

Riešenia významných výrobcov v oblasti robotizácie zváracích procesov

Kvalita, produktivita, bezpečnosť – to sú tri základné podmienky konkurencieschopnosti. Technológie robotizovaného zvarovania sú schopné zabezpečiť všetky tri podmienky pri relatívne nízkych nákladoch, s vyššou flexibilitou a s väčšou jednoduchosťou implementácie, ako si mnohí z nás vedeli ešte pred desiatimi rokmi predstaviť. Prišiel čas pre malých aj veľkých výrobcov vzdať sa rôznych mýtov o robotike, napr. že na programovanie robota sú nutné znalosti „raketových inžinierov“, že len veľkokapacitná výroba môže využiť robotizované bunky pre zváracie procesy, že tieto bunky sú cenovo veľmi nákladné, že robot nemôže zvarať veľmi veľké súčiastky a pod. Prišiel čas pozrieť sa na robotiku z hľadiska jej skutočných možností a prínosov pre jej používateľov. V tomto článku sa zameriame na niektoré konkrétne riešenia od významných svetových výrobcov robotov.

OTC Daihen

Japonská spoločnosť OTC Daihen uviedla v roku 2004 na trh novú sériu robotov pod označením AX. Táto séria prináša mnoho zlepšení v podobe zvýšenia výkonnosti, flexibilitnosti či zjednodušenia obsluhy a údržby. Zo širokej ponuky zváracích robotov možno spomenúť robot AX-MV6L (obr. 1). Tento robot je určený na zváranie metódami MIG/MAG alebo TIG. Je vybavený dlhým ramenom, ktoré rozširuje operačný rozsah robota až na 2 006 mm. Opakovateľná presnosť polohovania robota je $\pm 0,1$ mm. Je to namieraná hodnota získaná po dostatočnom počte opakovaných automatických operácií. Užitočné zaťaženie robota je 12 kg. Inštalácia robota je možná na podlahe, strope (zavesením) či kolmej stene. Všetky roboty od spoločnosti OTC Daihen sú skonštruované na nepreržitú prevádzku.



Obr.1 Robot OTC Daihen AX-MV6L

Požiadavky na systémové okolie

Požiadavky na inštaláciu zváracieho pracoviska treba rozdeliť do dvoch kategórií. Prvou je zabezpečenie vhodného miesta na inštaláciu s kvalitnou podlahou, odsávaním, inžinierskou sieťou a zdrojom stlačeného vzduchu. Samostatnou a veľmi dôležitou kategóriou je zabezpečenie technologickosti celého procesu od prípravy až po samotné zváranie. Veľmi dôležité je aj zabezpečenie presnosti vstupných dielcov a prípravkov pre zváranie.

Spôsob programovania

Robot je riadený riadiacou jednotkou AX-C. Jednotka je založená na princípe PC a je vybavená farebným LCD VGA displejom s rozlíšením 640 x 480 bodov. Ovládanie a programovanie robota zjednodušuje prehľadné menu s podobnými ikonami, aké nájdete v operačnom systéme Windows. Obrazovka je rozdelená do niekoľkých okien, v ktorých sa zobrazujú dôležité hlásenia a údaje. Prenosný ovládací modul umožňuje naraz zobraziť až štyri takéto okná. Operátor má v reálnom čase k dispozícii všetky potrebné informácie. Napríklad pri kontrole zváracích parametrov možno súčasne zobraziť vstupné aj výstupné údaje. Riešenie problémov uľahčuje pomocník, ktorý je nainštalovaný v riadiacej jednotke. Podobne ako v operačnom systéme Windows môže operátor hľadané výrazy nájsť v pomocníkovi zadaním kľúčových slov. V prípade výskytu problému riadiaca jednotka situáciu vyhodnotí a ponúkne riešenie, ktoré sa zobrazí na displeji prenosného programovacieho modulu. Diagnostikácia problému sa stáva jednoduchou a odpadá nutnosť použitia špeciálnych nástrojov na zistenie poruchy. Ako voliteľné príslušenstvo možno prenosný ovládací panel vybaviť dotykovým displejom, ktorý urýchľuje programovanie a voľbu jednotlivých funkcií. Dotykový displej umožňuje napríklad operátorovi ovládanie periférií priamo z displeja prenosného modulu, kde sú zobrazené ich ovládacie prvky. Tieto funkcie bolo doteraz možné ovládať iba prostredníctvom samostatného panela pre periférie, čím sa práca nielen uľahčuje, ale aj zrýchľuje. Prenosný riadiaci modul je vybavený aj dvanástimi funkčnými klávesmi a ku každému možno priradiť akciu výberom z ponuky funkcií. Na urýchlenie programovania boli pridané samostatné klávesy pre často používané funkcie, ako „Synchron“, „Input“, „Output“ a ďalšie.



Nový systém je kompatibilný so všetkými operáciami, ako sú napríklad zváranie elektrickým oblúkom, bodové odporové zváranie alebo manipulácia s materiálom, tmelenie či striekanie. Efektivita systému sa však značne zvýšila a prispôbila požiadavkám zákazníkov. Na riadenie zväracieho pracoviska pozostávajúceho zo šiestich konvenčných robotov, podávača obrobkov a ďalších periférií, ako napríklad polohovadiel a zdrojov zväracieho prúdu, bolo potrebné pracovisko v minulosti vybaviť okrem riadiacej jednotky aj samostatnou jednotkou na riadenie periférií. Nový rad AX umožňuje ovládanie všetkých týchto zariadení centrálnou prostredníctvom riadiacej jednotky AX-C. Toto riešenie ponúka výrazné zníženie nákladov potrebných na zriadenie robotizovaného pracoviska a tým aj urýchlenie návratnosti vložených investícií.

Inovatívna funkcia PLC prevzala úlohu externých PLC modulov. S novou PLC funkciou možno výrazne zjednodušiť a zlacniť zostavenie celého PLC systému. AX-C vybavená softvérovým PLC riadením dokáže plne nahradiť pred tým potrebnú riadiacu jednotku na ovládanie periférií s hardvérovým PLC a eliminovať nutnosť použitia interfejsu a sekvenčného riadenia. Softvérové PLC riadenie prináša aj zvýšenie flexibility celého systému. Kým predchádzajúci systém vyžadoval nákladnú hardvérovú modifikáciu, ktorú mohol vykonať iba kvalifikovaný technik servisného strediska OTC alebo jeho výhradného zastúpenia, pri sérii AX môže PLC systém modifikovať aj zaškolený pracovník z prevádzky. Navyše voliteľný PC softvér dovoľuje jednoduché vytváranie a editovanie PLC programov v režime off-line. Programovanie je možné v piatich medzinárodne používaných PLC jazykoch – LD, SFC, FBD, ST, IL. Štandardne sa dodáva programovací jazyk LD. Riadiaca jednotka má otvorené programové prostredie a v porovnaní s predchádzajúcim modelom ponúka až štvornásobnú kapacitu pre programy, ako aj pre vstupné a výstupné body. AX-C podporuje pripojenie do všetkých druhov komunikačných sietí, používaných zákazníkmi, ako sú Ethernet, Interbus-S, Profibus, DeviceNet, FL Net, JEMA Net, CC link atď. Zároveň dokáže spolupracovať s bežným komerčným softvérom a hardvérom. Štandardný komunikačný softvér sa dodáva ako voliteľné príslušenstvo a umožňuje nastavovanie zväracích parametrov, zobrazovanie informácií o vykonávanej úlohe prostredníctvom PC či editovanie údajov prostredníctvom LAN.

Podmienky údržby

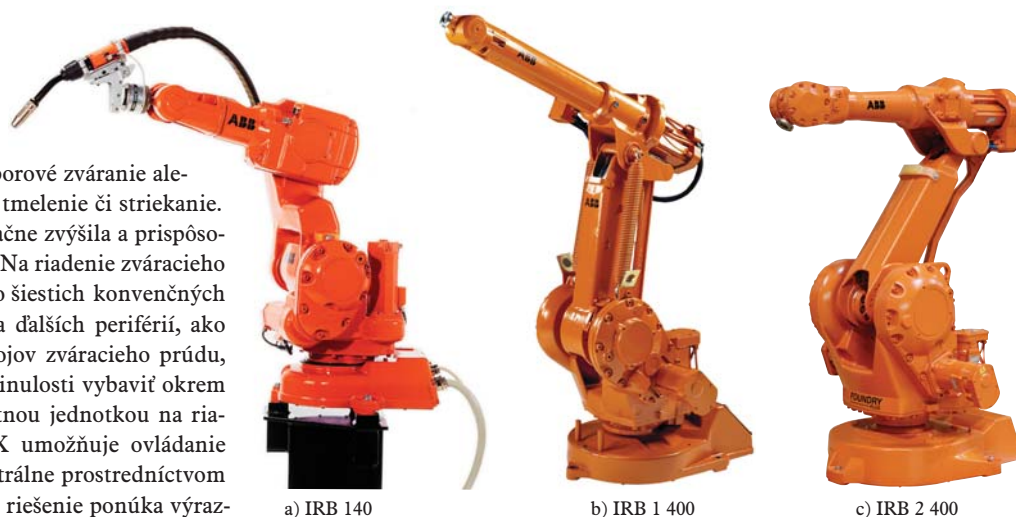
Robotizované pracovisko vybavené robotmi OTC Daihen nevyžaduje špeciálne postupy pri údržbe. Odporúča sa každodenná kontrola protiusadzovacieho spreja, ako aj funkčnosti svetelných zábran pracoviska. Raz za týždeň sa vykonáva preventívna údržba – čistenie robota, bowdenu a horáka, kontrola nastavenia horáka, hladiny oleja, mazadiel atď. Servisné kontroly vykonáva Robotec, s. r. o., po určenom počte prevádzkových hodín robota.

ABB

V produktovom rade robotov ABB sú tri modely určené na zváranie (IRB 140 – obr. 2a, 1 400 – obr. 2b, 2 400 L – obr. 2c), navrhnuté tak, aby ich možnosti pokryli široké spektrum požiadaviek zákazníka od zvárania veľkých predmetov s rozmermi rádovo niekoľko centimetrov až po veľké a zložité diely dlhé aj niekoľko

	nosnosť [kg]	dosah [m]	opakovateľná presnosť [mm]
IRB 140	5	0,81	0,03
IRB 1 400	5	1,44	0,05
IRB 2 400L	5 – 7	1,8	0,06

Tab.1 Základné vlastnosti zväracích robotov ABB

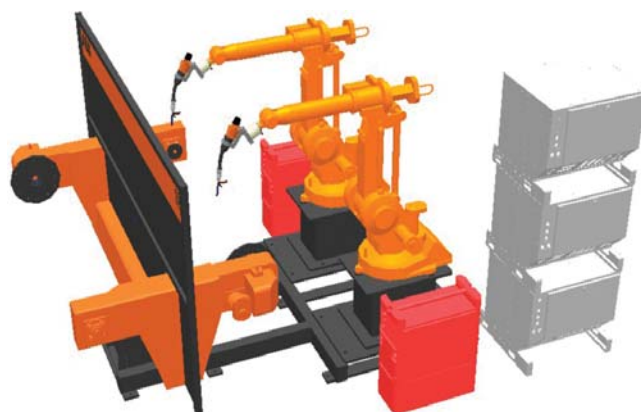


Obr.2

metrov. Všetky tri modelové rady majú kinematickú štruktúru so šiestimi kľbovými spojeniami, ktoré umožňujú robotom dosiahnuť „za roh“. Niektoré základné vlastnosti uvedených robotov uvádza tab. 1.

Na zvýšenie operačnej schopnosti môže byť robot vybavený ďalšími perifériami, ktoré sú zvyčajne zapojené ako externé osi riadené priamo robotom, čo umožňuje veľmi jednoduchú synchronizáciu a vytváranie viazaného pohybu, ktorý je veľmi často potrebný pri zváraní prieniku rotačných telies, špirálových zvaroch a podobne.

Pomocou viacerých typov polohovacích zariadení možno otáčať zváraným dielom v jednej alebo dvoch osiach a umožniť tak robotu bezproblémový prístup k definovaným zvarom. Druhou možnosťou využitia externej osi je pojazďové zariadenie pre robot, ktoré je vhodné pri zváraní veľmi dlhých dielov. Vhodnou kombináciou otočných stolov a pojazdov je spravidla zabezpečená aj plynulosť výroby, pričom je pracovisko vybavené dvomi nezávi-



Obr.3 Synchronizované zváranie



Obr.4 Polohovadlo

slými pripínacími prípravkami, kde na prvom prebieha zvárací proces a na druhom operátor pripravuje nové diely na zváranie.

Ďalšou významnou časťou pracoviska je samotné zväracie vybavenie a jeho integrácia s robotom, ktorá je veľmi dôležitá pri odlaďovaní pracoviska a jeho následného používania. ABB ponúka viac typov zväracích zdrojov s rôznym stupňom výbavy a s možnosťou výberu medzi niekoľkými metódami zvárania. Jedným z nich je aj integrovaný zvärací inverter ARCITEC II so synergickými funkciami, špeciálne navrhnutý na robotizované zváranie MIG/MAG s možnosťou výberu z viac ako 300 kombinácií metód, materiálov, elektród a ochrannej atmosféry. Digitálna komunikácia medzi robotom a zdrojom zabezpečuje rýchle a presné riadenie zväracieho procesu, pričom všetky parametre zvárania zadáva operátor priamo z ovládacieho panela robota. Integrované riadenie zväracieho zdroja poskytuje aj ďalšie možnosti, ako zobrazenie parametrov zvárania, rýchlu diagnostiku a spracovanie možných chýb tak, aby nebolo potrebné prerušiť automatickú prevádzku ani pri prerušení horenia oblúka, keď možno vhodným spracovaním chyby pokračovať v zváraní aj s potrebnou korekciou trajektórie tak, aby sa dosiahlo plynulé napojenie nového zvaru.

Na dosiahnutie vysokého stupňa automatizácie a presnosti s minimálnym zásahom človeka do procesu sa často používa zariadenie na automatickú kalibráciu koncového bodu zväracieho horáka pod označením BullsEye, ktoré zabezpečuje ideálnu polohu elektródy voči naprogramovanej polohe aj po prípadnej kolízii alebo vplyvom iných rozmerových zmien. Súčasťou zariadenia je aj mechanické čistenie, ostrek a tzv. prefuk horáka ochrannou emulziou proti usadeniu rozstrekujúceho kovu. Na minimalizáciu škôd, ktoré môžu vzniknúť pri kolízii s iným zariadením, je robot vybavený šokovým senzorom, ktorý pri kontakte s iným predmetom bezpečne zastaví robot.

Štandardnú výbavu pracoviska tvorí okrem spomenutých zariadení aj podávač elektródy, odsávanie spalín, rôzne zásteny, ochranné ploty a bezpečnostné vybavenie, ktoré ešte zvyšujú komfort pri obsluhu.

Spôsob programovania

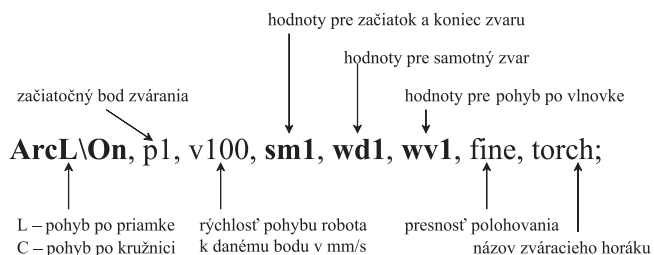
Plná integrácia zväracieho zdroja s robotom zabezpečuje veľmi vysoký štandard pri práci so zariadením. Pracovné prostredie je plne grafické a texty sú doplnené symbolmi na uľahčenie orientácie.



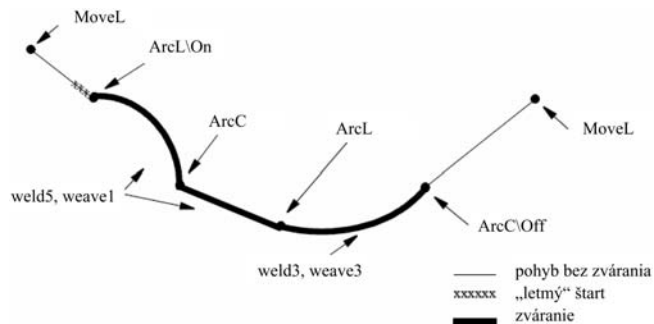
Obr.5 Programovacie zariadenie

Spôsob programovania zvárania je veľmi jednoduchý, princíp je uvedený na obr. 6. Zadávanie jednotlivých parametrov je takmer rovnaké ako pre bežný pohybový príkaz, len prídutnú údaje, ktoré sú špecifické pre zváranie, napr. údaje „sm1“, kde sú

definované hodnoty pre začiatok a koniec zvaru: prečistenie horáka, preflow, parametre zapálenia oblúka, posuv elektródy, vyplnenie krátera a odtavenie elektródy. Vysoká schopnosť parame-



Obr.6 Definovanie bodu



Obr.7 Programovanie trajektórie

trizácie procesu (len pre „sm1“ údaje je to 30 rôznych parametrov) poskytuje používateľom takmer neobmedzené možnosti.

Po vytvorení štandardných údajov na zváranie, napríklad sady parametrov pre rôznu hrúbku materiálov alebo rozmerov zvaru, a zadefinovaním ďalších bodov vznikne kompletná trajektória zvárania, zobrazená na obr. 7. Využitím dátových štruktúr môže neskôr operátor kedykoľvek zmeniť parametre pre všetky rovnaké zvary.

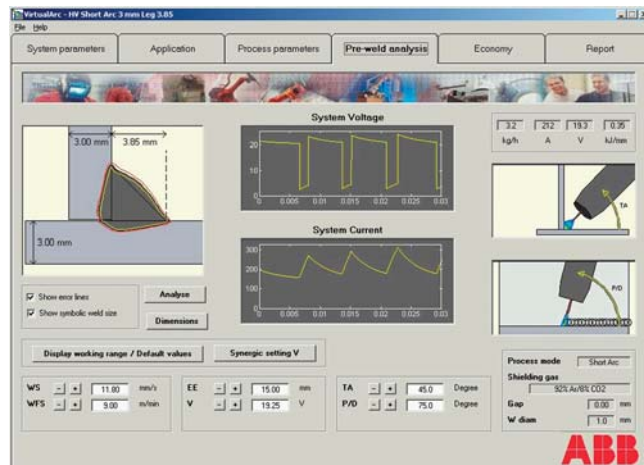
Adaptivita procesu

Nie vždy možno dosiahnuť „dokonalú“ polohu zváraných dielov, ktorú ovplyvňujú viaceré faktory, ako presnosť dielu alebo teplotná rozťažnosť. V takýchto prípadoch možno dodať pracovisku určitý stupeň inteligencie a vybaviť ho senzormi, pomocou ktorých možno takúto nepresnosť skorigovať na minimálnu hodnotu. Existuje niekoľko princípov, používaných pri oblúkovom zváraní na korekciu polohy; jedným z nich je systém Smartac od ABB, ktorý využíva na vyhľadávanie polohy zvaru elektrickú vodivosť sústavy horák – zváraný diel. Po priblížení k zváranému dielu nastane uzatvorenie elektrického obvodu medzi horákom a dielom a na základe takto vygenerovaného signálu v danej polohe si robot automaticky prepočíta zvyšné body trajektórie. Na určenie presnej polohy a orientácie vrátane určenia začiatku zvaru stačí vyhľadať tri až päť bodov.

Iný princíp môže byť použitý na korekciu deformácií, ktoré vznikajú pri dlhých zvaroch. V tomto prípade sa používa laserový systém prichytený k robotu, ktorý sníma polohu dielov, a riadiaci systém robota pomocou triangulácie kontinuálne koriguje polohu a orientáciu horáka tak, aby bola zabezpečená čo najvyššia kvalita zvaru.

Zváranie podporované počítačom

VirtualArc™ je nový produkt v oblasti počítačovej podpory zvárania a off-line programovania zväracieho procesu, využívajúci simuláciu na princípe neurónových sietí, určený na overenie kvality zvarov, predpovedania možného vzniku chýb, ale tiež



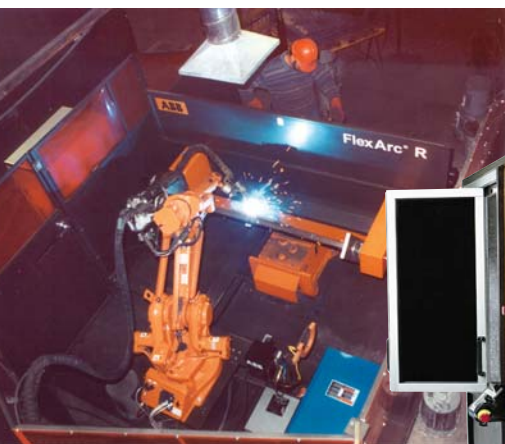
Obr.8 VirtualArc

na simuláciu prevarenia jednotlivých materiálov. Na základe získaných údajov potom možno určiť optimálne parametre, ktoré môžu výrazne znížiť čas zvaracieho cyklu a zlepšiť výkonnosť celého zariadenia.

Prevádzka a údržba zariadenia

Roboty ABB vynikajú minimálnou potrebou údržby, napríklad výmena olejových náplní je plánovaná až po 40 000 hodinách prevádzky. Bez ohľadu na to, spaliny vznikajúce pri zvaraní vytvárajú prostredie, ktoré je relatívne agresívne voči jednotlivým zariadeniam, obsahujú 80 až 90 % tuhých látok, a v kombinácii s rôznymi mazivami vytvárajú vodivý povlak nebezpečný pre všetky elektrické zariadenie.

Pri bežnej údržbe sa odporúča hlavne vizuálna kontrola, či nedochádza k odieraniu pohyblivých častí a či nie je poškodená niektorá časť vplyvom kolízie. Samozrejme, udržiavaním čistého zariadenia zákazník predlžuje jeho životnosť.



Obr.9 Zvaracie bunky

Z ďalších výrobcov možno spomenúť:

CARL CLOOS SCHWEISSTECHNIK GMBH

Najrozšírenejšie roboty z produkcie firmy CLOOS sú ROMAT 310 a ROMAT 260 so šiestimi osami, ktoré zabezpečujú dosah robota do ktoréhokoli bodu a nastavenie zvaracieho horáka (plazmového, horáka TIG) do optimálnej polohy. Ďalej disponujú šiestimi externými osami na riadenie polohovacích zariadení portálových posuvov atď. Tieto priemyselné roboty sú v rámci svojho pracovného priestoru schopné realizovať voľne programovateľné pohyby s cieľom zvarovania a opracovania materiálov. Riadiaci systém robota ROTROL 32T ponúka operátorovi všetky výhody systému vytvoreného z hľadiska na požiadavky zvarovania v priemysle. Riadiace systémy možno prepojiť a synchronizovať ich vzájomný pohyb, pričom jeden systém je master a druhý slave. K jednoduchšej obsluhu prispieva komfortné diaľkové ovládanie (PHG) s procesorom a znakovým displejom. Kvalitný riadiaci systém spolu s precíznou mechanikou dokážu naviesť robot s opakovateľnou presnosťou 0,1 mm pri pracovnom dosahu viac ako 4 m.

MOTOMAN (člen spoločnosti Yaskawa)

Ponúka širokú paletu riešení na najrozličnejšie aplikácie robotov. Špecifické programové vybavenie s prehľadným menu na jednotlivé aplikácie umožňuje jednoduchú integráciu všetkých hardvérových prostriedkov. Integrované riešenia s názvom World sa skladajú zo samotného robota a kontroléra, procesných zariadení, polohovadiel, operátorského rozhrania a bezpečnostných prvkov. V oblasti zvarovania oblúkom ponúka Motoman sériu s názvom ArcWorld, v ktorej je k dispozícii 12 rôznych, kompletných rieše-

ní. V tejto sérii je k dispozícii 9 typov robotov s nosnosťou 3 až 19 kg, 3 typy s nosnosťou 20 až 49 kg. Na bodové zvarovanie ponúka Motoman sériu SpotWorld, kde je k dispozícii 5 typov robotov s nosnosťou 100 až 199 kg a 3 typy s nosnosťou viac ako 200 kg. Súčasťou riešení World sú aj výkonné programovacie softvérové nástroje na simuláciu, kalibráciu a off-line programovanie, nástroje na údržbu a softvér na zabezpečenie komunikácie.

Kawasaki Robotics

Je jedným z vedúcich dodávateľov priemyselných robotov a automatizačných systémov. S nosnosťou od 2 do 500 kg sú tieto zariadenia schopné plniť náročné úlohy takmer všetkých aplikácií v priemysle. Na zvarovanie oblúkom sú k dispozícii riešenia s názvom Arc Cell Type I, Arc Cell Type IIB, Arc Cell Type IIC. Tieto robotizované pracoviská sa skladajú z robota (resp. dvoch robotov), kontroléra (resp. kontrolérov), jedného alebo dvoch zdrojov napájania, jednej alebo dvoch zvaracích hubíc, jedného alebo dvoch kolíznych snímačov, programovacích nástrojov, integrovaného bezpečnostného systému a niekoľkých vstupov a výstupov, ktoré môže definovať sám používateľ. V oblasti bodového zvarovania ponúka spoločnosť dve série robotov – ZX a ZT. Počet osí je štandardne 6 s možnosťou voľby 7 osí.

FANUC Robotics

Nový typ robota na bodové zvarovanie s označením R-2000i/165F (s nosnosťou 165 kg) s novým riadiacim systémom R-J3i MODEL B. R-2000i/165F je poslednou generáciou vysokovýkonných robotov určených pre veľké nosnosti a je pokračovaním úspešnej série priemyselných robotov S-430i. V oblasti bodového zvarovania ponúka spoločnosť 10 typov robotov. Na oblúkové zvarovanie ponúka spoločnosť sériu robotov s názvom ARC Mate s nosnosťou od 6 do 16 kg. Tiež je k dispozícii systém s názvom DualARM, ktorý umožňuje riadiť dva roboty a polohovadlo prostredníctvom jedného programu s koordináciou pohonov a synchronizáciou štartu oblúka. Spoločnosť ponúka bohatú sadu výkonných softvérových aplikácií na oblúkové zvarovanie (ArcTool), monitoring, diagnostiku a reporting na úrovni robotizovaného pracoviska (ARCworks PRO), simuláciu robotizovaného pracoviska na zvarovanie oblúkom (WeldPRO), pre roboty určené na manipuláciu s tovarom, premiestňovanie, lakovacie procesy a pod.

KUKA Robot Group

Spoločnosť ponúka na zvarovanie oblúkom model KR 6 ARC s nosnosťou 6 kg a počtom osí 6. Opakovateľná presnosť polohovania robota je $\pm 0,1$ mm. Na bodové zvarovanie možno využiť napr. model KR 150-2 (séria 2 000) s nosnosťou do 150 kg, počtom osí 6. Opakovateľná presnosť polohovania robota je $\pm 0,15$ mm.

Literatúra

[1] HARDIN, W.: Spot Welding Keeps Moving Forward, RIA[online], < <http://www.roboticsonline.com/public/articles/details.cfm?id=757> >

[2] <http://www.robot-welding.com>

[3] Materiály spoločností ABB, OTC Daihen, CLOOS, MOTOMAN, Kawasaki Robotics, FANUC Robotics, KUKA Robot Group

Anton Géner

23

