

PRŮMYSL 4.0 V OBORU VÝROBNÍCH STROJŮ

Ing. Petr Kolář, Ph.D., Ing. Jan Smolík, Ph.D.

RCMT, Fakulta strojní ČVUT v Praze,
umístění na MSV: pavilon P, stánek 150 (expozice Kovosvit MAS)

O čtvrté průmyslové revoluci je každý čtenář technických periodik dostatečně informován. Především rok 2016 a částečně i počátek roku 2017 přinesly v této oblasti skutečnou smršť informací. Bohužel většina byla spíše vizionářského nebo marketingového charakteru s chybějícím konkrétním technickým obsahem. V mnoha firmách tedy stále zůstává ve vzduchu viset otázka: V čem by nám to mohlo pomoci řešit naše potřeby?

MSV 2017 | www.mmspektrum.com/171053

(např. měření vzdálenosti), nebo nepřímé měření veličin (např. měření vibrací při obrábění pro sledování stavu řezného procesu). Ačkoli to na první pohled vypadá jasně, praktické nasazení je limitováno řadou technických omezení (např. zašumění signálu a nutnost jeho filtrace, odolnost snímačů v pracovním prostředí aj.), ekonomických omezení (cena celého přídavného HW a SW) a též komunikačních omezení (jaká informace bude na výstupu a jak jí bude konkrétní člověk nebo stroj rozumět a využívat ji).

Příklady v praxi realizovaných řešení

Prvním příkladem integrace přídavného HW a SW do stroje je poloautomatické řešení pro vyrovnávání polohy dílců v pracovním pro-

Následující článek si klade za cíl prezentovat konkrétní kroky v této oblasti v České republice v oboru výrobních strojů.

Nahradíme lidi ve výrobě stroji?

Z pohledu výrobních strojů je zásadním milníkem „třetí průmyslová revoluce“, kdy v padesátých letech minulého století vzniklo číslkové řízení (NC) strojů, které se do dnešních dnů stále zdokonaluje a je základem veškeré moderní výroby. Od vzniku NC do dnešní doby se vyvíjejí stroje snaží vyvinout dokonalejší výrobní zařízení pro lepší výrobu. Číslkové řízení strojů a výrobních systémů umožnilo realizovat produktivní výrobu a kontrolu stále složitějších dílců. Současně se člověk ve výrobním procesu často ukazuje jako rizikový faktor, který se konstruktéři výrobních systémů stále snaží překonat a eliminovat. Odstraněním člověka z procesu řízení stroje eliminujeme potenciální zdroj chyb, ale také se připravujeme o řadu „senzorů“ a „inteligentních rozhodovacích funkcí“, které musejí být nahrazeny více či méně složitými, drahými a robustními senzory a navazujícími technickými algoritmy. Tento technický vývojový proces trvá prakticky od zavedení NC, takže bezobslužnost výrobních provozů není nějakou novinkou poslední „průmyslové revoluce“.

Výroba na konvenčních strojích (bez NC řízení) měla jednu zásadní technickou výhodu: operátor stroje realizoval jeho řízení s přímou zpětnou vazbou na rozměr a jakost vyráběné součásti. O efektivitě a produktivitě jeho práce rozhodovaly jeho znalosti a zkušenosti. Čtvrtá průmyslová revoluce je definována jako masivní průnik informačních a komunikačních technologií (ICT) do výrobních procesů. ICT je zde však pouze dalším nástrojem pro dosažení hlavních požadavků na výrobní stroje a technologie (lepší přesnosti, produktivity, jakosti, spolehlivosti, efektivitě a menší spotřeby energie). Tento nástroj má zajistit propojení a efektivní spolupráci všech souvisejících systémů. Pro oblast výrobních strojů tedy platí, že větší integrace ICT do strojů nemá za primární cíl dosáhnout plné bezobslužnosti výroby, ale zajistit efektivní spolupráci stroje s člověkem a dalšími stroji. Řada technických výrobních operací je

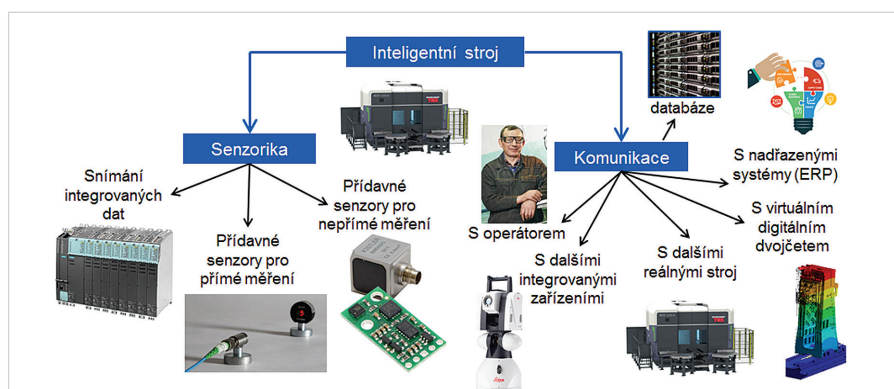
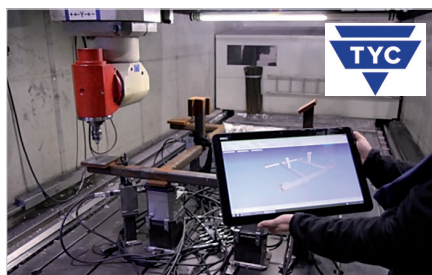


Schéma chytrého výrobního stroje

komplexních a jejich automatizace je svázána s řadou výzev. Řešení takových úkolů přináší v praxi další náklady, jejichž návratnost je firmami vždy přísně posuzována.

Principy technických řešení

Pro naplnění výše uvedených šesti hlavních požadavků na výrobu musí strojní zařízení i jeho obsluha vědět: 1. co se děje ve stroji a procesu; 2. jak tomu rozumět v kontextu realizované výroby; 3. co s tím dělat pro minimalizaci negativních dopadů; 4. jak tomu předejít v budoucnu. Pro informace o aktuálním stavu stroje a procesu lze využít řadu interních dat z řídicího systému stroje. Dále je možné stroj dovybavit přídavnými senzory, ať už pro přímé měření veličin



Vyrovnání polohy obrobku před upnutím a obráběním na portálové frézce. Obsluha stroje celý systém ovládá z přenosného tabletu propojeného s řídicím systémem stroje pomocí Wi-Fi.

storu velkých obráběcích strojů. Popisované řešení bylo prakticky oživeno a otestováno týmem RCMT ve firmě Strojírna Tyc, s. r. o., na jejich portálovém obráběcím centru. Při umístění dílce do stroje je nutné provést před samotným upnutím a frézováním jeho vyrovnání. Tento postup zajistí, že obrábění proběhne v rámci přídavků dílce. Nedojde tak k „profrézování“ do konečného tvaru dílce nebo naopak „nedofrézování“ ploch v důsledku chybějícího materiálového přídavku. Je tedy nutno vyrovnat naklopení dílce v rovinách XZ a YZ, což dělá obsluha stroje měřením polohy dílce a vypočítáním zvolených míst plechovými podložkami. Pokud dílec není předem orýsovaný, vyžaduje operace čas a zkušenou obsluhu. Nově navržené řešení využívá motorizovaných pohyblivých podpěr a speciálního ovládacího softwaru s online 3D vizualizací dílce, který má obsluha pro lepší kontrolu situace na přenosném tabletu. Celý systém je propojen s řídicím systémem obráběcího stroje, v tomto případě s Heidenhain iTNC530. Operátor nejdříve provede ruční navedení stroje do výchozího bodu podle animace na přenosném tabletu (hrubé určení polohy dílce v pracovním prostoru) a následně spustí automatický režim proměření reálné polohy a tvaru dílce pomocí dotykové sondy. Ovládací SW následně díky automaticky získaným informacím vypočítá potřebnou změnu polohy dílce a posune nulový bod a zobrazí výsledek obsluhy. Pokud obsluha návrh

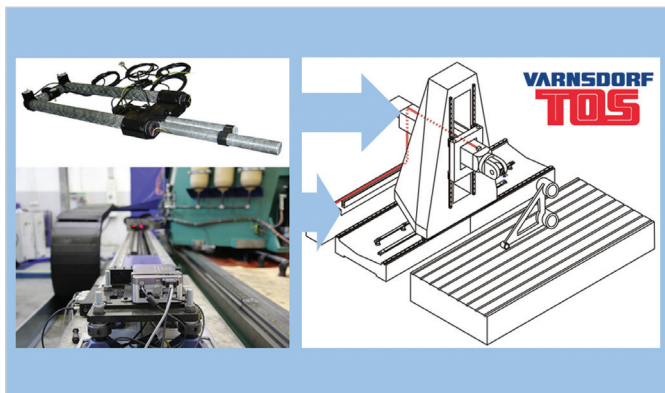
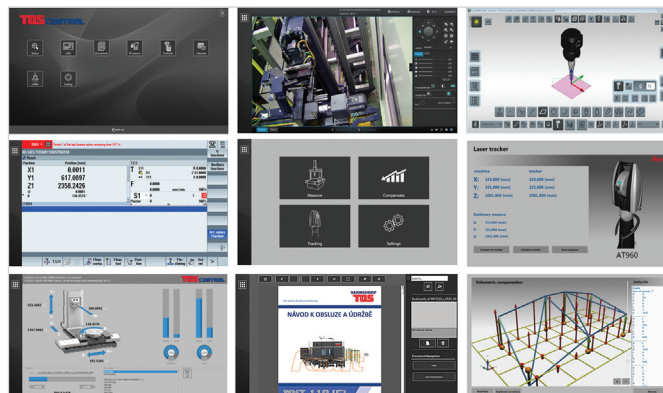


Schéma nezávislého přídavného odměřovacího zařízení na bázi laseru integrovaného do stroje firmy TOS Varnsdorf, a. s.



Příklady specializovaných uživatelských obrazovek systému TOS Control, který je otestován jako nadstavba řídicího systému Siemens Sinumeric 840D sl.

potvrdí, dojde k automatickému vyrovnání dílce a odeslání informace o jeho aktualizované poloze do řídicího systému. Následně je vyrovaný dílec upnut a je spuštěn NC program pro obrábění. Při zkouškách došlo tímto poloautomatickým řešením ke zkrácení vedlejšího času potřebného k ustavení dílce o 75 %. Tato časová úspora znamená akceptovatelnou dobu návratnosti investice do přídavného zařízení.

Druhým příkladem je plně automatické řešení pro korekci geometrických chyb obrobní v důsledku statického zatížení stroje nebo působení tepla na stroj. Řešení vyvinuté společným týmem RCMT a TOS Varnsdorf, a. s., je primárně založeno na vestavení přídavných laserových odměřovacích zařízení do konstrukce stroje. Tento přídavný měřicí systém identifikuje polohu klíčových částí stroje v prostoru pomocí nezávislého odměřování a následně i deformaci jeho navazujících částí až do místa v blízkosti konce nástroje. V důsledku toho lze provést nezávislé měření skutečné polohy čela smykadla a to zavést jako nové hodnoty do ko-

rekčních tabulek stroje. Stroj tak není odkázan na lépe či hůře přednastavené sady tabulek, ale je schopen si je vytvořit ad hoc v konkrétním požadovaném okamžiku, např. před kritickou dokončovací operací. Jinou variantou integrace nezávislého odměřování je sledování polohy konce smykadla standardním lasertrackerem umístěným v pracovním prostoru stroje a propojeným s jeho řídicím systémem. V obou případech umožňuje nezávislé odměřování polohy využít obráběcí stroj jako souřadnicový měřicí stroj (CMM) a změřené geometrické odchylky dílce automaticky implementovat jako korekci do řídicího systému stroje. Tato funkcionality je podtržena i tím, že pro operaci měření dílce je možné stroj ovládat metrologickým SW, který se běžně používá na CMM. Realizace nezávislého měření rozměrů dílce přímo v pracovním prostoru stroje umožňuje ušetřit čas za mezioperační manipulaci s dílcem, což opět vede k úsporám znamenajícím rychlou návratnost investice do přídavného měřicího systému. Řešení s využitím lasertrackeru firma

TOS Varnsdorf prezentovala též na právě skončeném EMO 2017 v Hannoveru.

V obou zmíněných případech musí CNC systém stroje zajistit komfortní ovládání přídavných zařízení bez vysokých nároků na obsluhu. Právě komunikace s obsluhou se stává dalším klíčovým bodem ve zvyšování efektivity využití moderních strojů. Možnost měnit způsob ovládání stroje podle prováděné operace (obrábění/vyrovnání a upínání dílce/měření obrobeného dílce) vyžaduje další nadstavbu řídicího systému, která v sobě integruje jak komunikační rozhraní s obsluhou, tak řízení doplňkových systémů. Originální řešení vyvinutým v ČR je v této oblasti nadstavba TOS Control, kterou firma TOS Varnsdorf, a. s., též představila jako další vývojový prvek svých strojů na EMO v Hannoveru.

Uvedené aplikace jsou ukázkou integrace přídavných systémů do stroje pro zlepšení hlavních užitečných vlastností stroje, včetně rozšířené komunikace s obsluhou. Do budoucna se bude rozvíjet inteligence strojů v oblasti autonomní schopnosti reagovat na neočekávané situace.



DIGITALIZACE – cesta ke zvyšování efektivity výrobních procesů

ve spolupráci s konferencí ARaP - Automatizace, Robotizace a Procesy

- současný trend digitalizace jako podpůrný prostředek ke zvýšení konkurenceschopnosti a produktivity
- aplikace moderních řídicích a výrobních nástrojů

15. listopad 2017

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky, ČVUT v Praze

www.strojforum.cz

Organizátor



Spoluorganizátor



Hlavní partner

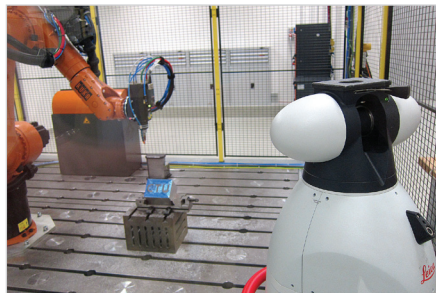


Generální mediální partner



Digitální dvojče stroje a obrobku

Významným prvkem, který je v souvislosti se čtvrtou průmyslovou revolucí zmiňován, je digitální dvojče. Co si pod tím představíte? Digitální dvojče reprezentuje chování fyzicky existujících komponent, nebo celých mechatronických soustav. V praxi si můžeme představit např. digitální model obráběcího stroje, který v sobě obsahuje matematický popis dynamického chování nosné struktury stroje, mechanické stavby pohonů a jejich zpětnovazebního řízení a propojení s jádrem řídicího systému. Pokud na vstup takového modelu vložíme NC kód, umožní digitální dvojče stroje provést virtuální odbavení programu a simulaci pohybů strojních os včetně parazitních vybuzených vibrací. Výsledkem je predikce přesnosti a jakosti povrchu obrobku a zcela přesná predikce doby obrábění. Vzniklý model dílce je tzv. digitálním dvojčetem obrobku, protože v sobě nese znaky reálné podoby dílce. Aktuální úroveň digitálních modelů strojů vyvinutých v RCMT umožňuje simulovat všechny výše uvedené vlivy na výslednou podobu obrobku. Digitální modely strojů a obrobků jsou v RCMT využívány zejména pro simulaci a optimalizaci obráběcích procesů menších a středně velkých pětiosých obráběných dílců. Díky modelovému popisu vazeb v celém systému stroj – obrobek lze následně optimalizovat proces obrábění (NC kód, nastavení interpolátoru, nastavení parametrů pohonů) bez přítomnosti reálného stroje. To



Ukázka robotické obráběcí buňky instalované v testbedu CIIRC ČVUT v Praze. Na tomto příkladu je ukázána integrace robotu a nezávislého odměřování jeho polohy lasertrackerem. Toto lze využít pro korekci polohy robotu, kalibraci robotu nebo pro postprocesní rozměrovou kontrolu dílce.

z němčiny, který označuje zkušební zařízení pro testování technických řešení. V České republice jsou aktuálně dvě taková zařízení, která nabízejí své služby a kapacity technické veřejnosti. Na jaře tohoto roku vznikla v kuřimském výzkumném centru Intemac tzv. výrobní buňka 4.0. Základem buňky je obráběcí centrum firmy Tajmac-ZPS, které je propojeno s pomocí robota Comau s měřicím strojem Renishaw Equator. Zásadní je systémová integrace realizovaná firmou B+R umožňující provoz buňky se zpětnou vazbou do stroje z měřicího zařízení. Pro sběr a vyhodnocení dat je využíván SW firmy SEWIO. Na počátku září byl otevřen test-

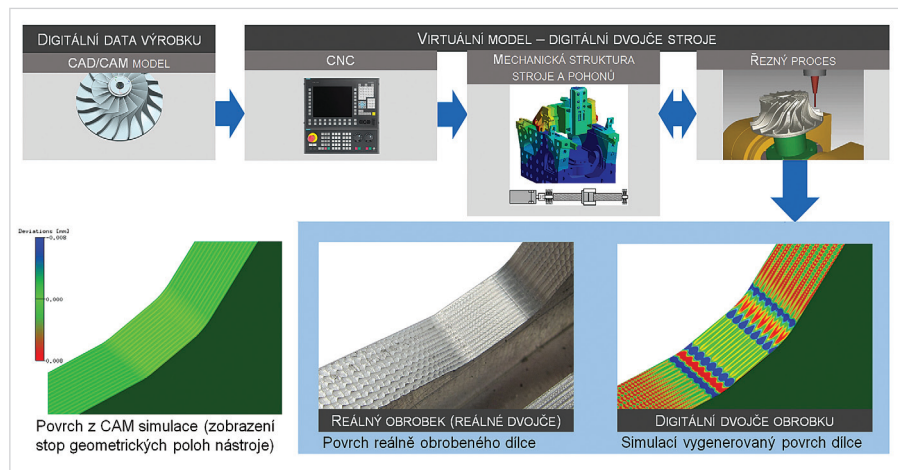
Oba testbedy spojuje otevřená nabídka firmám k inspiraci a ověření některých principů. V této souvislosti je nutné si uvědomit, že podobná zařízení sice obsahují reálné stroje, ale obvykle nerealizují reálnou technickou výrobu. Jedná se o ukázkou propojení HW a SW systémů do jednoho celku, zejména ne v reálném objemu. Jedná se o „posilovnu“, kde firmy mohou trénovat na skutečný výkon podaný následně ve své výrobě. Taková zařízení by firmám měla pomoci zmenšit nejistoty a rizika před zaváděním automatizované inteligentní výroby tím, že bude možné jednotlivá dílčí zařízení i jejich integraci ověřit v bezpečném prostředí „tréninkového centra“. Následně bude možné dopracovat implementaci v plně šíři v reálném výrobním provozu, ověřit funkčnost dílčích systémů a upřesnit investiční náklady a náročnost HW a SW implementace.

Závěr

V článku jsme se pokusili shrnout některé hlavní aspekty související s aktuální diskuzí okolo tzv. čtvrté průmyslové revoluce. Je třeba si znovu připomenout, že Průmysl 4.0 není cílem, ale nástrojem pro dosažení požadovaných hlavních užitných vlastností výrobních strojů a technologií. Průmysl 4.0 je paradigma uvažování, které integruje více informací a vstupů z různých zdrojů (reálných a virtuálních, lokálních i vzdálených) a různých časových období, umožňuje sdílení dat a současně decentralizované rozhodovací procesy na úrovni jednotlivých výrobních strojů. Řešení využívají řadu nejnovějších nástrojů ICT, ale i ty jsou stále jen prostředkem k dosažení výše uvedeného cíle. Pro konkrétní technologické aplikace je nutno systém navrhnout zákazníkovi na míru, protože každá výroba je jiná a má jiná kritická místa a kontrolní hodnoty. V článku jsou zmíněny dva konkrétní příklady, kdy vývojem nových HW zařízení a jejich kompletní SW integrací do stávajícího stroje bylo možné zlepšit produktivitu nebo přesnost výrobního procesu.

Zavedení nových řešení pro výrobu musí vždy předcházet strategické rozmyšlení konceptu, způsobu integrace vstupních dat a způsobu komunikace s okolím. Výhodou je, že SW řešení na pozadí je snadno škálovatelné (přenositelné i na jiné velikosti strojů a aplikací). V této souvislosti ve výhodně využít tzv. testbedů, které umožňují vyvíjet a testovat nová specifická řešení i jejich modifikace a minimalizovat tak nejistoty před zavedením řešení do reálné výroby. ■

ČLÁNEK VZNIKL S PODPOROU TAČR V RÁMCI PROJEKTU TE01020075 CENTRUM KOMPETENCE – STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA.



Reálný NC program je možno spustit ve virtuálním stroji a tak vygenerovat věrnou podobu budoucího dílce se zohledněním vlivu stroje a procesu.

umožňuje zkrátit čas odladění technologie na stroji a tak zajistit efektivnější využití jeho disponibilního času. V současné době již existují digitální dvojčata několika konkrétních strojů od tří firemních partnerů. Využívání digitálních dvojčat vyžaduje prozatím širší odborné znalosti a je proto nabízeno jako pokročilá služba technologické podpory v úzké součinnosti s koncovým uživatelem (technologem odpovídajícím za konkrétní technickou aplikaci).

Využití testbedů

V souvislosti s průmyslovou revolucí se též často zmiňují tzv. testbedy. Jedná se o pojem převzatý

bed Průmyslu 4.0 v rámci CIIRC ČVUT v Praze, který je součástí vzniklého Národního centra Průmyslu 4.0. Tento testbed je z hlediska vybavení rozsáhlejší, neboť má za cíl simulovat celou výrobní linku s více typy výrobních procesů (aditivní výroba, obrábění, laserové technologie, montáž automatická i kolaborativní člověk + robot, různé typy mezioperační dopravy). Základní řízení a datová integrace jsou založeny na HW a SW firmy Siemens. Celá linka je napojena na ERP systém firmy ABRA. Testbed má v této oblasti další možnosti alternativních HW a SW řešení pro testování systémové integrace.