

» Avtomatizacija brizganja optičnih elementov

**Anet Rožič,
Matija Obolnar,
David Šenica**

Z naraščajočo zahtevnostjo izdelkov se v avtomobilski industriji povečuje potreba po nadzoru procesa injekcijskega brizganja. V preteklosti se dodatnim nadzornim sistemom v orodju in na brizgalnem stroju ni posvečalo večje pozornosti. Z uvedbo meritev brizgalnega tlaka in temperature v orodju, uporabe nadzorovanega prilagajanja procesa brizganja ter ostalih nadzornih sistemov lahko izboljšamo nadzor in sledljivost procesa. Poleg nadzora ima v industriji 4.0 veliko vlogo tudi avtomatizacija, saj omogoča večjo sledljivost procesa ter izloča vpliv človeka. V članku bo predstavljen splošen primer izvedbe avtomatizacije in nadzora procesa v avtomobilski industriji, ki sledi industriji 4.0.

1 Uvod

V avtomobilski industriji svetlobne opreme so se v zadnjih letih z zahtevnimi dizajni dvignile tudi zahteve po kvaliteti izdelkov. Svetlobna oprema avtomobila je poleg funkcijskega pomena dobila velik poudarek na področju dizajna. Končni izdelek, ki dosegata zahtevano kakovost je mogoče sestaviti le s kvalitetnimi polizdelki. Težnja po izdelavi le-teh mora biti prisotna skozi celoten proces, od vhodnega materiala, procesa predelave do končne montaže. Z nadzorom proizvodnih procesov je mogoče znižati stroške nekakovosti ter zmanjšati dodatne kontrole.

Z namenom povečanja sledljivosti, lažjega odkrivanja vzrokov napak ter zmanjšanja stroškov reklamacij in sortiranja se v podjetju postopoma vpeljujejo popolnoma avtomatske brizgalne celice. Pravočasno zaznavo neustreznih polizdelkov in njihovo izločitev iz nadaljnje faze izdelave lahko zagotovimo s pomočjo sistemov za nadzor in stabilizacijo procesa brizganja

Vsaka dobava termoplastičnega materiala je opremljena s certifikatom, ki zagotavlja, da so lastnosti materiala znotraj dogovorjenih specifikacij. Zaradi širokega tolerančnega območja določenih karakteristik lahko lastnosti termoplastičnega materiala med posameznimi dobavami precej odstopajo. Na proces brizganja vplivajo poleg vhodnega materiala še ostali dejavniki, kot sta na primer človeški faktor in vpliv okolja, katere je mnogo težje nadzorovati.

Stabilnost procesa brizganja je odvisna od različnih dejavnikov. Eden izmed ključnih pokazateljev stabilnosti procesa in kvalitete izdelka je notranji tlak v orodju. Podatki o tlaku v orodju nam po-

magajo določiti maso izdelka, dimenzijska odstopanja, posedenost in prelitja. To se odraža na kvaliteti izdelka, tako dekorativno kot dimenzijsko. V primeru pojava naštetih napak brizganja, se izvede analiza vpliva različnih dejavnikov, na podlagi česar se proces optimira.

Z uvedbo LED svetil se je uporaba projekcijskih modulov povečala, s čimer se je pojavila potreba po debelejših lečah. Debelejše stene optičnih elementov se uporabljajo za zagotavljanje ustreznega prenosa svetlobe na cestiče, po drugi strani pa so debelejši elementi tudi estetskega pomena.

Za zagotavljanje ustreznega prenosa in homogenosti svetlobe, ustrezne barve in vrednosti mora biti proces izdelave optičnih leč zelo stabilen in ponovljiv, kar lahko zagotovimo samo s kvalitetnim orodjem, ustreznimi nadzornimi sistemi in kvalitetno brizgalno celico.

2 Nadzorni sistemi v orodju

Cilj vsake proizvodnje je 100% kvaliteta, kar ne sme pogojevati postavljanja višjih standardov kvalitete, temveč spodbujati vzpostavitve ustreznega procesa za doseganje predpisanih kupčevih zahtev. Ključno je preprečevanje in ne popraviljanje napak. Ker v podjetju poteka večinoma le velikoserijska proizvodnja, je za doseganje ciljev ključnega pomena tekoča proizvodnja, brez dodatnih kontrol in zastojev zaradi nekakovosti polizdelov. Podjetje investira v različne nadzorne sisteme, ki ob podanih tolerančnih mejah skrbijo za zaznavo odstopanj v procesu brizganja.

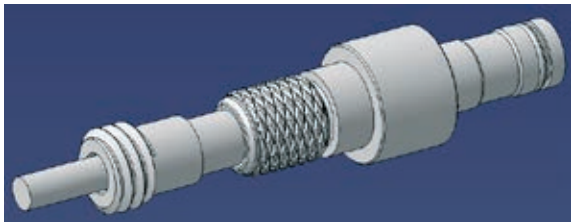
Za preprečevanje določenih napak na polizdelkih, ki so posledica brizganja, se lahko v orodja integrira tlačne in temperaturne senzorje. Tlak v orodju in temperatura kalupne votline sta zelo pomembni procesni spremenljivki, saj opisujeta trenutne pogoje, pri katerih se izdelek brizga. V proizvodnji svetlobne opreme je



Anet Rožič, Matija Obolnar, David Šenica • Hella Saturnus Slovenija d.o.o

vgradnja tlačnih in temperaturnih senzorjev stalnica, saj pripomorejo k zgodnjemu odkrivanju napak že med procesom brizganja in s tem tudi k zmanjšanju stroškov izmeta.

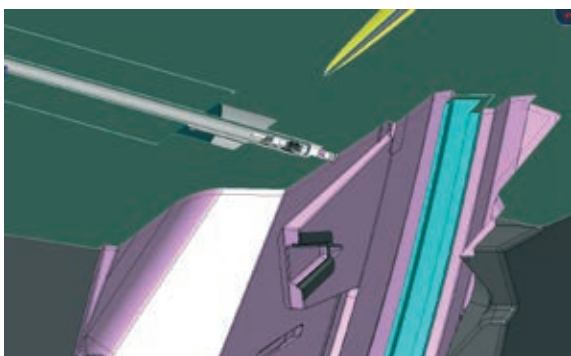
2.1 Tlačni senzorji za nadzor notranjega tlaka v orodju



» Slika 1: Tlačni senzor

Tlačne senzorje lahko uporabimo za nadzor in spremljanje tlaka taline v kalupni votlini ter s tem stabilnost procesa brizganja. Lahko pa jih uporabimo za krmiljenje procesa brizganja in s tem stabiliziramo proces ter posledično kvaliteto polizdelka.

Tlačne senzorje se lahko vgrajuje direktno, indirektno ali brezkontaktno. Ko oblika in končni izgled izdelka dovoljujeta, se vgradi direktni tlačni senzorje na površino kalupne votline. Kadar nimamo možnosti ali dovolj prostora v bližini kalupa vgradimo indirektno senzorje, ki delujejo preko izmetačev. Brezkontaktno senzorje uporabimo, kadar na izdelku niso dovoljene vidne sledi senzorja.



» Slika 2: Vgradnja tlačnega senzorja v orodje za brizganje dekorativne zaslonke

Za spremljanje krivulje notranjega tlaka je bistvenega pomena položaj tlačnih senzorjev, kajti z oddaljenostjo od dolivnega mesta tlak pada. Po priporočilih proizvajalcev tlačnih senzorjev je tlak najbolj primerno meriti na eni tretjini poti tečenja taline.

2.2 Temperaturni senzorji za nadzor temperature orodja

Razgibane geometrije izdelka ustvarjajo težje pogoje za homogeno temperiranje orodja. Z namenom znižanja nabavne cene ter poznejših stroškov povezanih z vzdrževanjem orodja je težnja po izdelavi enostavnih orodij.

Z merjenjem temperature orodja je mogoče zaznati dejanske temperature na posameznem delu orodja. Na osnovi tega lahko prilagodimo nastavljeno temperaturo na temperirnih tokokrogih in s tem zagotovimo bolj homogeno temperaturo orodja, kar pripomore k enakomernemu krčenju taline in posledično manjšim dimenzijskim odstopanjem.

EMPOWERING EFFICIENCY



X COMB PRILAGODLJIVI MAJHNI SUŠILNIKI

- UČINKOVITO SUŠENJE BREZ NIHANJA
- SAMODEJNA REGULACIJA KOLIČINE SUHEGA ZRAKA
- SUŠENJE S TOČKO ROSIŠČA DO -62°C



Lesnik

EMPOWERING PLASTICS

www.lesnik.si

www.moretto.com

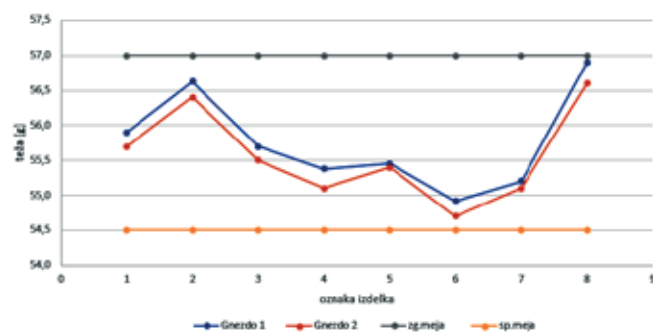
follow us

Poznamo klasično meritev temperature orodja preko termočlenov vgrajenih v notranjost orodja. Praksa v podjetju je vgradnja termočlenov v vsa orodja za brizganje termoplastov. S tem načinom primerjamo temperaturo orodja in dejansko nastavljeno temperaturo na temperirnih napravah.

Obstajajo kombinirani tlačno temperaturni senzorji za zaznavo temperature taline in notranjega tlaka v orodju, s katerimi lahko preko namenskih sistemov povezanih na stroj korigiramo parametre brizganja.

2.3 Nadzorovano prilagajanje procesa brizganja

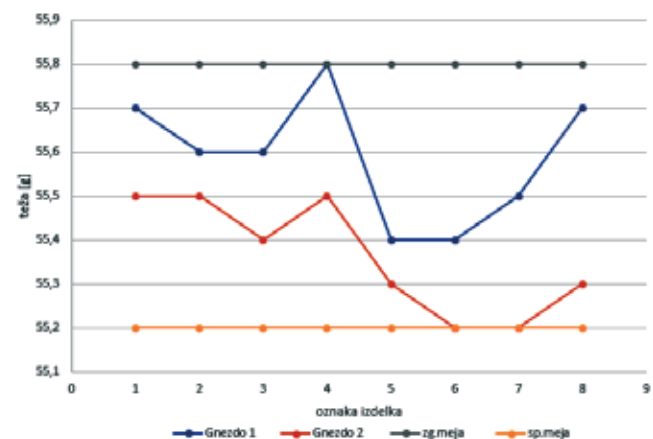
Proizvajalci brizgalnih strojev imajo razvito rešitev za uravnavanje količine vzbrizgane taline znotraj tolerančnega območja. Trenutno stanje procesa se primerja z referenčnimi parametri s čimer se zagotavlja stabilen in ponovljiv proces ter zmanjša spreminjajoče vplive temperature taline, viskoznosti termoplastičnega materiala, zapiranja proti-povratnega ventila na polžu, itd.



» Diagram 1: Prikaz nihanja teže izdelka brez uporabe sistema APC

V podjetju smo na brizgalne stroje proizvajalca Krauss Maffei vgradili njihov sistem za nadzorovano prilagajanje procesa brizganja, imenovan APC (Adaptive Process Control).

Na primeru dekorativnega izdelka je prikazan pomen uporabe sistema APC za stabilnost procesa in končno kvaliteto izdelka. Test je bil narejen z uporabo termoplastičnega materiala z določeno vsebnostjo recikliranega materiala. Reciklirani materiali imajo



» Diagram 2: Prikaz nihanja teže izdelka z uporabo sistema APC

širše tolerance karakteristik v primerjavi z originalnimi materiali, zato je procesno okno ožje ter proces brizganja manj stabilen.

V primeru, ko je bil delež recikliranega materiala večji, se kalupna votlina ni povsem zapolnila, izdelek je bil lažji in nefunkcionalen. Pri uporabi sistema APC je brizgalni stroj zaznal spremembo v tečenju taline in prilagodil točko preklopa na naknadni tlak ter

profil naknadnega tlaka. S tem je kompenziral odstopanja in zagotovil enako maso izdelka.

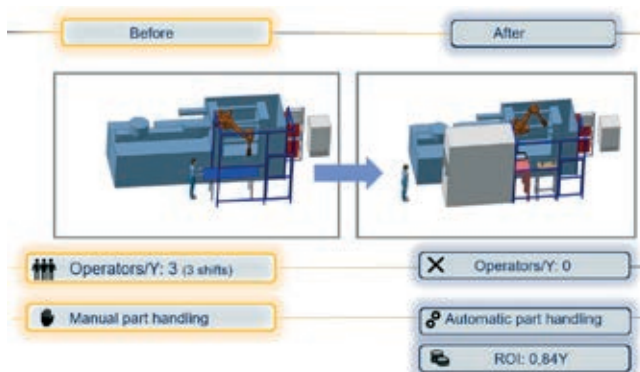
Amplituda nihanja teže brez uporabe sistema APC je znašala 2,5 g, kar je predstavljalo 4,5 odstotka celotne teže izdelka.

Amplituda nihanja teže z uporabo sistema APC je znašala 0,6 g, kar predstavlja 1 odstotek celotne teže izdelka. Amplitudo nihanja smo zmanjšali za 3,5 odstotke, kar je za zagotavljanje dimenzijske in funkcionalne stabilnosti izdelka izrednega pomena.

Za proizvodnjo kakovostnih optičnih izdelkov je bistvenega pomena stabilen proces brizganja, katerega lahko dosežemo ob podpori prej opisanih nadzornih sistemov v orodju in na stroju. Stabilnost procesa brizganja dodatno povečamo z avtomatiziranim procesom, kjer je zmanjšan vpliv zunanjih dejavnikov, ki vplivajo na končni izdelek.

3 Avtomatiziran proces brizganja brez vizualne kontrole

Standardne brizgalne celice za proces brizganja so sestavljene iz stroja za brizganje plastike, robota za odvzem izdelkov iz orodja, transportnega traku, ionizacijske opreme, odreza dolivka ter končne vizualne kontrole z zlaganjem v namensko embalažo. Prednost standardne brizgalne celice je v tem, da ni potrebne prilagoditve v primeru izdelave različnih polizdelkov. Slabost je ter izvajanju sto odstotne vizualne kontrole, kar je obenem lahko tudi slabost, saj je prisoten vpliv človeka in s tem možnost nezaznavanja slabega izdelka.



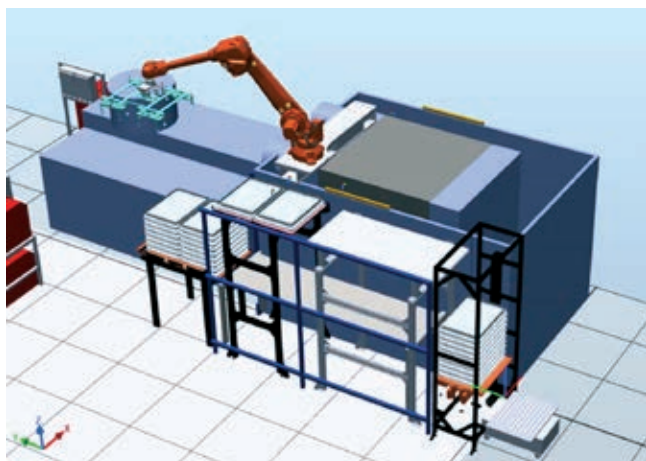
» Slika 3: Proizvodna celica pred in po spremembi

Z namenom povečanja kakovosti ter zmanjšanja stroškov, smo se v podjetju odločili avtomatizirati proces brizganja optičnih leč. Standardna proizvodna celica je bila nadgrajena z avtomatskim posluževalcem embalaže izdelkov. Skupaj z brizgalnim strojem in postajo za odrez dolivka, pa je bila vzpostavljena dobra osnova za avtomatiziran proces.

Slika 3 prikazuje polnoma avtomatizirano proizvodno celico za izdelavo optičnih leč. Zaradi vzpostavitve ustreznega krmiljenja in nadzora procesa brizganja z nadzornimi sistemi ni potrebe po končni vizualni kontroli vsakega izdelka. Optične leče se po predpisanem kontrolnem planu kontrolira le občasno. Na namensko izdelanih testnih napravah se preverjajo optične vrednosti, vizualno kontrolo pa opravlja delavec. Razvijamo pa tudi testno napravo, katera bo s pomočjo optične kamere preverjala dekorativno ustreznost leč.

Ključna prednost avtomatizacije je vzpostavitev stabilnega procesa in eliminacija človeškega faktorja. Vizualno in dimenzijsko stabilnost izdelka smo dosegli z medsebojnim povezovanjem krmiljenja elementov.

Naprave za temperiranje orodja in termočlene v orodju smo povezali s strojem za brizganje. Nedelovanje temperirnih naprav je



» Slika 4: Avtomatizirana proizvodna celica

mogoče zaznati direktno na stroju ali preko termočlenov. Dvojna kontrola temperature orodja pripomore k hitremu zaznavanju anomalij temperature, katera je bistvenega pomena za optične in vizualne lastnosti optičnih leč.

3.1 Metoda za preventivno zagotavljanje kakovosti

Za stabilen proces avtomatizacije je izrednega pomena analiza možnih napak in njihovih posledic. V ta namen se v podjetju uporablja standardno metodo za preventivno zagotavljanje kakovosti,

imenovano »FMEA«. FMEA obrazec se izpolni že v razvojni fazi, kjer specialisti iz različnih področji podajo svoje znanje in izkušnje iz preteklih projektov in na ta način zmanjšajo možnost pojava iste napake na novem projektu.

Z definiranjem potencialnih dogodkov, ki bi lahko privedeli do proizvodnje neustreznega izdelka ter implementacijo ustreznih elementov za nadzor procesa lahko stroške izmeta občutno znižamo.

4 Sklep

Avtomatizacija procesa brizganja zagotovi stabilnejši in bolj ponovljiv proces ter s tem pripomore k dvigu kvalitete izdelkov. Odstrani se negativni vpliv človeka, tako glede zagotavljanja pogojev za stabilen proces, kot kontrolo kvalitete izdelkov. Z avtomatizacijo se enostavneje vzpostavi sledljivost polizdelkov do vgradnje v končni produkt. Ne nazadnje pa se zniža cena izdelka, predvsem na račun manjših stroškov neakovosti in števila zaposlenih.

Viri:

- [1] Osvajanje 100-odstotne avtomatizirane kontrole na proizvodnji liniji, IRT3000 83-84 (2018), str. 70-74.
- [2] APC plus stability, precision and cost-efficiency in production (https://www.kraussmaffe.com/media/files/imm_broschueren/IMM_FL_AP-CPPlus_en.pdf)
- [3] Sensor and systems (<https://www.kistler.com/en/applications/industrial-process-control/plastic-process-monitoring/injection-molding-process-control/>)
- [4] 1.0 WE . 1st edition 09/17. IMM 306 FL 10/2014 EN

Going further with Experience.

Več kot 70 let izkušenj je jasno sporočilo: kot dolgoletni partner lokalno in globalno dejavnih podjetij je ENGEL povsod po svetu sinonim za zanesljive rešitve. Pred več kot 30 leti smo na podlagi izkušenj in naše strasti do dela dobili idejo za eno izmed najbolj revolucionarnih izboljšav v zgodovini podjetja. Takrat smo prenehali uporabljati vodila in postavili mejnik v industriji.

Brezvodilna tehnologija zagotavlja dostopno območje okrog orodja, še večjo natančnost in zaščito orodja. S tem konceptom svojim strankam zagotavljamo trajnostni uspeh – od 1989 do danes.

