

MODELAREA RUGOZITĂȚII SUPRAFEȚELOR PRELUCRATE PRIN SUPERFINISARE PE BAZA VOLUMULUI DE MATERIAL PRELEVAT ÎN UNITATEA DE TIMP

MODELLING OF SURFACE ROUGHNESS OBTAINED BY SUPERFINISHING BASED ON CUTTING MATERIAL VOLUME IN UNIT TIME

Constantin BUZATU

"Transilvania" University of Brasov, Romania

Rezumat. Lucrarea prezintă o posibilitate de modelare matematică a rugozității suprafeței prelucrate prin superfinisare, pe baza volumului de material prelevat în unitatea de timp, prin prisma influenței parametrilor tehnologici, constructivi ai sculei și a caracteristicilor de precizie dimensională și microgeometrică obținute în prelucrarea anterioară. De asemenea, pe baza modelării matematice a rugozității se analizează prin dependențe grafice, influența cantitativă a acestor factori pentru condiții concrete de prelucrare.

Cuvinte cheie: superfinisare, rugozitate, modelare, optimizare tehnologică

1. Introducere

Procedeele de prelucrare de netezire a suprafețelor metalice au fost concepute pentru a fi utilizate, în special în scopul diminuării unor influențe negative asupra preciziei de lucru, precum și a modificării structurale a materialului ce apar la prelucrările de degroșare și finisare prin așchiere anterioare, determinate în special de temperatura mare din zona de contact dintre sculă și piesă, de distrugerea structurii cristaline a metalului în straturile superficiale, de eforturile mari din zona de așchiere [1, 2].

Prelucrarea suprafețelor metalice prin superfinisare sau prin honuire se recomandă ca operație finală de netezire în scopul îmbunătățirii rugozității suprafețelor până la valori $R_a = 0,0125 \mu\text{m}$ [1] și mai puțin pentru ridicarea preciziei dimensionale și geometrice.

Datorită cerințelor tot mai mari care se impun rugozității suprafețelor prelucrate, aceasta influențând pozitiv durabilitatea și fiabilitatea produselor, cercetările performanțelor tehnice și economice ale aplicării procedeele de netezire, vizează, în special optimizarea parametrilor tehnologici și a celor constructivi ai sculelor abrazive [1, 2].

Pe lângă acești parametri, o influență semnificativă asupra rugozității obținute în urma superfinisării o au și condițiile de precizie dimensional-geometrică obținute la prelucrarea anterioară [1]. Modelarea procesului de lucru prin superfinisare, prin prisma influenței diversilor factori asupra rugozității suprafeței obținute în procesul de

Abstract. In the paper is presented a possibility of mathematical modeling of surface roughness obtained by superfinishing, based on cutting material volume in unit time, through the influence of process parameters, of tool and of dimensional and geometrical accuracy from previous machining process. Also is shown based on mathematical modeling of roughness the influence of these factors in some machining processes.

Key words: superfinishing, roughness, modeling, technological optimization

1. Introduction

The finishing machining methods of the metallic surfaces was conceived to be used specially to diminish the negative influences on the working accuracy and on the structural modification of materials which appear at the previous roughing and semifinishing operations, made by the temperature which arises at tool-part contact, by the destroyed of the metal crystalline structure in the external layers and by big stress in the cutting zone [1, 2].

Machining by superfinishing or honing is recommended as final operation to improve surface finish to the values of $R_a = 0.0125 \mu\text{m}$ [1], and in a small rate to improve dimensional and geometrical accuracy.

Due to the great demands regarding the surface roughness which has a great influence on the service life and reliability of parts and the researches of the technical and economical performances of finishing processes were made to optimize the process parameters and constructive parameters of the abrasive tools [1, 2].

Other parameters that have a great influence on the surface roughness obtained through superfinish are the dimensional and geometrical accuracy conditions at previous operations [1]. The modelling of machining by superfinishing according with the influences of various factors on the surface finish was made in the literature [2, 3, 4,

prelucrare s-a realizat în literatura de specialitate [2, 3, 4, 5, 6], în special pe baza prelucrării unor date experimentale obținute în condiții concrete de lucru.

Pornind de la aceste considerente, în cele ce urmează se prezintă o variantă cu aspecte teoretice originale de modelare a rugozității obținute prin superfinisare, bazată pe productivitatea prelucrării exprimată prin volumul de material prelevat în unitatea de timp.

2. Modelarea rugozității suprafeței prelucrate prin superfinisare pe baza volumului de material prelevat

Din punct de vedere al cinematicii procesului de prelucrare prin superfinisare, schema principală a elementelor reprezentative ale sistemului tehnologic se prezintă ca în figura 1.

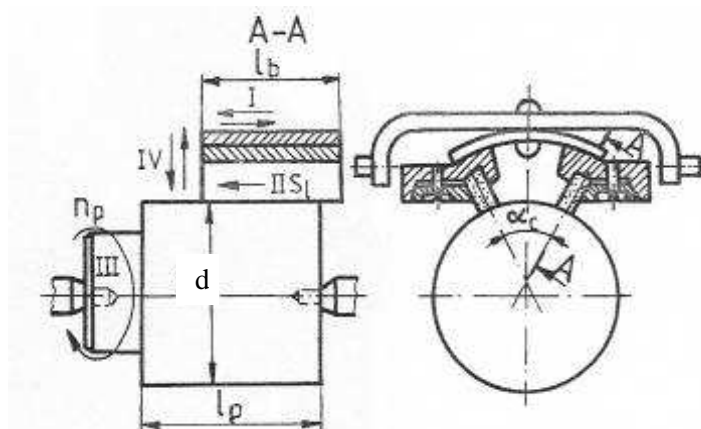


Figura 1. Cinematica superfinisării suprafețelor exterioare de revoluție
Figure 1. Schematic illustration of the external machining process by superfinishing

În conformitate cu aceasta, vârfurile micro-asperităților obținute în prelucrarea anterioară sunt retezate, datorită mișcării vibratorii cu amplitudinea A a sculelor abrazive, suprapusă peste mișcarea de rotație a piesei și cea de apăsare cu o anumită presiune dintre acestea, în prezența unui lichid de așchiere (petrol și lichid industrial).

Schema de prelevare a așchiilor între începutul și sfârșitul prelucrării prin superfinisare, concepută de autor, se prezintă ca în figura 2, în care: A – amplitudinea mișcării vibratorii a sculei abrazive [mm]; l_{act} – lungimea activă a barelor abrazive de superfinisare [mm]; R_{ai} – rugozitatea inițială a suprafeței de superfinisat [μm]; R_{af} – rugozitatea finală obținută în urma prelucrării prin superfinisare [μm]; l – lungimea de bază, aleasă convențional pentru a defini rugozitatea fără a fi influențată semnificativ de abaterile geometrice ale suprafeței prelucrate [mm] [7]; $b_1 \dots b_n$ – lungimile interceptate

5, 6], especially based on the processing of data base obtained in the working conditions.

Starting on these considerations in the paper is presented a method of roughness modeling based on the cutting volume material in unit time. The mathematical modeling elements of the surface roughness and quantitative analyses are the aspects based on the original graphic dependences of the paper.

2. Modeling of surface roughness obtained by superfinishing based on cutting material volume in unit time

According with the kinematics of the machining process by superfinishing, in figure 1 is shown a schematic illustration of the representative elements of the technological system.

The peaks of the surface obtained at the previous process are removed by the reciprocal movement of the tool with amplitude A and by the part rotation movement together with a pressing of the tool on the part surface in the presence of a cutting fluid (petroleum and industrial liquid).

The scheme of machining process by superfinishing between starting and ending of working is shown in figure 2, where: A – the amplitude of reciprocating axial motion of abrasive tool [mm]; l_{act} – active length of abrasive stones [mm]; R_{ai} – the initial surface roughness [μm]; R_{af} – the final surface roughness after machining through superfinishing [μm]; l – base length, conventional chosen to define surface roughness without the influence of the geometrical deviations of the machined surface [mm] [7]; $b_1 \dots b_n$ – the length of the profile intercepted on the

în interiorul profilului, în limitele lungimii de bază, pe dreapta care secționează profilul la sfârșitul prelucrării prin superfinisare [mm].

profile in the limit of base length at the ending of machining by superfinishing [mm].

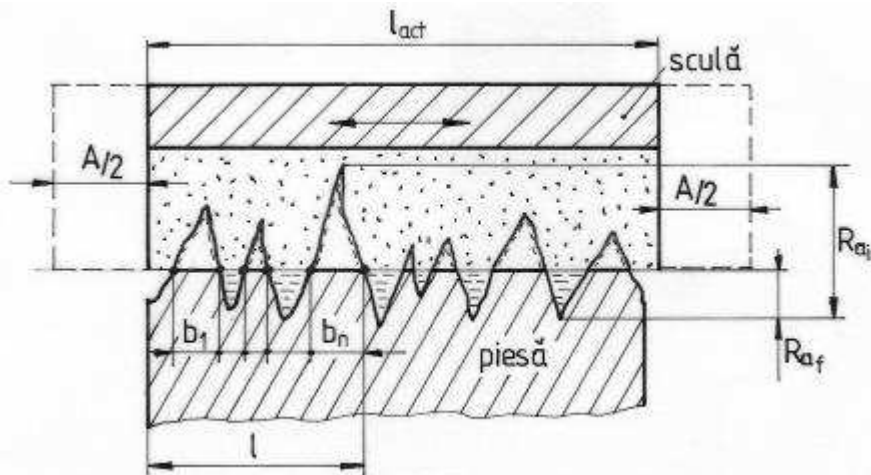


Figura 2. Schema de prelevare a așchiilor în procesul de superfinisare
Figure 2. The scheme of cutting in superfinishing.

Dacă se ține cont [7] că lungimea portantă, notată cu η_p , a profilului obținută după superfinisare, pe lungimea de bază l , este egală cu

$$\eta_p = b_1 + b_2 + \dots + b_n, \quad (1)$$

iar procentajul lungimii portante al aceluiași profil este

$$t_p = \frac{\eta_p}{l}, \quad (2)$$

atunci pe baza schemelor din figurile 1 și 2, se deduce ușor că volumul de material îndepărtat prin superfinisare este egal cu:

$$V_{mat} = \frac{\pi d}{2} \cdot \{(l_{act} + A) \cdot [R_{ai} - R_{af} \cdot (t_p + 1)]\}. \quad (3)$$

Pe de altă parte, datorită gradului mare de similitudine a procesului de superfinisare cu honuirea, se poate utiliza cu bună aproximație și următoarea relație de calcul (8) a volumului de material, prelucrat de autor (determinată experimental) prelevat în timpul τ :

$$V_{mat} = C \cdot d \cdot R_{ai}^\chi \cdot T^{0.4} \cdot l_{act} \cdot \tau \quad [mm^3], \quad (4)$$

în care C este coeficient ale cărui valori, depind de caracteristicile materialului de prelucrat (tabelul 1); d – diametrul suprafeței de prelucrat [mm]; R_a – abaterea medie pătratică a microneregularităților suprafeței [μm]; T – toleranța inițială a suprafeței prelucrate [mm]; χ – exponent, a cărui valoare se dă în tabelul 2 [8].

Egalând relațiile (3) și (4) rezultă următoarea relație de calcul a rugozității obținută în urma superfinisării:

If is taken [7] into account the profile bearing length η_p obtained after superfinishing on the base length l , is equal with

and the profile bearing length ratio of the same profile is

and based on the figures 1 and 2, it is easy to find the volume of material cutting by superfinishing is:

Because of the great degree of similitude of the superfinishing process and the honing operation, it is possible to use with a good approximation the next relation (8) of a volume material cutting in the time τ :

where: C – is a coefficient that depends of the material characteristics (table 1); d – part diameter [mm]; R_a – arithmetical mean deviation of the profile [μm]; T – initial tolerance of the machining surface [mm]; χ – exponent, which values are given in table 2 [8].

Equalize the relations (3) and (4), the surface roughness relation obtained after superfinishing is:

$$R_{af} = \left(\frac{1}{1+t_p} \right) \cdot R_{ai} - \frac{2C \cdot R_{ai}^\chi \cdot T^{0.4} \cdot l_{act} \cdot \tau}{\pi \cdot (1+t_p) \cdot (l_{act} + A)} \quad (5)$$

sau sub formă sintetică:

$$R_{af} = f(R_{ai}, T, l_{act}, A, t_p, \tau), \quad \text{or in synthetic form:} \quad (6)$$

în care R_{ai} , T sunt parametri ce caracterizează suprafața ce se superfinisează, iar l_{act} , A , l , τ – parametri caracteristici ai procesului de prelucrare și evaluare a rugozității în urma superfinisării.

where: R_{ai} , T are parameters that characterize the superfinished surface, and l_{act} , A , l , τ – specific parameters in superfinishing.

Tabelul 1. Valorile coeficientului C

Table 1. Values of coefficient C

Part material	Initial roughness R_{ai} [μm]	C
Plain carbon steel	1.6 ÷ 0.4	0.44
	0.2	0.58
Quenched steel with tempering HB = 321 ÷ 363	0.8 ÷ 0.4	0.58
	0.2	0.78
Quenched steel with HRC > 60	0.8 ÷ 0.4	0.71
	0.2 ÷ 0.1	0.93
Cast iron	1.6 ÷ 0.4	0.97
	0.2	1.25

Tabelul 2. Valorile exponentului χ

Table 2. Values of exponent χ

Part material	Initial roughness, R_{ai} [μm]	
	1.6 ÷ 0.4	0.2 ÷ 0.1
Exponent χ		
Steel	0.4	0.6
Cast iron	0.5	0.7

3. Studiul influenței diversilor parametri variabili asupra rugozității suprafeței prelucrate prin superfinisare

Folosind valorile recomandate de literatura de specialitate [2, 8] utilizate frecvent în practica de prelucrare a suprafețelor prin superfinisare, în figurile 3 ÷ 8, se prezintă dependențele grafice dintre calitatea suprafeței și parametrii variabili din relația (6), în anumite condiții de lucru și anume $R_{ai} = 0.4 \div 1.6 \mu\text{m}$; $T = 0.005 \div 0.027$ (IT5); $l_{act} = 20 \div 100$ mm; $A = 1 \div 6$ mm; $t_p = 0.7 \div 0.9$; $l = 0.25 \div 0.8$ mm; $\tau = 0.5 \div 2$ min.

4. Observații și concluzii

Pe baza celor prezentate se desprind următoarele observații și recomandări:

1. Relația (5) de calcul a rugozității în urma prelucrării și dependențele grafice prezentate în figurile 3 ÷ 8, permit în faza de proiectare a procesului tehnologic de superfinisare o analiză cantitativă și calitativă a influenței diversilor factori asupra calității suprafeței.

3. Study of different process parameters on the surface roughness at superfinishing

Using the values from the literature [2, 8], in figures 3 ÷ 8 is shown the graphic dependences between surface quality and process parameters. From relation (6), in the working conditions with $R_{ai} = 0.4 \div 1.6 \mu\text{m}$; $T = 0.005 \div 0.027$ (IT5); $l_{act} = 20 \div 100$ mm; $A = 1 \div 6$ mm; $t_p = 0.7 \div 0.9$; $l = 0.25 \div 0.8$ mm; $\tau = 0.5 \div 2$ min.

4. Observations and conclusions

Based on the previous data appear the next observations and recommendations:

1. Relation (5) of the roughness after machining and the graphic dependences presented in figures 3 ÷ 8, permit in the designing step to make a quantitative and qualitative analysis of the influence of different factors on the surface finish.

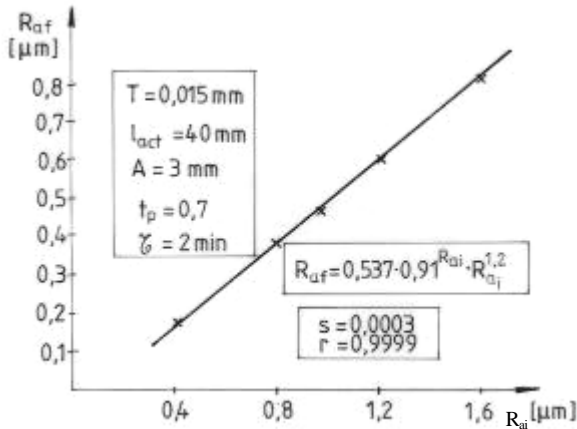


Figura 3. Variația rugozității R_{af} , în funcție de rugozitatea inițială R_{ai}
 Figure 3. The roughness R_{af} function on initial roughness R_{ai}

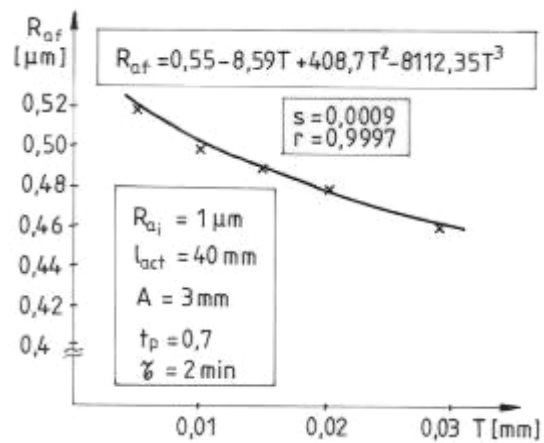


Figura 4. Variația rugozității R_{af} , în funcție de toleranța inițială T a suprafeței prelucrate
 Figure 4. Roughness R_{af} functions on initial tolerance T of machining surface

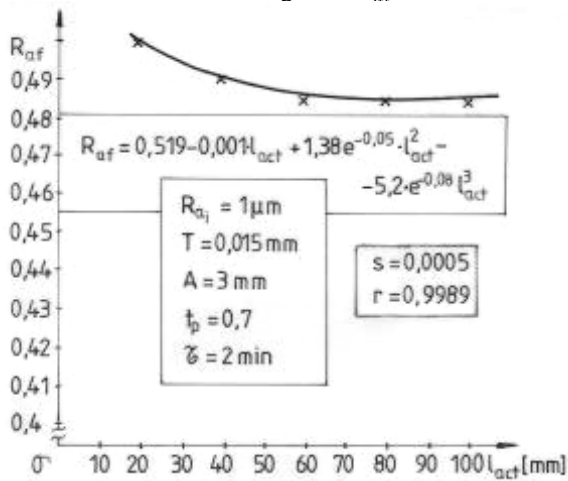


Figura 5. Variația rugozității R_{af} , în funcție de lungimea activă a barelor abrazive l_{act}
 Figure 5. Roughness R_{af} function of the active length l_{act} of abrasive stones

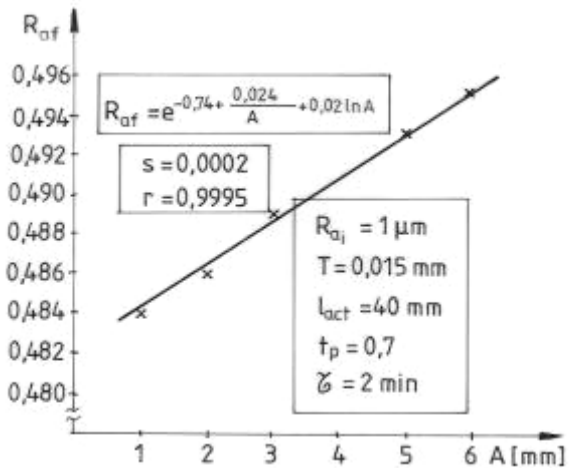


Figura 6. Variația rugozității R_{af} , în funcție de amplitudinea mișcării vibratorii a sculei, A
 Figure 6. Roughness R_{af} function of the amplitude of tool reciprocal motion A

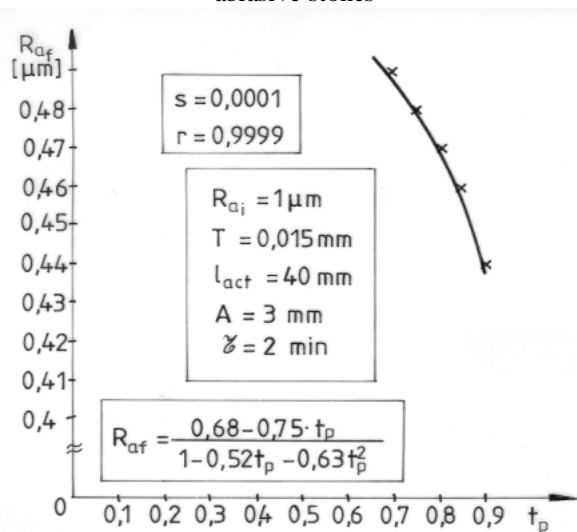


Figura 7. Variația rugozității R_{af} , în funcție de procentajul lungimii portante, t_p
 Figure 7. Roughness R_{af} function of bearing ratio t_p

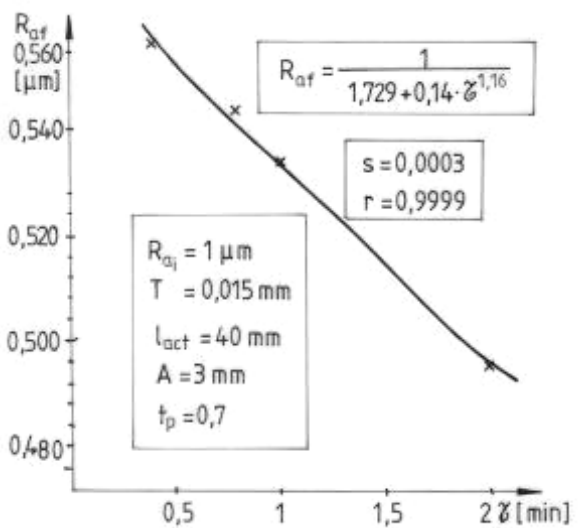


Figura 8. Variația rugozității R_{af} , în funcție de timpul de prelucrare τ
 Figure 8. Roughness R_{af} function of the machining time τ

4. Observații și concluzii

Pe baza celor prezentate se desprind următoarele observații și recomandări:

1. Relația (5) de calcul a rugozității în urma prelucrării și dependențele grafice prezentate în figurile 3 ÷ 8, permit în faza de proiectare a procesului tehnologic de superfinisare o analiză cantitativă și calitativă a influenței diferșilor factori asupra calității suprafeței.
2. Dintre toți parametri analizați, se observă ușor (figura 3) că influența cea mai importantă asupra rugozității la superfinisare o are rugozitatea obținută la prelucrarea anterioară; influențe ne semnificative au următorii parametri: procentajul lungimii portante t_p , lungimea activă a sculei l_{act} , toleranța dimensională T a suprafeței obținută în prelucrarea anterioară.
3. Limitele modelării matematice prezentate în lucrare constau în faptul că nu a luat în considerare doi parametri cu influențe semnificative a calității suprafeței: granulația barelor abrazive și presiunea dintre sculă și suprafața de prelucrat care influențează în special productivitatea procesului de superfinisare.

4. Observations and conclusions

Based on the previous data appear the next observations and recommendations:

1. Relation (5) of the roughness after machining and the graphic dependences presented in figures 3 ÷ 8, permit in the designing step to make a quantitative and qualitative analysis of the influence of different factors on the surface finish.
2. Between all the factors that were studied, it is easy to see (figure 3) that the most important factor on the roughness surface is the surface quality obtained at the previous operation; other factors like profile bearing length ratio t_p , active tool length l_{act} , dimensional tolerance T of the surface after previous process, have a small influence on the roughness.
3. The limits of mathematical modelling showed in the paper is about the fact that wasn't into account two parameters with great influences on the surface finish: the granulation of abrasive stones and pressure between tool and workpiece surface which have influences especially on the process machining efficiency.

References

1. Buzatu, C., Piukovici, I., Nedelcu, A., Lepadatescu, B.: *Finishing Machining of Surfaces in Manufacturing*. Lux Libris Publishing House, Brasov, Romania, 1998. ISBN 973-9240-47-X (in Romanian)
2. Nestian, G.: *Theoretical and Experimental Contributions on Machining External Revolution Surfaces of Shafts by Superfinishing*. Doctoral Thesis. Technical University „Gh. Asachi”, Iasi, Romania, 2004 (in Romanian)
3. Brown, N.G.: *Superfinishing to Geometrical Modification of Surfaces*. Tool and Manufacturing, Vol. 57, no. 5., p. 32-35, USA, 1996
4. Ionescu, R.: *Contribution on the Study Regarding for Some Factors Influence on the Surface Roughness*. Doctoral Thesis. Technical University „Gh. Asachi”, Iasi, Romania, 1998 (in Romanian)
5. Lepadatescu, B., Simon, E.A., Mares, Gh.: *Surface technology*. Transilvania University Publishing House, Brasov, Romania, 2005, ISBN 973-635-390-7
6. Puthanagady, T.K., Malkin, S.: *Experimental investigation of the superfinishing process*. Wear, no. 125, p. 173-182, 1995
7. ***: STAS 5730/1 and 2/1985. *Surface Roughness*. (in Romanian)
8. Picos, C., Pruteanu, O., Bohosievici, C., Coman, Gh., Braha, V., Paraschiv, Dr., Slatineanu, L., Gramescu, Tr., Marin, Al., Ionesi, V., Toca, Al.: *Machining Technologies Design*. Vol. 2. Chisinau University Publishing House, Chisinau, Moldavia Republic, 1992, ISBN 5-362-00971-0 (in Romanian)

Lucrare primită în luna Mai 2007
(și în formă revizuită în luna Iunie 2007)

Received in May 2007
(and revised form in June 2007)