

ANALIZA RUGOZITĂȚII SUPRAFETEI LEMNULUI DE ARIN NEGRU ÎN FUNCȚIE DE DIFERIȚI PARAMETRI DE PRELUCRARE

ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS OF BLACK ALDER AS FUNCTION OF VARIOUS PROCESSING PARAMETERS

Emilia – Adela SALCĂ*

Lecturer, dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering

Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania

E-mail: emilia.salca@unitbv.ro

Salim HIZIROGLU

Prof. Ph.D – Oklahoma State University – Department of Natural Resource, Ecology and Management

Adresa/Address: Stillwater, OK 74078-6013

E-mail: salim.hiziroglu@okstate.edu

Rezumat:

Obiectivul prezentului studiu a fost de a analiza calitatea suprafețelor epruvetelor din lemn de arin negru (*Alnus glutinosa*) în funcție de procesul de șlefuire caracterizat de patru granulații, și anume 60, 80, 100 și 120. Prelucrarea prin șlefuire s-a realizat paralel, perpendicular și la 45 grade față de orientarea fibrei lemnului. Experimentele industriale s-au desfășurat la Societatea NIKMOB Nehoiu, pe o mașină de șlefuit cu bandă lată cu contact de sus. Pentru testele experimentale s-au utilizat două variabile: viteza de avans și adâncimea de așchiere. S-au determinat doi parametri de rugozitate, R_k (parametrul de apreciere a rugozității de prelucrare) și R_{pk} (parametrul de apreciere a fibrei ridicate) cu ajutorul unui profilometru optic MicroProf FRT, pe zone cu și fără umezire delimitate pe piese. Datele înregistrate au fost procesate prin metoda regresiei neliniare cu ecuație de ordinul doi cu două variabile. S-a folosit de asemenea și analiza de varianță ANOVA pentru evaluarea datelor, prin aplicarea a cinci variabile independente, și anume: programul de șlefuire, direcția de prelucrare, viteza de avans și adâncimea de prelucrare pentru cele două stări ale suprafeței, cu și fără umezire. Rezultatele studiului au arătat că umezirea suprafețelor nu a generat o calitate mai bună a suprafețelor șlefuite. La prelucrările pe direcție la 45 grade și paralel cu orientarea fibrei lemnului, calitatea suprafeței epruvetelor s-a îmbunătățit comparativ cu direcția perpendiculară. S-a observat de asemenea că efectul cumulat al factorilor asupra parametrilor de rugozitate a fost mult mai intens față de efectul individual al acestora. În baza rezultatelor acestei cercetări, o astfel de abordare poate fi aplicată cu succes în industria lemnului, la fabricarea mobilei, pentru o cât mai eficientă utilizare a materialului lemnos în următoarele faze ale prelucrării, mai precis la finisare.

Cuvinte cheie: rugozitate; șlefuire; arin negru.

INTRODUCERE

Principalul rol al șlefuirii este de a elimina de pe suprafața lemnului toate neregularitățile datorate prelucrărilor anterioare și de a conferi suprafeței o

Abstract:

The objective of this study was to analyse the surface quality of black alder (*Alnus glutinosa*) samples as function of sanding processes based on four grits sizes, namely 60, 80, 100 and 120. The sanding process was performed parallel, perpendicular and at 45 degrees angle to the grain orientation of the specimens. The experiments were carried out on a wide belt sanding machine at NIKMOB Nehoiu Company. Two machining variables, feed speed and cutting depth were used for the tests. Two roughness parameters, R_k (processing roughness parameter) and R_{pk} (fuzzy grain roughness parameter) were determined by employing the optical profilometer type MicroProf FRT, on dry and wet areas of the samples. All data were processed by using a nonlinear regression method respecting an equation of 2nd degree type with two variables. The ANOVA analysis was also used to evaluate the data by applying five independent variables, namely: sanding program, sanding direction, feed speed and cutting depth for the two statement of surface, with and without wetting. The results of the study revealed that the wetting of samples did not show a better quality of sanded surfaces. However when the samples were sanded at 45 degrees angle and parallel to the grain orientation, overall surface quality of the samples improved compared to perpendicular direction. It was also found that the cumulative effect of factors was more representative on the roughness parameters than the situation when taken individually. It appears that based on the findings in this work such approach can be successfully applied in wood products industry including furniture manufacturing to have a more efficient use of the raw material in further processing steps such as finishing.

Key words: roughness; sanding; black alder.

INTRODUCTION

The main purpose of sanding is to eliminate irregularities on the surface of wood due to previous

* Autor corespondent / Corresponding author

calitate corespunzătoare pentru operațiile de finisare.

În domeniul șlefuirii lemnului au fost dezvoltate numeroase proiecte de cercetare, fiind publicate lucrări importante care au stabilit cadrul general al domeniului șlefuirii suprafețelor lemnoase. S-a analizat influența regimurilor de șlefuire asupra calității suprafețelor, obținând rezultate în funcție de procesul adoptat și de particularitățile specifice sculelor și speciilor lemnoase studiate. Astfel, Pahlitzsch (1970), Pop (1979a, 1979b) și Cotta (1982) au confirmat că rugozitatea suprafețelor șlefuite crește odată cu mărimea granulelor abrazive.

În ceea ce privește specia lemnoasă, Cotta (1982) a stabilit că rugozitatea a scăzut de la brad la fag, tei și în final la stejar, specie care a generat cele mai bune suprafețe șlefuite. Din considerente estetice, se preferă șlefuirea paralel cu fibrele lemnului (Cotta 1982, Beganu 2001). Pre-umezirea și uscarea suprafeței înaintea șlefuirii (Beganu 2001) poate genera suprafețe bune, dar Pop (1979) a considerat că acest pas poate fi eliminat fără nici o repercursiune asupra calității, dar cu avantaje economice. Pop (1979) a remarcat o foarte mică descreștere a rugozității cu scăderea vitezei de avans.

Luând în considerare multitudinea de factori care influențează rugozitatea suprafețelor prelucrate, Pop (1979) a recomandat elaborarea unui standard românesc privind calitatea suprafețelor lemnoase.

Gurău (2005) a revenit cu această abordare și a întocmit un set valoros de recomandări privind rugozitatea suprafețelor șlefuite din lemn masiv. Pop (1979) și Gurău (2005) au stabilit că granulația are un rol hotărâtor în procesul de șlefuire, influențând rugozitatea suprafeței.

Rugozitatea este adesea considerată parametrul principal de evaluare a calității suprafeței lemnoase supusă șlefuirii (Lemaster și Beall 1996, Taylor și alții 1999, de Moura și Hernández 2005, 2006). Conform studiilor efectuate anterior, parametrii tehnologici cum sunt viteza, presiunea, vibrația, trebuie să fie corect reglați odată ce ei prezintă o influență hotărâtoare asupra calității produsului final (Pahlitzsch 1970 și Pop 1979).

Se recomandă utilizarea mașinilor de șlefuit cu bandă lată și elaborarea regimurilor de așchiere separat pe fiecare specie. Taylor și alții (1999) au conchis că granulația mai fină devine importantă în determinarea presiunii de șlefuire.

Referitor la randamentul sculelor abrazive și al procesului de șlefuire, Pop (1979) subliniază faptul că acestea sunt direct dependente de natura și mărimea granulelor, la fel ca și timpul de utilizare a abrazivului.

În general, un program de șlefuire debutează cu o granulație grosieră urmată de șlefuirii mai fine (Williams și Morris 1998).

Granulațiile grosiere sunt destinate șlefuirilor rapide și profunde, în timp ce granulațiile fine servesc fazelor de finisare (Lihra și Ganev 1999). Fiecare etapă de șlefuire are ca obiectiv minimizarea neregularităților apărute în etapa precedentă, altfel acestea ar fi vizibile la finisare (Williams și Morris 1998, Lihra și Ganev 1999). Dealtfel, cu cât mărimea granulelor este mai mică, cu atât calitatea suprafeței este mai bună (Carrano și alții

processing so that finishing can be applied resulting a better quality final product.

There are many research projects carried out on sanding of wood products, being published important papers which established the main framework of sanding the wooden surfaces. The influence of the cutting schedules upon the surfaces quality was analysed and it was found that the results were influenced by applied process, tools features and wood species. Thus, Pahlitzsch (1970), Pop (1979a, 1979b) and Cotta (1982) confirmed that the roughness of sanded surfaces increases with the abrasive grit size. Regarding the wood species Cotta (1982) found that the roughness decreased from fir to beech, lime and finally oak, which yielded the best surface quality. Considering aesthetic aspects, the sanding along the grain is preferred (Cotta 1982, Beganu 2001). Pre-wetting and drying the surface before sanding (Beganu 2001) can produce better sanding results, but Pop (1979) considered that this step can be removed without any negative effect on sanded quality, but with economic advantages. Pop (1979) found a very small decrease of roughness with the decrease of feed speed.

Considering the influencing factors that affect the roughness of engineered surfaces, Pop (1979) recommended the elaboration of a Romanian standard related to the wooden surfaces quality. Gurau (2005) employed this approach by establishing a set of valuable recommendations concerning the roughness evaluation of sanded surfaces. Pop (1979) and Gurău (2005) noticed that the grit size has a major role on the sanding process influencing overall the surface roughness of the unit. Roughness is often considered as a main parameter for evaluation of surface quality due to sanding (Lemaster and Beall 1996, Taylor et al 1999, de Moura and Hernández 2005, 2006). According to previous studies, manufacturing parameters such as speed, pressure, vibration need to be adjusted correctly since they present significant influence on the quality of the final product (Pahlitzsch 1970 and Pop 1979). It is recommended to use the wide belt sanders and to set specific cutting schedules for each wood species. Taylor and others (1999) concluded that the finer grit size becomes important to determine the amount of pressure. Regarding the yield of sanding tools and process, Pop (1979) determined that they directly related to the nature and dimensions of grit sizes as well as the lifetime of abrasive.

A sanding of wood surface is usually initiated with a rough grit size which is followed by finer grit sizes (Williams and Morris 1998). The rough grit sizes are used for rapid and deep sanding processes while the finer ones are used for the final finishing phases (Lihra and Ganev 1999). Each sanding step has the objective to minimize the irregularities on the surface that result during the previous phase, (Williams and Morris 1998, Lihra and Ganev 1999).

2002, de Moura și Hernández 2006, Ratnasingam și Scholz 2006). Sinn și colaboratorii (2004) au stabilit o corelație liniară pozitivă între mărimea granulelor abrazive și rugozitatea suprafeței.

Gurău (2005, 2006) a investigat calitatea suprafeței lemnului de stejar, fag și brad din perspectiva diferiților parametri de prelucrare. Gurău (2006) prezintă faptul că rugozitatea este un indicator important pentru etapele pe care urmează să le parcurgă produsul până la finisare. Numeroase studii au fost efectuate asupra optimizării procedeelelor de șlefuire a lemnului. Aceste cercetări au făcut referire la granulația hârtiei abrazive (Carrano și alții 2002, Sinn și alții 2004, de Moura și Hernández 2006, Ratnasingam și Scholz 2006), orientarea în raport cu direcția fibrelor (Taylor și alții 1999, Carrano 2002), specia lemnoasă (Saloni și alții 2005, Sinn 2004) și viteza de șlefuire (Carrano 2002, de Moura și Hernandez 2006).

Carrano (2002) și Saloni (2005) au efectuat studii pe mașini de șlefuit cu cilindru și au observat că la creșterea vitezei de rotație a benzii, calitatea suprafeței este diminuată.

Viteza de avans are de asemenea un efect important asupra calității suprafeței șlefuite (Carrano 2002, de Moura și Hernandez 2006).

Vitezele de avans mari generează suprafețe mai rugoase. Acest fenomen se produce datorită faptului că numărul de urme provocate de abraziv scade (Carrano 2002), ceea ce generează și o mai mare oscilație la suprafață (de Moura și Hernandez 2006).

Fotin (2008) a adus contribuții la studiul puterii consumate la prelucrarea prin șlefuire a lemnului de mesteacăn, confirmând creșterea acesteia odată cu viteza de avans și adâncimea de prelucrare.

Au fost efectuate de asemenea și studii legate de evaluarea rugozității suprafețelor materialelor compozite pe bază de lemn (Hiziroglu 1996, 2004). Hiziroglu (2009) oferă date asupra rugozității panourilor compozite în funcție de condiții diferite de expunere, astfel de date având o bună aplicabilitate practică în procesul de fabricație și la prelucrările ulterioare.

După Malkocoglu (2006), lemnul de arin negru are proprietăți foarte bune la frezare, strunjire și găurire și proprietăți relativ bune la prelucrarea scobiturilor și șlefuire.

Au fost investigate multe din proprietățile fizice și mecanice ale lemnului de arin negru, dar datele existente sunt limitate sau chiar absente privind evaluarea rugozității suprafețelor șlefuite din lemn de arin negru.

Așadar, obiectivul acestei lucrări este de a determina parametrii de șlefuire cu influență majoră asupra calității suprafeței, astfel ca această specie lemnoasă să poată fi optim și eficient utilizată în fazele de prelucrare ulterioară, specifice proceselor de finisare.

OBIECTIV

Obiectivul lucrării îl constituie evaluarea parametrilor de rugozitate R_k și R_{pk} pentru suprafețele din lemn de arin negru supuse operației de șlefuire cu programe de șlefuire utilizând granulațiile 60, 80, 100 și

Moreover, the smaller the grit sizes are, the better the surface quality is (Carrano et al 2002, de Moura and Hernández 2006, Ratnasingam and Scholz 2006). Sinn and others (2004) have established a positive linear correlation between the grit sizes and surface roughness. Gurău (2005, 2006) investigated surface quality of oak, beech and fir from the perspective of various manufacturing parameters. Gurău (2006) presented that the roughness was an important indicator for further phases that are to be performed by the product up to the finishing phase. Numerous studies were carried out on the optimization of sanding process of wood products related to the grit size (Carrano et al 2002, Sinn et al 2004, de Moura and Hernandez 2006, Ratnasingam and Scholz 2006), the processing direction and grain orientation (Taylor et al 1999, Carrano 2002), the wood species (Saloni et al 2005, Sinn 2004) and sanding speed (Carrano 2002, de Moura and Hernandez 2006). Carrano (2002) and Saloni (2005) have performed studies on drum sanders and they determined that as belt rotation speed is increased, the surface quality of the samples decreased.

The feed speed has also an important effect upon the quality of sanded surface (Carrano 2002, de Moura and Hernandez 2006).

High feeding speed generates rough surfaces of the specimens. This phenomenon is mainly due to the reduced number of traces caused by the abrasive (Carrano 2002) and thus a wide surface oscillation is also created (de Moura and Hernandez 2006).

Fotin (2008) contributed to the study of power consumption during the sanding process of birch wood, with relevant results in its increase with the increase of feed speed and cutting depth.

Some previous works were also carried out related to the evaluation surface roughness of commercially manufactured wood based materials (Hiziroglu 1996, 2004). Hiziroglu (2009) offers data related to composites roughness, as function of different exposure conditions, such data have a good practical use in their manufacturing and further processes.

Malkocoglu (2006) considered that the black alder wood presents very good properties when milling, lathing, boring and relative good ones when mortising and sanding.

Most of physical and mechanical properties of black alder wood has been investigated but there is limited or no information on roughness evaluation of black alder as function of sanding process. Therefore the objective of this paper is to determine major sanding parameters influencing the surface quality of black alder, so that such species can be used more effectively in further finishing processes.

OBJECTIVE

The paper objective consists in the evaluation of the R_k and R_{pk} roughness parameters for the surfaces made of black alder wood after their

finală 120, pe trei direcții de prelucrare (paralel, perpendicular și la 45 grade față de fibrele lemnului) sub regimuri diferite de șlefuire.

Se menționează că prezentul studiu este parte a lucrării de doctorat concentrată pe aspectele de prelucrabilitate ale lemnului de arin negru (Salcă 2008a, b).

METODĂ, MATERIALE ȘI APARATURĂ

Material și metodă

Pentru experimente s-au utilizat epruvete fără defecte din lemn de arin negru (*Alnus glutinosa*), cu dimensiunile 300x95x16mm, cu umiditatea de 8%.

Piesele au fost șlefuite pe mașina de șlefuit cu bandă lată cu contact de sus SANDING MASTER cu două capete de lucru, la SC NIKMOB SA Nehoiu.

Mașina de șlefuit are următoarele caracteristici tehnice: dimensiunile benzii abrazive de 1900x1130mm, viteza de șlefuire (în sens contrar avansului) de 16m/s, presiunea de 4,5 bar, iar viteza de avans între 4 și 20m/min.

Mașina de șlefuit este prevăzută cu sistem de oscilație pneumatică și cu sistem de desprăfuire a benzii.

Tabelul 1 prezintă matricea experimentelor la șlefuirea epruvetelor din lemn de arin negru.

processing with some sanding programs using the grit sizes 60, 80, 100 and 120 as final grit size, by respecting three processing directions (parallel, perpendicular and at 45 degrees angle to the grain orientation), under different schedules. The present study is part of a doctoral study focused on the workability of black alder (Salcă 2008a, b).

METHOD, MATERIALS AND EQUIPMENT

Material and method

Defect free black alder (*Alnus glutinosa*) samples with dimensions of 300 by 95 by 16mm, having 8% moisture content were used for the experiments. The specimens were sanded on a SANDING MASTER wide belt sander with two working heads at NIKNOB Company from Nehoiu.

The sander presents the following technical characteristics: abrasive belt dimensions of about 1900x1130mm, sanding speed (against the feed direction) of about 16m/s, contact pressure of about 4.5 bar and feed speed between 4 and 20m/min.

The equipment has pneumatic oscillation system along with self cleaning setup. Table 1 presents the matrix of experiments used during sanding the samples made of black alder wood.

Tabelul 1 / Table 1

Matricea experimentelor la șlefuire / Matrix of experiments during sanding

Nr. / No	Parametrii de regim / Schedule parameters	Valoarea / Value		
1	Viteza de avans / Feed speed, m/min	8	12	16
2	Adâncimea de așchiere / Cutting depth, mm	0.1	0.2	0.3
3	Direcția de prelucrare / Processing direction	Paralel cu orientarea fibrelor lemnului / Parallel to the wood grain orientation	Perpendicular față de orientarea fibrelor lemnului / Perpendicular to the wood grain orientation	La 45° față de orientarea fibrelor lemnului / At 45° angle to the wood grain orientation
4	Umezire / Wetting	Cu umezire / With wetting		Fără umezire / Without wetting
5	Progamul de șlefuire și granulațiile / Sanding program and grit sizes	No. 4	No. 8	No. 11
		60, 80, 120	60, 100, 120	60, 120

S-a utilizat experimentul factorial (Laurenzi 2000) cu două variabile, și-anume viteza de avans (cinci valori: 4, 8, 12, 16 și 20) și adâncimea de prelucrare (cinci valori: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 și 0,5).

Acest experiment a permis utilizarea unui număr mai restrâns de piese pentru operația de șlefuire, care s-a dorit a fi efectuată cu regimuri de lucru variate, obținute prin combinarea vitezelor de avans și a adâncimilor de prelucrare pe cele trei direcții de prelucrare.

Pentru teste s-au folosit 39 de epruvete pentru 3 seturi a câte 13 piese fiecare, conform algoritmului, pentru fiecare din cele trei direcții de prelucrare paralel,

The factorial experiment (Laurenzi 2000) with two variables, namely feeding speed (five values: 4, 8, 12, 16 and 20) and cutting depth (five values: 0.1; 0.2; 0.3; 0.4 and 0.5) were used.

This experiment allowed to use a lower number of pieces for sanding which was to be performed under various schedules obtained when combining feed speeds and cutting depths by respecting three processing directions.

A total of 39 samples for three sets having 13 samples for each set, according to the algorithm, along the three processing directions of parallel,

perpendicular și la 45 grade față de fibre.

Epruvetele au fost umezite pe jumătate din suprafață înaintea fiecărei treceri, pentru a se putea analiza influența umezirii asupra rugozității suprafețelor șlefuite. S-au utilizat șabloane pentru asigurarea direcției de șlefuire, după cum se prezintă în Figurile 1 a și b.

S-au utilizat 4 tipuri de hârtii abrazive cu granulațiile 60, 80, 100 și 120, cu granule abrazive din corindon. Hârtia abrazivă cu granulație 60 a fost utilizată inițial pentru calibrare.

Astfel s-au întocmit 3 programe diferite de șlefuire no. 4, 8 și 11, explicitate în Tabelul 1.

Măsurarea rugozității

Aparatul utilizat pentru măsurarea rugozității suprafeței profilului, MicroProf FRT (Fig.2 a) este un instrument optic standard.

Pentru a respecta direcția de măsurare a rugozității, și anume o direcție perpendiculară pe cea de prelucrare, s-a confecționat un șablon prezentat în Fig.2 b. S-au efectuat câte două măsurători de rugozitate pe fiecare piesă, pentru zona prelucrată cu umezire prealabilă, cât și pentru zona prelucrată fără umezire. Parametrii de scanare setați au fost, după cum urmează:

- modul 2D
- viteză de scanare de 750 $\mu\text{m/s}$
- 10000 puncte scanate
- lungime de evaluare 50 mm
- lungime de bază 2,5 mm
- rezoluție de măsurare 5 μm .

Se precizează că valorile pentru lungimea de evaluare, lungimea de bază și rezoluția de măsurare au fost alese conform recomandărilor date de Gurău (2005) pentru suprafețele lemnoase.

perpendicular and at 45 degrees angle to the grain orientation were used for the tests.

All samples were wetted on halfway of their surfaces, before each pass, to analyse effect of the wetting on the roughness of sanded surfaces. Frames were used to determine sanding direction as shown in Figures 1a and 1b.

Four grit sizes of sandpaper, namely 60, 80, 100 and 120 grits manufactured from corundum abrasive were used for the samples. Initially 60 grits sandpaper was used for calibration purpose.

Three different sanding programs were then set no. 4, 8 and 11, as presented in Table 1.

Roughness measurement

The device used for roughness measurement, MicroProf FRT (Fig.2 a) is an optical type standard instrument.

In order to respect the roughness measuring direction, namely perpendicular to the processing direction, a special device presented in Fig.2 b was made. Two roughness measurements were performed per each sample, both for the wet area and the area without wetting before sanding.

The set scanning parameters were as follows:

- 2D profile method
- 750 $\mu\text{m/s}$ scanning speed
- 10000 scanned points
- 50 mm evaluation length
- 2.5 mm sampling length
- 5 μm measuring resolution.

It is also mentioned that the evaluation length, sampling length and measuring resolution were all selected according to the recommendations offered by Gurău (2005) for wood surfaces.



a



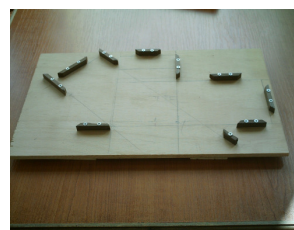
b

Fig. 1.

Șabloane utilizate la șlefuirea lemnului de arin pentru cele trei direcții de prelucrare (a și b) / Devices used for sanding the alder wood with respect to the three processing directions (a and b).



a



b

Fig. 2.

Rugozimetrul MicroProf FRT (a), șablon de poziționare a pieselor (b) / MicroProf FRT roughness device (a), positioning device for samples.

Înregistrarea și prelucrarea datelor

Softul de înregistrare a datelor a permis vizualizarea topografiei suprafeței în studiu. Analiza de rugozitate a profilului s-a efectuat apelând softul de analiză. Profilul de rugozitate a fost obținut după o prealabilă filtrare a datelor cu filtrul Gauss, aplicat automat de soft. Datele înregistrate au fost procesate prin metoda regresiei neliniare cu ecuație de ordinul doi cu două variabile.

Doi parametri de rugozitate din familia *Rk* (*Rk*, *Rvk* și *Rpk*), și anume *Rk* (rugozitatea de prelucrare) și *Rpk* (rugozitatea fibrei ridicate) au fost utilizați pentru analiza suprafeței, conform ISO 13565-2: 1996.

Parametrul *Rvk* (rugozitatea anatomică) a fost exclus din analiză deoarece rugozitatea anatomică nu a fost eliminată.

Parametrul *Rk*, definit ca adâncimea miezului de rugozitate, este propus de Gurău (2005) și Sandak (2005) ca fiind cel mai reprezentativ indicator al rugozității de prelucrare.

Rezultatele fiecărui program de șlefuire, pe fiecare direcție de prelucrare în parte au fost analizate prin studierea și interpretarea zonelor aferente modelării, corelate cu cele obținute în condiții industriale.

Au fost luate în considerare doar acele valori ale vitezelor de avans, pentru care determinările experimentale reale au fost reprezentate corespunzător, și anume: 8, 12 și 16m/min (cuprinse între limitele optime recomandate pentru mașinile de șlefuit cu bandă lată, de la 8 la 25m/min). Extremele experimentului factorial, setate inițial, au fost eliminate, respectiv vitezele de avans de 4 și 20m/min, pentru care s-au efectuat câte un singur test experimental, aceste rezultate nefiind concludente și nici suficiente pentru o modelare pe acest segment. Epruvetele au fost șlefuite cu granulația finală 120. Valorile adâncimilor de așchiere în studiu au fost de la 0,1 la 0,3mm. Șlefuirea cu abrazivi peste granulația 100 a fost considerată optimă.

S-a aplicat apoi analiza de varianță ANOVA, rezultatele fiind prezentate în Tabelul 2. Au fost întocmite grafice comparative pentru fiecare parametru de rugozitate luat în studiu, în funcție de viteza de avans și de adâncimea de șlefuire. Spre exemplificare se prezintă astfel de comparații în funcție de viteza de avans pentru o adâncime de prelucrare de 0,2mm și respectiv, adâncimea de prelucrare pentru o viteză de avans de 12m/min, după cum urmează: pentru *Rk* (Fig.3a și b) și *Rpk* (Fig.4a și b). Variabilele independente au fost: trei programe de șlefuire, programele 4, 8 și 11 și trei direcții de prelucrare perpendicular, paralel și la 45 față de orientarea fibrelor lemnului, pentru cele două situații distincte, cu și fără umezire.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În baza rezultatelor acestui studiu, valorile parametrilor de rugozitate au înregistrat fie tendințe de creștere fie de scădere, la variațiile vitezei de avans și ale adâncimii de șlefuire de la 8 la 16m/min și respectiv de la 0,1 la 0,3mm.

Recording and processing of data

The software for recording the data allowed to display the surface topography under study. The profile roughness analysis was performed.

Later the roughness profile was obtained after a previous data filtering with the Gaussian filter, automatically applied. All data were processed by using a nonlinear regression method respecting an equation of 2nd degree type with two variables. Two parameters from the *Rk* family (*Rk*, *Rvk* și *Rpk*), namely *Rk* (processing roughness) and *Rpk* (fuzzy grain roughness), were used to analyse the surface, according to ISO 13565-2: 1996 standard.

Rvk (anatomical roughness) parameter was excluded because the anatomical roughness was not removed. The *Rk* parameter, defined as the roughness core depth, is proposed by Gurău (2005) and Sandak (2005) as the most representative indicator of processing roughness.

The results for each sanding program and processing direction were analysed by studying and interpreting the specific areas of modelling and correlated to those in industrial conditions.

Feeding speeds for which the experimental determinations were well represented, such as: 8, 12 and 16m/min (values comprised between the optimal limits recommended for wide belt sanders, from 8 to 25m/min) were used. The extreme values of the factorial experiment, previously set, were removed, namely the feed speeds of about 4 and 20m/min, because only a single experimental test was carried out for both of them and these results were irrelevant and inadequate for a specific modelling. The samples were sanded with the final grit size of 120. The values of cutting depth ranged from 0.1 to 0.3mm. The sanding with a grit size over 100 was considered optimum.

The ANOVA variance analysis was then applied, having the results presented in Table 2. There were set comparative graphically representations for each one of the roughness parameters depending on the feeding speed and cutting depth. Such comparative representations as function of feed speed for 0.2mm as cutting depth and as function of cutting depth for 12m/min as feed speed are presented as follows: for *Rk* (Fig.3a and b) and *Rpk* (Fig.4a and b) respectively.

The independent variables were: three sanding programs, no. 4, 8 and 11 and three sanding directions, perpendicular, parallel and at 45 degrees angle as relate to wood grain, for the two conditions of the samples, namely wett and dry.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Based on the results in this work, values of roughness parameters had either increasing or decreasing trends with the change of feed speed and cutting depth from 8 to 16m/min and from 0.1 to 0.3mm, respectively.

S-a observat în general o creștere a rugozității de prelucrare exprimată prin parametrul de rugozitate Rk odată cu creșterea vitezei de avans, în timp ce la variația adâncimii de prelucrare, o tendință clară de creștere s-a semnalat doar la utilizarea programului de șlefuire 11 pe toate cele trei direcții de prelucrare. În ceea ce privește parametrul de rugozitate Rpk , de apreciere a fibrei ridicate, se poate observa tendința generală de creștere atât cu creșterea vitezei de avans dar și cu variația adâncimii de prelucrare. Valorile înregistrate de cei doi parametri de rugozitate, Rk și Rpk , au fost semnificativ mai mici în cazul prelucrărilor pe direcție perpendiculară. Dar această prelucrare nu este indicată deoarece produce suprafețe mai puțin estetice.

Din analiza datelor s-a observat că umezirea nu era necesară. Valorile parametrilor de rugozitate determinați pe zonele neumezite ale epruvetelor sunt reprezentative pentru stabilirea calității suprafețelor luate în studiu. Acești parametri au prezentat valori mai scăzute.

Șlefuirile fără umezire, pe direcție de prelucrare la 45 grade față de orientarea fibrelor lemnului, pentru toate cele trei programe de șlefuire studiate, au generat suprafețe caracterizate prin valori apropiate ale parametrului Rk , între 20 și 22 μ m.

Valorile parametrului Rpk , sub 10 μ m, au semnalat prezența ne semnificativă a fibrei ridicate în urma prelucrărilor fără umezire pe aceeași direcție la 45 grade, dar și pe direcție paralelă față de orientarea fibrelor lemnului, cu toate cele trei programe de șlefuire.

Cele mai bune suprafețe, din punct de vedere calitativ s-au obținut la prelucrarea fără umezire cu programul de șlefuire 8 (granulațiile 60, 100, 120), la o viteză de avans de 8m/min și o adâncime de prelucrare de 0,1mm. La prelucrările la 45 grade, respectiv paralel cu orientarea fibrelor lemnului, așa cum se prezintă în Fig.5, valorile lui Rk au fost de 22,3 respectiv 19,6 μ m iar valorile lui Rpk au fost de 6,4 respectiv 6,6 μ m.

Analiza de varianță a subliniat efectul semnificativ cumulat al asocierilor de factori implicați în analiză (Sig.<0,05), indicând o interacțiune importantă și prin coeficientul $\eta^2 > 0,50$, care este un indicator al intensității relației, așa cum se prezintă în Tabelul 2, în timp ce statistica test nu a fost semnificativă (Sig. >0,1) pentru nici unul dintre factorii individuali.

Intensitatea efectului exercitat de programul de șlefuire și parametrul de prelucrare (viteza de avans și adâncimea de prelucrare), s-a evidențiat prin valoarea mare (0,949) a coeficientului η^2 , cu un coeficient de semnificație Sig. 0,047<0,05. Statistica test a fost semnificativă și pentru asocierile de factori cuprinzând direcția de prelucrare, programul de șlefuire, viteza de avans, respectiv adâncimea de prelucrare și umezirea între șlefuirii (Sig. 0,016 respectiv 0,004), iar intensitatea efectului cumulat, η^2 , al acestora asupra parametrului de rugozitate Rk a avut valoarea de 0,637, respectiv 0,707. Și asupra parametrului de apreciere a fibrei ridicate, Rpk , influența acestora a fost similară (Sig.<0,05 și $\eta^2 > 0,50$).

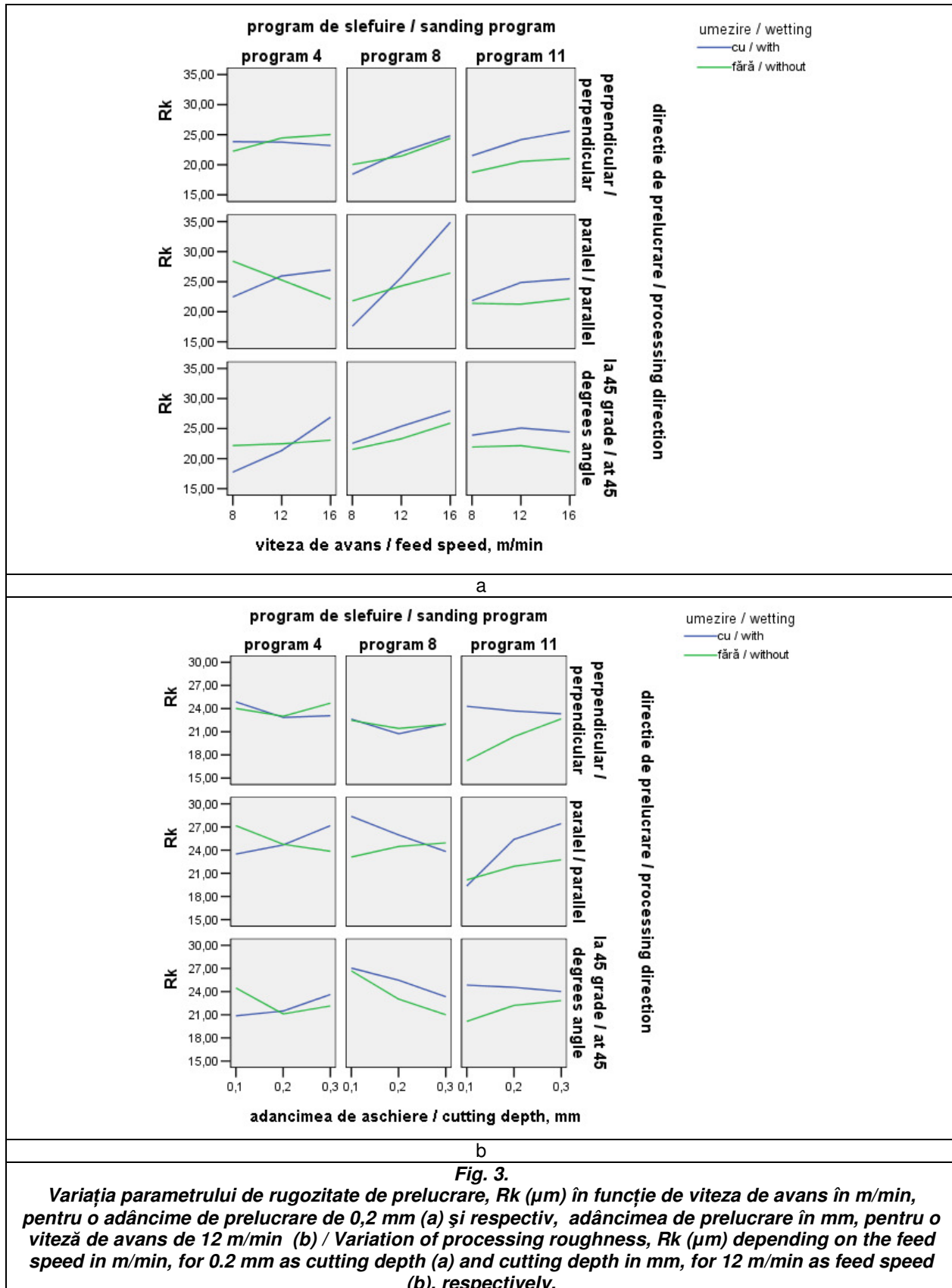
It was noticed a general increase of the processing roughness expressed by the Rk with increasing the feed speed, while a more clear increased tendency was highlighted, for only the sanding program no. 11, at the variation of cutting depth. For the Rpk parameter, used for the evaluation of fuzzy grain, it is observed the general increased tendency both with the feed speed and cutting depth. The values recorded by the two roughness parameters, Rk și Rpk , were significantly lower for perpendicular processing. However sanding such grain orientation is not recommended because it produces less aesthetic surfaces.

After performing the data analysis it was determined that the wet section was not desirable. Also the values of roughness parameters recorded from the sample areas without wetting were representative for the quality of surfaces under study. These parameters presented lower values.

The sanding processes without wetting, by respecting the processing direction at 45 degrees angle to the wood grain orientation, for all the three sanding programs, generated surfaces depicted by very close values of Rk parameter, from 20 to 22 μ m. The values of Rpk parameter, under 10 μ m, highlighted the irrelevant presence of fuzzy grain after the same sanding but when parallel to the wood grain orientation as well, for all the sanding programs.

The best surfaces, from the quality perspective, were obtained when sanding without wetting by using the sanding program no.8 (60, 100, 120 grit sizes), for the feed speed of about 8m/min and the cutting depth of about 0.1mm. When processing at 45 degrees angle and parallel to the wood grain orientation, as presented in Fig.5, the Rk and Rpk values were of about 22.3 and 19.6 μ m and 6.4 and 6.6 μ m, respectively.

The analysis of variance showed the very significant cumulative effect of factors (Sig.<0.05), indicating an important interaction through the $\eta^2 > 0.50$ coefficient, which is an indicator of the relation intensity, as presented in Table 2, while the statistical test does not present significance for any individual factor (Sig. >0.1). The intensity of the effect produced by the sanding program and the processing parameters (feed speed and cutting depth), was underlined through the η^2 high value of about 0.949, with a significance coefficient of about Sig. 0.047<0.05. The test statistic was significant for the grouping factors comprising the processing direction, sanding program, feed speed and cutting depth, respectively and the wetting phase (Sig. 0.016 and 0.004 respectively), but the intensity of their cumulative effect on Rk parameter presented the value of about 0.637 and 0.707 respectively. Their influence was similar (Sig.<0.05 and $\eta^2 > 0.50$) on the Rpk parameter for fuzzy grain evaluation.



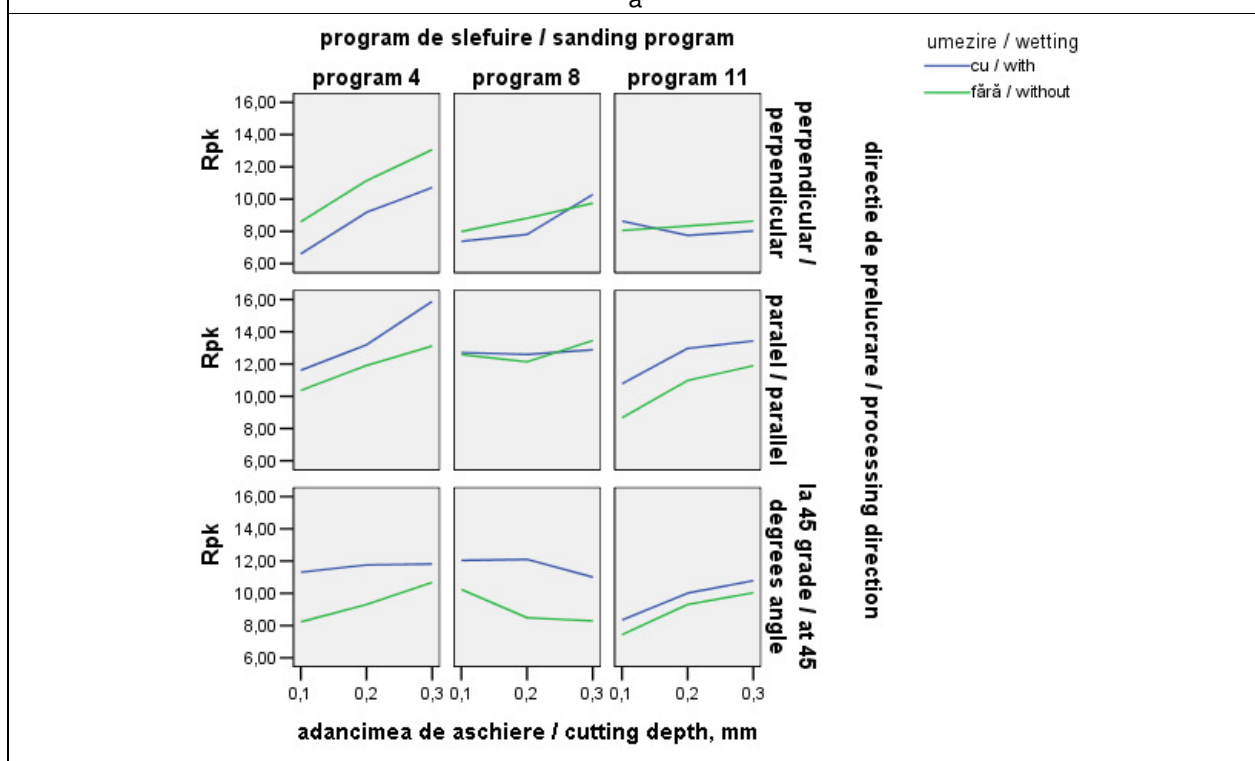
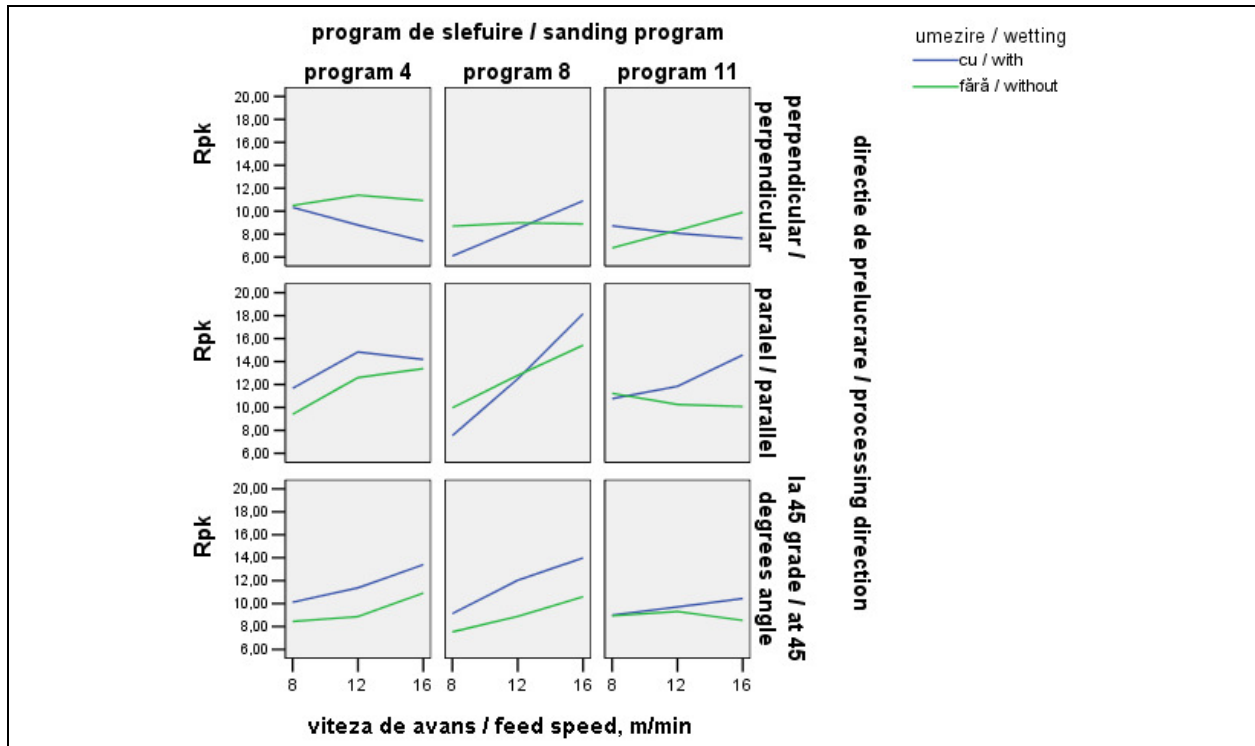
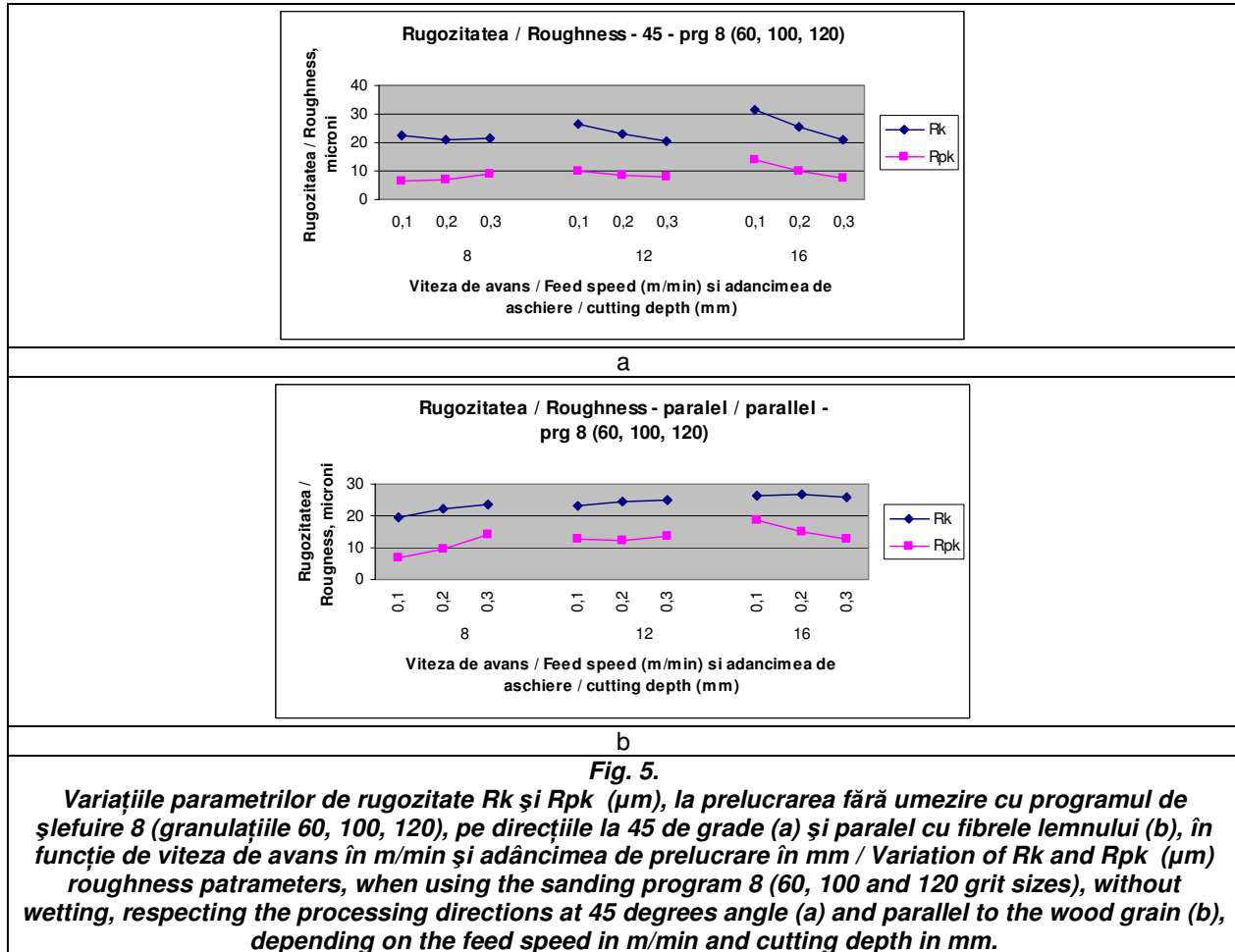


Fig. 4.

Variația parametrului de rugozitate, Rpk (μm) în funcție de viteza de avans în m/min, pentru o adâncime de prelucrare de 0,2 mm (a) și respectiv, adâncimea de prelucrare în mm, pentru o viteză de avans de 12 m/min (b) / Variation of fuzzy grain roughness, Rpk (μm) depending on the feed speed in m/min, for 0.2 mm as cutting depth (a) and cutting depth in mm, for 12 m/min as feed speed (b), respectively.



Tabelul 2 / Table 2

Analiza de varianță ANOVA / Variance analysis ANOVA

Sursa / Source		Suma pătratelor de tip III / Type III Sum of Squares	df	Media pătratică / Mean Square	F	Sig.	Coefficient η^2 / Partial Eta Squared, η^2
Variabila dependentă / Dependent Variable: Rk							
1	program de șlefuire * u * h / sanding program * u * h	127.626	8	15.953	7.768	0.047	0.949
2	direcție de prelucrare * program de șlefuire * u * umezire / processing direction * sanding program * u * wetting	69.529	8	8.691	3.502	0.016	0.637
3	direcție de prelucrare * program de șlefuire * h * umezire / processing direction * sanding program * h * wetting	95.610	8	11.951	4.816	0.004	0.707
Variabila dependentă / Dependent Variable: Rpk							
1	program de șlefuire * u * h / sanding program * u * h	146.780	8	18.347	4.260	0.019	0.776
2	direcție de prelucrare * program de șlefuire * u * h / processing direction * sanding program * u * h	76.734	16	4.796	2.598	0.032	0.722

CONCLUZII

Rezultatele prezentului studiu au arătat că șlefuirea cu umezire a epruvetelor de arin negru nu a generat o calitate mai bună a suprafeței.

Cea mai bună calitate a suprafețelor pe baza parametrilor de rugozitate s-a obținut pentru prelucrările la 45 grade și paralel cu orientarea fibrelor lemnului, pentru o viteză de avans de 8m/min și o adâncime de prelucrare de 0,1mm.

S-a observat de asemenea că efectul cumulat al asocierilor de factori implicați în studiu a fost cu mult mai intens comparativ cu efectul principal al fiecărui factor analizat individual.

Rezultatele obținute, exprimate prin parametrul de rugozitate *Rk* (22μm valoare minimă - arin negru) pot fi comparate cu cele prezentate de Gurău în cazul lemnului de stejar, șlefuit cu aceeași granulație de 120, *Rk* având valoarea de 7,6μm, confirmând că rugozitatea suprafețelor șlefuite este cu atât mai bună cu cât densitatea este mai mare.

Datele obținute din această cercetare pot fi cu succes folosite de către industria de prelucrare a lemnului, în special în fabricarea mobilei. Aceste rezultate ar putea ajuta la o mai bună înțelegere a procesului de finisare a pieselor prelucrate din lemn de arin negru, astfel ca această specie lemnoasă să poată fi mai eficient prelucrată în fazele de fabricație următoare.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- BEGANU, N. (2001). Contribuții privind optimizarea structurilor tehnologice ale mașinilor de șlefuit cu bandă lată. Teză de doctorat / Contributions regarding the optimization of technological structures for wide belt sanders. PhD Thesis. Universitatea Transilvania Brașov.
- CARRANO, A.L.J.B., TAYLOR, R., LEMASTER, R. (2002). Parametric characterization of peripheral sanding. Forest Products Journal, 52(9):44-50.
- COTTA, N., NĂSTASE, V., POP, I. (1982). Șlefuirea lemnului și peliculelor de acoperire / Sanding of wood and coatings. Editura Tehnică București.
- DE MOURA, L.F., HERNÁNDEZ, R.E. (2005). Evaluation of varnish coating performance for two surfacing methods on sugar maple wood. Wood and Fiber Science, 37(2):355-366.
- DE MOURA, L.F., HERNÁNDEZ, R.E. (2006). Effects of abrasive mineral, grit size and feed speed on the quality of sanded surfaces of sugar maple wood. Wood Science and Technology, 40(6):517-530.
- DOGARU, V. (1981). Așchieria lemnului și scule așchietoare / Cutting of wood and cutting tools. Editura Didactică și Pedagogică București.
- DOGARU, V. (1985). Bazele tăierii lemnului și a materialelor lemnoase / Basics for cutting wood and wood-based materials. Editura Tehnică București.
- GURAU, L., WILLIAM, M., IRLE, M. (2005). Processing roughness of sanded wood surfaces. Holz als Roh und Werkstoff, 63(1):43-52.
- GURAU, L., WILLIAM, M., IRLE, M. (2006). Filtering the roughness of a sanded wood surface. Holz als Roh und Werkstoff, 64(5):363-371.
- FOTIN, A., SALCA, E., CISMARU, I. (2008). Experimental research studies concerning the power consumption during the sanding process of birch wood. PRO LIGNO 4(3):37-45.
- HIZIROGLU, S. (1996). Surface roughness analysis of wood composites: a stylus method. Forest Products Journal 46(7/8):67-72.
- HIZIROGLU, S., JARUSOMBUTI, S., FUENGVIVAT, V. (2004). Surface characteristics of wood composites manufactured in Thailand. Journal of Building and Environment, 39:1359-64.
- HIZIROGLU, S., SUZUKI, S. (2009). Surface characteristics of overlaid wood composites. Journal of Tropical Forest Science 21(3):272-276.
- LAURENZI, W. (2000). Contribuții la modelarea și optimizarea așchierii lemnului cu pânze circulare în vederea conducerii procesului de tăiere cu ajutorul calculatorului. Teză de doctorat / Contributions to the modelling of wood sawing in order to conduct the process by using the PC. PhD Thesis, Universitatea Transilvania din

CONCLUSIONS

The results of this study revealed that from the sanded wetted portion of black alder samples did not resulted a better surface quality.

Best surface quality based on roughness parameters were obtained for 45 degrees angle and parallel to the grain orientation having the feeding speed of about 8m/min and the cutting depth of about 0.1mm.

It was also found that the cumulative effect of the factors involved into this work was more intensive when compared to the main effect of each factor, when individually analysed.

The achieved results expressed through the *Rk* parameter (22μm as minimum value – black alder) can be compared to that ones presented by Gurău for oak samples sanded with the same 120 grit size, when *Rk* was 7.6μm, which confirm that the higher the wood density is, the better the quality of sanded surfaces is achieved.

It appears that data from this research can be successfully used by the wood products industry especially in the furniture manufacturing. Such information would help better understanding of finishing of the black alder so that this species can be processed more efficiently for further manufacturing steps.

Braşov.

LEMASTER, R.L., BEALL, F.C. (1996). The use of an optical profilometer to measure surface roughness in medium density fiberboard. *Forest Products Journal*, 46(11/12):73-78.

LIHRA, T., GANEV, S. (1999). Machining properties of eastern species and composite panels. Forintek Canada Corp., Division de l'Est, Ste-Foy, Québec, 62 p.

MALKOCOGLU, A., OZDEMIR, T. (2006). The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in Eastern Black Sea Region of Turkey. *Journal of Materials Processing Technology* 173, p.315-320.

PAHLITZSCH, G. (1970). International state of research in the field of sanding. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 28.329.

POP, I. (1979a). Contribuții la îmbunătățirea procesului de prelucrare a lemnului prin șlefuire și a sculelor abrazive. Teză de doctorat / Contributions to the improvement of sanding and abrasives. PhD Thesis. Universitatea Braşov.

POP, I. (1979b). Contribuții la studiul calității suprafețelor prelucrate prin șlefuire / Contributions to the study of sanded surfaces quality. *Industria Lemnului*, Nr.1/1979.

RATNASINGAM, J.ET., SCHOLZ, F. (2006). Optimal surface roughness for high-quality finish on rubberwood *Hevea brasiliensis*. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64(4):343-345.

SALCA, E., FOTIN, A., CISMARU, I. (2008a). Evaluation of Surface Quality after Profiled Milling of Alder and Birch Wood. *PRO LIGNO* 4(2):57-68.

SALCA, E. (2008b). Contribuții la optimizarea prelucrării lemnului de arin prin frezare și șlefuire în vederea valorificării în producția de mobilă. Teză de doctorat / Contributions to the Optimization of Alder Wood Processing by Milling and Sanding in Order to Achieve its Capitalization in Furniture Manufacturing. PhD Thesis. Transilvania University of Brasov.

SALONI, D., LEMASTER, R., JACKSON, S. (2005). Abrasive machining process characterization on material removal rate, final surface texture and power consumption for wood. *Forest Products Journal*, Vol 55 No.12, p.35-41.

SANDAK, J., MARTINO, N. (2005). Wood surface roughness-what is it. *Trees and timber Research Institute IVALSA/CNR*.

SINN, G., GINKL, M., REITERER, A.ET., STANZL-TSCHEGG, S. (2004). Changes in the surface properties of wood due to sanding. *Holzforschung*. 58(3):246-251.

TAYLOR, J., CARRANO, A., LEMASTER, R. (1999). Quantification of process parameters in a wood sanding operation. *Forest Products Journal*. Vol. 49, No.5, p.41-46.

ȚĂRAN, N. (2000). Mașini-unelte și utilaje moderne pentru șlefuirea suprafețelor lemnoase / Machines and modern sanders for wooden surfaces, Editura LUX LIBRIS Braşov.

ȚĂRAN, N. (1996). Tendințe moderne în construcția mașinilor de șlefuit cu bandă / New trends for wide belt sanders. *Revista Industria Lemnului*, nr.1.

WILLIAMS, D., MORRIS, R. (1998). Machining and related mechanical properties of 15 B.C. wood species. Forintek Canada Corp., Division de l'Ouest, Vancouver, B.C., 31 p.

***ISO13565-2. 1996. Specificații geometrice pentru produse. Starea suprafeței. Metoda profilului. Partea 2. Caracterizarea înălțimilor utilizând curba lungimii portante relative / Geometrical product specification. Surface texture. Profile method. Part 2. Height characterization using the linear material ratio curve.