

HRAPAVOST

■ dr Anica Milošević

Hrapavost površina

Površine mašinskih delova su obavezno u većoj ili manjoj meri neravne i hrapave. Mikrogeometrija površina ima dominantan uticaj na uslove kontakta površina a time i na tribološke pojave mašinskih delova. (Tribolobija – nauka o trenju).

Topografski izgled površina morao bi se posmatrati u trodimenzionalnom obliku. U praksi se analiza svodi na površinske preseke, odnosno na dve dimenzije. Neravnine možemo da podelimo zavisno od njihove veličine, amplitude ili dužine prostiranja talasa profila na:

- makro neravnine,
- mikro neravnine,
- submikro neravnine.

Makro neravnine se mogu uočiti okom ili grubim instrumentom i tu spadaju:

- neravnomernost,
- iskrivljenost (valovitost).

Ovakve deformacije nastaju usled grešaka u obradi, nepravilnog položaja ili vibracije alata, odnosno predmeta u toku obrade, nepravilne termičke obrade.

Mikro neravnine predstavljaju osnovnu strukturu neravnina i definiše se kao hrapavost površina. Ove neravnine su po pravilu posledica obrade. Neravnine u obliku brazdi pravilnog oblika (stalne amplitude i dužine talasa) sa istim pravcem prostiranja, posledice su oblika reznog alata (pri struganju, glodanju, rendisanju). Nepravilne neravnine manjih amplituda sa slučajem rasporeda u svim pravcima po površini, daju procesi abrazivne obrade (lepovanje, elektropoliranje), peskarenje, galvanske završne obrade i dr.

Submikro neravnine su vidljive samo posebnim tehničkim sredstvima i predstavljaju geometrijske granice kristalne strukture materijala. Na submikro neravnine utiču unutrašnja naprezanja u materijalu, dislokacije u kristalnoj rešetci materijala kao i hemijsko i termičko tretiranje površina, korozivno dejstvo atmosfere i dr.

Pod valovitošću površina podrazumevaju se neravnine koje se javljaju na površinama u talasima (valovima), približno jednakog koraka i visine. Pri tome je korak talasa veći od visine talasa. Korak talasa je rastojanje između dva vrha talasa. Koraci talasa (S_v) kreću se najčešće od (0.7-5)mm, a visine talasa (H_v) su znatno manje i kreću se od (0.001-0.03)mm. Pod valovitošću se podrazumevaju one neravnine na površini čvrstih tela koje zadovoljavaju uslov da je $S_v / H_v > 40$.

Pod hrapavošću površina čvrstih tela podrazumevaju se neravnine čije je rastojanje relativno malo (2-800) μm , a visine mogu biti veoma različite od (0.03-400) μm .

Osnovni numerički parametri hrapavosti se određuju po standardu ISO, JUS tzv: sistemom M, polazeći od srednje linije profila. Srednja linija profila seče profil tako da ukupan zbir površina profila na obe strane linije srednjeg profila bude jednak.

JUS M.A1.020 – utvrđeni su pojmovi i vrednosti hrapavosti površina. Najčešće primenjivani parametri hrapavosti su:

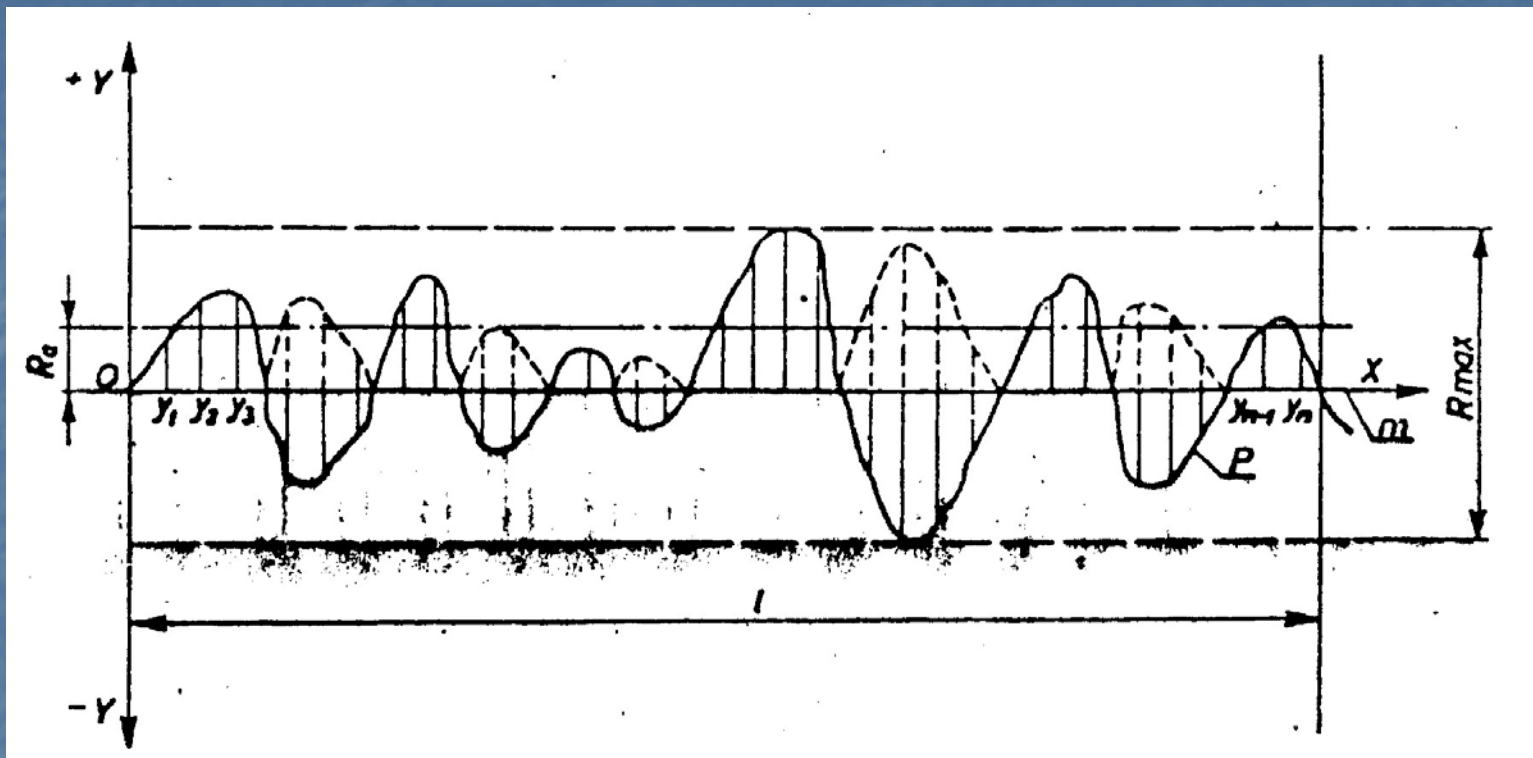
Ra – srednje aritmetičko odstupanje profila od srednje linije, predstavlja apsolutna odstupanja svih tačaka efektivnog profila od srednje linije u granicama referentne linije,

Rz – srednja visina neravnina,

Rmax – maksimalna visina neravnina,

ln - dužina nošenja,

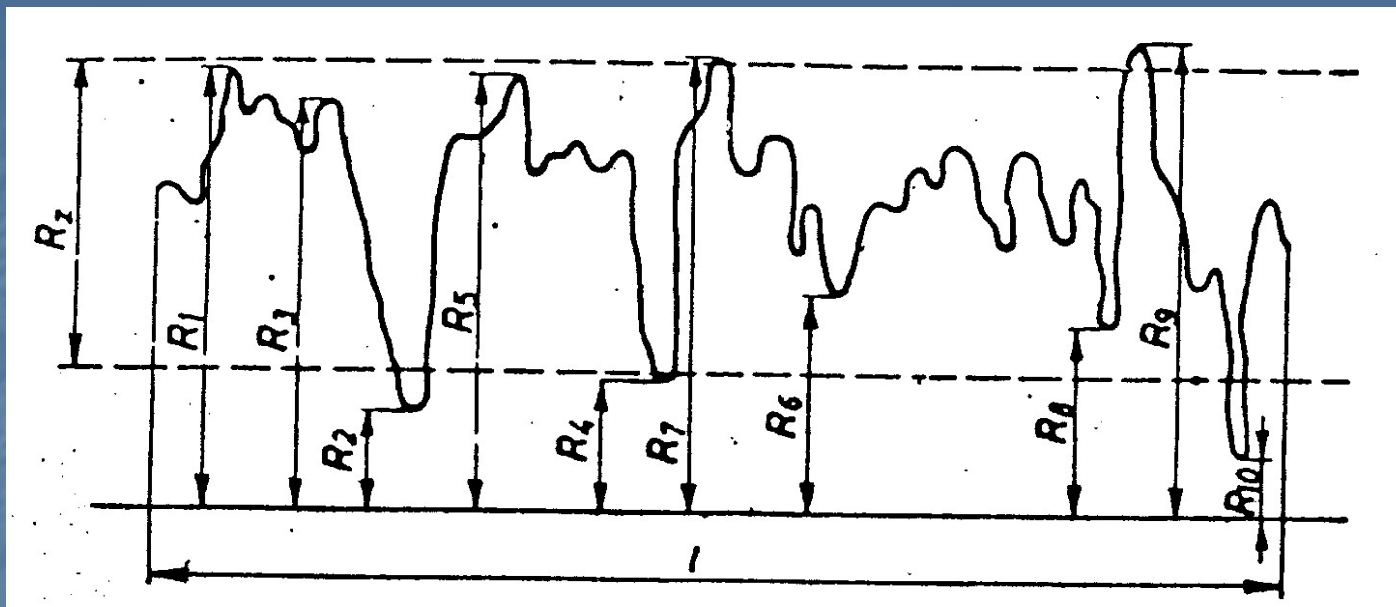
pn – procenat nošenja.



Slika 1. Visina neravnina

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx$$

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$



Slika 2. Srednja visina neravnina u 10 tačaka

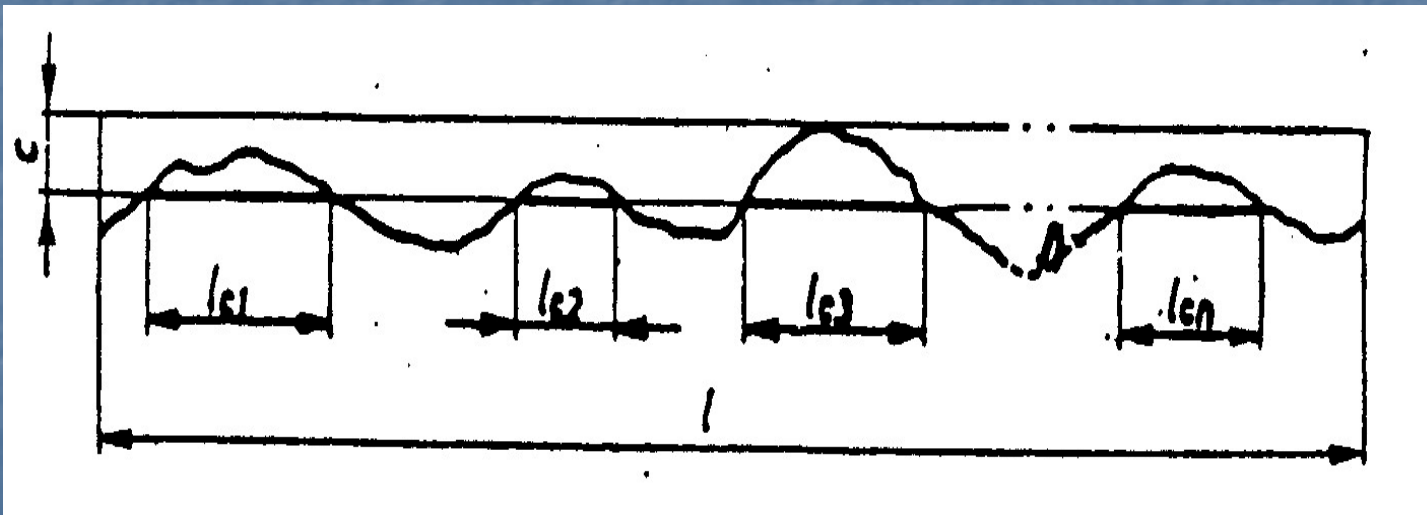
R_z - srednja visina neravnina u 10 tačaka predstavlja razliku između srednje aritmetičke vrednosti visina 5 najviših i 5 najnižih tačaka u granicama referentne dužine, kada se visine tih 10 tačaka mere od proizvoljne prave koja je paralelna sa referentnom pravom koja seče profil.

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + \dots + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + \dots + R_{10})}{5}$$

R_{\max} – maksimalna visina neravnina predstavlja razmak između dweju pravih paralelnih sa srednjom linijom i tako povučenih da u granicama referentne dužine dodiruju najvišu, odnosno najnižu tačku profila.

l_n - dužina nošenja predstavlja sumu odsečaka koje efektivni profil odseca na pravouj paralelnoj sa srednjom linijom profila, povučenoj na izvesnom rastojanju c ispod najviše tačke tog efektivnog profila.

$$l_n = l_{c1} + l_{c2} + l_{c3} + \dots + l_{cn}$$



p_n – predstavlja odnos dužine nošenja prema referentnoj površini izražen u %.

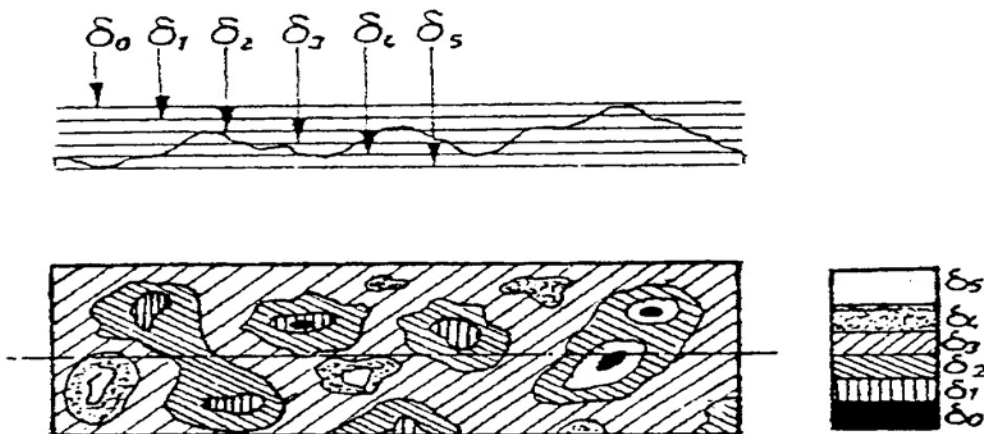
$$p_n = 100 * l_n / l \text{ [%]}$$

Poznavanje veličine osnovnih parametara hrapavosti površine nije dovoljno za proučavanje kontakta dva tela. Raspored materijala u hrapavom sloju kod dve površine sa jednakom klasom hrapavosti ne mora da bude jednak. Procesi trenja u zonama dodira, kao nosivost kontaktnih površina zavise u velikoj meri od rasporeda materijala u njihovim hrapavim slojevima.

Internacionalnim standardom su sve površine proizvoda u metaloprerađivačkoj industriji razvrstane u 12 klasa sa gledišta hrapavosti. To je izvršeno na osnovu veličina osnovnih parametara R_a , R_z , R_{max} . Raspored materijala u hrapavom sloju kod dve površine sa jednakom klasom hrapavosti ne mora da bude jednak. Procesi trenja u zonama dodira kao i nosivost kontaktnih površina zavise u velikoj meri od rasporeda materijala u njihovim hrapavim slojevima.

MERENJE HRAPAVOSTI POVRŠINA

Veliki nedostatak ovih metoda je to što je uzrok ispitivane površine redovno malih dimenzija i pitanje je koliko ispravno takav uzorak prezentuje tu površinu. Najčešće primenjena metoda merenja hrapavosti je merenje profimetrom sa iglom. Mogućnosti registrovanja nepravilnosti površine korišćenjem ove metode je $(1.3-2.5)\mu\text{m}$ u horizontalnom pravcu i od $(0.005-0.25)\mu\text{m}$ po vertikalnom pravcu, što je dovoljno za većinu tehničkih radova.



*Slika 4.
Dvodimenzionalna
mikrostrukturna slika
geometrijskih
neravnina površine*

Jasnija i reproduktivnija predstava geometrijskih neravnina površine, dobija se stereoskopskim mikroskopom. Takva slika se dobija posebnom obradom dvodimenzionalnih mikrostrukturnih slika, što pokazuje prethodna slika.

DODIR POVRŠINA ČVRSTIH TELA

U međusobnom kontaktu dva neopterećena čvrsta tela sa hrapavim površinama, dodir se ostvaruje u najmanje 3 ili više tačaka po najvišim vrhovima površinskih neravnina. U praksi, čvrsta tela uvek ostvare međusobni kontakt pod određenim opterećenjem a ponekad uz velike sile. Te sile izazivaju na mestima kontakta izuzetno veliki pritisak i najpre elastične a potom ili delimično potpuno plastične deformacije. Povećanjem pritiska, površine u kontaktu se međusobno približavaju i time povećavaju broj kontakata a zatim i površina stvarnog kontakta sve do postizanja ravnotežnog stanja kada je površina kontakta dovoljna da nosi trenutno opterećenje. To odgovara vrednosti tvrdoće mekšeg od dva, koja su u kontaktu.

Stvarna površina kontakta proporcionalna je opterećenju površina.

Ukupna (stvarna) površina kontakta je vrlo mala čak i pri većim opterećenjima. Stvarna površina kontakta je mali deo ukupne prividne površine u kontaktu.

Realna (stvarna) površina kontakta predstavlja zbir elementarnih površina po kojima se ostvaruje dodir između dva tela.

Veličina elementarnih površina dodira je vrlo mala, prečnika između $(3-50)\mu\text{m}$ i zavisi od mikrogeometrije dodirnih površina oba tela u dodiru i od spoljašnjeg opterećenja. Veličine realne površine u kontaktu su najčešće 10^{-4} - 10^{-2} od normalne količine kontakta.