

MERJENJE HRAPAVOSTI POVRŠIN

primerjava elektromehanskih profilometrov Talystep in Alphastep

Andrej Demšar

I. IZVLEČEK

Ena od možnosti merjenja hrapavosti in mikrosprememb topografije na površini je merjenje z elektromehanskim profilometrom. V članku je opisan princip delovanja profilometrov. S pomočjo izmerkov na različnih vzorcih je narejena primerjava profilometra z računalnikom in brez njega.

II. UVOD

Hrapavost površine je pomembna na mnogih področjih. V optiki povzroča sipanje in absorbcijo; od nje je odvisna količina podatkov, ki jih lahko spravimo na magnetni trak oz. disketo; kvaliteta mikrovezja je odvisna od gladkosti podloge, na katero nanašamo tanke sloje; upornost električnih kontaktov je odvisna od površine stika dveh hrapavih površin; s pomočjo hrapavosti okarakteriziramo obdelanost površin v strojništvu.

Hrapavost merimo na več načinov (1,2,3): z Nomarskim mikroskopom, z interferometrijo, elektromehansko z iglo, s sipanjem svetlobe in z elektronskim mikroskopom (TEM, SEM). Primerjavo med posameznimi statističnimi metodami vidimo v tabeli 1.

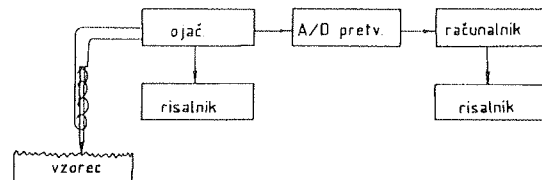
Tabela 1: primerjava statističnih metod merjenja hrapavosti

metoda	vertikalna občutljivost	lateralna ločljivost	max. dolžina
FECO interferometer	~ 3 Å	~ 2 μm	1 mm
Elektronski mikroskop	~ 100 Å	~ 100 Å	3 μm
Talystep profilometer	~ 5 Å	~ 1 μm*	2 mm
Alphastep	~ 5 Å	~ 1 μm*	2 mm
Nomarski mikroskop	± 20 Å	~ 5 Å	~ 1 μm
Sipanje svetlobe	2 - 3 Å	2 - 3 Å	

* odvisno od premera igle

Elektronski mikroskop in Nomarski mikroskop sta uporabna za kvalitativno določanje hrapavosti, oz. topografskih sprememb na površini. Merjenje sipane svetlobe v odvisnosti od kota je natančna metoda, vendar nas običajno zanima obratna pot: napoved sipanja na podlagi meritve hrapavosti. Interferometrične meritve so absolutne, saj je enota, s katero merimo valovne dolžine svetlobe. Z interferometrom umerimo standarde za kalibracijo elektromehanskih profilometrov, ki nam s pomočjo elektronike dajo topografsko sliko merjene površine.

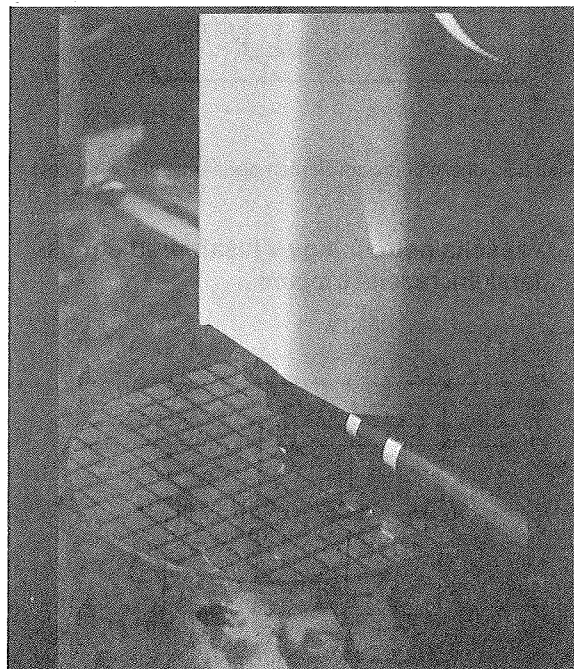
III. PROFILOMETRA - opis



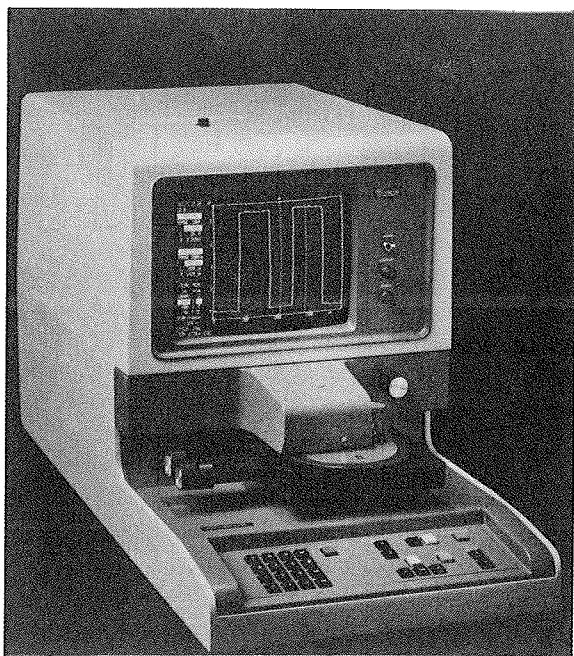
Slika 1: Shematski prikaz delovanja profilometra

Pri elektromehanskih profilometrih igla z diamantno konico potuje po merjencu. Zaradi vertikalnih odmikov se inducira napetost v tuljavi, ki obdaja iglo. Signal ojačimo in na risalniku dobimo povečan profil površine - merjenje s Talystepom. Če želimo statistično obdelati profil površine, moramo podatke o profilu digitalizirati, nakar jih pošljemo v računalnik. Ta jih obdelata in v ustrezni obliki izpiše - merjenje z Alphastepom (glej sliko 1).

V Iskri-CEO imamo dva elektromehanska profilometra: Taylor-Hobsonov Talystep in Tencorjev Alphastep (glej sliko 2 in 3). V tabeli 2 so zbrani podatki o obeh.



Slika 2: Taylor-Hobsonov Talystep I



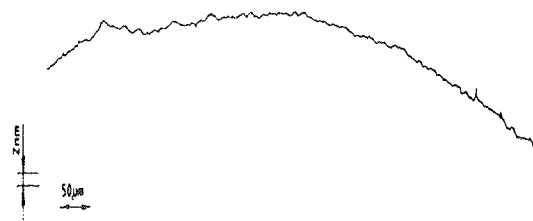
Slika 3: Tencorjev Alphastep

Tabela 2: podatki o profilometrih

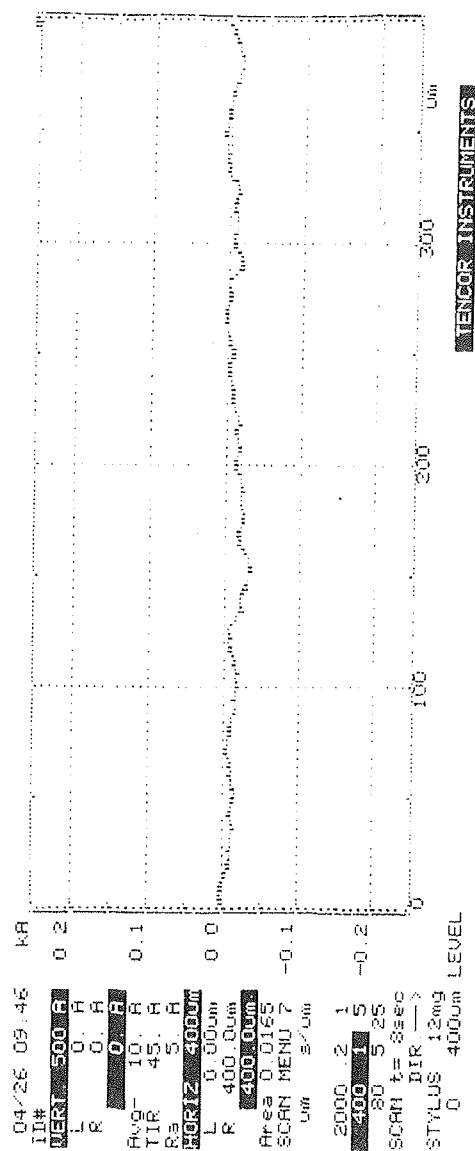
podatek	Talystep	Alphastep
vertikalno območje	do 10 μm	do 160 μm
max.dolžina poti	2 mm	10 mm
ločljivost	$\sim 5 \text{ \AA}$	$\sim 5 \text{ \AA}$
filter	da	da
max.debelina vzorca	20 mm	23 mm
r igle	1 - 12 μm	1 - 12 μm
pritisk igle na podlago	1 - 30 mg	1 - 25 mg
niveliranje vzorca	ročno	avtomatično
mikroskop	da	ne
video	ne	da
računalnik	ne	da
risalnik	da	da

Ločljivost obeh instrumentov je enaka. Igle, s katerimi sledimo profilu površine, lahko menjavamo, pritisk na površino pa spreminjamo zvezno. Pri Alphastepu poteka niveliranje vzorca avtomatično. Čas, potreben za meritev, se tako močno zmanjša. Površino, ki jo merimo, vidimo bolje z video ekranom kot z mikroskopom pri Talystepu. Bistvena prednost Alphastepa je, da analogne podatke, dobljene z iglo, digitalizira. V izpisu dobimo digitaliziran profil, informacijo o poprečni hrapavosti R_a (4), poprečni višini izmerjenih točk glede na bazno črto (AVG), izračun razlike med najnižjo in najvišjo izmerjeno točko (TIR), pritisk igle, čas skeniranja. Pri Talystepu dobimo analogni izpis profila in moramo ročno „digitalizirati“ podatke ter narediti izračun. Z izmerjenim profilom ne moremo manipulirati. Če želimo izmerek oz. zapis v drugačni obliki, moramo meritev ponoviti. Različnost

izpisa oz. predstavitve profila površine vidimo na slikah 4. in 5. Hrapavost R_a pri Alphastepu odčitamo takoj, pri Talystepu pa jo lahko le ocenimo.



Slika 4: Hrapavost poliranega optičnega stekla BK-7; merjeno s Talystepom

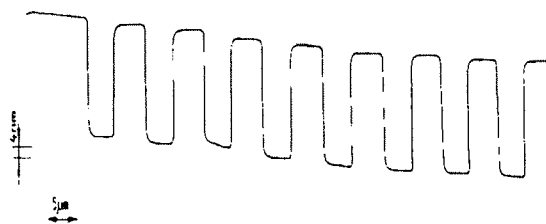


Slika 5: Hrapavost poliranega optičnega stekla BK-7; merjeno z Alphastepom.

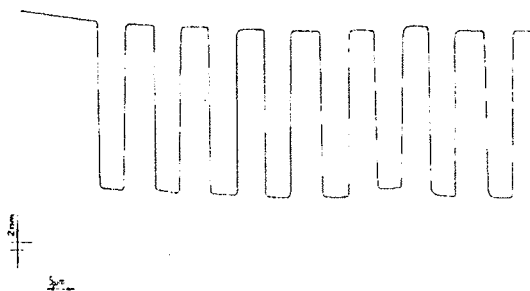
IV. MERITVE

Za natančno meritev na celotni dolžini je najbolje, da imamo raven vzorec, ki ima čimbolj paralelni površini. Meriti je možno tudi krive vzorce, vendar je dolžina snemanja hrapavosti precej manjša (100-500 μm , odvisno od ukrivljenosti površine). Velikost igle narekuje „vrsta“ hrapavosti površine, obtežbo na igli pa trdota materiala, po katerem igla drsi. Poleg profila oz. hrapavosti površine lahko merimo še stopnice in periodične strukture (debelino nanešenih tankih slojev oz. filmov, debelino fotorezista, obliko mask, profil IC komponent).

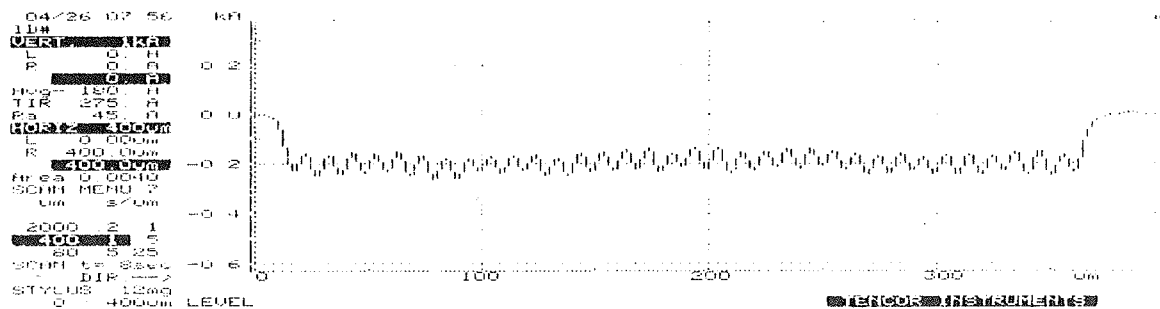
Periodični profil stopnic v razmaku 10 μm vidimo na slikah 6,7,8,9 in 10. Pri Alphastepu je več možnosti različnega prikaza profila; odčitavanje širine in višine je v vseh primerih enako. Na slikah 11 in 12 pa opazimo, da je odčitavanje višine stopnice pri Alphastepu lažje. S pomočjo označevalnikov, ki ju postavimo na in pod stopnico, lahko na izpisku levo zgoraj odčitamo višino.



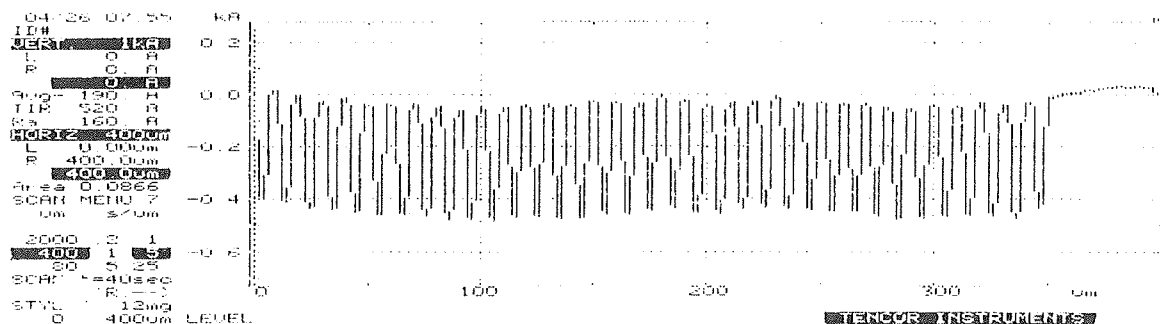
Slika 6: Meritev profila s Talystepom.



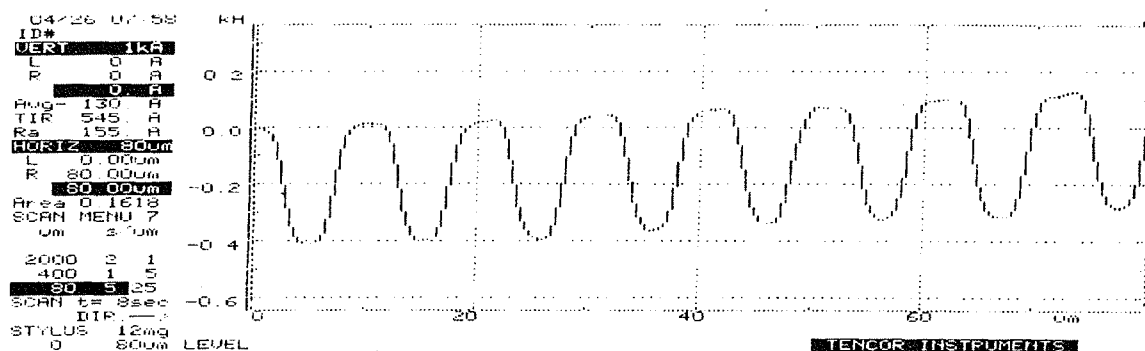
Slika 7: Nova meritev profila s Talystepom - pri večji povečavi



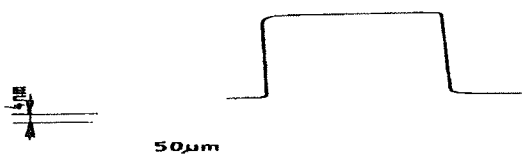
Slika 8: Meritev profila s Alphastepom - enak profil kot na sliki 6 in 7.



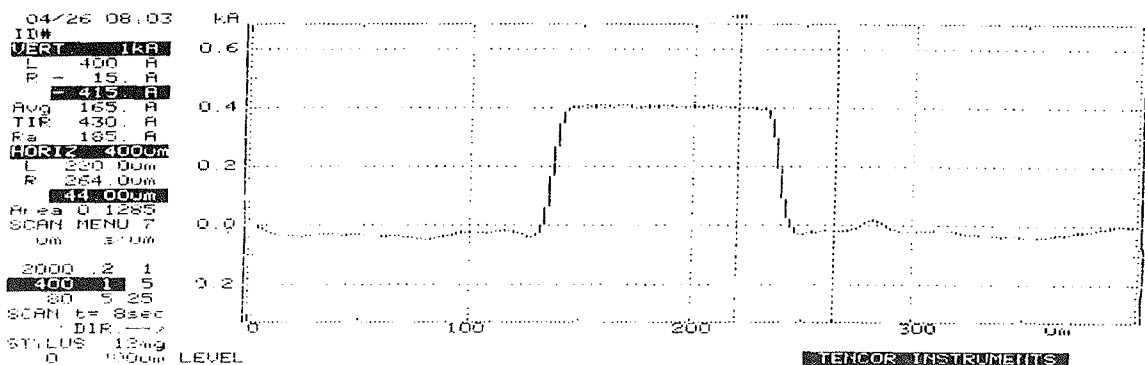
Slika 9: Meritev profila z Alphastepom - ista meritev kot na sliki 8. le večja povečava



Slika 10: Meritev profila z Alphastepom - ista meritev kot na sliki 8, prikazan je 80 μ m izsek od skupno 400 μ m



Slika 11: Meritev profila stopnice s Talystepom



Slika 12: Meritev profila stopnice z Alphastepom

V. ZAKLJUČEK

Primerjava meritev pokaže, da je digitalizacija podatkov in obdelava z računalnikom potrebna in koristna. Poveča se preglednost izpisov, takoj dobimo določene informacije in, kar je najvažnejše, izognemo se subjektivni oceni pri določanju hrapavosti. Obstaja vprašanje, koliko je algoritem, s katerim računalnik izračuna hrapavost, dober oz. kako se ta algoritem pri različnih „vrstah“ hrapavosti obnese. V določenih primerih, npr. pri sipanju svetlobe, je potrebno za izhodišče vzeti rms hrapavost in ne Ra hrapavost. To pa je pomanjkljivost softwarea in ne instrumenta in metode merjenja.

VI. LITERATURA

1. J.M.Bennett, Measurement of the rms roughness, autocovariance function and other statistical properties of optical surfaces using a FECO scanning interferometer, Applied Optics, Vol. 15, No. 11, str. 2705, Nov. 76
2. D.L.Decker in J.M.Bennett, Surface evaluation techniques for optical components, SPIE Vol. 140, str. 32, 1978
3. J.M.Bennett in J.H.Dancy, Stylus profiling instrument for measuring statistical properties of smooth optical surfaces, Applied Optics, Vol. 20, No. 10, str. 1785, May 81
4. JUS M.A1.020, 1981, Hrapavost površine industrijskih kovinskih proizvodov - OSNOVNI POJMI IN DEFINICIJE

Andrej Demšar, dipl.ing.
ISKRA - CEO, STEGNE 7
61210 LJUBLJANA