

Co je to servisní robotika a jaké jsou její perspektivy?

O servisní robotice se tvrdí, že je to obor s ohromnou perspektivou rozvoje. Letos bude servisní robotika jedním ze zdůrazněných témat veletrhu Automatica v Mnichově. Ale co to vlastně je servisní robotika? Jaký „servis“ poskytují servisní roboty? Je servisní robotika příležitostí i pro české firmy?

- Na čtyři anketní otázky nám odpověděli:
- Alessio Cocchi, Marketing Manager, COMAU,
 - Dr. Heinrich Frontzek, Head of Corporate Communication, Festo AG & Co. KG,
 - doc. Ing. Pavel Nahodil, CSc., katedra kybernetiky FEL ČVUT v Praze,
 - RNDr. David Obdržálek, Ph.D., katedra teoretické informatiky a matematické logiky MFF UK v Praze,
 - Jesper Sonne Thimsen, Area Sales Manager, Central & Eastern Europe, Universal Robots.

Jak byste definoval obor servisní robotiky?

Jesper Sonne Thimsen, Universal Robots:
Mezinárodní federace robotiky (IFR) definuje servisní robot jako robot, který pracuje částečně nebo zcela samostatně a vykonává služby užitečné pro blaho lidí, s výjimkou výrobních operací. Tuto definici doplním, že servisní robot by měl být schopen komunikovat a bezpečně a efektivně spolupracovat se svými lidskými kolegy.

Heinrich Frontzek, Festo:

V roce 1994 definoval prof. R. D. Schraft servisní robot jako pohyblivé manipulační zařízení, které je volně programovatelné a vykonává úlohy a služby částečně nebo zcela automaticky. Tyto úlohy a služby nemusí být nutně spojeny s průmyslovou výrobou a nemusí jít nutně o práci s materiálními prostředky, jak je tomu u typických průmyslových robotů. Doménou servisních robotů jsou podle prof. Schrafta zejména služby lidem a služby při správě a údržbě nemovitostí.

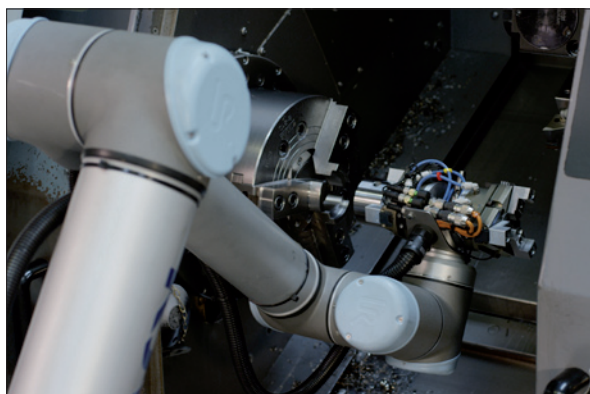
Naše definice servisního robotu je velmi podobná. Servisní roboty jsou určeny k tomu, aby svoje úlohy a služby vykonávaly v prostředí s bohatými interakcemi mezi robotem a člověkem.

Festo není výrobce robotů, ani průmyslových ani servisních, ale naším úkolem je hledat zcela nové konstrukční principy, způsoby řízení robotů a zajištění bezpečnosti interakcí člověk-stroj pro obor servisní robotiky.

David Obdržálek, MFF UK:

Jakkoliv je označení „servisní robot“ definováno normou ISO 8373:2012, domnívám se, že zcela přesně obsah oboru ser-

visní robotiky stanovit asi nelze – stejně jako u jiných oborů nejsou ani zde hranice zcela přesně dány. Ve stručnosti je „servisní robot“ definován jako robot, který pomáhá člověku nebo jinému robotu a nejde o průmyslovou automatizaci. To může být někdy trochu nejasné právě tím vydělením průmyslové automatizace – např. robotizovaná automobilová výrobní linka do servisní robotiky nespadá, ale naproti tomu je možné



Obr. 1. Roboty UR jsou určeny pro malé a střední firmy a umožňují přímou spolupráci s lidskou obsluhou (Universal Robots)

použít průmyslový manipulátor z této linky mimo průmysl, a to servisní robotikou nazvat lze. Vždy ale jde o pomoc, doplnění či nahrazení nějaké akce, tedy vlastně o význam blízký původnímu Čapkovu odvození slova *robot* od českého slova *robota* jako označení těžké, namáhavé nebo nepřijemné práce, kterou teď robot bude dělat místo člověka.

Ještě si dovoluji poznámku: spojení *servisní robot* může být v češtině chápáno poněkud zavádějícím způsobem. Slovo *servis* je totiž česky významově jinde než v angličtině, protože jej používáme spíše ve smyslu *oprava* než *služba* či *pomoc*. Takže i servisní robot chápeme intuitivně spíše jako opraváře místo správnějšího určení jako pomocníka.

Oproti angličtině máme ale krásnou výhodu v dvojném možném označení robotů: roboty i roboti; pro servisní robotiku bych vzhledem k té oblasti „pomoc člověku nebo jiným robotům“ hovořil rád o robotech životných, protože to automaticky evokuje něco inteligentního nebo alespoň inteligentnějšího než neživotný robot-stroj.

Pavel Nahodil, FEL ČVUT:

Také se kloním k definici podle Fraunhoferova institutu IPA a mezinárodní federace IFR, jež je součástí normy ISO 8373:2012: „Servisní robot je volně programovatelné mobilní zařízení, jež částečně nebo plně automaticky vykonává úkony, které nejsou určeny přímo k průmyslové výrobě produktů, nýbrž poskytují lidem a zařízením služby.“ Norma přitom rozlišuje dvě kategorie – *osobní servisní roboty* a *profesionální servisní roboty*.

Alessio Cocchi, Comau:

Existuje mnoho složitých definic servisních robotů. Jednoduše řešeno, servisní roboty jsou podle mého názoru roboty, které mohou pracovat společně s lidmi (nebo jinými živými bytostmi), pomáhají jim a asistují jim.

V kterých oborech se servisní roboty uplatňují nejvíce a kde očekáváte rozvoj v následujících letech?

Alessio Cocchi, Comau:

V současné době je největší oblastí použití servisní robotiky asistenční technika pro postižené a nemohoucí osoby. Další velkou oblastí je jejich využití v domácnosti. V profesionální oblasti

servisní robotiky jsou to roboty pro zásobování, sklady a výrobní logistiku.

Heinrich Frontzek, Festo:

Servisní roboty se uplatní tam, kde dochází k bezprostřední interakci mezi člověkem a robotem. Klíčová je zde otázka bezpečnosti – my proto těmto robotům říkáme také soft-roboty.

Jesper Sonne Thimsen, Universal Robots:

Servisní roboty se uplatňují zvláště mimo výrobní prostředí. V podstatě všude tam, kde je nutná vysoká přesnost nebo kde je nutné ulehčit pracovní proces lidským kolegům. Typickým příkladem může být zdravotnictví.

David Obdržálek, MFF UK:

V současnosti je již rozvinuté využití servisní robotiky v obou jejích oblastech: profesionální a osobní.

V profesionální oblasti servisní roboty používají odborníci v komerčním prostředí; roboty např. přepravují materiál v továrnách, pomáhají hasičům s manipulací s nebezpeč-



RNDr. David Obržálek, Ph.D., Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, katedra teoretické informatiky a matematické logiky

Spojení *servisní robot* může být v češtině chápáno poněkud zavádějícím způsobem. Slovo *servis* je totiž česky významově jinde než v angličtině, protože je používáme spíše ve smyslu *oprava* než *služba* či *pomoc*. Takže i servisní robot chápeme intuitivně spíše jako opraváře místo správnějšího určení jako pomocníka.



Doc. Ing. Pavel Nahodil, CSc., katedra kybernetiky FEL ČVUT v Praze

Zdalem ale již nejde pouze o robotické vysavače, sekačky trávy, čističky bazénů, ale zejména o roboty pro zábavu a hry a vzdělávací roboty. Značný nárůst využívání servisních robotů je očekáván v oblastech, jako je obrana, záchranné akce a bezpečnost, rovněž u dojíčích robotů, inspekčních robotů, robotů v logistice nebo v lékařské technice a mobilních robotických platformech.



Jesper Sonne Thimsen, Area Sales Manager, Central & Eastern Europe, Universal Robots

Příkladem využití robotů od firmy Universal Robots (UR) jako servisních robotů může být jejich zapojení do lékařského a farmaceutického výzkumu na univerzitě AGH v Krakově. Jedním z probíhajících projektů je zapojení robotu do gynekologicko-urologických výkonů, při kterých bude robot UR zavádět kmenové buňky do lidského těla. Jeho přesnost je mnohem větší než u člověka.

ným materiálem nebo lékařům při operacích. V osobní servisní robotice jsou roboti využíváni běžnou veřejností a pro přímou pomoc člověku, např. jako úklidoví roboti v domácnosti, osobní asistenti, průvodci apod.

Masivní rozvoj v poslední době jde především směrem ke zviditelnování robotů jako takových, je tedy možné čekat, že i v nejbližší budoucnosti se servisní roboty a servisní roboti budou více objevovat mezi lidmi nejen jako kuriozity, ale i jako praktičtí a každodenně užiteční pomocníci. A samozřejmě očekáváme zvyšující se samostatnost a inteligenci robotů jako takových, tedy i v servisní robotice.

Pavel Nahodil, FEL ČVUT:

Podle údajů Mezinárodní robotické federace (IFR) se v letech 2012 až 2013 prodalo

nejméně 93 800 nových profesionálních servisních robotů (PSR) za 12,5 miliardy eur. Celkem tak bylo v roce 2013 na celém světě již kolem 125 000 profesionálních servisních robotů.

Jejich největší nárůst od roku 2012, a to o téměř 22 000 kusů (44 % z celkového přírůstku), byl v kategorii servisních bezobslužných robotů pro plnění obranných úkolů, a to až již ryze vojenského charakteru, nebo pro bezpečnostní účely.

Hned na druhém místě jsou profesionální servisní roboty využívány v zemědělství a při úklidu a čištění. V zemědělském sektoru se uplatnily obzvláště robotizovaná dojíčící státní, kam dojnice přicházejí na dojení samy, lákány krmivem. Štítek RFID, který má kráva upevněna na krku, informuje robot (a podle potřeby i chovatele) o detailech, např. kdy byla kráva naposled podojena, kolik litrů mléka nadojila apod. Při dojení je průběžně (on-line) sledován a monitorován průtok a kvalita mléka. Přírůstky pro zemědělce jsou zřejmé: méně tělesné práce při dojení a žádné celoroční ranní vstávání k dojení. Výhody pro zvířata jsou rovněž významné: mají možnost sama rozhodnout, kdy budou podojena. Dojíčících robotů ve světě i v ČR velmi rychle přibývá.

Rychle rostou i počty servisních robotů používaných ke zcela automatizované sklizni – zatím ale jen vybraných zemědělských plodin. Zemědělské roboty představují 33 % celé profesionální robotiky. Roboty by sice mohly převzít v zemědělství a lesnictví velké množství úkolů, jako jsou např. sklizeň, postřik, výsadba nebo prořezávání stromů, avšak tyto požadavky jsou příliš komplexní a výsledná řešení zatím drahá.

Výraznou roli hrají roboty v oblasti lékařství a zdravotnických služeb. Nejúspěšnější je využití servisní robotiky v tzv. robotické chirurgii, tedy v chirurgii vedené či asistované počítači. Průkopníkem zde je již od roku 2000 robot Da Vinci americké společnosti Intuitive Surgical Inc. Ten ale původně nebyl plně autonomním systémem a neměl ani rozhodovací software – byl plně pod kontrolou chirurga. V Česku je jich již jedenáct. K nim přibyl koncem minulého roku v Ústřední vojenské nemocnici v Praze operační systém Da Vinci třetí generace, tedy ten v současnosti nejmodernější, s pokročilým softwarem na bázi umělé inteligence. Pro pacienta tyto moderní robotické systémy znamenají nejvyšší dosažitelnou bezpečnost operace a minimální dobu hospitalizace. Zároveň umožňují chirurgům provádět i takové typy minimálně invazivních a laparoskopických operací, které při použití standardně zavedených postupů často ani nelze uskutečnit. Jistým omezením profesionálních servisních robotů je stále jejich vysoká pořizovací cena (v řádu desítek milionů korun).

Trendem jsou servisní roboti, kteří mohou komunikovat s lidmi a jsou určeni na pomoc seniorům a lidem se zdravotním postižením. Roboti provádějí terapii a trénink zlepšující fyzické a kognitivní funkce nebo mohou sloužit jako inteligentní protézy. Výraznou roli hrají ale i v umožnění sociálního kontaktu „rozmlouvou“ a pomocí v krizových stavech zcela osamělým či hendikepovaným lidem.

Existuje stále větší poptávka po stavebních a demoličních systémech, robotech pro profesionální čištění, kontrolu a údržbu systémů, robotech určených pro záchranné práce a podvodní systémy.

Servisních robotů pro osobní a domácí použití bylo do konce roku 2013 podle odhadů více než 10,2 milionu. O jejich obrovském boomu svědčí i to, že jenom v roce 2012 se jich prodalo okolo tří milionů, zatímco nákladných servisních robotů pro profesionální užití „pouze“ 16 100.



Obr. 2. Výukový robot Robotino s chapadlem Bionic Handling Assistant (Festo)

Zdalem ale již nejde pouze o robotické vysavače, sekačky trávy, čističky bazénů, ale zejména o roboty pro zábavu a hry a vzdělávací roboty. Značný nárůst využívání servisních robotů je očekáván v oblastech, jako jsou obrana, záchranné akce a bezpečnost, rovněž u dojíčích robotů, inspekčních robotů, robotů v logistice nebo v lékařské technice a mobilních robotických platformech.

Na vzestupu jsou autonomní dopravní prostředky bez řidiče určené pro intralogistiku. Směrodatné jsou zde navigační techniky, díky kterým se mohou mobilní roboty samostatně pohybovat v nestrukturovaném prostředí, samy je rozpoznat, interpretovat, klasifikovat a bezpečně sledovat dané objekty.

Se stárnutím populace bude zvýšená poptávka po servisních robotech v oblastech sociálních, humánních a bezpečnostních. Zásobování postižených osob a péče o ně jejich osobními roboty je v současné době nejlépe řešena v Japonsku.

Můžete uvést některé příklady realizovaných nebo plánovaných projektů?

Jesper Sonne Thimsen, Universal Robots:

Jeden z příkladů využití robotů od firmy Universal Robots (UR) jako servisních robotů může být jejich zapojení do lékařského a far-



Dr. Heinrich Frontzek,
Head of Corporate Communication, Festo AG & Co. KG

Bionic Handling Assistant je robotické chapadlo určené tam, kde může dojít k jeho kontaktu, záměrnému nebo náhodnému, s člověkem. Jeho pružná konstrukce, inspirovaná sloním chobotem, vylučuje možnost poranění člověka. Chapadlo je přitom stejně obratné jako sloní chobot – má jedenáct stupňů volnosti. Uplatnění najde u asistenčních systémů ve zdravotnictví, při rehabilitaci nebo pro obsluhu hendikepovaných osob.



Alessio Cocchi,
Marketing Manager, COMAU

Společnost Comau v současné době nemá žádný výrobek určený speciálně pro oblast servisní robotiky, ale pracujeme na nové generaci průmyslových robotů – bezpečných robotech, které budou moci pracovat současně s lidskými pracovníky např. na montážních linkách bez rizika jejich zranění. Tyto roboty potom mohou být využity i jako servisní roboty, nejen v průmyslu při montáži, ale také v zemědělství, např. při chovu zemědělských zvířat.

maceutického výzkumu na univerzitě AGH v Krakově. Robot UR zde bude používán pro gynekologicko-urologické výkony, při kterých bude zavádět kmenové buňky do lidského těla. Jeho přesnost je mnohem větší než u člověka. Druhým projektem je účast robotu UR na přípravě cytotoxických léčiv. Nyní léky připravují specialisti, kteří vzhledem k vysoké toxicitě používaných látek mohou pracovat nepřetržitě jen několik hodin. Robot UR zlepšuje bezpečnost zaměstnanců a zvyšuje efektivitu, přesnost a rychlost přípravy.

Heinrich Frontzek, Festo:

Dobrym příkladem může být náš Bionic Handling Assistant. Jde o robotické chapadlo určené tam, kde může dojít k jeho kontaktu, záměrnému nebo náhodnému, s člověkem. Jeho pružná konstrukce, inspirovaná sloním chobotem, vylučuje možnost poranění člověka. Chapadlo je přitom stejně obratné jako sloní chobot – má jedenáct stupňů volnosti. Uplatnění najde u asistenčních systémů ve zdravotnictví, při rehabilitaci nebo pro obsluhu hendikepovaných osob. Ale nejen tam, uplatní se také např. v zemědělství. Zájem o něj mají i průmyslové podniky, zejména pro montážní pracoviště, kde robot spolupracuje s lidskou obsluhou.

Chapadlo Bionic Handling Assistant je vhodné také pro výukové účely. Robotino[®]XXT od firmy Festo Didactic (*obr. 2*) je

mobilní robot s pružným chapadlem určený pro žáky a studenty. Probouzí v nich zájem o moderní techniku inspirovanou přírodou a přitažlivou formou je učí základy robotiky.

Pavel Nahodil, FEL ČVUT:

Příklady lze uvést bezpočet: servisní robot s tankovací pistolí s automatickým naváděním pro čerpání pohonných hmot do automobilů, roboty pro sanaci v jaderných elektrárnách a jinak kontaminovaných pracovištích, šplhající roboty s přísavným nebo lanovým mechanismem pro čištění fasád a oken mrakodrapů, mostních pilířů nebo přehradních zdí, roboty pro čištění chodníků, nástupišť a jiných velkých ploch, roboty pro inspekci a údržbu povrchu trupů lodí a letadel.

Mobilní roboty lze najít v kancelářích, nemocnicích, na veletrzích atd., kde slouží jako průvodci, mnohoúčeloví pomocníci pro rozvoz pošty, balíků, léků, pro odvoz odpadu a k jiným potřebným servisním úkonům, včetně péče o pacienty. Významnou roli také sehrávají v ostraze důležitých rozsáhlých objektů, v protipožární ochraně jako mobilní zařízení určená do vysokých teplot atd.



Obr. 3. Robot se dvěma rameny Smart Dual Arm je určen pro montážní operace a spoluprací s lidskou obsluhou (Comau)

V armádách vyspělých států jsou stále častěji používána plně robotizovaná dálkově řízená špiónážní, průzkumná i bojová bezpilotní letadla a bezobslužná bojová vozidla kategorie SWORDS (*Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System*) vybavená automatickými zbraněmi nebo raketami. Bezobslužné profesionální mobilní roboty budou zcela určitě vyvíjeny i pro civilní sféru. Již nyní jsou využívány při likvidaci následků živelních pohrom nebo tam, kde je třeba sledovat rozlehlá území, jako např. v zemědělství a lesním hospodářství, při velkých živelních katastrofách nebo při výzkumu globálního klimatu.

Odborníci se nyní soustřeďují zejména na zvýšení samostatnosti a rozhodovacích schopností robotů v různých situacích, na zdokonalení jejich orientace v prostoru použitím optických, akustických a hmatových senzorů, intuitivní ovládnání a programování, propojení se systémy RFID apod.

Kombinací rozpoznávání a klasifikace objektů na bázi pokročilé umělé inteligence bude dále zdokonalováno využití prostorového samoučícího se rozpoznávání neznámých objektů pro servisní roboty všech typů.

David Obdržálek, MFF UK:

Jak jsem již uvedl, servisní robotika a robotičtí pomocníci jsou využíváni v průmyslu i v domácnostech. Dnes si již každý může koupit v obchodě s elektrospotřebiči robotický vysavač, což je právě velmi typický představitel servisní robotiky pro širokou veřejnost. Poměrně nově se objevují i třeba robotické sekačky na trávu nebo roboty pro trénování domácích mazlíčků. Do servisní robotiky patří také (nebo spíše „patří hlavně“) robotické vozíky, které postiženým výrazně pomáhají v běžném životě a ulehčují jim pohyb v přirozeném prostředí.

V medicíně je servisní robotika využívána již řadu let a mnoho nemocnic má a používá robotické vybavení. Jedním z prvních u nás bylo použití robotických vozíků pro přepravu materiálu v motolské nemocnici v Praze, nicméně dnes jsou roboti využíváni i pro přímé operace pacientů v oblasti roboticky asistované chirurgie (např. systémy Da Vinci, Aesop, Artemis a další). Bohužel v Česku robotická centra v medicíně oproti světu v poslední době začínají zaostávat a není zde patrný tak silný trend růstu jejich použití jako jinde ve světě (ale to není vinou lékařů ani robotů).

V některých muzeích se mohou návštěvníci setkat s roboty-průvodci, kteří s člověkem přímo komunikují.

Velmi zajímavý je projekt Robonaut americké NASA, ve kterém má humanoidní robot pomáhat astronautům ve vesmíru. Již od února 2011 je na ISS robot Robonaut 2, resp. jeho horní část (trup s hlavou a rukama). Dosud astronauti testovali jeho možnosti a schopnosti, v polovině dubna letošního roku dopravila zásobovací raketa Falcon 9 na ISS Robonautovi i nohy, které mu umožní plný pohyb jak uvnitř ISS, tak i ve volném vesmíru, což lidem velmi pomůže především při běžné údržbě a opravách stanice.

Alessio Cocchi, Comau:

Společnost Comau v současné době nemá žádný výrobek určený speciálně pro oblast servisní robotiky, ale pracujeme na nové generaci průmyslových robotů – bezpečných robotech, které budou moci pracovat současně s lidskými pracovníky např. na montážních linkách bez rizika jejich zranění (*obr. 3*). Tyto roboty potom mohou být využity i jako ser-

visní roboty, nejen v průmyslu při montáži, ale také v zemědělství, např. při chovu zemědělských zvířat.

Jaké jsou možnosti českých výzkumných a vývojových institucí a výrobních firem zapojit se do rostoucího trhu servisní robotiky?

Pavel Nahodil, FEL ČVUT:

Trend vybavenosti českého průmyslu robotizovanými pracovišti podle ukazatele počtu robotů na 10 tisíc výrobních pracovníků, jak uvádějí průběžné statistiky Mezinárodní federace robotiky IFR z roku 2013, je rostoucí. Oproti stavu na konci roku 2011, kdy Česká republika byla pod světovým průměrem s počtem 37 robotů, se na konci roku

2013 umístila už přesně na průměru s 58 roboty. Na veletrhu Automatica 2014 (3. až 6. 6. 2014) nebudou předváděny jen průmyslové roboty, své místo tu má celá širší automatizace v nejrůznějších odvětvích, včetně medicíny. Servisní robotika bude letos v souladu se záměry EU mít na veletrhu vlastní expozici v pavilonu A4. Naše zdravotnictví se může pyšnit poměrně velkým počtem operačních robotů.

Kombinací rozpoznávání a klasifikace objektů na bázi „pokročilé umělé inteligence“ bude dále zdokonalováno využití prostorového samoučícího se rozpoznávání neznámých objektů pro servisní roboty všech kategorií. S výhodou bude při realizacích servisních robotů využít výzkum chování umělých bytostí

v rámci multidisciplinárního vědního oboru umělého život (viz www.kuz.cvut.cz).

David Obdržálek, MFF UK:

Stručně řečeno, možnosti uplatnění českých výzkumníků v oboru servisní robotiky jsou obrovské. Vaše otázka trochu zní, jako by se Češi do servisní robotiky dosud nezapojovali, ale opak je pravdou. Ačkoliv nejsme na špici masové výroby robotů, čeští výzkumníci, vývojáři i výrobci mají už léta v robotice světové výsledky. Už to, že globální firmy mají v České republice svá výzkumná vývojová centra, o něčem hovoří.

(Anketu připravil Petr Bartošík.)

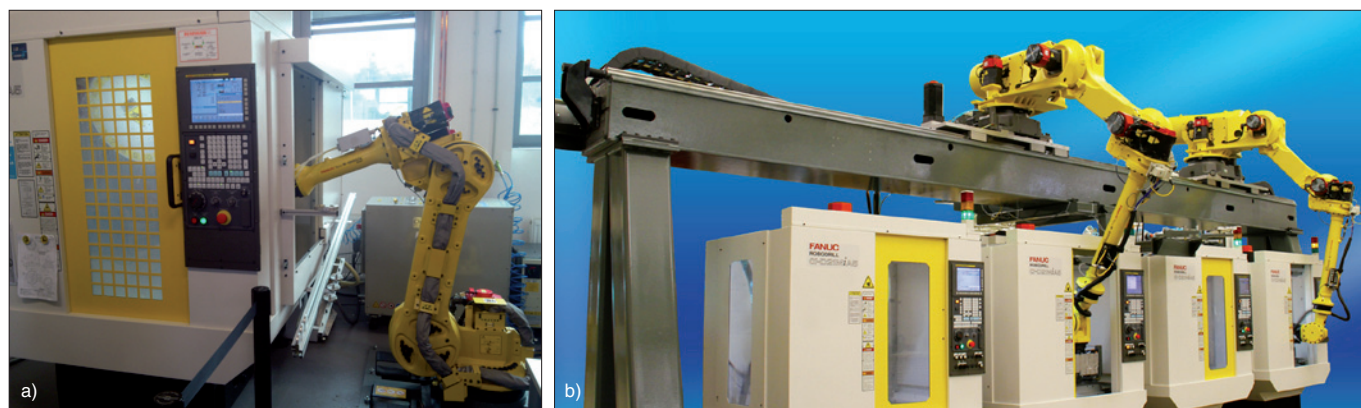
Malé frézovací centrum Fanuc Robodrill obsluhované robotem

Společnost Fanuc Czech uspořádala v březnu 2014 akci OpenDay ve svém sídle v Praze 8. Svým zákazníkům a novinářům představila, jak může malé frézovací centrum Fanuc Robodrill série D pracovat v součinnosti

čty, např. pro pětiosé obrábění, řízení v několika osách a několika kanálech a také pro vysokorychlostní a velmi přesné obrábění. Všechny funkce lze vykonávat bez dodatečných speciálních hardwarových doplň-

sobena displeji, a díky tomu má řídicí systém CNC tloušťku pouze 60 mm.

Zákazník může zvolit Robodrill ve standardním provedení nebo ve verzi se zvýšeným výkonem – ta má vysokorychlostní vřeteno



Obr. 1. Zakládání obrobků do frézovacího centra Robodrill robotem Fanuc: a) zakládání z boku, b) zakládání shora

s robotem Fanuc R-1000iA. Robot zakládá z boku do frézovacího centra polotovary a vjímal hotové obrobky (obr. 1a). V provozech je mnohdy pro úsporu prostoru robot instalován pro zakládání shora (obr. 1b).

Přesné a rychlé frézovací centrum Robodrill je dodáváno od roku 2003 a dosud se jej prodalo již 100 000 kusů. Nyní je vybaveno novým řídicím systémem CNC typu Fanuc řady 30i, 31i nebo 32i. Výkonost frézovacího centra byla zlepšena použitím velmi rychlého procesoru CNC. Díky vysokému výpočetnímu výkonu může řídicí systém provádět komplexní CNC výpo-

ků. Sběrnice CNC zajišťuje rychlý a spolehlivý přenos dat i v nepříznivých průmyslových podmínkách. Vznikne-li chyba během přenosu dat, je automaticky detekována a korigována pomocí speciálně navrženého obvodu ECC (*Error Correcting Code*).

Zlepšeno a zrychleno bylo také řízení servopohonů použitím sběrnice FSSB (*Fanuc Serial Servo Bus*) a rychlejšího obvodu pro řízení servopohonů DSP. Použitá servokarta s obvodu vysoké integrace je navržena pro řízení až 24 os. Deska s plošnými spoji CNC je osazena zákaznickými obvody LSI a přizpů-

s větším krouticím momentem až 10 N·m a s rychlou akcelerací. Vybrat si může také z několika variant vřeteníku, které se liší jmenovitým výkonem (11 až 26 kW), krouticím momentem (35 až 820 N·m) a maximálním počtem otáček (10 000 nebo 24 000 min⁻¹). Uživatel může instalovat přídatný otočný stůl DDR nebo DDR-T, přímo poháněný synchronním motorem a vybavený senzorem polohy typu aiCZ. Vhodným tvarováním krytů a velkým průtokem chladiva je zlepšen odvod třísek z pracovního prostoru, a proto je možné prodloužit servisní cyklus.

(ev)