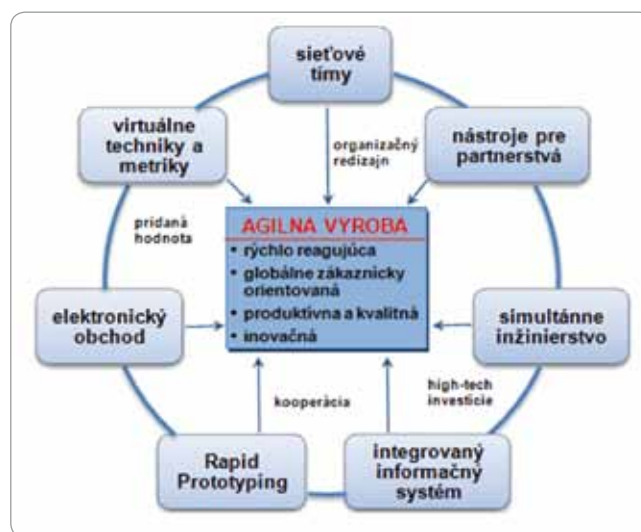
Tento príspevok sa zameriava na porovnanie inovácií výrobných systémov s akcentom na definovanie agilnej a inteligentnej výroby a kľúčových charakteristík ich výskumu a vývoja.

## Aspekty agility vo výrobných štruktúrach

Agilná výroba sa definuje [3] ako schopnosť prežívania a prosperovania v konkurenčnom prostredí kontinuálnych a nepredvídateľných zmien. Znamená to zákaznícku orientáciu (zdôrazňuje sa, že každé pracovné miesto má svojho zákazníka – každý pracovník je lokálnym dodávateľom nasledujúcej operácie a výrobnéj stanice), koncentráciu na procesy pridávania hodnoty a veľkú flexibilitu v personálnom a technickom systéme. Agilná výroba neznamena neustále zlepšovanie, ale schopnosť efektívne a rýchlo reagovať na neustále zmeny, ktoré môžu nastať na turbulentných trhoch, v technológii, v obchodných vzťahoch a vo všetkých ďalších aspektoch podnikania.

Vo všeobecnosti sa vyznačuje charakteristikami, ako sú dominantné uplatňovanie vyspelých technológií, presné metódy komplexného spracovania, infiltrácia potenciálu mikroelektroniky, optoelektroniky, nanotechnológií a počítačovej komunikácie nielen vo výrobkoch, ale aj na výrobnéj ploche, intenzívne zavádzanie nízkoodpadových a energeticky nenáročných technológií, rozvoj technologických štruktúr, multifunkčné výrobné centrá, autonómne a rekonfigurovateľné pracovné stanice, automatická manipulácia a riadenie logistiky.

Schéma kľúčových zložiek agilnej výroby je vyjadrená modelom na obr. 1.



Obr. 1 Model agilnej výroby

Projekt MyCar Flexibilné montážne procesy pre automobil tretieho tisícročia [6] rozlišuje inovačné trendy výrobných systémov v relácii

s agilnou výrobou v automobilovom priemysle a jeho dodávateľskom sektore do 4 skupín:

- Adaptívny závod má za cieľ umožniť výrobnému systému na úrovni prevádzkarní byť flexibilný a prispôsobivý, aby vyhovel rôznorodým potrebám zákazníkov. Tento koncept integruje technológie, ako sú: in-line roboty, hybridné montážne linky, miniroboty na upínanie, on-line inštrukcie k adaptívnej práci operátorov a previazanosť novovznikajúcich technológií.
- Virtuálny montážny závod integruje montážne simulačné techniky (animované prototypovanie, návrh dizajnu výrobku, modelovanie kinematiky robotov, ľudské faktory, simulácie procesov a výrobo-logistických sietí) a umožňuje návrhárom a konštruktérom detailne otestovať kompletizáciu nového vozidla vo virtuálnom prostredí a vizualizovať simulovanie jeho montáže na linkách pred jej fyzickou realizáciou.
- Sieťový montážny závod sleduje zvýšenie adaptability založené na riadení dodávateľského reťazca a operatívnom riadení zásob technológiami RFID (Radio Frequency Identification), informačno-komunikačných technológiách (ICT) na elektronickú výmenu dát v reálnom čase (ako sú XML, STEP, webové služby EDI, sémantický web), simulácii a modelovaní pravdepodobnostného správania na trhu pri plánovaní expedície.
- Znalostne založený montážny závod zahŕňa nástroje, ktoré pomáhajú robiť prevádzkové a konštrukčné rozhodnutia smerujúce k adaptabilite rozpracovanej výroby. K týmto nástrojom patria napr. matematické modely korelácie procesu a parametrov kvality výrobku.

## Aspekty integrovanej inteligentnej výroby

V publikácii Manufacturing the Future – Federal Priorities for Manufacturing Research and Development [2], ktorú vypracovalo renomované združenie The Integracy Working Group on Manufacturing Research and Development (IWG), sú definované tri priority výskumu a vývoja pre americký spracovateľský priemysel:

- výroba pre hydrogénnu ekonomiku,
- nanovýroba,
- inteligentná a integrovaná výroba.



Výskum a vývoj výroby sa zameriava na zvyšovanie produktivity podnikov, procesov získavania a opracovania nových materiálov, zariadení a systémov, ako aj postupy zákazkového poskytovania priemyselného tovaru. Výskum a vývoj výroby musí korešpondovať s vedeckými objavmi, aby sa zabezpečilo, že ich producenti môžu rýchlo premeniť na aplikované inovácie procesov a výrobkov.

Pokračujúci exponenciálny rast výpočtových aktivít a aplikačných možností informačno-komunikačných technológií a zlepšovanie ich ekonomicky výhodnej dostupnosti (napr. pri lacných bezdrôtových a sieťových senzoch) budú čoskoro poskytovať technologický výkon potrebný na vybudovanie inteligentných výrobných procesov a systémov s možnosťami:

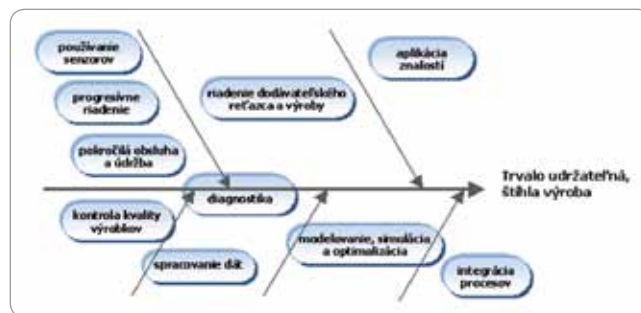
- včas rozpoznať a vyriešiť hroziacu neregulárnosť pri monitorovaní prevádzkového stavu výrobného systému,
- priebežne sledovať, diagnostikovať a optimalizovať všetky

- dôležité funkčné parametre procesu a jeho výkon,
- vykonávať vlastnú kalibráciu pri zaznamenaní odchýlky, predpovedať preventívnu údržbu a upozorniť na potrebu servisu,
- spoznať štandardnú kvalitu práce výrobného systému a urobiť kroky k jej zlepšeniu,
- automaticky zachytiť, utriediť a zaznamenať katalóg znalostí procesov,
- umožniť výrobu variantov produktov v malých množstvách,
- rozoznať zmeny a odporučiť vhodné reakcie pracovníkov na zachovanie stability systému,
- pracovať v energeticky úspornom režime a šetrne k životnému prostrediu,
- automaticky zvýšiť bezpečnosť pracovníkov a umožniť intuitívne interakcie.

Definícia IWG [2] uvádza, že inteligentná a integrovaná výroba je uplatňovanie pokroku v oblasti softvéru, riadenia, senzorov, sietí a ďalších informačných technológií na dosiahnutie:

- rýchleho, cenovo predikčného vývoja inovatívnych produktov a procesov,
- vysokoproduktívnych a bezpečných výrobných strojov a systémov, ktoré sú ľahko prispôsobiteľné a rekonfigurovateľné v reakcii na meniace sa podmienky a nové príležitosti,
- optimalizovaných a agilných podnikov a dodávateľských reťazcov.

Kľúčové zložky v štruktúre inteligentnej výroby prezentuje obr. 2.



Obr. 2 Model hlavných zložiek inteligentnej výroby

Vybranými témami výskumu a vývoja pre inteligentnú a integrovanú výrobu sú:

- simultánny vývoj produktov a procesov,
- spoločná a rozširiteľná architektúra ICT,
- unifikované výrobné informácie a kompatibilná infraštruktúra,
- zásobníky výrobných znalostí,
- informačné systémy pre výrobu typu plug-and-play,
- flexibilné a komplexné podávanie informácií,
- distribuované modelovanie výrobkov v kolaboratívnom prostredí,
- priame modelovanie nákladov,
- 100 % dostupnosť systémov ICT,
- flexibilné, rekonfigurovateľne distribuované podnikové operácie,
- najvyššia úroveň optimalizácie produktov, procesov a zdrojov,
- bezproblémové dáta a aplikácie interoperability.

Metodológia výskumu sa zameriava na [2]:

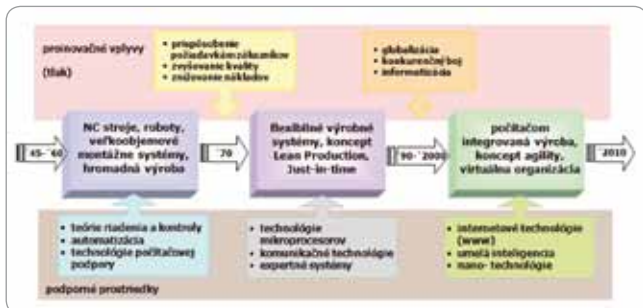
- nástroje na analýzu, navrhovanie, testovanie a verifikáciu softvéru,
- sémantiku a dizajn implementácie programovacích jazykov,
- škálovateľné softvérové architektúry,
- techniky spracovania zložitých kombinácií požiadaviek v reálnom čase a koordináciu riadenia v prostredí náchylnom na poruchy,
- automatické generovanie testov softvérovej integrácie interoperability dodávateľského reťazca,
- štandardy rozhraní pre systémy operatívneho riadenia výroby,
- modely interoperability systémov počítačom podporovaného inžinierstva,
- softvérové modely riadiacich systémov v reálnom čase.

Ďalší prístup k rozboru problematiky inteligentnej výroby prezentuje štúdia EU – Intelligent Manufacturing Roadmap Towards the Process Industry Lean Factory of the 21st Century, vypracovaná skupinou Intelligent Manufacturing WG (WG1-Profit) [4]. Interpretácia definície: inteligentná výroba je progresívne budovanie



integrovaného riadenia výroby, ktoré prepojuje všetky technologické aspekty (využitie senzorov, riadenia procesov, IT systémov, plánovanie výroby, ..) s pridaním inteligencie prostredníctvom modelovania a pokročilého riadenia vrátane kognitívnych automatizačných konceptov a diagnostických nástrojov. Optimalizácia, simulácia, expertné znalosti a umelá inteligencia sú v koherencii a interakcii s ľudskou inteligenciou.

Fázy implementácie jednotlivých zložiek inteligentnej výroby ukazuje schéma na obrázku 3.



**Obr. 3** Postupnosť implementácie jednotlivých zložiek inteligentnej výroby [4]

Podľa [5] nová výrobná paradigma inteligentnej výroby vznikla zo súbežného inžinierstva a z virtuálnych organizácií. Inteligentné výrobné systémy (IMS) považuje za veľké súbory ľudských a softvérových agentov s rôznou úrovňou znalostí, ktoré musia postupovať synergicky a koordinovať sa v rôznych zostavách s cieľom reagovať na dynamicky sa meniace požiadavky. Systémy pôsobiace v nepredvídateľnom a turbulentnom prostredí musia riešiť tieto problémy:

- integrované plánovanie a rozvrhovanie výroby (matematické modely a ich kombinácie, operačný výskum, odhad vhodnosti typového riešenia, parametricky škálovateľné moduly na optimalizáciu výroby, integráciu inteligentných technológií a hybridných inteligentných systémov),
- real-time riadenie výroby (rozpoznávanie situácií a riešenie problémov v súvislostiach, podpora rozhodovania, reaktívne a proaktívne algoritmy a riadenie výrobných systémov a ich podpory),
- správu distribuovaných systémov spolupráce (multiagentných systémov v hierarchických a heteroarchických architektúrach, modely na opis výrobnéj siete, funkčnú previazanosť siete, analýzu a prerokovanie mechanizmov a komunikačných protokolov na efektívne správanie týkajúce sa vzájomne súvisiacich priestorových a časových účinkov).

Typové prvky charakterizujúce inteligentnú integrovanú výrobu sú na obr. 4.



**Obr. 4** Charakteristické prvky inteligentnej výroby [8]

Inteligentný výrobný podnik zahŕňa tieto funkcie:

- prispôbivosť – primárnu úroveň inteligencie, čo znamená schopnosť konať podľa pravidiel „if – then – else“ (ak – potom – inak),
- uvažovanie – vyššiu úroveň, ktorá zahŕňa prípravu nových možných scenárov a alternatívnych stratégií „what if...“ (čo keby...),
- vyjadrenie znalostí a spracovanie (predstavuje zaoštrenie, identifikáciu funkcií a organizáciu prepojených štruktúr).

## Záver

Všeobecné trendy inovácií výrobných systémov charakterizujú produktivita, flexibilita, vysoká presnosť a kvalita, ohľaduplnosť k životnému prostrediu a prijateľnosť investičných nákladov. Ďalšími znakmi sú: pružná adaptabilita, ergonomická štandardizovanosť, úspornosť bez nadbytočnosti a ohnisk plytvania, okamžitá prevádzkyschopnosť, možnosť inštalovania kdekoľvek na svete, absencia zdĺhavých časov oživenia a uvedenia do prevádzky, vylúčenie dodatočných nákladov, optimálna energetická náročnosť, možnosť zmeniť usporiadanie a reorganizovať činnosť od prípadu k prípadu tak, aby vyhovovali aktuálnym produktom a objemom výroby. Všeobecným znakom je aj aplikácia vyspelých technológií, osobitne ICT.

Tento článok je výstupom projektu Centrum výskumu riadenia technických, environmentálnych a humánnych rizík pre trvalý rozvoj produkcie a výrobkov v strojárstve (ITMS: 26220120060) s podporou operačného programu Výskum a vývoj, financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Literatúra

- [1] KOVÁČ, Milan a kol.: Tvorba a riadenie inovácií. Košice : TU – SJF, 2011. 254 s. ISBN 978-80-553-0824-1.
- [2] NSTC (The National Science and Technology Council): Manufacturing the Future – Federal Priorities for Manufacturing Research and Development. Committee on Technology, Interagency Working Group on Manufacturing R&D. Washington, 2008 [online]. [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: [http://www.manufacturing.gov/pdf/NSTCIWGMFGRD\\_march2008\\_report.pdf](http://www.manufacturing.gov/pdf/NSTCIWGMFGRD_march2008_report.pdf)
- [3] KOVÁČ, Milan: Budúca výroba – agilita. In: The 14th International Scientific Conference: Trends and Innovative Approaches in Business Processes “2011”: Zborník príspevkov. Košice : Strojnícka fakulta, 2011. [online] [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: <http://www.sjf.tuke.sk/kpiam/TalPvPP/2011/index.files/clanky/Milan%20Kovac%20Buduca.pdf>.
- [4] CHEFNEUX, Luc et al: Intelligent Manufacturing roadmap – Towards the process industry lean factory of the 21st century Intelligent Manufacturing. WG (WG1-Profit) ESTEP, September 3rd 2009. [online] [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/estep/docs/estep\\_im\\_roadmap\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/estep/docs/estep_im_roadmap_en.pdf).
- [5] DUMITRĂCHE, Ioan – CARAMIHAI, Simona: The Intelligent Manufacturing Paradigm in Knowledge Society. InTech, 2010. ISBN 978-953-7619-94-7 [online] [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/the-intelligent-manufacturing-paradigm-in-knowledge-society>.
- [6] Portal of the EU Integrated Project My Car. [online] [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: [www.mycar-project.eu/MyCar-posterbook.pdf](http://www.mycar-project.eu/MyCar-posterbook.pdf).
- [7] Next-Generation Manufacturing Technology Initiative: Strategic Investment Plan for the Model-Based Enterprise. 2005. [online]. [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: [http://www.imti21.org/documents/ngmti\\_mbe\\_roadmap.pdf](http://www.imti21.org/documents/ngmti_mbe_roadmap.pdf).
- [8] IMTI: Intelligent and Integrated Manufacturing Systems. In.: NDIA Modeling and Simulation Committee, 23.4.2007. [online] [cit. 2012-01-23]. Dostupné na internete: [http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/SystemsEngineering/Documents/Committees/M\\_S%20Committee/2008/April%202008/Intelligent%20and%20Integrated%20Manufacturing%20Systems%20%28Neal%29.pdf](http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/SystemsEngineering/Documents/Committees/M_S%20Committee/2008/April%202008/Intelligent%20and%20Integrated%20Manufacturing%20Systems%20%28Neal%29.pdf).

Lubica Kováčová

Andrea Lešková

Technická univerzita Košice  
Strojnícka fakulta,  
Katedra technológií a materiálov  
Mäsiarska 74, 040 01 Košice  
lubica.kovacova@tuke.sk  
www.sjf.tuke.sk/ktam