

Controlul parametrilor de rugozitate

1 Calitatea suprafețelor

Calitatea și precizia suprafețelor reprezintă un criteriu de maximă importanță în condițiile eforturilor generale de ridicare a calității producției, mai ales în cazul operațiilor finale.

Există numeroase definiții ale termenului calitate formulate de experții în domeniu, care are un înțeles diferit pentru domenii diferite.

Conform ISO 8402-1986 (EN-28402-1991): „CALITATEA reprezintă ansamblul caracteristicilor unei entități (conținut de sine stăruitor, existență determinată ca întidere, valoare, conținut) materiale sau nemateriale care-i conferă aptitudinea de a satisface necesitățile (specificații și reprezintă niște exigențe care fac parte dintr-un contract.) exprimate” sau „măsura în care un ansamblu de caracteristici intrinseci îndeplinește cerințele”.

O definiție alternativă celei din standard este enunțată de A.M. Enătescu și se potrivește domeniului prelucrărilor prin așchiere: "Calitatea este abilitatea unui ansamblu de caracteristici intrinseci ale unui produs, sistem sau proces de a îndeplini cerințe ale clientului sau ale altor părți interesate."

Calitatea suprafeței unei piese este o noțiune complexă și cuprinde două aspecte:

- ◆ *Aspectul fizic al calității suprafeței* (starea fizico-mecanică și chimică) - starea stratului superficial al suprafeței prelucrate, microduritate, gradul de deformare, tensiunile remanente, neuniformitățile dn structura chimică, etc.
- ◆ *Aspectul geometric al calității suprafeței* (geometria stratului superficial), prin care se definesc abaterile suprafeței reale față de suprafața ideală geometrică (abateri de formă și dimensionale, abateri de orientare, abateri de poziție relativă).

Referitor la “aspectul geometric” (vizibil influențat de procesul tehnologic), trebuie analizate *abaterile de la forma suprafețelor sau abaterile geometrice ale suprafețelor* (SR ISO 4287/1-2000).

Notă: În desenul de execuție este reprezentată forma nominală a suprafețelor însă, în mod real, suprafața reală diferă de cea teoretică.

Aceste *abateri de la forma suprafețelor* sau *abateri geometrice* sunt diferențele cu care se obține forma suprafețelor prelucrate față de forma nominală a acelorași suprafețe, specificată în documentația de execuție [1].

Prin abaterile de formă se evaluează precizia formei suprafețelor pieselor.

Abaterile de la forma suprafețelor se împart în patru ordine de mărime, în funcție de raportul dintre pasul (S) și adâncimea neregularităților (Y) (fig. 1):

- *abateri de ordinul 1* sau *abateri macrogeometrice* - caracterizate prin raportul pas/ adâncime: $S_F / Y_F > 1000$;
- *abateri de ordinul 2* sau *ondulații* – cu raportul pas/ adâncime situat în intervalul: $50 \leq S_W / Y_W \leq 1000$;
- *abateri de ordinul 3 și 4* sau *abateri microgeometrice*, pentru care raportul pas/ adâncime: $S_R / Y_R < 50$.

Nota: Abaterile de ordinul 3 sunt determinate de factorii sistematici, iar cele de ordinul 4 sunt determinate de factori ce intervin aleatoriu.

Cele mai uzuale macroneregularități (*abateri de ordinul 1*), datorate impreciziei sistemului tehnologic de prelucrare, sunt:

- ♦ pentru suprafețe plane: neplaneitatea; convexitatea; concavitățile
- ♦ pentru suprafețe cilindrice: ovalitatea, poligonalitatea; conicitatea, dubla concavitate; dubla convexitate sau formă de butoi; curbarea sau formă de hiperboloid, etc.

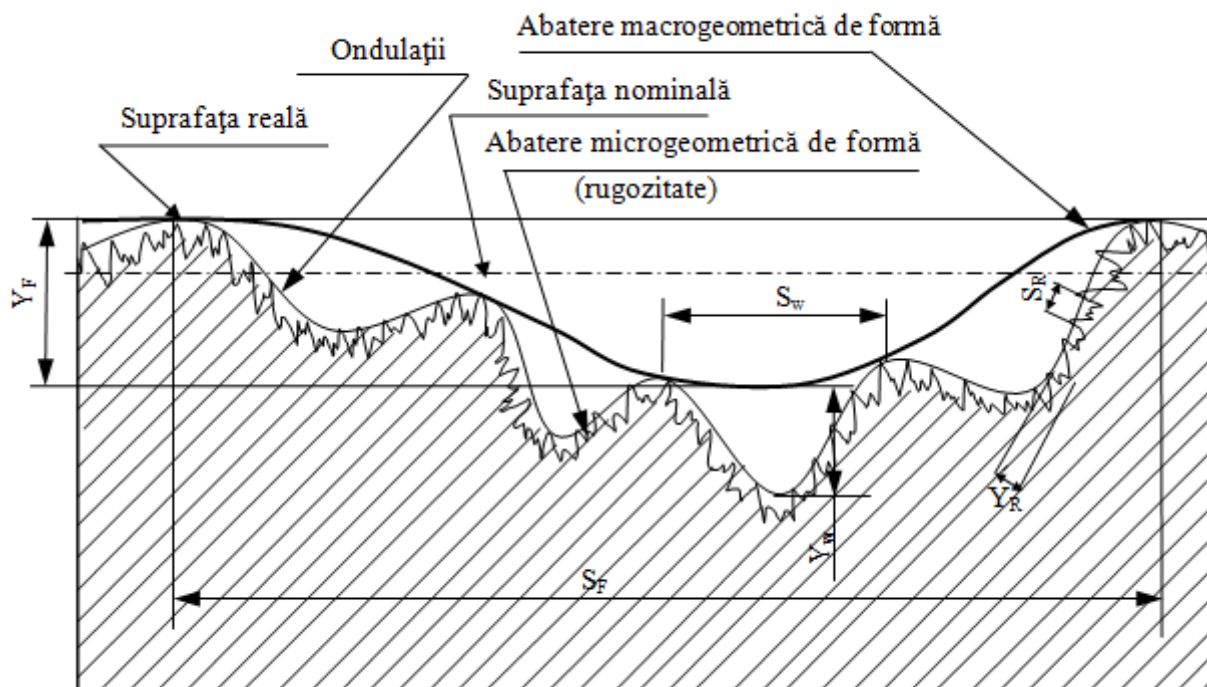


Fig. 1. Abaterile de formă ale suprafețelor

Rugozitatea suprafețelor reprezintă ansamblul microneregularităților cu pas relativ mic în raport cu adâncimea (Y_R) și care formează relieful suprafeței reale a unei piese.

Rugozitatea suprafețelor este de fapt o abatere de formă a suprafețelor, reprezentând ansamblul de microneregularități format din abaterile de ordinul 3, cu caracter periodic sau pseudoperiodic și din abaterile de ordinul 4, cu caracter neperiodic.

A.S.M. Lucrare de laborator

Rugozitatea suprafețelor se prezintă sub formă de: striaii, rizuri, smulgeri de material, goluri, pori, sufluri, fisuri, etc.

Evaluarea rugozității suprafețelor se realizează folosind diferite sisteme.

Un sistem de evaluare a rugozității este metoda de calcul, utilizată pentru aprecierea cantitativă a profilului efectiv obținut sau rezultat. Calculul are la bază un profil sau o linie de referință, stabilite convențional, față de care se face evaluarea profilului efectiv.

Cele mai uzuale sisteme de evaluare prin calcul sunt:

- sistemul liniei medii (M)
- sistemul liniei înfășurătoare (E)
- sistemul liniei adiacente (A)
- sistemul diferențelor variabile

În construcția de mașini cel mai utilizat este sistemul liniei medii (M).

Acest sistem are ca linie de referință linia medie (m) a profilului sau o linie echidistantă cu aceasta.

În acest sistem se definesc următoarele elemente (fig. 2.):

- *linia medie a profilului m* , este linia care are forma profilului nominal și care, în limitele lungimii de bază (l), împarte profilul efectiv astfel încât suma pătratelor ordonate ($Y_{R1}, Y_{R2}, \dots, Y_{Rn}$) profilului în raport cu această linie să fie minimă, conform relației:

$$\int_0^l Y_R^2 dx_R = \text{minim} \quad (1)$$

- *lungimea de bază l* , este lungimea liniei de referință aleasă convențional pentru a defini rugozitatea fără a fi influențată de celelalte abateri geometrice;
- *lungimea secțiunii măsurate L* , este lungimea secțiunii de suprafață stabilită pentru măsurarea parametrilor de profil ai rugozității; poate fi egală cu lungimea de bază sau un multiplu al ei;
- *linia exterioară a profilului (e)* este linia paralelă cu linia medie care, în limitele lungimii de bază, trece prin punctul cel mai înalt al profilului;
- *linia interioară a profilului (i)* este linia paralelă cu linia medie care, în limitele lungimii de bază, trece prin punctul cel mai de jos al profilului;
- *pasul neregularităților S_R* , este distanța între punctele cele mai de sus a două proeminente consecutive ale profilului efectiv.

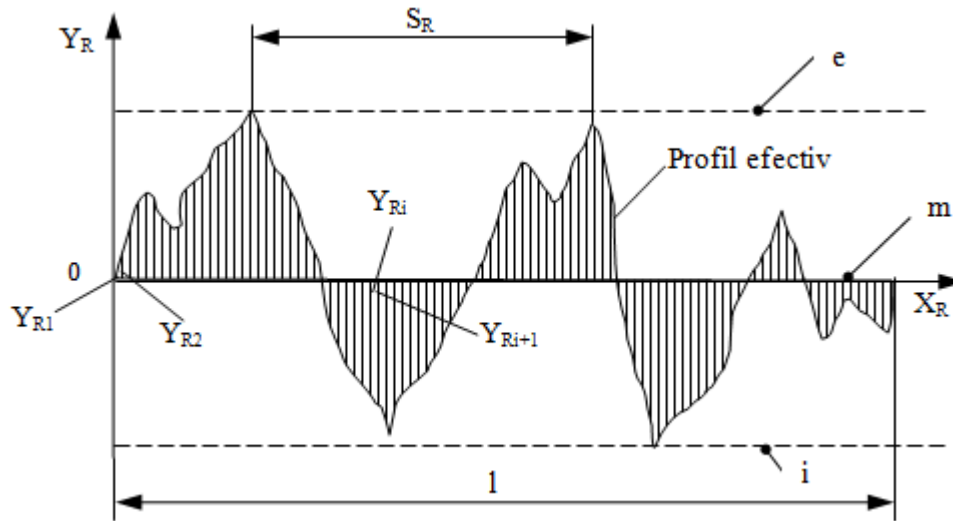


Fig. 2. Elementele sistemului liniei medii (M) de evaluare cantitativă a rugozității

Determinarea cantitativă a rugozității se realizează cu ajutorul unor indicatori numiți parametri de profil ai rugozității.

În sistemul liniei medii se folosesc două categorii de parametri de profil: parametri fizici și parametri statistici.

◆ *Parametrii fizici ai rugozității* exprimă caracteristicile dimensionale și de formă ale profilului.

Cei mai importanți parametri fizici sunt (fig.3):

- *adâncimea totală a rugozității R_{max}* este distanța dintre punctul cel mai înalt și punctul cel mai de jos ale profilului, în limitele lungimii de bază l (fig. 3a);
 - *adâncimea maximă a rugozității R_t* este distanța cea mai mare dintre un vârf și un gol consecutive ale profilului, în limitele lungimii de bază l (fig. 3a);
 - *adâncimea medie a rugozității R_z sau înălțimea medie a neregularităților* este distanța medie dintre cele mai înalte cinci puncte ale vârfurilor și cele mai joase cinci puncte ale bazei profilului, puncte cuprinse între limitele lungimii de bază l (fig. 3b).
- ◆ *Parametrii statistici ai rugozității* exprimă caracteristicile statistice ale profilului.

Cel mai important parametru statistic al rugozității este *adâncimea medie aritmetică a rugozității R_a sau abaterea medie aritmetică a rugozității*. Aceasta reprezintă valoarea medie a ordonatelor $Y_{R1}, Y_{R2}, \dots, Y_{Rn}$ ale profilului efectiv "P" (fig.3a), până la linia medie "m" considerate în limitele lungimii de referință "l"

Relația de calcul este:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Y_R| dx_R \text{ sau } R_a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{Ri}}{n} \text{ (aproximativ) [4] } \quad (.2.)$$

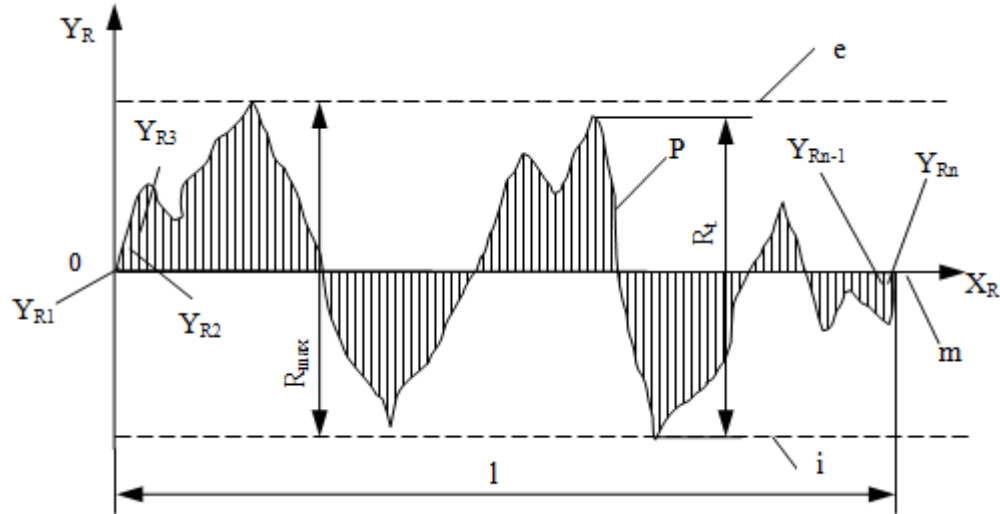


Fig. 3. a. Microneregularitățile (rugozitățile) - Criteriul R_a

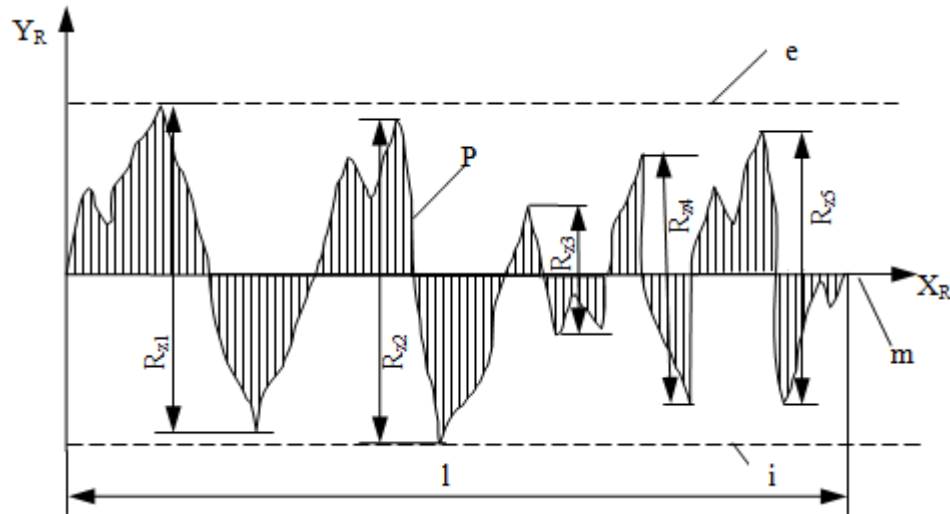


Fig. 3. b. Microneregularitățile (rugozitățile) - Criteriul R_z

Pentru aprecierea rugozității sunt utilizate mai multe criterii care au la bază unul din parametrii definiți mai sus. Sunt folosite astfel:

- criteriul R_a
- criteriul R_z
- criteriul R_{max} (criteriu suplimentar sau secundar)

Între parametrii definiți există relații de legătură precum:

$$\log R_z = 0,65 + 0,97 \log R_a$$

$$\log R_{max} = 1,97 + 0,98 \log R_a$$

$$R_{max} = (3 \dots 6) R_a$$

2. Echipament pentru măsurarea rugozității

Calitatea pieselor imprimate o apreciem în lucrarea de față prin **rugozitatea suprafețelor**, ce reprezintă ansamblul microneregularităților cu pas relativ mic în raport cu adâncimea (Y_R) și care formează relieful suprafeței reale a unei piese.

Măsurarea rugozității o vom realiza folosind un rugozimetru inductiv de tip Mitutoyo (fig.4) ce are următoarele caracteristici: viteza de măsurare 0,25 mm/s, metoda de măsurare- diferentia inductivă, palpator cu varf de diamant, filtrul digital – tip Gauss, standardul de rugozitate EN ISO, lungimea cut-off- λ_c : 0,08 mm, 0,25 mm, , 0,8 mm, 2,5 mm

Metode experimentale de determinare a rugozității suprafețelor la strunjire

Controlul rugozității suprafețelor se face cu următoarele metode:

- metoda de evaluare calitativă, prin compararea cu mostre etalon de rugozitate;
- metoda de evaluare cantitativă sumară a rugozității pe o porțiune dată;
- metoda de evaluare cantitativă a rugozității într-o secțiune dată;
- metoda de evaluare cantitativă absolută a rugozității.

În funcție de rugozitatea prescrisă, STAS 4200-69 indică modul de alegere a mijloacelor de verificat și măsurat rugozitatea

◆ **Metode de evaluare calitative comparative pentru determinarea rugozității**

◆ **Mostre de rugozitate**

Acestea se utilizează pentru determinarea comparativă a rugozității.

Mostrele de rugozitate sunt plăcuțe dreptunghiulare cu suprafața plană, cilindrică concavă sau cilindrică convexă.

Suprafața de măsurare a mostrelor este caracterizată printr-o rugozitate proprie și de o anumită orientare a neregularităților. Suprafața de măsurare este o suprafață reală sau care reproduce o suprafață reală având o valoare cunoscută a rugozității R_a .

Mostrele de rugozitate sunt executate în seturi, pe serii de rugozități, pentru diferite procedee și diferite forme ale suprafețelor a căror rugozitate se determină.

Compararea rugozității suprafețelor se poate face:

- ◆ Cu ochiul liber, pentru suprafețe cu $R_a \geq 3,2 \mu m$;
- ◆ Cu lupa simplă, pentru suprafețe cu $R_a \geq 1,6 \mu m$;
- ◆ La microscopul de atelier, pentru suprafețe cu $R_a = 12,5 \dots 0,4 \mu m$;
- ◆ La microscopul comparator, pentru suprafețe cu $R_a = 12,5 \dots 0,1 \mu m$.

◆ **Determinarea rugozității folosind metode cantitative absolute**

Metodele absolute, mai precise decât cele comparative, sunt:

- *Metoda secțiunii luminoase*- constă în observarea la un microscop a intersecției unui plan materializat de un fascicol de raze luminoase sub formă de bandă, cu suprafața de verificat. Fascicolul care materializează planul cade oblic față de suprafața de cercetat. Suprafața de verificat nefiind absolut netedă, linia de intersecție va fi o

linie care reproduce asperitățile suprafeței ;

- *Metoda interferențială* – metoda se bazează pe măsurarea abaterilor de profil folosind benzi de interferență, care se crează între suprafața piesei și suprafața de referință dată. Aprecierea neregularităților se face folosind un microscop interferențial;
- *Metoda palpării directe*. Această metodă constă în măsurarea rugozității suprafeței prin palparea profilului cu un palpator (ac) de-a lungul direcției de măsurare. Se poate folosi un rugozimetru inductiv cu palpate, schema de principiu este prezentată în fig.4, iar o variantă constructivă în fig. 5.

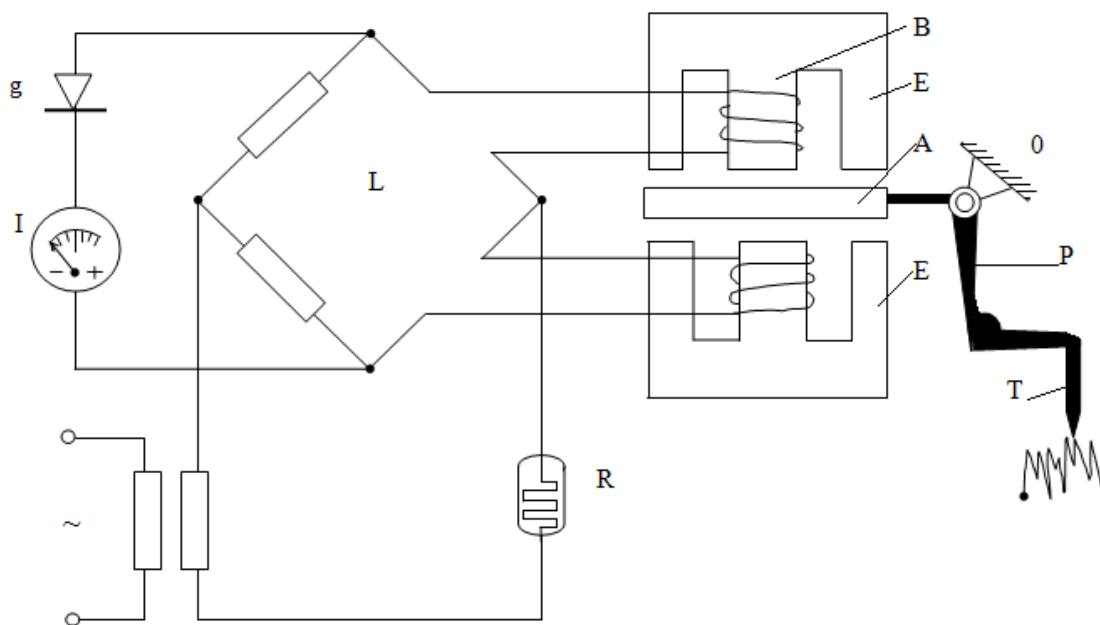


Fig.4 Principiul de măsurare al rugozimetrului inductiv: *T* – palpator, *P* – brațul unei pârgii *E* – electromagneți, *A* – armătură, *L* – puntea de măsurare, *R* – rezistență, *I* - instrument indicator.

Sub acțiunea măsurandului *M* palpatorul *T* (care este un diamant sau safir, cu unghiul la vârf de 60° și raza $r = (1 \dots 10)$ mm) se deplasează în plan vertical și pârgia se rotește în jurul punctului de articulație *O*, modificând întrefierul dintre armătura *A* și electromagneții *E*, ca urmare dezechilibrând puntea de măsurare *L*. Cunoscând legătura dintre deplasarea acului palpator *T* și dezechilibrarea punții *L* se poate determina mărimea la un instrument indicator *I*. Înaintea aparatului inductor trebuie să se introducă un amplificator.

Metoda oferă o serie de avantaje, cum sunt: universalitate, posibilitatea înregistrării rapide a profilului, amplificări și lungimi de palpăre mari, iar la cele moderne, prevăzute cu calculator, se pot reda toate informațiile referitoare la microgeometria suprafețelor.



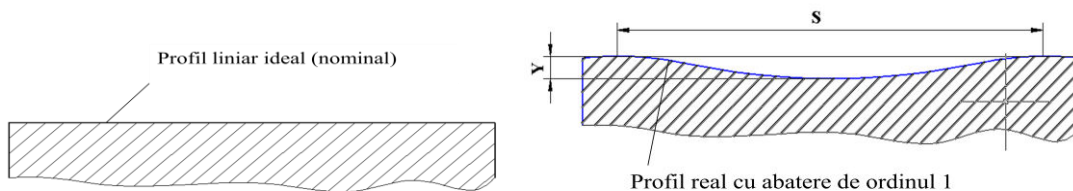
Fig.5. Rugozimetru inductiv cu palpăre [5]

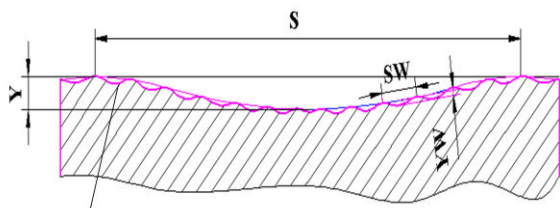
Rugozitatea suprafețelor reprezintă ansamblul microneregularităților cu pas relativ mic în raport cu adâncimea și care formează relieful suprafeței reale a unei piese.

Rugozitatea suprafețelor este, de fapt, o abatere de formă a suprafețelor, reprezentând ansamblul de microneregularități format din abaterile de ordinul 3, cu caracter periodic sau pseudoperiodic și din abaterile de ordinul 4, cu caracter neperiodic.

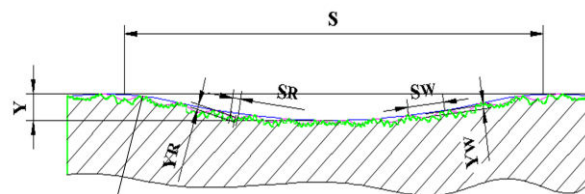
Abaterile de la forma suprafețelor sunt diferențele cu care se obține forma suprafețelor prelucrate față de forma nominală a aceluiași suprafețe, specificată în documentația de execuție.

Prin abaterile de formă se evaluează precizia formei a suprafețelor pieselor. Abaterile la forma suprafețelor se împart în patru ordine de mărime, în funcție de raportul dintre pasul .





Profil real cu abateri de ordinul 2



Profil real cu abateri de ordinul 3 și 4

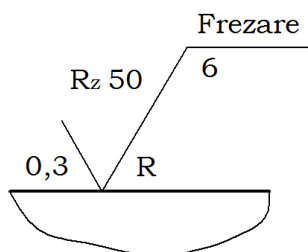
Filtrarea abaterilor geometrice

Tabelul2.

Nr. crt.	Noțiunea	Definire
1.	Filtrare	Separarea componentelor transmise de cele atenuate ale profilului efectiv.
2.	Profil filtrat	Profilul modificat, obținut prin aplicarea filtrării; după componentele transmise ale profilului
3.	Profil filtrat „trece jos”	Profilul obținut prin filtrare cu joasă frecvență care permite transmiterea componentelor cu frecvență joasă (sunt restituite abaterile de ordinul 1 și 2 și atenuate abaterile de ordinul 3 și 4).
4.	Profil filtrat „trece sus”.	Profilul obținut prin filtrare cu înaltă frecvență care permite transmiterea componentelor cu frecvență înaltă (sunt restituite abaterile de ordinul 3 și 4 și atenuate abaterile de ordinul 1 și 2).

Rugozitatea suprafețelor se evaluează pe un profil filtrat „trece sus”.

Notare pe desen



Identificarea notațiilor. Interpretare

0,3: valoarea adâncimii de așchiere este 0,3 mm;

Rz: parametrul de rugozitate pentru care s- a prescris o valoare maximă este adâncimea medie a rugozității;

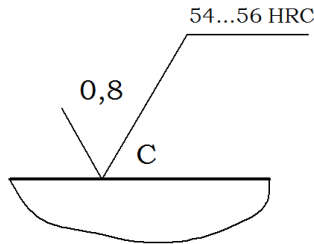
50: valoarea maximă pentru Rz este de 50 μm;

Frezare: suprafața pentru care s- au stabilit condițiile de stare este prelucrată prin frezare;

6: valoarea lungimii de bază este de 6 mm;

R: direcția neregularităților este aproximativ radială față de centrul suprafeței considerate.

Notare pe desen



Identificarea notațiilor. Interpretare

0,8: valoarea maximă pentru parametrul de rugozitate R_a (adâncimea medie aritmetică a rugozității) este de $0,8 \mu\text{m}$;

54...56 HRC: valoarea durității stratului superficial al suprafeței să fie cuprinsă între 54 și 56 unități Rockwel, scara C;

C: direcția neregularităților este aproximativ circulară și concentrică cu centrul suprafeței.

Notă: nu s- a înscris simbolul parametrului R_a (se subînțelege că valoarea de $0,8 \mu\text{m}$ s- a stabilit pentru acest parametru de rugozitate).

Notă: nu s- a înscris valoarea adâncimii de așchiere (va fi stabilită de tehnolog).

Notă: nu s- a înscris valoarea lungimii de bază (este o valoare standardizată, conform tab. 1).

Metode pentru controlul parametrilor de rugozitate

Tabelul 7.

Nr. crt.	Categoria	Metoda de control	Aparate utilizate
1.	Metode fără contact	Metodă de verificare	Mostre de rugozitate
		Metoda secțiunii luminoase.	Microscopul dublu de atelier.
		Metoda comparativă	Lupă
			Microscopul de atelier.
			Microscopul de comparație
			Microscopul electronic
		Metoda de interferență	Aparate pneumatice
Microscopul de interferență			
2.	Metode cu contact	Măsurarea cu profilograful	
		Măsurarea cu profilometrul	
		Măsurarea cu rugozimetrul	Staționar
			Portabil

A.S.M. Lucrare de laborator

Echipament experimental folosit:

1. Truse cu mostre de rugozitate



a.- mostre cu suprafețe active plane; b.- mostre cu suprafețe active cilindrice

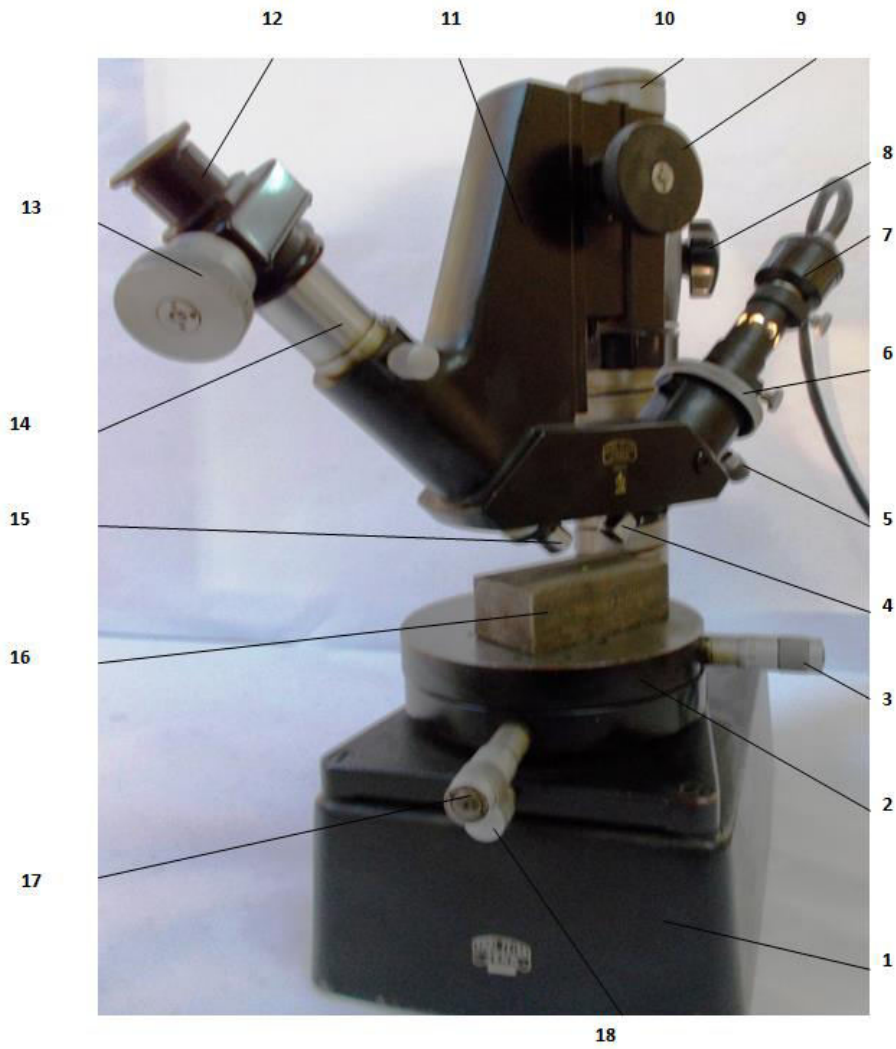
Verificarea cu mostre de rugozitate



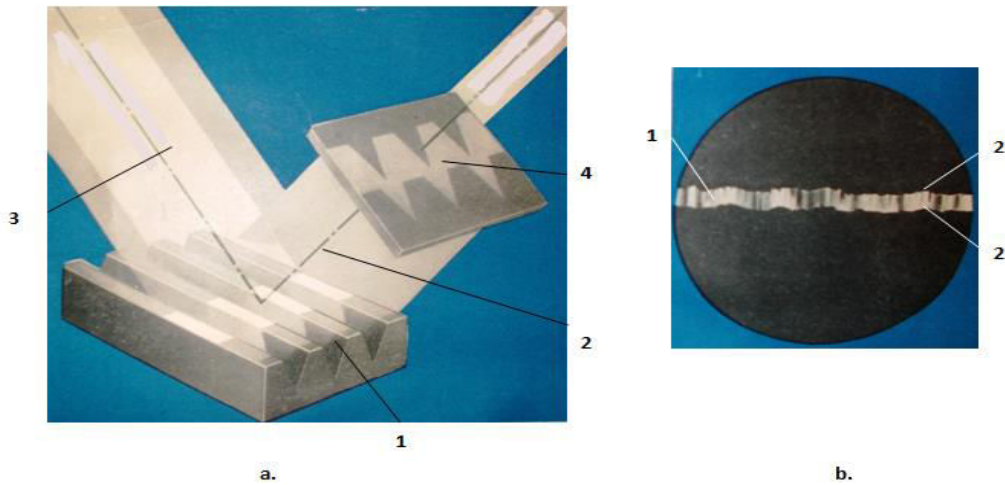
a.- piesă cu suprafață plană; b.- piesă cu suprafață cilindrică

2. Măsurarea cu microscopul dublu de atelier (Shmaltz- Linnik)

A.S.M. Lucrare de laborator

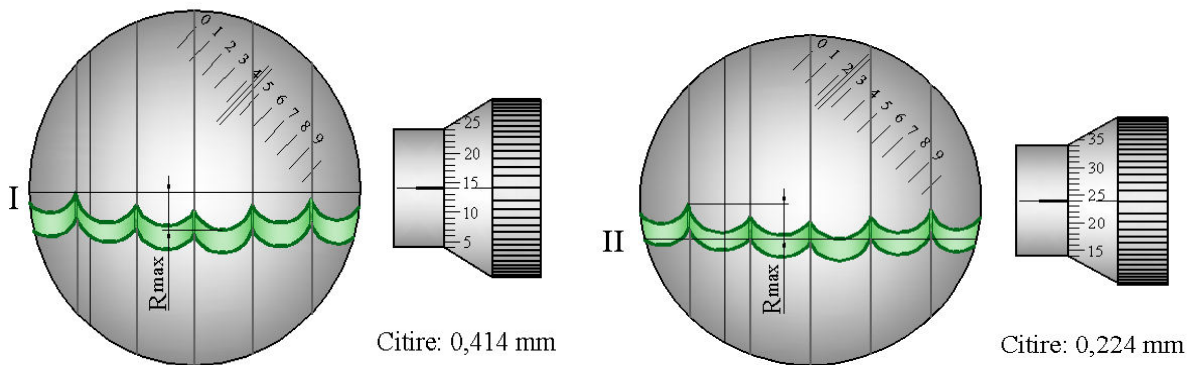


Procedeeul se bazează pe metoda secțiunii luminoase



a.- fluxurile de lumină; b.- imaginea zonei luminoase

Schema de măsurare a adâncimii totale a rugozității, cu microscopul dublu de atelier



3. Rugozimetru inductiv (Metoda palpării directe)

Mitutoyo SurfTest SJ-210



Se măsoară un set de piese prestabilite iar informațiile se trec în tabele formulându-se concluzii privind cele trei metode de evaluare a parametrilor de rugozitate.

A.S.M. Lucrare de laborator

<i>Nr. Exp.</i>	<i>Ra theoretic (de pe desen)</i>	<i>1. R_aexp [μm]</i>	<i>2. R_aexp [μm]</i>	<i>3. R_aexp [μm]</i>
1.				
2.				
...				
6.				

Referințe bibliografice

1. Cioată, F., *Abateri de formă macrogeometrică și microgeometrică a suprafețelor*. Suport de curs, disponibil <http://www.mus-tuiasi.tk/Documents/>
2. Grama Lucian - *Bazele tehnologiilor de fabricare în construcția de mașini*, Editura Universității "Petru Maior", Târgu – Mureș, 2000
3. Panait, S. *Optimizarea sistemelor de fabricație*, Note de curs, Iași, 2006,
4. Pater, S., *Toleranțe și control dimensional*, Editura Universității din Oradea, Oradea, 2011
5. * * * Rugozimetru inductiv, disponibil la: <http://aparaturadelaborator.allshops.ro/produs/429723/Rugozimetru+PCE-RT+1200.html>