

Uporaba robota v tehnologiji obdelave z odrezavanjem

Janez TRATAR, Primož KRŽIČ, Janez KOPAČ

Izvleček: Večosni industrijski roboti so v industriji že dolgo časa stalnica predvsem pri operacijah, ki zahtevajo ponovljivost in strego. So nadomestek človeka v okoljih, v katerih bi se preveč izpostavljali raznim nevarnostim in poškodbam, tudi takim, ki nastajajo zaradi specifičnosti operacij delovnega mesta. Roboti so bili tako namensko narejeni za operacije montaže, strege, varjenja ipd. V zadnjem času je tudi v smislu trajnostnega razvoja zaznati trende iskanja cenejših rešitev za večje večosne frezalne stroje. Zahteve odrezovalnih strojev presegajo dosedanje okvire robotskih aplikacij, vendar je njihova uporaba možna tam, kjer so zahteve po doseženih tolerancah nekoliko bolj ohlapne in materiali manj trdi. Uporaba robotov za namene frezanja in obrezovanja je zanimiva predvsem zaradi velike prilagodljivosti pri zahtevnih in velikih obdelovancih. Na Strojni fakulteti v Ljubljani smo tako postavili demorobotsko celico za potrebe prikaza odrezovalnih tehnologij. V članku so predstavljeni okvirni sestav celice, potek obdelav s programskim sistemom CAM in aplikacija samega frezanja.

Ključne besede: industrijski robot, robotska democelica, CAM, frezanje

■ 1 Uvod

Kot navaja IFR (International Federation of Robotics) danes v svetu deluje že več kot milijon industrijskih robotov. Vsakoletni porast prodaje je kljub razmeram na svetovnih trgih po letu 2010, ko je bilo v svetu prodanih okoli 78.000 robotov, ocenjen na približno 10 % [1]. To nakazuje na vedno večjo robotizacijo v industrijski avtomatizaciji in na dejstvo, da se uporaba robotov širi tudi na področja, kjer jih prej ni bilo zaslediti. Še posebej so zanimive mehanske obdelave maloserijskih proizvodov zahtevnih oblik. Predvsem pri programiranju zahtevnejših trajektorij dosedanje programiranje z učenjem, tako imenovano teach-in ali online programiranje, ni dovolj

Janez Tratar, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Primož Kržič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, A-CAM, d. o. o., Prof. dr. Janez Kopač, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 1. Robotska celica s komponentami in frezalno glavo

učinkovito. Tehnološki napredek je šele v zadnjih nekaj letih prinesel ustrezne programske rešitve, ki omogočajo učinkovito indirektno (»offline«) programiranje s pomočjo programov CAM. Da bi študentom in zainteresirani javnosti približali

ta segment uporabe industrijskih robotov, smo se na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani odločili sestaviti robotsko celico za prikaz frezanja z robotom v izobraževalne in raziskovalne namene.



Slika 2. Lopatica z robotskim manipulatorjem

■ 2 Postavitev celice

Robotsko celico na Fakulteti za strojništvo (*slika 1*) sestavljata 6-osni antropomorfni robot KUKA KR150-2 in pripadajoča krmilna omarica tipa KRC 2. Imajo jih v laboratoriju LEC-AD za izobraževalne in raziskovalne namene.

Odrezovalno celico sestavlja robot z nosilnostjo 150 kg in delovnim območjem v obliki polkrogle s polmerom 2700 mm [3]. Za aplikacije in predstavitve freziranja smo izbrali 6,3 kW vodno hlajeno električno gnano vreteno s pripadajočim frekvenčnim regulatorjem ter ročno menjavo orodja. Vreteno ima 11700 vrtljajev na minuto. Razlogov za tako izbiro je več:

- Delovanje takega vretena je tišje kot pri podobnih izvedenkah z zračnim hlajenjem.
- Ni močnega toka zraka, ki bi razpihoval odrezke. Težava je močno izrazita, ko imamo opravka s frezanjem materiala, ki se pri aplikaciji električno nabije, npr. polistiren. Tok hladilnega zraka vretena lahko razpiha odrezke po celotni celici in tako oteži njihovo odstranjevanje, saj se zaradi naboja »prilepijo« na okolico.
- Vreteno lahko v primerjavi z

zračnimi izvedenkami vretena nekoliko močnejše obremenimo, če imamo na voljo dovolj hladilne moči.

- Nadzorujemo optimalno temperaturo vretena.

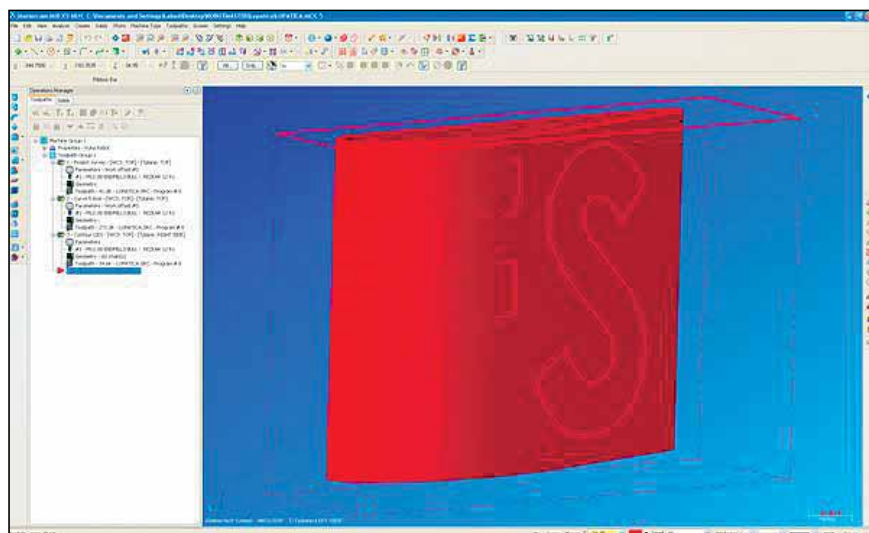
Za hlajenje vretena je preko ustrezne napeljave priključena naprava za hlajenje hladilne tekočine z maksimalno hladilno močjo 3,6 kW in pretokom 10 L/min. Zmogljiv hladilni sistem omogoča nastavljanje temperature hladilne tekočine za kar najbolj optimalno delovanje vretena, ki ima želeni razpon vstopne hladilne tekočine med 10 in 40 °C. Tako

električna kakor tudi hladilna napeljava sta razpeljani v samem robotu in po vrhu robota v energijski verigi, ki je vzmetena tako, da jo robot po potrebi vleče iz zanke. Napeljava je s tem zaščitena in enakomerno napeta, kar preprečuje navitje in poškodbe sestavnih sklopov (*slika 1*). Nosilci energetske verige in nosilci gnanega vretena so bili skonstruirani, izdelani in montirani v laboratoriju LABOD na Fakulteti za strojništvo.

V postavljeni robotski celici se izvajajo tri- in večosne obdelave tudi nekoliko večjih obdelovancev, pri katerih so zahteve po točnosti manjše, odstopanja lahko znašajo 0,3 mm ali več. Prvenstveno je celica namenjena demonstracijam freziranja v mehke materiale, kot so različne poliuretanske pene, les in lesni kompoziti. Možna je tudi izdelava večjih prototipov in različnih skulptur. Obdelovanec je glede na obdelovalne zmožnosti robota majhen, a je za prikaz zmogljivosti aplikacije freziranja z robotov in večosnih obdelav vseno dovolj velik. Vpetje surovca je izvedeno enostavno z vijaki in nosilno ploščo, ki omogoča prestavljanje po delovnem območju. To nam omogoča še dodatno optimizacijo postavitve obdelovanca in dosegljivosti robota (*slika 2*).

■ 3 CAM-programiranje robota in freziranje

Robotski manipulator lahko programiramo na dva načina. V prvem,



Slika 3. Programirana pot frezala za izdelavo lopatice (CAM)



Slika 4. Robot v simulacijskem okolju Robotmaster

direktnem načinu programiranja s pomočjo ročne učilne naprave krmilimo robota po prostoru in vnašamo ter shranjujemo točke na robotov krmilnik, kasneje narejeni program zaženemo. Tako programiranje je značilno za aplikacije varjenja, manipulacije ipd. Programiranje je preprosto, ne potrebuje podatkov o ničelnih točkah programa, saj poteka na dejanskem kosu, ki je vpet za obdelavo. Glavne slabosti tovrstnega programiranja so manjša natančnost in preglednost ter zastoj, ki nastane zaradi tega, saj robot v tem času ne proizvaja dodane vrednosti. Pri tako imenovanem indirektnem (»offline«) programiranju pa potrebne poti orodja izdelamo v CAM-programu na podlagi modela izdelka in jih nato prenesemo na robotski krmilnik. V zadnjih letih je nagel razvoj programske opreme omogočil, da lahko industrijske robote programiramo s pomočjo klasičnih CAD-CAM-postopkov in tako uporabimo robotske manipulatorje tudi tam, kjer zaradi zahtevnosti programiranja to prej ni bilo mogoče oziroma je bilo dolgotrajno. Programiranje, izdelava poti in orientiranosti rezalnega orodja se ne razlikujejo bistveno od klasičnega programiranja CNC-strojev. Razlike se pojavijo šele po izračunu obdelovalnih poti orodja, saj potrebujemo simulacijo za verifikacijo orodnih poti glede na postavitev obdelovanca v prostoru, da se izognemo kolizijam, omejeni dosegljivosti, trkom in singularnostim. Pri nekaterih boljših programih

imamo na voljo poseben modul za optimizacijo obdelovalne poti. Ta nam omogoča predhodno prilagoditev konfiguracije robota in lažjo umestitev obdelovanca v obdelovalni volumen robota, kar močno olajša programiranje in skrajša njegov čas. Glavne prednosti indirektnega programiranja v primerjavi z direktnim so v večji natančnosti, saj so v programu uporabljeni CAD-modeli. Na trajektorijah lahko dodajamo skorajda poljubno število točk in s tem povečujemo natančnost obdelave. Pred samo aplikacijo lahko v programu zaženemo simulacijo in tako odkrijemo morebitne napake. Robot pri tovrstnem programiranju lahko med pripravo programa neovirano deluje, kar je največja prednost »offline« programiranja. Glavni slabosti pa sta zahtevnost uporabe, saj zahteva posebno dodatno šolanje, in investicija v programsko opremo, ki ni zanemarljiva [2]. Za prikaz robotskega freziranja smo izbrali in programirali enostaven model lopatice (slika 3), ki je bil izveden s pomočjo simultanih večosnih obdelovalnih strategij.

Zaradi skrajšanja obdelovalnega časa, lastnosti

materiala in primerno velikega orodja smo programiranje freziranja lopatice v CAM opravili v eni sami operaciji. Sledili sta še večosni operaciji za izdelavo napisov na obeh straneh. Po končanem programiranju smo obdelovalne poti uvozili v integrirano platformo Robotmaster (slika 4), kjer smo optimirali konfiguracijo robota in položaj obdelovanca ter izvedli simulacijo freziranja.

Po uspešno zaključeni simulaciji na računalniku smo program naložili na robotski krmilnik in freziranje lopatice tudi praktično izvedli (slika 5).

Lopatica za preizkusno freziranje v postavljeni robotski celici je bila izdelana v 40 minutah. Robot je namensko deloval v upočasnjem načinu, saj je bil eden izmed ciljev tudi varno in temeljito preizkusiti delovanje robota ter vseh komponent v celici. Lopatica je bila izdelana v okviru predvidenih toleranc in časa. Freziranje lopatice je bilo tako uspešno zaključeno in bo uporabljeno kot aplikacija za prikaz te nove tehnologije študentom in obiskovalcem.

4 Sklepi

Moderni obrati, predvsem pri avtomatizaciji velikoserijskih proizvodenj, danes implementirajo robotske celice na domala vseh področjih. Razlog za neuporabo v aplikacijah freziranja je dosedanja omejenost oziroma nezmožnost programiranja zahtevnih prostorskih trajektorij.



Slika 5. Freziranje obdelovanca lopatice

Težava je pri nekaterih programih CAM za tovrstne aplikacije, ki pa so bile omejene na dokaj enostavne izdelke, že zadovoljivo rešena. Z novimi se nam odpirajo povsem nova obzorja in možnosti uporabe, programiranja z nekaterimi dodatki in simulacijami močno podobno oziroma enako kot na konvencionalnih obdelovalnih strojih. Izkoristimo pa lahko dodatne prednosti, ki jih ponuja robotski manipulator (prilagodljivost, veliko delovno območje,

cenenost, poraba energije ipd.) in so pri klasičnih in ročnih obdelavah nedosegljive. To je tudi eden izmed namenov democelice, da se študentom in ostalim predstavijo zmožnosti robotskih manipulatorjev in njihovo delovanje tudi v tovrstnih aplikacijah.

Literatura

- [1] International Federation of Robotics, www.ifr.org.
- [2] Kržič, P., Eržen, D., Duhovnik, J.,

Kopač, J.: Offline programiranje industrijskih robotov s programom Mastercam, Orodjarstvo 2008 – zbornik posvetovanja, Portorož, (2008), str. 53–57.

- [3] KUKA Roboter GmbH: KUKA KR 150-2 Specification.
- [4] Bates, C.: Move over machine tools here come robots. American Machinist, 2006, <http://www.americanmachinist.com/304/Technologies/ShopOperations/Article/False/13386/>.

Use of robots in machining technologies

Abstract: Multi-axis industrial robots are not novelty in industrial production. However, they have been used for operations that mostly require pick and place operations and repeatability. Robots are the substitute for humans in harmful or risky environments including those that arise from the specificity of the operations in the workplace itself. The main operations that robots were made for are assembly operations, machine tending, welding, etc. In the last few years, there is a demand to find cheaper and greener solutions for multi-axis machining. That exceeds previous tasks and applications that robots were made for, but robots are capable of machining in cases with low required tolerances. The use of robots is interesting because of the high flexibility in machining of complex and large workpieces. In Faculty of Mechanical Engineering in Ljubljana we set up a demo robot cell for the purpose of education and presentation of machining technologies. In this article the demo cell is presented with CAM and machining concepts.

Keywords: industrial robot, robotic demo cell, CAM, machining

DOMEL®
Ustvarjamo gibanje

DOMEL d.o.o., Otoki 21, 4228 Železniki, Slovenija
T: +386 (0)4 51 17 358; F: +386 (0)4 51 17 357;
E: brane.ozebek@domel.si; I: http://ozi.domel.si/sl/pc_ozi

Rexroth
Bosch Group

Zastopamo in prodajamo proizvode podjetja **Bosch Rexroth** s področja servo pogonov in krmilne tehnike.

Nudimo:

- servo pogone
- krmilnike
- SPS IndraLogic sisteme
- avtomatizirane sisteme
- varnostno tehniko
- servis in pomoč pri zagonu

