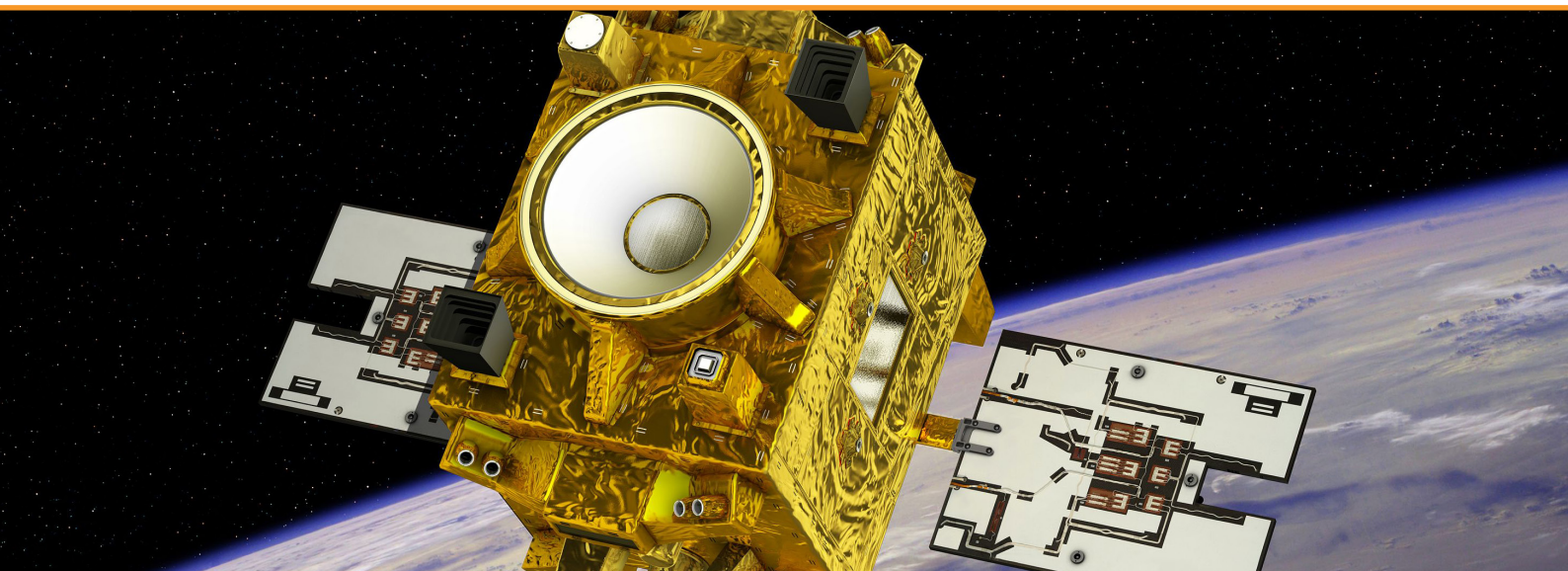


Industrijske mjerne glave pomažu u svemirskim istraživanjima



Klijent:

Njemački institut za mjeriteljstvo (PTB)

Industrija:

Znanost, istraživanje i analiza

Izazov:

Proizvesti cilindrična testna tijela za svjetsku svemirsku misiju MICROSCOPE do razine točnosti od 2 μm do 3 μm .

Rješenje:

Ponovljivo i točno mjerenje tijekom procesa s pomoću visokoprecizne mjerne glave OMP400 tvrtke Renishaw.

Kao rezultat novih razvoja u teorijskom znanju o najmanjim česticama na planeti, neki fizičari sada preispituju temeljno načelo ekvivalencije trome i teške mase. Kako bi istražili te ideje, proizvodni stručnjaci iz Njemačkog instituta za mjeriteljstvo (PTB) u Braunschweigu razvili su cilindrična testna tijela postižući preciznost od 2 μm do 3 μm za sve geometrijske značajke. Taj je inženjerski podvig omogućen zahvaljujući mjernom rješenju koje je kombinacija visokoprecizne tokarilice tvrtke Benzinger i mjerne glave OMP400 tvrtke Renishaw.

Za inženjere je sada proizvodnja komponenti s razinom točnosti od 2 μm do 3 μm relativno izgledna. Ali dr. Daniel Hagerdon, rukovoditelj projekta i radne skupine Površinsko mjeriteljstvo instituta PTB, zna da postoje tehnološka ograničenja: „S pomoću današnjih strojeva bez problema se može postići točnost pozicioniranja od 2 μm do 3 μm u jednom ili dva smjera. Ali za naše testne mase tu visoku razinu preciznosti trebamo postići u sve tri dimenzije – ne samo na pojedinačnim pozicijama, nego i na svim ravninama, cilindričnim površinama i u svim uglovima.”

PTB je angažiran za proizvodnju deset cilindričnih testnih tijela za MICROSCOPE (Micro-Satellite à traînée Compensée pour l'Observation du Principe d'Equivalence), minisatelit od 300 kg kojim upravlja CNES, Francuska svemirska agencija. Zajedno s drugim partnerima, uključujući Europsku svemirsku agenciju, MICROSCOPE će ispitivati univerzalnost načela ekvivalencije. Svako od tih tijela dugačko je otprilike 80 mm. Veći cilindri imaju vanjski promjer 70 mm, dok manji primjerci mjere tek 35 mm.

Kao što smo planirali, možemo postići točnost od $\pm 1 \mu\text{m}$ za sve značajke. Visokoprecizna strojna obrada odigrat će značajnu ulogu u tome hoće li znanstvenici morati ponovno promisliti o prihvaćenim zakonima fizike. Točnost i pouzdanost mjerne glave Renishaw OMP400 ključan je faktor našeg uspjeha.

Njemački institut za mjeriteljstvo (Njemačka)

Proizvedeni od slitine platine i rodija (PtRh) odn. od slitine titana, aluminijske i vanadijske (TiAl4V6), cilindri se koncentrično postavljaju u diferencijalni akcelerator za ispitivanje.



Uspješan projektni tim (s lijeva na desno): Stephan Metschke, dr. Daniel Hagedorn i Heinz-Peter Heyne u odjelu za projektiranje znanstvenih instrumenata na institutu PTB u Braunschweigu, sa Shahramom Essamom, regionalnim direktorom prodaje tvrtke Renishaw

Takva konfiguracija jamči da moment tromosti oba cilindra bude na istoj osi. Cilindri od PtRh10 služe kao referenca dok se drugi, izrađeni od drugog materijala, podvrgavaju mjerenju ubrzanja kako bi se provjerilo ostaje li načelo ekvivalencije teške i tromе mase važeće pri točnosti mjerenja od 10 do 15 μm .

Proizvodnja od početka do kraja u jednom, neprekinutom procesu

Proizvodnja testnih tijela do potrebne razine točnosti pokazala se velikim izazovom. Prije početka proizvodnje inženjeri su trebali optimizirati rezne alate za zadatak koji ih čeka. Posebno su predmeti obrade od slitine platine i rodija bili podložni lomljenju kristalnih zrna pri obradi klasičnim alatima, što je površinu činilo neupotrebljivom za predviđenu svrhu. Posebno dijamantni alati izrađeni postupkom elektroerozije pokazali su se pouzdanim rješenjem pri obradi jako grubih površina, uz točnost manju od 0,2 μm .

Međutim, kao što su Heinz-Peter Heyne i Stephan Metschke iz znanstvenog tima za projektiranje instrumenata brzo uvidjeli, postizanje željene razine preciznosti moguće je samo kada se čitav proizvodni proces dovrši u jednom koraku, bez uklanjanja i ponovnog stezanja predmeta obrade. Zbog toga su šuplji cilindri obrađivani visokopreciznom tokarilicom TNI Preciline tvrtke Benzinger. Između proizvodnih koraka na stroju su mjerene pojedinačne dimenzije, bez uklanjanja i ponovnog stezanja predmeta obrade. Usprkos upotrebi visokopreciznih steznih uređaja i činjenici da je tim oprezno radio, pri opetovanim pokušajima je dolazilo do odstupanja reda veličine 0,01 mm.

Kako bi se čitav proces dovršio na željenoj razini točnosti, stručnjaci instituta PTB morali su visokoprecizno mjerenje integrirati izravno u postupak strojne obrade. Ključan je cilj bio ukloniti nesigurnost i netočnost uslijed zajedničke početne točke tijekom obrade i mjerenja. Kako bi to postigao, dr. Hagedorn ispitao je brojna industrijska mjerna rješenja različitih proizvođača.

Fokusirao se na usporedbu i procjenu točnosti i ponovljivosti mjernih rezultata u radnom području tokarilica. „Zaključili smo da je jedino rješenje koje može udovoljiti tim normama visokoprecizna mjerna glava kao što je Renishaw OMP400“, objasnio je navodeći kratki pregled svojih rezultata.

Mjerna glava OMP400 postiže točnost od 1 μm nakon verifikacije

Mjerna glava OMP400 upotrebljava mjerni sustav utemeljen na tehnologiji mjernih listića. Mjerna glava reagira i na najblaže kontaktne sile, na nju ne utječu sile pri vraćanju u polazni položaj nakon okidanja i smanjuje histerezu koja se obično susreće u mjernim primjenama – čime se jednostavno postiže točnost manja od 5 μm . Posebna mjerna rutina sprečava netočnosti do kojih dolazi kada mjerna glava prebrzo dodiruje površinu. Ako softver detektira smetnje prouzročene vibracijama mjerne glave, prekida kontakt ili sprečava bilježenje izmjerene vrijednosti. Kao što to Heinz-Peter Heyne već zna, dobivanje pouzdanih rezultata mjerenja moguće je samo ako se mjerni položaji dosegnu odgovarajućom brzinom. Kombiniranjem ove tehnologije sa nekoliko drugih tehnika, uspješno je zadržao ponovljivost mjerne glave unutar 1 μm .

Mjerna glava optički (bežično) prenosi zabilježene mjerne podatke na prijemnik u radnom području tokarilice. Upravljački sustav CNC prima te informacije putem sučelja i upotrebljava ih za upravljanje i prilagodbu tekućeg mjernog procesa. Osim toga, tim instituta PTB razvio je posebno softversko rješenje koje im omogućuje prijenos izmjerenih vrijednosti na poslužitelj radi procjene i dokumentiranja.

Stručnjaci iz instituta PTB primijenili su složen verifikacijski proces kako bi provjerili rezultate mjerne glave OMP400 i visokoprecizne tokarilice. Nakon obrade brojnih kontura stručnjaci su izmjerili rezultate na stroju i na koordinatnom mjernom stroju. Kalibrirani referentni predmeti obrade također su izmjereni pomoću mjerne glave na alatnom stroju, kao i na vanjskom koordinatnom mjernom stroju. Tim je potom usporedio sve rezultate mjerenja za dobivanje kompenzacijskih podataka. Ti su podaci upotrijebljeni za ažuriranje CNC upravljačkog sustava visokoprecizne tokarilice prilikom mjerenja s pomoću glave OMP400 u radnom području te prilikom strojne obrade kontura.

Kao što je dokazano usporedbom mjerenja više predmeta obrade s mjerenjima na koordinatnom mjernom stroju, nakon takve kalibracije mjerne glave i primjene kompenzacijskih podataka na mjerne procese na tokarilici tijekom postupka strojne obrade (mjerenje tijekom procesa) postignuta je točnost mjerenja unutar 1 μ m.

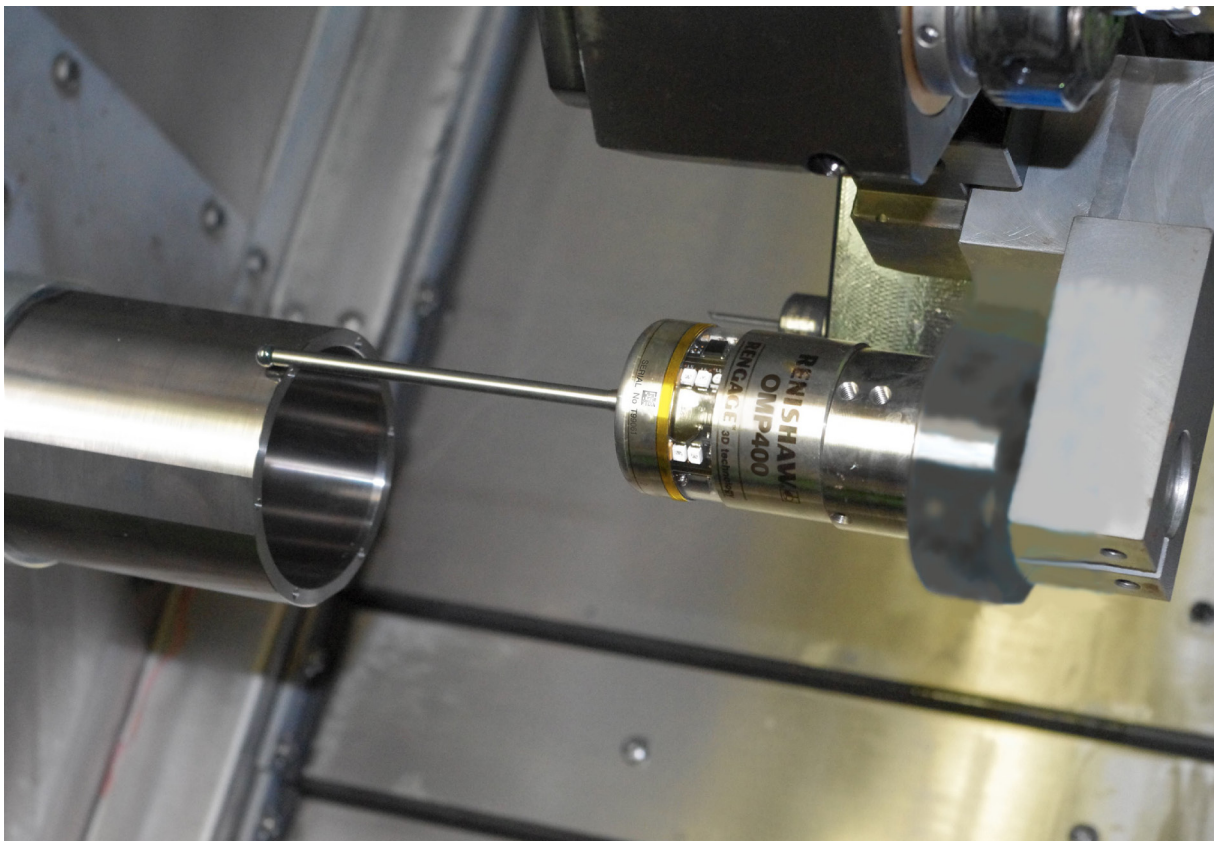
Za mjerenje sferičnosti i promjera mjerna je glava bilježila podatke za preko trideset mjernih točaka na kružnici.

Cilindričnost se mjerila na sličan način, temeljem pet mjerenja na kružnici po čitavoj duljini cilindra. Mjerenje šest udubljenja za kuglice na prednjem dijelu cilindra pokazalo se posebno izazovnim zadatkom. Ta su udubljenja predviđena da djeluju kao ležišta dok se cilindar postavlja u diferencijalni akcelerator. Maksimalni promjer tih sferičnih udubljenja iznosi samo 1,2 mm. Heinz-Peter Heyne je za mjerenje tih točaka razvio posebno ticalo mjerne glave od silikatne keramike koje mjeri samo 0,3 mm.

Iterativna obrade u više koraka za postizanje točnosti $\pm 1 \mu$ m

Nakon proizvodnje više prototipova za ispitivanje i usporedbu, Heinz-Peter Heyne proizveo je završna testna tijela od materijala Pt-Rh i TiAl4V6 rabeći iterativni postupak. Najprije je na visokopreciznoj tokarilici obradio vanjski promjer do nadmjere od otprilike 0,01 mm u više koraka. Nakon uzimanja i bilježenja mjera s pomoću mjerne glave OMP400 strojno je obradio komponentu do završnih dimenzija. Dr. Hagedorn ponosno izvješćuje da je postupak uspio već iz prvog pokušaja. „Kao što smo planirali, možemo postići točnost od $\pm 1 \mu$ m za sve značajke.“

„Točnost i pouzdanost mjerne glave Renishaw OMP400 ključan je faktor našeg uspjeha. Obzirom da samo potrebne sirovine platina i rodij koštaju na desetke tisuća eura, jako smo zadovoljni s tim rezultatima“, kazao je u zaključku.



Mjerna glava OMP400 upotrebljava posebne mjerne rutine za mjerenje kružnosti i cilindričnosti unutarnjih i vanjskih površina testnih masa.

Načelo ekvivalencije

Već je 1636. prirodoslovac Galileo Galilei tvrdio da su troma i teška masa uvijek jednake. Ta je teorija ostala u temelju gotovo svih koncepata u fizici koje danas smatramo točnima, uključujući Einsteinovu teoriju relativnosti.

Teorija kaže da masa uvijek reagira na isti način, neovisno o tome djeluju li na nju gravitacija ili ubrzanje. Ili, da pojednostavimo: U vakuumu (bez učinka otpora zraka), komadiću olova i peru potrebna je ista količina vremena za pad na tlo od početka ubrzanja.

Međutim, najnovija istraživanja na najmanjim česticama na našoj planeti pokazuju da načelo ekvivalencije možda više ne vrijedi ako se mjeri pri dostatnoj točnosti manjoj od 10 do 12 μm . Svjetska svemirska misija MICROSCOPE Europske unije želi pojasniti ta pitanja. Podalje od „zemaljskih” smetnji dvije mase točnih, poznatih dimenzija izrađene od materijala različite gustoće bit će bačene u bestežinsko okruženje visokog vakuumu. Visokoprecizni akcelometri mjerit će njihovu reakciju. PTB iz Braunschweiga proizveo je cilindrične mase za ovaj eksperiment.

Zahvaljujući visokim razinama preciznosti postignutim tijekom proizvodnje – od 1 μm do 2 μm za dimenzije, ravnine, (ko) cilindričnost, paralelnost i kutnost svih priležećih površina cilindra – postignuta je točnost utvrđivanja dimenzija masa do 10 – 15 μm . Kao rezultat toga, fizičari u svemirskom laboratoriju mogu izmjeriti reakcije različitih cilindara na akceleraciju do tih izvanrednih razina točnosti. A kada bi u reakcijama naišli na razlike, taj bi eksperiment mogao postati revolucija u fizici čvrstog stanja.



Mjerni cilindri za svjetsku svemirsku misiju MICROSCOPE proizvedeni su s razinom točnosti do 1 μm .

Za više informacija posjetite www.renishaw.com/ptb

RLS d.o.o. (Povezano društvo tvrtke Renishaw)

Poslovna cona Žeje pri Komendi
Pod vrbami 2
SI-1218 Komenda
Slovenija

T +386 1 527 2100
F +386 1 527 2129
E mail@rls.si
www.renishaw.com

Za kontakte diljem svijeta posjetite www.renishaw.com/contact

TVRTKA RENISHAW POTRUDILA SE KAKO BI SADRŽAJ OVOG DOKUMENTA BIO TOČAN NA DATUM OBJAVE, ALI NE TVRDI NITI JAMČI ZA ISTI. TVRTKA RENISHAW NE SNOŠI ODGOVORNOST I NE JAMČI ZA TOČNOST I POTPUNOST SADRŽAJA U OVOM DOKUMENTU.

© 2018 Renishaw plc. Sva prava pridržana.

Renishaw pridržava prava na izmjenu specifikacija bez prethodne obavijesti.

RENISHAW i simbol mjerne glave u logotipu RENISHAW registrirani su zaštitni znaci tvrtke Renishaw plc u Ujedinjenom Kraljevstvu i drugim državama. **apply innovation** i nazivi i opisi drugih proizvoda i tehnologija tvrtke Renishaw zaštitni su znaci tvrtke Renishaw plc ili njenih povezanih društava.

Svi ostali nazivi marki i proizvoda rabljeni u ovom dokumentu trgovački su nazivi, zaštitni znaci ili registrirani zaštitni znaci svojih vlasnika.



H - 5650 - 3438 - 01

Kataloški br.: H-5650-3438-0x-x
Izdano: 02.2018