

Visoko produktivna fleksibilna robotska linija za manipulacijo s katalizatorji

Hubert KOSLER, Aljoša ZUPANC, Matej MERKAČ, Robert MODIC, Damian ŠIRAJ

■ 1 Uvod

Naloga projekta je bila umestitev robotskega posluževanja v ključni del procesa izdelave katalizatorjev, to je v proces nanašanja katalita. Katalizatorji so zelo občutljivi in krhki izdelki, zato sta natančno prijemanje in odlaganje ključnega pomena. Istočasno pa je potrebna kar največja produktivnost sistema. Širok spekter dimenzij oziroma tipov izdelkov zahteva v postopku načrtovanja optimalne rešitve, interdisciplinarno povezovanje in dinamično ekipo. Ta je morala podrobno analizirati, preskusiti in optimizirati vse vsebinsko-tehnične vplivne dejavnike za doseg zelenih ciljev.

Izdelki, za katere je zasnovana robotska linija, so okrogli oziroma eliptični valji s premeri od 50 do 160 mm in višino od 60 do 220 mm. Skupaj se na isti montažni liniji obdeluje preko 300 tipov različnih izdelkov. Največja masa posameznega izdelka je 3,5 kg (slika 1).

Proces izdelave katalizatorjev je razdeljen v tri korake. V prvem se izdelek obrne, na substrat nanese katalit z ene strani in se v prehodni komori posuši. V drugem koraku se izdelek obrne, nanese katalit z druge strani in posuši v prehodni komori. V tretjem koraku se izdelek termično formira v prehodni peči. Med posameznimi koraki je zahtevana robotska

manipulacija izdelkov, kar narekuje štiri robotske celice. Transport izdelkov v prvem in drugem koraku opravljajo namenske palete. V tretjem koraku izdelki potujejo na termično odpornem kovinskem traku širine 1600 mm s hitrostjo 0,4–1,2 m/min.

Delovni takt linije je 5 s. Izdelki se pri manipulaciji ne smejo poškodovati. Hitra dobavljivost rezervnih delov je zagotovljena z uporabo standardnih

(slika 2). Posamezne rešitve so bile natančno modelirane z orodjem CATIA, CAD-modeli so bili uvoženi v napredno simulacijsko okolje MotoSIM za simulacijo robotskih aplikacij. To orodje izdatno pomaga pri določitvi dosegov, prostorskih omejitev, dostopov, ciklov operacij in njihovi optimizaciji.

Linija je razdeljena v štiri robotske celice.



Slika 1. Oblike izdelkov

elementov pri načrtovanju ključnih komponent avtomatizirane montažne linije. Prav tako sta zahtevani hitra zamenljivost in izmenljivost obrabljenih komponent.

Sistem mora delovati tudi pri temperaturi do 55 °C, v zraku so kislin-ske pare in fin keramični prah.

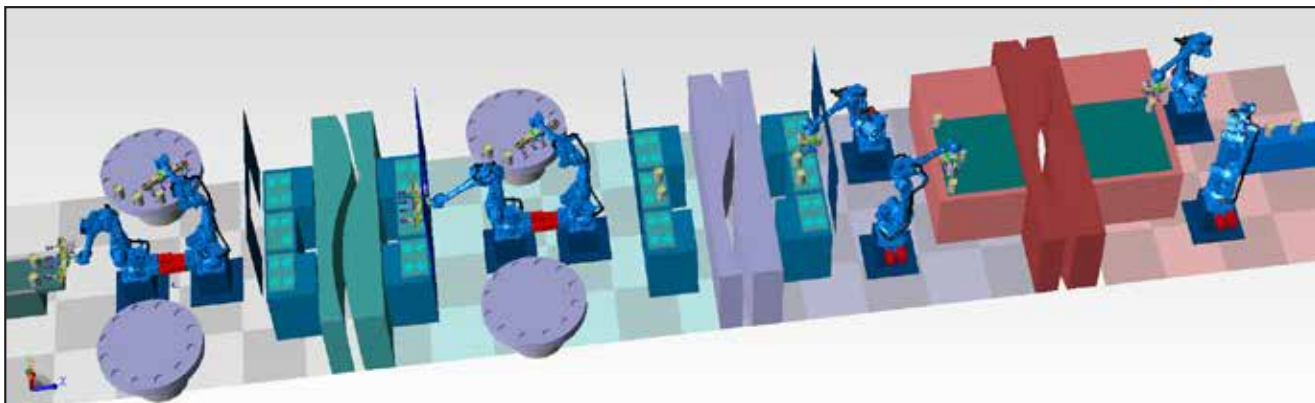
■ 2 Zasnova celic in linije

Pri snovanju robotskega sistema so bile upoštevane podane zahteve in zasnovana je bila proizvodna linija

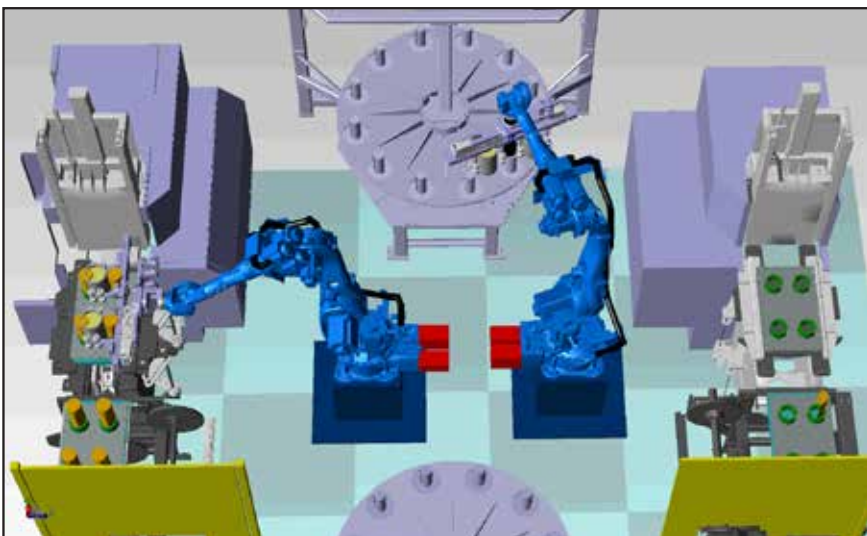
V prvi in drugi celici sodelujeta dva robota (slika 3). Prvi robot z dvojnimi stranskimi prijemalom prime dva obdelovanca in ju odzame iz vstopnega traku, ju obrne in prenese na vstopno postajo rotacijske mize. Ta pelje izdelke skozi proces nanosa katalita. Drugi robot na izstopni točki rotacijske mize odzame par izdelkov z dvojnimi vrhnjimi prijemalom in ju prenese na naslednji korak obdelave.

V tretji celici prav tako sodelujeta dva robota, ki odzemata posušene kose

Hubert Kosler, univ. dipl. inž.,
Aljoša Zupanc, univ. dipl. inž.,
Matej Merkač, univ. dipl. inž.,
Yaskawa Slovenija, d.o. o., Ribnica;
mag. Robert Modic, univ. dipl.
inž., Damian Širaj, univ. dipl. inž.,
Yaskawa Ristro, d. o. o., Ribnica



Slika 2. Model linije za izdelavo katalizatorjev z robotskimi celicami



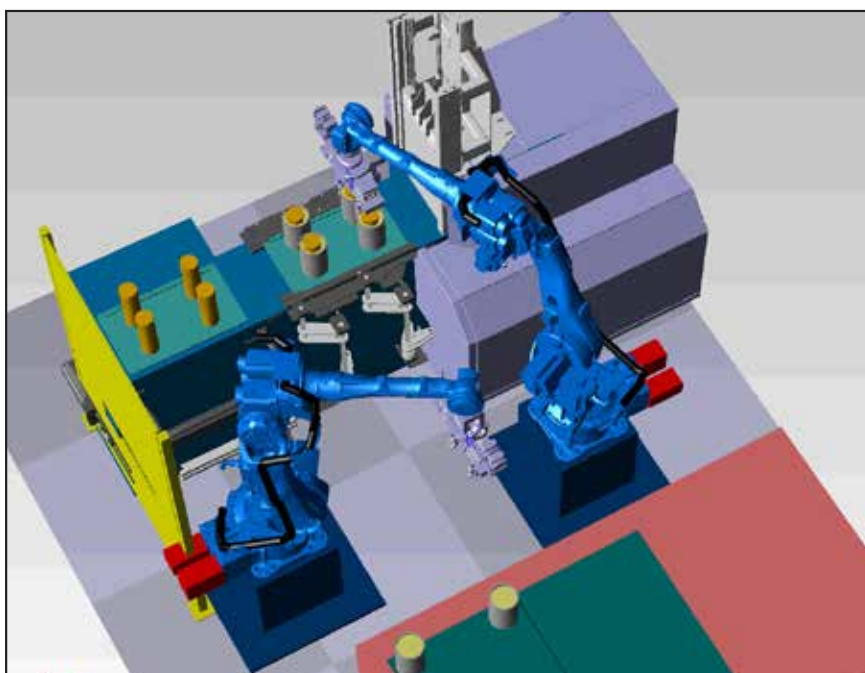
Slika 3. Robotska strega v prvi in drugi celici

iz drugega koraka in jih z vrhnjim enojnim prijemalom zlagata na kovinski trak na vstopu v peč. Optimalen izkoristek peči narekuje čim gostejše zlaganje obdelovancev (slika 4).

Na izstopu iz peči je naloga dveh robotov, da odzametata izdelke s kovinskega traku in jih preneseta na izstopni trak, ki se giblje s hitrostjo 10 m/min. Za določitev položaja izdelkov na traku se uporablja videonadzorni sistem (slika 5).

Roboti so opremljeni s tremi izvedbami prijemal. Konstrukcija vseh upošteva princip modularnosti, možnost hitre montaže, zamenljivost in izmenljivost sestavnih delov. Pravilnost montaže različnih prijemalnih prstov tako zagotavlja mehansko kodiranje montažnih površin, sklop je preprosto razstavljiv, električne povezave so izvedene s konektorji. Za zmanjšanje izdelkov z manjšimi masami, ki zagotavljajo tudi ustre-

zne mehanske lastnosti, je bila uporabljena posebna AL-zlitina. Linearni mehanski aktuator prijemala je



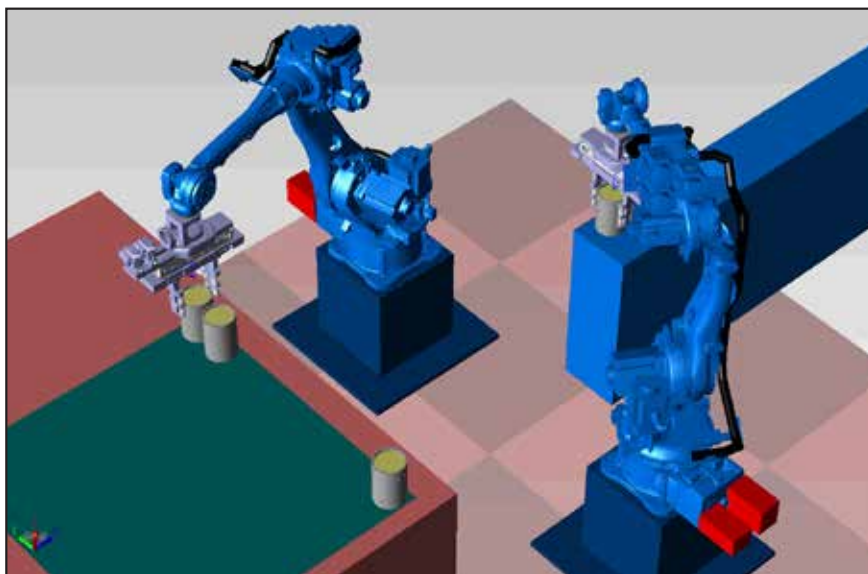
Slika 4. Celica 3 z dvema robotoma

standardna komponenta, opremljen je s servomotorjem YASKAWA, ki ga robotski krmilnik DX100 upravlja kot zunanjo os. Silo prijetanja je možno nastavljati.

Na osnovi analize doseg, potrebne dolžine delovnega cikla in nosilnosti je bil s pomočjo MotoSIM iz širokega nabora robotov YASKAWA izbran robot MH50 za vse celice. Posebna pozornost je bila namenjena analizi obnašanja in zaščiti poveznega paketa robota. Ta je predvsem pri robotih, ki obračajo izdelke, močno obremenjen.

3 Robotski vid

V celici štiri je bil za določanje položaja katalizatorjev pred nalaganjem na trak uporabljen računalniški vid. Njegovi nalogi sta ugotovitev polo-



Slika 5. Celica 4

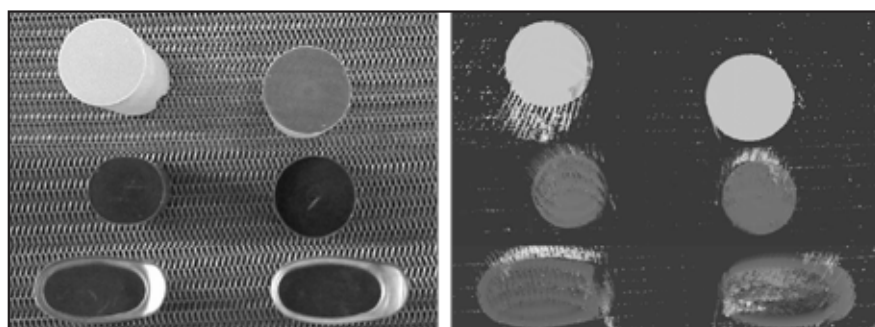
žaja izdelkov za odvzem s tekočega traku na izstopu iz sušilne peči in nadzor pravilnega odlaganja na izstopni trak. Robotski vid omogoča zajemanje in obdelavo slike, zagotovljena mora biti komunikacija med robotskim krmilnikom in slikovnim sistemom, omogočeno mora biti izvajanje vzporednih opravil na robotskem krmilniku DX100 (parallel job), izključevanje sočasnega dostopa dveh robotov na isto mesto, preverjanje dostopnosti prijemala pred odvzemom – izogibanje naletu (collision avoidance).

Za določitev položaja izdelka pri odvzemu je bila izbrana strukturirana osvetlitev, ki ima določene prednosti pred »klasično« sivinsko poslikavo.

Pri »klasičnem« pristopu se analizirajo sivinske slike, ki jih pri enakomerni osvetlitvi površine zajame sivinska kamera. Zaradi narave tehnološkega procesa je trak na tem mestu kovinski, barva ali material izdelkov sta zelo podobna traku, zato je kontrast izdel-

kov slab, posledično je potrebno algoritme detekcije nastaviti zelo neselektivno, prisotna je paralaksa, zaradi katere kamera poleg zgornje ploskve izdelkov na robu traku vidi tudi stene, zato je določen položaj napačen in prihaja do naleta prijemala v izdelek, ustavitve linije in izpada produktivnosti. Tak sistem je potrebno umeriti tudi za vsako višino in barvo izdelkov posebej, kar prinese zamudno nastavljanje, množico nastavitvev in kompleksen nadzor ter vzdrževanje aplikacije. Prav tako je težavno zagotoviti povsem enakomerno osvetlitev na celotni odzemni površini, za kar je potrebna ogromna kabina.

Izbrani pristop s strukturirano osvetlitvijo elegantno presega vse naštetje omejitve. Uporablja princip 2D-triangularacije in ob pomiku traku zajema prostorsko sliko prizora. Z izborom območja višine se preprosto izluščijo informacije, ki so nujne, npr. slika vrhnje ploskve izdelka je super kontrastna in je dobra osnova za določitev vrednosti x, y, z oziroma položaja



Slika 6. Sivinska slika levo in sivinsko kodirana prostorska slika desno (sivina ustreza višini)

in usmerjenosti izdelka. Primerjava slikovnih razmer obeh pristopov za različne izdelke je prikazana na sliki 6.

Na osnovi odprtosti robotske platforme YASKAWA je bila lahko izvedena namenska komunikacija med slikovnim sistemom in robotskim krmilnikom DX100. V razvojnem okolju MotoPLUS IDE je bila na robotski strani izdelana aplikacija, ki se izvaja na CPU-robotu in skrbi za TCP-komunikacijo s slikovnim sistemom.

Branje položajev izdelkov se na robotu izvaja paketno v enem opravilu (t. i. job), razporejanje v čakalno vrsto za odvzem je vzporedno opravilo, upravljanje s funkcijo za sinhronizacijo in odvzem s traku (t. i. conveyor) za odvzem konkretnega izdelka je spet vzporedno robotsko opravilo.

Nastavljanje detekcije kosov na 3D-sliki poteka z opisom geometrije enega kosa na programskem vmesniku (PP) robota. Tako bistveno poenostavlja postopek, potreben pri »klasičnem pristopu«.

Delo robotov pri odvzemu je potrebno uskladiti tako, da ne pride do poskusa sočasnega odvzema istega izdelka. Tak dogodek posebno pri 100-odstotni hitrosti gibanja ni najbolj zaželen. Posebno nadzorno opravilo na enem od krmilnikov usklajuje položaj robotov (t. i. cube), zahtevo po dostopu in dodeljuje dovoljenje ustreznemu manipulatorju.

4 Zaključek

Zaradi težkih pogojev delovanja so kritični deli dodatno zaščiteni. Slikovni sistem je tako npr. klimatiziran v posebni zaščitni komori, v krmilnike DX100 pa so vgrajeni dodatni ventilatorji za povečanje hladilnega učinka.

Za ključne komponente projekta zagotavlja YASKAWA zalogo in takojšnje dobavo. Prav tako sta kupcu na voljo 24-urna podpora in odzivnost. Zaradi dobrega sodelovanja pri tem projektu je kupec zaupal podjetju tudi izvedbo naslednjega podobnega projekta.