

# Robotska celica za spajanje požarnih loput

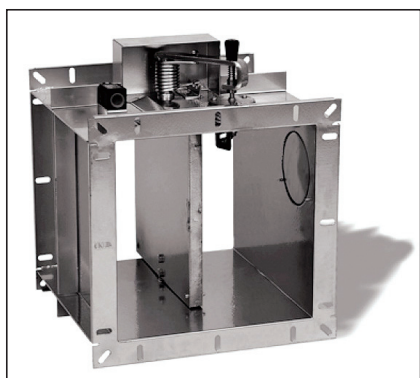
Jaka JEVŠNIK

**Izvleček:** Članek predstavlja robotsko celico za spajanje požarnih loput. Z novo proizvodno celico se je proces spajanja stranic avtomatiziral, zamenjala pa se je tudi tehnologija spajanja. Obstoječe točkovno varjenje je zamenjalo hladno spajanje, kar pomeni večjo kakovost spojev in lepši videz loput. Aplikacija je dokaj zahtevna predvsem zaradi velikega števila možnih dimenzij požarnih loput. Možnih je preko 750 različnih dimenzij, teoretično pa je število neomejeno. Pri tem je potrebno omeniti, da ne gre za velike serije, pač pa si lahko različni izdelki sledijo drug za drugim. Celico sestavljajo ABB-jev robot IRB6600 s krmilnikom IRC5, paletni sistem s sistemom za hladno spajanje, dve stiskalnici ter vrtljiva miza. Zaradi zahtevane fleksibilnosti je bilo potrebno razviti tudi posebno robotsko prijemalo, ki se bo lahko prilagajalo različnim dimenzijam ter hkrati zagotavljalo varen prijem.

**Ključne besede:** robotska celica, hladno spajanje, požarne lopute,

## ■ 1 Uvod

Program požarne zaščite je v podjetju HIDRIA IMP Klima, d. o. o., eden ključnih. Požarne lopute so pomemben element prezračevalnih sistemov pri preprečevanju širjenja požara, ker onemogočajo širjenje ognja in dima iz enega v drug požarni sektor. Sestavljena in opremljena požarna loputa je prikazana na *sliki 1*.



**Slika 1.** Požarna loputa

Namen robotske celice je avtomatiziranje sestavljanja požarnih loput,

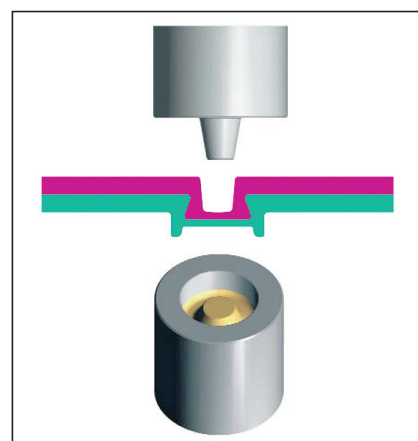
Jaka Jevšnik, univ. dipl. inž.,  
ABB, d. o. o., Ljubljana

ki se je prej izvajalo ročno. Proces zahteva spojitev stranic požarne lopute po robovih ter vogalnikov, ki so vloženi pri sestavi loput.

Poleg skrajšanja časa izdelave se je vpeljala tudi nova tehnologija spajanja. Obstoječe točkovno varjenje je zamenjalo hladno spajanje – proces spajanja pločevin enakih ali različnih debelin. Je alternativa uporovnemu varjenju, ki ga zelo težko apliciramo na aluminiju ali pocinkanih pločevinah. Pri varjenju se poškoduje zaščitni antikorozijski premaz, tako da je potrebno spoj po obdelavi še ročno premazati, kar povečuje stroške. S hladnim spajanjem je možna spojitev tudi različnih materialov, kar pri varjenju ni vedno mogoče, ker se lahko varijo le materiali enakih ali sorodnih sestav.

Pri hladnem spajanju pločevin potisnemo obe plasti v kalup. Ko se sila pritiska povečuje, se material na pritiski strani razširja navzven v material na strani kalupa in tako se formira spoj. Pri tem pride do plastične deformacije pločevine in s tem do utrditve.

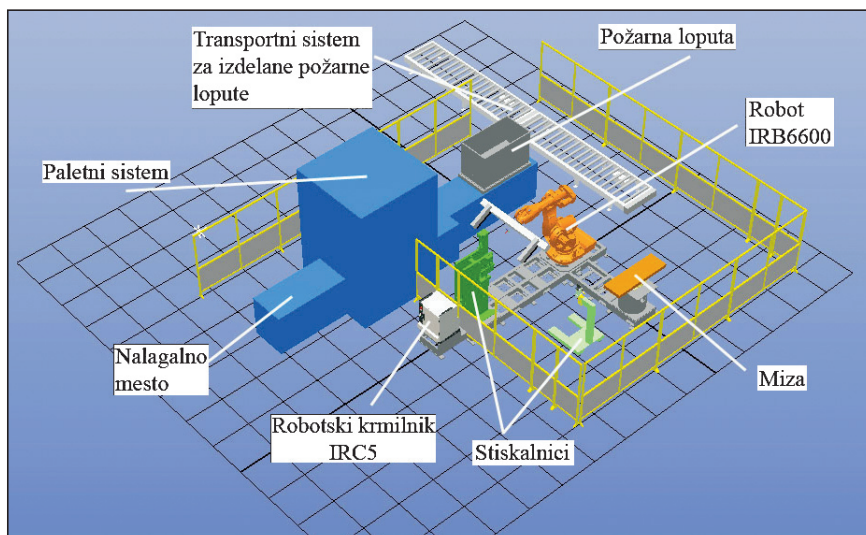
Če primerjamo hladni spoj z varjenim, dosegajo hladni spoji do 70 % statične trdnosti. Prednost pa je v dinamični trdnosti, ki je višja kot pri varjenju. Tako je pričakovana življenjska doba hladnega spoja daljša od varjenega. Shematski prerez hladnega spoja je prikazan na *sliki 2* [1].



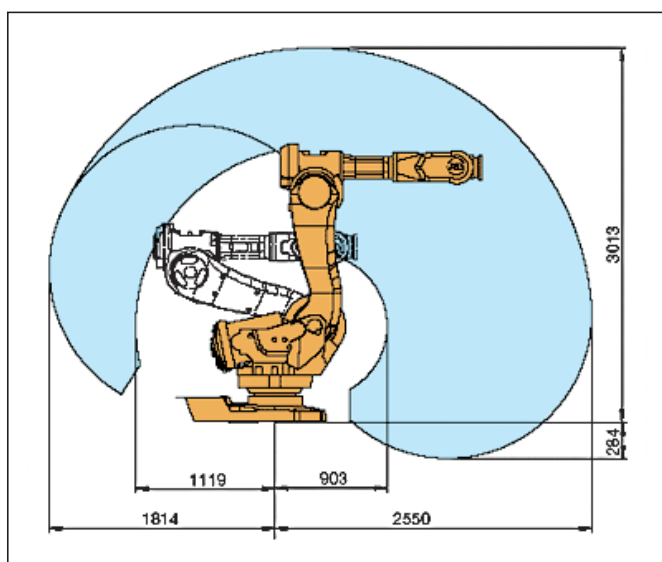
**Slika 2.** Orodje, matrica in prerez spoja

## ■ 2 Robotska celica

Robotska celica z vsemi sklopi je prikazana na *sliki 3*. Pred postavitvijo



Slika 3. Robotska celica v simulacijskem okolju RobotStudio



Slika 4. Delovni prostor ABB IRB6600

realne celice je bila v ABB-jevem simulacijskem orodju RobotStudio izdelana virtualna celica. RobotStudio je programsko okolje za programiranje robotov in izdelavo simulacij robotske celice za robote proizvajalca ABB. Robotom s krmilnikom IRC5 je namenjena trenutno zadnja, peta, verzija programa, ki temelji na tehnologiji VirtualRobot. To pomeni, da na osebнем računalniku teče enak operacijski sistem kot na robotih. Virtualni robot je tako točna kopija realnih robotov ter IRC5 krmilnika in lahko generira enake programe v programskem jeziku RAPID kot pravi krmilnik.

V virtualni celici so poleg samega robota še 3D modeli platforme, mize in

določila postavitev in preverila dosegljivost robota. V RobotStudio je bilo napisano tudi ogrodje programa. Vseh 3D modelov ni bilo na voljo, zato je bilo potrebno indirektno programiranje v RobotStudio združiti z direktnim programiranjem v realni celici.

## 2.1 Robot ABB IRB6600

ABB-jev robot IRB6600 je 6-

osni industrijski manipulator s krmilnikom IRC5. Njegove značilnosti so velika nosilnost, doseg ter navor in toga zgradba. Modularna zgradba omogoča več različic. Za to aplikacijo je bil, zaradi teže prijemala in največjih loput, izbran robot z največjo nosilnostjo 225 kg z dosegom 2.55 m. Točnost robota je v območju  $\pm 0.1$  mm, ponovljivost trajektorije pa v območju  $\pm 0.3$  mm. Manipulator ima zaščito IP67. Delovni prostor robota je prikazan na sliki 4 [2].

## 2.2 Paletni sistem s sistemom za hladno spajanje

Paletni sistem s sistemom za hladno spajanje (slika 5) je izdelalo podjetje Pilihi, d. o. o. Predstavlja prvo fazo v proizvodnem ciklu. Paletni sistem ima štiri stiskalnice, merilni sistem za merjenje dimenzij požarnih loput ter pogonski sistem, ki omogočajo kroženje palet. Prvi in zadnji del paletnega sistema se vertikalno premikata in s tem omogočata kroženje palet po dveh nivojih.

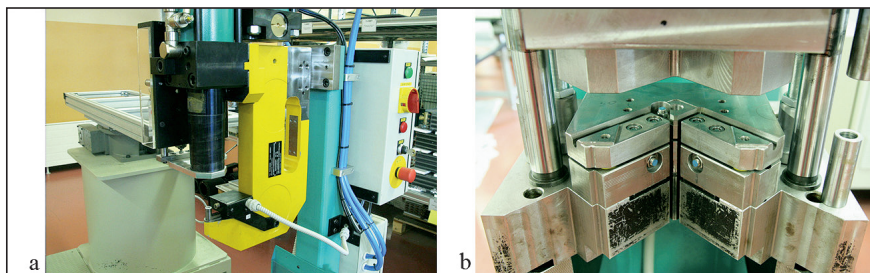
Operaterji na sestavljalnem mestu zložijo požarne lopute na palete. V osrednjem delu se izvede točna meritev dimenzij, nato pa se loputa spoji vertikalno po robovih. Število spojev je odvisno od višine loput. Po končanem spajanju se paleta zapelje na odjemno mesto. PLC-krmilnik nato izmerjene dimenzije skupaj s signalom pripravljenosti lopute za odvzem pošlje preko podatkovnega vodila ProfiBus robotskemu krmilniku.



Slika 5. Paletni sistem s sistemom za hladno spajanje robov

## 2.3 Stiskalnici za spajanje vogalnikov

Za spajanje vogalov požarnih loput sta uporabljeni dve stiskalnici. Za večje izdelke je namenjena stiskalnica, ki v enem koraku naredi vse štiri potrebne spoje na enem vogalu lopute. Ker pa najkrajših izdelkov zaradi osi lamele ni možno vstaviti v to stiskalnico, se ti izdelki spojijo na manjši stiskalnici (slika 6a), ki v enem ciklu naredi en spoj.



Slika 6. a) Klešče manjše stiskalnice; b) Matrica večje stiskalnice skupaj

Na sliki 6b je prikazana matrica večje stiskalnice, kjer so vidni trije induktivni senzorji za zaznavanje prisotnosti lopute. Zgornji senzor je uporabljen za kontrolo prisotnosti izdelka. Ker pri meritvah dimenzij občasno prihaja do napak, sta bila v stranice vgrajena še dva induktivna senzorja. Vnos loput je tako izveden z iskanjem. Obe stiskalnici krmili robotski krmilnik.

## 2.4 Vrtljiva miza

Pri spajanju vogalnikov požarnih loput mora robot loputo preprijeti, saj so, ko je loputa v prijemalu, dostopni samo sprednji štirje vogali lopute. V

ta namen je uporabljena vrtljiva miza (slika 7). En cikel predstavlja obrat za 180°. Robot odloži požarno loputo točno na sredino mize in jo po vrtenju zopet pobere na enak način, tako da je relativna pozicija lopute glede na prijemalo enaka. Tako lahko robot izvede spajanje še ostalih štirih vogalnikov po enaki trajektoriji.

Na površini mize je magnetna plast, ki preprečuje zdrs loput med obračanjem. Mizo poganja

asinhronski motor z zavoro. Ima poseben prenos, ki omogoča postopno pospeševanje in zaviranje brez sunkov ter točno pozicioniranje, kar je pomembno za ohranjanje pozicije in orientacije lopute pri pobiranju. Krmiljenje mize prav tako poteka preko robotskega krmilnika.

## 2.5 Prijemalo

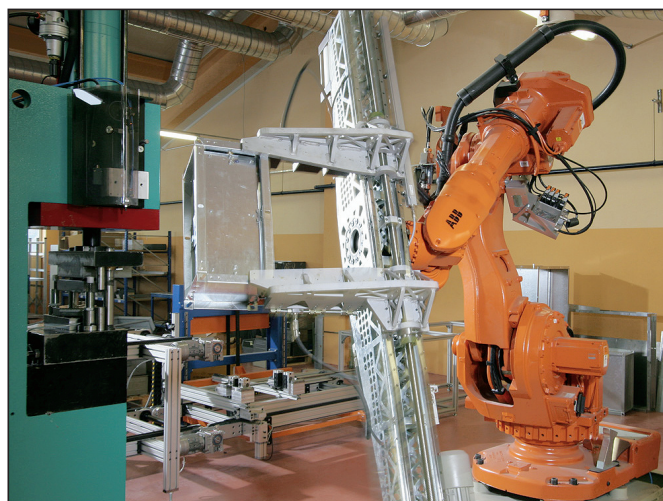
Prijemalo je bilo izdelano namenško za aplikacijo izdelave požarnih loput. Izdelalo ga je podjetje Albatros. Ker se dimenzije požarnih loput spreminjajo in segajo od (Š x D) 150 mm x 150 mm do 1500 mm x 800 mm, je bilo potrebno narediti fleksibilno prijemalo, ki bi se lahko prilagajalo tem dimenzijam. Potrebno je bilo paziti tudi na maso prijemala, saj najtežje lopute tehtajo do 80 kg. To po eni strani zahteva veliko nosilnost in s tem trdnost prijemala, po drugi strani pa

zaradi nosilnosti robota omejuje največjo možno maso prijemala. Potrebno je bilo zagotoviti tudi primerno silo prijemanja, da ne bi prišlo do zdrsa požarnih loput iz prijemala, kar bi predstavljalo resno nevarnost za delavce. Ker se v prihodnje načrtujejo vključitve izdelkov drugih oblik, je bil v samo prijemalo vključen tudi izmenjevalnik orodij.

Celotno ogrodje je iz aluminija. Zunanja površina prijemala ima narejene izreze po celotni površini, kar dodatno pripomore k znižanju mase. Prijemalo ima za prilagajanje dimenzijam loput dva premična prsta, ki sta na vodilu. Premikata se s pomočjo vretena, ki ga poganja elektromotor. Hitrost premikanja prstov je krmiljena s pomočjo frekvenčnega pretvornika, ki je na prijemalu in omogoča hitro in natančno pozicioniranje prstov. Za komunikacijo z robotskim krmilnikom je na prijemalu modularni komunikacijski vmesnik. Za določanje razmika prstov je uporabljena brezkontaktna merilna letev z visoko ločljivostjo. Zaradi stisljivosti zraka in težkih loput zračni tlak sam ne bi zagotavljal čvrstega prijema, zato je na prijemalu pnevmohidravlični pretvornik, ki se dejansko obnaša kot ojačevalnik in zagotavlja dovolj velike sile prijemanja. Ker se v prihodnje načrtuje tudi izdelava okroglih požarnih loput, je v prijemalu vključen tudi izmenjevalnik orodij, ki bo pri spremembi tipa loput omogočil hitro menjavo prijema. Tako bi lahko prijemalo klasificirali kot hibrid, ker ima tako pnevmatske, hidravlične kot tudi električne komponente.



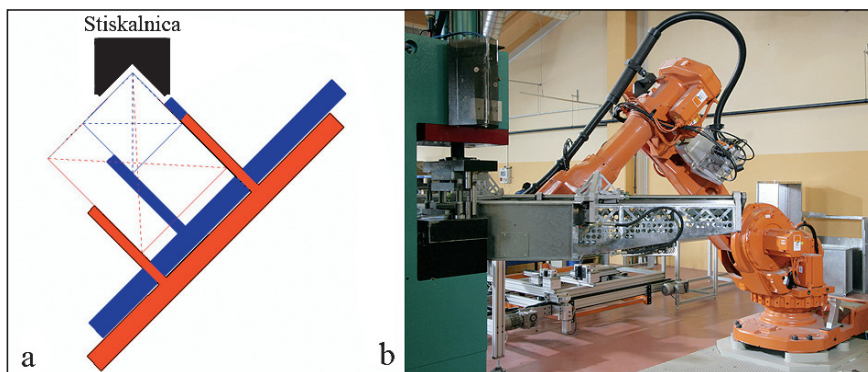
Slika 7. Vrtenje in preprijevanje požarnih loput



Slika 8. Prijemalo

### ■ 3 Računanje trajektorij

Program vodenja robota pri tej aplikaciji je zahteven predvsem zaradi velikega števila možnih dimenzij požarnih loput, ki je teoretično neomejeno. Programiranje trajektorij za vsako od dimenzij ne bi bilo racionalno, bilo pa bi tudi težko izvedljivo. Programiranje je bilo tako izvedeno s pomočjo dveh »referenčnih« loput, in sicer za vsako stiskalnico z eno referenčno loputo. Trajektorija se tako s pomočjo referenčnih točk izračuna za vsak izdelek posebej.



**Slika 9.** a) Primerjava vnosa dveh dimenzij požarnih loput v stiskalnico; b) Prikaz vnosa v stiskalnico

Pri izvajanju programa se za trenutno požarno loputo iz podatkov o dimenziji najprej izvede izračun novih točk, nato pa se izvede vodenje po tej novo izračunani trajektoriji. Dejansko se računajo popravki točk glede na razliko dimenzij trenutnega in referenčnega izdelka. Cilj teh izračunov pa je, da je določen vogal oz. središče loput (glede na zahteve procesa) v točno določeni točki. Na *sliki 9* je prikazana primerjava pozicij prijemala pri vnašanju v stiskalnico pri različnih dimenzijah loput.

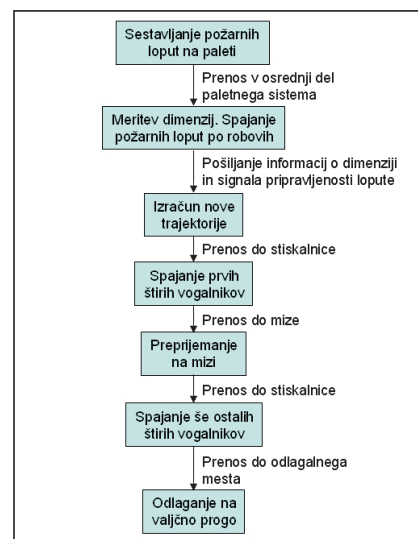
### ■ 4 Celotni cikel

Za konec pa še kratek opis celotnega cikla. Operater najprej sestavi požarno loputo na paleti. Ta se zapelje naprej v

osrednji del paletnega sistema, kjer se loputa po točni meritvi dimenzij spoji po robovih. Število spojev je odvisno od višine izdelka. PLC-krmilnik paletnega sistema pošlje izmerjene dimenzije lopute robotskemu krmilniku. Ko je paleta na odjemnem mestu, da PLC-krmilnik signal robotu, da je loputa pripravljena. Robot nato glede na vrednost dimenzij lopute izvede izračun nove trajektorije. Med premikanjem nad paletu se prsti prijemala premaknejo na zahtevani razmik. Ko se doseže pravi razmik med prstoma, se robot spusti in prime loputo ter jo dvigne. Paletni sistem paletu nato

po spodnjem nivoju zopet zapelje do sestavljalnega mesta na začetku.

Robot loputo, odvisno od dimenzije, prenese do večje ali manjše stiskalnice. V primeru večje stiskalnice poteka vstavljanje vogala lopute z iskanjem s pomočjo senzorjev z izračunano točko kot referenco. Najprej se poišče prva stranica, nato druga in na koncu se loputa še vstavi v orodje. Tretji senzor je hkrati tudi potrditev stiskalnici, da je izdelek v orodju. Postopek pri manjši stiskalnici je dolgotrajnejši, ker naredi stiskalnica v enem ciklu samo en spoj. Po spojitvi obeh zgornjih vogalov robot prijemalo obrne in postopek se ponovi še s spodnjima vogaloma. Loputa se nato odloži na vrtljivo mizo, kjer se



**Slika 10.** Blokovna shema delovnega cikla

obrne za 180°. Robot po prijemanju ponovi postopek spajanja še ostalih štirih vogalov ter jo odloži na valjčno progo, po kateri se odpelje izven robotske celice za nadaljnjo sestavo.

### ■ 5 Zaključek

Z novo robotsko celico je bila uspešno vpeljana nova tehnologija spajanja, ki se bo verjetno razširila tudi na druge izdelke. V prihodnosti se načrtuje nadgradnja celice tudi za izdelke drugih oblik, saj se je izkazala za zelo uspešno in fleksibilno. Skrajšal se je tako proizvodni cikel kot tudi pripravljalni čas, ki je bil potreben za pripravo na proizvodnjo izdelkov drugačnih dimenzij. Izboljšala se je tudi kvaliteta izdelkov.

### ■ 6 Viri

- [1] The TOX® joining systems, [http://www.tox-de.com/pdf/TOX Prospekt 1005 eng.pdf](http://www.tox-de.com/pdf/TOX%20Prospekt%201005%20eng.pdf).
- [2] ABB Automation Technologies AB Robotics, Product specification, Articulated robot, 3HAC 023933-001 / Revision 4, Västerås, 2004.

### Robot cell for the assembly of fire dampers

**Abstract:** This article presents a robot cell for the assembly of fire dampers that are designed to prevent fire and smoke propagation in fire ducts. The aim of this new cell is the automation of the process and the implementation of a new joining method. Spot welding has been replaced by joining with cold-forming. The cell consists of an ABB IRB6600 robot with the IRC5 controller and a special, custom-made gripper, pallet system with a cold-forming joining system, two presses and a rotating table. The application is quite complex with a virtually unlimited number of different sizes of dampers possible.

**Keywords:** robot cell, joining with cold-forming, fire ducts,