

UPOTREBA MODERNIH MJERNIH SISTEMA ZA DIMENZIJSKA MJERENJA U INDUSTRIJI

APPLICATION OF THE MODERN MEASURING EQUIPMENT FOR THE INDUSTRIAL DIMENSIONAL MEASUREMENTS

Marko Modic, univ. dipl. ing. fizike
Matic Poberžnik, dipl. ing. strojarstva

Hexagon Metrology, podružnica u Sloveniji
Ravne na Koroškem, Slovenija

REZIME

Moderna industrijska proizvodnja sa sve složenijom geometrijom proizvedenih dijelova i sve manjim tolerancijama izrade, traži sve bolje i efikasnije dimenzijske 3D mjerne naprave. Rad opisuje najznačajnije mjerne naprave za dimenzijska mjerenja, osobito prijenosne mjerne naprave kao što su mjerne ruke i skeneri.

U članak je uključena studija mjerenja geometrije lopatica, koja pokazuje mogućnosti, koje pružaju mjerne naprave za kontrolu složene geometrije i ubrzavanje procesa mehanske obrade.

Cljučne riječi: 3D mjerne naprave, mjerna ruka, skener, mjerenje geometrije lopatica

SUMMARY

The modern industrial production with increasing complexity for the geometry of produced parts and decreasing tolerances, requires development and production of new generation 3D measuring instruments. In the article, the modern 3D measuring instruments, especially the portable instruments like measuring arms and scanners are presented.

The case study of measuring the geometry of turbine blades is included into the article.

Keywords: 3D measuring instruments, measuring arm, scanner, measurement of turbine blade geometry

1. NAMJENA DIMENZIJSKIH MJERENJA

U procesu mehanske izrade industrijskih proizvoda neophodna je i faza mjerenja. Cilj mjerenja je dobiti točne podatke o dimenziji izrađenog proizvoda i provjeriti poklapanje tih podataka sa zahtjevima tehničke dokumentacije (crtež, CAD model ...), koje je tijekom razvoja proizvoda definirao konstruktor. Stoga je tijekom mjerenja potrebno dobiti što više matematičkih informacija o stvarnim dimenzijama proizvoda, što pruža osnovu za odlučivanje o sukladnosti proizvoda tehničkoj dokumentaciji. S trajnim porastom kompleksnosti geometrije proizvoda istovremeno se povećava i zahtjev za opsegom matematičkih informacija o dimenzijama proizvoda, a posljedično se iz godine u godinu uvode novi postupci mjerenja i novi tipovi mjernih naprava. Uz to posljednjih nekoliko godina su se značajno promijenili standardi za kotiranje dimenzijskih kota na crtežima – standard ISO 1101:2012 „Tolerances of form,

orientation, location and runout“ je izašao godine 2012 i omogućava novi način kotiranja na crtežima, na kojeg većina ljudi, koji rade u proizvodnji, dosad nije bila naviknuta.

U prošlim desetljećima bilo je moguće dimenzijsku kontrolu proizvoda obavljati klasičnim mjerilima kao što su pomične mjerke, mikrometri, mjerni satovi ili kalibri, koja su relativno jeftina i jednostavna za upotrebu. Klasična mjerila omogućuju mjerenje u jednoj dimenziji (udaljenost, promjer, dubina) i ne mogu ispuniti zahtjev mjerenja tolerancije oblika (ravnost, kružnost ...) ili pozicije (paralelnost, okomitost, koncentričnost ...), koje se na crtežima sve češće definiraju. Uz to, klasična mjerila ne omogućuju automatizaciju procesa mjerenja, pa sve više tvrtki razmišlja o zamjeni klasičnih mjerila s novijim, modernijim tipovima mjerila ili mjernih naprava.

2. 3D MJERNE MAŠINE

Najpoznatije mjerne naprave, koje se koriste na našem području, su 3D mjerne mašine – na teritoriju bivše Jugoslavije njih postoji oko 400. Tehnologija mjernih mašina je počela svoj razvoj prije oko 50 godina i svake godine na tržište dolaze novi modeli tih mašina.



Slika 1. 3D koordinatna mjerna mašina

3D mjerna mašina sastoji se od 3 međusobno okomite osi X, Y i Z. Pomak pinole sa ticalom na kraju bilježe mjerne letve. Svakim dodirnom ticala na površinu mjernog objekta u računalo se prenose podaci o 3 koordinate (po jedna koordinata sa svake mjerne letve) izmjerene točke. Pomoću odgovarajuće programske opreme, moguće je izračunati dimenzije mjernog objekta i generirati mjerni izveštaj, koji obuhvaća sve mjere, kotirane na crtežu. U usporedbi sa klasičnim mjerilima 3D mjerne mašine su preciznije, produktivnije, omogućuju mjerenje i kompleksnih odstupanja oblika i pozicije, njihova slaba strana je visoka cijena i visoki zahtjevi za stručnosti operatera, koji te mašine upotrebljavaju. U granama industrije, kao što je automobilska industrija, tvrtke, koje takve mašine nemaju, teško dolaze do posla, jer bez tih mašina nije moguća automatizacija mjerenja, koja se ovdje skoro svugdje traži.

3. MJERNE RUKU

Sa željom, da se izrade mjerne naprave, koje bi bile što jeftinije i jednostavnije za upotrebu (kao što su klasična mjerila) s druge strane bile sposobne mjeriti i kompleksnija 3D odstupanja (kao 3D mjerne mašine) prije 20-tak godina je pokrenut razvoj mjernih ruka. To su prijenosne 3D mjerne naprave, koje su po konstrukciji slične ljudskoj ruci (imaju 3 zglobova – rame, lakat i šaku). Mjerne ruke imaju 6 ili 7 osi rotacije (u svakom zglobovi dvije osi i skener kao dodatnu os).



Slika 2: Mjerna ruka sa skenerom

Pomicanja ticala mjerne ruke, za razliku od mjernih mašina, ne mjere mjerne letve, već kutni enkoderni u svakoj osi rotacije. Mjerna ruka nema više od 10 kilograma, pa ju je moguće jednostavno zapakirati u kovčeg, staviti u automobil i upotrijebiti bilo gdje – ili u proizvodnoj hali, ili na obradnoj mašini ili u mjernom laboratoriju.

Mjerenja s mjernom rukom ne možemo automatizirati (uvijek je potrebna navzočnost operatera), a točnost mjerenja (od 0,02 mm nadalje) je manja nego kod 3D mjernih mašina ali s druge strane je cijena mjerne ruke puno manja od 3D mjerne mašine i zahtjev za stručnom spremom kontrolora nije tako visok kao kod 3D mjernih mašina. Mjerne ruke mogu meriti i odstupanja oblika i položaja. U slučaju, da je mjerenje zatraženo u proizvodnoj hali, na obradnoj mašini ili na terenu, mjerna ruka je jedini mogući izbor za mjernu opremu.

Često se mjerne ruke uz ticalo dodatno opreme i laserskim skenerom (kao 7. os). U slučaju upotrebe skenera na mjernoj ruci, površina mjenog komada može se bezdotočno optički skenirati (dobije se oko 100 000 točaka s površine mjenog komada u jednoj sekundi), na ovaj se način dobije oblak točaka u prostoru, koje se mogu upotrijebiti za izradu 3D modela izmjenog komada i usporedbu tog modela s teoretskim CAD modelom komada, kojeg je napravio konstruktor.

Mjerne ruke tako imaju široki spektar primjene:

- Dimenzijska analiza – mjerenje dimenzija na proizvodu i usporedba izmjerenih mjera s zahtjevima na crtežu
- CAD analiza – mjerenje CAD geometrije proizvoda i usporedba s CAD modelom, moguće su analize kompleksnih krivulja i površina
- Dimenzijska kontrola proizvoda tijekom različitih faza mehaničke obrade na obradnom centru
- Poravnavanje i centriranje raznih podsklopova u procesu montaže
- Skeniranje proizvoda i modeliranje (reverse engineering) komada na osnovi dobivenog oblaka točaka

U razvijenim zemljama prodaja i primjena mjernih ruku posljednjih godina strelovito raste. Na području bivše Jugoslavije mjernih ruku još nema puno ali zbog dostupne cijene i jednostavne upotrebe, očekuje se brzo povećanje primjene ove tehnologije u industriji u idućim godinama.

4. PRIMJER IZ PRAKSE – MJERENJE GEOMETRIJE TURBINSKE LOPATICE I USPOREDBA S CAD MODELOM

U Ijevaonici u našoj blizini izradili su odljevke lopatica za turbinu. Prije početka mehaničke obrade tih odljevka stranka nam se obratila s dva problema:

- Da li izrađeni odljevak ima na svim površinama dovoljno dodatka za mehaničku obradu?

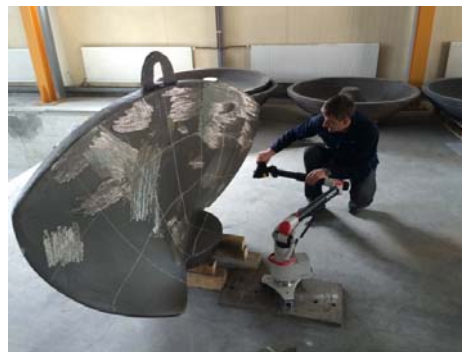
- Kako poravnati odljevak kod mehanske obrade, kako bi se dobila maksimalna iskoristivost materijala ?



Slika 3: Odljevak lopatice pre početka mjerenja

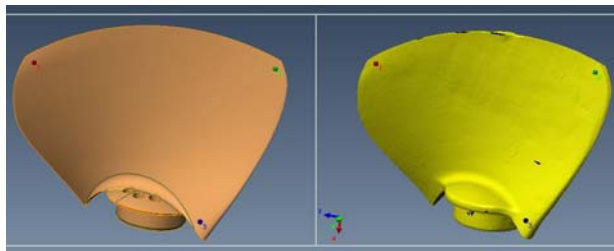
Za rješavanje gornja dva problema odabrali smo mjernu ruku s integriranim skenerom. Mjerni postupak je bio izveden na ovaj način:

- Na lopaticu smo kredom nacrtali mrežu s ciljem, da na mjernom izvještaju prikažemo dodatak u materijalu odljevka naspram CAD modela obrađene lopatice u svim točkama mreže.
- Odljevak smo skenirali, dobili smo oko 2 milijuna točaka, sa kojih smo generirali CAD model odljevka.



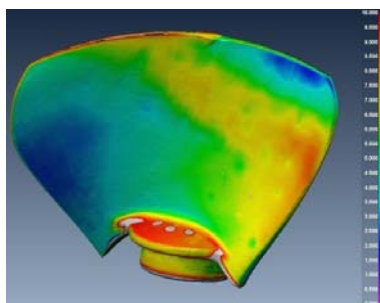
Slika 4: Skeniranje odljevka

- Udružili smo CAD model skeniranog odljevka i teoretski model obrađene lopatice



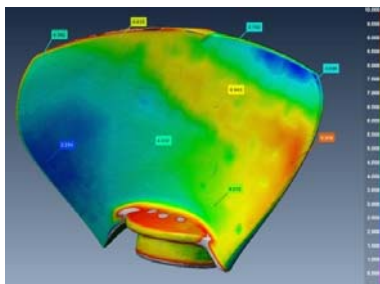
Slika 5: Udruživanje koordinatnog sustava CAD modela obrađene lopatice (lijevo) i skeniranog odljevka (desno)

- Nakon udruživanja koordinatnih sustava na jednoj slici se može vidjeti razlika između CAD modela odljevka i CAD modela obrađene lopatice, najbolja je prezentacija takozvanom termičkom slikom



Slika 6: Termička slika, koja prikazuje dodatak materijala u mm odljevka naspram teoretskom CAD modelu obrađene lopatice

- Na kraju se radi mjerni izveštaj, gdje se pokazuje dodatak materijala odljevka naspram CAD modelu obrađene lopatice, a na odljevku se upotrebom ticala mjerne ruke označe polazne točke za početak mehanke obrade odljevka.



Slika 7: Mjerni izveštaj, koji prikazuje dodatak materijala na odljevku na točkama mreže

Na gornjem primjeru može se vidjeti, kako se upotrebom moderne mjerne naprave – mjerne ruke s skenerom – u razdoblju od otprilike pola sata dobija značajna informacija o geometriji proizvoda (u tom slučaju odljevka lopatice), koju je klasičnim mjerilima nemoguće dobiti.

5. ZAKLJUČAK:

Moderna industrijska proizvodnja traži odgovarajuću mjernu opremu za dimenzijska mjerenja. Mjerne ruka sa skenerom je jedan od mogućih izbora, koji nam pruža (uz pristupnu cijenu) brzo mjerenje proizvoda sa složenom geometrijom direktno u proizvodnji.

6. REFERENCE

- [1] Modic, M.: S tehnološkim napretkom veća je potreba za kompleksnijim mjeranjima, Revija IRT 3000 1/2015, stranice 116-117
- [2] Romer white paper: Articulated arms, januar 2015

