

FINISAREA SUPRAFEȚELOR PLANE FOLOSIND PROCEDEUL DE VIBRORULARE CU BILĂ

B. Rădulescu¹ M.C. Rădulescu²

¹Universitatea Politehnica București, ²Universitatea Tehnică „Gh. Asachi”, Iași

INTRODUCERE

Pentru a rămâne în competiție pe piața mondială, întreprinderile trebuie să proiecteze produse inovante, într-un interval de timp din ce în ce mai scurt și la prețuri din ce în ce mai scăzute [1].

În acest context, faza proiectării produsului are o importanță enormă asupra succesului economic al întreprinderii. Din acest motiv întreprinderile se concentrează din ce în ce mai mult asupra optimizării fazei de proiectare. Prima parte a acesteia având impactul cel mai mare asupra costului final, asupra calității produsului finit, precum și asupra ciclului de viață al produsului.

Prin abordarea temei propuse în prezenta lucrare se atinge un domeniu de importanță deosebită și în continua dezvoltare, cel al procedeelor de prelucrare de finisare bazate pe deformarea plastică superficială la rece.

1. PROCESUL DE PRELUCRARE A SUPRAFEȚELOR PLANE PRIN PROCEDEUL DE DEFORMAREA PLASTICĂ SUPERFICIALĂ

Tehnologii noi, metode și programe avansate trebuie să fie utilizate pentru a proiecta și crea produse de înaltă calitate la prețuri scăzute. Acesta este și motivul pentru care în ultimii ani au început a fi folosite pentru a crește eficacitatea procesului de proiectare simulările[2].

În producția de organe de mașini și piese de tot felul, procesele de finisare au avut din totdeauna un rol important. S-a acordat și se acorda o tot mai mare atenție calității suprafețelor obținute atât sub aspectul gradului de netezire cât și din punct de vedere al calităților fizico-mecanice.

Calitatea suprafețelor pieselor este un parametru important al procesului de fabricație în general. În mare măsură calitatea suprafețelor prelucrate se dovedește a fi hotărâtoare în ceea ce privește comportarea în exploatare a produsului și ca urmare reprezintă principalul criteriu de apreciere al acestuia.

Din punct de vedere al prelucrărilor de finisare a suprafețelor clasice (strunjire, rectificare, lepuire, honuire), acestea oferă puține posibilități de optimizare a calității suprafeței, deoarece, de regulă modelele obținute de cele mai multe ori pot fi descrise ca neregulate, microcanale ce variază semnificativ ca formă, mărime și poziție relativă, ceea ce face ca acestea să fie practic incontrolabile. Ca urmare, suprafața prezintă o oarecare predispoziție către adeziuni și apare pericolul deteriorării prin zgâriere, exfoliere sau gripare, în special în timpul perioadei de rodaj. În prezent optimizarea microreliefului unor suprafețe de frecare pretențioase numai după înălțimea neregularităților este insuficientă.

În aceste condiții, în ultimul timp, au cunoscut o mare extindere procedeele de prelucrare de finisare bazate pe deformarea plastică superficială (DPS) a metalelor prin rulare cu rolă, cu vârf de diamant sau cu element toroidal și s-au elaborat și dezvoltat procedee noi de prelucrare bazate pe o cinematică mai complexă, între care și deformarea plastică superficială cu scula vibratorie – vibrorularea care să producă un micromodel cu canale superficiale regulate.

1.1 Procesul de vibrorulare cu bilă a suprafețelor plane

Printre avantajele procesului de prelucrare cu o scula vibratorie se numără :

- Proprietăți de funcționare îmbunătățite: creșterea rezistenței la uzare, la oboseală, a rigidității de contact, creșterea durabilității ajustajelor de peste 4 ori;
- Menținerea proprietăților mecanice inițiale ale materialelor la adâncimi ce depășesc stratul superficial;
- Nu se obțin așchii și rizuri pe suprafață ca la prelucrările prin așchiere;
- Absența defectelor datorate influențelor termice (temperatura în timpul procesului de prelucrare nedepășind temperatura mediului ambiant);

- Păstrarea structurii poroase a stratului superficial ecruisat, ceea ce duce la formarea de microbuzunare în care se depozitează lubrifianțul;

- Simplitatea și stabilitatea caracteristicilor procedurii, făcându-l apt pentru automatizare.

La procedeul de vibrorulare scula deformatoare are atât mișcarea cunoscută de avans cât și o mișcare vibratorie, pe o traiectorie fie circulară, fie pe una liniară în direcția avansului sau una compusă.

Numărul de parametri ce caracterizează procesul de vibrorulare pentru suprafețele plane este astfel crescut. Pe lângă cei cunoscuți de la DPS nevibratorie (forța, viteza, avans, raza sculei deformatoare, materialul piesei, materialul sculei) mai apare și excentricul sculei.

Mișcarea de rotație excentrică a elementului deformatoare împreună cu avansul sau liniar generează pe suprafața prelucrată un sistem de canale dispuse după un anumit tipic, în funcție de parametri utilizați – ceea ce a fost denumit microrelief regulat.

2. RUGOZITATEA SUPRAFEȚELOR OBTINUTE PRIN PROCEDEUL DE VIBRORULARE CU BILĂ

Calitatea suprafețelor pieselor este un parametru important al procesului de fabricație în general. În mare măsură calitatea suprafețelor prelucrate se dovedește a fi hotărâtoare în ceea ce privește comportarea în exploatare a produsului și ca urmare reprezintă principalul criteriu de apreciere al acestuia.

Un factor important al calității de suprafață este rugozitatea suprafeței, aceasta rezultând în urma procesului de prelucrare

În cele ce urmează se prezintă importanța factorilor ce influențează mărimea rugozității ca parametru caracteristic al calității de suprafață la rularea suprafețelor plane.

S-au stabilit următorii parametri care prezintă importanța în exploatarea suprafețelor ce au fost prelucrate prin vibrorulare cu bilă și a fost creat un program ce realizează simularea întregului proces pe baza modelării matematice a fenomenului.

S-a modelat parametrul de rugozitate R_z , pentru că în practica industrială acesta prezintă o importanță deosebită și este determinat în mod curent prin măsurători.

Plecând de la [4], lățimea urmei lăsată de elementul deformatoare, se constată, conform Figura 1, că acesta depinde de :

$$l=2\rho=2\sqrt{d_b h-h^2} \quad (1)$$

$$h=\frac{F}{\pi d_b HB} \quad (2)$$

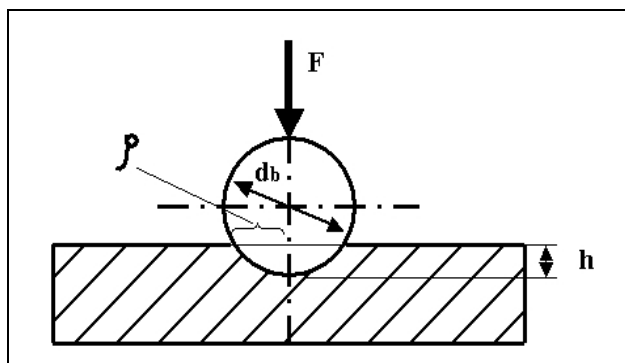


Figura 1. Schema de calcul a lățimii canalului

Astfel ca din (1) și (2) rezulta :

$$l=2\sqrt{\frac{F}{\pi HB}\left(1-\frac{F}{HBd_b^2}\right)} \quad (3)$$

unde :

- l este lățimea canalului [mm];
- F este forța de apăsare [N];
- d_b este diametrul bilei [mm];
- HB este duritatea exprimată în unități Brinel;

- h este adâncimea de pătrundere [mm].

Cu ajutorul expresiei (3) se poate simula acoperirea zonei care se dorește a fi prelucrată prin vibrorulare conform Figura 3.

De asemeni folosind expresia lățimii urmei (3), lăsate de partea activă a sculei deformatoare se poate calcula valoarea rugozității R_z . Astfel că:

$$R_z=c\left(c+(1+c_1)(1+2c_1-\frac{s}{l})^2\right)\left(\frac{s^2}{d_b^2}\right)\sqrt{1^2-\frac{s}{4}} \quad (4)$$

unde :

- $c \approx 0,4$ este un coeficient experimental;
- $c_1 \approx 0,1$ este o cantitate care corespunde multiplului aplicării forței sub care rugozitatea crește ca rezultat al ecruisării excesive a stratului superficial;
- l este lățimea urmei sculei pe suprafața netezită;
- s este avansul [mm].

În vederea studierii caracteristicilor procesului de vibrorulare (rugozitatea suprafeței prelucrate, s.a.) este necesar a se cunoaște care este traiectoria descrisă de punctele aflate pe elementul deformatoare. În prezența mișcării principale de

rotație, traiectoria descrisă este un cerc cu raza egală cu valoarea excentricului. Traiectoriile materializate prin urmele (rizurile) lăuate de elementul deformat pe suprafața prelucrată, sunt rezultatul combinării dintre mișcarea de rotație și mișcarea de avans normală la axa excentricului.

Rezultatele obținute cu ajutorul programului de simulare pentru vibrorulare cu bila ce folosește o mișcare complexă a sculei data de rotația excentrică a sculei pentru suprafețe plane, sunt prezentate în cele ce urmează (Figura 2) :

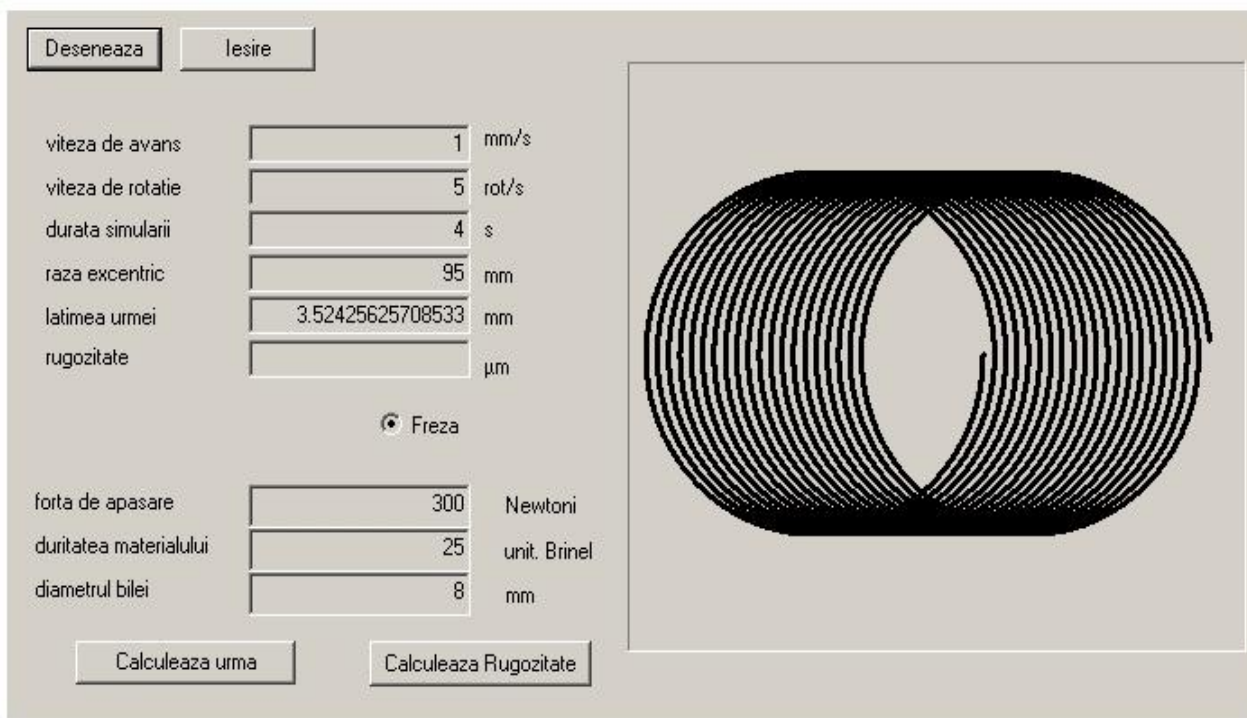


Figura 2. Interfața programului realizat pentru simularea procesului de vibrorulare cu bilă

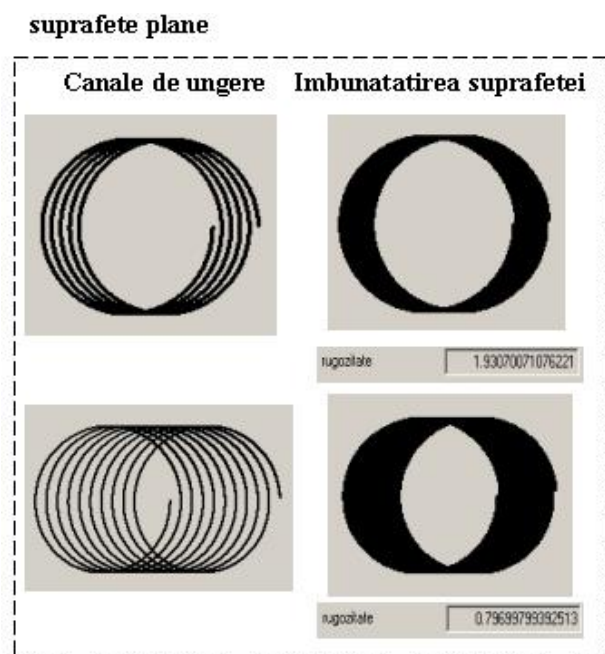


Figura 3. Diverse simulări făcute pentru alegerea parametrilor optimi

În urma simulărilor efectuate (Figura 3) s-a constatat că o influență deosebită asupra rugozității suprafețelor prelucrate prin vibrorulare cu bilă o au

următorii parametrii: diametrul elementului deformat, avansul, viteza de rotație, forța de apăsare și duritatea materialului.

Totodată, în urma simulărilor efectuate s-a constatat:

- Creșterea forței de apăsare influențează în sens pozitiv mărimea rugozității iar influența cea mai pronunțată se observă în domeniul valorilor relativ mici ale forței de rulare (Figura 4a).
- Mărimea avansului de rulare influențează rugozitatea suprafețelor prelucrate. Se apreciază existența unui avans optim pentru obținerea unei rugozități minime (Figura 4b),

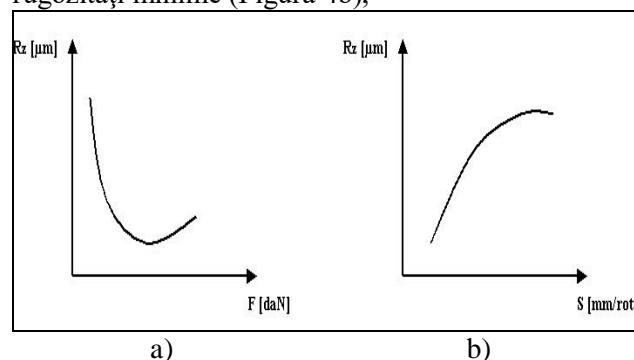


Figura 4. Dependența rugozității de parametrii inițiali

Rezultatele obținute în urma simulărilor au condus la continuarea cercetării și la proiectarea unui dispozitiv care să permită verificarea datelor obținute pe cale teoretică.

S-a avut în vedere că proiectarea dispozitivului să răspundă acestor cerințe. Capul de lucru cu care s-au realizat încercările atât pentru suprafețe plane este prezentat în Figura 5. De asemenea în Figura 6 este prezentat dispozitivul (excentricul și capul de lucru) care împreună cu mișcarea de avans longitudinal permite realizarea traiectoriilor de pe suprafața de prelucrat.

Pentru stabilirea tehnologică optimă de obținere a unei calități a suprafeței mai bune, s-a utilizat metoda Taguchi [3] de planificare a experiențelor și de prelucrare matematică a datelor experimentale obținute. În această planificare s-a recurs la o modelare matriceală la care factorii de intrare se exprimă prin vectori de stare (de nivel), iar efectele factorilor și interacțiunilor sunt de tip matrice, ceea ce permite o interpretare comodă a interacțiunilor.

Factorii reținuți ca importanți au fost testați la trei niveluri de valori diferite (Tabel 1). Facem precizarea că, datorită condițiilor tehnice la momentul realizării încercărilor, s-au stabilit condiții cum ar fi: tipul materialului va fi caracterizat de duritatea acestuia, astfel că s-a folosit oțel cu duritatea HB = 200...240.

După cum reiese din încercările efectuate forța de apăsare are o influență semnificativă asupra mărimii rugozității în sensul scăderii acesteia. Forța de apăsare are cea mai importantă semnificație, urmată de diametrul elementului deformat, interacțiunea dintre forța de apăsare și material respectiv mărimea avansului. Se observa că cea mai mică importanță dintre toți factorii studiați o prezintă turația capului de rulat.

Efectul individual al turației capului de rulat și al durității materialului este nesemnificativ în timp ce interacțiunea durității materialului cu forța de apăsare are efect semnificativ.

Din graficele prezentate în Figura 7 se observă că la creșterea durității materialului se îmbunătățește calitatea de suprafață în sensul scăderii valorii rugozității, în timp ce creșterea forței de apăsare și a turației duc la înrăutățirea

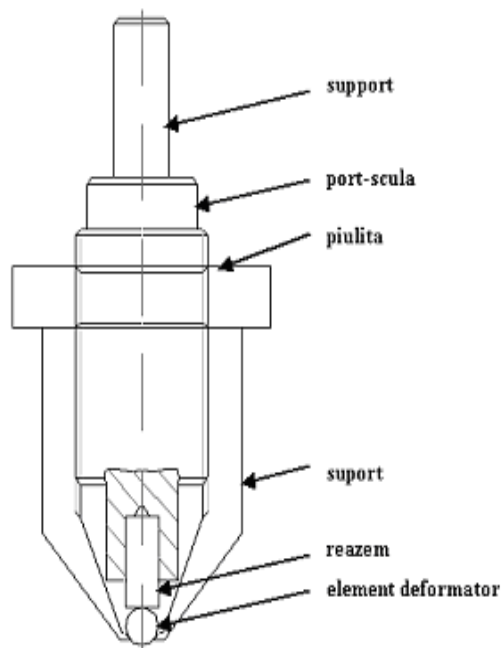


Figura 5. Capul de lucru pentru deformarea plastică superficială

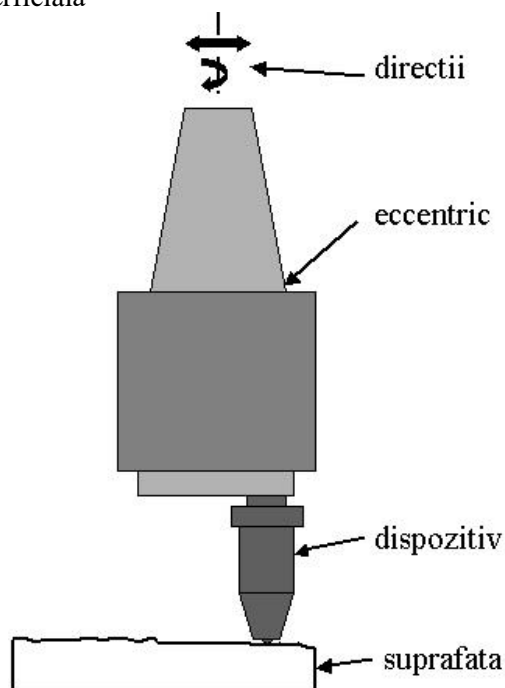


Figura 6. Dispozitiv pentru deformare plastică la rece.

Tabel 1. Factorii și nivelele de încercare

Factorul de încercat	Nivelul 1	Nivelul 2	Nivelul 3	Unitatea de măsură
Forța de apăsare	25.144	141.116	274.415	daN/mm ²
Diametrul elementului deformat	4	6	8	mm
Avansul capului de rulat	16	20	31.5	mm/min
Turația capului de rulat	45	90	140	rot/min
Duritatea materialului	200	220	240	HB

parametrului studiat. Diametrul bilei și avansul de lucru la nivelul 2 duc la reducerea mărimii răspunsului. Interacțiunea dintre forța de apăsare și duritatea materialului are o importanța comparabilă

cu cea a avansului de lucru și se constată că efectul forței de apăsare se inversează în funcție de nivelul durității materialului.

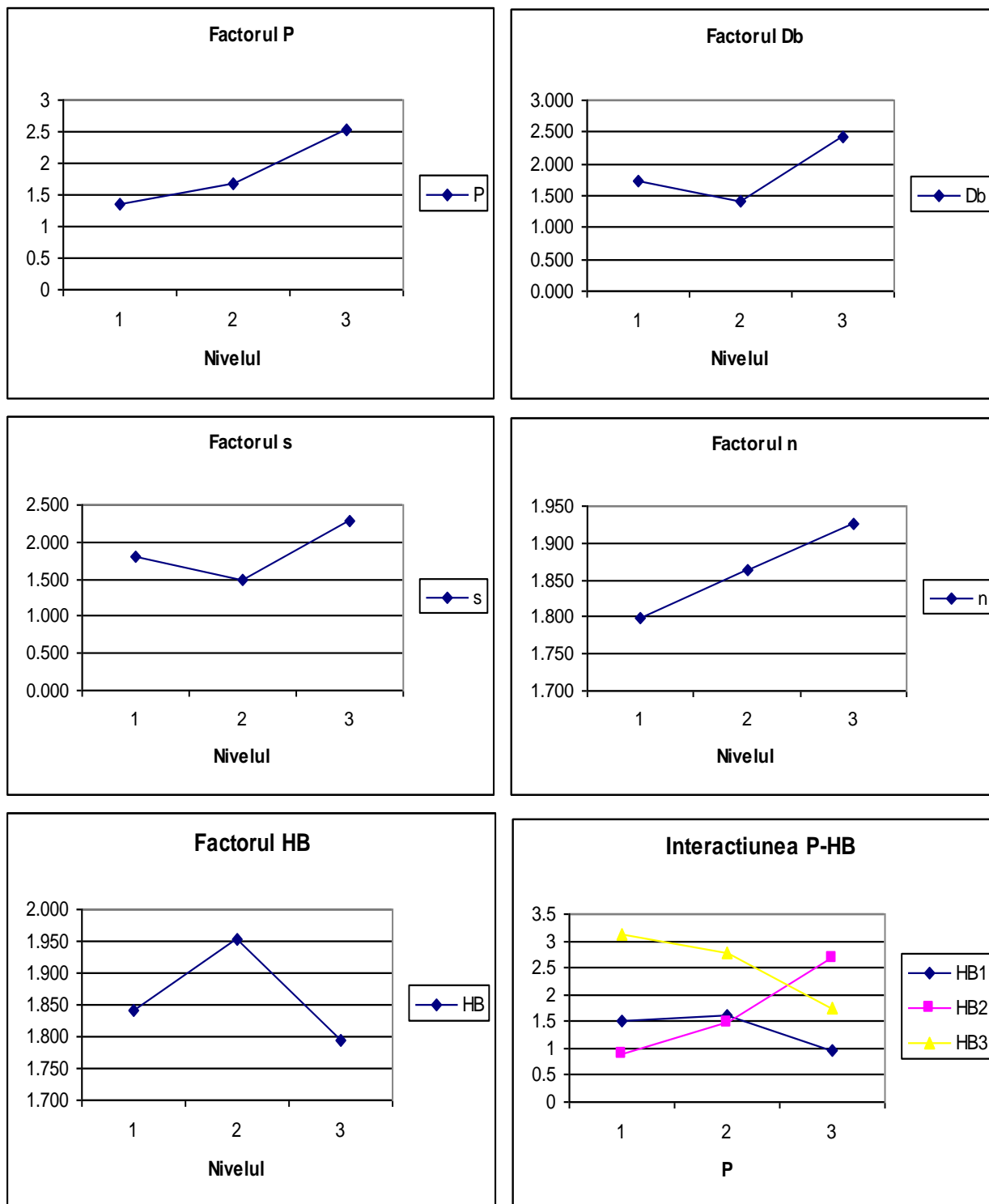


Figura 7. Reprezentarea grafică a efectelor factorilor asupra rezultatului

3. CONCLUZII

Necesitatea studierii procesului de deformare plastică superficială prin vibrorulare apare datorită utilizării proceselor de finisare pe scară tot mai mare în producția organelor de mașini, care în cazul rulării determină acordarea unei atenții deosebite calității de suprafață, atât sub aspectul gradului de netezime, cât și din punct de vedere al calităților fizico-mecanice.

După cum se poate observa forța de apăsare are cea mai importantă semnificație, urmată de factorul diametrul bilei, interacțiunea dintre forța de apăsare și material respectiv mărimea avansului. Se observă că cea mai mică importanță dintre toți factorii studiați o prezintă turația capului de rulat.

Efectul individual al turației capului de rulat și al durtății materialului este nesemnificativ în timp ce interacțiunea durtății materialului cu forța de apăsare are efect semnificativ.

Pentru a obține o calitate de suprafață cat mai bună (rugozitate) trebuie:

- valoarea forței de apăsare trebuie să fie la nivelul 1;
- valoarea diametrului bilei trebuie să fie la nivelul 2;
- valoarea avansului de lucru trebuie să fie la nivelul 2;

- valoarea turației de lucru trebuie să fie la nivelul 1;

- valoarea durtății materialului trebuie să fie la nivelul 1.

O altă concluzie ce a reieșit în urma simulărilor este legata de faptul că valoarea rugozității obținută pe cale experimentală este situată într-un interval de $\pm 7\%$ față de valoarea calculată a acesteia.

Bibliografie

1. **G. Drăgoi.** *Întreprinderea convergentă. Informatică Industrială.* Editura PRINTECH București, ISBN 973-652-293-8, 2002.
2. **B. Radulescu.** *Outil d'aide a la conception cooperative.* Journées des thésards du Laboratoire 3S, 2002.
3. **M. Pilet.** *Introduction aux plans d'expériences par la methode TAGUCHI.* Clamecy ISBN 2-7081-1442-5, 1992.
4. **Nagîț. Gh.** *Contribuții teoretice și experimentale cu privire la prelucrarea prin vibrorulare, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași, 1997.*

Recomandat spre publicare: 15.11.2004.