

# Visoko produktivna robotska celica za varjenje v avtomobilski industriji

Primož PRIMEC, Hubert KOSLER

**Povzetek:** V prispevku bo predstavljen projektni pristop k reševanju izziva avtomatizacije in robotizacije varjenja mehanizmov prtljažnih vrat za Audi B8 in Q5. Robotska celica je strogo namenska in mora ustrezati zahtevam o visoki produktivnosti, kontroli in stabilnosti procesa strega ter varjenja konkretnih izdelkov. Robotska celica je bila razvita za končnega kupca CIMOS, d. d., in je rezultat znanja in dolgoletnih izkušenj na področju robotizacije proizvodnih procesov podjetja Motoman Robotec, d. o. o., iz Ribnice.

**Ključne besede:** avtomatizacija, inovativnost, robotika, integracija, varjenje, strega, vizualizacija, laserska triangulacija,

## ■ 1 Zahteve po robotizaciji proizvodnega procesa

Največji izziv so projekti, pri katerih naročniki postavijo visoke, na prvi pogled celo nedosegljive zahteve. Iz izkušenj vemo, da nam vedno uspe izboljšati obstoječe ali razviti nove tehnologije, ki pomenijo na koncu projekta konkurenčno prednost naročnikov. Zadnji tak projekt je razvoj, izdelava in postavitve robotizirane celice za Cimos iz Kopra, ki je namenjena varjenju parov mehanizma za odpiranje prtljažnih vrat avtomobilov Audi.

Zahteve namenske varilne celice so bile zelo visoke. Celica mora zvariti 4234 kakovostno ustreznih izdelkov na dan oziroma v treh izmenah, kar pomeni takt, krajši od 15 sekund, pri tem izvesti 100-odstotno optično kontrolo kakovosti zvarov, posluževati pa jo mora in z njo upravljati samo en operater na izmeno.

Primož Primec, dipl. inž., Hubert Kosler, univ. dipl. inž., Motoman Robotec, d. o. o., Ribnica

Izkušena ekipa, sestavljena iz strokovnjakov za razvoj vpenjal, orodij in prijemal, projektiranje strojnega in elektrodela robotskih celic ter inženirjev za programiranje in zagon, je pred dokončno ponudbo naredila veliko študij različnih postavitve robotov, zasnov vpenjalnih in dodajalnih naprav ter postopkov dela, da so prišli do rešitve, ki izpolnjuje vse tehnološke in organizacijske zahteve ter cenovne omejitve.

potrebujemo štiri različne varilne priprave za pozicioniranje in vpenjanje sestavnih delov. Vsak izdelek ima dva sestavna dela, večjega in manjšega. Manjši sestavni deli so enaki za oba tipa, razlikujejo se samo med levim in desnim izdelkom. Urejajo se v vibracijskem urejevalniku in dodajajo na mesto odvzema v varilno celico. Operater mora zgolj polniti vibracijski urejevalnik. Večjih sestavnih delov ni mogoče učinkovito strojno



Slika 1. Audi Q5 in B8 (tovarniške oznake)

## ■ 2 Logistika procesa

V celici se varita dva tipa mehanizmov za odpiranje prtljažnih vrat, vsak hkrati v levi in desni izvedbi, zato

oziroma samodejno urejati in pozicionirati, zato jih operater dodaja v celico ročno. V ta namen smo razvili posebno vzdolžno vrtljivo mizo z nosilci pozicioniranih gnezd, v katera

operater vstavlja sestavne dele ter jih tako dodaja v celico. S tem je dosežena 15-minutna avtonomija delovanja celice.



**Slika 2.** Robotsko varjenje, strega in optična kontrola zvarov

Jedro celice sta dva robota za strego (Motoman HP20 in HP20-6), dva robota za varjenje (2 x Motoman HP20), štiri varilne naprave in naprava za optično kontrolo zvarov. Poleg mest za dodajanje sestavnih delov v celico sta v celici še dve mesti za odlaganje gotovih izdelkov v zabojnik, več izhodnih drč za odlaganje oziroma izločanje slabih izdelkov in posebno mesto na predalu s štirimi gnezdi za vračanje pregledanih dobrih izdelkov nazaj v celico.

Veliko pozornost smo posvetili preverjanju delovanja celice s simulacijo. V programskem orodju Catia smo na osnovi že izdelanih 3D-modelov mehanskih delov celice, ki smo jih izdelali v oddelku za razvoj prijemal in orodij ter oddelku za projektiranje strojnih delov, postavitve celice in ravnjanja z materialom, s simulacijo preverili dostopnost prijemal do varilnih pripomočkov in možnih trkov. 3D-model smo nato uvozili v Motomanovo programsko rešitev za off-line programiranje in robotsko simulacijo MotoSimEG (Rotsi), kjer smo modelu dodali še robote in preverjali dostopnost orodij, trke pri delovanju robotov.

## 2.1 Varjenje in strega

Običajni cikel varjenja izdelka poteka po točno določenem zaporedju

aktivnosti. Prvi robot za strego prime z elektromagnetnim prijemalom manjši sestavni del, nato pa gre še po večjega, ki ga prime s pnevmatskim prijemalom. Ko je vpenjalno gnezdo varilne priprave prazno, robot vstavi manjši, nato pa še večji del v vpenjalno gnezdo. Med roko robota in prijemalom je nameščena posebna pnevmatska enota, ki po vstavljanju in pred vpenjanjem sestavnega dela sprosti gibanje prijemala, tako da položaj prijema-

la na robotu ne vpliva na natančnost pozicioniranja in vpenjanja sestavnega dela v varilni napravi. Po vpetju obeh sestavnih delov gre robot po nova kosa.

Ker je na enem izdelku preveč zvarov, da bi jih lahko v predpisanem času zavaril en sam robot, se uporabljata hkrati dva robota. Glede na tolerance oziroma odstopanja dejanskih mer sestavnih delov morata robota pred varjenjem določiti točen položaj zvarnih robov in s tem mesto zvara.

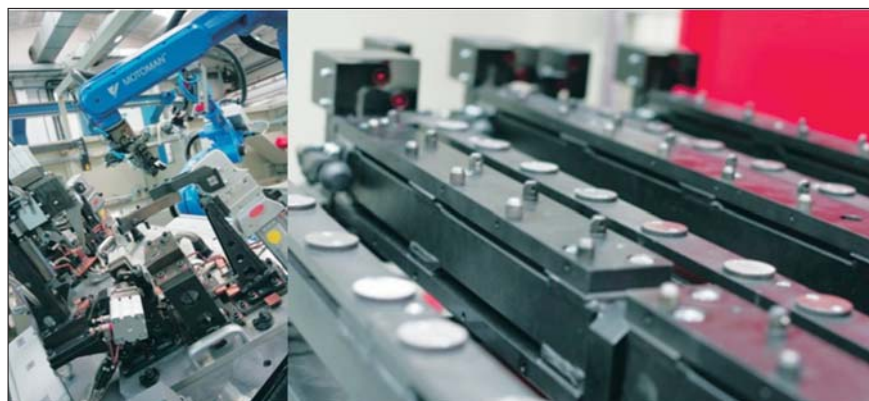
Po končanem varjenju drugi strežni robot prime izdelek, vpenjalna naprava ga odpne, robot pa ga odnese do laserskega skenerja (triangulacija, optična kontrola zvara), kjer ga pod njim vodi po točno določeni poti z

določeno hitrostjo. Pri tem laserski skener posname površino izdelka in opravi optično kontrolo kakovosti. Če izdelek ustreza zahtevam kakovosti, ga robot odloži v zabojnik, drugače pa v drčo za slabe kose. Medtem prvi robot namesti v vpenjalno napravo nova kosa; robota za varjenje pa varita kosa v drugi varilni napravi.

## 2.2 Vpenjanje v varilno napravo, varilna naprava in pozicionirna paleta

Tak način dela robotske celice omogočata dve varilni napravi, na katerih se izmenično vari in streže. Sta plod lastnega razvoja in osrednji del varilne celice, saj omogočata hiter prehod iz enega tipa izdelka na drug. Vsaka od njiju ima namreč po dve varilni mesti, opremljeni s pozicionirnimi in vpenjalnimi elementi za različna tipa izdelka. Za prehod z enega tipa na drug je potrebno vpenjalno napravo samo zasukati za 180 stopinj, kar se izvede samodejno. Pripravo lahko med varjenjem tudi nagibamo. Varilni napravi sta opremljeni z zaznavali, tako da sistem samodejno zazna položaj vpenjalne naprave in s tem tip izdelka ter prisotnost sestavnih delov.

Za pozicioniranje večjih delov sestava (zvarjenca) uporabljamo tako imenovane pozicionirne palete, nameščene na zasučni mizi. Pri zamenjavi tipa izdelka je treba zamenjati tudi večje sestavne dele obeh pozicionirnih palet, to pa naredi operater s tem, da ročno obrne vsak nosilec gnezd na vzdolžni vrtljivi mizi za 180 stopinj. Vsak nosilec je opremljen z zaznavali, tako da sistem samodejno zaz-



**Slika 3.** Vpenjalna priprava in pozicionirna paleta

na tip izdelka, prisotnost sestavnih delov in tudi, ali so pravilno vloženi oziroma pozicionirani v gnezdu na nosilcu. Zaznavala so nameščena tako, da jih pri prehodu na drug tip izdelka ni potrebno prestavljati ali nastavljati.

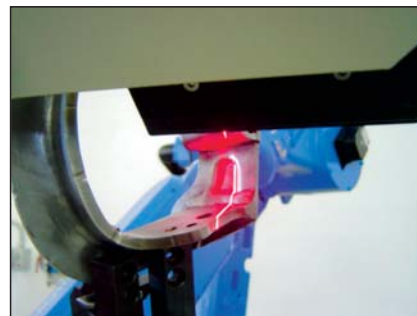
### ■ 3 Varjenje in kontrola kakovosti

Osnovna operacija celice je varjenje in zagotavljanje kakovosti zvara. Za varjenje uporabljamo tehnologijo CMT (cold metal transfer), ki omogoča varjenje tankih pločevin brez obrizga. Na roki robota sta zato nameščena poseben pogon in posebna varilna glava, ki z vodenim nihanjem žice usklajujeta sunke toka in žice, kar omogoča nadzorovan in predvsem manjši vnos energije v zvar in tako kakovostno varjenje tudi tankih pločevin. Varilna naprava je izdelek proizvajalca Froniusa, ki s svojo tehnologijo zagotavlja varjenje popolnoma brez obrizga, in sicer s 100-odstotnim CO<sub>2</sub> ali z mešanico zaščitnega plina. Do obriz-




Slika 4. Robota z gorilniki za varjenje po postopku CMT

gov pride samo, ko se oblok vžge, vendar so to hladne kapljice, ki se ne prilepijo na pločevino oziroma od nje odpadejo.






Slika 5. Optična kontrola zvara (laserska triangulacija)

Čeprav tehnologija varjenja CMT zagotavlja izdelek brez obrizgov, pa je treba tudi optično preveriti. Sistem za kontrolo mora zaznati kapljice s premerom, večjim od 0,5 mm. Če jih je preveč, kakovost izdelka ni ustrezna. Samodejna optična kontrola je izvedena z lasersko triangulacijo podjetja Vitronic. Poleg obrizga razpozna kontrolni sistem tudi dolžino, širino in globino oziroma višino zvara. Če so izmerjene vrednosti teh parametrov izven predpisanih toleranc, robot odloži kos glede na ugotovljeno napako v eno od štirih izhodnih drč.



# MOTOMAN robotec d.o.o.

Podjetje za trženje, projektiranje ter gradnjo industrijskih robotskih in fleksibilnih sistemov








## VODILNI SVETOVNI PROIZVAJALEC ROBOTOV

**MOTOMAN ROBOTEC s proizvodnjo 18.000 robotov letno nudi široko paleto implementacij robotov v različna tehnološka okolja**

- .varjenja (MIG/MAG, uporovno, TIG)
- .rezanja (laser, plazma, vodni curek)
- .brušenja oz. površinske obdelave
- .strege (CNC obdelovalnih strojev, stružnic)
- .tlačni liv
- .čiščenja odlitkov oz. pobiranja srha
- .montaže
- .paletiranja

**Naša strokovna ekipa vam nudi celovito rešitev od idejne izvedbe projekta do zagona, usposabljanja in servisiranja.**

Naslov: Lepovčič 23, 1310 Ribnica, SLOVENIJA

Telefon: + 386 (0)1 83 72 410 + 386 (0)1 83 72 350

Telefax: + 386 (0)1 83 61 243 / www.motomanrobotec.si

E-mail: info@motomanrobotec.si

### 3.1 Vizualizacija, diagnostika in sledljivost procesa

Dve izhodni drči sta namenjeni popravljivim kosom, dve pa izmetu. Če je kos možno popraviti, pade v eno od dveh drč, ki kos dostavita pred operaterja, da ga ta popravi. Popravljeni kos operater vstavi v poseben predal in ga vrne nazaj v sistem. Ko ima robot »prosti čas«, ga vzame iz posebnega predala in ga odda v ustrezen zabojnik. Na ta način se sistemsko in avtomatizirano štejejo kosi in zagotavlja sledljivost. Ko je določen zabojnik poln, ga posebna loputa zapre, pri čemer se odpre prazen zabojnik. Ta sistem omogoča menjava zabojnikov, ne da bi pri tem

operater posegal neposredno v stroj in bi bilo zaradi tega treba ustavljati delovanje robotov oziroma celice.

Ker so strežne in varilne operacije ločene, sta ločena tudi krmilnika robotov. En krmilnik krmili robota za varjenje, drugi pa strežna robota in osi za sukanje varilnih priprav. Krmilnika sta med seboj povezana v sistem dvojčkov, delujeta pa samostojno. Tako sta krmilna programa bolj enostavna, krmilnika pa lahko programiramo samostojno in sočasno.

V celici sta tudi dva industrijska PC-računalnika, ki skrbita za upravljanje in nadzor celotne celice vključno z vizualizacijo stanja in diagnostiko delovanja

ter za delo s sistemom samodejne optične kontrole zvarov (Vitronic).

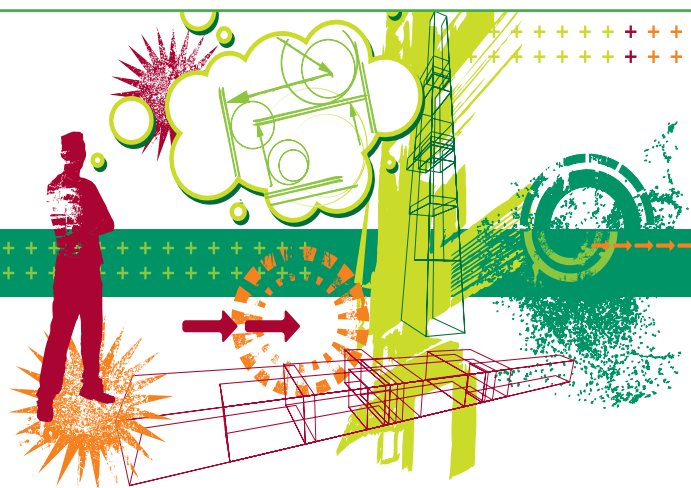
### 4 Zaključek

Obratujoča robotska celica je še en dokaz smernic razvoja na področju avtomatizacije oziroma robotizacije proizvodnih procesov. V kombinaciji z avtomatizacijo samega tehnološkega procesa se sedaj zelo pogosto pojavljajo tudi kontrolni optični sistemi, ki lahko zagotavljajo tudi 100-odstotno kontrolo procesa in s tem boljšo sledljivost. Tako lahko v ozadju vsakega avtomatiziranega tehnološkega procesa ob dobri informacijski podpori zagotavljamo ustrezno sledljivost, kakovost in diagnostiko procesa.

## A highly productive robotic welding cell in the automotive industry

**Abstract:** The article describes the technical challenges involved in realising the automation of the welding technology for the Audi B8 and the Audi Q5 trunk-door lift mechanism. The robotic cell is highly productive, unique and must satisfy the requirements for stability control of the welding and handling applications. The robotic cell was developed for the final customer Cimos d.d., based on long-term experience in the production-robot field by the company Motoman Robotec, from Ribnica.

**Keywords:** automation, innovative solutions, robotics, integration, welding, handling, visualisation, weld-seam inspection,



Celje, Celjski sejem

13.–16. maj 2008

PRIJAZNE ENERGIJE,  
VARČNE TEHNOLOGIJE

13. mednarodni sejem

**TEROTECH – VZDRŽEVANJE**

14. mednarodni sejem

**ENERGETIKA**

3. mednarodni sejem

**VARJENJE in REZANJE**

info@ce-sejem.si  
www.ce-sejem.si

ROK ZA PRIJAVO:  
december 2007



Celjski sejem d.d., Dačkova 1, 3102 Celje