

## PROGRAMIRANJE ROBOTOV S PROGRAMSKO OPREMO SPRUTCAM

**Nikolay KONOV**  
KROKK, d. o. o.

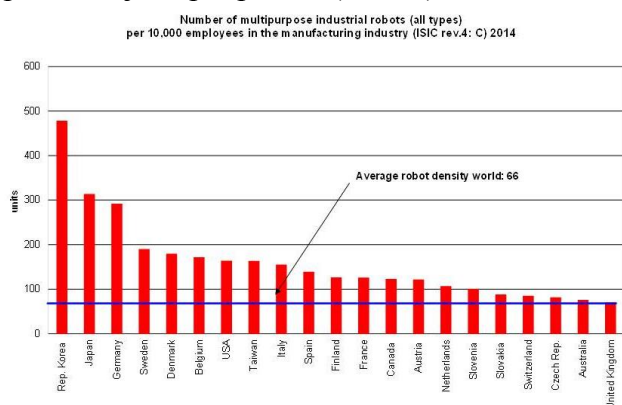
### IZVLEČEK

Uporaba industrijskih robotov za mehansko obdelavo materialov (frezanje, rezanje, poliranje, brušenje), dodatne tehnologije obdelave, varjenja ipd. Razvoj programa za offline upravljanje robota s pomočjo CAM-sistemov programiranja in funkcionalne možnosti programske opreme SprutCAM.

### 1 INDUSTRIJSKI ROBOTI V SODOBNI INDUSTRIJI

#### 1.1 Svetovni trg robotov

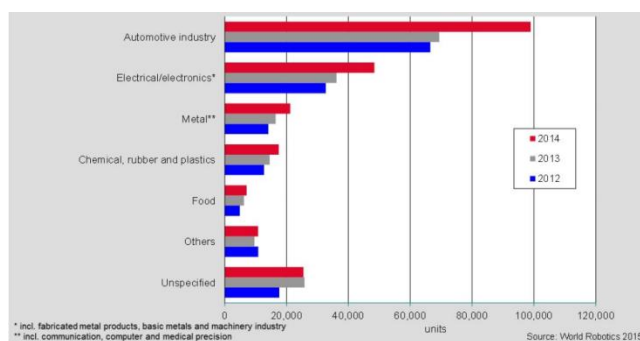
Uporaba industrijskih robotov po celem svetu vsako leto narašča. Do leta 2018 bo v uporabi več kot 1,3 milijona robotov po vsem svetu. Robotizacija proizvodnje vztrajno narašča. Povprečno je bilo, po podatkih o pogostosti uporabe robotov v proizvodnji, iz leta 2014, 66 enot na 10000 zaposlenih [1]. V 21 državah je ta pokazatelj nadpovprečen (slika 1).



Slika 1: Pogostost uporabe robotov

Med njimi je tudi večina industrijsko razvitih držav iz Evrope, ZDA, Kanada in Azijsko območje (Južna Koreja, Japonska, Tajvan). Slovenija na tem seznamu ni zadnja in s 100 roboti na 10 000 ljudi zaseda vodilno mesto v avtomatizaciji proizvodnje.

Roboti se največ uporabljajo v avtomobilski industriji, kjer je opazna pogostejša robotizacija proizvodnje (slika 2).



Slika 2: Razporeditev po smereh

#### 1.2 Področja uporabe robotov

Najpogostejše področje uporabe robotov je izvrševanje ponavljajočih se operacij na proizvodnih linijah, takih kot so: varjenje, premestitev delov, barvanje, zbiranje idr. Po navadi, roboti na teh linijah delajo ciklično po programu in izpolnjujejo ene in iste operacije ter s tem nadomeščajo rutinsko delo človeka. To omogoča maksimalno avtomatizacijo proizvodnega procesa, zmanjšanje faktorja človeških napak in maksimalno povečuje produktivnost. Vendar za sodobne robote opravljanje preprostih operacij ni meja njihovih zmognosti.

Robot, zaradi 6 stopenjske svobode, lahko opravlja tudi zahtevna večosna gibanja vzdolž zarisane poti in pri tem opravlja katerokoli obdelavo, ki je bila prej lahko obdelana le na specialnih strojih. To postaja mogoče predvsem zaradi večletne evolucije industrijskih robotov in krmilnikov. Industrijski roboti so postali bolj natančni, mogoča je namestitev robota do nekaj stotink milimetra natančno. Prav tako so se

izpopolnili tudi krmilniki robotov, ki dovoljujejo upravljanje več robotov istočasno in tudi interpolacijo robotovega gibanja z dodatnimi linijami in rotacijskimi osmi. Vse to je odprlo pot za uporabo robotov v panogah, kjer je bilo do zdaj mogoče uporabljati le specializirane CNC stroje.

## 2 MOŽNOSTI INDUSTRIJSKIH ROBOTOV PRI OBDELAVI MATERIALOV

Trend uporabe industrijskih robotov za različne vrste obdelovanja materialov postaja vedno bolj popularen v svetovni industriji. To lahko pojasnimo s tem, da imajo roboti nekaj prednosti pred klasičnimi CNC stroji, in sicer:

- 6 stopenj svobode
- Velik delovni prostor
- Uporaba istega robota za prijem polizdelka
- Nižja cena
- Uporaba dodatnih rotacijskih osi

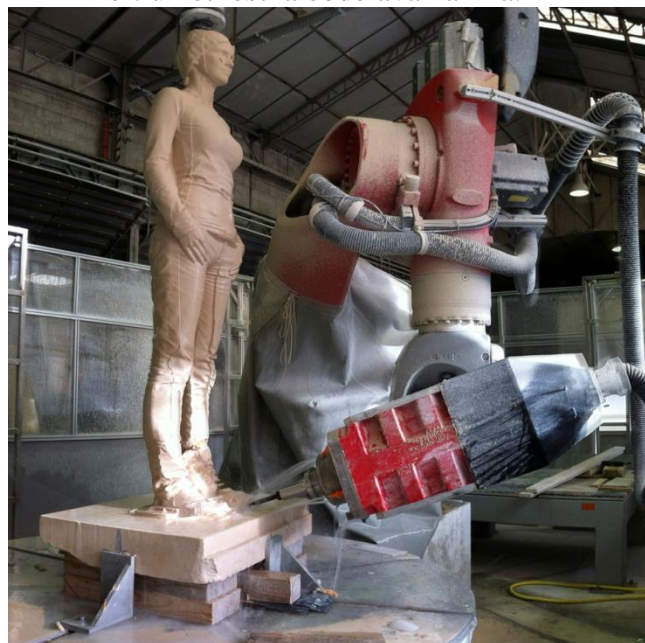
Oglejmo si te prednosti in pogledjmo konkretne primere ter področja uporabe industrijskega robota za obdelavo materialov. Seveda, s pomočjo robotov ne moremo nadomestiti vse vrste obdelave, zato ker so omejeni z določeno stopnjo natančnosti in togosti. V nadaljevanju bodo prikazani primeri uporabe robotov na področjih, kjer je to ekonomsko bolj ugodno in ustreza zahtevanim lastnostim končnih izdelkov.

### 2.1 Dostopna pet-osna obdelava.

CNC stroji, ki lahko obdelujejo dele v petih stopnjah svobode istočasno, so dražji v primerjavi s triosnimi stroji. Če je tak stroj zasnovan za obdelavo večjih delov, se njegova cena eksponentno povečuje.

Vsi industrijski roboti imajo na začetku možnost nastaviti orodje, tako kot pet-osni stroji, ampak cena take odločitve je včasih večkrat nižja v primerjavi s strojem s podobnimi lastnostmi. Tako kompleksna pet-osna obdelava izdelkov, ki ne zahteva natančnosti, postaja dostopna celo za majhna podjetja.

Primer: umetnostna obdelava kamna.



Slika 3. Obdelava kamna

Umetnostna obdelava materialov, ne le kamna, ampak tudi lesa, mavca, plastike itd. je ena iz najbolj primernih področij za uporabo robotov. Tu ni potrebna velika natančnost, toda po navadi so polizdelki lahko impresivnih velikosti in imajo površino zahtevnejših oblik. Uporaba robota omogoča obdelavo poljubne zahtevnosti in v celoti v večosnem režimu.

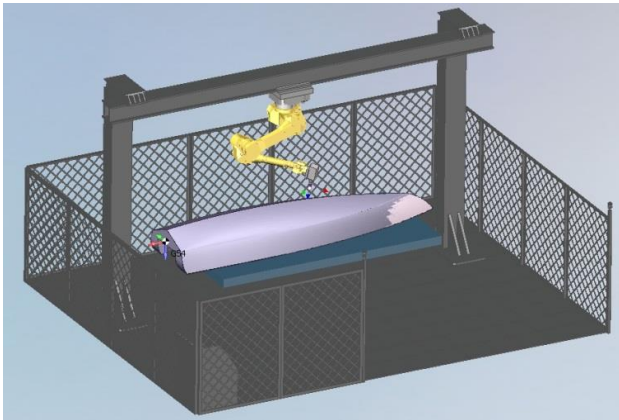
### 2.2 Velika delovna površina

Zelo pogosto izdelek, ki ga je potrebno obdelati zahteva od orodja veliko površino gibanja. Za primer lahko služi ogrodje čolnov, šasija prikolice, izdelava prototipov velikih izdelkov, priprava kalupov za litje idr. Za obdelovanje takih izdelkov so potrebni specializirani stroji z veliko površino gibov. Njihova cena je sorazmerna z njihovo velikostjo.

Vendar pa se robota lahko namesti na mobilno platformo, ki ima lahko poljubno dolžino gibanja.

Sodobni krmilniki industrijskih robotov omogočajo interpolacijo gibov robota in dodatno največ tri linearne osi gibanja samega robota. To omogoča uporabo industrijskega robota v neomejenem prostoru.

Primer: Robotska kletka za obdelavo ogrodja čolna.



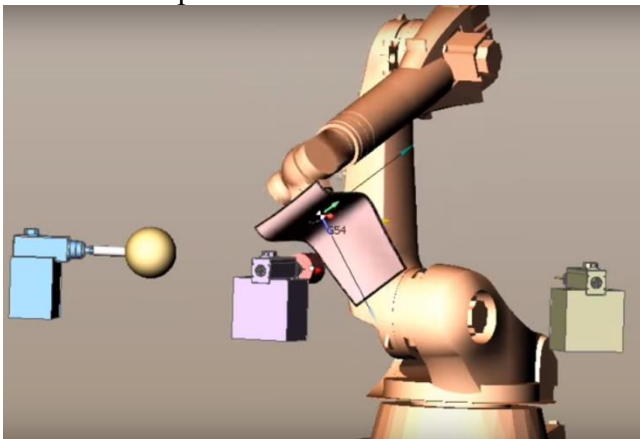
Slika 4. Obdelava ogrodja čolna.

Obdelava ogrodja čolna zahteva ne le dovršeno orientacijo orodja, ampak tudi veliko površino premikanja. Uporaba robota, ki je pritrjen na mobilnem portalu dovoljuje preprosto obdelavo celega ogrodja čolna. Obenem so premiki robota vzdolž portala popolnoma sinhronizirani s premiki spojev in omogočajo, da se orodje premika vzdolž celega ogrodja in ohranja pravilno usmerjenost.

### 2.3 Raznolika uporaba robota

Industrijski robot se lahko v istem tehnološkem procesu uporabi za prejem polizdelka in tudi za prenos polizdelka skozi orodje. Tako imenovana shema polizdelek-do-inštrumenta omogoča uresničitev celotne tehnološke verige obdelave izdelka, in tudi premik izdelka na potrebno mesto za nadaljnjo obdelavo, vse to z enim robotom.

Primer. Zaporedna obdelava sedeža za stol.



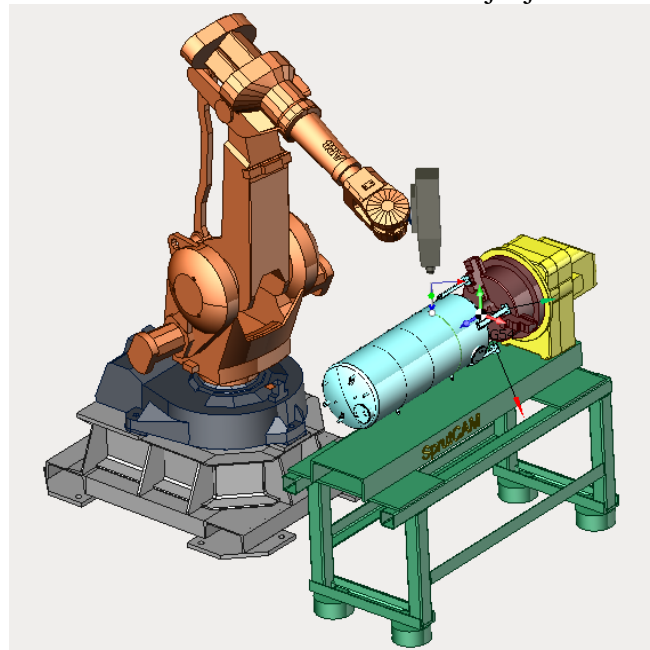
Slika 5. Veriga obdelave sedeža za stol

Po oblikovanju sedeža za stol v stroju za vlivanje, je potrebno obrezovanje, brušenje in poliranje sedeža za stol. Vse te operacije se izvajajo zaporedno z robotovim prijemom sedeža, medtem ko so ostali instrumenti v fiksnih položajih.

### 2.4 Dodatne stopnje svobode

Sodobni krmilniki robotov lahko upravljajo ne le dodatno linearno gibanje robota, ampak tudi dodatne rotacijske osi delovne mize, na kateri je fiksiran polizdelek. Taka rešitev daje polizdelku dodatno stopnjo svobode in omogoča uporabo bolj kompaktnega robota za obdelavo polizdelka z vseh strani. Upravljanje dodatne osi je popolnoma sinhronizirano z robotovim gibanjem.

Primer. Robotizirana kletka za varjenje.



Slika 6. Uporaba rotacijske osi.

Za varjenje rezervoarja z vseh strani se uporablja dodatna rotacijska os, ki je nadzorovana sinhrono z osmi robota in omogoča izvedbo operacije istočasno z vseh strani.

### 2.5 Zaključek.

Sodobni industrijski roboti se lahko uporabljajo za različne operacije obdelave, tam kjer si to prej ni bilo mogoče predstaviti: freziranje (metal, kamen, les, guma, plastika, idr.), brušenje, poliranje, obrezovanje, obrobljanje, rezanje

(plazemsko, vodno, lasersko). Take rešitve so uporabne v številnih industrijskih panogah in dostopne celo za manjša podjetja, saj jim omogoča razvoj tudi z manjšimi investicijami.

### **3 SPRUTCAM ZA PROGRAMIRANJE ROBOTOV**

#### **3.1. Standardne možnosti ustvarjanje programov**

Vsi zgoraj omenjeni primeri zahtevajo programiranje zahtevnih gibov orodja in posledično tudi osi robota. Pri klasičnem programiranju robotov je naloga zaporedno premikanje od točke do točke. Ta pristop je zelo težko uporabiti za kompleksnejše trajektorije, ki so povezane še z usmerjenostjo inštrumenta. Za tako programiranje je prav tako potrebno veliko časa, v katerem bo stroj zaseden in ne bo vključen v proizvodnem procesu.

Mnogi proizvajalci ponujajo možnost ustvarjanja programa za robota z G-kodo ali kodo s podobnim formatom, ko programer upošteva le koordinate centralne točke inštrumenta in ustvari program v običajnem kartezičnem prostoru, a mora kontrolor preračunati položaj dejanskih osi robota. V tem primeru lahko potegnemo analogijo s CNC stroji, ki imajo podobne lastnosti. Enostavni premiki se lahko sprogramirajo na tak način, toda ko gre za zahtevnejše oblikovanje ali uporabo dodatnih osi, naloga postane težko izvedljiva v razumnem času.

Skoraj vsi proizvajalci robotov ponujajo sredstva za offline programiranje, in porabljeni čas za programiranje se ne odšteva od delovnega časa robotov. Vseeno je ročno pisanje takega programa zahtevna naloga in včasih praktično nemogoča.

#### **3.2 Uporaba CAM-sistema za programiranje**

Logični zaključek v tej situaciji je bi bil, po analogiji s klasičnimi stroji, pri katerih se za ustvarjanje programov za obdelavo zahtevnejših oblik uporablja CAM-sistem, da bi uporabili CAM-sistem za programiranje robota. Ustvarjanje trajektorije gibanja inštrumenta se dejansko ne razlikuje od ustvarjanja trajektorije za stroj. Razlika je le v tem, da je, posledično,

potrebno prevesti vse gibe inštrumenta v gibe osi robota in dodatne osi. To možnost nima vsak CAM-sistem.

Prav tako mora CAM-sistem razumeti kinematiko robota in upoštevati vse njegove zmožnosti za pozicioniranje inštrumenta, izogibati se mora singularnosti in kolizijam.

Podjetje SPRUT Technology se že več kot 20 let ukvarja z razvojem CAM-programске opreme SprutCAM. Ena od možnosti tega izdelka je razvoj programa za industrijske robote, ki temelji na naložljivem 3D-modelu izdelka.

Z uporabo različnih strategij obdelave programer lahko zada potrebne trajektorije gibanja inštrumenta. SprutCAM, ki temelji na dejanski kinematiki robota, lahko izračuna položaj in usmerjenost inštrumenta v vsaki točki, koordinate vsake osi robota. Podrobna simulacija omogoča modeliranje realnega vedenja robota v celoti, izogibanje kolizij in ogled rezultata obdelave. Orodja za optimizacijo položaja spojev robota omogočajo ugotavljanje optimalnih koordinat osi, na najboljši način, za vsako točko.

### **4 FUNKCIJE SPRUTCAM**

#### **4.1 Strategije obdelave**

Kot večnamenski CAM-sistem SprutCAM vsebuje veliko število strategij za poljubno vrsto obdelave:

- freziranje (grobe, končne, večosne operacije)
- rezanje
- varjenje

Prav tako ima SprutCAM edinstvene strategije dodatne obdelave in obdelave z orodjem po tipu »nož«.

Vse te strategije se lahko uporabljajo pri programiranju robota.



Slika 7. Frezalni stroj na osnovi robota

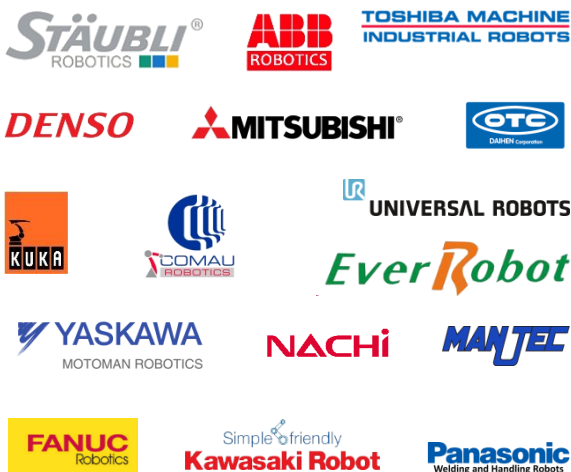
- Dodelani postprocesorji za generacijo programa v jeziku kontrolorja
- Ustvarjanje programov je tako enostavno kot programiranje CNC strojev

Viri:

- [1] Press release IFR ([http://www.worldrobotics.org/uploads/tx\\_zeifr/2016FEB\\_Press\\_Release\\_IFR\\_Robot\\_density\\_by\\_region\\_EN\\_QS\\_01.pdf](http://www.worldrobotics.org/uploads/tx_zeifr/2016FEB_Press_Release_IFR_Robot_density_by_region_EN_QS_01.pdf))

## 4.2 Podpora

SprutCAM že ima podporo večine znanih proizvajalcev robotov: znani so kinematični modeli in dodelani postprocesorji. Interakcija uporabnika z roboti vodilnih proizvajalcev je že pripravljena in v celoti testirana (slika 8). Vpeljava proizvoda za konkretno nalogo ne vzame veliko časa.



Slika 8. Podpora robotov

## 4.3. Prednosti

- Offline programiranje robotov, povečuje uporabne obremenitve
- Malo hitrejše ustvarjanje programov, v primerjavi z tistimi od točke do točke
- Lahko programiranje robotov z dodatnimi osmi
- Avtomatična optimizacija in iskanje varnejšega premikanja
- Realistične simulacije in preverjanje programov

