

ROBOTSKA CELICA ZA MONTAŽO POKROVOV NA OLJNO POSODO AVTOMOBILSKEGA MOTORJA; NANOS TESNILNE MASE, VISION KONTROLA NANOSA, VIJAČENJE

Hubert KOSLER, Aljoša ZUPANC, Damian ŠIRAJ, Matej MERKAČ, Erih ARKO, Peter ARKO
Yaskawa Slovenija d.o.o.

POVZETEK

Robotizacija montažnih procesov bistveno razbremeni operaterja in onemogoči vpliv človeškega faktorja na kakovost izdelkov. Popolnoma avtomatiziran postopek montaže za sto odstotno izdelavo dobrih kosov vključuje precizna in ponovljiva sredstva, avtomatsko kontrolo izvedenih montažnih procesov in upošteva posebnosti in zahteve ročnega posluževanja z robotsko celico. Prednosti popolne avtomatizacije za izdelavo velike dnevne količine so poznane tako uporabnikom robotskih celic, kot tudi kupcem izdelkov.

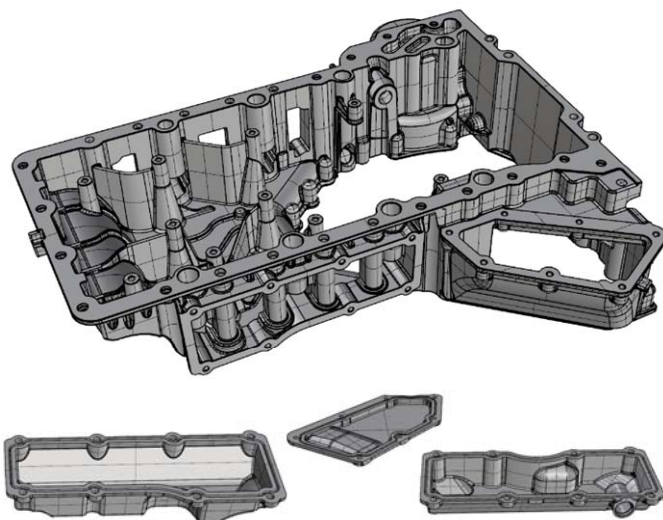
1. UVOD

S kupcem robotske celice, podjetjem LTH Castings, že vrsto let sodelujemo kot dobavitelj robotskih celic za strego CNC obdelovalnih centrov za obdelavo Al odlitkov. Med našimi preteklimi projekti so visoko produktivne robotske celice, ki so zasnovane za obdelavo različnih tipov odlitkov. Robot je prigraden na hitro servo portalno vozno enoto in hkrati streže dva ali več CNC obdelovalnih centrov.

Z našimi rešitvami smo uspeli zadovoljiti visoke zahteve končnih kupcev. Prednosti popolne avtomatizacije za izdelavo velike dnevne količine kosov so prepoznali tako uporabniki robotskih celic, kot tudi kupci izdelkov, ki povezujejo pojem robotizacija s pojmom kakovost izdelave pri avtomatizaciji procesov montaže.

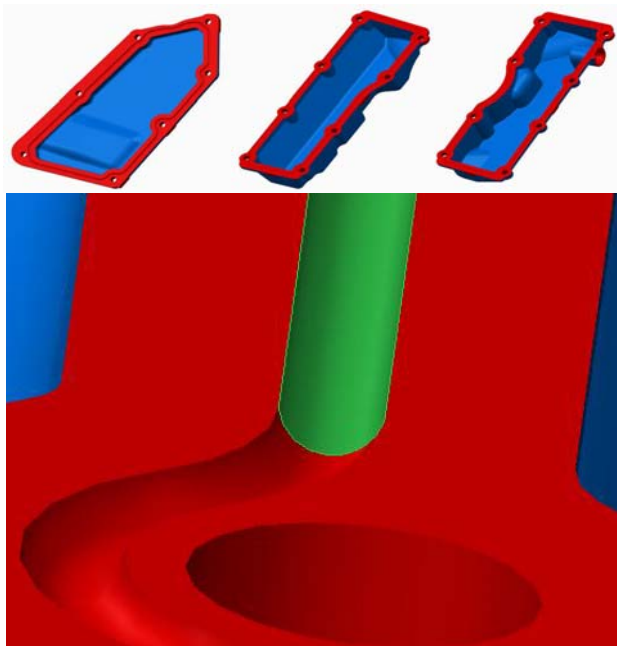
2. TEHNIČNO TEHNOLOŠKE ZAHTEVE ZA ROBOTIZACIJO

Cilj razvoja robotskega sistema je bila avtomatizacija procesa montaže pokrovov na oljno posodo avtomobilskega motorja. Proces zajema en tip izdelka, ki je sestavljen iz ohišja (1 kos) in pokrovov (3 kosi).



pokrov A pokrov B pokrov C
Slika 1: Ohišje oljne posode in pokrovi

Silikonsko tesnilo proizvajalca Henkel tip Loctite 5970 se nanese na pokrove po natančno določeni poti nanosa. Pokrovi so obdelani na CNC stroju, kjer se izdelata utor premera 2mm, v katerega se nanese tesnilo neprekinjeno po celotni dolžini utora. Začetek in konec nanosa sta v isti točki, kar pomeni, da se nanos zaključi s prekrivanjem silikonskega tesnila.



Slika 2: Pokrovi z utori nanos silikonskega tesnila

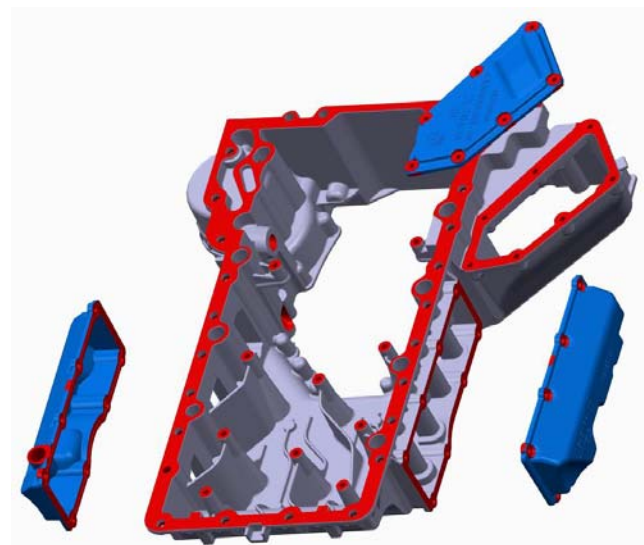
Poleg ponovljive natančnosti, ki jo zagotavlja robotski nanos silikonskega tesnila in spremljanje procesa nanosa, sta bili za preverjanje kakovosti nanosa zahtevani dodatni kontroli. Dozirni sistem za nanos silikonskega tesnila je dodatno opremljen s kontrolo količine pretoka (volumna) materiala z avtomatsko prilagoditvijo kontrole glede na hitrost nanosa. Kontrolira se tudi prisotnost zračnih mehurčkov v sistemu oziroma trenutna količina nanosa.

Pred montažo pokrovov na ohišje se izvede 100 odstotna kontrola vseh pokrovov, in sicer se preveri kakovost nanosa. Debelina nanosa, ki lahko odstopa največ $\pm 0,2$ mm od predpisane debeline nanosa 2 mm. Kontrola se izvede po celotni dolžini nanešenega tesnila. Pogoj za zagotavljanje ustreznega nanosa je vzdrževanje ustrezne čistosti šobe za nanos tesnila. Čiščenje se izvaja avtomatsko. Ob daljšem nedelovanju sistem izčrpa določeno količino tesnila iz konca šobe. Po vsakem nanosu pa se aktivira čistilni sistem z vročo žico, ki odstrani potencialni višek tesnila iz zunanje strani šobe za nanos.

Pokrovi se na ohišje pritrdijo z vijačenjem: pokrov tipa A in tipa C imata 8 vijačnih spojev, pokrov tipa B pa 7 vijačnih spojev. Za vse spoje se uporabi isti vijak – tipa M6 x 20 DIN 267-30 (samorezni vijak), za katerega je predpisan

končni moment $11\text{Nm} \pm 1,5\text{Nm}$. Vijačni spoji se razlikujejo glede na višino luknje na pokrovih – tri različne debeline. Vijačenje mora biti izvedeno s kontrolo končnega momenta vijačenja in kontrolo kota vijačenja. Avtomatski vijačnik je opremljen z enoto za avtomatsko podajanje vijakov v glavo vijačnika in dozirnim sistemom z zalogovnikom vijakov za minimalno 1h.

Za izdelavo enega kosa ohišja oljne posode je predpisan čas 9 minut. Glede na opravljeno časovno analizo in trenutno proizvodnjo zgolj enega tipa oljne posode se je kupec odločil za ročno posluževanje robotske celice brez avtonomije delovanja. To pomeni, da med menjavo kosov (odvzem končanega izdelka in vstavljanje sestavnih elementov za nov izdelek) robotska celica stoji – ne proizvaja kosov. Robotska celica je zasnovana tako, da je pripravljena za nadgradnjo in že predvideva prostor za prigraditev vhodno-izhodnih elementov za izdelke.



Slika 3: Montaža pokrovov iz treh strani

Robotska celica ustreza tudi vsem ostalim standardnim kupčevim zahtevam, kot so: minimalen prostor za postavitev robotske celice, modularna izdelava kabine robotske celice z i elementi za varno delo z robotsko celico, PLC krmilnik z ekranom na dotik za posluževanje robotske celice, priklop robotske celice za dostop in diagnosticiranje napak na daljavo ...

3. ZASNOVA DELOVANJA ROBOTSKE CELICE

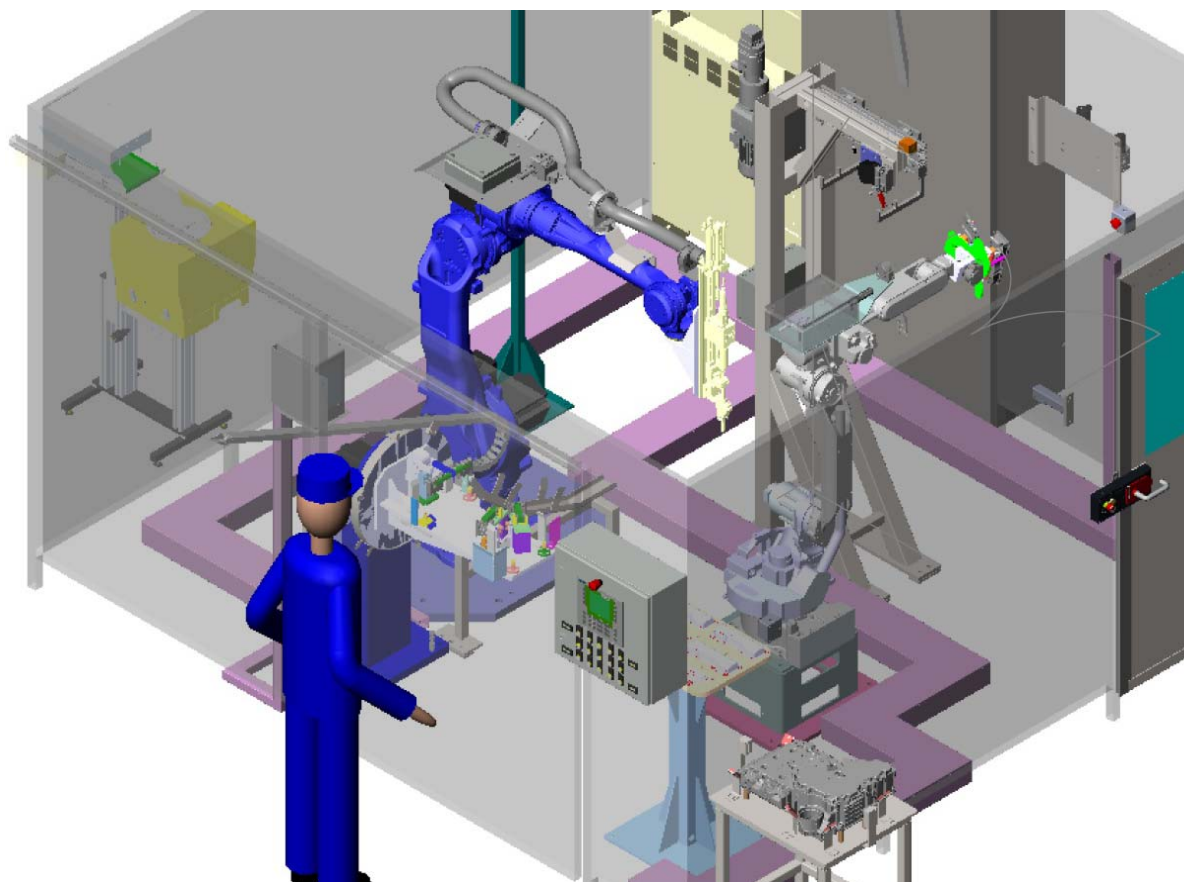
Glede na zahteve je robotizacija procesa izvedena z dvema Yaskawinima industrijskima robotoma Motoman, ki vzporedno upravljata robotske operacije. Ustrezna tipa robotov sta izbrana glede na zahteve tehnologije procesov, ki jih opravljata.

- Natančen in ponovljiv robot tipa MH6-10, nosilnosti 10kg in ustreznega dosega ($R = 1422\text{mm}$). Robot je opremljen z dvojnimi robotskimi prijemalom in z dvema prijemaloma za prijemanje treh tipov pokrovov. Robot opravlja operacije nanosa silikonskega tesnila pod fiksno vpeto šobo, ter Vision kontrolo kakovosti nanešenega silikonskega tesnila s pomikom kosa pod fiksno vpeto triangulacijsko kamero.
- Natančen in robusen robot tipa MH50, nosilnosti 50 kg in ustreznega dosega ($R = 2061\text{mm}$). Robot je opremljen z avtomatskim električnim vijaknikom opremljenim z

zunanjim dozirnim sistemom, ki preko poveznega paketa avtomatsko dozira vijake v glavo vijaknika.

Montaža pokrovov na ohišje oljne posode poteka vedno tako, da se pokrov namesti in privijači z zgornje strani. Vsak izmed treh pokrovov je pritrjen na drugo lice, kar pomeni, da poteka montaža v treh različnih pozicijah ohišja oljne posode. V robotsko celico je prigraven zasučni pozicioner tipa WD250, opremljen z eno zunanjo servo robotsko osjo, z avtomatsko vpenjalno pripravo za ohišje oljne posode.

Za pokrove je predvidena pozicionirna paleta, na kateri je prostora za 6 pokrovov (za vsak tip pokrova 2 mesti). V primeru, da bi med nanosom tesnila ali ob kontroli z Vision sistemom zaznali neustrezen nanos, bo robot pokrov odložil v škatlo za slabe kose in ponovil postopek nanosa z rezervnim pokrovom istega tipa iz pozicionirne palete. Ob morebitnem ponovnem primeru slabega nanosa pa robotska celica preneha z delom in o tem obvesti operaterja.



Slika 4: Zasnova robotske celice

Operater opravlja posluževanje robotske celice preko drsnih ročnih vrat in opravi naslednje operacije:

- odvzem končanega kosa iz vpenjalne priprave,
- odlaganje novega odlitka ohišja na vpenjalno pripravo,
- odlaganje pokrovov na gnezda odlagalne palete,
- zapiranje vrat robotske celice ter potrditev začetka delovanja.

Montaža pokrova poteka tako, da robot MH6-10 vpne pokrov in pod fiksno vpeto šobo dozirnega sistema nanese silikonsko tesnilo v za to namenjen utor. Ustrezen nanos preveri preko sistema Vision. V naslednjem koraku robot poravnava pokrov na ohišje. Robotsko prijemalo za pokrov je opremljeno s pozicionirnimi pini, ki ustrezajo luknjam na ohišju oljne posode. Robot MH6-10 pridrži pokrov na mestu, dokler robot MH50 ne opravi vijachenja dveh vijakov, nakar se umakne in robot MH50 dokonča vijachenje ostalih spojev. Robot MH6-10 pa med tem časom že začne s pripravljanjem naslednjega pokrova za montažo.

V primeru slabega vijachenja ene izmed vijahnih spojev se bo operacija vijachenja nadaljevala. O slabem vijachenju bo opozorjen operater, kar pomeni, da bo končan kos moral ročno preveriti. Operater odloži slab kos na posebej namenjeno sensorirano mesto pred robotsko celico in potrditi odvzem slabega kosa na posluževalnem panelu robotske celice. Preko panela je operater tudi jasno obveščen o rezultatih vijachenja posameznega vijahnega spoja (dobro vijachenje / slabo vijachenje).

4. SREDSTVA IN TEHNOLOGIJE ZA STO ODSTOTNO IZDELAVO DOBRIH KOSOV

Za zagotavljanje ustrezne tesnosti končnega izdelka je zelo pomembna količina nanešenega silikonskega tesnila, ki mora po operaciji vijachenja pokrova minimalno izpodriniti maso s stika med pokrovom in ohišjem. Na izdelku ne

sme biti vidnih sledi silikonskega tesnila – silikonsko tesnilo se ne sme izpodriniti z območja stika na zunanji rob.

Za robotizacijo smo izbrali dozirni sistem proizvajalca Dosis. Enakomeren in precizen nanos tesnilne mase je zagotovljen s krmiljeno zobniško črpalko, ki s kombinacijo odzračevalnih in tesnilnih elementov ter tlačnih in pretočnih senzorjev zagotavlja konstanten pretok tesnilne mase. Sistem je zasnovan za povezavo z robotskim sistemom in prilagaja podajanje tesnilne mase na šobo dejanski trenutni hitrosti premikanja robota. Vrednost o hitrosti premikanja pokrova podaja robotski krmilnik DX100 v obliki analognega signala.



Slika 4: Nanos tesnilne mase v utor na pokrovu

Pri nanosih tesnilne mase se robot premika s hitrostjo 30 mm / s, sistem pa podaja tesnilno maso v količini 4 ml / min. Pokrov je med nanosom oddaljen cca 3mm pod iglo šobe za nanos.

Kontrola nanosa silikonskega tesnila se kontrolira z laserskim triangulacijskim scannerjem tipa ZG2-WDS22 proizvajalca Omron. Sistem omogoča kontrolo višine in profila (debeline) nanosa.

Za kontrolo nanosa silikonskega tesnila smo izbrali triangulacijski laserski profilomer tipa ZG2 proizvajalca Omron. Kontrola deluje na principu projiciranja laserske črte pod izmknjenim kotom na izdelek in zajetju profila,



Slika 4: Vijačenje pokrova na ohišje

ki ga ustvari projicirana črta. Iz meritve profila razberemo višino in širino nanesenega silikonskega tesnila. Sistem Vision izvaja meritve periodično vsake 35 ms. Hitrost gibanja robota med kontrolo znaša 10 mm / s, kar nam skupaj s ciklom meritve poda ločljivost sistema vzdolž linije nanosa in ta znaša 0,35 mm. Zaradi večje robustnosti sistema in zanemarjanja možnih kratkotrajnih odbojev laserske svetlobe (geometrija pokrovov) na posameznem profilu, uporabljamo še povprečenje zaporednih meritev, kar ločljivost poveča na 1,4 mm. Rezultati meritev so posredovani v nadzorni PLC robotske celice.

Robot tip MH50 je opremljen z električnim vijačnikom proizvajalca Deprag. Za robotizacijo smo izbrali sistem, ki je omogočal:

- vijačenje na zahtevan moment $11\text{Nm} \pm 1,5\text{Nm}$ s kontrolo momenta in kota,
- programiranje več stopenj vijačenja in prilagoditev na samorezno karakteristiko vijačnega spoja,
- programiranje več različnih programov za različne spoje,
- avtomatsko doziranje vijakov enega tipa v glavo vijačnika,
- izdelavo pomične glave vijačnika s pridržanjem vijaka na podtlak za dostop do vseh zahtevanih vijačnih spojev,

- montažo vijačnika na robot in montažo kontrolne enote in sistema za selektiranje vijakov izven robotske celice ter povezavo obeh s poveznim paketom za vijake.

Po zagonu robotske celice in posnetju krivulj vijačenja smo optimirali parametre vijačenja in zožili okno kota dobrega vijačenja. Za vseh 23 vijačnih spojev smo uporabljali isti program vijačenja.

5. ZAKLJUČEK

S poglobljenim analitičnim pristopom za vrednotenje konceptov smo izluščili pravo idejo in uspeli zadostiti vsem zahtevam kupca. Popolnoma avtomatiziran postopek montaže za sto odstotno izdelavo dobrih kosov vključuje precizna in ponovljiva sredstva, avtomatsko kontrolo izvedenih montažnih procesov in upošteva ročno posluževanje z robotsko celico, kar zajema ravnanje s slabimi, popravljivo dobrimi in dobrimi kosi. Robotizacija montaže pokrovov na oljno posodo avtomobilskega motorja bistveno razbremeni operaterja in onemogoči vpliv človeškega faktorja na kakovost izdelkov.

Literatura

- [1] <http://yaskawa.eu.com/>