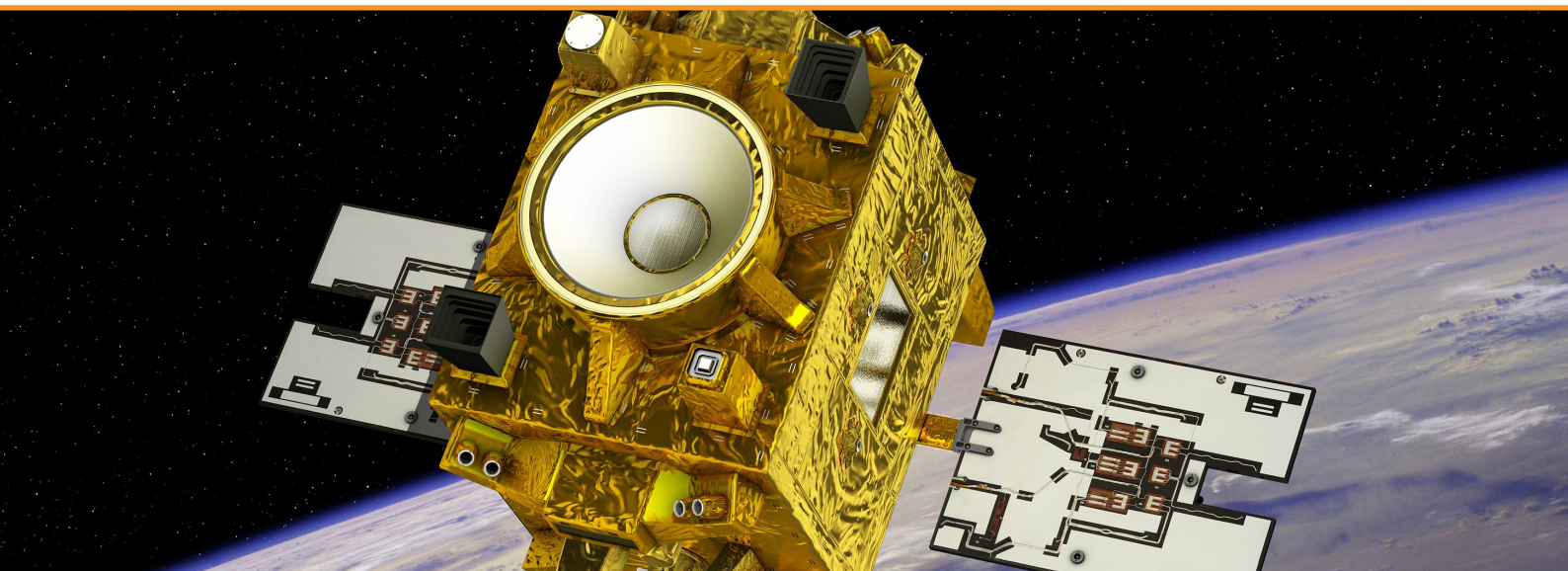


Industrijske merne glave pomažu u istraživanju svemira



Klijent:

Nemački nacionalni institut za metrologiju (PTB)

Industrija:

Nauka, istraživanje i analitika

Izazov:

Izrada cilindričnih testnih tegova za svetsku svemirsku misiju MICROSCOPE sa preciznošću 2 μ m do 3 μ m.

Rešenje:

Ponovljiva i tačna kontrola tokom procesa sa visokopreciznom mernom glavom OMP400.

Nakon novih teoretskih saznanja o najmanjim česticama na našoj planeti neki fizičari su počeli da dovode u pitanje princip ekvivalentnosti inercijalne i gravitacione mase. Da bi istražili ove ideje stručnjaci za proizvodnju u Nemačkom nacionalnom institutu za metrologiju (PTB) iz Braunschweiga razvili su cilindrične testne tegove sa preciznošću svih geometrijskih dimenzija u rasponu od 2 do 3 μ m. Ovakvo tehničko dostignuće ne bi bilo moguće bez mernog rešenja, koje obuhvata visokoprecizan strug Benzinger i mernu glavu OMP400 iz Renishawa.

Inženjeri sada imaju relativno realne izgleda za proizvodnju komponenti sa preciznošću 2–3 μ m. Dr. Daniel Hagedorn, vođa projekta i radne grupe za merenje površina u PTB poznaje tehnološka ograničenja: »Naše mašine danas mogu bez problema da postignu tačnost pozicioniranja od 2 do 3 μ m u jednom ili dva pravca. Za naše testne tegove morali smo obezbediti ovaj visok nivo preciznosti u tri dimenzije, dakle ne samo u pojedinačnim tačkama, već i na površinama, na omotaču cilindra i uglovima.«

Institut PTB je od francuske vladine svemirske agencije dobio porudžbinu za izradu deset cilindričnih testnih tegova za 300-kilogramski minisatelit MICROSCOPE (Micro-Satellite à traînée Compensée pour l'Observation du Principe d'Equivalence). MICROSCOPE će u saradnji sa drugim partnerima, među kojima je i Evropska svemirska agencija, testirati univerzalnost principa ekvivalentnosti. Svaki teg je dugačak otprilike 80 mm, spoljni prečnik većih cilindara je 70 mm, a manjih cilindara samo 35 mm.

Kao što smo planirali, uspeali smo da postignemo tačnost $\pm 1 \mu$ m za sve karakteristike. Visokoprecizna obrada će odigrati važnu ulogu u tome da li će naučnici morati da revidiraju zakone fizike. Ključnu ulogu u našem uspehu je odigrala merna glava Renishaw OMP400.

Nemački nacionalni institut za metrologiju (Nemačka)

Cilindri su izrađeni od legure platine i rodijuma (PtRh10), kao i od legure titanijuma, aluminijuma i vanadjuma (TiAl4V6) i za potrebe testiranja su koncentrično postavljeni u diferencijalnom akceleratoru.



Uspešni projektni tim (sa leva na desno): Stephan Metschke, dr. Daniel Hagedorn i Heinz-Peter Heyne iz odeljenja za projektovanje naučne opreme na institutu PTB u Braunschweigu, i Shahram Essam, regionalni vođa prodaje u Renishawu

Sa takvom konfiguracijom se garantuje da je moment inercije oba cilindra na istoj osi. Cilindri od PtRh10 su referentni cilindri, a cilindri od drugog materijala se koriste za merenje ubrzanja i proveru principa ekvivalentnosti gravitacione i inercijalne mase sa tačnošću merenja 10–15 μm .

Izrađeni od početka do kraja u jednom neprekidnom procesu

Izrada testnih tegova sa zahtevanim nivoom tačnosti je bio veliki izazov. Inženjeri su morali da optimizuju radne alate pre nego što je izrada uopšte počela. Posebno je pri delovima od legure platine i rodijuma dolazilo do lomljenja pojedinih zrna prilikom obrade sa konvencionalnim alatima, zbog čega površina nije odgovarala datoj nameni. Za pouzdano rešenje za obradu površina sa velikom hrapavošću pokazali su se dijamantski alati izrađeni postupkom elektroerozije sa kojima je postignuta tačnost ispod 0,2 μm .

Heinz-Peter Heyne i Stephen Metschke iz tima za projektovanje naučnih instrumenata su uskoro shvatili da je zahtevani nivo preciznosti ostvarljiv samo pod uslovom da se celokupni proizvodni proces izvede u jednom koraku, dakle bez skidanja i ponovnog stezanja predmeta obrade. Šuplje cilindre su zato obradili na visokopreciznom strugu Benzinger TNI Preciline. Pojedinačne dimenzije su proveravali između proizvodnih koraka na mašini, bez skidanja i ponovnog stezanja predmeta obrade. Uprkos visokopreciznim stezačima i pažljivom radu u ponovljenim pokušajima je dolazilo do odstupanja reda veličine 0,01 mm.

Da bi zaokružili celokupan proces sa zahtevanim nivoom preciznosti stručnjaci u PTB morali su da integrišu visokoprecizna merenja neposredno u proces obrade. Glavni cilj je bio da se otklone nesigurnost i nepreciznost zbog zajedničke upotrebe početne tačke tokom obrade i merenja. Dr. Hagedorn je testirao više industrijskih mernih rešenja različitih proizvođača.

Usredsredio se na poređenje i vrednovanje preciznosti i ponovljivosti rezultata merenja u radnom prostoru strugova. »Ustanovili smo da je jedino rešenje za postizanje visokih standarda visokoprecizna merna glava kao što je to Renishaw OMP400,« sumira Hagedorn.

Merna glava OMP400 posle verifikacije postiže tačnost 1 μm

Merni sistem u glavi OMP400 koristi tehnologiju mernih listića. Merna glava se odaziva i na najmanje kontaktne sile, nije podložna uticaju sila prilikom vraćanja u početnu tačku nakon okidanja i smanjuje histerezu, koja je tipična za merne aplikacije. Na taj način se može postići tačnost koja je manja od 5 μm . Posebna merna rutina sprečava netačnosti do kojih bi moglo doći zbog prebrzog kontakta merne glave sa površinom. Ako merna glava detektuje interferencije zbog vibracija merne glave, prekida kontakt ili sprečava beleženje izmerene vrednosti. Heinz-Peter Heyne je svestan da će rezultati merenja biti pouzdani samo pod uslovom da se glava približi tački merenja sa odgovarajućom brzinom. Kombinovanjem ove tehnologije sa nekoliko drugih tehnika, mogao je sigurno održati ponovljivost merne glave unutar 1 μm .

Merna glava koristi optički (bežični) prenos izmerenih podataka u prijemnik, koji se nalazi u radnom prostoru struga. CNC-kontroler prima te podatke preko interfejsa i koristi ih za kontrolu i prilagođavanje mernog procesa. Tim u PTB je razvio i posebno programsko rešenje za prenos izmerenih vrednosti u server, gde se vrednuju i dokumentuju.

Specijalisti na institutu PTB so upotreбили kompleksan verifikacioni proces za proveru rezultata rešenja sa mernom glavom OMP400 i visokopreciznim strugom. Nakon obrade više kontura izmerili su rezultate najpre na mašini alatki, a zatim i na koordinatnoj mernoj mašini. Izmereni su i kalibrisani referentni radni predmeti sa mernom glavom na mašini alatki i na spoljnoj koordinatnoj mernoj mašini. Poređenjem rezultata merenja dobijeni su podaci za kompenzaciju. Ovi podaci su iskorišćeni za ažuriranje CNC-kontrolera visokopreciznog struga tokom merenja sa glavom OMP400 u radnom prostoru i tokom obrade kontura.

Poređenje merenja više radnih predmeta sa merenjima na koordinatnoj mernoj mašini je dokazalo da je ostvariva tačnost merenja unutar 1 μm kada je merna glava kalibrisana na ovaj način, a podaci za kompenzaciju iskorišćeni u mernim procesima tokom obrade na strugu (merenja tokom procesa).

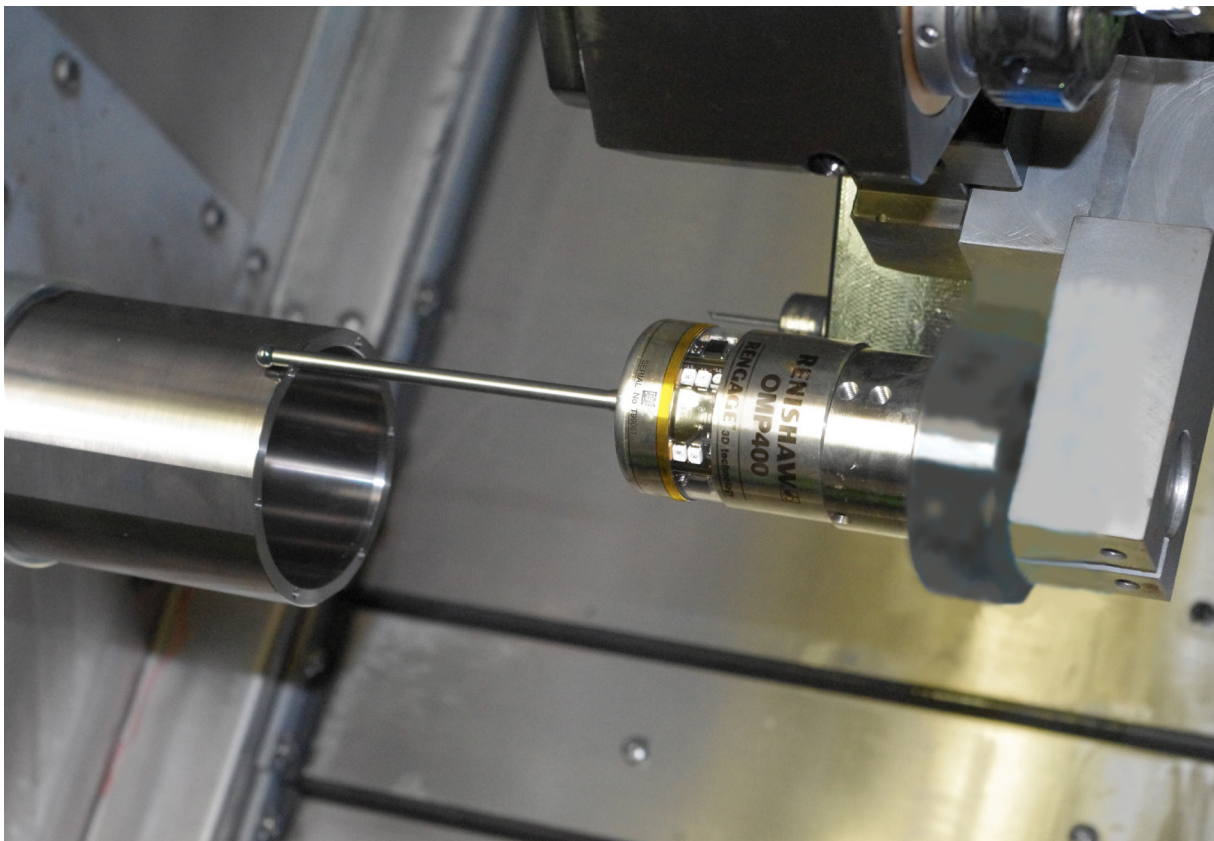
Za određivanje kružnosti i prečnika merna glava je na kružnici merila više od trideset tačaka. Cilindričnost je izmerena na sličan način pomoću pet merenja na kružnici po celoj dužini cilindra. Poseban izazov je predstavljalo merenje šest udubljenja za kuglice na čeonj površini cilindra.

Ova udubljenja vrše ulogu ležišta kada je cilindar postavljen u diferencijalni akcelorometar. Najveći prečnik kružnih udubljenja je bio samo 1,2 mm. Heinz-Peter Heyne je za merenje udubljenja razvio poseban taster za mernu glavu od silicijumske keramike, čija je veličina jedva 0,3 mm.

Iterativna obrada u više koraka za tačnost $\pm 1 \mu\text{m}$

Nakon izrade više prototipova za testiranje i poređenje Heinz-Peter Heyne je izradio konačne tegove od legura Pt-Rh i TiAl4V6 po iterativnom postupku. Najpre je na visokopreciznom strugu u više koraka obradio spoljni prečnik sa dodatkom od otprilike 0,01 mm. Pošto je obavio i zabeležio merenja sa mernom glavom OMP400, usledila je obrada komponente na konačne dimenzije. Dr. Hagedorn ponosno saopštava da je metod bio uspešan već iz prvog pokušaja. »Kao što smo planirali, uspeli smo da postignemo tačnost $\pm 1 \mu\text{m}$ za sve karakteristike.

Ključnu ulogu u tom uspehu je odigrala merna glava Renishaw OMP400. Sa obzirom na to da samo sirovine platina i rodijum koštaju više desetina hiljada evra veoma smo zadovoljni sa ovim rezultatima,« zaključuje Hagedorn.



Merna glava OMP400 koristi posebne merne rutine za merenje kružnosti i cilindričnosti unutrašnjih i spoljnih površina testnih tegova.

Princip jednakosti

Prirodnjak Galileo Galilei je već 1636. godine tvrdio da su inercijalna i gravitaciona masa uvek jednake. Ova teorija je postala temelj za praktično sve fizičke koncepte, koje danas priznajemo, uključujući i Einsteinovu teoriju relativnosti.

Prema ovoj teoriji masa se uvek odaziva na isti način kada se podvrgne delovanju sile gravitacije ili ubrzanja. Jednostavnije rečeno: u vakuumu (čime je otklonjen uticaj vazdušnog otpora) komad olova i pero će od početka ubrzanja pasti na pod za isto vreme.

Najnovija istraživanja najmanjih čestica na našoj planeti pokazuju da princip jednakosti možda ne važi ako ga merimo sa dovoljno visokom preciznošću ispod 10–12 μm . Ova pitanja bi trebalo da razjasni evropska svemirska misija MICROSCOPE. Dva tega tačnih i poznatih dimenzija izrađena od materijala različite gustine će daleko od uticaja smetnji na Zemlji biti bačeni u bestežinsku sredinu visokog vakuuma. Visokoprecizni akcelometri će izmeriti njihovu reakciju. Za ovaj eksperiment je Institut PTB iz Braunschweiga izradio cilindrične tegove.

Zbog visoke preciznosti koju su postigli tokom izrade – od 1 μm do 2 μm za dimenzije, ravnost, cilindričnost (koncentričnost), paralelnost i nagib svih susednih površina na cilindru – dimenzije cilindra je moguće utvrditi sa tačnošću do 10–15 μm . Fizičari u svemirskoj laboratoriji će tako sa izuzetnim stepenom preciznosti moći da izmere reakciju različitih cilindara na ubrzanje. Ako ustanove da postoje razlike u reakcijama, ovaj eksperiment može pokrenuti revoluciju u razmišljanju o fizici čvrste materije.



Merni cilindri za svetsku svemirsku misiju MICROSCOPE izrađeni su sa preciznošću 1 μm .

Za više informacija posetite www.renishaw.com/ptb

RLS d.o.o. (Renishawova povezana družba)

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 kontaktne detalje širom sveta posetite www.renishaw.com/contact

RENISHAW JE UČINIO ZNATNE Napore KAKO BI OBEZBEDIO DA SADRŽAJ OVOG DOKUMENTA BUDE TAČAN U VREME IZDAVANJA, ALI NE DAJE GARANCIJE ILI IZJAVE U VEZI SA SADRŽAJEM. RENISHAW ISKLJUČUJE ODGOVORNOST NASTALU ZBOG BILO KAKVIH NETAČNOSTI U OVOM DOKUMENTU.

©2018 Renishaw plc. Sva prava zadržana.

Renishaw zadržava pravo na izmene specifikacija bez prethodne najave.

RENISHAW i simbol merne glave u logotipu RENISHAW su registrovane robne marke preduzeća Renishaw plc u Ujedinjenom Kraljevstvu i drugim državama. apply innovation i imena i oznake ostalih proizvoda i tehnologija Renishaw su robne marke preduzeća Renishaw plc ili njegovih podružnica. Sve ostale robne marke i imena proizvoda korišćena u ovom dokumentu su trgovački nazivi, robne marke ili registrovane robne marke njihovih vlasnika.



H - 5650 - 3437 - 01

Kat. br.: H-5650-3437-01-A
Objavljeno: 02.2018