

Robotska strega stroja za tlačno litje aluminija

Hubert Kosler, univ. dipl. ing., Aljoša Zupanc, univ. dipl. ing. el.

Motoman robotec d.o.o.

Lepovče 23, 1310 Ribnica

Hubert.kosler@motomanrobotec.si, Aljosa.zupanc@motomanrobotec.si

Abstract

In recent years we have witnessed exceptional quick development in the field of industrial automation and robotization. Today robots as well as industrial controllers are distinguished for their reliability and for their exceptional efficiency. The market offers wide range of robots with different capacity and different field of activity. In this way optimal choice for each concrete application is made possible.

In Motoman Robotec d.o.o. we realize that the quality and integrity of the offer does not include only the sale of robots but also advise, development of whole application and reliable service activity. One of the numerous examples of whole robotic solution in the field of process automation, which were applied by Motoman Robotec d.o.o., is a cell for serving Bühler machine for press casting of aluminium in Danfoss Compressors d.o.o from Črnomelj. This project is described below.

1. Uvod

V zadnjih letih smo bili priča izjemno naglemu razvoju na področju industrijske avtomatizacije in robotizacije. Tako roboti, kot tudi krmilniki se danes odlikujejo po zanesljivosti in izjemnih zmogljivostih. Na tržišču je ponujen širok spekter robotov različnih nosilnosti in delovnih območij. Tako je omogočena optimalna izbira za vsako konkretno aplikacijo.

Aplikativne možnosti robotov so številne, najbolj značilne med njimi pa so:

- obločno varjenje
- uporovno varjenje
- strega
- brušenje
- poliranje

- paletiranje
- montaža
- lasersko in plazemsko rezanje

V podjetju Motoman Robotec d.o.o. se zavedamo, da kakovostna in celovita ponudba ne zajema samo prodaje robotov, ampak tudi svetovanje, razvoj celotne aplikacije in zanesljive servisne storitve. Eden številnih primerov izdelave celovite robotske rešitve na področju avtomatizacije procesov, ki jih aplicira podjetje Motoman Robotec d.o.o. pa je tudi: Robotska celica za strego stroja Bühler za tlačno litje aluminija v podjetju Danfoss Compressors d.o.o. iz Črnomlja.

2. Namen in izvedba robotske celice

Robotska celica je namenjena popolni avtomatizaciji strege stroja Bühler za tlačno litje aluminija in jo sestavljajo naslednje osnovne komponente:

- Industrijski robot MOTOMAN UP50
- Robotski krmilnik Yasnac XRC
- Robotsko dvojno prijemalo
- Štiristezni gravitacijski zalogovnik
- Hladilni bazen
- Prilagodno krmilje robotske celice (PLC)
- Posluževalni pult
- Varovalna ograja in varnostni elementi
- Gravitacijska drča na izhodu

3. Zasnova rešitve

3.1 Definicija naloge – zahteve kupca

Glavna zahteva kupca je bila, da se ročni način posluževanja stroja Bühler za tlačno litje

aluminija na rotorske pakete, ki so sestavljeni iz transformatorske pločevine avtomatizira.

Slika 1 prikazuje stanje pred uvedbo avtomatizacije in robotske strege.



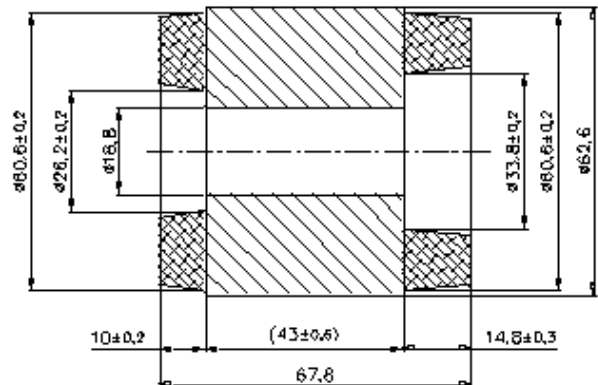
Slika 1

3.2 Opis zatečenega stanja

Stroj za tlačno litje aluminija ima nalogo, da na štiri rotorske pakete iz vzmetne pločevine tlačno nalije aluminij na vrhno in spodnjo stran paketa. Rotorske pakete se v stroj vloga v aksialni smeri.

Pri ročnem posluževanju stroja je bilo delo razdeljeno med dva posluževalca. Prvi je nadziral talilno peč na stroju in skrbel za polnost vhodne drče z rotorskimi paketi, drugi pa je izvajal strego stroja. Iz tristezne vhodne gravitacijske drče je drugi delavec pobiral rotorske pakete in po štiri kose zlagal v leseno prijemalo, katero mu je omogočalo pravilno vlaganje paketov v stroj. Takoj zatem, ko je stroj za tlačno litje končal svoj cikel, se je orodje odprlo in sočasno z pomočjo izbijal izbilo vse štiri rotorske pakete iz orodja, ki so nato padli v hladilni bazen pod strojem. Operater je nato ročno izvedel pranje orodja in vstavljanje novih štirih rotorskih paketov v stroj. Med delovanjem stroja (nalivanjem aluminija), pa je operater v leseno prijemalo vstavil nove štiri rotorske pakete za vstavljanje v stroj. Že odlite rotorje pa je elevator dvigal iz hladilnega bazena ter jih transportiral do mesta, od koder jih je operater odzema in jih polagal na

transportni trak, ki je pakete transportiral pod stroj za žigosanje.



Slika 2: Risba rotorskega paketa

3.3 Zahteve kupca oz. robni pogoji robotske celice

- Zahtevana količina 2000 nalitih rotorskih paketov na izmeno (povprečni čas cikla 50,4sek); trajanje izmene 7ur
- Na stroju za tlačno litje aluminija bo delal le en delavec (operator), ki bo skrbel tudi za nemoteno delovanje talilne peči
- Avtonomija stroja 30 minut
- Ročno vlaganje rotorskih paketov na vhodno gravitacijsko drčo (kapaciteta vhodne drče - 30 minutno avtonomno delovanje)
- Ročno nalaganje nalitih rotorskih paketov iz izhodne gravitacijske drče na paleto (kapaciteta izhodne drče - 30 minutno avtonomno delovanje)
- Robot mora opravljati manipulacijo surovih rotorskih paketov in nalitih rotorskih paketov med delovnimi operacijami litja
- Med odvzemom nalitih rotorskih paketov in vstavljanju novih surovcev mora biti obvezno izvedeno čiščenje orodja v stroju
- Po končanem ciklusu tlačnega litja, takojšen prenos odlitih rotorskih paketov v hladilni bazen
- Odliti rotorski paketi se morajo v hladilnem bazenu ohlajati najmanj 60sek
- Maksimalna širina robotske celice 2500mm (omejitev zaradi obstoječih transportnih poti)
- Robotsko prijemalo mora zagotavljati prijetanje štirih tipov rotorskih paketov, ki

se med seboj razlikujejo po višini valja, imajo pa isti premer.

Slika 2 prikazuje risbo rotorskega paketa

- Maksimalna masa enega rotorskega paketa pred litjem znaša 0,8kg, po litju pa 1,1kg
- Kontaktna temperatura litega aluminija znaša 300°C
- Kontaktna temperatura rotorske pločevine od 260°C do 280°C
- Robotska celica bo obratovala v treh izmenah
- Zahtevana odzivnost dobavitelja 12 ur od pisne prijave okvare

3.4 Opis delovanja robotske celice

V robotski celici za tlačno litje smo predvideli vse komponente, ki zagotavljajo zanesljivo delovanje in 30 minutno avtonomno delovanje robotske celice za tlačno litje. Stalna navzočnost operaterja ni potrebna!

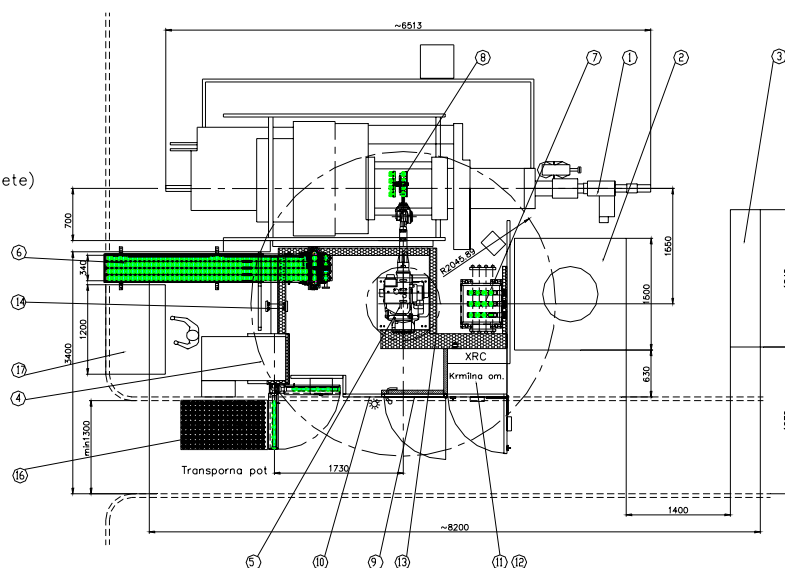
Na osnovi izvedene študije in preračuna momentov smo izbrali robota MOTOMAN UP50, ki je opremljen s specialnim dvojnimi prijemalom. Robotsko prijemalo je zasnovano tako, da lahko le-to istočasno drži 2x4 rotorske pakete.

Robot opravlja strogo rotorskih paketov, in sicer tako, da iz gravitacijskega štiri-steznega zalogovnika s prijemalom zagrabi 4 rotorske pakete, jih prenese do stroja za tlačno litje, kjer

najprej odvzame iz orodja že odlite rotorske pakete, jih zatem takoj prenese in vstavi v hladilni bazen, (med tem časom pa se z enosnim pnevmatskim manipulatorjem izvede pranje orodja), se nato vrne nazaj v stroj za tlačno litje in v orodje vstavi nove rotorske pakete. Nato pa se ponovno vrne do bazena, iz katerega vzame tiste 4 rotorske pakete, ki se v bazenu najdlje nahajajo in so tudi najbolj ohlajeni. Od tu robot prenese rotorske pakete na tekoči trak po katerem gredo v napravo za žigosanje. Iz naprave za žigosanje pa gredo rotorski paketi po tekočem traku v izhodni zalogovnik.

Pri odvzemanju že nalitih rotorskih paketov iz stroja smo uporabili specialno robotsko funkcijo SERVO FLOAT, ki jo omogoča robotski krmilnik Yasnac XRC. Ta funkcija omogoča mehak vklop robota. Tako lahko robot pod vplivom zunanje sile zapusti svojo programirano trajektorijo (občutljivost se nastavlja poljubno). To pomeni, da robot najprej zagrabi štiri nalite rotorske pakete predno so le-ti izbiti iz orodja. Ko izbijalo stroja izbije rotorske pakete iz orodja se robotska roka v tem trenutku »pusti« odmakniti - torej ne pride do preobremenitve roke oz. reduktorjev in motorjev. Ko robot pride do programirane točke, pa nadaljuje pot po programirani trajektoriji.

- 1 Stroj za tlačno litje Bühler
- 2 Talilna peč
- 3 Elektro omare stroja Bühler
- 4 Preša za žigosanje
- 5 Robot Motoman UP 50
- 6 Vstopna drča za polizdelke (pakete)
- 7 Naprava za hlajenje
- 8 Dvojno prijemalo
- 9 Servisna vrata
- 10 Zaščitna ograja
- 11 XRC
- 12 Elektro omara
- 13 Kabel kanal
- 14 Kontrolnik prisotnosti kosov
- 15 Komandni pult
- 16 Izstopna drča za izdelke
- 17 Paleta z polizdelik (paketi)
- 18 Štiribarvni semafor



Slika 3: Layout robotske celice za strogo stroja za litje aluminija

V celici se poleg stroja za tlačno litje, ki je opremljen z enosnim pneurnskim manipulatorjem za pranje orodja nahaja tudi hladilni bazen s tremi pozicionirnimi mesti za rotorje, štiristezna vhodna gravitacijska drča, tekoči trak, naprava za žigosanje in zalogovnik, kjer se zbirajo žigosani odlitki.

Oba zalogovnika – tako vhodna gravitacijska drča za doziranje rotorskih paketov, kakor tudi odlagalno mesto že odlitih rotorjev (gravitacijska drča na izhodu) – omogočata avtonomno delovanje celice - brez stalne prisotnosti človeka cca 30min.

Na liniji je predviden en operater, ki mora biti prisoten na vsakih 30min.

Tako ima operater oz. polnilec nalogo, da pred iztekom 30 minut avtonomnega delovanja ročno zloži že odlite rotorske pakete v palete in napolni vhodno gravitacijsko drčo z rotorskimi paketi. To delo potem ciklično ponavlja na cca 30min.

Celica je opremljena s svetlobnimi semaforji, ki so vidni na daljavo in sporočajo polnost oz. praznost zalogovnikov, kakor tudi motnje oz. zastoje delovanja celice. Prav tako smo skladno evropskim normam upoštevali vse varnostne elemente in zaščito delovnega mesta, ki so obvezni sestavni del vsake robotske aplikacije.

4. Opis posameznih komponent robotske celice

4.1 Robot Motoman UP50

Industrijski robot Motoman UP50 z nosilnostjo 50Kg odlikuje lita aluminijasta konstrukcija, izmenični pogoni vseh robotskih osi, izredna hitrost ter dinamika podajalnih gibov. Zaradi svoje kinematike ima odlično fleksibilnost. Glede na konstrukcijo je robot 6-členkasti, kar mu omogoča velik delovni prostor in veliko statično in dinamično reprodukcijo.

Osnovni tehnični podatki:

- število osi: 6
- max. polmer dosega: 2046 mm

- nosilnost: 50 kg
- postavitev; stoječa
- ponovljiva natančnost: +/-0.07 mm
- teža: 550 kg
- priklop zraka: 6 bar
- delovna temperatura: 0 do 45 °C
- vlažnost: 20 do 80 %
- dovoljene vibracije: do 0.5 G
- priključna moč: 5.0 kVA

4.2 Robotski krmilnik Yasnac XRC

Robotski krmilnik Yasnac XRC je najnovejša generacija krmilnikov z 32 bitno multi-procesorsko zasnovno.

Osnovne značilnosti:

- multitasking
- istočasno krmiljenje štirih robotov
- 32 bitni procesor
- Možnost krmiljenja do 27 osi
- 5000 točk razširitev na 60000 točk
- 3000 ukazov razširitev na 20000 ukazov
- linearna interpolacija
- krožna interpolacija
- vzorci pendlanja
- TCP
- EXT TCP
- PMT
- izhodi analognih napetosti
- 40 vhodov (opcija 256 vhodov)
- 40 izhodov (opcija 256 izhodov)

Krmilnik podpira uporabo absolutnih dajalnikov pozicije. Tako ni potrebno iskanje referenčne lege pri vklopu robota ali pri izpadu električne energije. Krmilnik zagotavlja enostavno uporabo v celotnem spektru možnih industrijskih aplikacij. Vsebuje standardna pomagala kot so: linearna in krožna interpolacija in različni vzorci pendlanja. Pri pendlanju se predpiše amplitudo, čas, frekvenco. Programiramo lahko do 16 različnih vzorcev. Robota programiramo s pomočjo programskega jezika Imform II, ki je lahek za razumevanje. Obvestila na zaslonu pa nas vodijo pri uporabi robota. Krmilnik in robot zadovoljujeta v celoti vedno ostrejšje varnostne pogoje kot so:

varnostna nižja hitrost pri programiranju, pomiki osi s pomočjo tipk, zavore na robotskih oseh. Pomik izbrane osi se ustavi takoj, ko tipko spustimo. Krmilnik Yasnac XRC omogoča povezavo s celo vrsto standardnih komunikacij kot je na primer RS 232C, Ethernet, Profibus, Interbus, omogoča senzoriranje preko varilnega obloka, priklop tiskalnika, senzorja sile, robotskega vida ali povezavo z nadrejenim računalnikom.

4.3 Štiristezni vhodni gravitacijski zalogovnik

Štiristezni vhodni gravitacijski zalogovnik zagotavlja avtonomnost delovanja robotske celice 30 minut. Naklon zalogovnika je možno poljubno nastavljanje. Steze oz. kanali na drči zagotavljajo medsebojno razdaljo rotorskih paketov 80mm (razdalja v orodju stroja). Rotorski paketi se naslonijo na prvo pregrado drče, ki se dviga in spušča s pomočjo pnevmatike. Spuščanje rotorjev na pozicionirno – odjemno mesto je izvedeno s pnevmatskimi pregradami. Prva pregrada se spusti in prvi štirje rotorji zdrsejo do odjemnega mesta. Odjemno mesto na drči je izdelano tako, da se hkrati rotorji delno tudi pozicionirajo, končno centriranje pa se izvede v robotskem prijemalu. Prisotnost rotorskih paketov na odzemnem mestu je senzorirana. Prav tako je senzorirana polnost zalogovnika.

4.4 Hladilni bazen

100 litrski jekleni hladilni bazen stoji ob stroju za tlačno litje. Bazena ima tri odlagalne dvizne plošče, vsaka ima po štiri centrirne trne, na katere robot odlaga še vroče nalite rotorske pakete. Tudi plošče so opremljene s senzorji za ugotavljanje prisotnosti rotorskih paketov. Plošče z rotorskimi paketi se spuščajo in dvigajo iz bazena s pomočjo pnevmatike. Iz bazena se dvigne le ena plošča z rotorskimi paketi, in sicer tista, ki je bila najdlje v bazenu za hlajenje. Med hlajenjem je plošča spuščena v bazen, med odlaganjem in jemanjem rotorskih paketov pa je dvignjena. Ohlajene nalite rotorske pakete robot vzame in odloži na trak, ki teče skozi napravo za žigosanje.

4.5 Robotsko dvojno prijemalo

Prijemanje rotorskih paketov je izvedeno s posebnim dvojnimi prijemalom pritrjenim na robota MOTOMAN UP50.

Paralelno robotsko prijemalo je izdelano tako, da omogoča prijemanje štirih rotorskih paketov hkrati na medsebojni razdalji 80mm z zunanje strani - na premeru 63,1mm.

V ta namen je prijemalo opremljeno s posebno izdelanimi prijemalnimi čeljustmi, ki so toplotno izolirane od osnovnega ohišja.

Zasnova dvojnega prijemala je nujna zaradi doseganja zahtevanega časa cikla, saj robot v določenem trenutku nosi v prijemalu že nalite in tudi surove rotorske pakete.

4.6 Prilagodno krmilje robotske celice in posluževalni pult

Robotska celica se je prigradila na obstoječi stroj za tlačno litje. Vse komunikacijske povezave med krmilnikom stroja za litje aluminija in robotskim krmilnikom yasnac XRC ter krmiljenje okoliških komponent je izvedeno preko prilagodnega krmilja. Le-to omogoča dva osnovna načina delovanja robotske celice, in sicer avtomatski in ročni način. Način delovanja robotske celice izbiramo preko posluževalnega pulta na katerem se nahajajo tudi tipke za osnovne komande delovanja (start, stop, izklop v sili, reset, vpni, izpni...). Preko komandnega pulta pa je omogočeno tudi ročno izvajanje operacij (po korakih).

4.7 Zaščitna ograja

Varnostna ograja je mrežasta s kovinskim ogrodjem, višine 2m. Vstop v celico omogočajo servisna vrata, ki so nadzorovana z varnostnim stikalom.

5. Rezultati

Projekt robotske strege stroja za tlačno litje aluminija v podjetju Danfoss Compressors d.o.o. iz Črnomlja je bil uspešno zaključen in predan v redno proizvodnjo v avgustu leta 2002.

Glede na to, da je bil projekt razvojnega značaja je od podpisa pogodbe pa do realizacije minilo natanko 4 mesece.

Rezultati doseženi z uvedbo robotizacije so po 6 mesečnem obratovanju in opravljeni analizi izjemni:

- Produktivnost celice za tlačno litje se je z uvedbo robotizacije povečala za več kot 20% (iz planiranih 2000kosov smo dosegli produkcijo povprečno 2500kosov odlitih rotorskih paketov na izmeno), saj se zaradi 30 minutne avtonomije robotska celica v 8 urni izmeni ne ustavlja – stroj proizvaja polnih 8ur.
- Z optimiranjem vseh gibov robota smo dodatno skrajšali čas cikla celotnega sistema na 38sek (v ponudbeni fazi smo zagotavljali čas cikla 40sek).
- Glede na dosežene rezultate je projekt v celoti opravičil investicijo v robotizacijo strege stroja za tlačno litje saj je dejanska ekonomičnost investicije boljša od načrtovane.

Tudi in predvsem zaradi uspešno zaključenega zgoraj opisanega projekta je bila s podjetjem Danfoss Compressors d.o.o. v začetku tega leta

podpisana nova pogodba za robotsko strego naslednjega stroja za tlačno litje aluminija.

6. Zaključek

V članku je predstavljena robotska strega stroja za tlačno litje aluminija, ki jo je podjetje Motoman Robotec d.o.o. izdelalo za podjetje Danfoss Compressors d.o.o. v Črnomlju. Celica je le eden od številnih primerov izdelave celovite rešitve na področju robotizacije proizvodnih procesov. O tem pričajo številne reference, ki jih ima podjetje doma in v tujini.

Kakovost svojih storitev podjetje Motoman Robotec d.o.o. zagotavlja s stalnim izobraževanjem ter zaposlovanjem ustrezno usposobljenih kadrov kakor tudi z ustrezno opremljenostjo svojih proizvodnih in razvojnih enot. Osnovna filozofija podjetja pa je usmerjenost h kupcu.

Odras stalnih prizadevanj za zagotavljanje celovite kakovosti pa je poslovanje po sistemu ISO 9001. Certifikat ISO 9001 ima podjetje že od leta 1999, v letu 2003 pa je bilo podjetje certificirano po standardih ISO 9001: 2000.



Slika 4: Robotska strega stroja za tlačno litje aluminija