

Kalibracija kontrolnih naprav na mestu uporabe

Primož HAFNER

Merilne ali kontrolne naprave, montirane na proizvodnih linijah, se vse bolj uveljavljajo. Kot take postajajo pomemben člen zagotavljanja kakovosti izdelkov in omogočajo stoddostno končno kontrolo, kar je s človeškimi viri skorajda nemogoče oziroma ekonomsko neupravičeno. Merilne naprave se zato morajo obravnavati povsem enako kot ostalo merilno orodje, katerega točnost in natančnost moramo redno preverjati, da s tem zagotovimo pravilnost delovanja in merjenja samega.

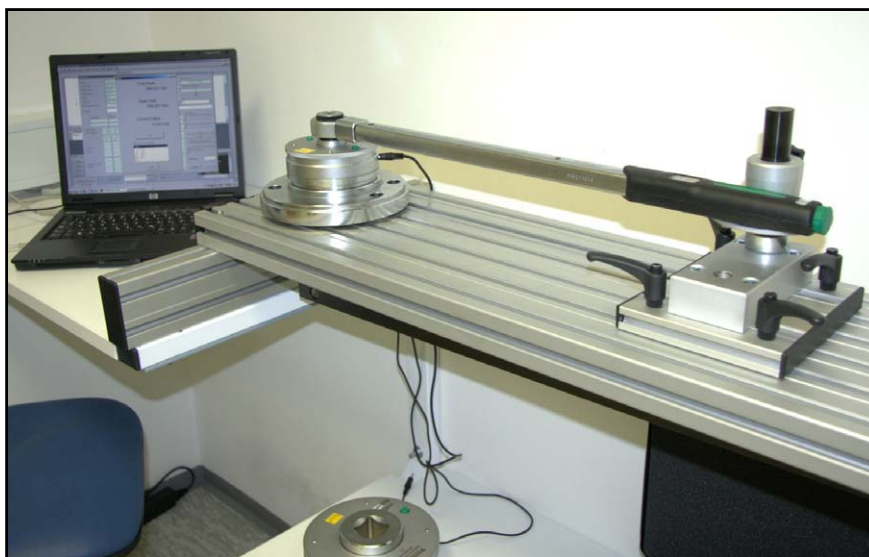
1 Uvod

Merilna ali kontrolna naprava služi za preverjanje lastnosti izdelkov. Vse večkrat so kontrolne naprave integrirane v samo proizvodno linijo, da se s tem poveča učinkovitost njene uporabe. Najpogosteje se merijo dimenzionalne lastnosti izdelka, ki so povezane z najrazličnejšimi dimenzijami, koti, hrapavostjo ali ostalimi površinskimi lastnostmi. Preverjajo se tudi ostale mehanske lastnosti, kot so razne sile odpiranja ali zapiranja, moment sile odvijanja ali

privijanja, kot tudi masa pakiranega izdelka za zagotavljanje prave količine polnjenja ali prisotnosti vseh elementov v embalaži.

Kalibracija ali umerjanje je po definiciji niz operacij za ugotavljanje povezave med vrednostmi, ki jih kaže merilo, in pripadajočimi vrednostmi, realiziranimi z etaloni ali referenčnimi materiali. Drugače povedano je kalibracija ugotavljanje dejanskega stanja merila in pokaže, kako dobro je v resnici merilo. Opravlja se v kar najbolj podobnih okoliščinah kot v praksi. Te okoliščine

Kalibracija se izvaja kot tehnološki postopek in se izvede izključno na željo lastnika. Ta pridobi certifikat o kalibraciji s tabelo rezultatov oziroma odstopanji kazanja merila ter merilno negotovostjo, ki je nastala pri tem postopku. Na podlagi rezultatov se uporabnik lahko odloči, ali merilo zadostuje namenu uporabe, za katerega je bilo izbrano. Lastniku merila prinaša kalibracija najvišjo možno stopnjo zaupanja v merilo, s tem povečanje kakovosti izdelka in ne nazadnje tudi večjo pravno varnost.



Slika 1. Naprava za kalibracijo momentnih ključev

Primož Hafner, univ. dipl. inž.,
LOTRIČ Meroslovje, d. o. o.,
Selca

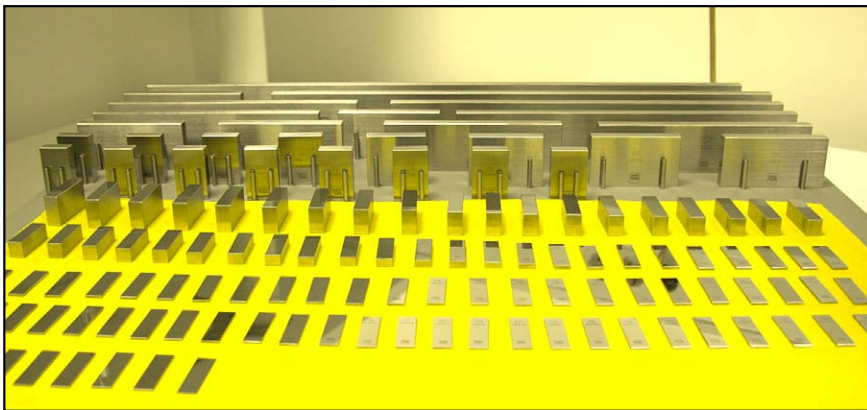
so povezane s pogoji okolja, mestom uporabe, namenom uporabe ter ostalimi parametri, povezanimi z merilnim inštrumentom.

2 Načrtovanje

Prepogosto se dogaja, da v fazi načrtovanja kontrolne naprave ne upoštevamo potrebe po rednem preverjanju točnosti delovanja. Tako se uporabnik največkrat ob pojavljanju določenih motenj vpraša, kako bi preveril točnost delovanja kontrolne naprave.

Kalibracijo je najlažje in praviloma potrebno izvesti z referenčno vrednostjo, ki je v obliki opredmetene mere – etalona, ali z referenčnim materialom. Ta se uporablja v primerih, ko se preverja celoten proces ali ko gre za testiranje s porušitveno metodo.

Če bi načrtovalec predvidel redno preverjanje kontrolne naprave, v kasnejših fazah ne bi nastajalo toliko



Slika 2. *Opredmetena mera v obliki vzporednih mejnih meril – merilnih kladic*

problemov. Prepogosto je potrebno za kalibracijo razviti in izdelati celotno referenčno postrojenje. Vse to je povezano z velikimi stroški, zato se uporabniki pogosto ne odločajo za izvedbo kalibracije.

Problemi pri izvedbi kalibracije so povezani s prostorskimi omejitvami. Etalona tako ni možno vpeti ali drugače pritrditi, nadalje zaradi varnostnih omejitev ni možno izvesti celotnega cikla ali celo ni možno odčitavanje izmerjene vrednosti, saj naprava prikazuje samo indikacijo stanja.

Pri načrtovanju merilnih instrumentov morajo proizvajalci omogočiti oziroma ustrezno predvideti način izvajanja periodičnih kalibracij. Podobno bi morali načrtovalci kontrolnih naprav predvideti načine preverjanja točnosti. Pri sami montaži naprave na proizvodnjo linijo se nastavitve izvedejo s pomočjo izdelkov. Posamičen izdelek se predhodno ali naknadno izmeri v merilnem laboratoriju. Tak postopek je lahko potraten tako ekonomsko kot časovno. Veliko tovrstnih problemov bi rešili z izdelavo etalonskega izdelka, ki bi služil za začetno nastavitve kontrolne naprave kot tudi za kasnejše periodično testiranje.

■ 3 Referenčni kos

Za samo zasavo in kasneje izdelavo referenčnega kosa je potrebno predvideti in upoštevati nekaj zakonitosti, ki veljajo za etalonsko opremo. Etalon mora imeti zagotovljeno dolgotrajno in temperaturno stabilnost, nadalje mora v

postopku uporabe zagotavljati ponovljivost, obnovljivost in primerljivost. Ponovljivost je povezana z zmožnostjo prikazovanja enakih ali dovolj podobnih rezultatov v kratkem časovnem zamiku v podobnih pogojih uporabe. Obnovljivost na drugi strani pomeni zmožnost prikazovanja enakih ali dovolj podobnih rezultatov v daljšem časovnem intervalu, a še vedno v podobnih pogojih uporabe. Ponovljivost navadno ugotavlja isti operater, medtem ko obnovljivost ugotavlja več operaterjev, kar je celo zaželeno. Mogo-

drugje pokazale enake ugotovitve. S tem se izognemo morebitnim sporom ob prevzemu izdelkov.

Etalon se izdelava v tolerančnem polju, ki je vsaj trikrat ožje od pričakovanih za kontrolno napravo, najbolje pa desetkrat boljše. To vedno ni možno ali pa je ekonomsko neupravičeno, morda celo tehnološko neizvedljivo. Zato se za izdelek priporoča izdelava etalona na spodnji in zgornji tolerančni meji, ker se s tem preveri tudi funkcionalnost merilne naprave v celotnem območju delovanja in ne samo v eni točki. Pred uporabo je potrebno etalon tudi ustrezno preveriti oziroma preskusiti.

Pri samem preskušanju etalona je potrebno preskusnemu laboratoriju podati točne zahteve. Te so povezane z naborom merilnih točk, načinom vpetja, pogoji okolja in točnostjo oziroma merilno negotovostjo, s katero naj se izvedejo meritve. Preskusni certifikat za etalon je osnova za napravo in kasneje izvedbo kalibracije.



Slika 3. *Preskus oziroma meritev ustreznosti na triosnem merilnem stroju*

če je najpomembnejši parameter v tem sklopu primerljivost, ki pomeni zmožnost prikazovanja enakih ali dovolj podobnih rezultatov z drugo metodo, na drugem stroju ali v drugačnem okolju. Primerljivost pove, ali je naša metoda dobra in so posledično rezultati dobri in s tem primerljivi na mednarodno raven. Daje nam zaupanje, da bi meritve kjerkoli

■ 4 Kalibracija

Med samim načrtovanjem merilne naprave je potrebno skrbno načrtovati tudi izvedbo kalibracije. Pomembno je točno predpisati način izvedbe, da se zagotovi ustreznost in s tem primerljivost na mednarodno raven. Vsekakor je najbolje uporabiti standardno metodo, če le obstaja.



Slika 4. Izvedba kalibracije na optičnem merilnem stroju

Za potrditev ustreznosti kalibracije se lahko uporabnik odloči za izvedbo v akreditiranem laboratoriju, ki predstavljajo najvišjo možno stopnjo zaupanja v rezultate meritev ali se v postopku kalibracije izvede primerjalna meritev z laboratorijem, ki mu zaupamo. Medlaboratorijska primerjava je nedvomno najboljša oblika dokazovanja rezultatov meritev in v meroslovju velja za edini pravi način dokazovanja rezultatov meritev nekega laboratorija.

V postopku kalibracije se izvede vrsta testov, ki pokažejo ustreznost delovanja merilne naprave. Vrste testiranja so odvisne od vrste merila in stopnje pričakovane točnosti.

V primeru absolutnega merjenja je linearnost najpomembnejši test, ki kaže povezavo med točnostjo prikaza in pravo vrednostjo. Test izvedemo v najmanj petih točkah po celotnem ali delnem območju. Če se izkaže, da je to potrebno, izvedemo test v več merilnih točkah. Nadalje izvedemo test ponovljivosti, ki pokaže, ali je merilna naprava sposobna prikazovati enake rezultate, kar navadno storimo pri eni vrednosti. Če je za merilno napravo to pomembno, izvedemo tudi test obnovljivosti. To je pomembno, ko gre za merilno napravo, kjer se izdelek pred merjenjem pozicionira s pomočjo vpenjanja na merilno napravo. Zadnji in odločilni test pred-

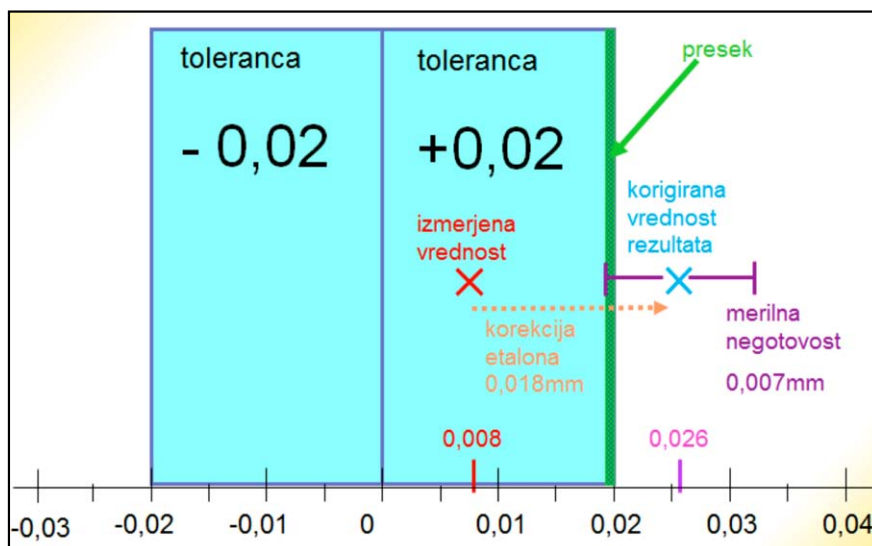
stavlja funkcionalni preskus merilne naprave, ki ga izvedemo ali s predizdelanim etalonom ali s preskušeni izdelki. Pri tem testu se pokaže sposobnost merilne naprave za namen, za katerega se je izdelala. Zato je potrebno izvesti dovolj veliko število ponovitev.

Pri kalibraciji je potrebno predvideti vse mogoče napake in jih testirati pred obratovanjem in med njim. Ovrednotenje rezultatov kalibracije izvedemo tako, da surove rezultate meritev korigiramo s pogoški etalona, spremembami pogojev okolja ali drugimi potrebnimi korekcijami, ki so pomembne in bistveno prispevajo k rezultatom kalibracije. K posameznim rezultatom meritev se

pripiše izračunana merilna negotovost, ki predstavlja kakovost oziroma točnost kalibracijskih rezultatov.

Merilna negotovost je parameter, ki pripada merilnemu rezultatu in označuje interval, znotraj katerega je z določeno verjetnostjo rezultat. Pomeni kakovost merilnega rezultata v pravem pomenu besede. Manjša je merilna negotovost, boljša je kakovost meritve. Pri kalibracijskih laboratorijih je to pokazatelj znanja laboratorija, najboljše kalibracijske in merilne zmogljivosti so zapisane v prilogi akreditacijske listine. V bistvu je vsak merilni rezultat brez podane merilne negotovosti nepopoln in ne prinaša celotne slike meritve.

Če kot primer pogledamo meritev višine človeka. Lahko ga izmerimo s palico dolžine 1 m in najbolje, kar lahko izmerimo oziroma ocenimo, je vrednost z resolucijo 10 cm. Recimo, da ocenimo višino nekega človeka na 1,8 m, pri tem znaša merilna negotovost 0,1 m, saj ne znamo podati ocene, ali znaša višina 1,78 m ali morda 1,85 m. V tem primeru bi zapis višine v obliki 1,8 m – brez podane merilne negotovosti – pomenil nepopoln rezultat, ki bi nas lahko privedel do povsem napačnih zaključkov. Ko pripisemo merilnemu rezultatu merilno negotovost (1,8 m ± 0,1 m), lahko z veliko verjetnostjo povemo, da meritev ni bila najbolj točna in se lahko nahaja vsaj v območju od 1,7 m do 1,9 m.



Slika 5. Ovrednotenje rezultata v tolerančnem polju

■ 5 Ovrednotenje meritev

Merilno napravo oziroma meritve v povezavi s tolerancami izdelka je potrebno ustrezno ovrednotiti. Vsako merilo ali merilni instrument ima napako, ki jo ugotovimo s pomočjo kalibracije. Rezultate v kalibracijskem certifikatu bi morali prenesti direktno na meritve izdelka ali ustrezno zmanjšati tolerance za ustreznost izdelka. Na *sliki 5* vidimo primer ovrednotenja rezultata v tolerančnem polju. Merilni instrument prikaže vrednost 0,008 mm. Zdi se, da leži meritev v tolerančnem polju. Iz kalibracijskega certifikata za uporabljeni merilni instrument dobimo podatek, da je napaka kazanja pri merjenju vrednosti enaka -0,018 mm. Ko upoštevamo korekcijo kazanja merila, dobimo rezultat (0,026 mm), ki tako leži zunaj tolerančnega polja. Po izračunu merilne negotovosti postopka merjenja (0,007 mm) se rezultat delno »povrne« v tolerančno polje. Pri tem sedaj ne moramo z veliko verjetnostjo trditi, da je izdelek slab in ne da je dober. Obstaja sicer velika verjetnost, da je slab, vendar nismo povsem prepričani.

Na tem primeru lepo vidimo, da je potrebno upoštevati napako merilnega instrumenta, ki jo pridobimo z redno kalibracijo. Nadalje moramo izračunati ali vsaj oceniti merilno negotovost našega merjenja, da lahko v celoti ovrednotimo rezultat. Najbolje je v osnovi zmanjšati tole-

rančno polje za navedeno merilno negotovost. Zato je pomembno znanje o izračunu merilne negotovosti, ki nam v končni fazi lahko pomeni ogromne prihranke v proizvodnji.

■ 6 Zaključek

Pravilno in ustrezno preverjanje oziroma kalibracija meril, merilnih instrumentov in merilnih naprav je pomembna in neposredno vpliva na količino hibnih izdelkov. Dobro načrtovanje merilne naprave mora vključevati pripravo kalibracijske metode, način izvedbe kalibracije, določitev referenčne vrednosti in izračun merilne negotovosti. Že v samo načrtovanje merilne naprave je potrebno vključiti osebe, ki bo kasneje izvajalo kalibracije, da se za-

gotovi primerna možnost izvedbe in poskrbi za meroslovno potrebne zakonitosti in s tem enostavnejšo in cenejšo izvedbo kalibracije. Za namen kalibracije ali vmesne kontrole merilne naprave je dobro izdelati enega ali več referenčnih kosov. S stalno kontrolo lahko podaljšamo periodo med kalibracijami, vsekakor pa vmesna kontrola ne mora nadomestiti kalibracije, saj pri kontroli ne izvedemo vseh testov in navadno ne upoštevamo vseh potrebnih korekcij. Pri kontroli se ne izračunava merilna negotovost, ki je poleg rezultata meritve bistven podatek za ovrednotenje celotnega rezultata kalibracije, in tako ni možna odločitev o ustreznosti merilne naprave. S celostnim procesom bomo povečali zaupanje v izdelek in tako dvignili našo kakovost. ■



REVIIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
 telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
 e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

IRT 3000
 inovacij razvoj tehnologije
www.irt3000.si



LABORATORIJ
 ZA
LOTRIČ®
 MERO SLOVJE

Telefon: 04 / 51 70 700
info@lotric.si
www.lotric.si

OVERTIVE

KALIBRACIJE

KONTROLE

PRODAJA

PERIODIČNI PREGLEDI

AKADEMIJA

*Merimo
 za prihodnost*
We Measure the Future

DOBRA VAGA V NEBESA POMAĞA