

Optimizarea tăierii cu jet de apă a materialelor sinterizate. Studiu de caz: tăierea aluminei

Water-jet cutting optimization for fritted materials. Case study: cutting alumina

I. Perianu¹, M. Vasilescu², E. Cicală², D. Ionescu¹

¹ ISIM Timișoara, ² Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Facultatea de Mecanică

Cuvinte cheie

Tăiere cu jet de apă, metoda experimentelor factoriale, optimizare

Keywords

Water-jet cutting, factorial experiment method, optimization.

1. Introducere

Lucrarea prezintă rezultatele prelucrării prin tăierea cu jet de apă și abraziv a unor materiale din alumina. Scopul urmărit a fost, ca prin probele de tăiere cu diferite regimuri tehnologice aplicate aluminei și a valorilor identificate în literatura de specialitate [1], să se determine regimurile optime din punct de vedere al vitezei de tăiere, formei și dimensiunilor tăieturii, rugozității flăncurilor, ș.a. în vederea alegerii parametrilor tehnologici optimi în aplicațiile practice.

Au fost realizate evaluări ale suprafețelor prelucrate. Criteriile avute în vedere au fost rugozitatea, respectiv forma și geometria formei acestor suprafețe. S-a urmărit o metodologie privind optimizarea folosirii acestui procedeu având în vedere considerente tehnice și economice, aplicând metoda experimentelor factoriale.

2. Condițiile experimentale

Postul de lucru utilizat pentru realizarea programului experimental este prezentat în figura 1.

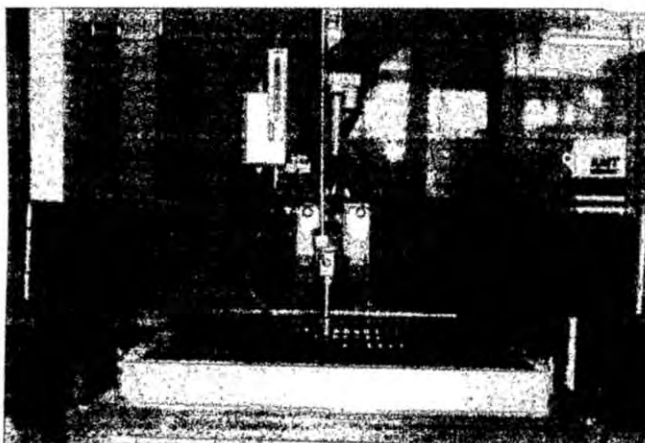


Figura 1. Post de tăiere cu jet de apă și abraziv/
Figure 1. Abrasive water-jet cutting workstation

Materialul abraziv utilizat pentru prelucrări a fost granit de tip GMA cu granulația medie de 80 Mesh, cu dimensiunea particulelor cuprinsă în intervalul 150 - 300 μm , densitatea 2300 kg/m^3 și punctul de topire 1240 $^{\circ}\text{C}$, [2].

1. Introduction

This paper presents the results for abrasive water-jet cutting of alumina materials. The purpose was that through the sample cuts of alumina and values from specific literature [1] the optimum behavior will be determined from a cutting speed, cuts shape and dimensions, flank roughness point of view in order to accommodate the choosing of technological parameters in practical applications.

Evaluations for worked surfaces have been made. The criteria taken into consideration were the roughness, shape and geometry of these surfaces. A methodology has been pursued regarding the optimizations of using this process considering technical and economic considerations by applying the factorial experiments method.

2. Experimental conditions

The workstation used for the experimental program is presented in Figure 1.

The abrasive material used was garnet GMA Mesh 80 with a particle range between 150 - 300 μm , a density of 2300 kg/m^3 and melting point of 1240 $^{\circ}\text{C}$, [2].

The material that underwent cutting was an alumina disc with purity of 94% and maximum thickness of 15 mm achieved by overlapping 5 mm thick alumina sheets.

The high hardness of alumina (over 1100 HV10) makes cutting difficult with other processes this being the reason we appealed to water-jet cutting.

For an effective process analysis the following influence factors have been selected:

- water pressure – factor x_1 ;
- abrasive output – factor x_2 ;
- cutting speed – factor x_3 ;
- distance nozzle - material – factor x_4 .

As objective functions dimensions regarding the cuts geometry (superior, intermediate and inferior cut width and also the penetration depth) and quality for side walls have been chosen.

The main function (penetration depth) was denoted by Y_1 , and Y_2 to Y_6 stands for measured cuts width at the surface of the

Materialul supus operațiilor de tăiere a fost o placă de alumina, puritate 94%, cu grosimea maximă de 15 mm, realizată prin suprapunerea unor plăci cu grosimea de 5 mm.

Duritatea mare a aluminei (peste 1100 HV10) face dificilă prelucrarea cu alte procedee, motiv pentru care s-a recurs la tăierea cu jet de apă.

Pentru analiza efectivă a procesului au fost aleși următorii factori de influență:

- presiunea apei (bar) – factorul x_1 ;
- debit de abraziv (g/min) – factorul x_2 ;
- viteza de tăiere (mm/min) – factorul x_3 ;
- distanța duză - material (mm) – factorul x_4 .

Ca și funcții obiectiv au fost alese mărimile legate de geometria tăieturii (lățimea măsurată la suprafața piesei prelucrate, în zona mijlocie a piesei prelucrate, la sfârșitul prelucrării precum și

work piece at a depth of 3 mm, a depth of 6 mm, a depth of 9 mm and a depth of 12 mm.

The experimental methodology adopted was a sequential one, first time a preliminary experimental program was done followed by an exploration experimental program around the optimum parameters obtained from the results after the preliminary tests within the preliminary experimental program.

3. Preliminary experiment

The results from the preliminary experiment are given in Table 1 (physical values of the influence factors) respectively in Table 2 (the program matrix of the preliminary experiment).

The variation levels of the influence factors have been chosen within the technical limits of the installation which limited the maximum cutting thickness at around 15 mm. This thickness was obtained by overlapping 3 alumina sheets with a thickness of 5 mm each.

Tabelul 1. Valorile fizice ale factorilor de influență la tăierea aluminei – experiment preliminar/
Table 1. Influence factors values for cutting alumina – preliminary experiment

Valori codificate pentru nivele FI / Coded values for IF levels	Valori fizice nivele factori de influență / Values for influence factors levels			
	Presiune apă / Water pressure [bar]	Debit abraziv / Abrasive output [g/min]	Viteză de tăiere / Cutting speed [mm/min]	Distanță duză - material / Distance nozzle - material [mm]
1	2000	110	2	0,5
2	2500	230	6	1,0
3	3000	350	10	0,5
4	3500	420	14	1,0

Tabelul 2. Matricea-program a experimentului preliminar - alumina/
Table 2. Program matrix for preliminary experiment – alumina

Nr. încercare / Test no.	Nivele factori influență / Influence factors levels				Valori măsurate ale funcțiilor obiectiv / Measured values for objective functions			
	X_1 [bar]	X_2 [g/min]	X_3 [mm/min]	X_4 [mm]	Y_1 [mm]	Y_2 [mm]	Y_3 [mm]	Y_4 [mm]
1A1	2000	110	2	1	13,69	0,91	0,63	0,46
2A1	2000	230	10	1	6,41	0,87	0,51	0
3A1	2500	230	6	1	13,57	0,90	0,57	0,45
4A1	2500	110	14	1	8,15	0,82	0,47	0
5A1	3000	350	10	1	9,84	0,90	0,56	0
6A1	3000	420	2	1	>15	1,08	0,95	0,58
7A1	3500	420	14	1	8,81	0,90	0,66	0
8A1	3500	350	6	1	13,41	0,93	0,60	0,52
9A1	2000	110	2	0,5	>15	0,9	0,65	0,45
10A1	2000	230	10	0,5	8,67	0,86	0,54	0
11A1	2500	230	6	0,5	12,54	0,85	0,56	0,47
12A1	2500	110	14	0,5	13,80	0,86	0,51	0,45
13A1	3000	350	10	0,5	9,09	0,93	0,49	0
14A1	3000	420	2	0,5	>15	1,24	0,76	0,50
15A1	3500	420	14	0,5	7,35	0,89	0,50	0
16A1	3500	350	6	0,5	13,26	0,92	0,52	0,47

adâncimea de pătrundere) și de calitatea suprafeței pereților tăieturii.

Funcția principală, adâncimea de pătrundere a jetului de apă s-a notat cu Y_1 , iar cu Y_2, Y_3, Y_4, Y_6 respectiv lățimile tăieturilor măsurate la suprafața piesei prelucrate, la o adâncime de 3 mm, de 6 mm, de 9 mm și adâncimea de 12 mm.

Metodologia experimentală adoptată a fost secvențială, în prealabil realizându-se un program experimental preliminar, urmat de un program experimental de explorare în jurul parâmetrilor optimi, determinați din rezultatele încercărilor preliminare.

The measured values have been determined by the use of a SR 0640 Carl Zeiss microscope that was equipped with a digital camera type A 460 PowerShot Canon at magnifications of 10x, 100x, 400x.

After the analysis of the experimental results it was certified that the selected influence factors present at a global aspect (in the chosen experimental domains) major influences over the cutting quality in general and over the measured objective functions. Thus cuts with reduced in-depth were obtained (6.4 mm) and also complete cuts (depths > 15mm).

3. Experimentul preliminar

Rezultatele experimentului preliminar sunt redată în tabelul 1 (valorile fizice ale factorilor de influență), respectiv în tabelul 2 (matricea program a experimentului preliminar).

Nivelele de variație ale factorilor de influență au fost alese în limitele tehnice ale instalației existente, ceea ce a limitat grosimea maximă de tăiere la cca. 15 mm. Această grosime a fost obținută prin suprapunerea a trei plăci având grosimea de 5 mm.

Valorile măsurate au fost determinate cu ajutorul unui microscop SR 0640 Carl Zeiss, echipat cu o cameră digitală tip A 460 PowerShot Canon, la mărimi de 10x, 100x, 400x.

În urma analizei rezultatelor experimentale, s-a constatat că factorii de influență aleși prezintă influențe semnificative asupra calității tăierii, în general, respectiv asupra funcțiilor obiectiv măsurate, în particular. De menționat că în aceste domenii au fost obținute atât tăieturi cu profunzimi reduse (maxim 6,4 mm), dar și tăieturi complet străpunse (15 mm).

S-a constatat că, pentru toate tăieturile, indiferent de combinația parametrică utilizată pentru realizarea încercărilor, lățimea tăieturii la partea superioară a materialului prelucrat a fost mai mare decât cea din zona mijlocie, care are, la rândul ei valori mai mari decât lățimea tăieturii în partea inferioară a materialului. Cele mai mari variații ale lățimilor tăieturilor, funcție de parametrii utilizați, s-au înregistrat la partea inferioară. Lățimea cea mai mare a tăieturii, la partea inferioară s-a obținut pentru o distanță duză-material de 0,5 mm, în vreme ce lățimea cea mai mică la partea inferioară, a fost obținută pentru o distanță duză-material de 1 mm. Domeniul de variație a adâncimii de pătrundere obținut prin utilizarea unei distanțe duză-material de 1 mm este mai mare decât cel rezultat în urma utilizării unei distanțe de 0,5 mm.

În consecință, adâncimea de pătrundere este favorizată de:

- o viteză de tăiere redusă;
- presiunea ridicată a apei, și
- un debit de abraziv mai mare.

Se observă că, performanțele cele mai bune au fost atinse pentru încercarea nr. 6, careia îi corespunde o combinație parametrică de presiune ridicată, debit de abraziv mare și viteză mică de tăiere.

4. Experimentul de explorare

Nivelele de variație atribuite factorilor de influență pentru realizarea experimentului de explorare [2], au fost alese în concordanță cu posibilitățile de reglare ale instalației și pe baza încercărilor realizate la experimentul preliminar.

Ca structură, experimentul de explorare este un experiment factorial complet EFC²³, cu trei factori de influență [1], fiecare având două nivele de variație și cu realizarea tuturor combinațiilor posibile, rezultând un număr de 8 încercări. Parametrii experimentului se aleg în vecinătatea experimentului cu rezultatele cele mai favorabile, obținute la experimentul preliminar, iar tripletele de valori ale parametrilor regimului de tăiere vor reprezenta practic vârful unui cub, având laturile egale cu nivelele de variație alese.

Regimurile folosite și rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 3, iar matricea-program a experimentului de explorare, cu rezultatele obținute, în tabelul 4.

Pentru aceste experiment, distanța duză-material a fost menținută la valoarea constantă de 1mm.

It was observed that for all the cuts the width at the top of the work piece was always larger than the one at the bottom regardless of the parametric combination used for making the tests. The largest variations of kerfs depending upon the parameters used were registered at the inferior or bottom of the work piece. The largest width for the inferior of the work piece was obtained at a 0.5 mm nozzle - material distance and the smallest width at the bottom was obtained at a 1 mm nozzle - material distance. The range of depth variation obtained for using a 1 mm nozzle - material distance is greater than the one obtained after using a 0.5 mm nozzle - material distance.

Consequently, the penetration depth is favored by:

- a reduced cutting speed;
- a high water pressure;
- a larger amount of abrasive used.

It can be observed that the best performances were obtained for test no. 6 that represents a high water pressure and abrasive rate and reduced cutting speed parametric combination.

4. Exploration experiment

The variation levels attributed to the influence factors for realization of the exploration experiment (according to the adjustment possibilities specified by the workstation and from the information provided by the preliminary experiment) are presented in Table 3 and the program matrix of the exploration experiment with the obtained results in Table 4 [2].

For this experiment the nozzle - material distance was maintained permanently at the value of 1 mm.

As a structure the exploratory experiment is a complete factorial experiment EFC²³ with 3 influence factors each having 2 variation levels and with the realization of all the possible combinations a number of 8 tests resulted. The experiment parameters are chosen in the vicinity of the experiment with the most favorable results obtained during preliminary experiment and the value triplets of the cutting parameters will basically represent the spike of a cube with sides equal to the variation level chosen.

The regimes used and the results obtained are presented in Table 3 and the program matrix of the exploration experiment with its obtained results are presented in Table 4. For this experiment the nozzle - material distance was maintained at a constant value of 1 mm.

Also, three additional tests were carried out, one in the central point of the experiment and the other two near this point in order to gain additional information in the central area of the experimental domain explored.

The refinement of the obtained results has allowed obtaining of experimental models for the analyzed objective functions and graphic representations from Figures 2 to 6.

Analysis of the geometrical shape of the cuts confirms the obtained results in the preliminary experiment: the maximum values of the cuts width are at the superior side and the minimum ones at the inferior side (Figure 2).

As a confinement of the experimental domain around the central point of the experiment the result dispersion regarding the cuts width was smaller than the one resulted after the preliminary experiment. The effects from the analyzed influence factors and the interaction between them over the depth of

De asemenea, au fost realizate trei încercări suplimentare, una în punctul central al experimentului și alte două în apropierea acestuia, în vederea dobândirii de informații suplimentare în zona centrală a domeniului experimental explorat.

penetration are presented in Figure 3, Pareto diagram. In this diagram with p is denoted the calculated value of water pressure influence of the process, v – represents the influence value for the cutting speed and d stands for the influence values of the abrasive output (Table 2), with $1*3$ representing the product

Tabelul 3. Coordonatele punctului central și intervalele de variație ale factorilor/
Table 3. Central point coordinates and the variation intervals of the factors

Parametru/ Parameter	Valoare codificată/ Coded value	Factori de influență – valori/ Physical value		
		Presiune apă/ Water pressure [bar]	Debit abraziv/ Abrasive output [g/min]	Viteză de tăiere/ Cutting speed [mm/min]
Punct central/ Central point	0	3000	350	4
Interval de variație/ Variation interval		500	50	2
Nivel superior/ Superior level	+1	3500	420*	6
Nivel inferior/ Inferior level	-1	2500	230*	2

Observație: * Debitul de abraziv efectiv măsurat, corespunzător debitului reglat de 400 respectiv 300 g/min, (reglare în trepte discrete)/
Observation: * The abrasive output measured effectively corresponding to the adjusted output of 400 respectively 300 g/min (discrete state regulation)

Tabelul 4. Matricea-program a experimentului de explorare/ Table 4. The program matrix of the exploration program

Nr. încercare/ Test no.	Nivele factori influență/ Influence factors levels				Valori măsurate ale funcțiilor obiectiv/ Measured values for objective functions			
	X ₄ [mm]	X ₃ [mm/min]	X ₂ [g/min]	X ₁ [bar]	Y ₁ [mm]	Y ₂ [mm]	Y ₃ [mm]	Y ₄ [mm]
Experiment factorial complet EFC 2 ³ / Complete factorial experiment EFC 2 ³								
22A3	1	2	230	2500	>15	0,90	0,60	0,34
23A3	1	6	230	2500	11,31	0,89	0,46	0,34
24A3	1	2	420	2500	>15	0,98	0,71	0,36
25A3	1	6	420	2500	10,12	0,87	0,56	0,39
27A3	1	2	230	3500	>15	0,92	0,67	0,52
28A3	1	6	230	3500	>15	0,89	0,60	0,48
29A3	1	2	420	3500	>15	0,97	0,74	0,53
30A3	1	6	420	3500	>15	0,92	0,60	0,39
Încercări suplimentare/ Additional tests								
21A3	1	2	420	3000	>15	0,96	0,49	0,45
26A3	1	4	350	3000	>15	0,91	0,64	0,57
31A3	1	4	300	3000	>15	0,91	0,41	0,50

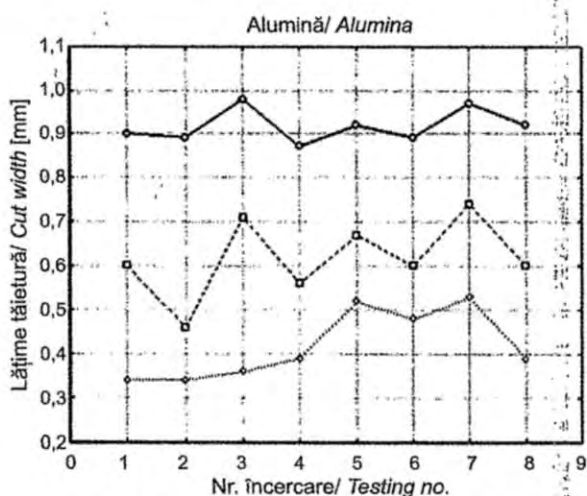


Figura 2. Valorile lățimii tăieturii în cele 3 zone/
Figure 2. Values of cut width for the 3 zones

Prelucrarea rezultatelor obținute a permis obținerea modelelor experimentale pentru funcțiile obiectiv analizate și reprezentările grafice din figura 2 ÷ figura 6.

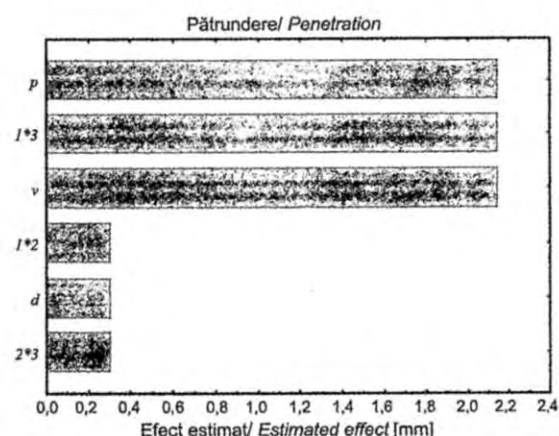


Figura 3. Efectele factorilor de influență asupra pătrunderii/
Figure 3. The influence factors effects over the penetration

influence between the first two factors, water pressure and cutting speed, with $1*2$ the product between the water pressure factor and abrasive output, and respectively $2*3$ the product between the cutting speed factor and abrasive output, all determined by a factorial calculus according to the measured values method (Tables 2 and 4).

Analiza formei geometrice a tăieturilor confirmă rezultatele obținute în experimentul preliminar și anume: valorile maxime ale lățimilor tăieturilor se află la partea superioară, iar cele minime, la partea inferioară (figura 2) a materialului prelucrat;

Ca urmare a restrângerii domeniului experimental în jurul punctului central al experimentului, dispersia rezultatelor în privința lățimii tăieturilor a fost mai mică decât cea rezultată în urma experimentului preliminar. Efectele provocate de factorii de influență analizați, precum și de interacțiunile dintre aceștia asupra pătrunderii sunt prezentate în figura 3, histograma de tip Pareto. În această histogramă s-au notat cu p – valoarea calculată a influenței presiunii asupra procesului, v – valoarea influenței vitezei de tăiere, respectiv cu d – a influenței debitului de abraziv, cu 1*3 influența produsului dintre primii doi factori, cu 1*2 cea a produsului dintre factorul presiune-debit de abraziv, respectiv cu 2*3, a produsului dintre factorul viteză de tăiere-debit de abraziv, determinate printr-un calcul factorial, conform metodei cu valorile măsurate (tabelul 2 și 4).

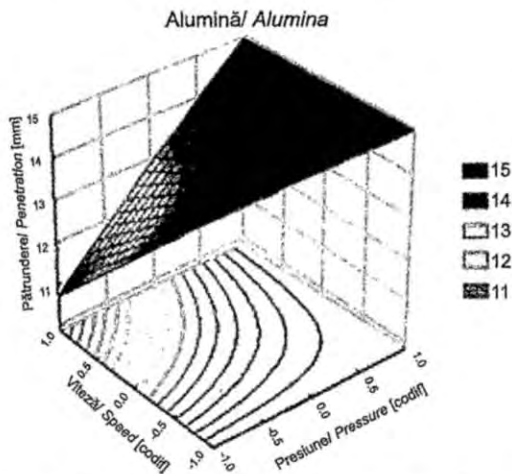


Figura 4. Model tridimensional pentru pătrundere funcție de presiune și viteză/

Figure 4. 3D model for penetration depending upon water pressure and cutting speed

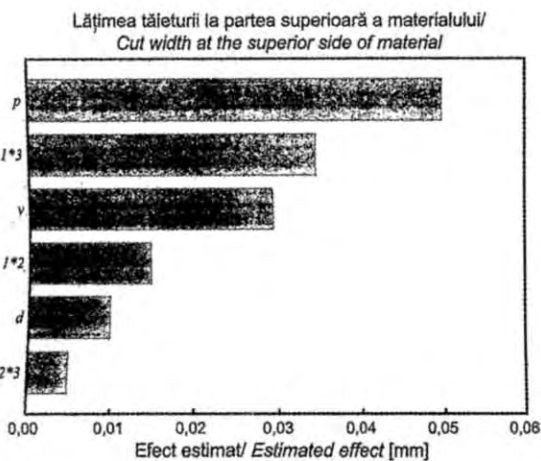


Figura 5. Efectele factorilor de influență asupra lățimii tăieturii în partea superioară a materialului/

Figure 5. Effects of the influence factors over the cut width at the superior side

În urma analizei datelor prezentate, rezultă că pătrunderea este influențată (pentru cazul particular al domeniului experimental explorat) în primul rând de presiunea apei și de

After the data analysis presented we can observe that the penetration is influenced (for the particular case of the experimental domain explored) by the water pressure and the cutting speed (each of the factors having an estimated effect of 2.14 mm over the depth of the penetration) and also by the interaction between these influence factors. The pressure has a proportionate effect and the speed has a counter effect over the depth of penetration. The abrasive output produces an insignificant effect on the penetration for the explored domain.

The experimental model for jet penetration (P) is given by formula:

$$P = 13,929 + 1,071 \times p - 1,071 \times v + 1,071 \times p \times v \text{ [mm]} \quad (1),$$

where the pressure and speed are introduced with coded values, with confidence coefficient $R^2 = 0.987$.

The response area corresponding to formula A1 is represented in Figure 4. with the result that in order to maximize the penetration high water pressure and reduced cutting speeds must be used simultaneous.

The width at the superior side of the cuts is not influenced to a great extent (in the explored domain) by any of the influence factors analyzed (Figure 5); the median value of the width obtained at the superior side is 0.92 ± 0.04 mm.

The width at the inferior side (at a depth of 10 mm) is significantly influenced by the water pressure and the interaction between water pressure and cutting speed and can be estimated.

Determined influence of parameters on inferior width of material

$$l = 0,419 + 0,061 \times p - 0,026 \times p \times v - 0,019 \times v \text{ [mm]} \quad (2),$$

where the pressure and speed are introduced with coded values $R^2 = 0.951$

The response surface corresponding to model A2 is represented in Figure 7 with the resulting conclusion that in order to maximize the width at the inferior side it is necessary to use high water pressures and reduced cutting speed.

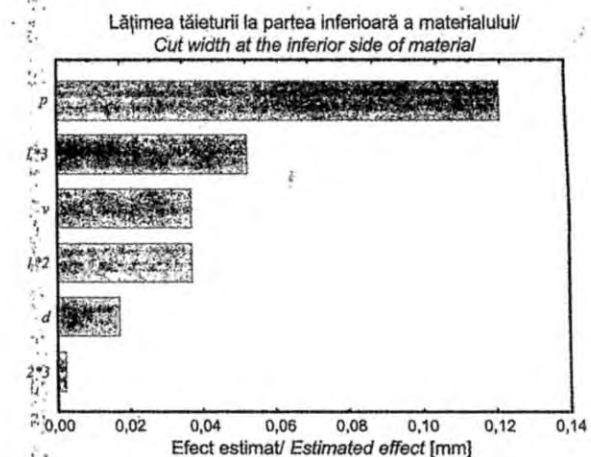


Figura 6. Efectele factorilor de influență asupra lățimii tăieturii în partea inferioară a materialului/

Figure 6. Effects of the influence factors over the cut width at the inferior side

5. Abrasive granulation influence

In order to highlight the influence of the granulation of abrasive over the cuts a complementary experiment was carried out with the program matrix presented in Table 5.

viteza de tăiere (fiecare dintre factori producând un efect estimat de 2,14 mm asupra pătrunderii, când parcurge domeniul său de variație), precum și de o interacțiune dintre acești factori de influență; presiunea are un efect direct proporțional, iar viteza unul invers proporțional asupra pătrunderii, pentru domeniul explorat;

Modelul experimental al pătrunderii jetului de apă în material (P), poate fi exprimat matematic sub forma:

$$P = 13,929 + 1,071 \times p - 1,071 \times v + 1,071 \times p \times v \text{ [mm]} \quad (1),$$

în care presiunea și viteza se introduc cu valori codificate, cu coeficientul încredere cu valoarea de $R^2 = 0,987$.

Suprafața de răspuns corespunzătoare formulei (1) este reprezentată în figura 4, rezultând că pentru a realiza o pătrundere bună este necesar să fie utilizate simultan presiuni mari ale apei și viteze mici de tăiere.

Lățimea la partea superioară a tăieturilor nu este influențată semnificativ (în domeniul explorat) de către nici unul dintre factorii de influență analizați (figura 5); valoarea medie a lățimii obținută la partea superioară este de $0,92 \pm 0,04$ mm.

Lățimea în partea inferioară (la adâncimea de 10 mm) este influențată semnificativ de presiunea apei și de interacțiunea presiune apă - viteză de tăiere (eventual, la limită de viteză de tăiere și interacțiunea presiune apă-debit abraziv), putând fi estimată cu modelul experimental, dat de relația (2).

Influența determinată a parametrilor asupra lățimii în partea inferioară a materialului (l), exprimată matematic, are forma:

$$l = 0,419 + 0,061 \times p - 0,026 \times p \times v - 0,019 \times v \text{ [mm]} \quad (2),$$

în care presiunea și viteza se introduc cu valori codificate, cu coeficientul de încredere, determinat de dispersii: $R^2 = 0,951$.

Suprafața de răspuns corespunzătoare formulei (2) este reprezentată în figura 7, rezultând concluzia că pentru a realiza o valoare optimă a lățimii în partea inferioară a materialului este necesar să se utilizeze presiuni mari ale apei și viteze mici de tăiere, aceasta fiind un element favorizant;

5. Influența granulației abrazivului

Pentru a pune în evidență influența granulației abrazivului asupra tăieturilor, a fost realizat un experiment complementar a cărui matrice-program este prezentată în tabelul 5. Distanța duză – material a fost menținută pentru toate încercările la valoarea de 1 mm.

Factorul de influență notat cu X_4 este granulația abrazivului.

Tabelul 5. Matricea-program a experimentului complementar/ Table 5. Complementary experiment program matrix

Nr. încercare/ Test no.	Nivele factori influență/ Influence factors levels				Valori măsurate ale funcțiilor obiectiv/ Measured values for the objective functions			
	X_4 [μm]	X_3 [mm/min]	X_2 [g/min]	X_1 [bar]	Y_1 [mm]	Y_2 [mm]	Y_3 [mm]	Y_4 [mm]
32A3	200-320	6	230	2500	>15	0,91	0,43	0,37
33A3	200-320	4	350	3000	>15	0,93	0,54	0,43
34A3	100-200	6	230	2500	9,51	0,97	0,41	0
35A3	100-200	4	350	3000	>15	0,98	0,39	0,38
36A3	nesitat	4	350	3000	>15	0,99	0,50	0,53

Pe baza rezultatelor obținute, pot fi formulate observațiile prezentate în continuare.

Granulația abrazivului nu influențează semnificativ lățimea

The distance nozzle – material was maintained for all the tests at the value of 1 mm.

On the basis of the obtained results observations can be formulated and presented.

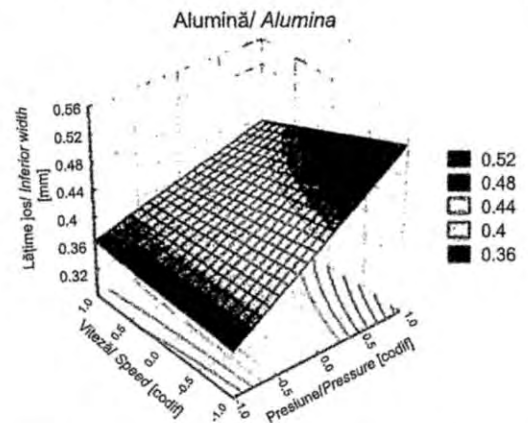


Figura 7. Model tridimensional pentru lățimea inferioară funcție de presiune și viteză/

Figure 7. 3D model for inferior width depending upon water pressure and cutting speed

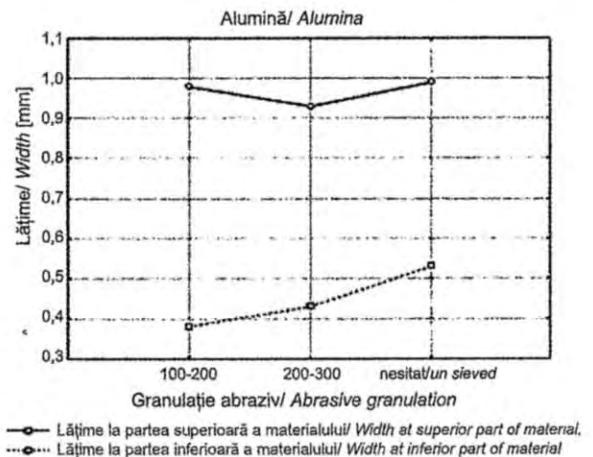


Figura 8. Lățimea tăieturii funcție de granulația abrazivului/

Figure 8. Cut width regarding the abrasive granulation

The abrasive granulation does not significantly influence the cuts widths at the superior side for the domain investigated (Figure 8).

The widths at the inferior side get smaller as progressively smaller abrasive granulation is used (Figure 8); this fact will lead to another depth of penetration that is smaller for the finer

abrasive granulation than the one for the courser abrasive granulation for all the other parameters remaining constant (tests 32A3 and respectively 34A3).

tăieturilor la partea superioară a materialului, pentru domeniul investigat (figura 8).

Lățimile în partea inferioară a materialului se micșorează pe măsură ce este utilizat un abraziv cu granulație din ce în ce mai fină (figura 8); acest fapt conduce implicit la modificarea adâncimii de penetrare, care este mai redusă pentru abrazivul cu granulație mai fină decât pentru abrazivul cu granulație mai groabă la ceilalți parametri menținuți constanți (încercările 32A3 și respectiv 34A3).

6. Concluzii

Metodologia folosită, bazată pe utilizarea experimentelor factoriale a permis optimizarea procesului de tăiere cu jet de apă și abraziv a aluminei, în baza reprezentărilor tridimensionale obținute, din care se pot extrage datele necesare pentru regimuri de debitare utilizabile în activități industriale.

Combi-națiile între nivelele factorilor de influență utilizați pentru analiză determină modificări semnificative ale performanțelor obținute pentru funcțiile obiectiv ce caracterizează geometria și calitatea tăieturilor realizate.

Astfel, cea mai mare influență asupra pătrunderii o au viteza de tăiere și presiunea jetului de apă, precum și interacțiunea dintre acești parametri. Tăieturile cu adâncimea de pătrundere cea mai mare, dar și cu calitatea cea mai bună a pereților, se obțin în general pentru viteze mici de tăiere și presiuni mari ale jetului de apă. Un debit important de abraziv poate constitui un factor favorizant al obținerii unei adâncimi de tăiere mari, cu o calitate optimă a suprafețelor tăieturilor.

Distanța duză-material produce efecte relativ mici asupra adâncimii de pătrundere, însă este un factor important pentru stabilitatea procesului de tăiere.

Cele mai bune rezultate din punct de vedere a adâncimii de pătrundere au fost obținute în cazul utilizării abrazivului nesitat, cu granulația având valoarea medie de 80 Mesh.

Pe baza rezultatelor prezentate se constată că regimul tehnologic optim de tăiere cu jet de apă și abraziv a aluminei se situează în domeniul de parametri dat de o viteză de tăiere redusă, presiunea mare a apei și un debit mare de abraziv.

Metoda experimentelor factoriale, utilizată în lucrare, poate fi folosită pentru optimizarea tăierii cu jet de apă a altor materiale, indiferent de natura acestora.

6. Conclusions

The methodology that was used based on using factorial experiments has allowed the optimization of the abrasive water-jet process for cutting alumina and to obtain data necessary for practical cutting technologies.

The combinations between the levels of influence factors retained for analysis determine significant modifications of the obtained performances for the objective functions that reside in the geometry and quality of the cuts made.

The greatest influence over the penetration is from the cutting speed and water-jet pressure and the interaction between these parameters. The cuts with the largest penetration depth and with the best wall quality are obtained for low cutting speeds and high water-jet pressure. An important output of abrasive may be a favoring factor to obtain larger depths.

The distance nozzle – material has relative small effects over the depth of penetration but it is an important factor for stabilizing the process.

The best results from the depth point of view have been obtained by using an

un-sieved abrasive with a median granulation of 80 Mesh.

On the basis of the results presented it turns out that the optimum abrasive water-jet cutting technological regime for alumina is situated in the range of parameters given by a reduced cutting speed, high water pressure and abrasive output.

The factorial experiment method used in this paper can be used for abrasive water-jet optimization for cutting other materials no matter their type or nature.

Bibliografie/ References

- [1]. Hashish, M.: Advances in Composite Machining with Abrasive Water-Jets, PED vol. 49, MD 1991.
- [2]. Cicală, E.F.: Metoda experimentelor factoriale: proiectarea experimentelor, modelare, optimizare, Ed. Politehnica, Timișoara, 2005.
- [3]. Cicală, E.F.: Metode de prelucrare statistică a datelor experimentale, Ed. Politehnica, Timișoara, 1999.
- [4]. Myers, R.H., Montgomery, D.C.: Response Surface Methodology, John Wiley&Sons, Inc. New York, 2002.
- [5]. Wu, C.F.J., Hamada, M.: Experiments: Planning, Analysis and Parameter Design Optimization, John Wiley&Sons, Inc. New York, 2000.
- [6]. Andreas, W.M., Kovacevic, R.: Principle of Abrasive Water Jet Machining, Springer Verlag, Berlin, 1998.



Asociația de Sudură din România

Conferința Internațională

Îmbinare și Microîmbinare

Calitate și Eficiență

Drobeta Turnu Severin

30 septembrie - 02 octombrie 2009



www.asr.ro