

Posvet Avtomatizacija strege in montaže 2018 - ASM '18, Ljubljana, 6.12.2018
WWW zbornik člankov s posveta

Kraj posveta: Gospodarska zbornica Slovenije, Dimičeva 13, 1000 Ljubljana

Datum posveta: 06.12.2018

Organizatorji:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko – LASIM
GZS
SRIP ToP
Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja – Zavod KC STV
RS, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo
EU, Evropski sklad za regionalni razvoj

Organizacijski odbor:

prof.dr. Niko Herakovič, FS, UL
dr. Mihael Debevec, FS, UL
Edo Adrovič, FS, UL
dr. Miha Pipan, FS, UL
Marija Jeretina, FS, UL
mag. Janja Petkovšek, GZS
dr. Marjan Rihar, GZS
Rudi Panjtar, SRIP ToP
dr. Zoran Marinšek, Zavod KC STV in INEA d.o.o.

Uredniki:

dr. Mihael Debevec, FS, UL
dr. Miha Pipan, FS, UL
Edo Adrovič, FS, UL
prof.dr. Niko Herakovič, FS, UL

Izdajatelj:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana

Ljubljana, 2018

URL: <http://www.posvet-asm.si/index.php?page=zbornik-asm-18>

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni
in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID=297950976
ISBN 978-961-6980-52-4 (pdf)

ISBN 978-961-6980-52-4



9 789616 980524

V vrednost

Posvet ASM '18 podpira program GOSTOP (OP20.00361),
ki ga delno financirata Republika Slovenija – Ministrstvo za
izobraževanje, znanost in šport ter Evropska Unija –
Evropski sklad za regionalni razvoj.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,
ZNANOST IN ŠPORT



EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI SKLAD ZA
REGIONALNI RAZVOJ

© Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2018

Vse pravice pridržane. Brez pisnega dovoljenja založnika je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, javna priobčitev, predelava ali druga uporaba tega avtorskega dela ali njihovih delov v kakršnemkoli obsegu ali postopku, vključno s tiskanjem ali shranitvijo v elektronski obliki. Tako ravnanje predstavlja, razen v primeru iz 46. in 57. člena Zakona o avtorskih pravicah, kršitev avtorske pravice.

Seznam člankov:

1. Aktivni kontaktni vmesnik (ACF) v robotskih aplikacijah: Jože Babič, HALDER d.o.o.
2. Avtomatizacija strege in procesnega nadzora stroja za delovanje brez osvetlitve –
GEISTERSCHICHT: Gorazd Rakovec, Kibernova, s.p.
3. Informatizacija ročnih montažnih procesov v proizvodnji: Tim Vrbančič, Janez Tancek, Inea
RBT d.o.o.

Aktivni kontaktni vmesnik (ACF) v robotskih aplikacijah

Jože Babič
HALDER d.o.o.

POVZETEK

Patentirana ACF-tehnologija avtomatizira naloge, ki zahtevajo prefinjen občutek za pritisk in vlek, ter hkrati kompenzira silo gravitacije. Zagotavlja ekstremno kratke čase ciklov in radikalno gospodarne amortizacijske čase tudi v kompleksnih operacijah. ACF avtomatizira problematično ročno delo in zagotavlja visoke kakovostne standarde. Kompatibilen je z vsemi novjšimi roboti.

Mehanska obdelava, kjer se dosegajo najboljši rezultati:

Brušenje, poliranje, čiščenje, laminiranje, odstranjevanje barve, ščetkanje, robkanje, glajenje

Obdelujejo se lahko različni materiali:

jeklo, aluminij, titan, magnezij, ogljik, umetni materiali, les, keramika, kokosova vlakna, usnje, plastika, ...

Odličen za različne industrijske aplikacije:

Odlaganje, vlaganje, lepljenje, spajanje, pakiranje, kontrola kakovosti, stiskanje, testiranje komponent, sestavljanje

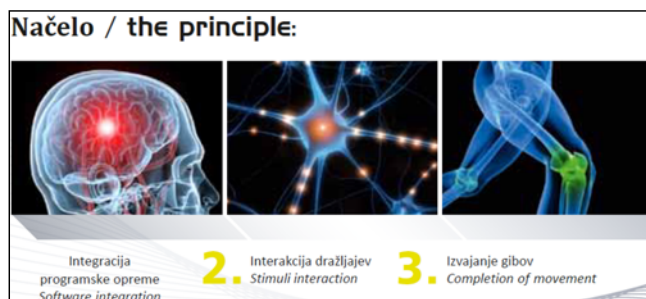
Lastnosti:

- vrhunska kakovost
- enostavna integracija
- presenetljiv porast profitabilnosti
- kompenziranje tolerančnih razlik
- rapidno zmanjšanje obdelovalnega časa
- avtonomni nadzor sile
- nadzor delovanja v realnem času
- pasivna varnost

Ključne besede: ACF-tehnologija, avtomatizacija, kakovost, robot, brušenje, medicinska tehnologija, poliranje, čiščenje, laminiranje, odstranjevanje barve, ščetkanje, robkanje, glajenje, odlaganje, vlaganje, lepljenje, spajanje, pakiranje, kontrola kakovosti, stiskanje, testiranje komponent, sestavljanje

1 UVOD

Dolgo je veljalo, da roboti ne poznajo občutka, a nič več. Družba **FerRobotics** je razvila vrhunski program rešitev, s katerimi industrijskim in proizvodnim robotom doda občutek in možnost zaznavanja okolice. Strokovnjaki podjetij **Halder**, **Nopromat** in **Fanuc** aplicirajo rešitve, ki jih nudi aktivni kontaktni vmesnik v industrijo. Ta tehnologija omogoča ogromno možnosti in razvoj rešitev v aplikacijah, kjer je potrebna kontrolirana in/ali konstantna obdelovalna sila. Potencial novih robotskih dodatkov, s katerimi roboti dobijo občutek, je skoraj neomejen.



Slika 1: Robotska spretnost

Robotski elementi FerRobotics v popolnosti izpolnjujejo zahteve slovenske industrije, ko želi avtomatizirati tehnično-tehnološke procese in pri

tem potrebuje občutljivost, avtonomno odmerjanje sile in individualni pozicijski kontakt z obdelovancem. Sistemi se namreč aktivno odzivajo in upoštevajo okolico. Omenjena tehnologija robotu doda občutljivost na dotik in ga preobrazi v občutljivega in neutrudnega delavca.

2 ACF – TEHNOLOGIJA



Slika 2: nežna inteligenca

Mehatronske aktuatorji in senzorji z veliko procesno zanesljivostjo zaradi robustne mehanske konstrukcije z integrirano pasivno varnostjo zagotavljajo nadzor tudi pri velikih hitrostih. Podamo kontaktno silo, ter upoštevamo potrebno raven občutljivosti.

ACF tehnologija dviga ali namešča, ter pritiska ali vleče z občutljivostjo roke, tako pri mirujočih, kot gibajočih predmetih

Sistem z izredno občutljivostjo in hitrostjo izravnava nepričakovane motnje in ali odstopanja. Poznavanje tehnoloških postopkov je ključno.

Fleksibilni sistemi ne sodijo samo v proizvodnjo. Zaradi svoje nežne inteligence so posebej primerni za področje medicinske tehnologije.

Z inovativno napravo za rehabilitacijo ramenskega sklepa smo oblikovali novo družino naprav. Zlasti virtualna resničnost in simulacija zahtevata delovanje, ki posnema naravo.



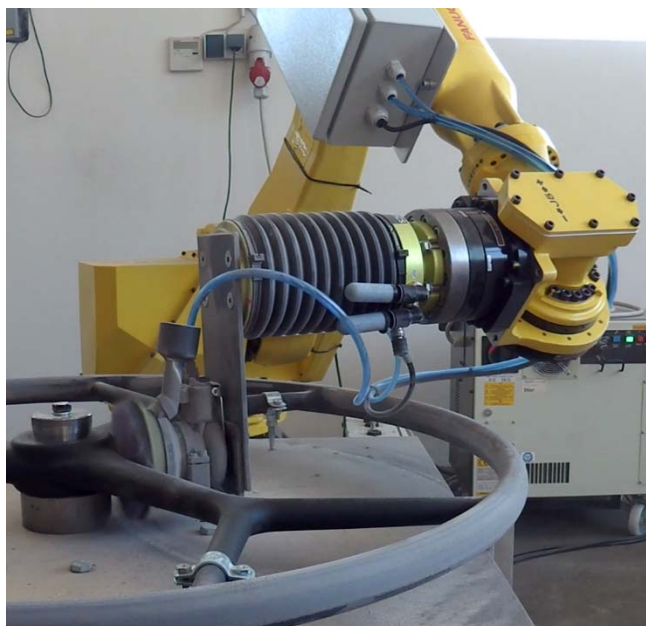
Slika 3: aktivni kontaktni vmesnik

Definirana kontaktna sila

- Interaktivna izravnava površinskih odstopkov do 100 mm ob zagotovljeni nespremenjeni kontaktni sili.
- Integrirana gravitacijska izravnava.
- Tudi pri spreminjanju orientacije ostaja procesna sila konstantna.
- Prilagoditveno programiranja aplikacije ni potrebno.

ACF prinaša rezultate

- Neprekinjen nadzor kakovosti.
- Stalno javljanje kontaktnih podatkov.
- Konstantno merjenje težišča
- Popolno beleženje podatkov
- Podrobna analiza rezultatov
- Natančna ponovljivost



Slika 4: brušenje navtičnega volana

ACF tehnologija nudi procesnim inženirjem učinkovito orodje za optimalno izkoriščanje prilagodljivosti, kakovosti in hkrati veliko procesno varnost.

Omogoča doživetja in simulacije, ki so blizu naravi in so polne občutkov!



Slika 5: brušenje in poliranje RF izdelkov
Funkcijski paketi

Tabela 1: funkcijski paketi

O	Osnovni model
I	Osnovni model s senzorjem dejanske sile (afs) in indirektnim programiranjem
L	Osnovni model z beleženjem parametrov
U	Osnovni model z afs , beleženjem parametrov, nadzorom in indirektnim programiranjem
S	Osnovni model s storitvenim vmesnikom, afs , beleženjem parametrov, nadzorom in indirektnim programiranjem

Možnost I

Senzor dejanske sile (afs)

Ta funkcija robotskemu sistemu neprekinjeno posreduje informacije o dejanski sili, ki se izvaja na obdelovanec.

Prednosti:

- Sto-odstotno zanesljiva dokumentacija o procesih aplikacije zagotavlja objektivne procesne podatke o izvedeni kakovosti.

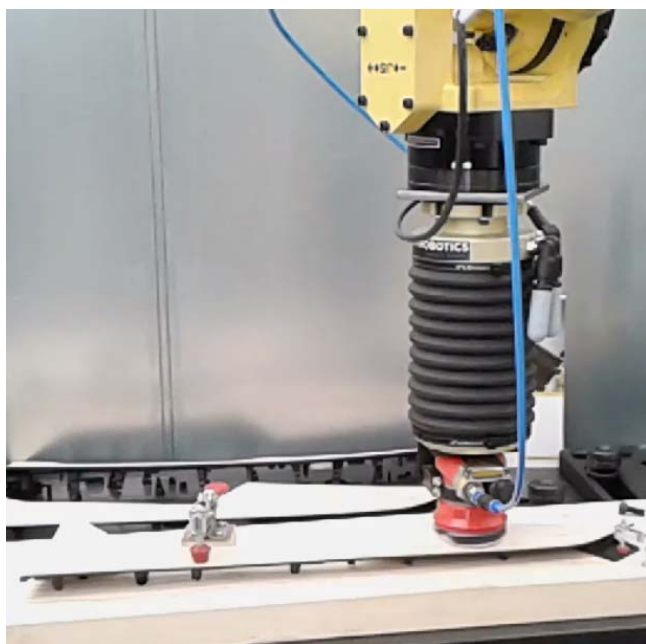
Možnosti L, U, S

Beleženje podatkov

Beleženje podatkov je idealno dodatno orodje, ki podpira hiter in optimalen zagon procesov. Funkcija beleži ključne procesne podatke od prvega kontakta za trenutni časovni cikel (stanje kontakta, sila, hod). Zbrani podatki se neposredno prenesejo iz kontrolnika na računalnik.

Prednosti:

- Dnevnik beleženja podatkov omogoča enostavno primerjavo parametrov za natančno in hitro analizo.
- Procesnemu inženirju omogoča natančne korekture tehnologije obdelave.
- Omogoča hiter izvoz podatkov v datoteko Excel za prikaz podrobnosti procesa ACF.
- Na preglednici so vidna kontaktna stanja in sila v cikla aplikacije v željenem območju delovanja.
- Po potrebi je mogoč enostaven prenos podatkov v središče za pomoč in hitro analizo FerRobotics-a.



Slika 6: brušenje furnirja, $\delta=0,35$ do $0,45$ mm

Možnosti U, S

Nadzor

Funkcija nadzora omogoča procesnemu inženirju enostavno in tekoče preverjanje aktivnega vmesnika s pomočjo spletnega brskalnika. Ta funkcija prikazuje sprotno primerjavo ciljnih vrednosti in dejanskih vrednosti v realnem času. Prikaz podatkov na računalniku je mogoč neposredno prek kontrolnika.



Slika 7: brušenje ohišja elektromotorja-peščeni liv

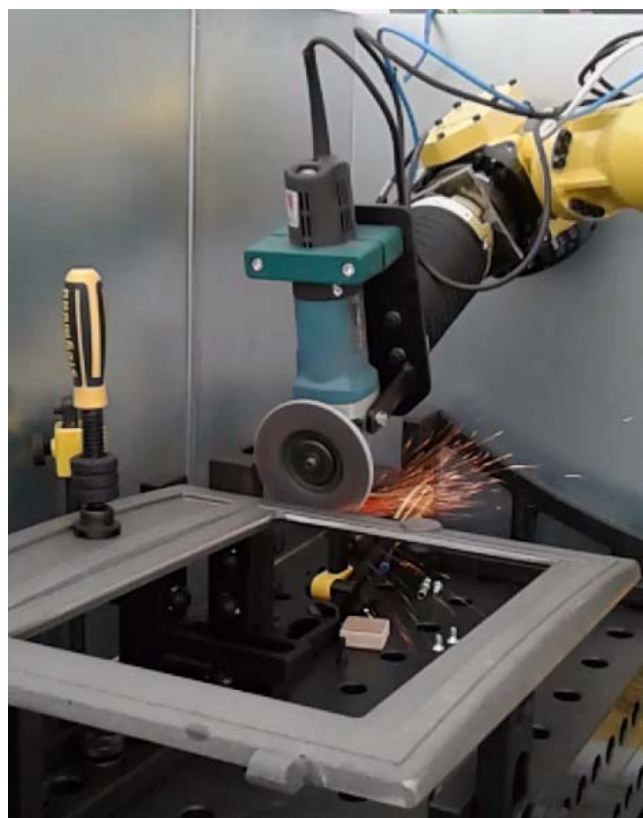
Prednosti:

- Orodje za sprotno spremljanje med namestitvijo in učenjem.
- Podpira namestitve nove aplikacije.
- Idealno orodje za preverjanje tekočih postopkov.

Možnosti I, U, S

Indirektno delovanje

V nekaterih primerih indirektno delovanje omogoča večjo učinkovitost procesa. Indirektni način omogoča uporabo aktivnega kontaktnega vmesnika brez vzpostavljene povezave z robotom.



Slika 8: brušenje srha na odlitku

Prednosti:

- Med robotom in aktivnim kontaktnim vmesnikom ni treba vzpostaviti povezave.
- Za začetek indirektnega procesa samo lokalno nastavimo vrednosti s pomočjo spletnega brskalnika (kontrolnik/računalnik). Pri indirektnem načinu se trajno shranijo procesni parametri.
- Če pride do prekinitve električnega napajanja se sistem ACF takoj in nemoteno

znova zažene in naloži shranjene parametre.



Slika 9: ABG Active Belt Grinder

Max. Kraft (push/pull) [N]	160
Hub ACF [mm]	35,5
Max. Kippmoment [Nm]	250
Max. Torsionsmoment [Nm]	250
Abmessungen [mm]	ø285 x 350 Lochkreis ISO 9409-1 Normflansch ø80 mm
AAK Kopf [kg]	8,5
Anschlüsse	• 24 V (DIN-Schiene) • 380 V (Frequenzumrichter) • ø6 mm Druckluftversorgung für ACF und Motorsperlluft Max. 7 bar, 30µm, ISO 8573-1 Kl.3 (öl- & wasserfrei)
Max. Motordrehzahl [U/min]	10.000
Motor Nennleistung [W]	700
Motor Spitzenleistung [W]	1500
Schleifteller	ø75 mm, optional ø100 mm, ø 125 mm, ø3", ø4", ø5"
Luftverbrauch [l/min]	20 – 30
Absaugung [mm]	ø38
Umgebungstemperatur [°C]	+5 ... +45
Schutzklasse	IP65

Slika 10: tehnični podatki - ABG

Možnost S

Storitveni vmesnik

Storitveni vmesnik je najboljši paket za podroben pregled, poročanje in prilagodljivo preusmerjanje procesov ACF. Trajno povezan spletni vmesnik

vzpostavi dostop do vseh podatkov, nadzor in omogoča izbiro povezave.

Prednosti:

- Nastavljiv IP naslov spletnega vmesnika za idealno vključitev v omrežje.
- Vključenost v omrežje omogoča stalno in neposredno komunikacijo prek spletnega strežnika poleg komunikacije med robotom in aktivnim kontaktnim vmesnikom (prek konfiguriranega vmesnika).
- Vgrajen senzor dejanske sile
- Vgrajeno beleženje podatkov
- Vgrajen nadzor
- Po naročilu vgrajeno indirektno delovanje

2 GARANCIJE IN SERVIS

Samo proizvajalec FerRobotics lahko zagotovi najvišjo raven zanesljivosti vašega sistema ACF. Lahko se zanesete na pametni aktivni kontaktni vmesnik.

Ko utripa zeleni gumb na kontrolniku ACF, je potrebno servisiranje. V tem primeru čim prej poskrbite za servisni termin.

Če želite začeti servisni samo-pregled prek spletnega vmesnika, uporabite funkcijo »Informacije o servisu«.

Zelena/rumena/rdeča signalna lučka označuje dejanski status servisiranja. Prikazana koda rezultata vsebuje specifične informacije v zvezi z delovanjem za center za pomoč FerRobotics.

- Vsak ACF mora biti strokovno razstavljen, očiščen in podmazan.
- Zaradi medsebojne bližine elektronskih delov zunanje mazanje ni mogoče.
- ponovna kalibracija v kompetentnem servisnem centru
- Podrobni preizkusi delovanja s tehnologijo avtomatizirane kalibracije ter avtomatizirani in ročni preizkusi zagotavljajo poročila o kakovosti, ki potrjujejo tehnično brezhibno stanje enote ACF.
- To poročilo o kakovosti velja kot certifikat proizvajalca, ki jamči za optimalno stanje enote ACF-a.

	maks. obdobje maks. delovne ure	Leto 1 6000	Leto 2 12000	Leto 3 18000	Leto 4 24000	Leto 5 30000	Leto 6 36000	Leto 7 42000	Leto 8 48000
Generalni pregled		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Preverj. elektronike		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Set rezervnih delov	Tehnologija aktuatorja		✓		✓		✓		✓
	Elementi vodil			✓			✓		
	Tehnologija Piezo			✓			✓		

Slika 11: načrt servisiranja



Slika 12: AAK in AOK modul



Slika 13: yes

Viri:

[1] FerRobotics: Tehnična dokumentacija

3 VIZIJA

Prilagodljivi roboti so naša glavna kompetenca. Robotom vdihniti občutljivost, jih narediti bolj človeške, to je naša strast. Zgledujemo se po naravi.

Nežni roboti morajo biti dosegljivi tudi najmanjšim podjetjem, saj so harmonična povezava med komercialno zavezanostjo stroškom in skrbjo za oblikovanje zdravih delovnih mest.

AVTOMATIZACIJA STREGE IN PROCESNEGA NADZORA STROJA ZA DELOVANJE BREZ OSVETLITVE - GEISTERSCHICHT

Gorazd RAKOVEC
KIBERNOVA

POVZETEK

Opisana bo avtomatizacija preoblikovalnega stroja, z dodajanjem avtomatizacije strežnih, kontrolnih in nadzornih podsistemov. Podrobneje je obravnavana avtomatizacija kontrole in strege izdelkov OPPM in SPC z nadzorom procesa njihove izdelave, kar je zahteva 4. Industrijske revolucije. Procesni nadzorni sistem je ključen element za vzpostavitev najbolj avtomatske po avtorju prof. Brankampu iz Nemčije poimenovane Geisterschicht proizvodnje kot najbolj produktivnega sistema za izdelavo serij kosovnih izdelkov. V prispevku bo opisana avtomatska proizvodnja brez osvetlitve, omogočena s procesnimi sistemi, ki krmilijo tudi avtomatski dozirni sistem načrtovan za hkratno avtomatizacijo SPC kontrole. Za omenjene sisteme bo podana zgradba, delovanje, uporaba in velike prednosti.

1. UVOD

V proizvodnji se je močno uveljavilo doseganje ciljev: maksimalna produktivnost, maksimalna kakovost in nižji stroški. V izdelovalni kosovni proizvodnje to fizično lahko dosežemo z:

- 1.1. avtomatizacijo izdelave, kar stroji večinoma že so
- 1.2. avtomatizacijo:
 - 1.2.1. identifikacije,
 - 1.2.2. dodajanja, pozicioniranja, v-, izpenjanja, odvzemanja
 - 1.2.3. podajanja
 - 1.2.4. štetja
 - 1.2.5. doziranja
- 1.3. avtomatizacijo kontrole kakovosti izdelkov s kontrolo procesa za OPPM
- 1.4. izdelavo elektronskih podatkov procesa
- 1.5. sortiranja slabih kosov
- 1.6. izdelavo izmetnih kosov blizu OPPM
- 1.7. avtomatsko SPC kontrolo

Ključni dodatni sistem, ki ga je možno dograditi na skoraj vsak stroj je procesni nadzorni sistem [1]. Za preoblikovalne stroje ga je izumil in začel izdelovati v svojem podjetju prof. Brankamp [2] iz Nemčije leta 1977. Leta 1989 je prof. Brankamp postavil prvo proizvodnjo brez osvetlitve, ki jo je poimenoval nemško Geisterschicht, angleško Ghost shift, v slovenščini

bi ji rekli proizvodnja strahov. Od leta 2008 se izvaja tudi v družbi Novi plamen d.o.o. iz Kroke na več deset strojih v proizvodnji.

V nadaljevanju bo podana proizvodnja brez osvetlitve na avtomatskih preoblikovalnih strojih z avtomatskim procesnim nadzorom, avtomatizirano kontrolo OPPM in SPC in avtomatskim dozirnim sistemom.

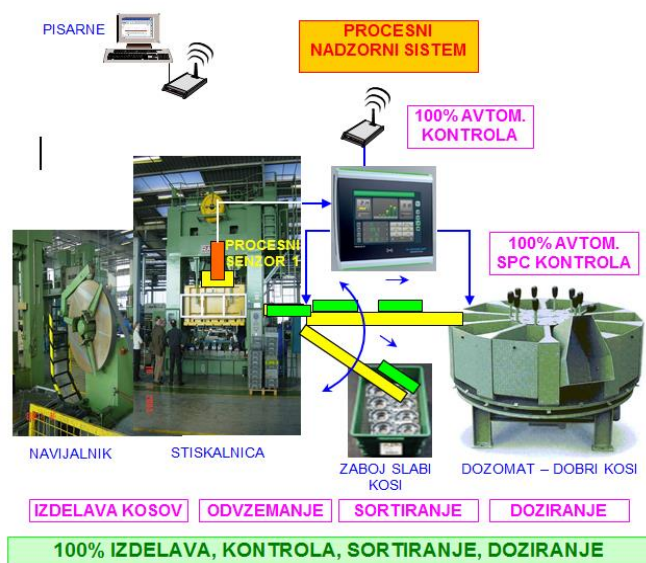
2. GEISTERSCHICHT PROIZVODNJA

Proizvodnjo brez osvetlitve ali Geisterschicht lahko pogledamo na primeru stroja iz družbe Novi plamen d.o.o. Na Sliki 1 je prikazan petudarčni stroj za hladno kovanje vijakov.



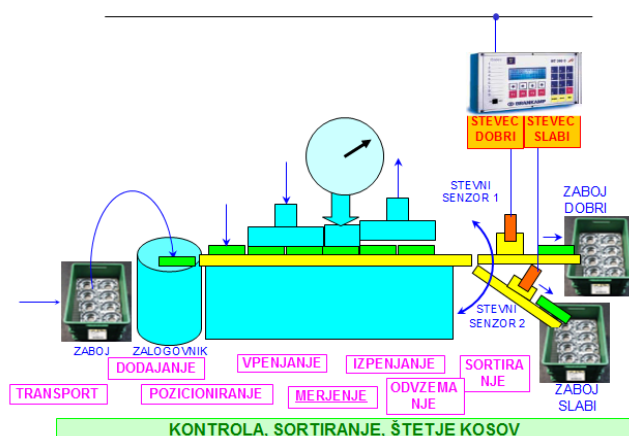
Slika 1: Stroj z opremo za Geisterschicht v družbi Novi plamen d.o.o

Pred njim je kolut žice kot surovega materiala na vrtljivem stojalu. Žica potuje skozi rumeni podajalnik in ravnalnik žice v stroj, ki jo avtomatsko preoblikuje v vijake brez navoja, ki so transportirani s tekočim trakom pod stopnicami stroja, nakar jih dvizni tekoči trak dvigne in stresa v sistem vrtljivih posod imenovan dozomat. Procesni nadzorni sistem Brankamp PK4U je ločeno pritrjen na vrhu krmilnika stroja in ustavlja stroj ob napačnih procesih in krmili tudi dozomat. Nazorneje so komponente sistema prikazane na shemi Slike 2.



Slika 2: Reducirana proizvodnja Ghost shift krmiljena s procesnim sistemom Brankamp Marposs [2] (www.brankamp.com) s kontrolo med procesom

Analogni procesni senzorji (rdeči) sile, akustike in ultraemisije so vgrajeni v pehalu, stroju in orodju. Signali senzorjev so vizualizirani in obdani z nadzornimi mejami v procesnem nadzornem sistemu [1]. Ta izvaja 100% kontrolo procesov vseh ciklov stroja. Če je proces izven meja, ustavi stroj. Procesni nadzorni sistem v primeru prekoračitve meje procesa pošlje sortirni signal na kretnico drče da slabi kosi padejo v zaboj s slabimi kosi in ustavi stroj. Procesni sistem tudi šteje dobre kose (slabe izloči) in krmili sistem 10 posod dozomat [3], ki se zavrti za eno posodo, ko je posoda polna. Ko so polne vse posode, ustavi stroj.



Slika 3: Prihranek procesnega nadzornega sistema za kontrolo med procesom – in process control

Prihranek 100% kontrole procesov namesto izdelkov je viden na Sliki 3. Izdelkov ni potrebno meriti na posebnem merilnem mestu, na katerega je treba polizdelke transportirati, dodajati, pozicionirati, vpenjati, meriti izpenjati, odvezemati, sortirati, šteti dobre in slabe kose za kar se porabi čas in energija. Prihranek je tudi v celotnem avtomatskem merilnem delovnem mestu za merjenje izdelkov po procesu: avtomatska merilna naprava, zalogovnik, dodajalnik, 2 števca; dobri in slabi kosi, dodatne zaloge kosov, prostor, ostali fiksni stroški režije.

Pomembno funkcijo doziranja kosov za avtomatizacijo SPC kontrole ima strežni stroj dozomat [3] na Sliki 4. Je sistem desetih vrtljivih posod, katerih velikost je izbrana tako, da je v njih mnogokratnik števila kosov pri katerem se dela SPC kontrola. Dobri kosi, ki jih stroj izdelava ponoči, so razdeljeni po posodah. Zjutraj v prvi izmeni kontrolor vzame iz vsake posode predpisan vzorec kosov in izvede merilni protokol za SPC kontrola. Izdelani kosi v posodah imajo precejšnjo težo, zato so posode pritrjene na osi okrog katere jih operaterji zvrnejo v večji zaboj (Slika 5). Zaradi vrtenja posod, morajo imeti posode na področju vpetja vzporedne stranice, kar je težje izvedljivo v okroglem dozomatu (Slika 6). Zaradi vzporednih stranic posod, so na okroglem dozomatu nosilni stebri posod trikotne oblike.



Slika 4: Dozirni sistem 10 vrtljivih posod dozomat za avtomatizacijo SPC kontrole proizvajalca Serte [3] (www.serte.com)



Slika 6: Vzporedne stranice posod (na mestu pritrditve z osjo) z nosilnimi trikotnimi stebri [3]

Dozomat je krmiljen direktno s procesnim nadzornim sistemom, ki ima zato poseben program doziranja prikazan na Sliki 7.



Slika 5: Posoda vrtljiva okrog vodoravne osi za stresanje kosov v zaboj brez dviganja [3]



Slika 7: Prikaz programa za krmiljenje dozomata na procesni enoti Brankamp PK4U (www.brankamp.com) [2]

Program omogoča nastavitve števila posod in število kosov v posameznih posodah. Grafično prikazuje stanje polnosti posod. Ko je posoda polna, pošlje nadzorni sistem signal za menjavo

posod v dozomat. Signal zapre zaslonko na drči, premakne polno posodo in nastavi prazno. Ko je napolnjena zadnja posoda, nadzorni sistem ustavi stroj.

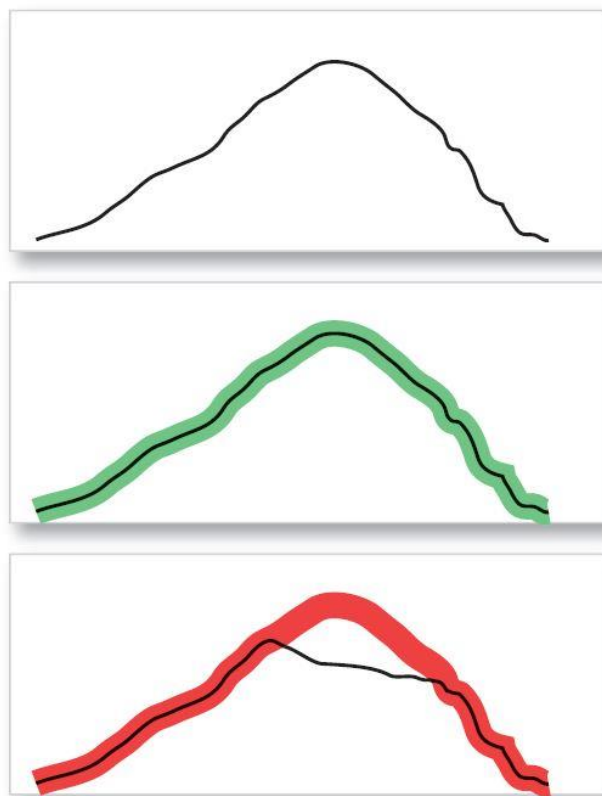
Dozomat skupaj s krmilnim programom je sistem več funkcij – podsistemov, ki so:

1. števec kosov odvzetih iz stroja,
2. dozator delnih količin - posod,
3. menjalec posod – menja polne posode za prazne,
4. števec posod – števec delnih količinskih mnogokratnikov,
5. zalogovnik kosov odvzetih iz stroja,
6. drča kosov odvzetih iz stroja,
7. zapora pretoka kosov odvzetih iz stroja,
8. dodajalnik kosov v zaboje – enake ali večje količinske enote,
9. transportna enota s kolesčki ali brez,
10. izboljša sledljivost kosov
11. lahko nova kosovna enota v informacijskem sistemu

3. REVOLUCIJA PROIZVODNJE Z DIGITALIZACIJO

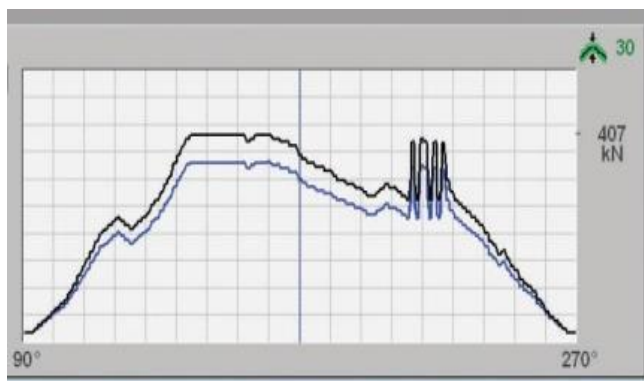
Glavni parameter mehanskih tehnoloških procesov je sila, ki je nevidna za oči in kamere. Sila poteka analogno med mehanskim procesom. Na orodje ali stroj je treba vgraditi ustrezne analogne senzorje sile in jih povezati z nadzornim procesnim sistemom. Princip delovanja procesnega sistema za mehanske ciklične tehnološke procese zgleda dokaj enostavno (Slika 8) – princip je podoben tudi za druge veličine cikličnih tehnoloških procesov. Sistem pomeri silo v orodju in nariše krivuljo sile v odvisnosti od časa ali poti orodja na ekran, ki jo prikazuje črna krivulja. Obravnavamo primer sistema Brankamp Marposs [2] (Slika 12). Procesni sistem po specialnih algoritmi na podlagi več stoletij inženirskih let razvoja in več sto tisočih letih delovanja-testiranja na strojih po vsem svetu, izračuna in postavi ovojno krivuljo, ki jo prikazuje zelena ovojnica, ki predstavlja meje dobrega procesa. Meje se avtomatsko spreminjajo tudi med procesom skladno z dopustnimi spremembami procesa. Meje so izračunane za vsako točko izmerjene krivulje posebej, zato razdalja mej ni

vzporedna z izmerjeno krivuljo, temveč je v vsaki točki krivulje zgoraj in spodaj drugačna. Operater lahko meje premika tudi ročno, vzporedno skupaj in narazen. Če se proces med delovanjem spremeni, izmerjena črna krivulja pade izven mejne ovojnice in procesni sistem ustavi stroj, sproži rdeči alarm (luč), sortira kose v zaboj slabih, prikaže grafično sliko napake na ekranu, postavi avtomatsko diagnozo z datumom in časom nastanka in jo shrani v datoteko zastojev.



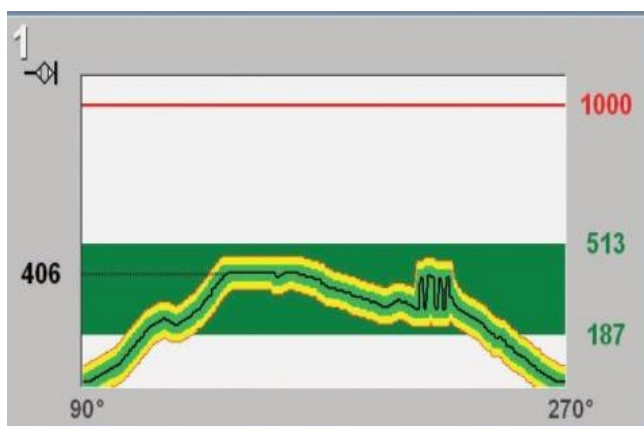
Slika 8: Princip delovanja procesnega nadzora cikličnih tehnoloških procesov [2]

Digitalizirano krivuljo preoblikovalnega procesa z orodjem, ki izdeluje dobre kose, lahko shranimo v spomin procesne enote. Ob menjavi orodja prikličemo iz spomina shranjeno krivuljo, ki je modre barve (Slika 9), na istem ekranu pa sistem nariše še novo izmerjeno krivuljo. Krivulje so posnete iz realnega procesa delujočega stroja. Iz razlike krivulj lahko izkušen menjalec veliko hitreje nastavi orodje in stroj ter doseže ponovljivost nove serije. Sistem je zato primeren tudi za majhne serije in veliko menjav orodja.



Slika 9: Vidna primerjava nastavitve istega orodja predhodne serije (modra krivulja) s trenutno nastavitvijo (črna krivulja) omogoča hitrejšo menjavo in točno ponovljivost [2]

Dejansko je procesiranje signalov mnogo bolj kompleksno. Poleg ovojne krivulje, ki je lahko dvojna (opozorilna in ustavljajna), postavi sistem tudi meje trenda, maksimalno mejo, itd.



Slika 10: Nadzor preoblikovalnega procesa (sile) z dvojno ovojnicjo (opozorilno in ustavljajno) okrog izmerjene črne krivulje, mejami trenda (zeleno vodoravno polje) in maksimalno silo (rdeča črta) [2]

Analiza trenda maksimalnih sil prikazuje proces v daljšem obdobju in detektira največkrat obrabo orodja (Slika 11). V krivulji trenda je zloženih v vrsto več sto maksimalnih točk krivulj delovnih ciklov. Če so rezalni segmenti orodja obrabljeni, se sila trenda počasi povečuje.



Slika 11: Dvojna meja trenda maksimalnih sil preoblikovalnega procesa (opozorilna in ustavljajna) [2]

V opisanih analizah sistem nadzira eno krivuljo - digitalizirani signal senzorja sile - z 9 mejami, kar običajno zadostuje za nadzor kakovosti izdelka 0PPM (zero Parts Per Million). Kokpit sistema z združenimi slikami in mejami procesa šestih analognih senzorjev je prikazan na Sliki 5. Procesni nadzorni sistem BRANKAMP MARPOSS X7 (Slika 12) v realnem času izvaja



Slika 12: Kokpit sistema Brankamp X7 [2]

nadzor nevidnih mehanskih cikličnih procesnih parametrov sile, akustike, ultraemisije, z umetno inteligenco, s signali za ustavitev stroja v nekaj milisekundah po prekoračitvi meje procesa, deluje pri delovnih ciklih preko 1000/minuto, za 100%

kontrolno med procesom, s 24 analognimi vhodi-senzorji, 20 binarnimi vhodi/izhodi hkrati, z avtomatskim učnim postopkom nastavljanja mej procesov, avtomatskim diagnosticiranjem,... Kokpit si lahko nastavi vsak operater po svojih potrebah in nastavitve ostane shranjena za njegovo ID kartico.



Slika 13: Procesni nadzorni sistem Brankamp Marposs dograjen na preoblikovalni stroj – spodnji ekran [2]

Če pogledamo nek preoblikovalni stroj z vgrajenim procesnim nadzornim sistemom, vidimo običajno zraven krmilnika še en ekran s krivuljami. To je procesna nadzorna enota na Sliki 13. Nadzorni sistem na preoblikovalnem stroju je popolnoma ločen od krmilnika in s tem preko procesa nadzira tudi njegovo delovanje. Procesne nadzorne sisteme je možno dograditi na večino cikličnih strojev in jih tudi povezati v omrežje. Pomemben je prenos najdragocenejših procesnih podatkov s slikami procesov, z mejami in drugimi nastavitvami, avtomatskimi diagnozami, krivuljami napak in izmerjenimi parametri, ki jih večina krmilnikov strojev nima. Posebna vrednost je tu prenos digitalizirane analogne krivulje, shranjevanje in njeno ponovno risanje na računalnikih v omrežju z ustreznimi programi za analizo analognih krivulj, ki se jim pravilno pravi slike nevidnih procesov – čista nova dodana vrednost.

4. ZAKLJUČEK

Nadzor kakovosti orodja in izdelkov je izjemno natančen in konstanten 24 ur na dan, 365 dni v letu. Zato se lahko poveča hitrost na stroju, stroj pusti v delovanju med malico, menjavo izmen in tudi po zaključeni zadnji izmeni ponoči. Najbolj produktivno obliko proizvodnje s pomočjo procesnih enot na strojih Geisterschicht je začel izvajati proizvajalec vijakov Novi plamen d.o.o. iz Kroke na več 10 strojih v proizvodnji od leta 2008 (v Nemčiji se je začel leta 1989).

Poškodbe preoblikovalnih orodij se bistveno zmanjšajo. Preoblikovalna orodja so danes večfazna zaradi večje produktivnosti, tudi deset in več fazna. Ob napaki se poškoduje največ ena faza orodja. Tako se poškodba ne prenese na naslednje faze orodja. Izmet se zmanjša večkratno, saj sistem takoj ustavi stroj (se ne dela do konca izmene). Tehnologi in ostali vidijo nevidne procese sile in akustike, zato razumejo tehnološki proces veliko bolje, nastavijo proces optimalno in razvijajo inovacije, ki jih brez sistema ne bi mogli. Celotna proizvodnja postane dobesedno pametnejša in deluje na višjem nivoju, kar je glavni cilj Industrije 4.0.

Pogoj za doseganje predvidene povečane učinkovitosti pa je, da je z nadzornimi sistemi pokrita večina strojev v proizvodnji. Če se poveča produktivnost npr. za 10% na enem stroju, se to v proizvodnji z npr. 10 stroji na letnem nivoju niti ne opazi, če pa se poveča produktivnost s procesnimi sistemi na vseh strojih, potem ima cela proizvodnja za 10% večjo produktivnost, kar je veliko in vidno tudi v bilanci.

Pravi procesni parametri: sila, akustika, temperatura, tlak, električni tok, so za oči in video kamere nevidni. Vidni postanejo samo z meritvami s pomočjo analognih senzorjev med samim procesom. To je prava vizualizacija procesov 4. industrijske revolucije. S kamerami se večinoma izvajajo meritve izdelkov po procesu.

S procesnim nadzornim sistemom se kompleksnost stroja lahko za 100% poveča. Večja, ko je kompleksnost, večja je dodana vrednost. Večja kompleksnost pa zahteva več znanja za razumevanje in uporabo. Bistvenega pomena je

izvajanje treningov in izobraževanj. S procesnimi nadzornimi sistemi se odpre nov svet do takrat nevidnih pravih tehnoloških procesov, vseh nevidnih dogodkov na izdelkih in orodjih, odprejo se nove izjemne možnosti razvoja tehnologije in kakovosti, ki pomenijo jedro 4. Industrijske revolucije, saj se novi izdelani procesni podatki potem prenašajo v druge informacijske sisteme in nadgradijo tudi druge procese.

Literatura

- [1] Rakovec, G.: Procesni sistemi – ključ Industrije 4.0, *IRT3000*, 68(2/2017), str. 210-213
- [2] Brankamp, K.: The processs monitoring company, Erkrath, Nemčija, naloženo 25.11.2018 iz <http://www.brankamp.com/>
- [3] Doser Series R: Serte srl, Basiglio (Milano), naloženo 25.11.2018 iz <http://www.serte.com/htmleng/doserr.htm>

Informatizacija ročnih montažnih procesov v proizvodnji

Tim Vrbančič in Janez Tancek
Inea RBT d.o.o.

POVZETEK

V okviru ročnih sestavljalnih procesov v proizvodnji delavec običajno sestavlja končni produkt iz več sestavnih delov. Zaradi različnih dejavnikov, tudi človeških, se pojavljajo napake. Množica sestavnih delov končnega produkta in ostali dejavniki lahko povzročajo zamenjave (med seboj na videz podobnih) sestavnih delov, izpuščanje delov, neustrezno sestavo končnega produkta in podobne napake. Japonski pojem, ki govori o preverjanju napak, se imenuje »Poka-Yoke«. Rešitev opisana v temu članku delavca vodi skozi proces ročne montaže, ter temelji na omrežju in sistemu terminalov proizvajalca Anywire, ter krmiljenju (vodenju) sestavljalnega procesa s pomočjo PLK krmilnikov proizvajalca Mitsubishi Electric. Različni terminali (moduli) s pomočjo svojih funkcionalnosti (prižig LED lučke, prikaz števila (za vgradnjo) zahtevanih delov, odpiranje vratc pred zabojem s sestavnimi deli ali pa zaznavanje delavčevega giba) delavca vodijo po vnaprej določenemu procesu sestavljanja. Taka rešitev omogoča zmanjšanje in odpravo omenjenih napak. Posledično je mogoče zagotoviti višjo produktivnost sestavljalnega procesa in večjo kakovost izdelkov. Učinki uporabe omenjene rešitve v (ročni) proizvodnji liniji se na dolgi rok kažejo tudi v finančnem smislu.

1. UVOD

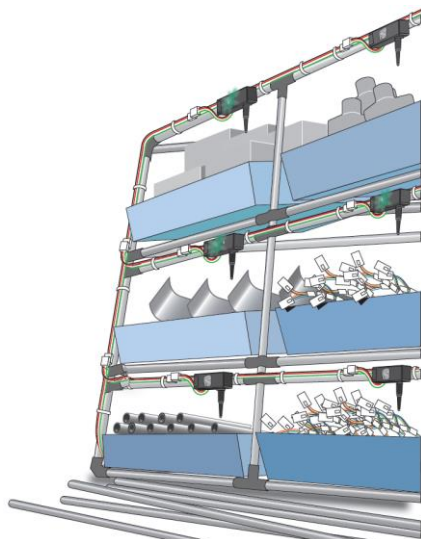
V okviru proizvodnje in ročnih montažnih procesov so možni mnogi vzroki za končno neuporabnost nekega produkta. Lahko gre za neustreznost materiala, napake v samem načrtovanju produkta, neustrezni izdelavi sestavnih kosov (npr. odlivanju delov) ter za napake v procesu sestavljanja. Nekatere napake so človeške narave, spet druge je mogoče pripisati pomanjkljivostim materiala ali pa neustreznemu delovanju strojev v okviru proizvodnje sestavnih delov. Vzroki napak se lahko odkrijejo na različnih stopnjah delovnega procesa, kar pa ima za podjetje lahko različne učinke v obliki neustreznih (pol)proizvodov, finančnih izgub, reklamacij izdelkov in podobno. Najmanj željene so reklamacije izdelkov in njihovi vpoklici, saj je s tem povezana potencialna izguba ugleda podjetja. Smisel in vodilo vsakega proizvodnjega procesa je tveganje za napake znižati na minimalno možno raven.

Človeške napake se v okviru sestavljalnega procesa dogajajo zaradi različnih dejavnikov. Vzrok je lahko zahtevnost kosovnice produkta oziroma podobnost sestavnih delov, morda monotonost delovnega mesta ali celo pritisk v obliki zahtevane proizvedene količine v nekem

časovnem obdobju. Večja kot je pojavnost možnih dejavnikov, večja je možnost za človeško napako pri sestavljanju. Že omenjeni pojem »Poka-Yoke« govori o preverjanju napak. »Yokeru« pomeni izogniti se, »Poka« pomeni nenamerna napaka. Koncept »Poka-Yoke« temelji na omejevanju števila možnih nepravilnih možnosti, ter rezultira v manj (oziroma nič) napakah uporabnika.

V temu članku bo predstavljena rešitev vodenega montažnega procesa z namenom minimiziranja in izločanja možnih napak. Proizvajalec opreme za avtomatizacijo Mitsubishi Electric skupaj s proizvajalcem Anywire nudi rešitev, ki v procesu ročnega sestavljanja preprečuje človeške napake v fazi izbire in montaže sestavnih delov. Rešitev temelji na PLK krmiljenju Mitsubishi Electric, ter terminalih in ožičenju ASLink proizvajalca Anywire. Terminali operaterja na sestavljalnem mestu v proizvodnji vodijo skozi proces sestavljanja nekega produkta. Logiko krmiljenja sestavljalnega procesa oziroma delovanja terminalov odreja PLK krmilnik, ki v konfiguraciji terminalov deluje kot »Master«. Za implementacijo opisane rešitve mora delovno mesto sestavjalca biti »definirano« kot več celic (zabojev) v katerih so naloženi sestavni deli, zaboji pa morajo biti zloženi v ustrezno konstrukcijo (glej

sliko 1). Terminali so s pomočjo objemk ali vijakov nameščeni na konstrukcijo.



Slika 1: Prikaz ureditve zabojev s sestavnimi deli v mrežo.

Terminali proizvajalca Anywire obstajajo v večih različicah, ter so zmožni dveh glavnih funkcionalnosti. V osnovi terminali delavca vodijo skozi proces sestavljanja s prižiganjem LED lučke, odpiranjem vratc ter prikazovanjem številke in barve. Druga funkcionalnost terminalov je zaznavanje delavčevega posega (z roko) v zaboj s sestavnimi deli bodisi s prekinitvijo fotoelektričnega (optičnega) senzorja, s pritiskom na gumb ali z dotikom vzvoda.

2. PROBLEMATIKA

Delavec je pri sestavljanju proizvoda soočen s sledečimi pogoji in dejavniki. Pri sestavljanju produkta mora slediti navodilom, slediti kosovnici, sestavne kose iskati in jih sestavljati. Pri temu se lahko srečuje s kosi, ki se med seboj le malenkostno razlikujejo (po obliki, velikosti, barvi in ostalih lastnostih), potrebi po šteju kosov in tudi potrebi po preverjanju preostale količine kosov za sestavljanje (preverjanje zaloge za nemoten sestavljalni proces). Poleg spleta naštetih dejavnikov se tekom nekega časovnega intervala v vsakem procesu, kjer se pojavlja ponovljivost operacij, delavec srečuje tudi z monotonostjo procesa. Omeniti je potrebno še potrebo po uvajanju in učenju (novega) delavca v sestavljalni

proces, kar je že bolj vidik funkcije upravljanja s človeškimi viri podjetja. Za osvojitev spretnosti in izkušenj je potreben čas. Poleg fluktuacije (začasnih) proizvodnih delavcev je potrebno omeniti tudi uvajanje novih produktov in njihovih različic v proizvodni proces. Naštete dejavnike je potrebno upoštevati pri optimiziranju ročnih montažnih procesov v proizvodnjah.

Rešitev, ki temelji na terminalih za usmerjanje delavca, je uporabna v primeru »zahtevne« kosovnice in kompleksnosti končnega produkta. Z rešitvijo, ki delavca usmerja pri sestavljanju, je mogoče tveganje za napake minimizirati oziroma celo izločiti. Delavec ne potrebuje več navodil za sestavo, dejavnik številnih med seboj podobnih kosov ne pride več do izraza, čas sestavljanja se skrajša, kvaliteta izdelkov pa se poveča. V nadaljevanju je opisano, kako je mogoče rešitev PLK vodenja sestavljanja vključiti na delovno mesto za ročno sestavljanje.

3. UPORABA REŠITVE PLK VODENJA ROČNEGA SESTAVLJANJA

Na delovnem mestu delavec iz zabojev s sestavnimi deli po vnaprej določenem zaporedju jemlje sestavne dele in jih sestavlja v končni produkt. Tveganje pri temu procesu je, da delavec pogreši pri izbiri sestavnega kosa (na primer, da sestavni del, ki je na vrsti za vgradnjo, pomotoma izpusti, da vzame na pogled podobnega, ali pa, da iz zaboja ne vzame zadostnega števila sestavnih delov za vgradnjo). Pri opisani rešitvi lahko terminali s pomočjo LED diode signalizirajo zaboj s sestavnim delom, ki je na vrsti za vgradnjo v končni produkt. Druga možnost je uporaba terminala, ki signalizira število kosov, ki jih mora delavec vzeti iz zaboja s sestavnimi deli (v primeru, da mora vgraditi večje število istega sestavnega dela). Naslednja možnost so terminali z loputkami, ki se odpirajo po vnaprej določenemu vrstnemu redu. Našteti terminali so lahko dopolnjeni z električnim vijačnikom, »Vision« kamero za ugotavljanje kvalitete izdelka ali pa čitalnikom črtne kode. Terminali za vodenje procesa nimajo le funkcije vodenja delavca k naslednjemu sestavnemu delu za vgradnjo, ampak tudi funkcijo prepoznavanja posegov delavca v

zaboj. Slednja funkcionalnost je nujno potrebna za sosleden proces montaže. Drug primer uporabnosti rešitve vodene ročne izbire sestavnih delov je denimo priprava (različnih) sestavnih delov iz zabojev na trak/pladenj za nadaljno posluževanje na proizvodnji liniji.

Rešitev vodenega procesa montaže je mogoče uporabiti tudi v primeru polnjenja celic/zabojev s sestavnimi deli in je po »smeri« uporabe ravno obraten od zgoraj omenjenega primera uporabe. V tem primeru terminali s prikazovanjem naslednjega zaboja delavca usmerjajo k ustreznemu zaporedju polnjenja zabojev s sestavnimi deli. Na ta način je mogoče izločiti možne napake v procesu polnjenja zaloga sestavnih delov.

4. TERMINALI ZA VODENJE PROCESA SESTAVLJANJA, NJIHOVO DELOVANJE IN KRMILJENJE PROCESA

Rešitev vodenega procesa ročne montaže lahko delimo v dva dela. Prvi del obsegajo terminali za vodenje operaterja in njihovo ožičenje proizvajalca Anywire. Drugi del obsega PLK krmiljenje sekvenčnega procesa ročne montaže, in je izvedeno s PLK krmilniki proizvajalca Mitsubishi Electric.

Terminali za vodenje procesa sestavljanja omogočajo dve funkcionalnosti – funkcijo prepoznavanja delavčevega giba in funkcijo usmerjanja delavca k naslednjemu koraku v procesu ročne montaže. Terminal ima vedno obe funkcionalnosti, saj v prvem koraku delavcu prikaže sestavni del, ki je na vrsti za vgradnjo, v drugem koraku pa prepozna delavčev poseg v zaboj s sestavnim delom. Slednje za sekvenčno logiko procesa pomeni, da je delavec korak v procesu montaže dejansko izvedel, ter da je lahko prikazan naslednji sestavni del za vgradnjo.

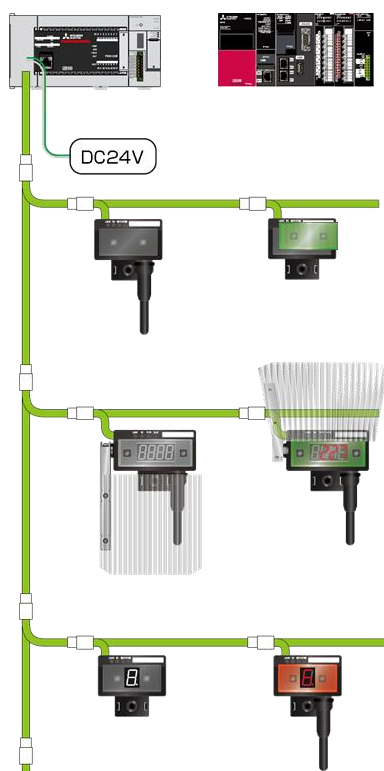
Funkcionalnost prepoznavanja delavčevega posega v zaboj je mogoče doseči s terminali s pritisknim gumbom, z vzvodnim stikalom in terminali, ki vsebujejo fotoelektrični (optični) senzor. Našteti terminali prepoznajo pritisk na gumb, dotik na stikalni vzvod in poseg delavca v neko območje (delavec sproži prekinitev

fotoelektričnega senzorja), ko delavec vzame sestavni del iz zaboja. S prepoznavo posega delavca v zaboj sistem sklepa, da je delavec iz zaboja sestavni del vzel.

Druga funkcionalnost terminalov vodi delavca k naslednjemu sestavnemu delu za vgradnjo. Najbolj osnoven terminal za indikacijo naslednjega kosa za vgradnjo je terminal z LED lučko. Bolj napreden terminal (s funkcijo indikacije naslednjega sestavnega dela) z LED lučko omogoča prikazovanje 7 barv. Tretja različica terminala za vodenje delavca obsega terminale z vratci, ki se odpro pred zabojem s sestavnimi deli, ki so na vrsti za vgradnjo. Zadnja različica so terminali, ki imajo vgrajen 7-segmentni prikazovalnik, ki je zmožen prikazovati številke. Slednji prikazuje koliko kosov (npr. matic) je potrebno v nekem koraku vzeti iz zaboja in jih vgraditi.

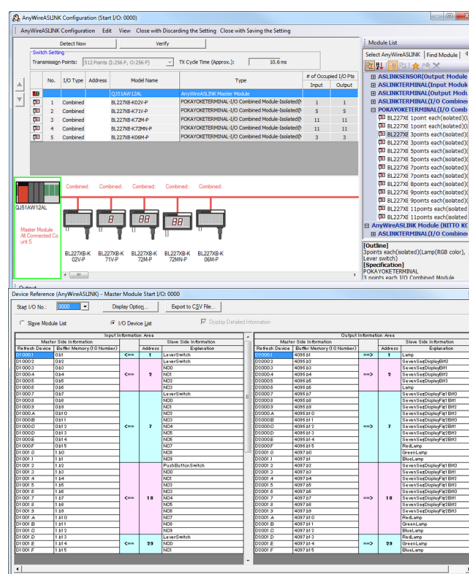
Na voljo so terminali z različnimi kombinacijami obeh funkcionalnosti, izbira kombinacije tipov terminala pa je odvisna od značilnosti specifičnega koraka ročne montaže (kjer se bo terminal vgradil). V primeru, da mora delavec v nekem koraku montaže iz zaboja vzeti na primer 3 cevi, je na tem mestu smiselno izbrati terminal s kombinacijo LED lučke, prikazovalnikom števk in stikalnim vzvodom. Delavcu je s to kombinacijo signaliziran naslednji sestavni del za vgradnjo (prižig LED lučke) in število zahtevanih cevi za vgradnjo (prikaz na 7-segmentnem prikazovalniku). Prepoznavanje števila delavčevih posegov v zaboj je izvedeno z dotikom vzvoda.

Sistem deluje, če delavec sledi signalom, ki mu jih pošiljajo terminali. Ne preprečuje pa namernih »sabotaž« vnaprej določenega sestavljalnega procesa – na primer pri posegu v zaboj delavec prekine fotoelektrični senzor s čimer sistem poseg tretira kot opravljen korak v procesu. S tem torej ni mogoče preprečiti, da delavec v zaboj poseže, a sestavnega dela namenoma ne vzame iz zaboja.



Slika 2: Prikaz možnih terminalov z različnimi funkcionalnostmi.

Drugi del rešitve vodene ročne montaže predstavlja PLK krmiljenje montažnega procesa, ki v našem primeru temelji na krmilnikih proizvajalca Mitsubishi Electric. PLK krmilniki in vgrajeni terminali so med seboj žično povezani preko protokola ASLink in napajani s 24V enosmerne napetosti. Glede na kompleksnost sistema terminalov (velikost in število sestavljajalnih postaj) je za PLK vodenje ročne montaže mogoče izbirati med kompaktnimi krmilniki iQ-F, ter modularnimi krmilniki serije L in iQ-R. Osnovni PLK je dopolnjen z »Master« modulom za ASLink. Končno konfiguracijo uporabljenih terminalov se vzpostavi s pomočjo grafičnega orodja v okviru programa GXWorks za programiranje Mitsubishi PLK-jev. Funkcija »AutoRefresh« omogoča mapiranje signalov terminalov v pomnilnik krmilnika, programsko orodje pa omogoča diagnostiko vseh povezanih terminalov.



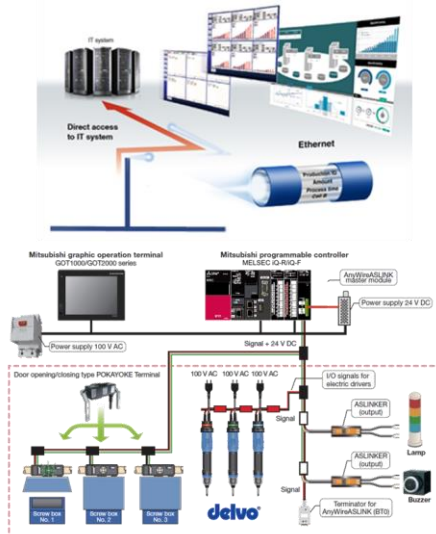
Slika 3: Grafično orodje za konfiguriranje uporabljenih terminalov (znotraj GXWorks programskega orodja za programiranje PLK-jev).

5. RAZŠIRLJIVOST REŠITVE

S pomočjo zmogljivih krmilnikov Mitsubishi je rešitev vodene ročne montaže razširljiva do 100 distribuiranih sestavljajalnih delovnih postaj. Na najnižji ravni je mogoče preko kompaktnega krmilnika iQ-F nadzorovati sekvenčno vodenje do 128 osnovnih terminalov na eni delovni postaji. Najvišjo raven zmogljivosti predstavlja sistem do 100 distribuiranih sestavljajalnih postaj, ki je centralno krmiljen s krmilnikom iQ-R. Topologija omrežja omogoča do 100 metrov oddaljenosti med postajami, komunikacija pa temelji na CC-Link IE 1 Gigabitni komunikaciji.

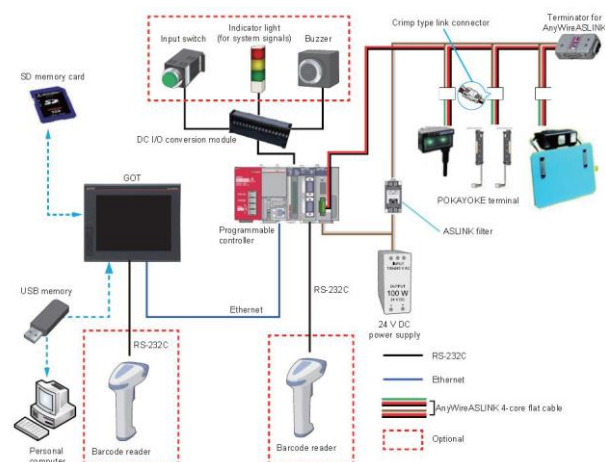
Podatki o sestavljajalnem procesu produkta se lahko shranjujejo v bazo podatkov ter so v nadaljevanju za prikaz in analize lahko obdelovani preko MAPS SCADA nadzornega sistema. Naštete razširitve vključujejo tudi integracijo z MES sistemi za upravljanje proizvodnje. Delovne postaje so preko operatorskih panelov in/ali krmilnikov povezane z bazami podatkov. Zmogljivi krmilniki iQ-R že sami omogočajo interno bazo podatkov za ravnanje s podatki in sekvencami ter neposredno povezavo z Excel ali Access programskim orodjem. Vodstvena raven podjetja ima tako neposreden vpogled v ročno

sestavljanje v proizvodnji in samo učinkovitost ročne montaže.



Slika 4: Prikaz integracije rešitve vodenja sestavljalnega procesa od proizvodne ravni do vodstvenega nivoja upravljanja s proizvodnjo.

Bolj napredne rešitve vodenih ročnih montažnih procesov, kjer je PLK vodenje ročne montaže nadgrajeno z integracijo v MES in ERP nivo podjetja, dejansko pomeni informatizacijo ročnih montažnih procesov, tako na nivoju delovne postaje (informiranje operaterja, dostavljalca zalog,...), kot na višjih nivojih (vodja linije za planiranje proizvodnje, nabavna služba, učinkovitost posameznega delavca,...). Rešitev Mitsubishi Electric-a, ki omogoča popolno informatizacijo ročne montaže, s spremljanjem učinkovitosti in produktivnosti posamezne ročne delovne postaje, se imenuje iQ-Monozukuri.



Slika 5: Možna topologija omrežja komponent pri vpeljavi rešitve iQ Monozukuri.

6. ZAKLJUČEK

Za konec lahko zapišemo, da se ključni učinki opisane rešitve kažejo v lažji alokaciji začasnih delavcev v proizvodnji, izboljšanju delovnih pogojev za delavca in povečanju njegovih kapacitet, povečani kakovosti končnih produktov, takojšnji preprečitvi napak, skrajšanemu času sestavljanja, optimiziranemu številu gibov sestavljalcev ter v zmanjšani potrebi po uporabi navodil za sestavljanje. Skupni imenovalec naštetih učinkov se kaže v boljši kakovosti produktov, večji produktivnosti in dolgoročnih finančnih prihrankih. Potrebno je poudariti, da je rešitev vodene ročne montaže razvita za pomoč delavcu v obliki vodenja sestavljanja končnega produkta, ne more pa preprečevati namernih napak, sabotaz in »obvodov« v procesu sestavljanja s strani delavca. Dopolnitev vodene ročne montaže s pomočjo »Vision« sistemov (preverjanje izdelka med sestavljanjem), in električnih vijačnikov (vijak je ustrezno privijačen / ni ustrezno privijačen) je mogoče še dodatno povečati kakovost izdelkov. Integracija in povezava rešitve z ERP in MES nivojem vodstvenemu nivoju podjetja omogoča popolno informatizacijo ročnih montažnih procesov in na nek način pametno ročno proizvodnjo.

Viri

- [1] Guided operator solutions, Mitsubishi Electric Europe B.V., 2016
- [2] Interno gradivo podjetja Mitsubishi Electric Europe B.V., 2018
- [3] Interno gradivo podjetja Mitsubishi Electric Europe B.V., 2010
- [4] Definition of Poka-Yoke, ISIXSIGMA,
<https://www.isixsigma.com/dictionary/poka-yoke/>,
b.l..
- [5] Poka-Yoke, techopedia,
<https://www.techopedia.com/definition/30693/poka-yoke>, b.l..