

Sledljivost v kosovni industriji

Jani KLEINDIENST, Samo CEFERIN

Izvleček: Proizvodna podjetja posvečajo čedalje večjo pozornost podatkom, povezanim s sledljivostjo, in aktivnostim za njihovo zajemanje, arhiviranje in prikazovanje. Čeprav gre večinoma za podobne podatke, se postopki za njihovo zbiranje in obdelavo med posameznimi proizvodnimi podjetji precej razlikujejo. V prispevku predstavljamo štiri podjetja iz kosovne industrije, pri katerih so bili zaradi proizvodnje različnih izdelkov potrebni različni pristopi k implementaciji sistemov za zagotavljanje sledljivosti. Predstavljeni so tudi načini za uporabo tako zbranih podatkov.

Ključne besede: proizvodni sistemi, spremljanje, nadzor proizvodnje, sledljivost,

■ 1 Uvod

Pod izrazom *sledljivost* si v kosovni industriji običajno predstavljamo aktivnosti beleženja in shranjevanja podatkov, ki pričajo o parametrih proizvodnega procesa izdelave posameznega izdelka oziroma skupine izdelkov ter o surovinah in polizdelkih, ki so v tem procesu uporabljeni. Izvajanje takih aktivnosti nam omogoča kasnejši vpogled v lastnosti in parametre posameznega izdelka, njegov rodovnik.

Potrebe po zagotavljanju sledljivosti v proizvodnji lahko inducirajo različni dejavniki. Pogosto je to optimizacija proizvodnega procesa, zagotavljanje kakovosti proizvodov, zagotavljanje sledljivosti vgrajenih delov ali materialov, sledenje delavcev ali sprotno informiranje o dogajanju v proizvodnji.

■ 2 Podatki sledljivosti

Podatki, povezani s sledljivostjo, se lahko zajemajo na različne načine. Kateri način izbrati je v največji meri odvisno od tipa izdelka, proizvedene količine in organiziranosti proizvo-

dnje. Prav tako je pri zajemanju podatkov mogoča različna stopnja avtomatizacije. Podatki o parametrih proizvodnega procesa se lahko zajemajo neposredno iz strojev ali naprav, identifikacija surovin, polizdelkov in izdelkov pa je izvedena s pomočjo tehnologij, kot so sistemi radiofrekvenčne identifikacije (RFID) ali pa sistemi črtnih kode. V najosnovnejši izvedbi je mogoče tudi popolnoma ročno vnašanje vseh potrebnih podatkov.

Podatki sledljivosti se v grobem delijo na dve skupini:

- parametri proizvodnega procesa,
- parametri surovin ali polizdelkov.

Nabor parametrov obeh skupin se razlikuje med posameznimi tipi izdelkov. Primer uporabe sistema sledljivosti v povsem različnih tipih proizvodnje nakazuje vrsto stičnih točk pri uvedbi sledljivosti, predvsem pa na enako potrebo po zagotavljanju pravočasnega in ustreznega optimiziranja procesov v vsaki vrsti proizvodnje. Tako praksa izkazuje, da je potrebno pri uvedbi sistema sledljivosti, ne glede na vrsto proizvodnje, uporabiti podobne pristope. V nadaljevanju predstavljamo implementacijo sistema sledenja v različnih tipih proizvodnih podjetij, katerih izdelki se med seboj razlikujejo tako po zahtevah po sledenju kakor tudi po velikosti, proizvodni količini in tehnološki zahtevnosti.

■ 3 Primer velikoserijske proizvodnje

V prvem primeru opisujemo proizvodno podjetje, ki izdeluje izdelke v velikih serijah, tudi po več deset tisoč izdelkov dnevno. Čeprav je proizvodnja velikoserijska, so izdelki tehnološko dovolj zapleteni, da sam proces izdelave ter kasnejše analize kakovosti proizvodnje zahtevajo beleženje parametrov surovin ter proizvodnega procesa.

Zahteva po uvedbi sistema sledljivosti je bila podana v podjetju samem. Namen pa je bil zagotavljanje podatkov, ki bi v primeru reklamacij omogočali vpogled v zgodovino izdelave. Zaradi same narave proizvodnega procesa in proizvedene količine ni mogoče označevanje posameznih izdelkov. V podjetju so bile v ta namen vpeljene serije – skupine izdelkov z enakimi parametri izdelave in iz enakih surovin in polizdelkov. V zvezi s serijami je bilo potrebno spremeniti in prilagoditi obstoječe postopke transportiranja, označevanja in skladiščenja posameznih transportnih enot. Na eni transportni enoti so lahko le izdelki ene serije. Transportne enote pa so označene s spremnimi karticami, ki se identificirajo s črtno kodo. S črtno kodo so označene tudi embalaže vseh surovin, ki jih izdajajo v skladišču.

Sam postopek zajemanja podatkov izvajajo urejevalci strojev. V ta na-

Mag. Jani Kleindienst, univ. dipl. inž., KOLEKTOR Sinabit, d. o. o., Idrija;
Mag. Samo Ceferin, univ. dipl. inž., KOLEKTOR Sinabit, d. o. o., Ljubljana

men imajo v proizvodnem obratu razmeščene večfunkcijske informacijske terminale (slika 1), opremljene s čitalniki črtne kode. Urejevalci izvajajo v zvezi s sledenjem dve ključni aktivnosti:

- registracija prihoda nove transportne enote nedokončanih izdelkov,
- registracija prihoda novih surovin (ki v proizvodni proces vstopajo na dveh mestih).

Pri registraciji prihoda nove surovine se uporabi pripadajoča spremna kartica in oznaka stroja. Sistem sledenja tako ustvari povezavo med strojem in šaržo surovine. Na enak način se nato registrirajo prehodi vseh transportnih enot nedokončanih izdelkov. Pri menjavi šarže surovine je potrebno razdeliti serijo, ki se trenutno proizvaja na stroju. Ker enota vhodne surovine zadošča za relativno veliko število izdelkov, se to ne dogaja pogosto.

Za zbiranje vseh podatkov skrbi proizvodni informacijski sistem *Synapro*, ki omogoča tudi prijavljanje in odjavljanje delavcev na delo, opredeljevanje vzrokov morebitnih zastojev v procesu izdelave ter nadzor delovanja strojev [1].

Opisani sistem sledenja omogoča, da so za vsako serijo na voljo podatki o šaržah in parametrih surovin, časih izdelave ter tehnoloških parametrih izdelovanja, kjer krmilniki strojev to omogočajo. Mogoč je tudi pregled v obratni smeri: za posamezne surovine je mogoče ugotoviti, v katere izdelke so bile vgrajene.

■ 4 Primer sestavljenega izdelka

V drugem primeru gre za nekoliko zahtevnejše izdelke. Sestavljeni so iz večjega števila sestavnih delov kakor izdelki iz prvega primera, pa tudi proizvajajo se v veliko manjših serijah. Kompleksnost izdelka ter zahteve kupcev, ki izdelke vgrajujejo v avtomobile, pogojujejo, da je vsak izdelek označen s serijsko številko. Izdelki se sestavljajo na eni montažni liniji. V proces izdelave na različnih mestih vstopajo polizdelki in surovi-



Slika 1. Večfunkcijski informacijski terminal

ne. Zahteva naročnika je bila, da se za vsak izdelek shranijo podatki o šaržah vhodnih materialov in nekateri parametri izdelave.

Beleženje podatkov je podobno kakor v prvem primeru. Urejevalci posameznih delovnih mest na liniji podatke o šaržah polizdelkov in materialov vnašajo s pomočjo informacijskih terminalov, opremljenih s čitalniki črtne kode. Pomembna razlika glede na prvi primer je ta, da se parametri in šarže beležijo za točno določen izdelek in ne več za serijo izdelkov. V ta namen je linija opremljena s čitalniki RFID, ki zaznavajo prehode označenih transportnih enot. Na linijo so bili nameščeni krmilniki, ki zajemajo podatke o izvedenih operacijah in o stanju posamezne naprave. Za končni izdelek se samodejno natisne nalepka s serijsko številko, za katero so vsaj še tri leta dostopni podatki:

- vsi sestavni deli, ki so vgrajeni izdelek;
- podatki o vseh delavcih, ki so sodelovali na posameznih operacijah;
- vsi izmerjeni tehnološki parametri izdelave.

Organiziranost proizvodnje dopušča tudi premike izdelkov: odvzemanje iz linije in ponovno dodajanje vanjo. Ker se pred končnim izdelkom proizvajajo tudi pomembnejši polizdelki, je bilo tudi pri njihovi

proizvodnji potrebno uvesti enake načine zagotavljanja sledljivosti.

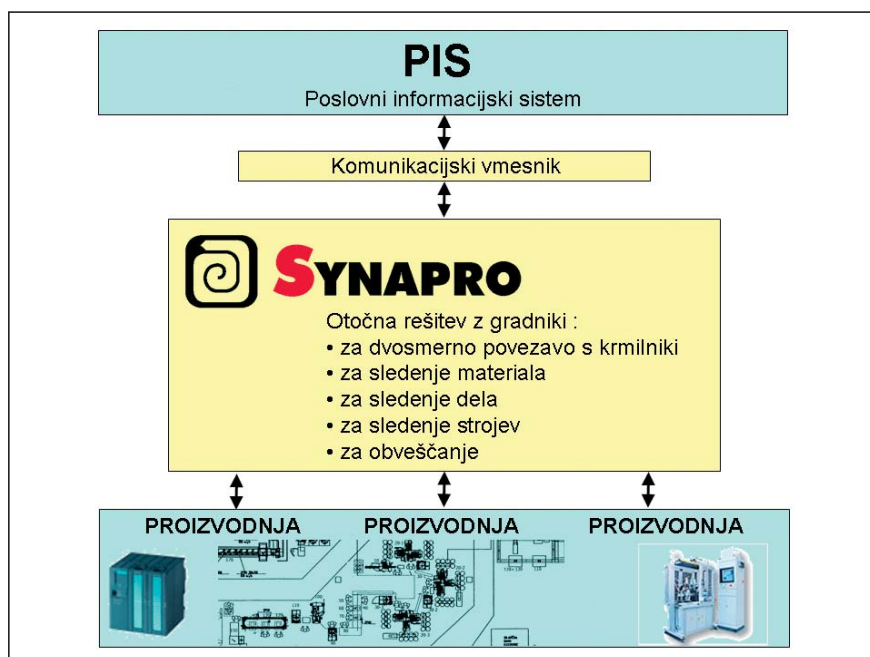
Podana je bila tudi zahteva, da mora linija vedno delovati s sistemom sledenja, zato je bilo potrebno doseči maksimalno razpoložljivost informacijskega sistema. Ker je bilo predvideno preverjanje določenih podatkov v poslovnem informacijskem sistemu SAP R/3, je celotno spremljanje zasnovano tako, da je omogočeno delovanje tudi v primeru izpada komunikacije s poslovnim informacijskim sistemom.

Zbrani podatki služijo trem glavnim namenom:

- izračunu kazalca skupne učinkovitosti proizvodnje;
- samodejni bremenitvi delovnih nalogov v informacijskem sistemu SAP R/3 z opravljenim delom in samodejnem polnjenju delovnega naloga z izdelanimi kosi;
- prikazom podatkov za različne tehnološke in logistične analize.

■ 5 Primer sestavljanja izdelka z visokimi kakovostnimi zahtevami

V tretjem primeru gre za tehnološko zahtevno proizvodnjo, kjer se medsebojno prepletajo zahteve po kakovosti, zagotavljanju varnostnih funkcij posameznih sestavnih delov ali celotnih izdelkov, dobavi izdelkov v točno določenem času (*Just In Time*)



Slika 2. Umestitev informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje

in popolnem sledenju sestavnih delov in delovnih operacij. Postopek, ki zagotavlja izdelavo sestavnih delov brez napak, zahteva, da se vsaka operacija dodatno preverja oziroma preverja skladnost vgrajenih delov z zahtevami (naročilom ali delovnim nalogom) posameznega izdelka. Postopek je bil originalno uporabljen v tovarni Toyota pod imenom *Poka – yoke*. Uporaba takšnega postopka je vitalnega pomena pri preverjanju varnostnih funkcij, ki jih mora izdelek v vozilu zagotavljati. Postopek je izveden tako, da se med izdelavo na vsakem delovnem mestu vzdolž linije natančno preverjajo vse delovne operacije ter skladnost vgrajenih materialov z zahtevami izdelka. Če pride na posameznem delovnem mestu do napačne delovne operacije ali vgrajeni sestavni del ne ustreza zahtevam za izdelek, nadzorno-krmilni sistem onemogoči napredovanje izdelka na naslednjo operacijo. Vsi dogodki v postopku izdelave se beležijo in shranjujejo tako, da je iz njihove kronologije možno natančno razbrati dogodke med proizvodnim procesom. Poleg sledenja samim operacijam je potrebno slediti tudi vgrajene dele in spremljati delo posameznega zaposlenega na delovnem mestu. Podatki morajo biti hranjeni za daljše časovno obdobje. Podatke o izdelavi in vseh doseženih parametrih izdelka lahko kupec

zahteva kadarkoli v predpisanem roku hranjenja. V procesu izdelave je v proces vključenih veliko število različnih naprav, orodij ali opreme, iz katerih je prav tako potrebno pridobivati podatke in jih nadzorovati.

Izvedba sistema sledenja proizvodnje je zajemala več faz načrtovanja in kasnejše izvedbe. V fazi načrtovanja je bilo potrebno zelo natančno definirati mejne zahteve sistema in predvideti obsežnost in način manipulacije s pridobljenimi podatki iz procesa. Sistem je bil zasnovan na osnovi naslednjih zahtev:

- slediti je potrebno vhodne materiale, zlasti pomembno je sledenje tistih vgradnih materialov ali delov, ki zagotavljajo varnostne funkcije;
- preverjati je potrebno skladnost vhodnih materialov z zahtevami izdelka;
- izdelku je potrebno ves čas postopka izdelave podrobno slediti;
- na posameznih delovnih mestih mora biti zagotovljeno preverjanje ustreznosti operacij – funkcionalnost *Poka yoke*;
- v primeru napak med postopkom izdelave je potrebno zagotoviti možnost odvzema izdelka in prav tako nadzorovano popravilo in dokončno izdelavo v coni popravil. Pri tem mora biti tako med odvzemom kot popravilom

izvedeno enako sledenje kot na proizvodni liniji;

- sistem mora nadzorovati naprave na liniji, kot so vijačniki, naprave za kovičenje, merilne naprave;
- delavec mora biti o dogajanju v procesu ustrezno informiran;
- vsak delavec se mora pred pričetkom oziroma ob začetku dela prijaviti;
- sistem mora zagotavljati ustrezno odzivnost, brez zakasnitev pri povprečnem taktu proizvodnje 42 sekund, ki se lahko skrajša tudi do 40 %;
- vsi podatki, pridobljeni med izdelavo, se shranjujejo v relacijsko podatkovno bazo proizvodnega informacijskega sistema Sinapro na nadzornem strežniku;
- ob koncu izdelave nadzorni strežnik pošlje zahtevo za tiskanje nalepke sledljivosti izdelka;
- v primeru izpada nadzornega strežnika mora sistem eno uro avtonomno delovati in lokalno shranjevati podatke;
- celotna izvedba in vsi vgrajeni deli sistema morajo biti kakovostni, tako da je zagotovljeno neprekinjeno in stabilno delovanje, saj je v primeru nestabilnosti ali nedelovanja sistema dobava ogrožena, s tem pa tudi celotna proizvodnja vozil.

Za vse funkcionalnosti na nivoju linije skrbi glavni krmilnik. Za posredovanje informacij delavcem na liniji skrbijo manjši operacijski paneli, za upravljanje s sistemom pa operatorski paneli, občutljivi na dotik. Različna delovna mesta imajo tipsko opremo, ki jo sistem nadzoruje, in sicer:

- I/O-modul za zajem signalov in izvajanje krmilnih funkcij,
- čitalnik črtne kode,
- bralno pisalno glavo RFID,
- signalno luč,
- vijačnik ali napravo za kovičenje,
- senzorsko polje za preverjanje opreme,
- napravo za merjenje električnih karakteristik izdelka.

Oprema posameznega delovnega mesta je odvisna od delovnih operacij, ki se tu dogajajo. Po prihodu obdelovanca na delovno mesto te potekajo po točno določenem postopku. Če se delovne operacije

na posameznem mestu ne izvedejo skladno s postopkom ali je kateri od sestavnih delov neustrezen, krmilni sistem preko mehanske blokade onemogoči nadaljevanje obdelovanca po liniji.

Sledenje palet na proizvodni liniji je izvedeno s pomočjo sistema RFID, ki ob prihodu palete na linijo v podatkovni nosilec RFID vpiše podatke, prebrane s čitalnikom črtnih kod iz delovnega naloga.

Ko se obdelovanec pojavi na katerem koli delovnem mestu na liniji ali predstavi in je prebrana črna koda iz delovnega naloga, se zanj v pomnilniku krmilnika rezervira podatkovni blok, v katerega se v teku izdelave zbirajo podatki. Podatkovni blok se, ko obdelovanec pripotuje do konca linije, prenese na glavni strežnik, kjer se s pomočjo aplikacije *Sinapro* izvede prepis podatkov v ustrezne tabele relacijske podatkovne baze. Iz same podatkovne baze se s pomočjo mehanizmov proizvodnje izvedejo prepisi podatkov na »rojstni list« izdelka. Med proizvodnim postopkom se za posamezen izdelek zabeleži do 1400 podatkov o proizvodnji in vgrajenih sestavnih delih. Podatki se shranjujejo z zapisi v različnih tabelah po delovnih mestih na liniji, kar predstavlja nekakšen linijski brskalniki po podatkih.

■ 6 Primer avtomobilske industrije

Zadnji primer je iz avtomobilske industrije. Izdelan je bil sistem spremljanja vijačenja sestavnih delov avtomobilskega motorja. Za potrebe takega spremljanja je bilo potrebno izvesti celotno povezavo vijačnih naprav (ki so že bile opremljene s potrebnimi senzorji) preko ustreznih krmilnikov do nadzornega računalnika. Povezati je bilo potrebno vijačne naprave različnih proizvajalcev z različnimi vhodno-izhodnimi signali. Zahteva je bila, da se za vsako vijačenje shrani krivulja poteka navora. Ker gre za večje število takih naprav, mora sistem zagotavljati zadostno prepustnost, da se lahko vzporedno obdelujejo in shranjujejo podatki z različnih mest. Poleg



Slika 3. Senzorsko polje za preverjanje opreme in linijski čitalnik črtnih kod

tehnoloških podatkov mora sistem shranjevati še podatke o svojem delovanju, predvsem morebitnih nepravilnostih. Vsi shranjeni podatki morajo biti na voljo za vpogled iz nadzornih računalnikov. Za določene parametre so bili predvideni tudi različni tipi vizualizacije.

Naročnik je izrazil zahtevo po dodatnih varnostnih mehanizmih, ki so narekovali veliko posebnosti in izjem v postopku. Tako je na primer v primeru neustreznega vijačenja potrebno ponoviti celoten postopek. Kolikokrat se postopek vijačenja lahko ponovi, je odvisno od posamezne pozicije vijačenja. Število dovoljenih ponovitev mora biti nastavljivo. Vse ponovitve vijačenja morajo biti samodejno dokumentirane. Na nivoju samega zbiranja podatkov je bilo potrebno zagotoviti redundantnost na vseh

vgrajenih sklopih opreme. Podana je bila tudi zahteva po takih mehanizmih preizkušanja delovanja opreme, da ti ne vplivajo na potek proizvodnega procesa. Prav tako morajo vse vgrajene komponente ustrezati industrijskim standardom in zagotavljati nemoteno delovanje 24 ur na dan vseh 365 dni v letu. Nadomestni deli za opremo morajo biti na voljo najmanj sedem let.

Podatki, ki se zbirajo med vijačenjem, se morajo že med samim postopkom proizvodnega procesa v predpisani obliki izpisovati na tiskalnike. Zahteva je bila, da se uporabijo različni tipi tiskalnikov, ki so lahko priključeni preko različnih komunikacijskih vmesnikov (serijski, vzporedni, USB, omrežni). Na enem računalniku je lahko priključenih celo več tiskalnikov na različnih vmesnikih. Ker je tiskanje

dokumentacije za naročnika ključnega pomena, je bilo potrebno na tem segmentu zagotoviti najvišjo stopnjo zanesljivosti. Poleg tega je bilo potrebno zagotoviti, da izdelke spremljajo pravilni dokumenti. Tiskalnice je zato potrebno nadzirati z glavnega nadzornega računalnika in v primeru izpada reagirati z ustreznimi obvestili in opozorili.

7 Sklep

V nekaterih tipih proizvodnje je uvedba sistemov sledenja nujna, saj vseh varnostnih funkcij ne bi bilo mogoče preverjati in zagotavljati brez celovitega zajema podatkov in upravljanja posameznih naprav na liniji.

Prav tako pa si zaradi varnostnih meril in visokih zahtev po kakovostni izdelavi ni mogoče zamišljati, da bi takšno odgovornost prepuščali naključju ali človeškemu faktorju.

V vseh opisanih primerih dajejo sistemi sledljivosti pomembne podatke, ki skupaj s podatki o kakovosti proizvodnega procesa omogočajo kasnejšo analizo ter odkrivanje vzrokov morebitnih nepravilnosti ter s tem prispevajo k dvigu učinkovitosti proizvodnje. Kot je razvidno iz opisanih primerov, je mogoče podobne podatke zagotavljati na različne načine. Ti načini so običajno pogojeni z naravo izdelka. Tako je mogoča

tudi različna stopnja avtomatizacije procesa zbiranja podatkov.

Pri načrtovanju tovrstnih sistemov moramo pogosto sklepati kompromise med tem, kako točne in podrobne podatke želimo imeti, in med stopnjo poseganja v sam proizvodni proces. Pogosto so zahteve po zagotavljanju sledljivosti tako močne, da jim je potrebno prilagajati aktivnosti v proizvodnem procesu.

Literatura

- [1] Kleindienst, J.: Nadzor proizvodnje v kosovni industriji, Ventil, 14/2008/4, str. 360–365.

Traceability in the manufacturing industries

Abstract: Manufacturing companies focus themselves on traceability data: how to collect it, how to store it and how to present it to end-users. Although traceability means similar data, its representation varies in different situations. Therefore, we present different ways to acquire data as well as their combination in order to achieve optimal results. Four case studies show different approaches due to specific product attributes.

Keywords: production systems, production monitoring, production control, traceability,

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

MOOG

Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

- preverjena kvaliteta še nedavno pod "BOSCH-evo" prodajno znamko,
- robustna izvedba in visoka obrabna odpornost omogočata dolgo življenjsko dobo črpalk,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, poliol, ter seveda za mineralna, transmisijška ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalk.

Moogovi servo ventili, proporcionalni ventili in radialno-batne črpalke so sestavni deli najboljših hidravličnih sistemov.

Brez njih si ne moremo zamisliti delovanje strojev za brizganje plastike in aluminija, strojev za oblikovanje v železnarh in lesni industriji, v letalnih napravah za simulacijo vožnje.

ZASTOPA IN PRODAJA

ppt commerce d.o.o.

Pavšičeva 4

1000 Ljubljana

Slovenija

tel.: +386 1 514-23-54

faks: +386 1 514-23-55

e-pošta: ppt_commerce@siol.net



Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



Servo krmilni sistemi za vozila- viličarje, traktorje, gradbene stroje ...



M+S HYDRAULIC