

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, odzemanja
 - 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 Kroepe 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.

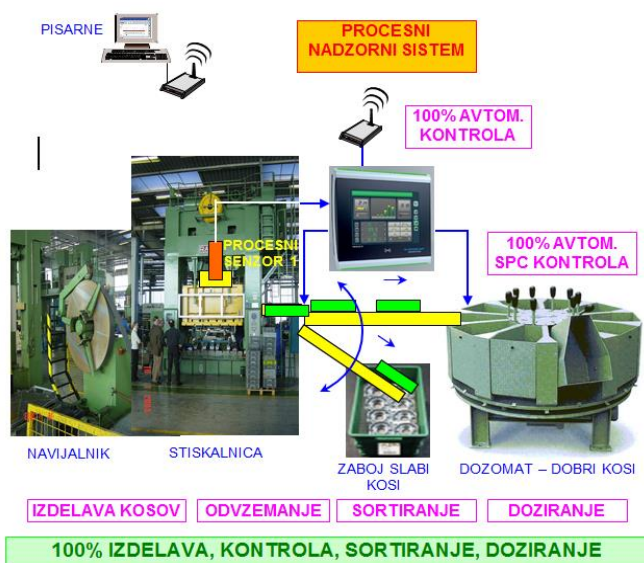
2. GEISTERSCHICHT PROIZVODNJA

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.



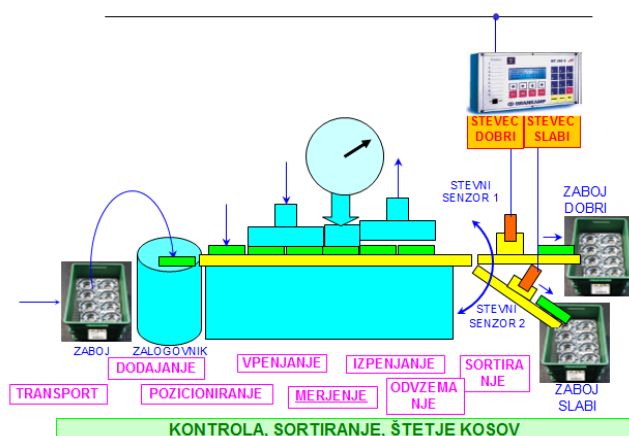
Slika 1: Stroj z opremo za Geisterschicht v družbi Novi plamen d.o.o

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.



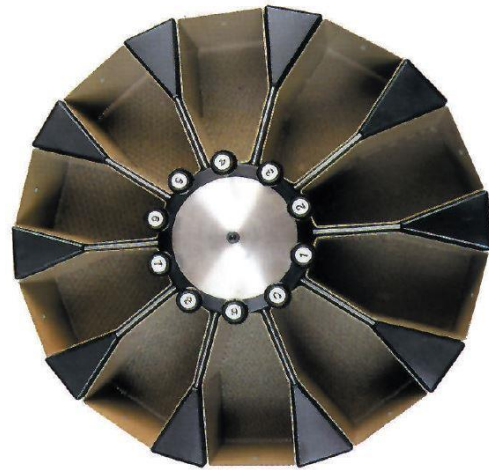
Slika 3: Prihranek procesnega nadzornega sistema za kontrolo med procesom – in process control

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, odzemanje, 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 procesju: avtomatska merilna naprava, zalogovnik, dodajalnik, 2 števec; 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 kontrolo. 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.

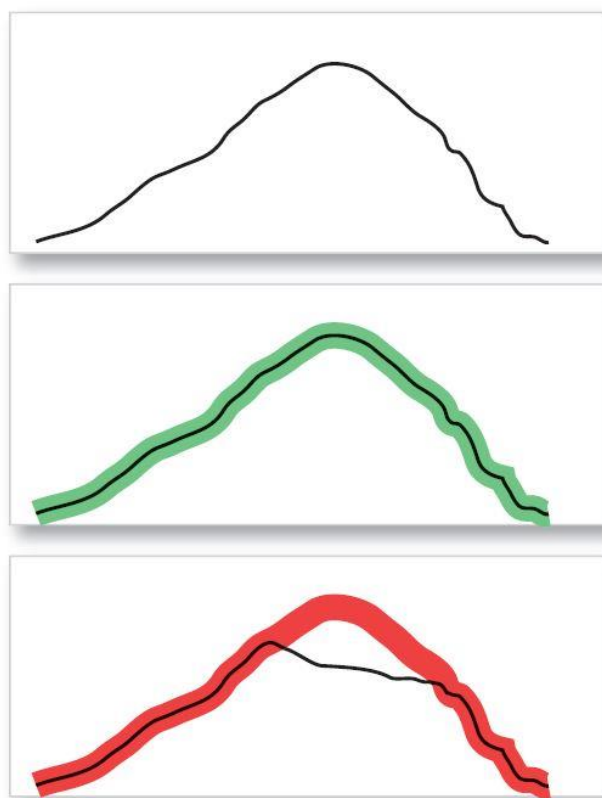
Dozomat skupaj s krmilnim programom je sistem več funkcij – podsistemov, ki so:

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. zalagovnik kosov odvzetih iz stroja,
6. drča kosov odvzetih iz stroja,
7. zapora pretoka kosov odvzetih iz stroja,
8. odajnik 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

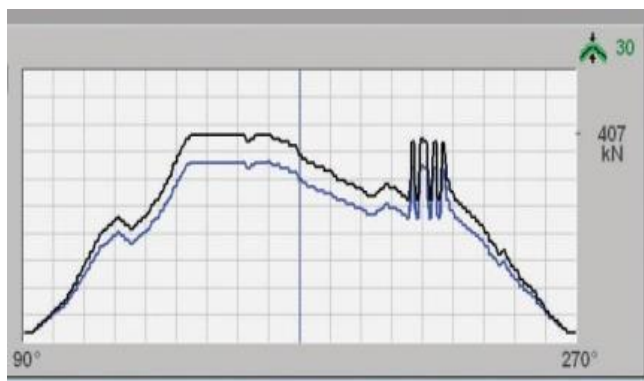
Glavni parameter mehanskih tehnoloških procesov je sila, ki je nevidna za oči in kamere. Sila poteka analogno med mehanskim procesom. Na orodje ali stroj je treba vgraditi ustrezne analogne senzorje sile in jih povezati z nadzornim procesnim sistemom. Princip delovanja procesnega sistema za mehanske 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 algoritmih 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.



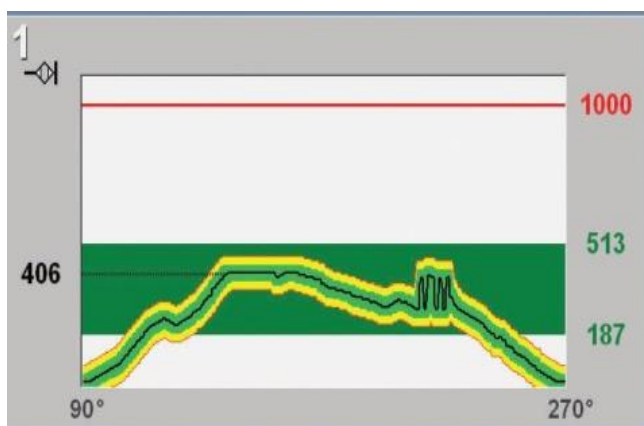
Slika 8: Princip delovanja procesnega nadzora cikličnih tehnoloških procesov [2]

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 ovojnico (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 sensorja 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 sensorjev 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 vhodnimi 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 Krope 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>