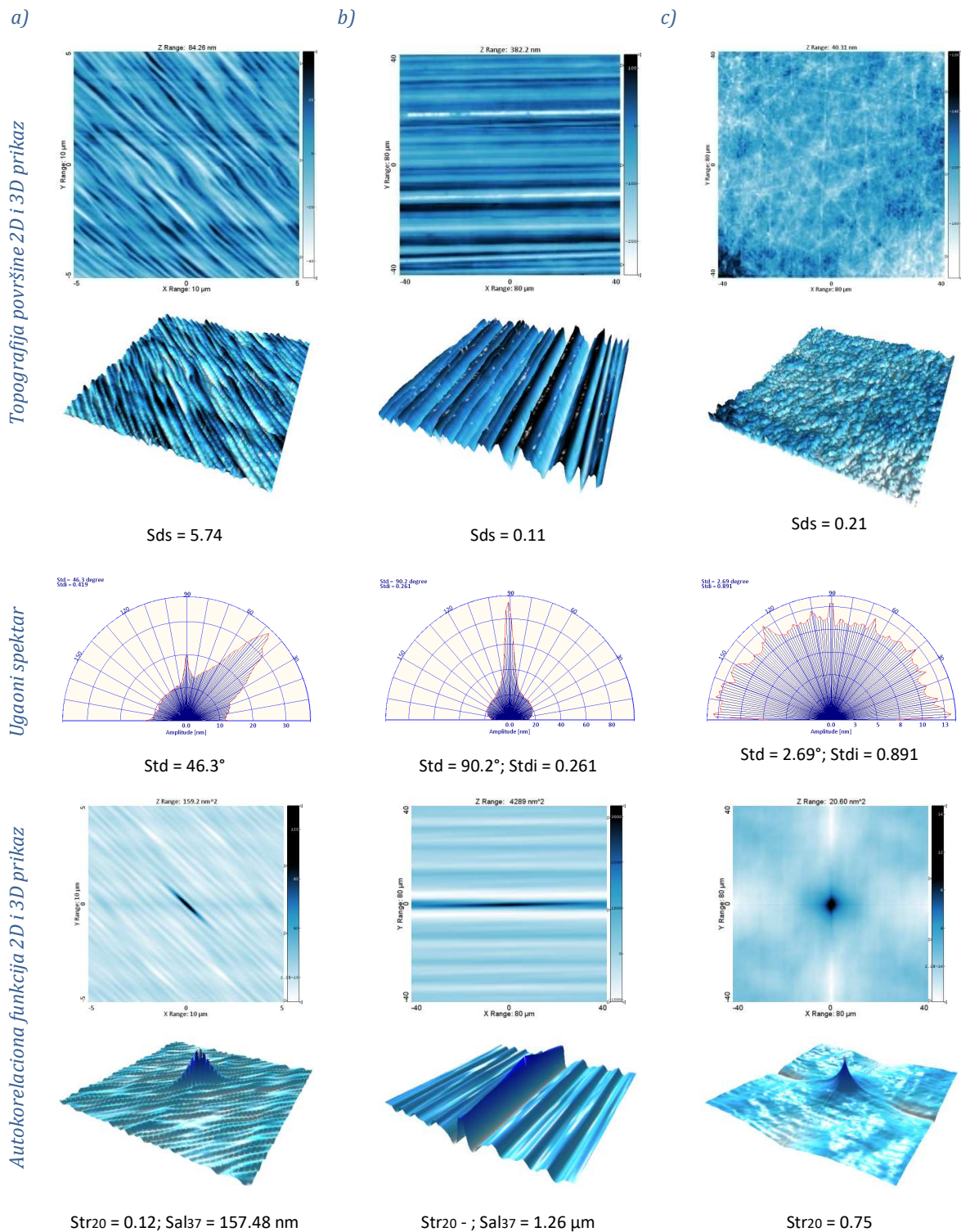


POVRŠINSKI PARAMETRI HRPAVOSTI - PARAMETRI RAZMAKA

SDS - GUSTINA VRHOVA (ENG. DENSITY OF SUMMITS)

Predstavlja broj vrhova po jediničnoj površini ($1/\mu\text{m}^2$). Definiše se ASME B46.1 standardom. Sa slike Slika 6.13 se vidi da najveći broj vrhova po jediničnoj površini ima površina indijum fosfata tretirana jonskim snopom. Ova površina ima veliki broj brazdi reda veličine nm, pa je stoga broj vrhova po μm^2 ove površine najveći.



Slika 6.13: Gustina vrhova, ugaoni spektar i autokorelaciona funkcija različitih površina: a) površina indijum fosfata (InP) dobijena jonskim bombardovanjem, b) brušena površina čelika, c) polirana površina čelika

STD - PRAVAC USMERENOSTI NERAVNINA (ENG. TEXTURE DIRECTION)

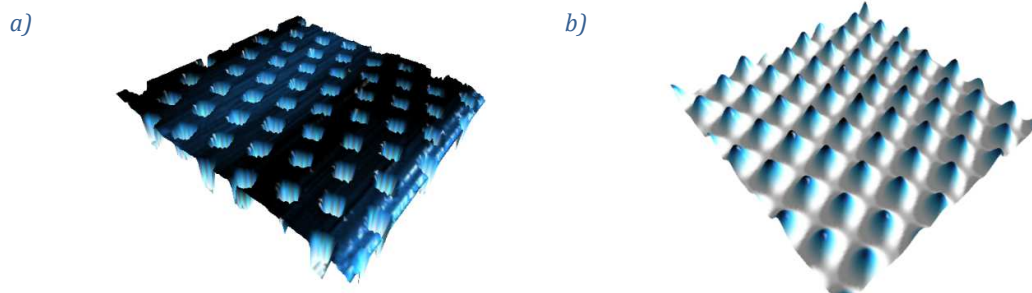
Predstavlja ugao dominantne teksture na površini, a određuje se iz Furijeovog spektra. Za različite uglove se određuje relativan zbir amplituda sabiranjem amplituda duž linija koje se prostiru u radijalnom pravcu. Rezultujući spektar naziva se ugaoni spektar. Za površine koje se sastoje od paralelnih brazdi, pravac usmerenosti teksture je paralelan pravcu brazdi. Ukoliko su brazde upravne na X - pravac $Std = 0$. Parametar izražava se u stepenima suprotno kretanju kazaljke na satu (6), ima smisla samo ukoliko postoji uticajan pravac na uzorku. Na slici Slika 6.13 prikazani su ugaoni spektri tri površine. Brazde jonski bombardovanog InP prostiru se duže pravca pod uglom od 46.3° , brazde brušenog čelika pod uglom od 90.2° , dok na poliranom uzorku ne postoji dominantna tekstura.

STDI - INDEKS PRAVCA USMERENOSTI (ENG. TEXTURE DIRECTION INDEX)

Pokazuje intezitet dominantnosti dominantne teksture, a definiše se kao odnos prosečne vrednosti sume amplituda i sume amplituda duž dominantnog pravca. Površine sa veoma dominantnom teksturom odlikuje Stdi blizak nuli (npr. površina brušenog čelika sa izraženim brazdama, $Stdi = 0.261$, Slika 6.13b), dok površine bez izražene teksture odlikuje Stdi blizak jedinici (npr. površina poliranog čelika, $Stdi = 0.891$, Slika 6.13c).

STR - ODNOS USMERENOSTI NERAVNINA (ENG. TEXTURE ASPECT RATIO)

Koristi se kao pokazatelj izotropnosti površine. Određuje se pomoću autokorelacione funkcije koja se predstavlja u vidu 3D prikaza (Slika 6.13). Autokorelaciona slika sadrži uvek centralni vrh, a u pojedinim slučajevima mogu se javiti i sekundarni vrhovi koji ukazuju na određenu korelaciju između jednog dela površine i same površine. Sekundarni vrhovi se javljaju kod površina koje sadrže periodične i pseudoperiodične motive (Slika 6.14). O izotropnosti površine može se govoriti na osnovu oblika centralnog vrha. Ukoliko su osobine površine jednake u svim pravcima centralni vrh ima približno kružni oblik (Slika 6.13c). Kod površina koje imaju izraženu orijentaciju, centralni vrh je izdužen (Slika 6.13 a i b).



Slika 6.14: Kalibraciona rešetka a) i pripadajuća autokorelaciona funkcija b) i c)

Definiše se kao odnos najkraćeg i najdužeg rastojanja na kome autokorelaciona funkcija opada na 20 ili 37% u bilo kom pravcu, tj. kao odnos najbržeg i najsporijeg opadanja autokorelacione funkcije na 20 ili 37%. Pošto je veličina površine koja se može snimiti konačna, kod nekih anizotropnih površina postoji mogućnost da najsporije opadanje autokorelacione funkcije nikada ne dostigne 20% unutar snimane površine. U tom slučaju se može koristiti najduže rastojanje autokorelacione funkcije duž pravca najsporijeg opadanja.

Parametar Str može imati vrednosti između 0 i 1. Ukoliko je reč o potpuno izotropnoj površini parametar ima vrednost 1, za površine sa $Str > 0.5$ kaže se da su izotropne (npr. polirana površina na slici Slika 6.13c), dok vrednost parametra < 0.3 pokazuje da je reč o anizotropnoj površini (npr. jonski bombardovana površina InP na slici Slika 6.13a).

SAL - SCL - DUŽINA AUTOKORELACIJE (ENG. FASTEST DECAY AUTOCORRELATION LENGTH)

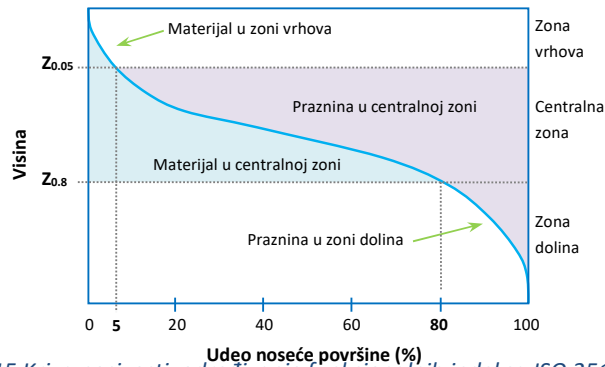
Predstavlja najkraće horizontalno rastojanje na kome autokorelaciona funkcija opada na 0.2 ili 0.37 ($1/e$) u bilo kom pravcu. U slučaju anizotropne površine (sa dominantnom usmerenošću) dužina autokorelacije nalazi se upravno na dominantni pravac. Ukoliko na površini dominiraju komponente niske frekvencije (komponente velike talasne dužine), Sal će imati velike vrednosti i obrnuto. Jonski bombardovana površina InP sastoji se iz komponenti niže frekvencije u odnosu na površinu brušenog čelika, pa je $Sal_{InP} = 0.16 < Sal_{bruš.čel.} = 1.26 \mu m$ (Slika 6.13).

FUNKCIONALNI PARAMETRI

Funkcionalna karakterizacija površine je od fundamentalnog značaja za sve delove koji se nalaze u kontaktu sa drugim delovima. Funkcionalni parametri se dobijaju na osnovu *krive nosivosti* (eng. bearing ratio curve). Često se za krivu koristi naziv *Abe - Fajerstonova kriva* (eng. Abbott - Firestone curve) ili samo *Abeova kriva* (). U fizičkom smislu predstavlja prikaz udela noseće površine (deo površine koji nosi opterećenje) na različitim visinama (od najvišeg vrha do najniže doline).

Funkcionalni indeksi

Određuju se na osnovu slike 6.15. Povlače se horizontalne linije za vrednost udela noseće površine 5% i 80%. Ove linije obeležavaju se sa $Z_{0.05}$ i $Z_{0.8}$. Nastale zone nazivaju se zona pikova, centralna zona (zona jezgra) i zona dolina.



Slika 6.15 Kriva nosivosti, određivanje funkcionalnih indeksa ISO 25178 (7; 8)

SBI – INDEKS NOSIVOSTI POVRŠINE (ENG. SURFACE BEARING INDEX)

Indeks nosivosti površine pokazuje koji deo gornje zone površine učestvuje u habanju. Predstavlja odnos RMS devijacije i visine $Z_{0.05}$ koja odgovara 5%-nom udelu noseće površine:

$$Sbi = \frac{Sq}{Z_{0.05}} = \frac{1}{h_{0.05}}$$

Gde je: $h_{0.05}$ – normalizovana visina

Za površinu sa Gausovom raspodelom $Sbi = 0.61$. Velika vrednost ovog parametra ukazuje na dobru nosivost.

SCI – INDEKS ZADRŽAVANJA FLUIDA U JEZGRU (ENG. CORE FLUID RETENTION INDEX)

Predstavlja pokazatelj veličine zapremine u kojoj se smešta sredstvo za podmazivanje. Određuje se kao odnos zapremine praznina u centralnoj zoni (zona između visine koja odgovara 5%-nom udelu noseće površine i visine koja odgovara 80%-nom udelu noseće površine) i RMS devijacije:

$$Sci = \left(\frac{V_v(h_{0.05}) - V_v(h_{0.80})}{A} \right) \div Sq$$

Gde je: $V_v(Z_x)$ – zapremina praznog prostora ispod horizontalne linije Z_x

Za površinu sa Gausovom raspodelom $Sci = 1.56$. Manje vrednosti se dobijaju u slučaju glatkih površina, što pokazuje da one loše zadržavaju sredstvo za podmazivanje.

SVI – INDEKS ZADRŽAVANJA FLUIDA U DOLINAMA (ENG. VALLEY FLUID RETENTION INDEX)

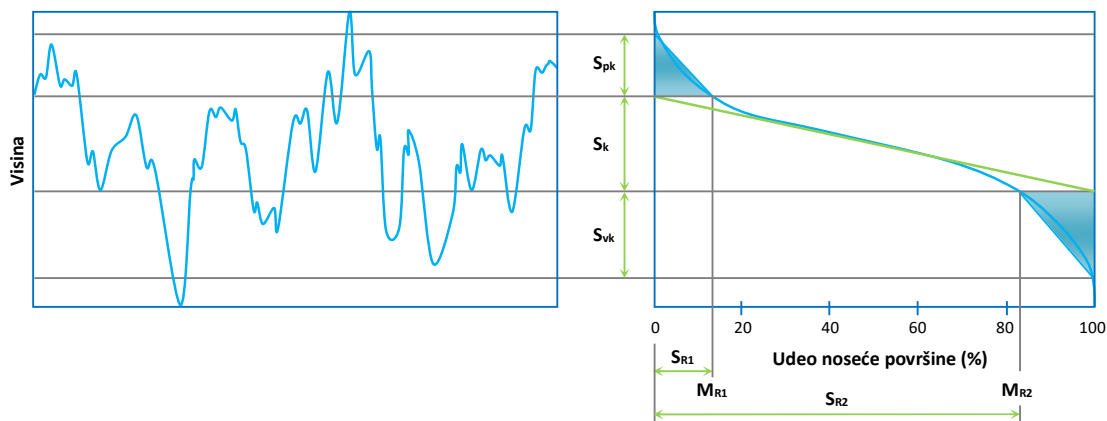
Predstavlja pokazatelj veličine zapremine praznina najdubljih dolina. Određuje se kao odnos zapremine praznina u zoni dolina (zona između visine koja odgovara 80%-nom udelu noseće površine i visine koja odgovara 100%-nom udelu noseće površine) i RMS devijacije:

$$Svi = \frac{V_v(h_{0.80})}{A} \div Sq$$

Za površinu sa Gausovom raspodelom $S_{vi} = 0.11$. Veća vrednost ovog parametra označava bolju sposobnost zadržavanja fluida, tj. veću zapreminu praznina u zoni dolina.

Parametri definisani ISO 13565-2 standardom

Određuju se na osnovu slike 7. Prvo se traži segment krive nosivosti koji ima najmanji nagib, a zatim se metodom najmanji kvadrata određuje prava linija koja prolazi kroz pomenuti segment. Veličina segmenta mora biti 40% od veličine krive nosivosti. U tačkama preseka nastale linije i vertikalnih linija (0% i 100%) ucrtavaju se horizontalne linije. Zatim se ucrtava linija sa početkom u tački preseka krive nosivosti i gornje horizontalne linije i krajem na vertikalnoj liniji 0%. Položaj krajnje tačke treba da je takav da površina oformljenog trougla odgovara površini između krive nosivosti i gornje horizontalne linije. Na sličan način se ucrtava linija od donje horizontalne linije do vertikalne linije 100% (8).



Slika 6.16 Kriva nosivosti, određivanje funkcionalnih parametara prema ISO 13565-2 (6; 7; 9)

SPK – REDUKOVANA VISINA VRHOVA (ENG. REDUCED SUMMIT/PEAK HEIGHT)

Parametar S_{pk} predstavlja meru visine vrhova koji se nalaze iznad nominalne hrapavosti površine, tj. vrhova koji izviru iznad glavnog platoa površine. Pokazatelj je visine materijala koji se uklanja u početnoj fazi klizanja. Tako npr. kod automobilskih cilindara S_{pk} predstavlja meru pohabanosti odmah po paljenju motora.

Velika vrednost S_{pk} ukazuje na postojanje visokih vrhova i tada je površina kontakta mala. U većini slučajeva poželjna je mala vrednost S_{pk} kako bi se smanjio broj čestica habanja nastalih u početnoj fazi klizanja.

Određuje se sa slike 7 kao visina desnog trougla koji se formira prema gore opisanom postupku. Osnovica nastalog trougla označava se sa S_{R1} , dok M_{R1} predstavlja udeo površine koji može biti uklonjen na početku klizanja (9).

SK – HRAPAVOST U CENTRALNOJ ZONI (ENG. THE CORE ROUGHNESS DEPTH)

Parametar S_k je mera nominalne hrapavosti (rastojanje od najviše do najniže tačke) površine koja bi nastala nakon uklanjanja dominirajućih vrhova i dolina. Predstavlja hrapavost površine koja nosi opterećenje nakon početnog uklanjanja vrhova.

Ovaj parametar može se koristiti umesto parametara S_a , S_t i S_z u slučajevima kada prisustvo preterano velikih vrhova ili dolina može ugroziti ponovljivost određivanja nabrojanih parametara (9).

SVK – REDUKOVANA DUBINA DOLINA (ENG. REDUCED VALLEY DEPTH)

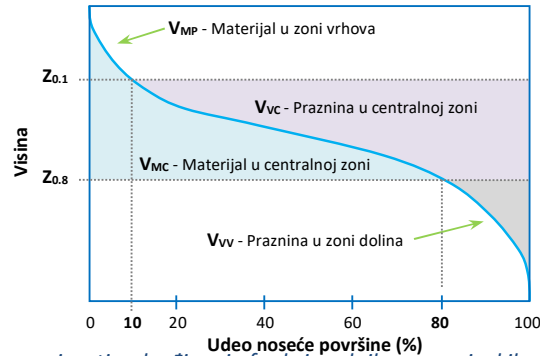
Predstavlja meru dubine dolina ispod nominalne hrapavosti, tj. dolina ispod glavnog platoa površine. Parametar se koristi za procenu sposobnosti zadržavanja fluida i zarobljavanja čestica habanja.

Određuje se sa slike 7 kao visina levog trougla koji se formira prema gore opisanom postupku. Osnovica nastalog trougla označava se sa S_{R2} . Razlika $100 - M_{R1}$ predstavlja udeo površine koju sačinjavaju najdublje doline (9).

Funkcionalni zapreminski parametri

U novom standardu ISO 25178 3D funkcionalni indeksi zamenjeni su funkcionalnim zapreminskim parametrima koji bolje predstavljaju funkcionalne osobine površine. Vrednosti funkcionalnih indeksa su slične za različite tipove površina, kao i za različite vrednosti hrapavosti. Stoga je na osnovu njih teško govoriti o nosivosti površine ili o mogućnosti zadržavanja fluida, pogotovo ako je reč o sličnim površinama kod kojih postoji razlika samo u veličini motiva slika 6.17. Funkcionalni zapreminski parametri nemaju navedeni nedostatak (10).

Određuju se kao i prethodne dve grupe parametara na osnovu Abeove krive (Slika 6.15) i izražavaju se u jedinici zapremine po jedinici površine (ml/m^2 ili $\mu\text{m}^3/\text{mm}^2$ ili $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$) (6).



Slika 6.17 Kriva nosivosti, određivanje funkcionalnih zapreminskih parametara ISO 25178 (6)

V_{MP} – ZAPREMINA MATERIJALA VRHOVA (ENG. PEAK/SURFACE MATERIAL VOLUME)

Predstavlja zapreminu materijala koji se nalazi u prvih 10% noseće površine, po jedinici površine:

$$V_{mp} = \frac{V_m(h_{0.10})}{A}$$

Gde je: V_m – zapremina materijala na određenoj visini

V_{MC} – Zapremina materijala jezgra (eng. core material volume)

Predstavlja zapreminu materijala koji se nalazi u zoni od 10% do 80% noseće površine, po jedinici površine:

$$V_{mc} = \frac{V_m(h_{0.80}) - V_m(h_{0.10})}{(M - 1)(N - 1) \cdot \Delta x \Delta y}$$

V_{VC} – Zapremina praznina u jezgru (eng. core void volume)

Predstavlja zapreminu praznina koje se nalaze u zoni od 10% do 80% noseće površine, po jedinici površine:

$$V_{vc} = \frac{V_v(h_{0.10}) - V_v(h_{0.80})}{A}$$

LITERATURA

1. *Surface finish 101*. 800-875-4243.
2. Zygo. *MetroPro Surface Texture Parameters*. s.l. : Zygo Corporation. www.zygo.com.
3. Zecchino, Mike. *Characterizing Surface Quality: Why Average Roughness is Not Enough*. s.l. : Veeco Instruments, Inc.
4. Veeco. *Image Processing Software Reference Manual*. Santa Barbara, California : s.n., 2004.
5. Bhushan, Bharat. *Surface Roughness Analysis and Measurement Techniques. Modern Tribology Handbook*. s.l. : CRC Press LLC, 2001.
6. Blateyron, Francois. *New 3D Parameters and Filtration Techniques for Surface Metrology*. s.l. : Digital Surface, 2006.
7. *Surface Texture - Panel Discussion*. Committee, ASME B46. International Joint Tribology Conference.
8. Imagemet. *Roughness Parameters*. s.l. : www.imagemet.com.
9. Metrology, Michigan. *Glossary of surface texture parameters - 3d surface texture parameters*. s.l. : Michigan Metrology.
10. Liam Blunt, Xiangqian Jiang. *Advanced Techniques for Assessment Surface Topography: Development of a Basis for 3D Surface Texture Standards "Surfstand"*. s.l. : Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN-10: 1903996112.
11. *Vežbe iz inženjerstva površina*. Rakita, Milan. s.l. : Laboratorija za termičku obradu, 2006.
12. *Effect of roughness on the phase velocity of Rayleigh waves in GaAs crystals*. N.Tarasenko, P.Bohac, L.Jastrabik, D.Chvostova, A.Tarasenko. 491, 2005, Thin Solid Films, str. 184 - 189.
13. *Plasmons on a randomly rough surface*. L.A. Moraga, Raul Labbe. 14, 1990, Physical Review B, T. 41, str. 221-223.
14. dizajna, Studij. *Hrapavost tehničkih površina*.