

toleranca
oblike

premost	
ravnost	
okroglost	
oblika valja	
oblika krivulje	
oblika ploskve	

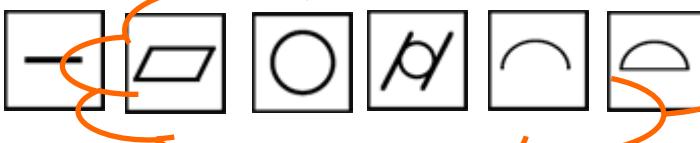
toleranca
lege

vzporednost	
pravokotnost	
nagnjenost	
položaj	
koncentričnost	
simetričnost	

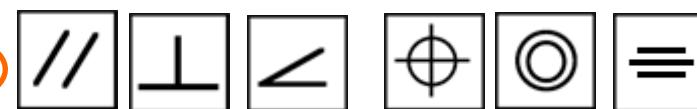
metrologija

poglavlje

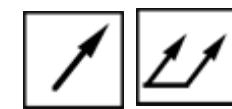
MERITEV OBLIKE



tolerance oblike



tol. smeri tol. kraja tolerance lege



tol. teka

POVRŠINA obdelanih teles bo zaradi obdelave bolj ali manj razbrazdana. Na različnih velikostih opazovanja se to kaže kot odstopek dimenzijske, valovitosti in hrapavosti.

Vzroke, zakaj ne moremo izdelati idealno natančne površine, smo razdelili v tri skupine.

ODSTOPKI ZARADI OBDELovanCA

nehomogenost materiala
deformacije obdelovancev
krajevno različna porazdelitev temperatur pri procesu obdelave
pojav notranjih napetosti po obdelovalnem procesu
sprememba trdote pri topotni obdelavi

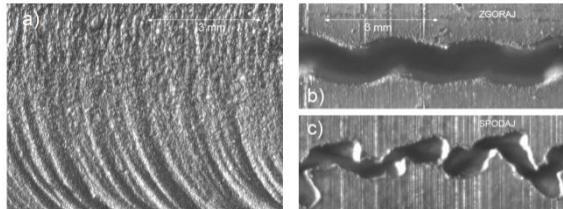
ODSTOPKI ZARADI OBDELAVE

statični in/ali dinamični odstopki oblike in položaja vodil gibajočih se strojnih komponent
pozicionirni odstopki gibajočih se komponent zaradi nenatančnosti merilnih in krmilnih sistemov
elastične spremembe oblike strojev, vodil ali orodij zaradi lastne teže obdelovanca in/ali zaradi obdelovalne sile
obraba orodij, orodnih držal in vpenjal
nihanja v sistemu: obdelovanec – orodje – stroj
nepravilno vpetje obdelovanca v stroj

ODSTOPKI ZARADI OKOLICE

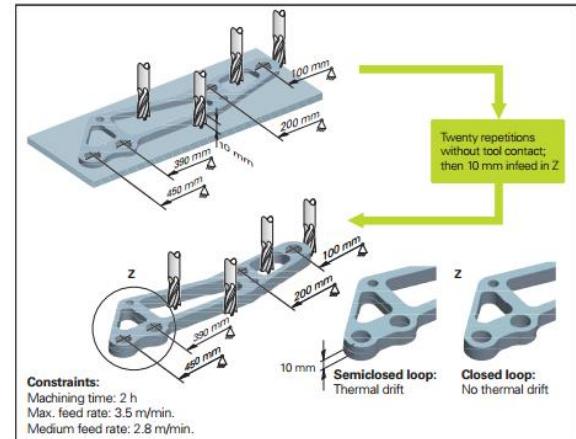
krajevna in/ali časovna temperaturna nihanja, ki vplivajo na deformacijo strojev in vodil in obdelovanec (dimenzijske in fiz. lastnosti)
nihanja, ki se na stroj prenašajo s tal preko temeljev, vlagi

primeri značilnih odstopkov obdelanih teles



ODSTOPKI ZARADI OBDELOVANCA

ODSTOPKI ZARADI OBDELAVE



ODSTOPKI ZARADI OKOLICE



Semiclosed loop:
Thermal drift

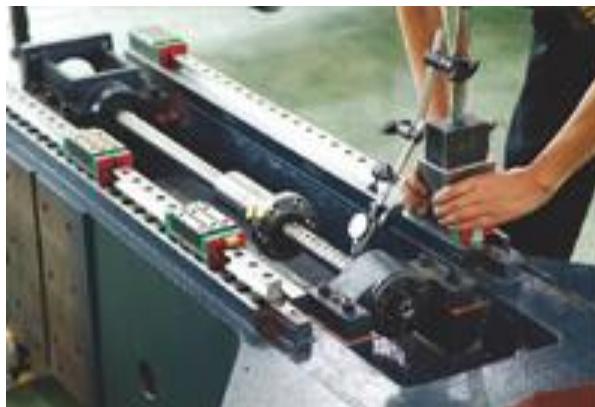
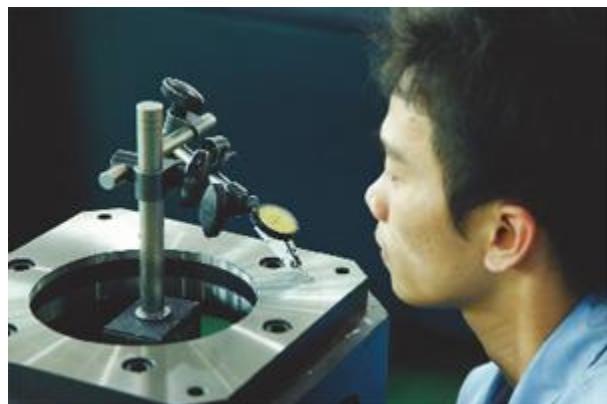
Closed loop:
No thermal drift



Iz izkušenj vemo, da je 1/2 tolerančnega prostora izrabljjenega z odstopki oblike, tako da za odstopke pozicije ostane le malo prostora. Zato je nujno podvzeti ukrepe za zmanjšanje teh odstopkov.

Odstopki geometrije izdelka prvega reda

prvega reda:		odstopek oblike	odstopek ravnosti, odstopek okroglosti	nenatančna vodila odrezovalnega stroja, poves stroja ali obdelovanca, napačno vpet obdelovanec, deformacija zaradi faznih premikov, obraba
--------------	--	-----------------	--	--



[DIN 4760]

Odstopki oblike drugega do petega reda (valovitost in hrapavost)

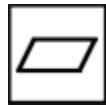
drugega reda: 		valovitost	valovi	izsredno vpeto frezalo ali odstopki njegove oblike, nihanje odrezovalnega stroja ali obdelovanca
tretjega reda: 			raze	oblika rezala orodja, podajanje ali pristavitev orodja
četrtega reda: 	hrapavost		zareze, luske, izbočine	oblika odrezka (pretržni odrezek, strižni odrezek), obložek, deformacija materiala pri peskanju, tvorba očes pri galvaniziranju
petega reda: ni več na preprost način ponazorljiv s sliko			mikrostruktura	kristaliziranje, sprememba površine zaradi kemičnega delovanja (npr. luženja), korodiranje

Odstopki oblike šestega reda

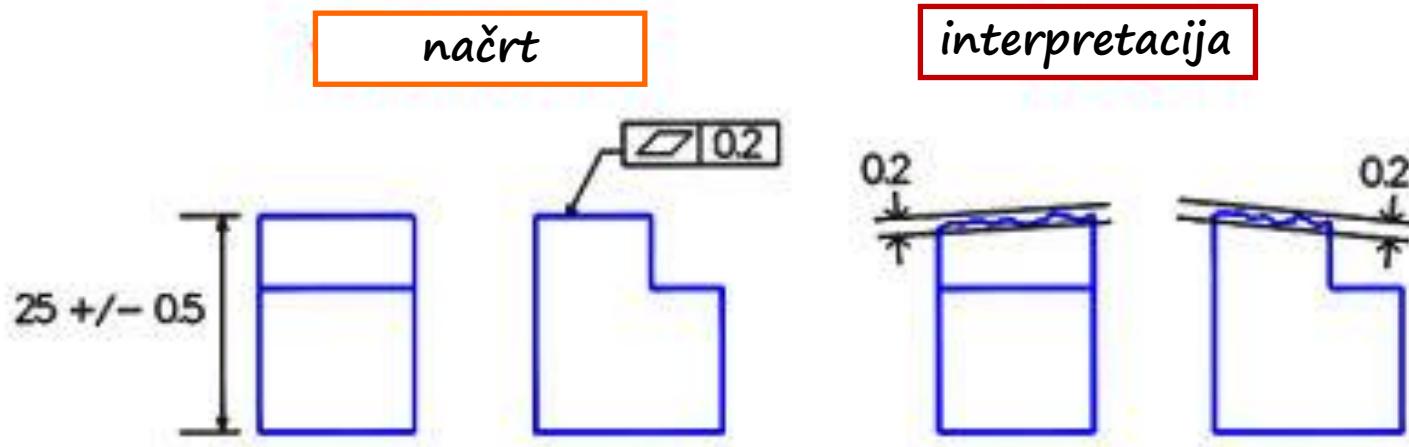
petega reda: ni več na preprost način ponazorljiv s sliko			mikrostruktura	kristaliziranje, sprememba površine zaradi kemičnega delovanja (npr. luženja), korodiranje
--	--	--	----------------	--

[DIN 4760]

Ravnost - nagnjenost



Ravnost je lastnost površine, da vse točke na površini ležijo v eni ravnini.



Obdelana površina mora ležati znotraj vzporednih ravnin, ki sta $0,25$ mm narazen. Poleg tega mora biti znotraj tolerance za višino izdelka.

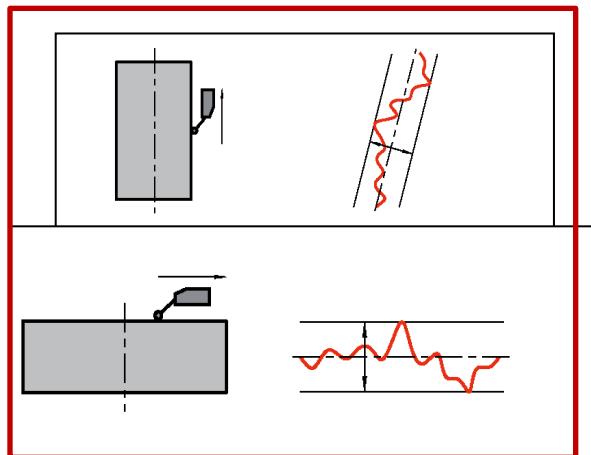
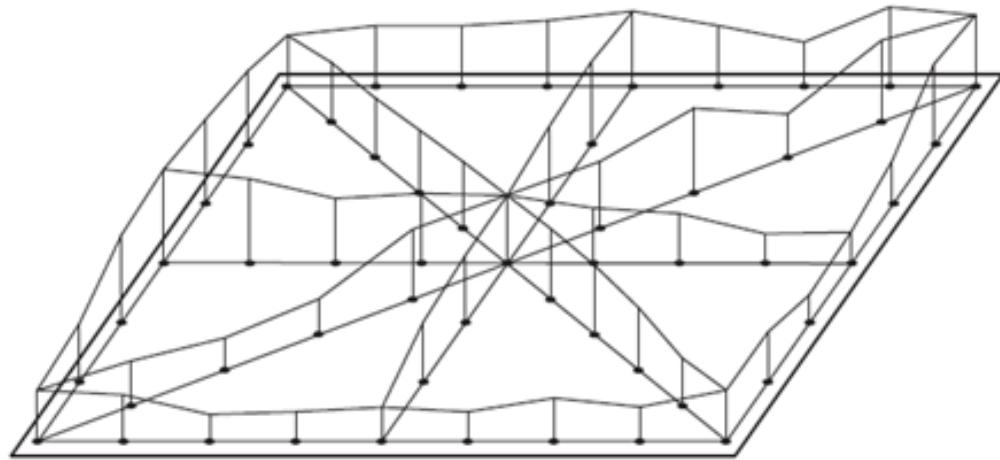
ravnost ~ flatness

Ravnost - merjenje

velja v glavnem vse, kar smo povedali za premost

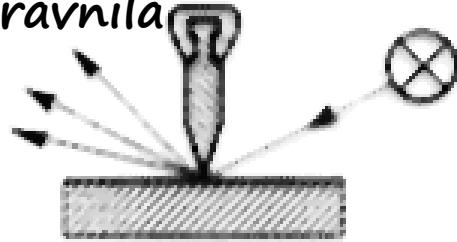
v primeru ravnosti merimo v več smereh

- ravnila
- kladice ali/in urice
- meritni daljnogled
- laser
- avtokolimator
- npr. Talyrond 365
- npr. MarForm MMQ 400
- CMM
- holografski



Ravnost - merjenje

ravnila



merjenec

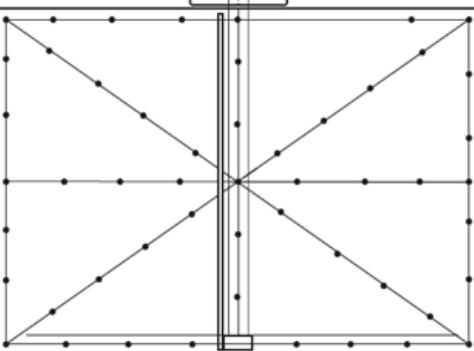
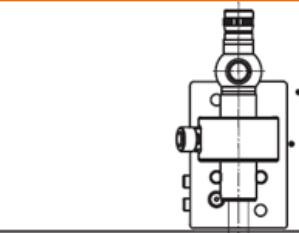
referenca

merjenec

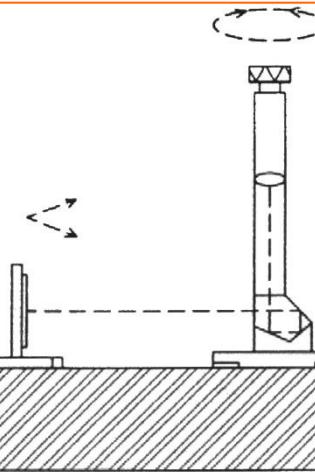
referenca

merjenec

referenca

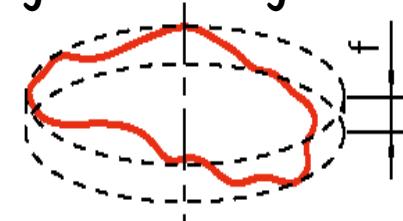
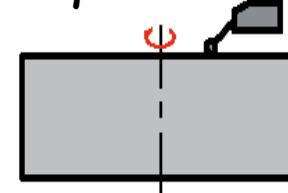


avtokolimitor



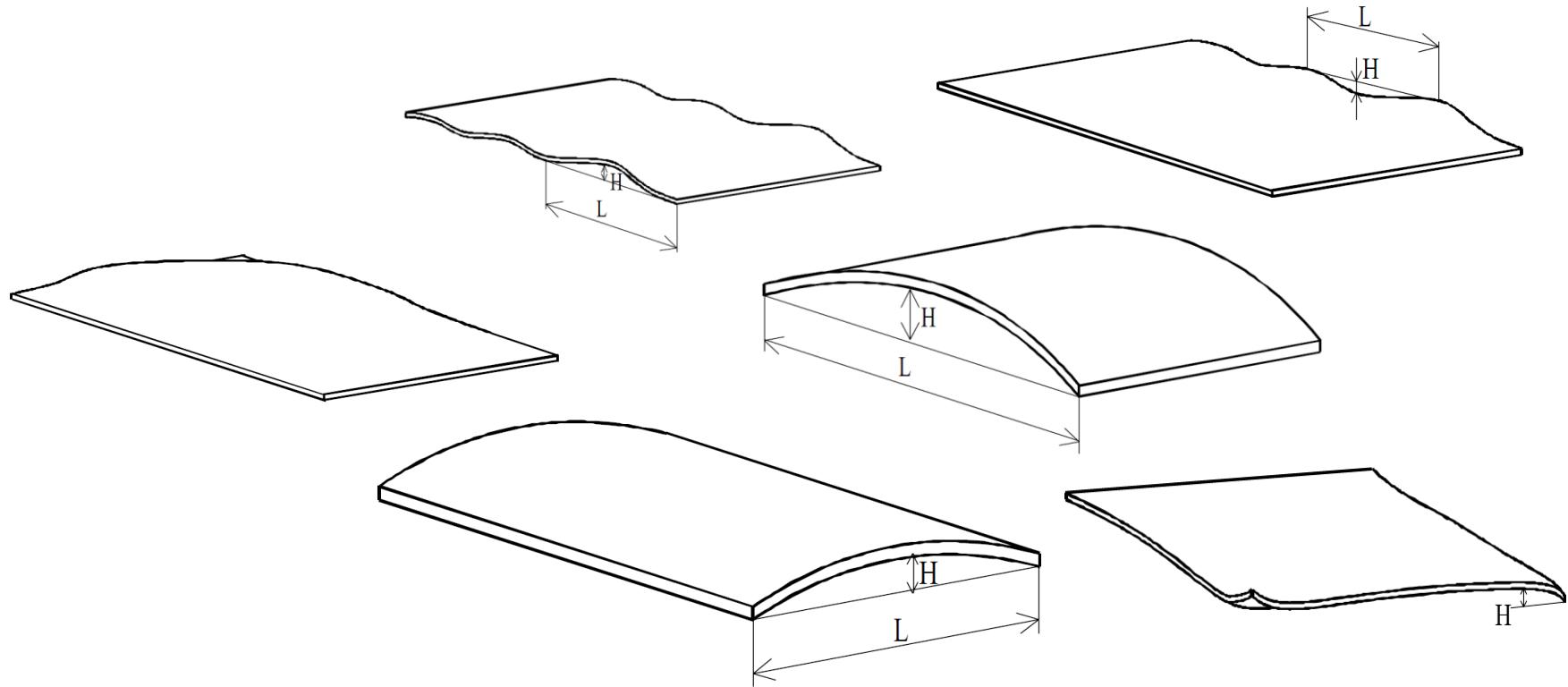
LASER: merjenje razdalje
od referenčne linije

tipalno merjenje z rotacijo



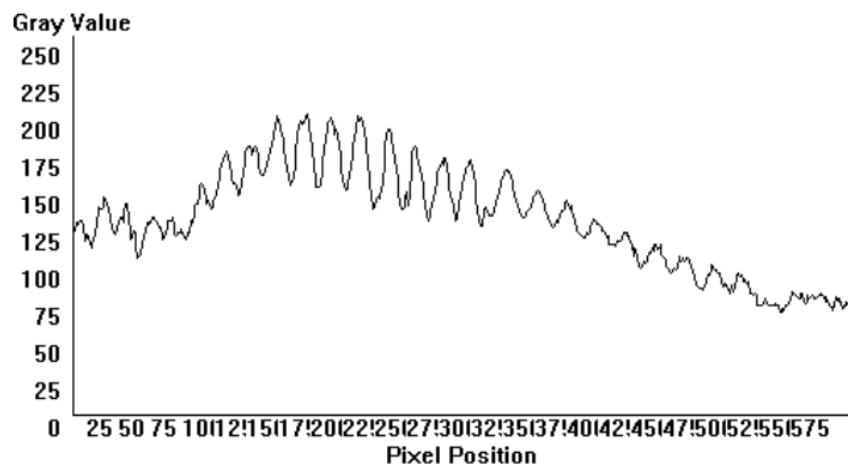
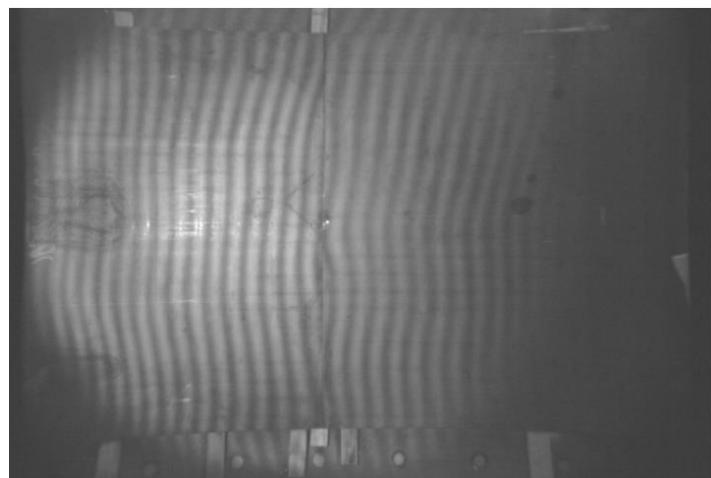
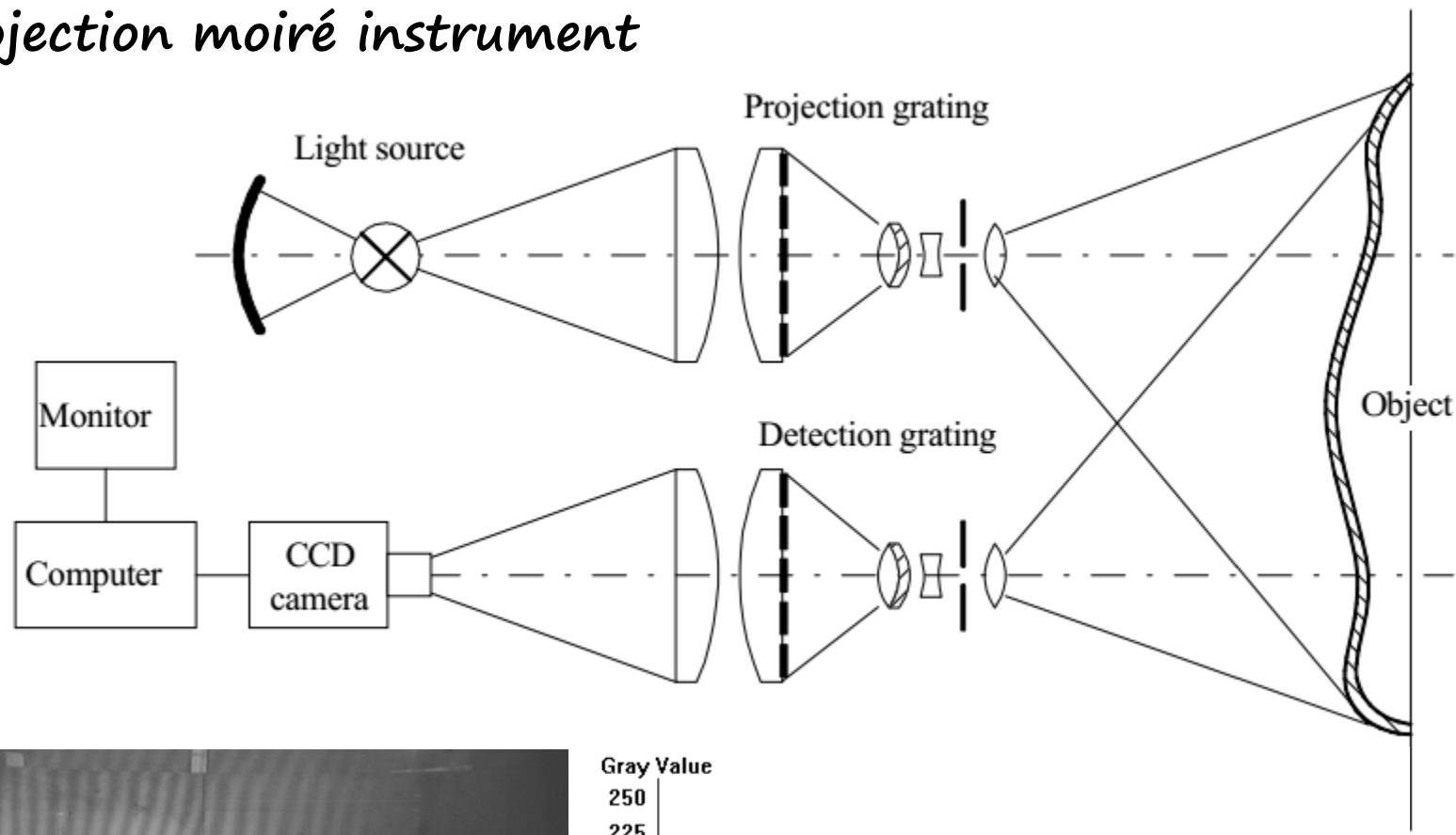
libela
komparator

Ravnost - merjenje na primeru kovinskih plošč
zaradi avtomatiziranega varjenja so odstopki ravnosti
nedopustni

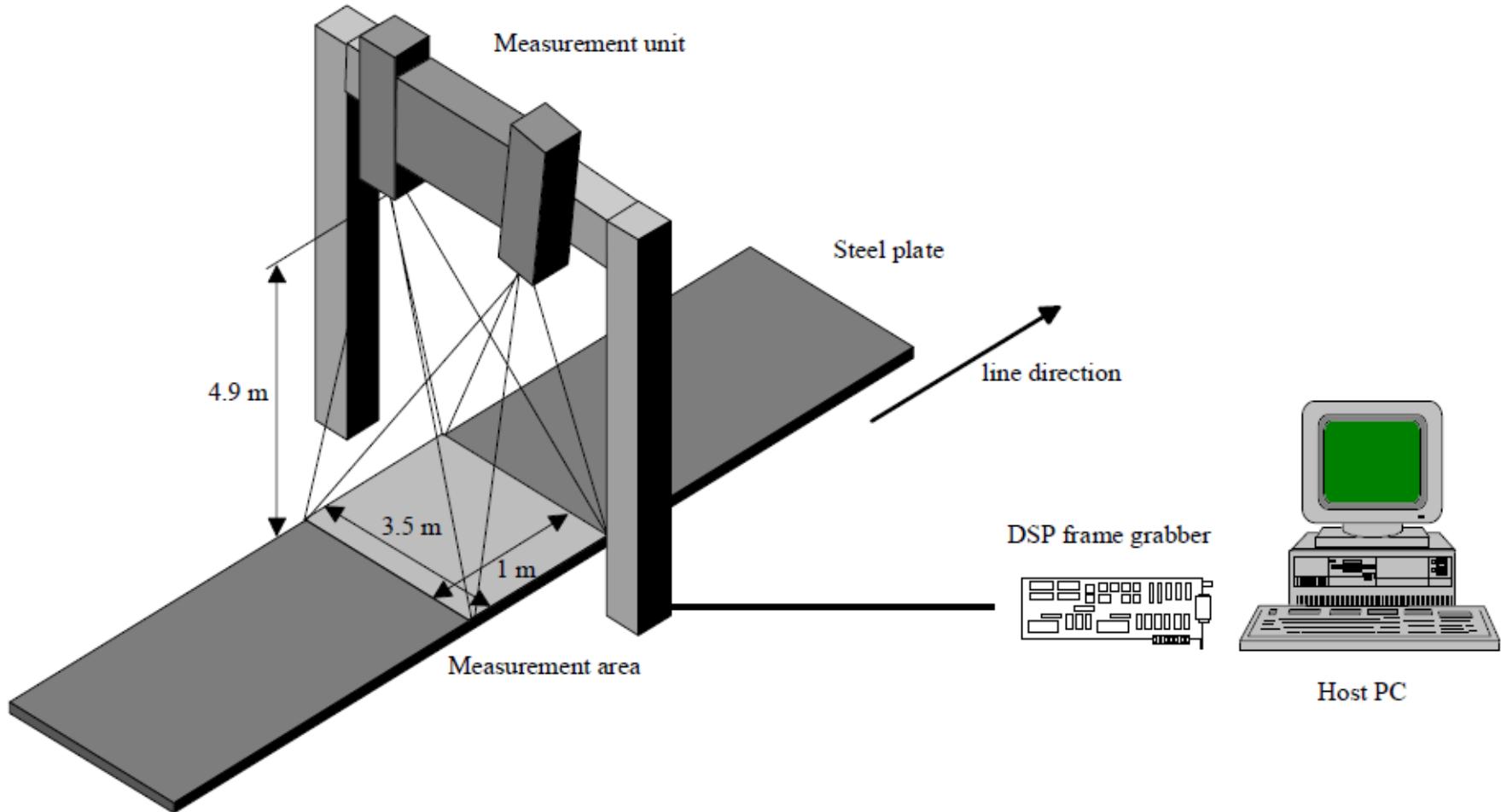


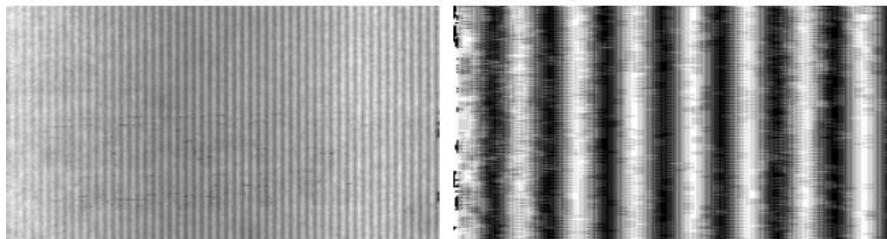
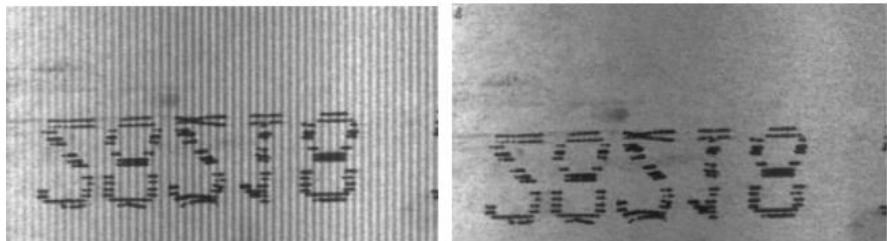
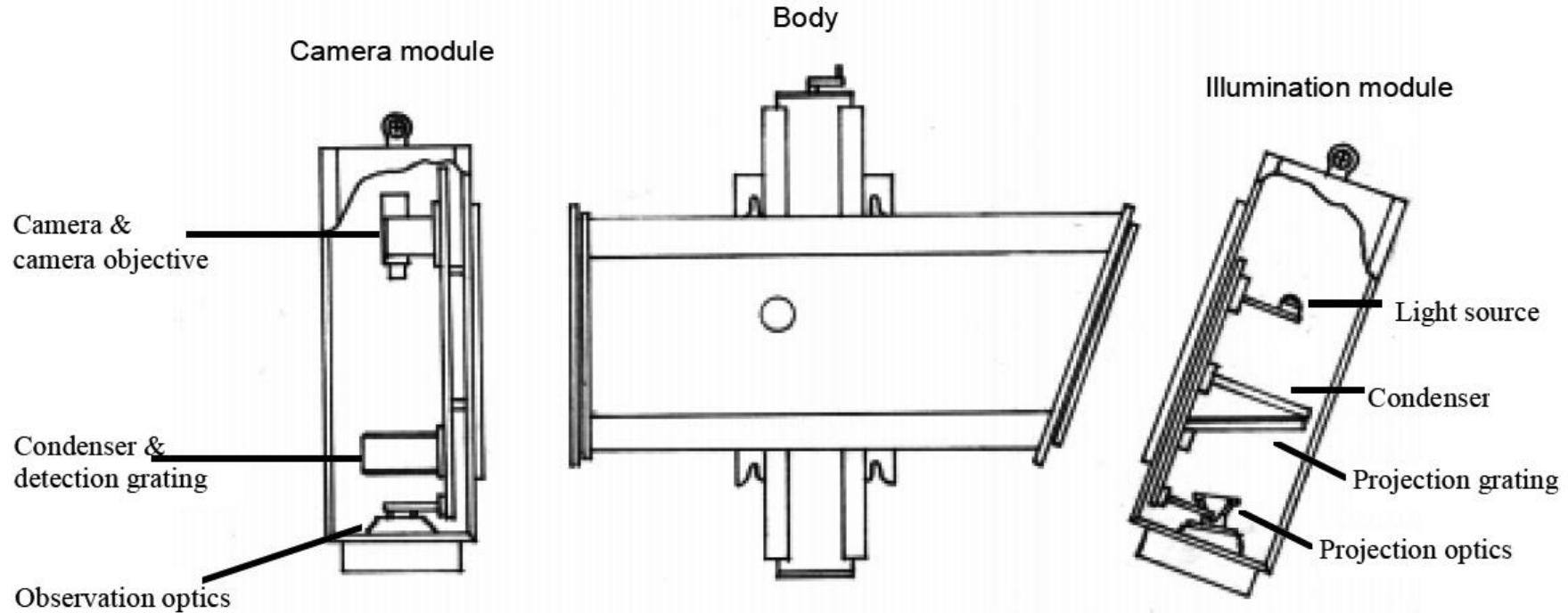
primeri odstopkov ravnosti na jeklenih ploščah

projection moiré instrument

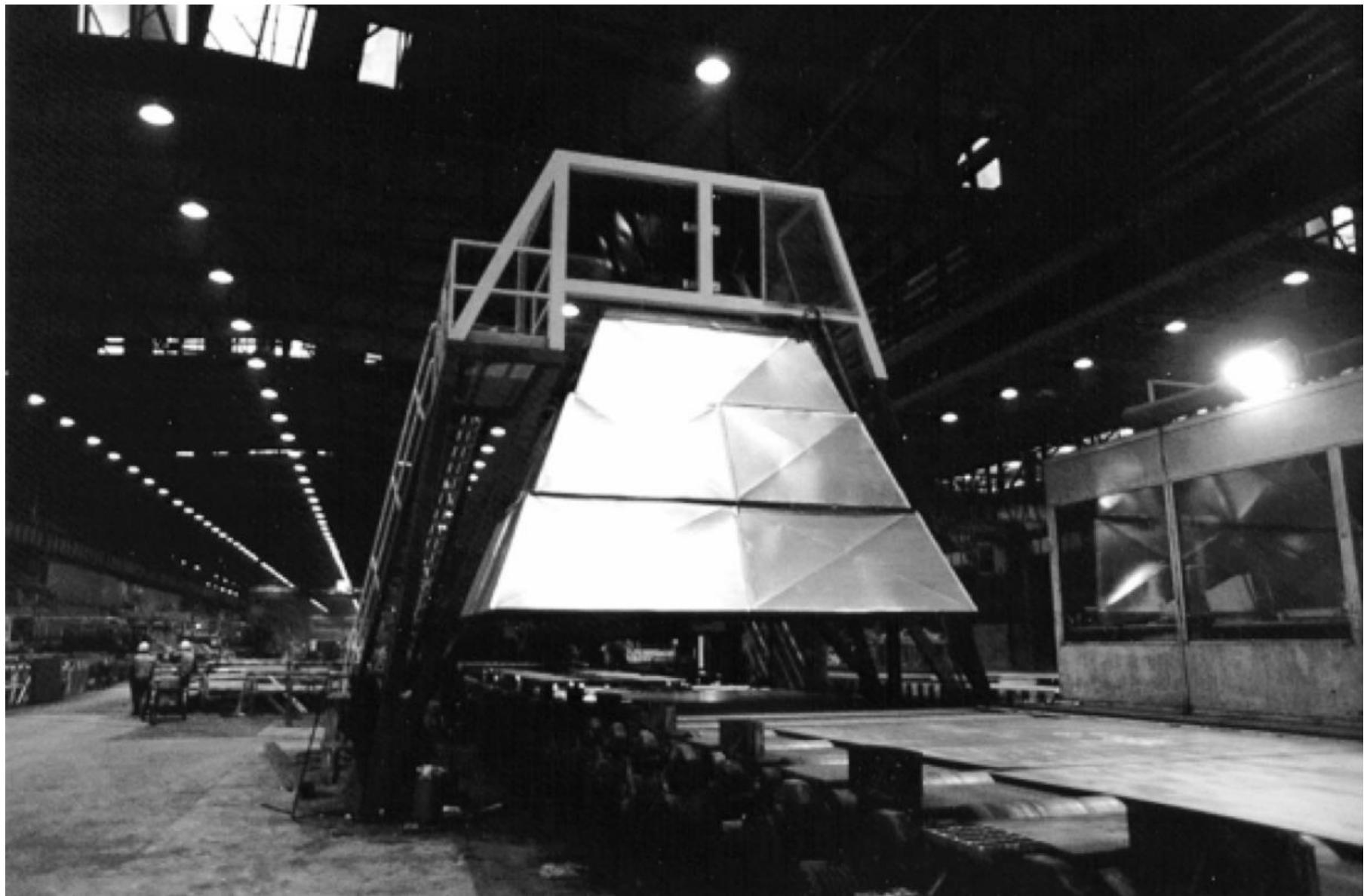


Ravnost – merjenje na primeru kovinskih plošč





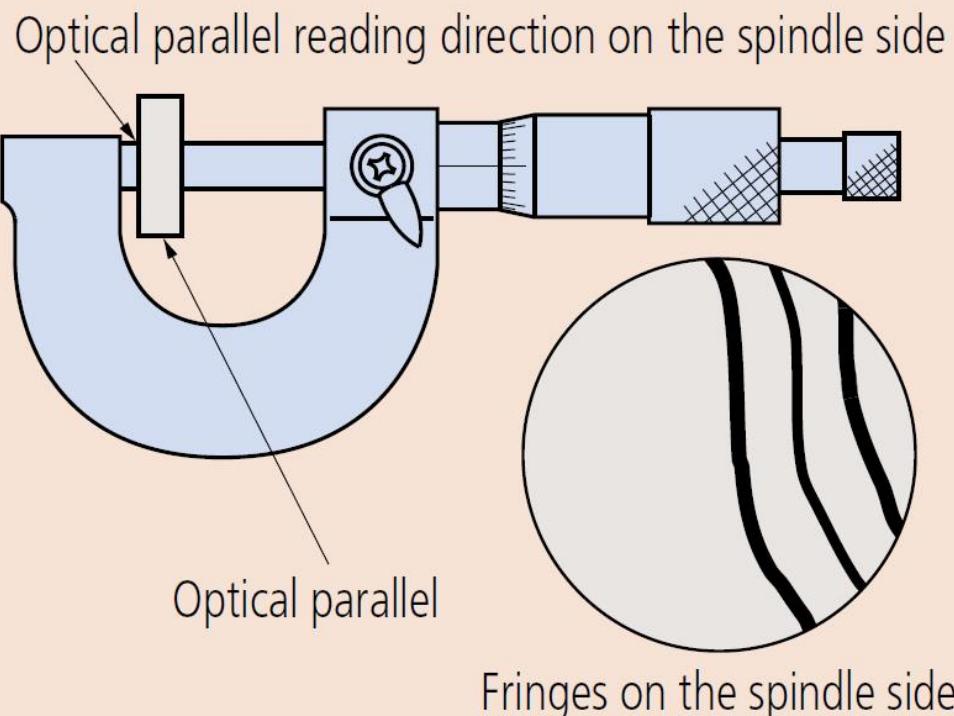
Number of measurement	Location of the calibration object in the measurement area	Deviation in millimetres within the set of four measurements
1	1000 ↓ line direction	-0.01
2	1000 ↓	0
3	1000 ↓	-0.03
4	1000 ↓	0.04
5	1000 ↓	0.01
6	1000 ↓	-0.03
7	1000 ↓	0.01
8	1000 ↓	0.01
9	1000 ↓	-0.06
10	1000 ↓	0
11	1000 ↓	0.1
12	1000 ↓	-0.05



Jussi Paakkari, On-line flatness measurement of large steel plates using moiré topography

Test paralelnosti in ravnosti

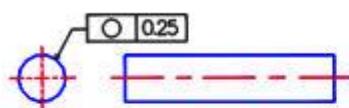
■ Testing Parallelism of Micrometer Measuring Faces



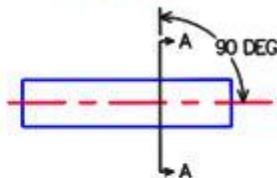
Krožnost

GRED

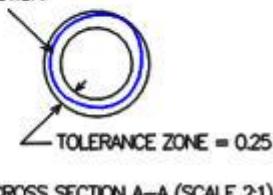
THIS ON A DRAWING



MEANS THIS



POSSIBLE CROSS SECTION



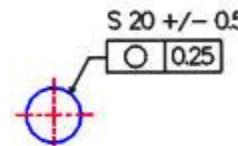
CROSS SECTION A-A (SCALE 2:1)

GRED

toleranca se nanaša le na pravokotni presek, vendar na vso dolžino valja

KROGLA

MEANS THIS



THIS ON A DRAWING



POSSIBLE CROSS SECTION



CROSS SECTION A-A (SCALE 2:1)

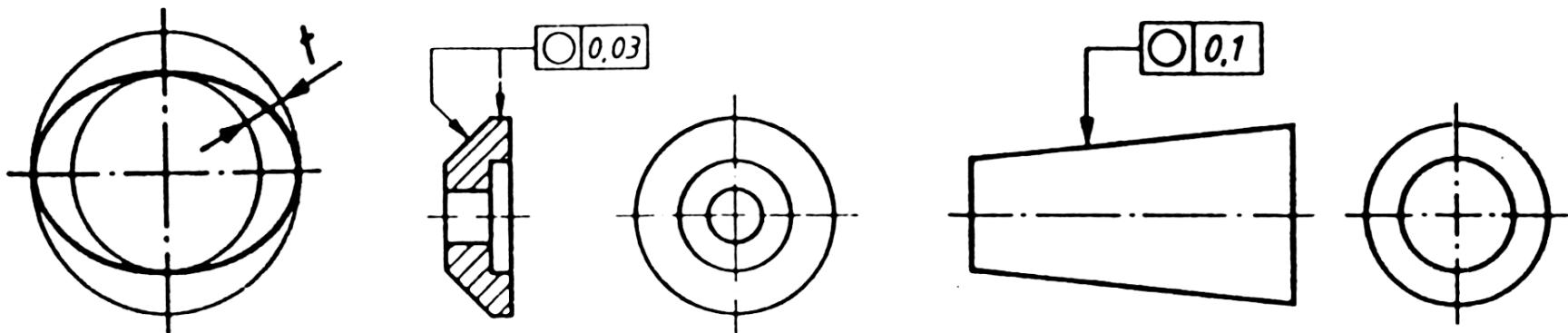
KROGLA

toleranca se pri krogli nanaša na vse možne preseke

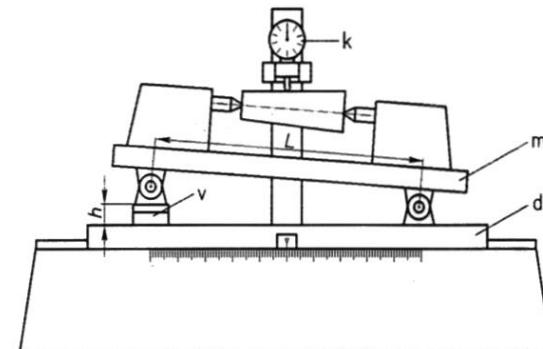
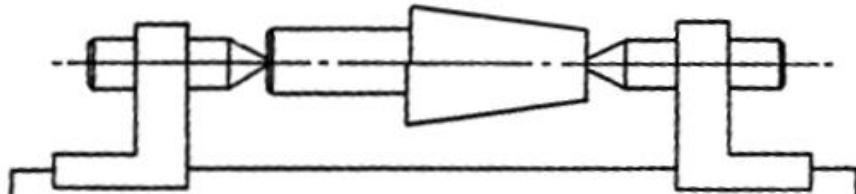
Toleranco krožnosti rabimo zato, da kontroliramo okroglost okroglih delov, kot npr. gredi, krogel in stožcev. Okrogle površine so često uporabljene v sklopih gibajočih delov, kot so ležaji ali osi. Dobra okroglost teh delov omogoča, da se ti deli gladko gibljejo in se enakomerno obrabljajo. Ker se toleranca krožnosti nanaša na eno samo površino, ne potrebujemo referenca.

krožnost ~ okroglost ~ circularity

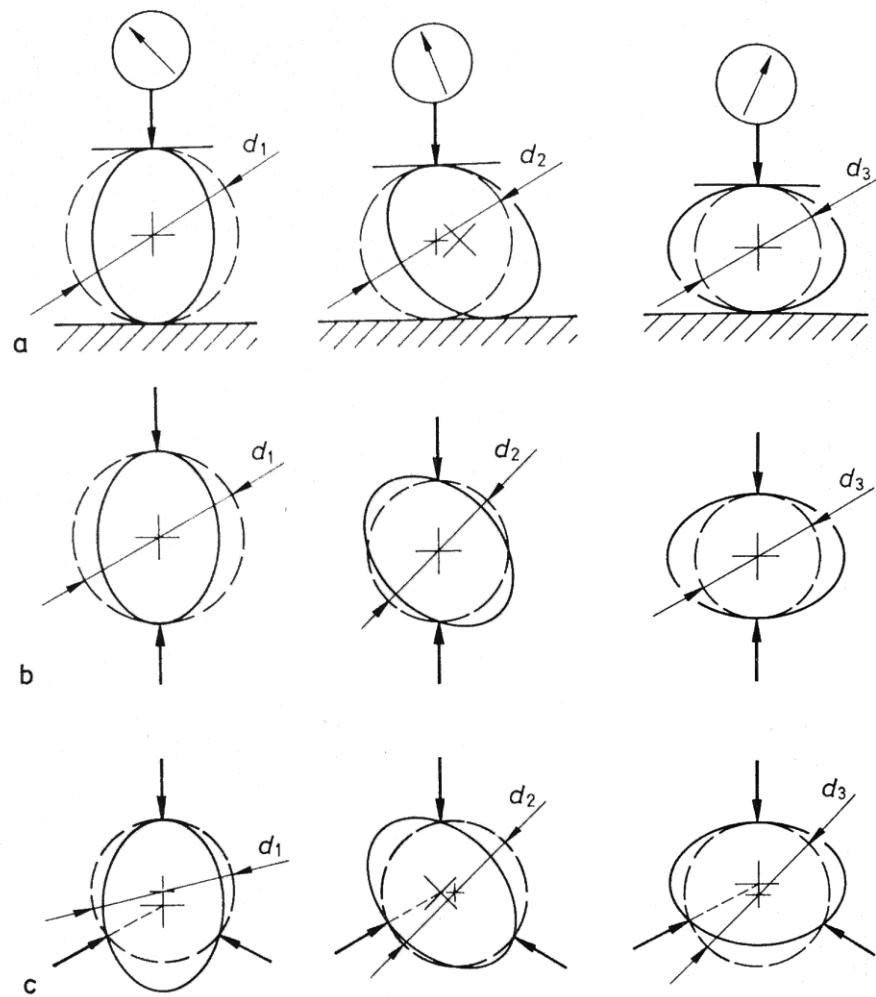
Krožnost



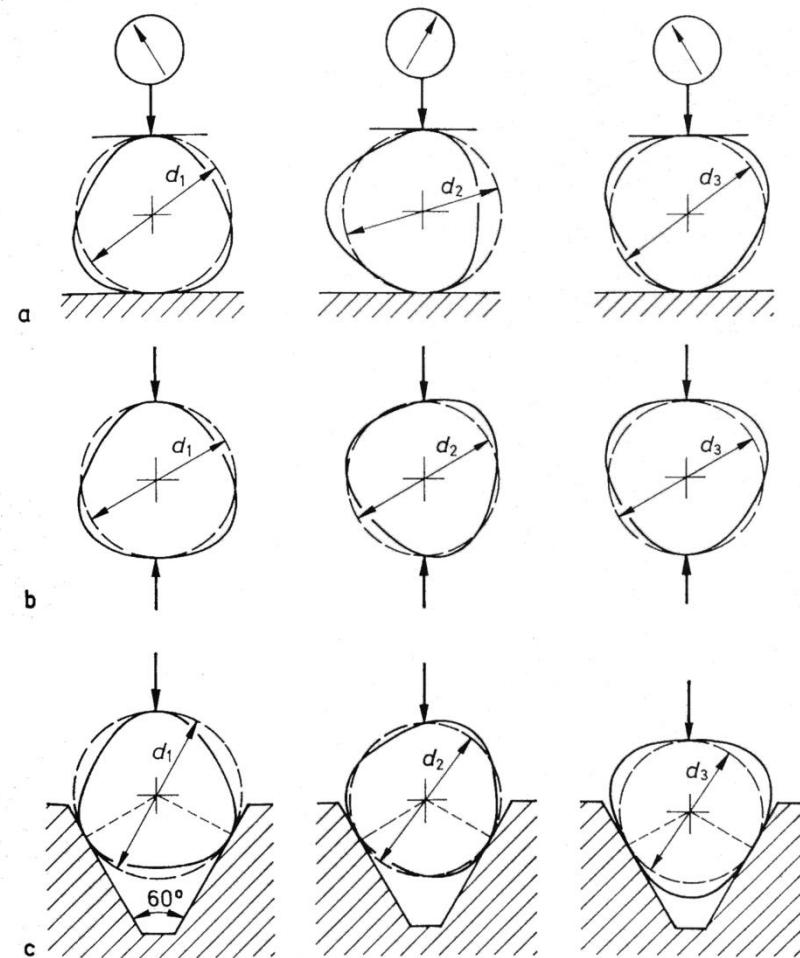
Pri merjencih, ki imajo na obeh koncih centrirne izvrtine je toleranco krožnosti mogoče zelo preprosto preverjati tako, da merjenec vpnemo med konici. Uporabimo lahko sinusni meritnik ali še preprostejše vpenjalo.



Merjenje krožnosti

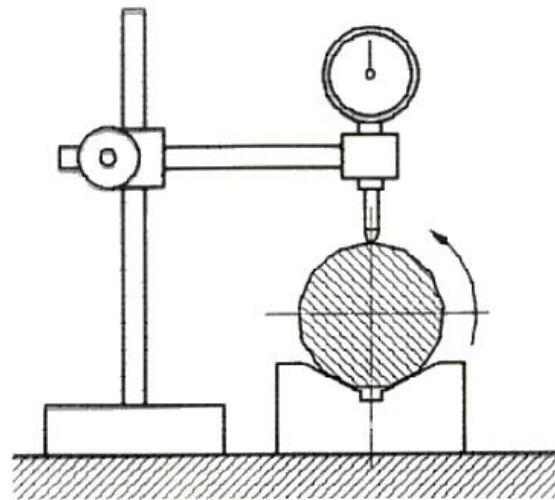
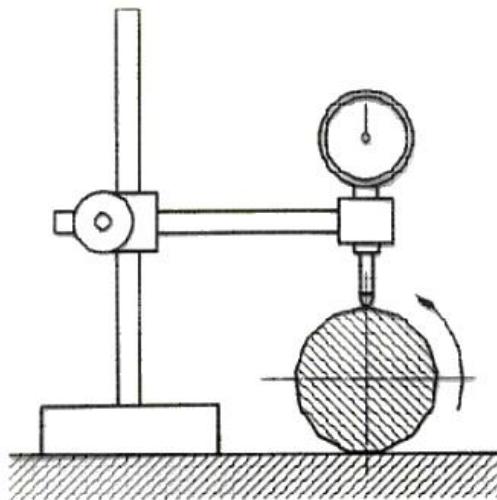


Slika 7.17. Preskušanje deformirane krožne oblike.
a – otipavanje v eni točki ($d_1 \neq d_2 \neq d_3$), b – otipavanje v dveh
točkah ($d_1 \neq d_2 \neq d_3$), c – otipavanje v treh točkah ($d_1 = d_2 = d_3$).

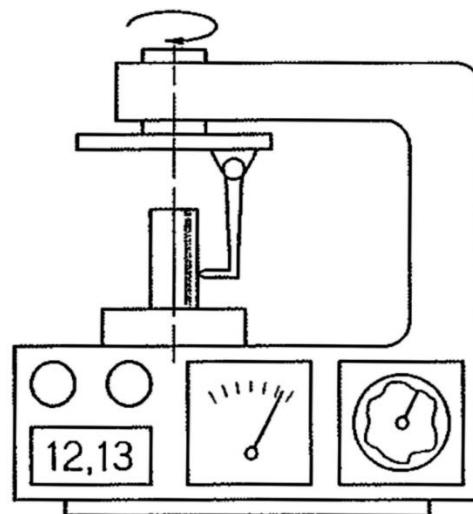
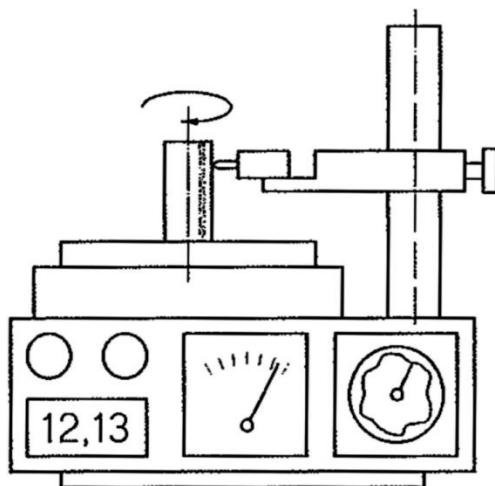


Slika 7.18. Preskušanje lihomnogokratniških krožnih oblik.
a – otipavanje v eni točki ($d_1 = d_3 \neq d_2$), b – otipavanje v dveh
točkah ($d_1 = d_2 = d_3$), c – otipavanje v treh točkah ($d_1 \neq d_2 \neq d_3$).

Merjenje krožnosti

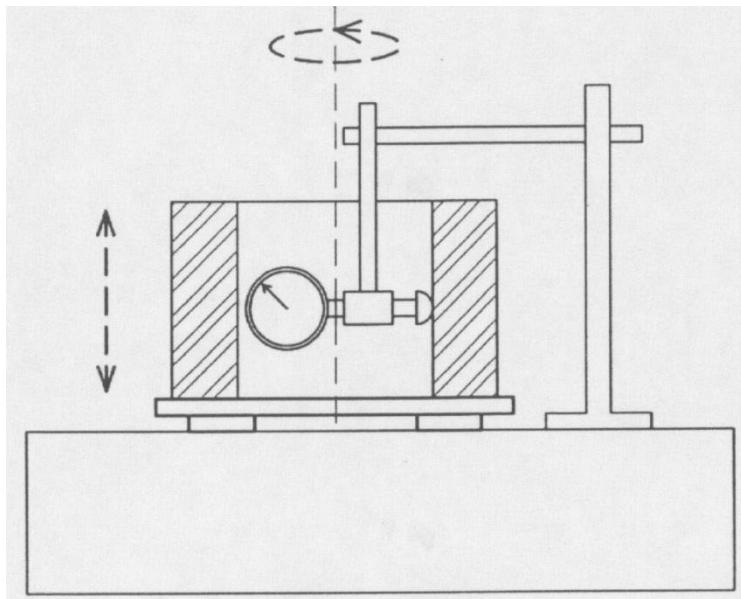
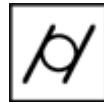


Dvotočkovno in
tritočkovno preverjanje
okroglosti

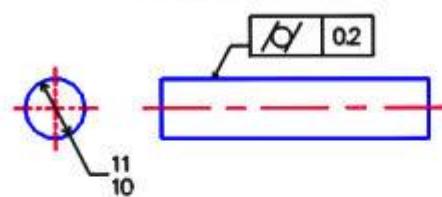


Merilnik z vrtečim
merjencem in tipalom,
ki obkroža merjeneč

Valjnost



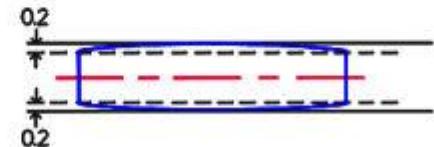
THIS ON A DRAWING



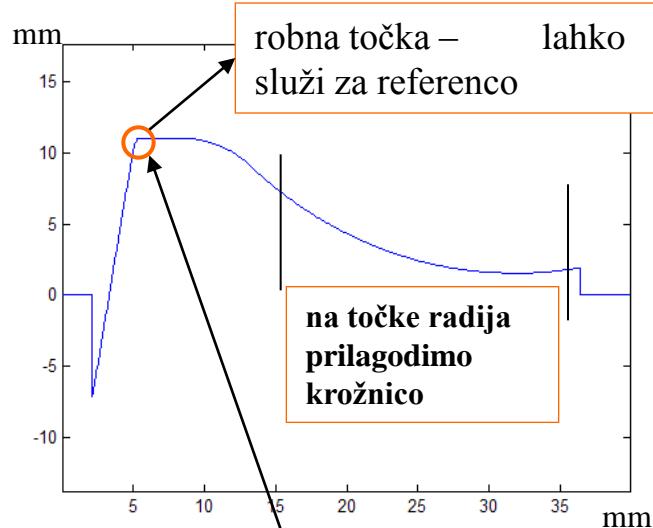
MEANS THIS



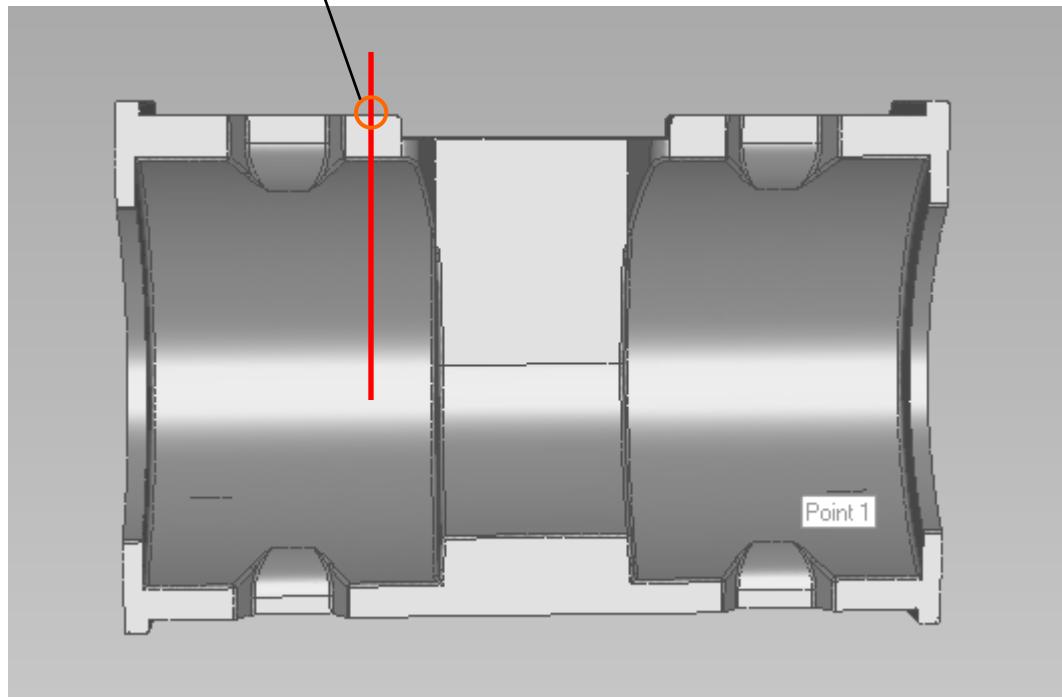
END VIEW OF PART (SCALE 2:1)



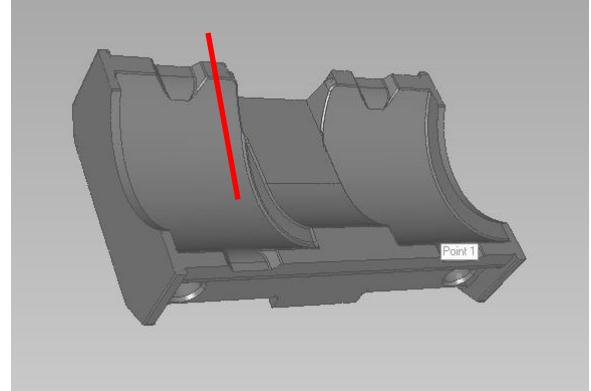
valjnost uporabljamo, kadar mora imeti sestavni del tako dobro krožnost, kot tudi ravnost, kot npr. odmična gred ali pozicionirni čepi. Kroznost se nanaša le na pravokotni presek, valjnost pa na kompletno površino



modra krivulja je izmerjeni profil na mestu, ki ga na merjencu simbolično označuje rdeča črta.

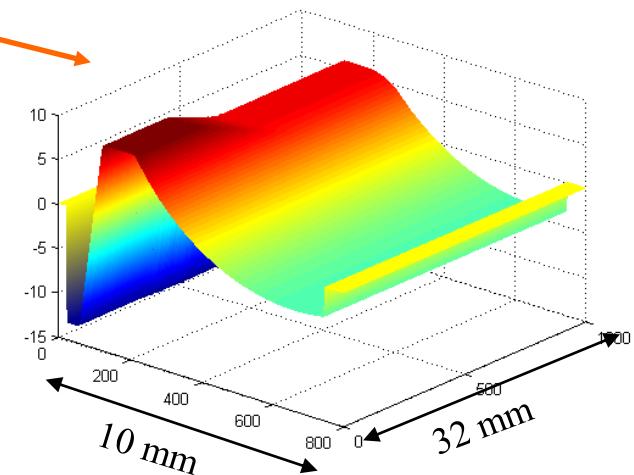
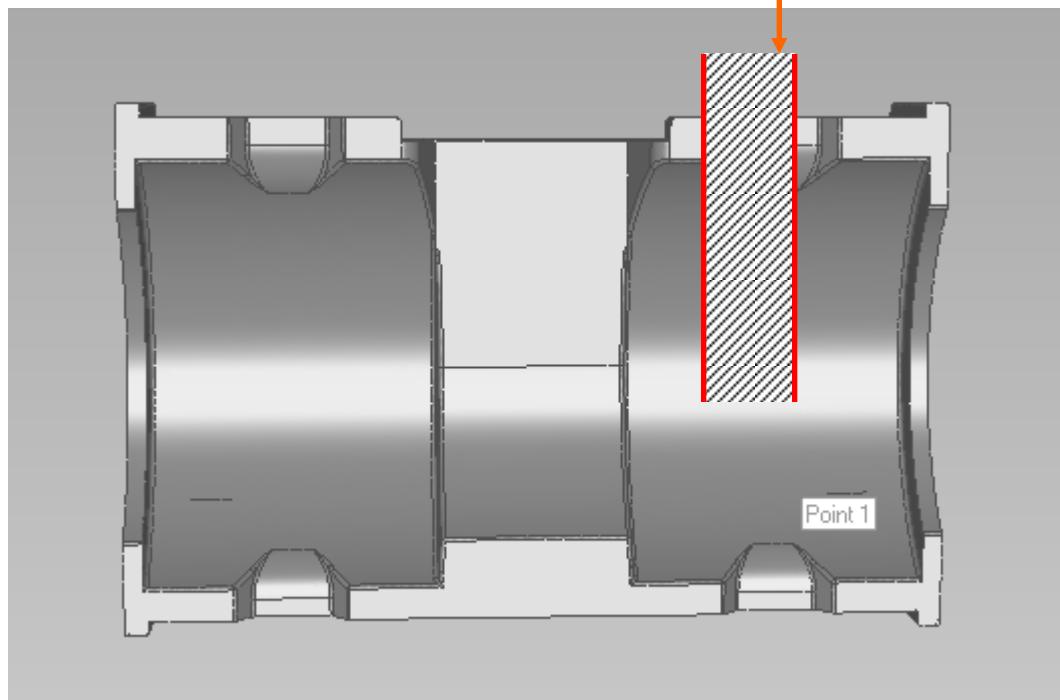


LJ-G080 ima širino zajemanja ~32 mm.

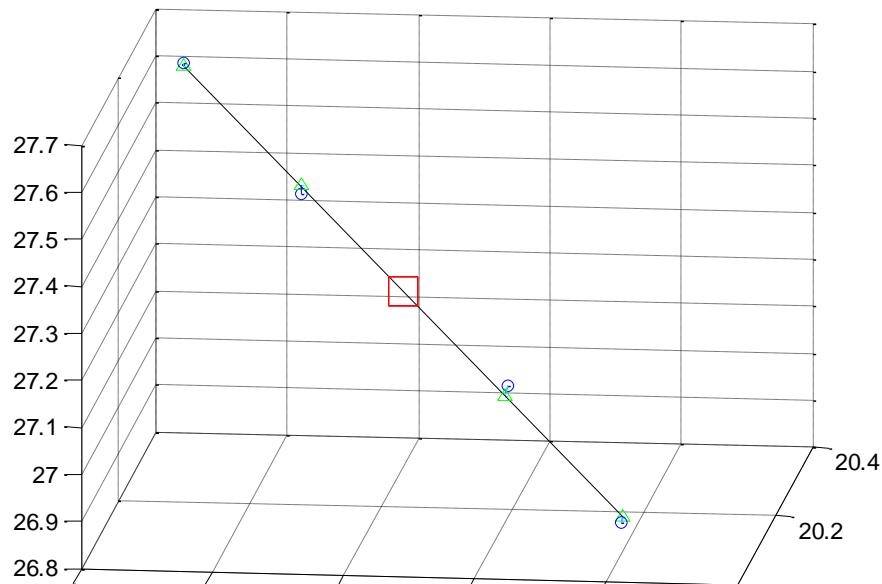
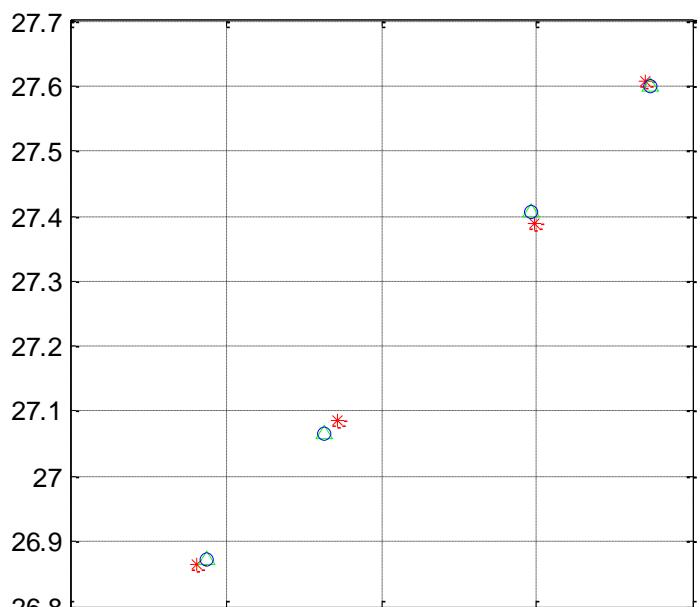
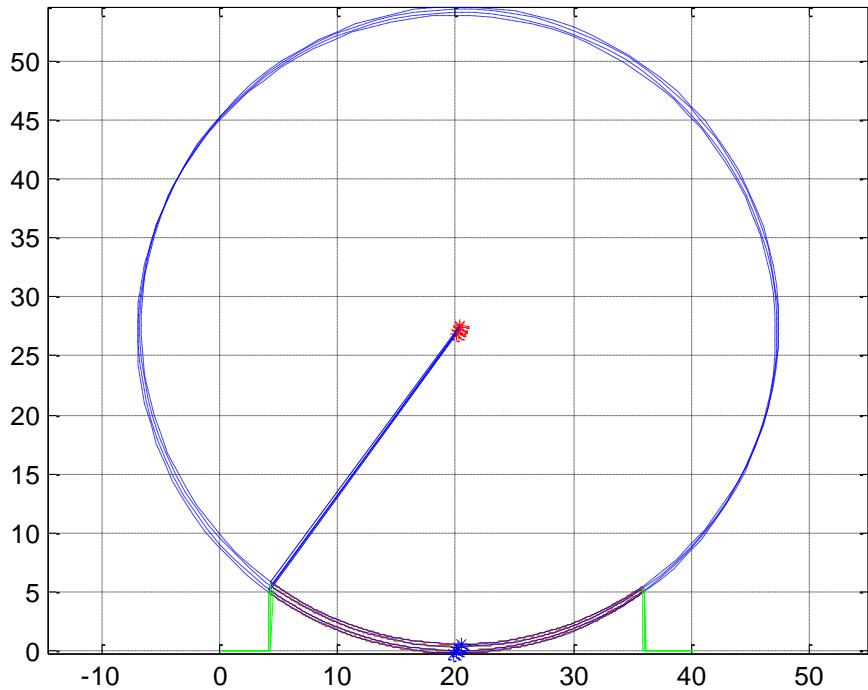
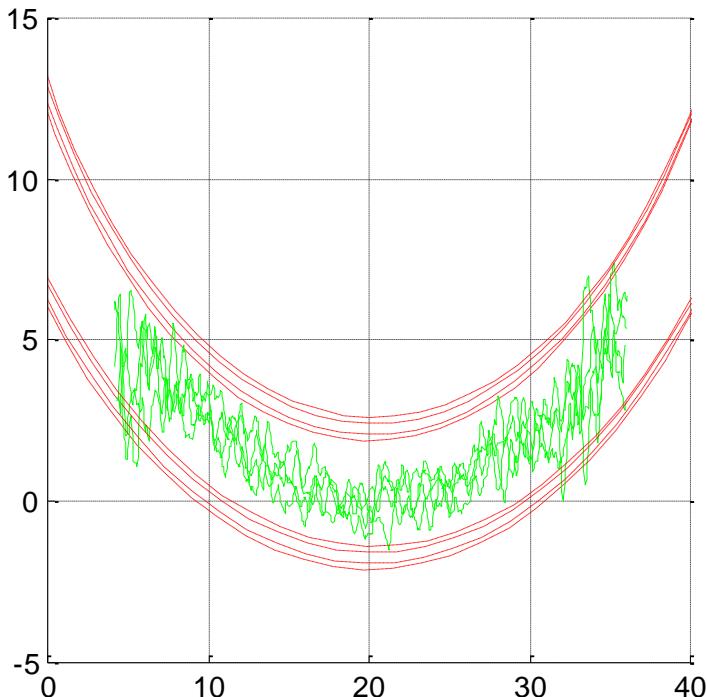


modra krivulja je izmerjeni profil na mestu, ki ga na merjencu simbolično označuje rdeča črta.

vzorčeno (skenirano)
področje

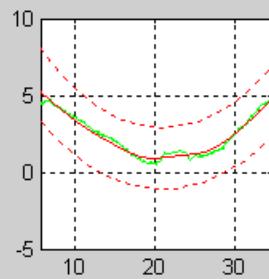
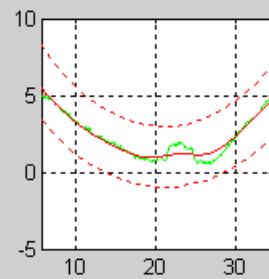


x in y os nista v
merilu, na oseh so le
indexi, z os je v
milimetrih

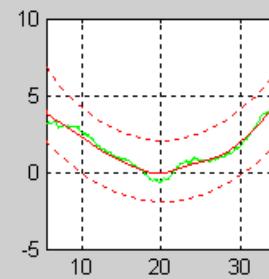
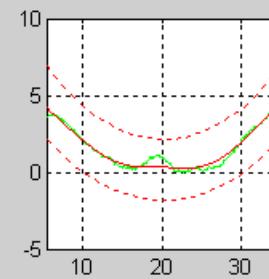


46007-SPREMENCA F kalibriranje julij 01. 2010 Leva stran podložena (pofrezan del) za ~ 1 mm

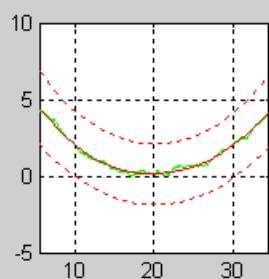
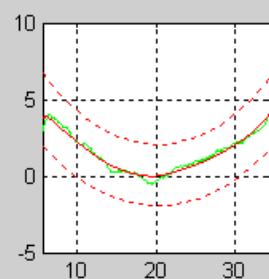
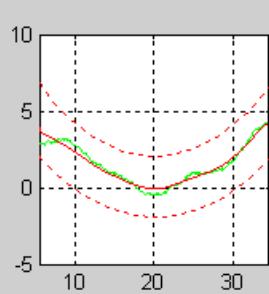
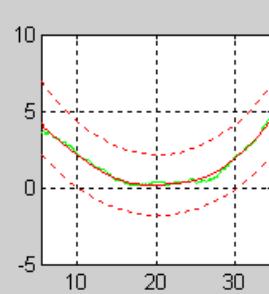
11

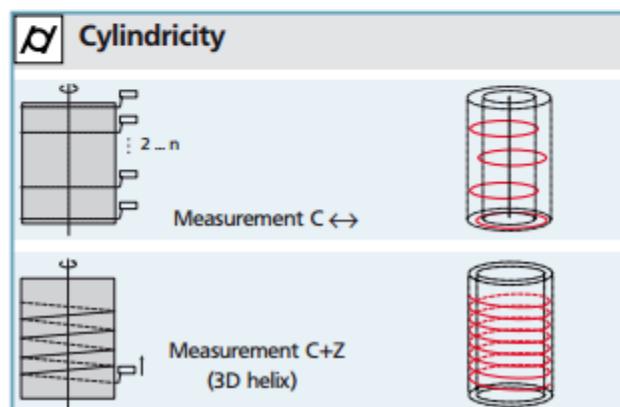
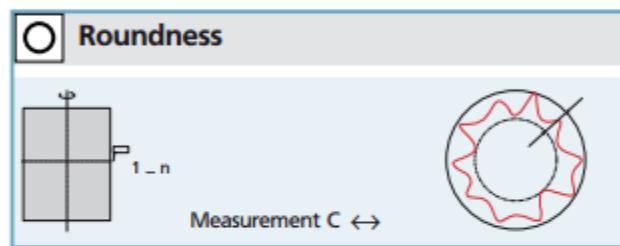
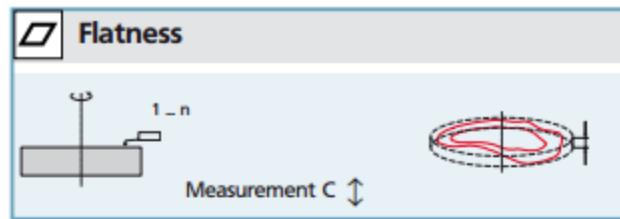


12



13

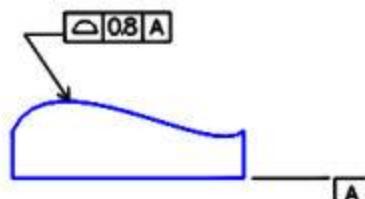




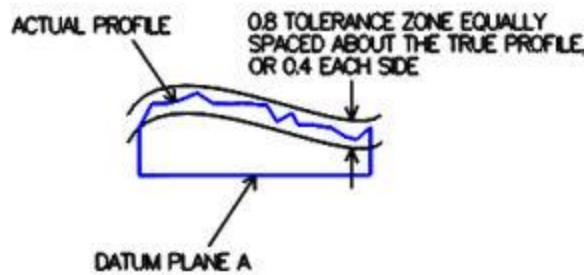
Oblika črte - - (profile definition and tolerance)

profile tolerance defines a uniform boundary around a surface within which the elements of the surface must lie. Profile is a complex tolerance that simultaneously controls a feature's form, size, orientation, and sometimes location. Profile is a three-dimensional tolerance that applies in all directions regardless of the drawing view where the tolerance is specified. It is usually used on parts with complex outer shape and a constant cross-section like extrusions.

THIS ON A DRAWING



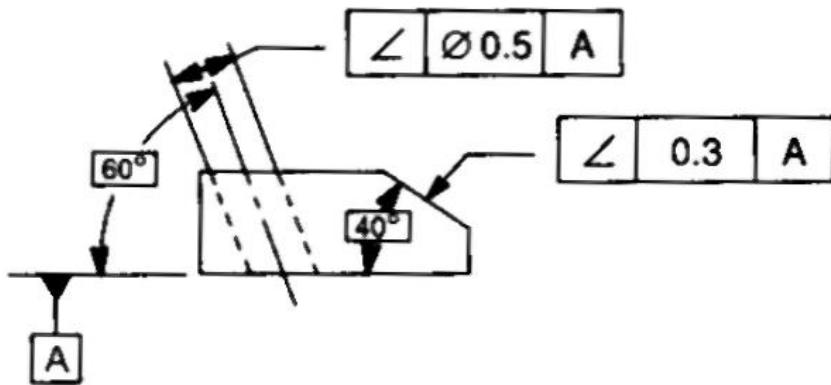
MEANS THIS



An example of profile tolerance is shown below. The top figure shows the profile tolerance applied to a curved surface. The boxed symbols can be read "with respect to datum A, this surface must lie between two surface boundaries 0.8 apart and spaced equally about the true (or ideal) surface profile". The bottom figure shows an example of a part that meets this tolerance.

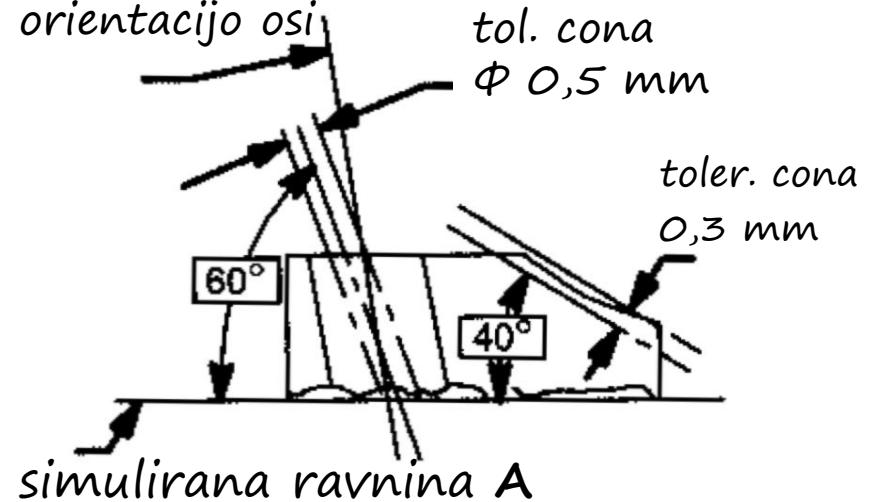
Tolerance stack

načrt



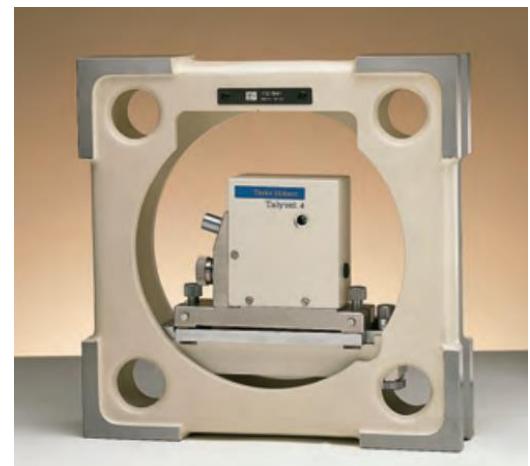
interpretacija

skrajna možnost za
orientacijo osi



tolerančno polje med dvema vzporednima črtama
med dvema vzporednima ravninama
tolerančno polje je valj

Unrivalled accuracy of 0.2 arc second over the centre measuring region



CTK:

FARAGO, Francis T.

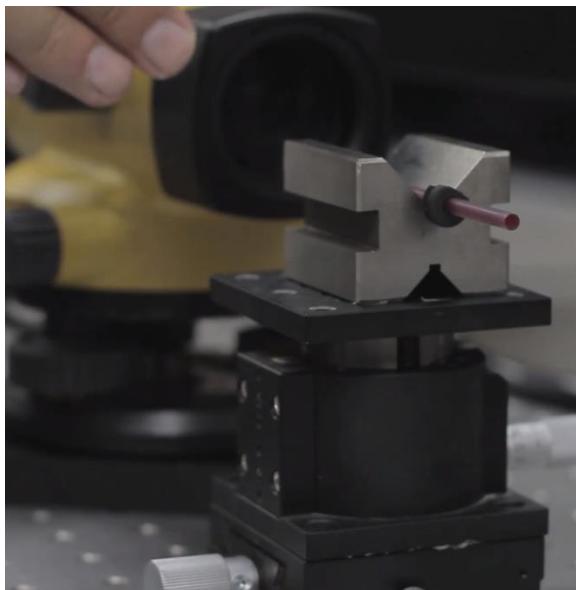
Handbook of dimensional measurement / Francis T. Farago. - 2nd ed. - New York : Industrial Press, 1982. - XV, 524 str. :

ISBN 0-8311-1136-4

531.7

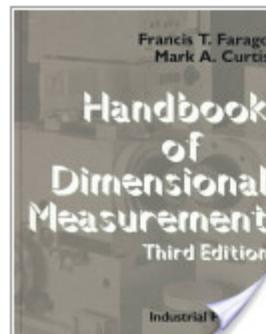
COBISS.SI-ID 1457174

<http://www.duma.co.il/electronic-autocollimator.html>



Handbook of Dimensional Measurement
By Francis T. Farago, Mark A. Curtis

Handbook of Dimensional Measurement



[Francis T. Farago, Mark A. Curtis](#)

Industrial Press Inc., Jan 1, 1994 - Reference - 580 pages



[2 Reviews](#)

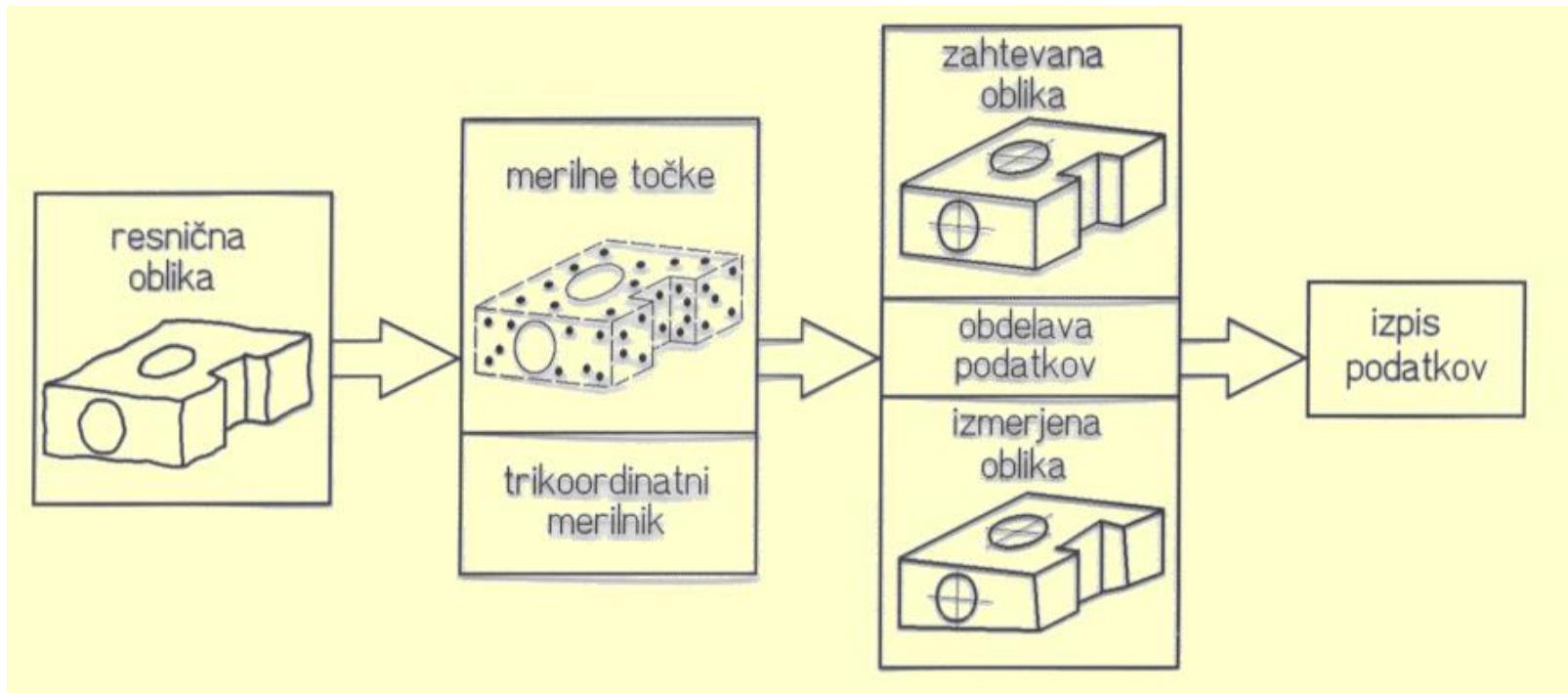
[8+1](#)

Nineteen Fact-Filled Chapters that contain authoritative treatment engineers and technicians engages in the various stages of indus practical data as well as complete coverage - both basic and adv and electronics revolution in metrology. Virtually every type of me
[More »](#)

Za zelo natančna merjenja okroglosti, koncentričnosti, soosnosti, pravokotnosti čelnih ploskev proti plašču valja in vzporednosti čelnih ploskev obstajajo posebni merilniki okroglosti.

Najboljše izvedbe so tako občutljive, da je na njih mogoče meriti tudi hrapavost otipavanih ploskev.

Nepravilnosti običajno prikažejo v obliki krožnega diagrama. Odstopke od okroglosti lahko povečajo od 20 do 20 000-krat.



Shematični prikaz postopka trikoordinatnega merjenja

Meritve in preverjanje navojev

Osnovne veličine navojev, ki jih moramo meriti ali preverjati so:

- zunanji (veliki) premer,
- srednji premer (premer navoja),
- notranji (mali) premer,
- korak navoja,
- profil navoja (zajema kot med bokoma zaokrožitev ali prirez na vrhu in zaokrožitev v dnu navoja)

Meritve in preverjanje navojev

Zunanji premer na vijakih merimo s kljunastim ali vijačnim merilom (izjemoma natančneje). Pri množinski izdelavi ga pogosto primerjamo tolerančno z navadnimi objemnimi merili.

Srednji premer navoja na vijakih merimo z merilnimi iglicami, ki imajo za vsako velikost navoja standardiziran premer, izbran tako, da se bokov navoja po možnosti dotikajo na srednjem premeru.

Notranji premer na vijakih merimo z merilnimi nožički. Pri čemer od dobljene mere prek nožičkov odštevamo dve višini nožička mero prek iglic ali nožičkov izmerimo s kljunastim ali vijačnim merilom, veliko lažje pa na posebnem merilniku premerov navoja, ki ima vdelano vijačno merilo.

Korak navoja merimo s posebnimi komparatorji, ki imajo dve tipali, na koncu izoblikovani v kroglico. Največkrat pa ga merimo z merilnim mikroskopom, za hitro, približno preverjanje uporabljamo šablone v obliki standardnega profila navoja.

Meritve in preverjanje navojev

NAVOJ – telo, ki nastane, če se giblje po vijačnici geometrijski lik (trikotnik, trapez, krožni lok)

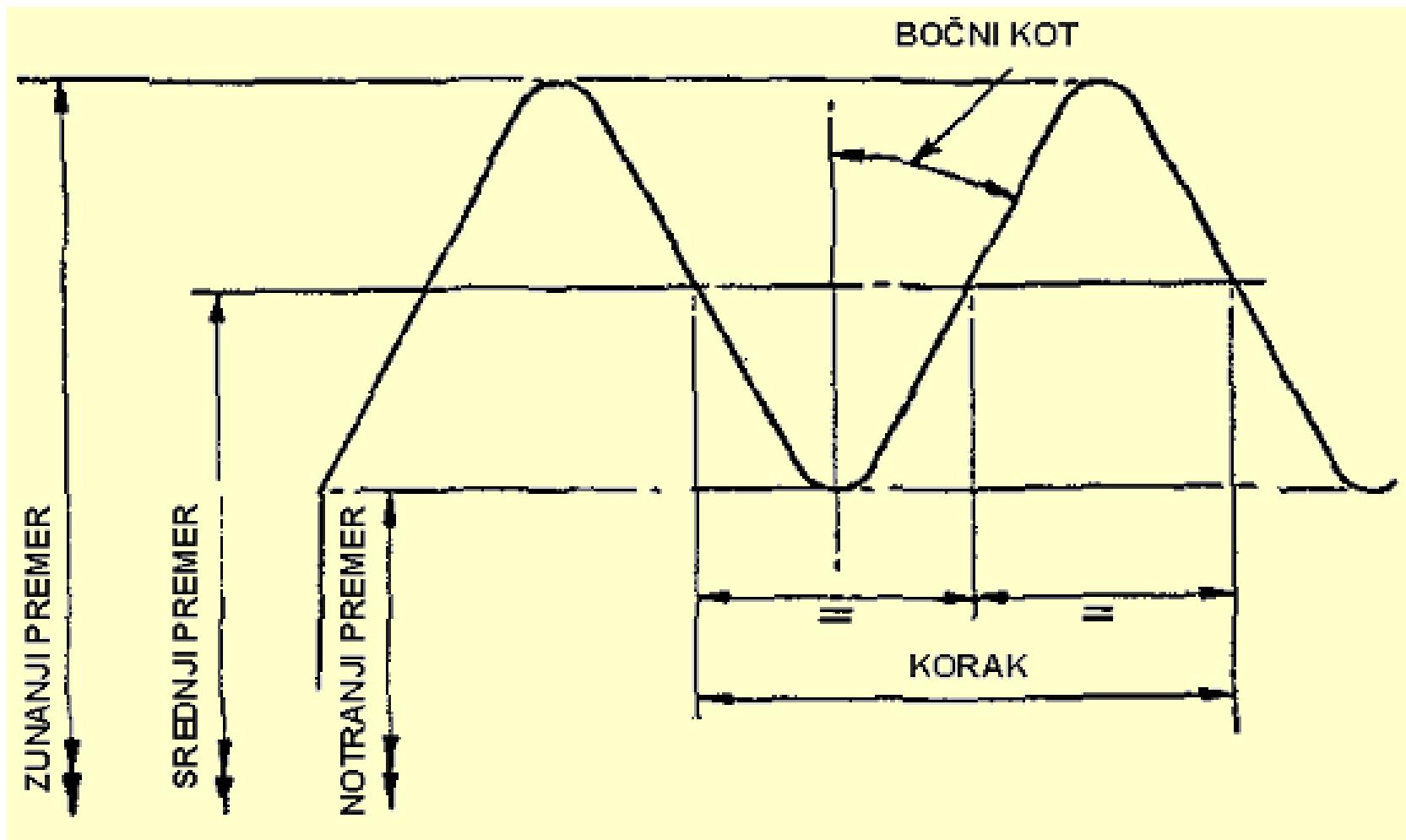
ločimo: trikotni, žagasti, trapezni, obli navoj
desni, levi, dvojni, trojni

merjenje navojev spada med najtežje naloge na področju merjenja

nastopa veliko veličin, ki so v medsebojni povezavi

merimo: zunanji premer, notranji premer, bočni kot profila navoja, korak, srednji premer

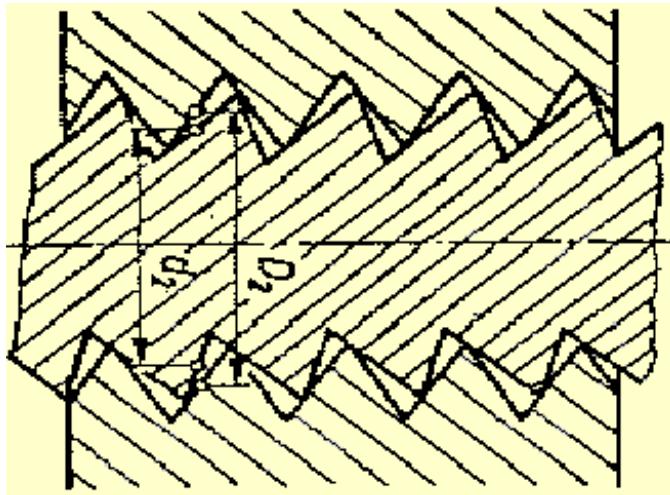
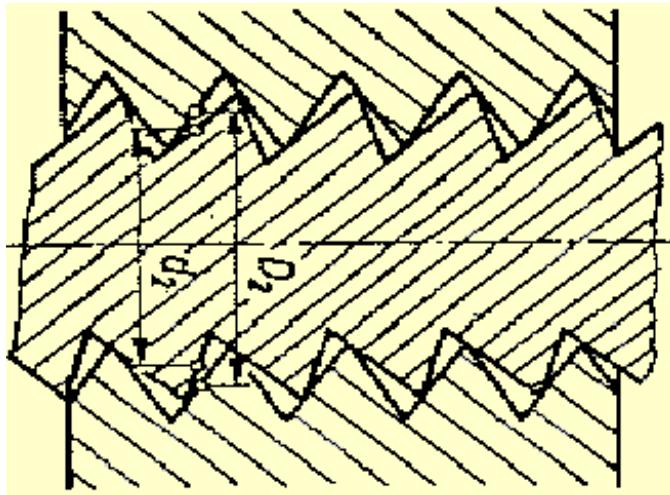
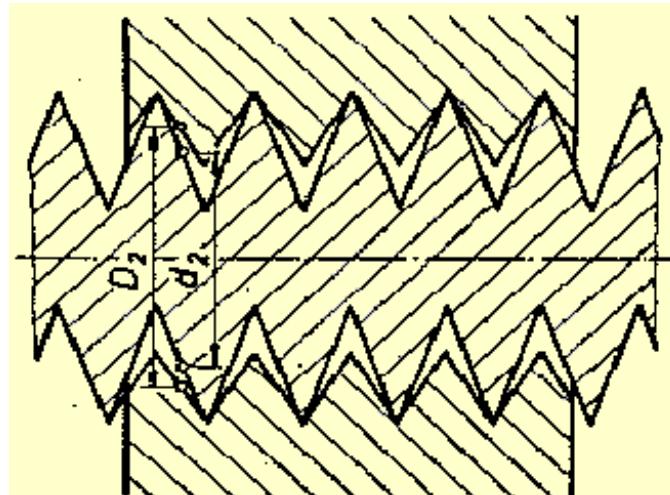
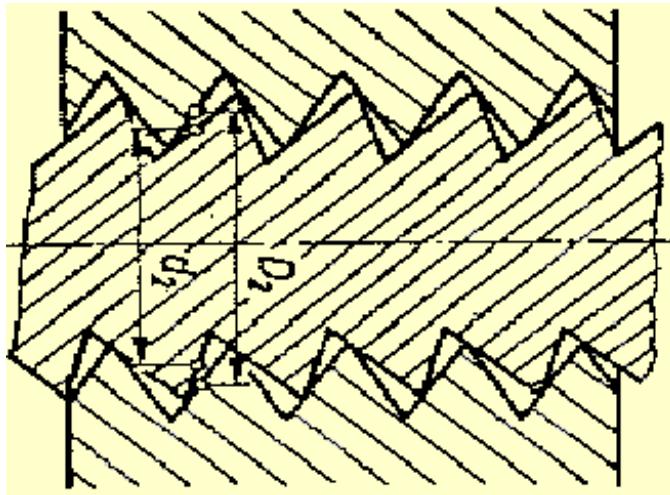
Meritve in preverjanje navojev – merilne veličine



Meritve in preverjanje navojev – odstopki navojev

1. Navoj se skoraj vedno uporablja v
vijačnih zvezah
2. Sila se prenaša iz vijaka na matico
ali obratno
3. Odstopki pri navojih morajo
zadostiti
 1. Omogočanje zamenjave matice ali vijaka
 2. Prenašati zahtevano silo
 3. V vrhovih navojev mora biti min zračnost

Meritve in preverjanje navojev – odstopki navojev



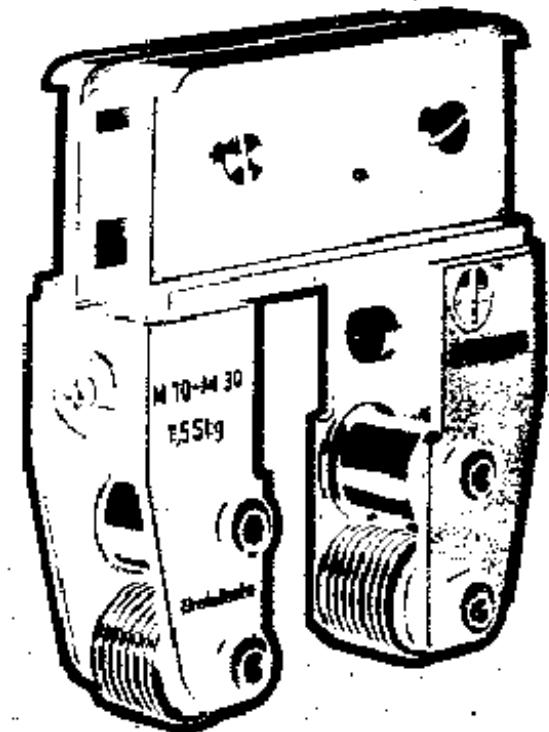
Meritve in preverjanje navojev – kontrola navojev

V praksi se navoj ponavadi ne
meri ampak samo kontrolira

Uporabljamo mejne kalibre
('gre', 'ne gre')

Ne kontroliramo vsake
veličine posebej, ampak
hkrati več veličin, ki so med
seboj odvisne

Obstaja nevarnost, da navoj
napačno ocenimo, zato moramo
navoj tudi meriti

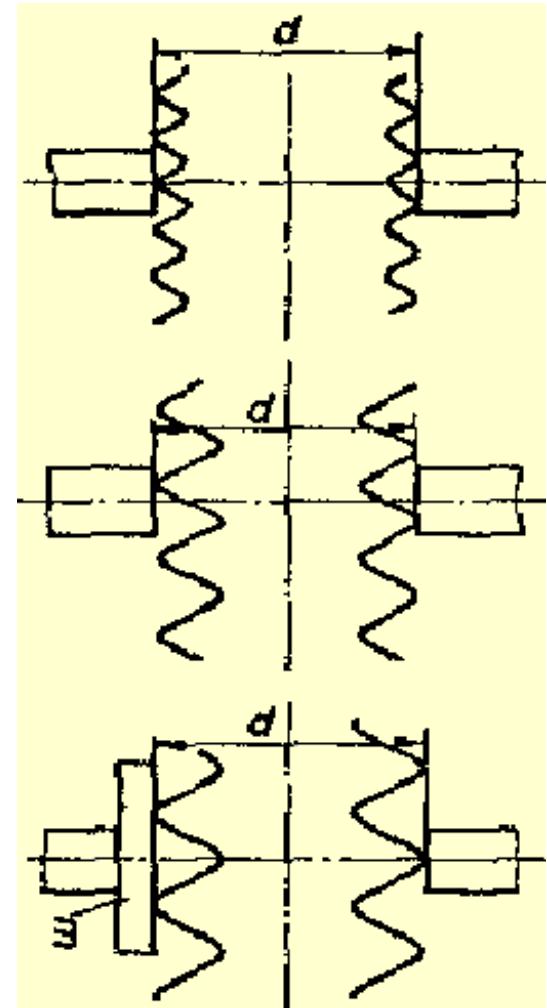


Meritve in preverjanje navojev – pregled metod

	Mehanske metode		Optične metode	
	Merilne naprave	Merilne naprave	Merilne naprave	Merilne naprave
Zunanji premer	merilni vijak komparatorja, merilni stroj	ploskve	merilni mikroskop	okular z nitnim križem
Notranji premer	merilni vijak komparatorja, merilni stroj	konice in nožasto oblikovani deli	merilni mikroskop	okular z nitnim križem
Srednji premer	merilni vijak komparatorja, merilni stroj	stožec in greben, utor in valj, merilne žice, kroglica	merilni mikroskop	okular z nitnim križem, okular s standardnim profilom
Korak	komparator, stroj za merjenje koraka	kroglice, stožci	merilni mikroskop	okular z nitnim križem, okular s standardnim profilom
Bočni kot	merilna naprava za vpetje in izravnavo merjenca	stožčasto priostreni valji	merilni mikroskop z okularjem za merjenje kotov	okular z nitnim križem, okular s standardnim profilom

Meritve in preverjanje navojev – mehanske metode – merjenje zunanjega premera

- primerna skoraj vsa merila za merjenje okroglih premerov
- merilni element – merilne ravne ploskve
- premer merilnih ploskev večji od koraka navoja, sicer zdrsne v utor (merilna kladica)
- merilna sila ne sme biti prevelika (sploščitev temena navoja – majhni premeri)

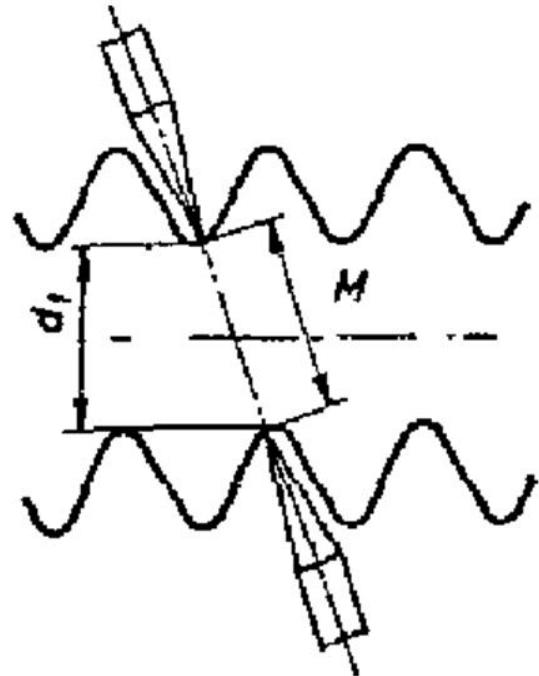


Meritve in preverjanje navojev – mehanske metode – merjenje notranjega premera

- merilna orodja enaka kot pri merjenju zunanjega premera
- uporabljamo posebne merilne elemente
 - merilne konice
 - merilne vilice

Merjenje z dvema konicama

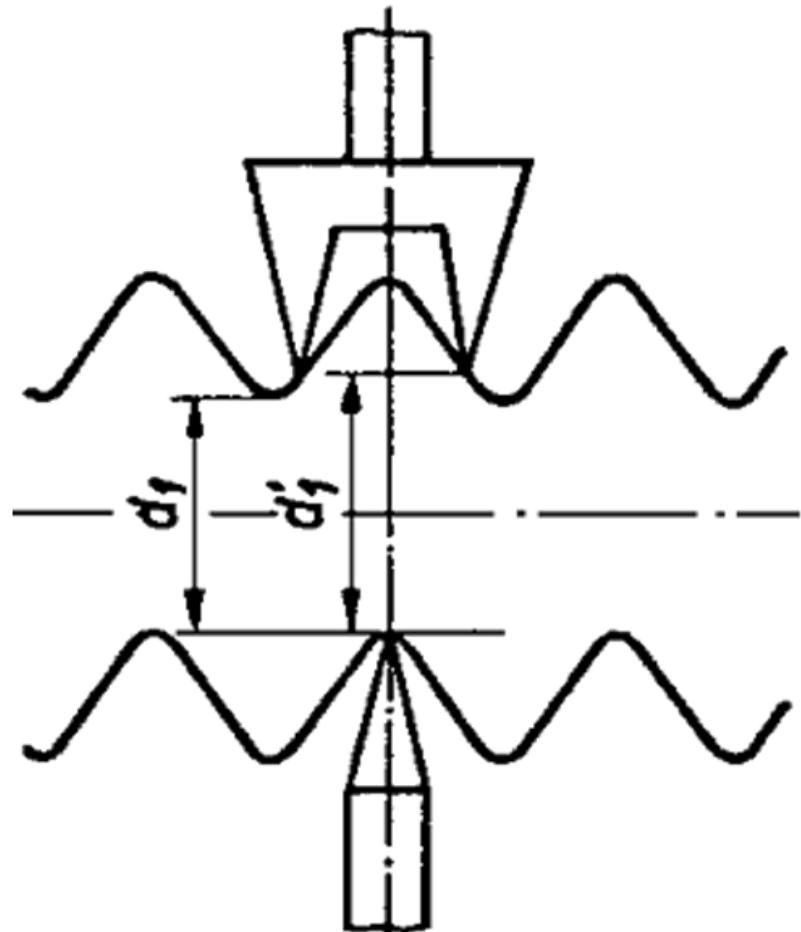
- konici vstavimo tako, da se dotikata dna utora
- dotikališči nista nasproti – premaknjeni za polovico koraka (d_1 manjši od M)
- notranji premer se izračuna: $d_1 = M - \frac{P^2}{8M}$



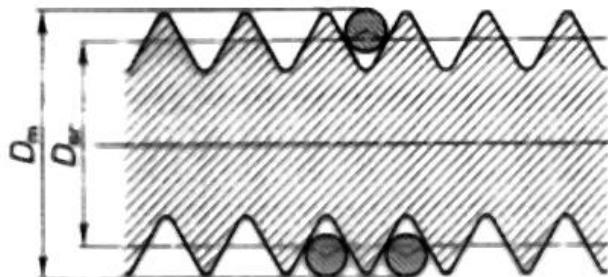
Meritve in preverjanje navojev – mehanske metode – merjenje notranjega premora

Merjenje z dvema konicama

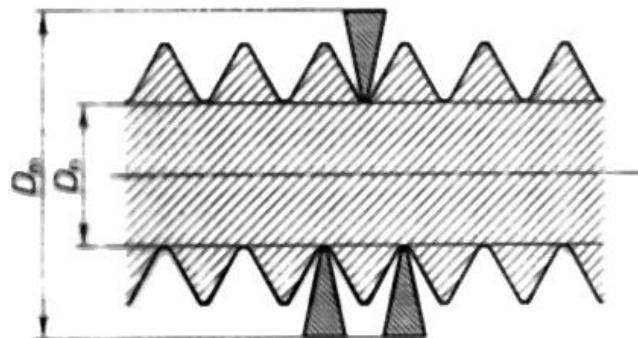
- izognemo se preračunavanju
- merilni telesi vrtljivi
- natančnost meritve odvisna od odstopanja koraka
- če korak ni razdalja med konicama ne merimo v najnižji točki navoja
- uporaba dveh prizmatičnih vložkov (merjenec vpet med konice)



Meritve in preverjanje navojev

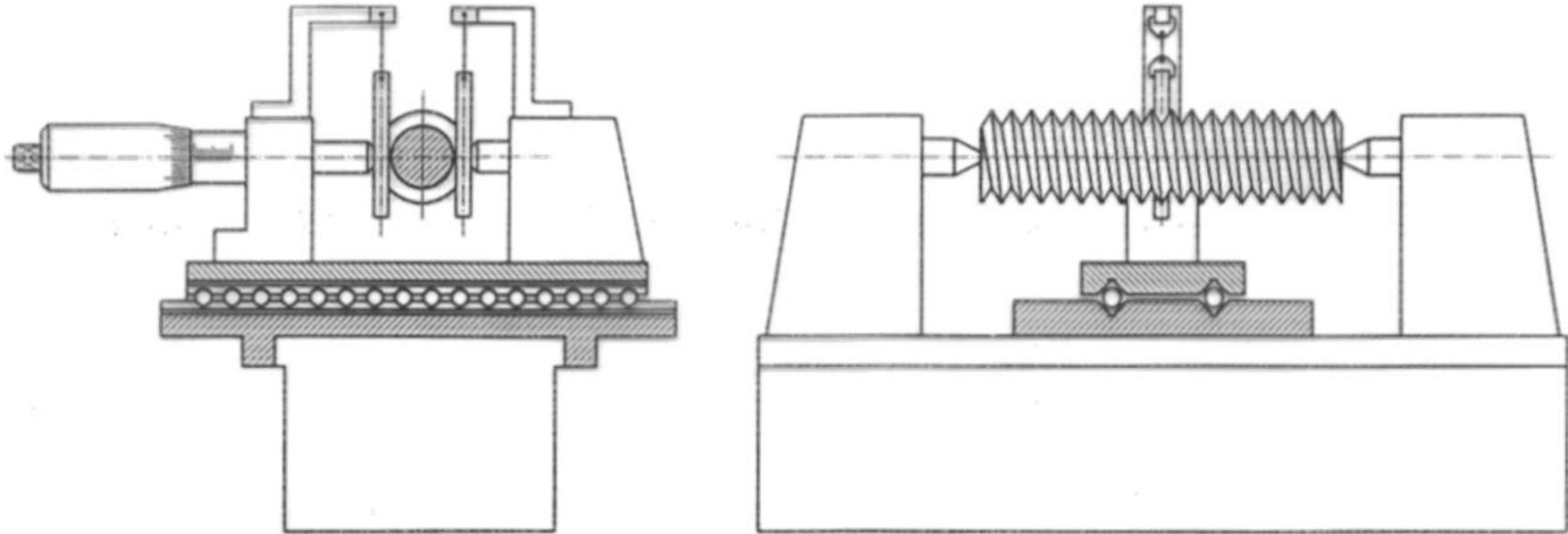


Merjenje srednjega premera zunanjega navoja z iglicami
 D_m – mera prek iglic



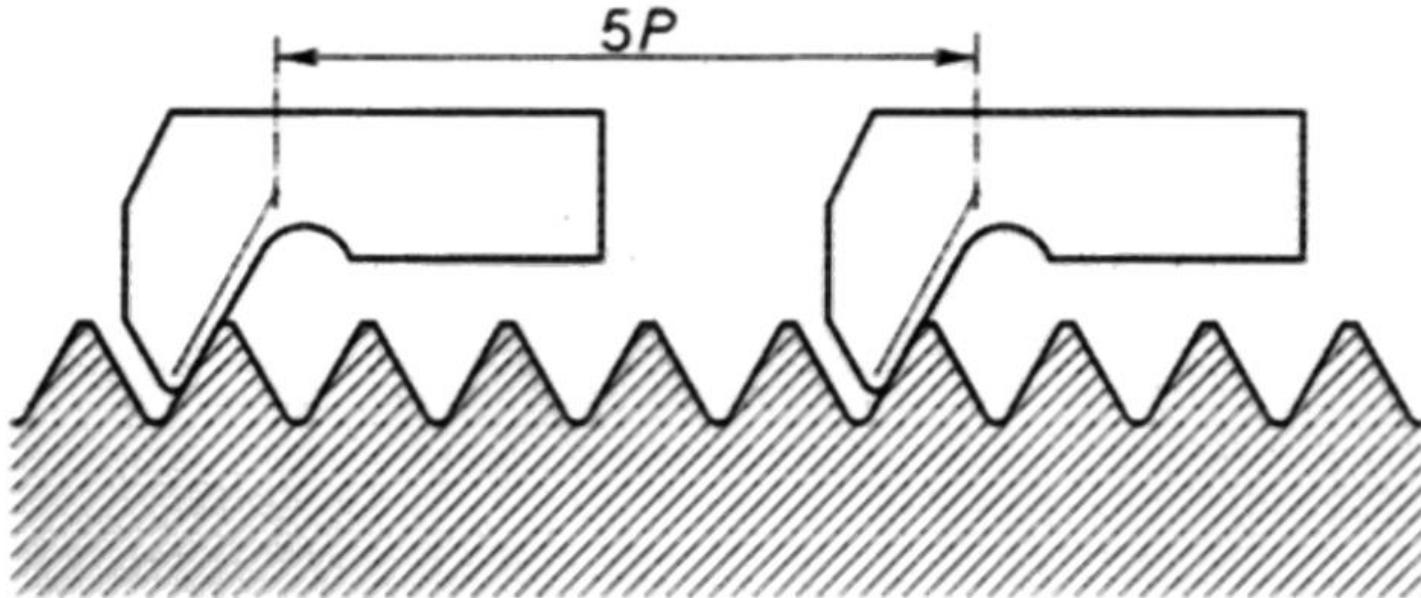
Merjenje notranjega premera zunanjega navoja z nožički
 D_{in} – mera prek nožičkov

Meritve in preverjanje navojev



Merilnik premerov navoja z vdelanim vijačnim merilom

Meritve in preverjanje navojev



Nožički za merjenje koraka z merilnim mikroskopom

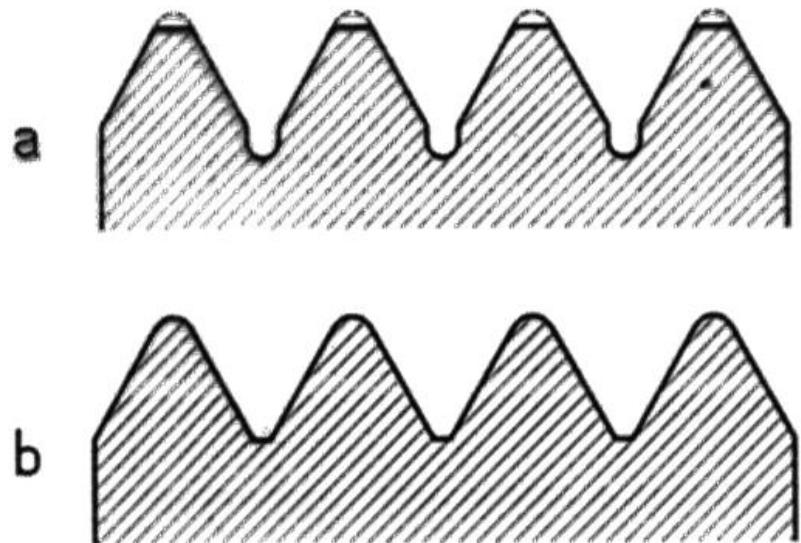
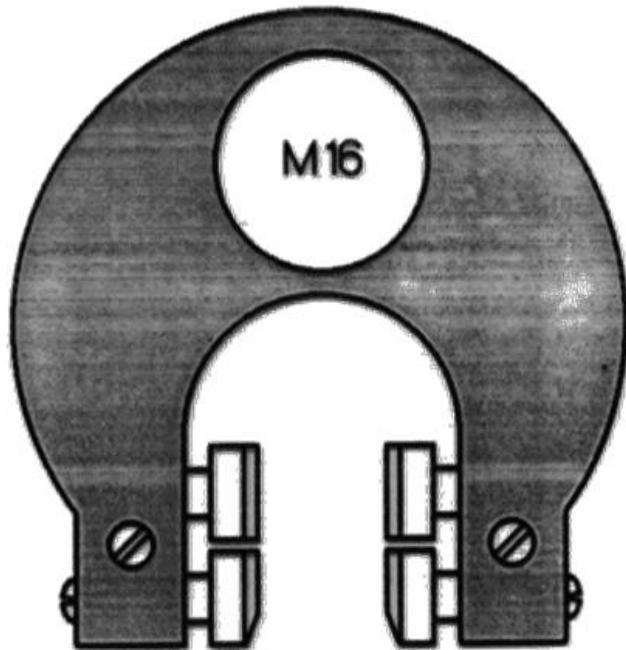
Meritve in preverjanje navojev



Šablone za preverjanje koraka in profila navoja

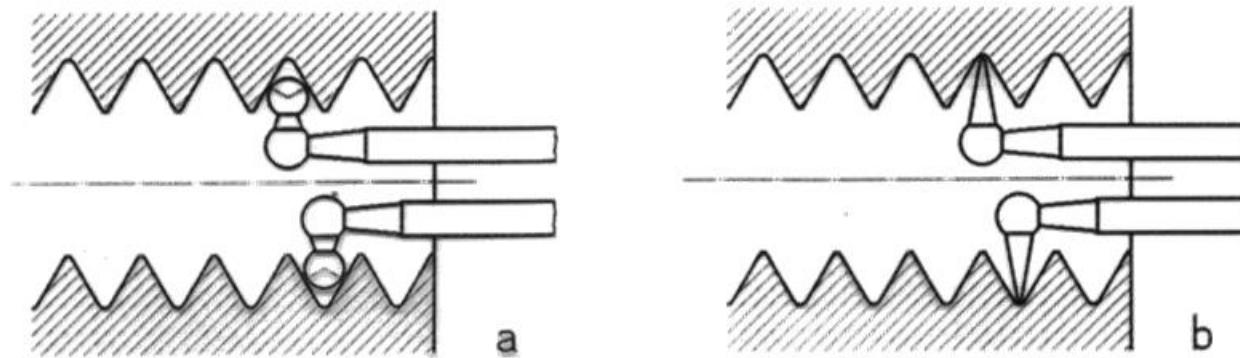
Meritve in preverjanje navojev

Šablone za preverjanje koraka in profila navoja



a-profil tipal za merjenje srednjega premera, b-profil tipal za preverjanje celotnega profila

Meritve in preverjanje navojev



Merjenje s tipali pri notranjem navoju

a – merjenje srednjega premera, b – merjenje zunanjega premera



Meritni čep za tolerančno preverjanje notranjih navojev

a – stran za preverjanje notranjega premera, b – stran za preverjanje celotnega navoja

CTK: FARAGO, Francis T., Handbook of dimensional measurement / Francis T. Farago. - 2nd ed. - New York : Industrial Press, 1982. - XV, 524 str. : ISBN 0-8311-1136-4; 531.7; COBISS.SI-ID 1457174

<http://creativewebart.net/GDT/Straightness.html>

<http://www.emachineshop.com/machine-shop/GD-T-Tolerance-Definitions/page597.html>

<http://www.emachineshop.com/machine-shop/Straightness/page587.html>

<http://www.yxb-china.com/doce/news-detail-26.html>

http://www.engineersedge.com/Edge_disc3/000000c4.htm

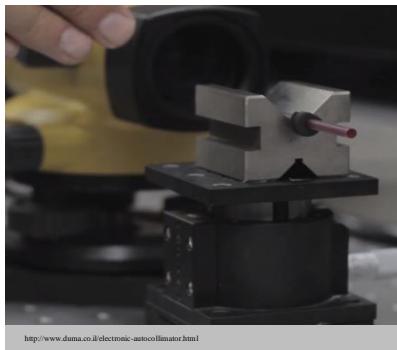
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1998/P350.pdf>

<http://www.mdpi.com/1424-8220/13/8/10245/pdf>

<http://www.gamma-cnc.com/en/company.html> --> test (pregled meritev na obdelovalnem stroju)

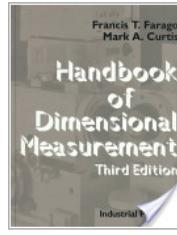
kaj je to TOLERANCE STACK

<http://www.emachineshop.com/machine-shop/Tolerance-Stack/page569.html>



Handbook of Dimensional Measurement
By Francis T. Farago, Mark A. Curtis

Handbook of Dimensional Measurement



Francis T. Farago, Mark A. Curtis
Industrial Press Inc., Jan 1, 1994 - Reference - 580 pages

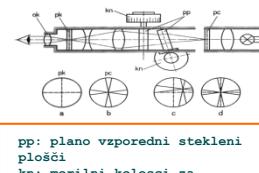
★★★★★

2 Reviews

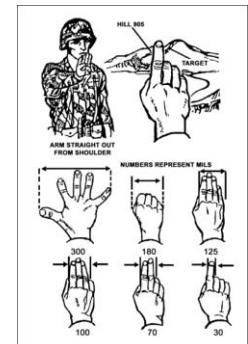
8+ | 0

Nineteen Fact-Filled Chapters that contain authoritative treatment engineers and technicians engage in the various stages of industrial practical data as well as complete coverage - both basic and advanced and electronics revolution in metrology. Virtually every type of measurement

[More »](#)

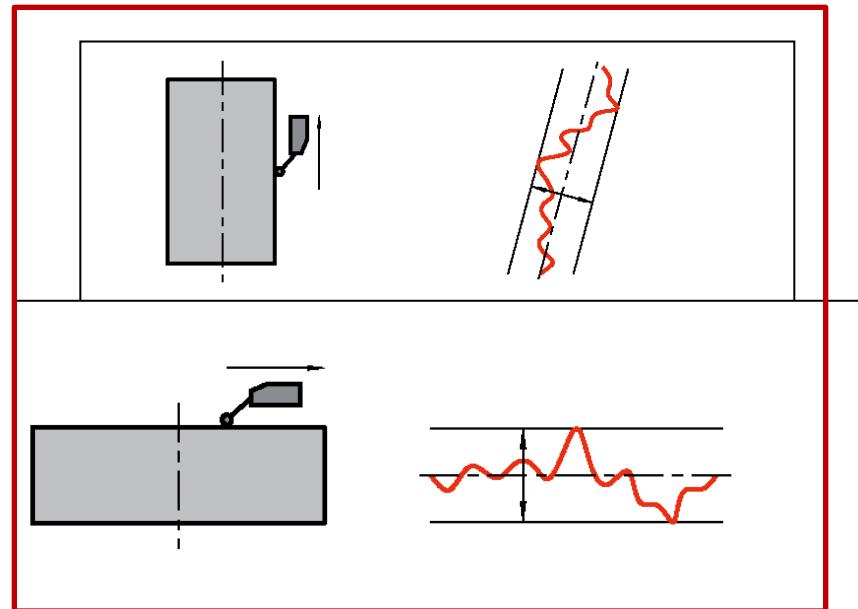


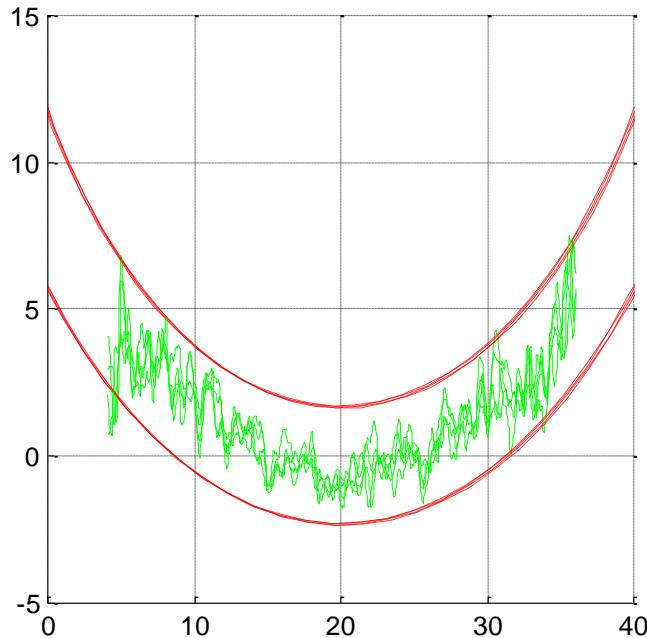
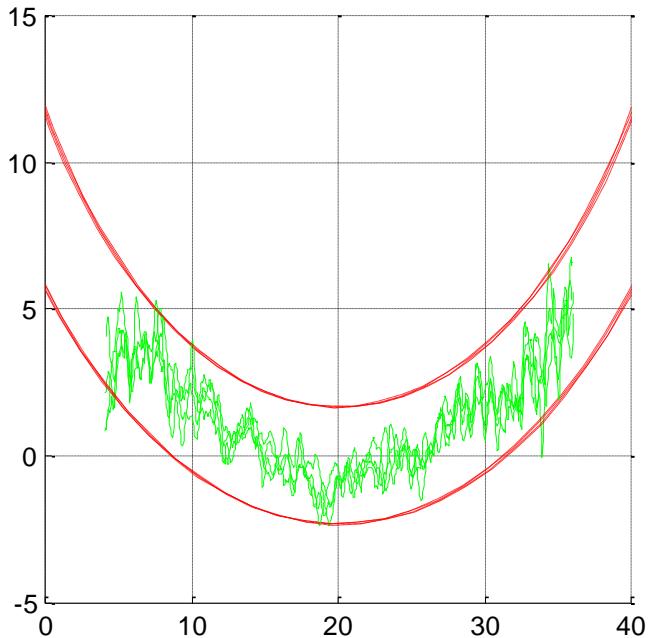
pk: planar vzporedni stekleni plošči
kn: merilni kolesci za nastavitev plošč
pp: steklo s križem pred okularjem (ok)
pc: cilindra označba



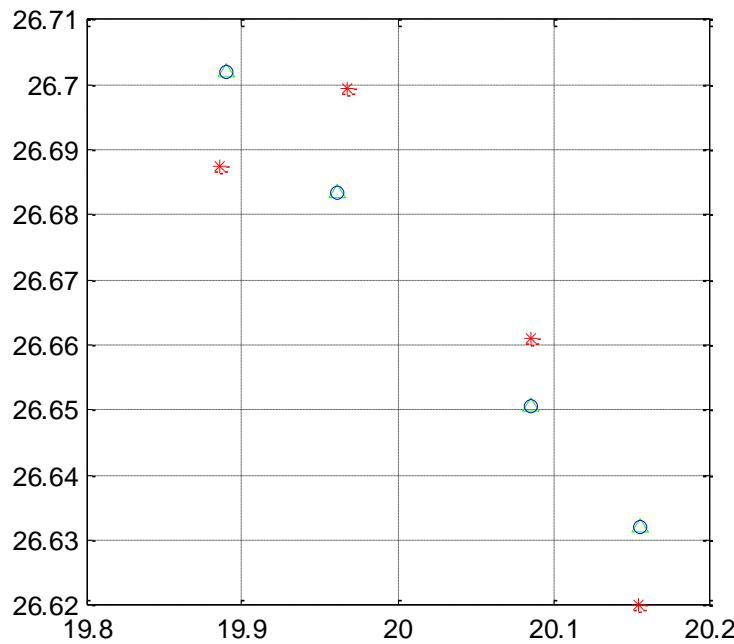
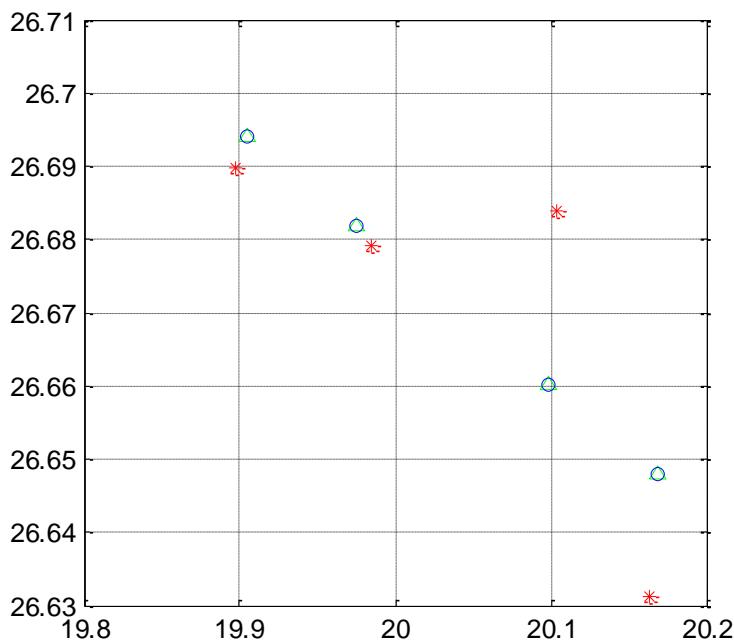
MERJENJE ODSTOPKA RAVNOSTI

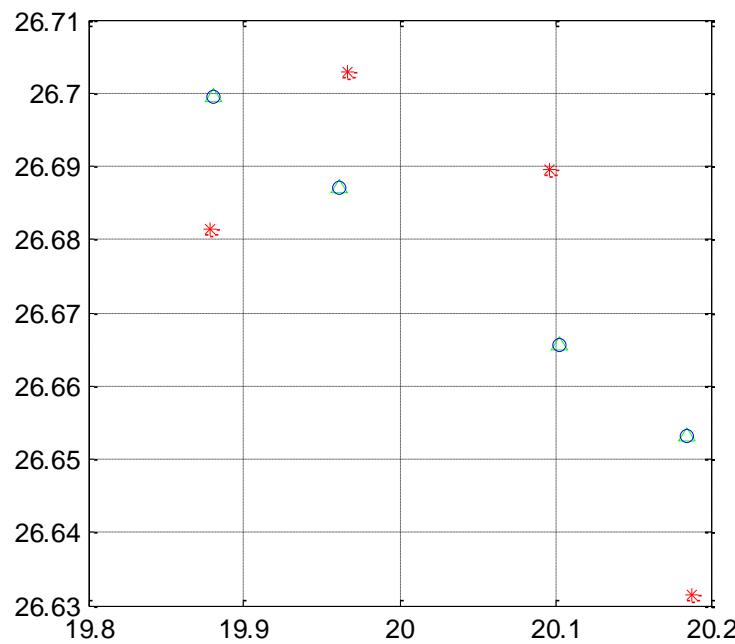
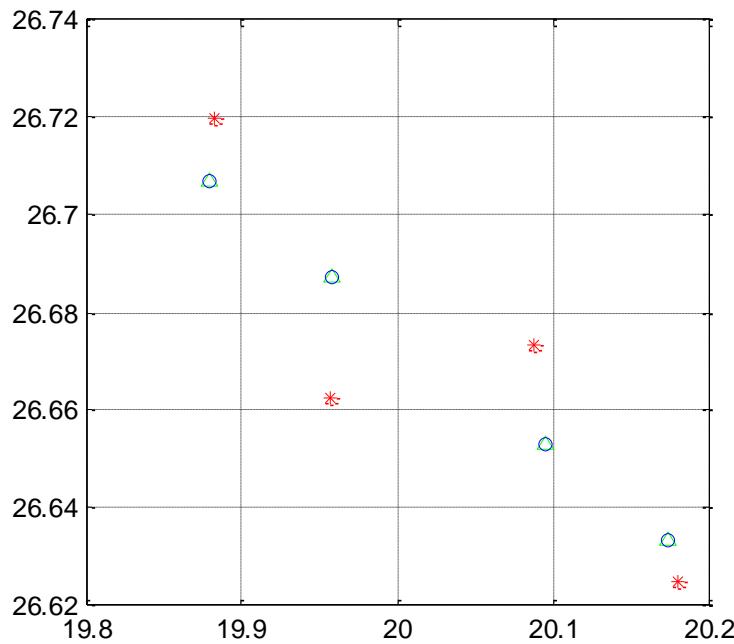
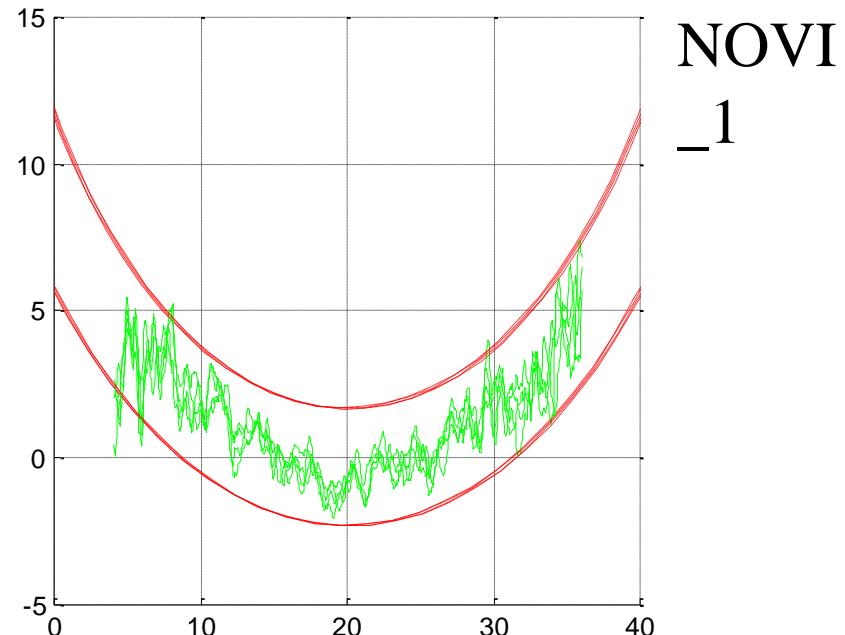
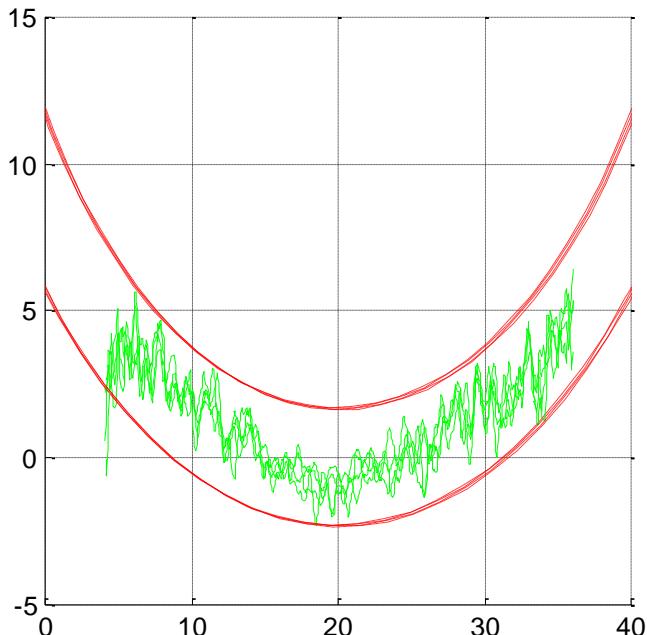
- npr. Talyrond 365
- npr. MarForm MMQ 200
- CMM

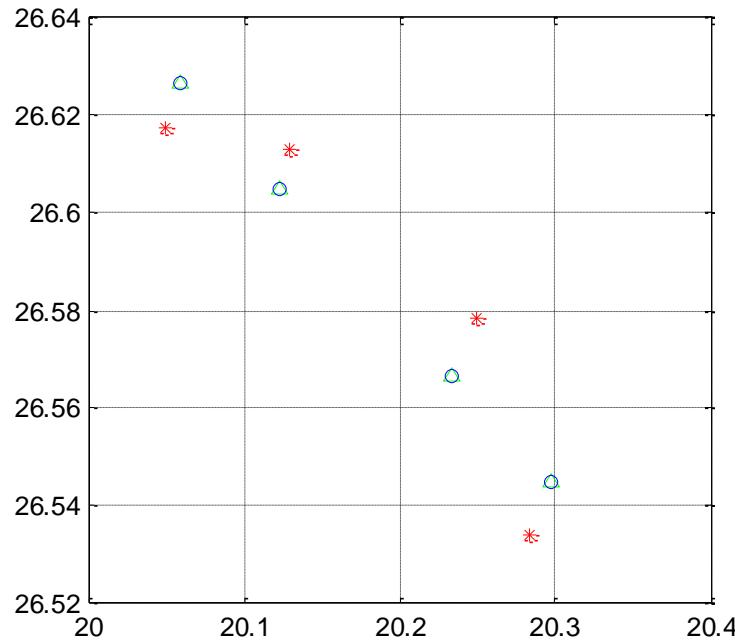
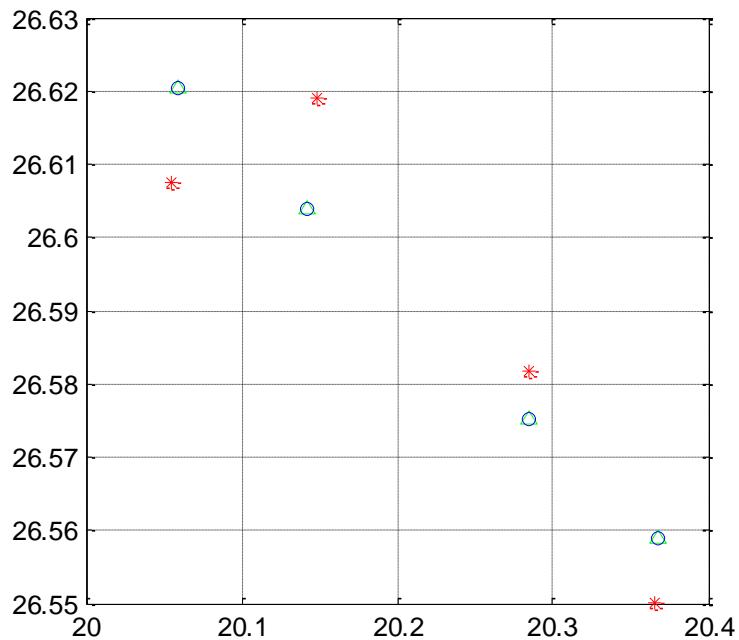
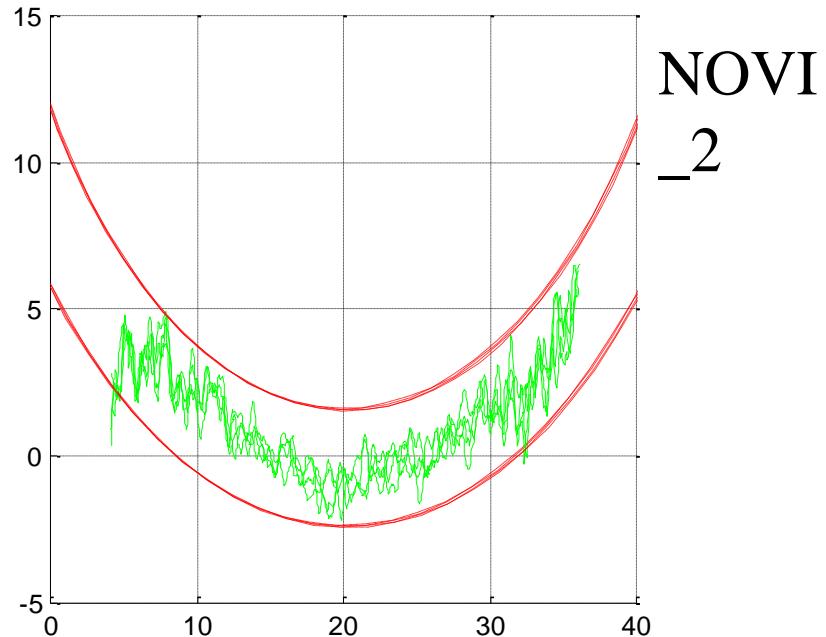
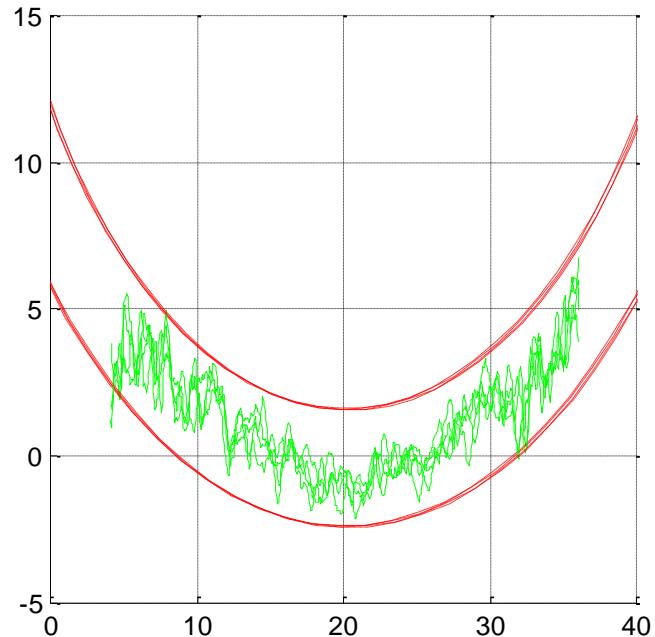


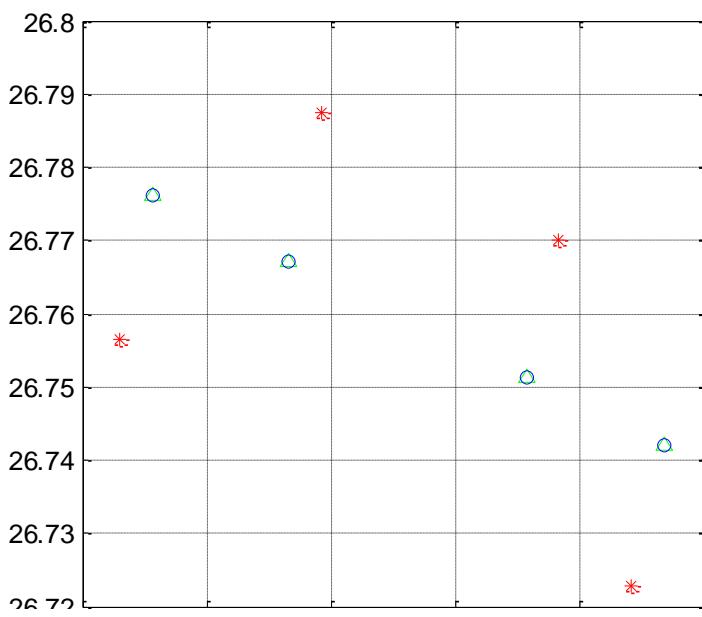
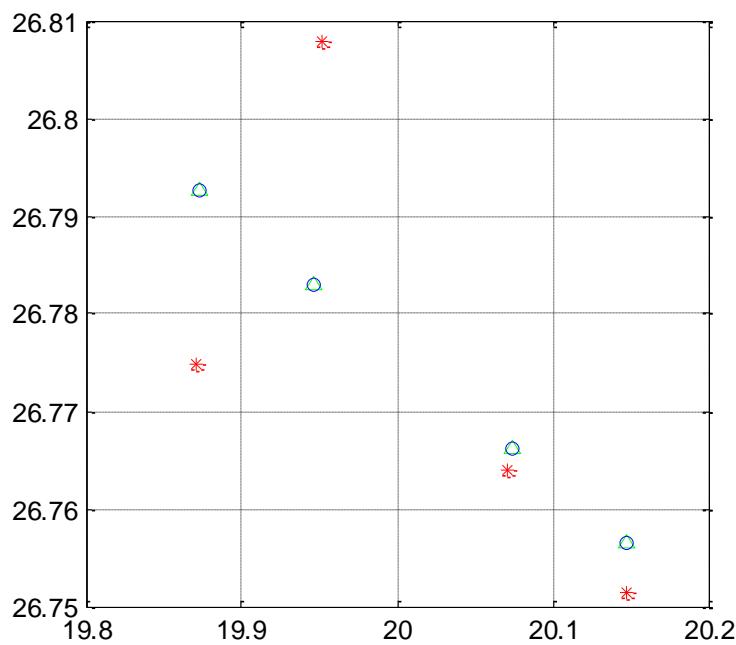
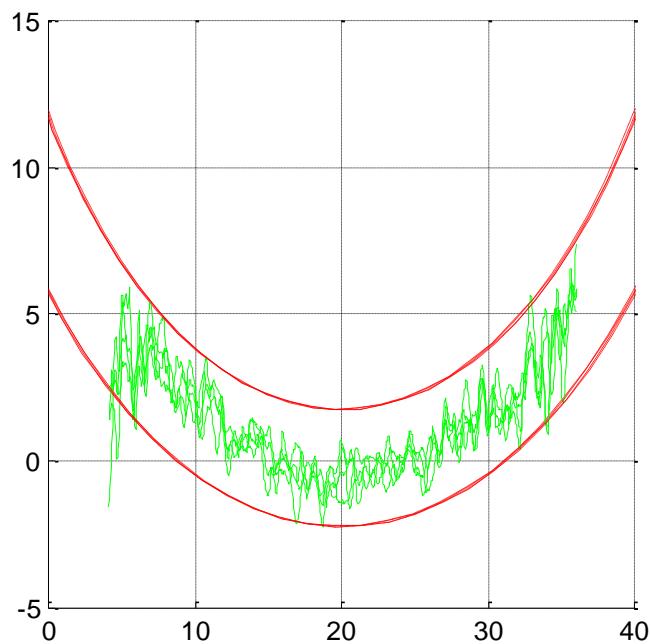
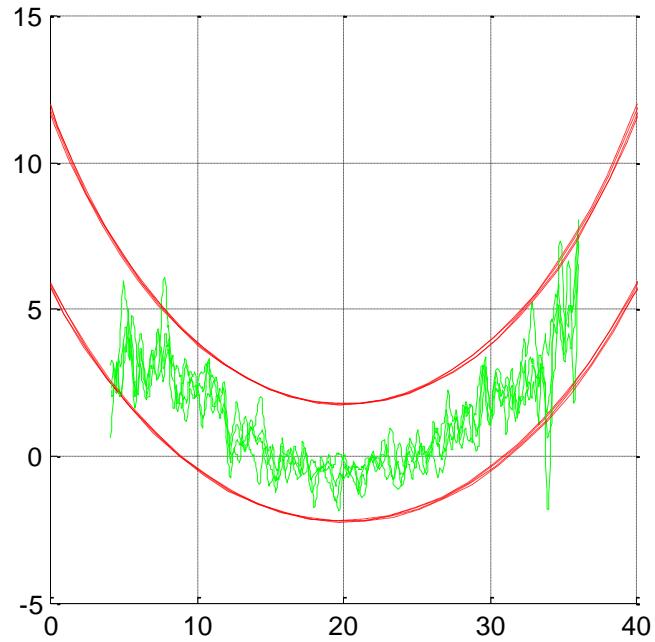


NOVI
_1









46007-SPREMENCA F kalibriranje