

**EVALUAREA CALITĂȚII FINALE A
SUPRAFEȚELOR ȘLEFUITE ÎN CAZUL
LEMNULUI DE MESTEACĂN**

**ASSESSMENT OF THE FINAL QUALITY
OF THE SANDED SURFACES IN CASE
OF BIRCH WOOD**

Adriana FOTIN

Șef lucr.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering

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

E-mail: adrianafotin@unitbv.ro

Camelia COȘEREANU

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

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

E-mail: cboieriu@unitbv.ro

Luminița-Maria BRENCI

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

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

E-mail: brenlu@unitbv.ro

Rezumat:

Obiectivul cercetării experimentale prezentate în lucrarea de față a constat în analiza parametrilor de rugozitate care caracterizează calitatea finală a suprafețelor din lemn de mesteacăn prelucrate prin șlefuire în regim industrial, cu trei granulații succesive, și anume 100, 120 și 150. S-au analizat seturi de epruvete pentru fiecare direcție de șlefuire, respectiv pentru șlefuirea pe direcție paralelă și pe direcție perpendiculară pe fibrele lemnului. Parametrii de prelucrare variabili în cadrul procesului de șlefuire au fost: viteza de avans și adâncimea de așchiere. Rugozitatea s-a măsurat pe un profilometru optic tip MicroProf FRT, prin umezirea și fără umezirea zonei șlefuite și s-au determinat trei parametri de rugozitate: Ra, Rk și Rpk. Evaluarea calității suprafețelor șlefuite s-a realizat prin compararea acestor parametri, în funcție de regimul de prelucrare aplicat. Rezultatele experimentale s-au analizat cu testul de varianță ANOVA cu doi factori, pentru fiecare regim de șlefuire și direcție de șlefuire în parte, la aceeași viteză de avans și adâncimi de așchiere diferite, pentru șlefuire uscată și umezită.

S-a constatat că nivelul calității suprafețelor cu umezire prealabilă a fost apropiat de cel al suprafețelor șlefuite fără umezire prealabilă, fapt care recomandă utilizarea șlefuirii uscate, eliminând astfel costuri suplimentare de manoperă. La prelucrarea finală pe direcție paralelă s-au obținut rezultate optime pentru șlefuirea uscată cu granulația de 150. Concluziile testului ANOVA arată că la prelucrarea paralelă la viteze mici, o influență semnificativă o are adâncimea de așchiere, iar la viteze mari această influență dispăre. La prelucrarea perpendiculară, în schimb, adâncimea de așchiere are o influență semnificativă la viteze de avans mari. Rezultatele acestei cercetări se materializează în recomandarea unor regimuri de șlefuire pentru suprafețele lemnului de mesteacăn, specie ce ar putea fi introdusă ca materie primă pentru fabricarea mobilei și în România.

Abstract:

The objective of the experimental research presented in this paper was to analyze the roughness parameters characterizing the final quality of the birch wood surfaces, industrially sanded with three successive grit sizes, namely 100, 120 and 150. Sets of samples were analyzed for each sanding direction, parallel and perpendicular to the wood grains, respectively. The variables of the processing parameters were considered to be the feed speed and the cutting depth. The roughness was measured on a standard optical profilometer type FRT MicroProf for the two cases of wetting and no wetting the measured area. Three roughness parameters were determined: Ra, Rk and Rpk. The assessment of the quality of the sanded surfaces was carried out by comparing these parameters, depending on the applied processing parameters. The experimental results were analyzed with ANOVA test of variance with two factors for each sanding technology and direction of processing, at the same feed speed and various cutting depths, for both dry and wet sanding.

It was found that the quality of the pre-wetting surfaces was very close to that of the dry sanded surfaces, fact that recommends the use of dry sanding, thus eliminating additional labor costs. The final sanding parallel to the wood grains recorded best results for the dry process with 150 grit size. ANOVA conclusions have shown that the parallel sanding operation with low speeds is significantly influenced by the cutting depth and also, that the influence disappears at high feed speeds. When sanding perpendicular to the wood grains, on the other hand, the cutting depth has a significant influence when feed speeds are higher. The results of the present research go into recommendations of some sanding technologies for birch wood surfaces, in the idea of introducing birch wood as timber raw material for furniture production also in Romania, too.

Cuvinte cheie: rugozitate; mesteacăn; șlefuire; direcție de prelucrare; parametri de rugozitate.

INTRODUCERE

Calitatea suprafețelor șlefuite influențează direct calitatea finisării. În cazul șlefuirii unor complexe sau subansamble din lemn, se întâlnesc situații în care direcția fibrelor față de direcția planului de șlefuire este variabilă. Astfel, în cazul ramei, lonjeroanele au direcția fibrelor dispusă paralel cu direcția de șlefuire, iar traversele au direcția fibrelor dispusă perpendicular pe direcția de șlefuire. Astfel, pentru obținerea unei șlefuii de calitate, este necesară o analiză combinată a celor două situații, determinând pe de o parte granulația optimă și pe de altă parte, regimul de șlefuire.

Cei mai mulți cercetători au stabilit că există o corelație clară între calitatea suprafeței șlefuite și granulația utilizată (Carrano ș.a. 2002), (Sinn ș.a. 2004), (Gurău 2005), (Moura și Hernandez 2006), (Ratnasingam și Scholz 2006). Alți cercetători au studiat influența regimului de șlefuire asupra calității suprafețelor lemnului de diverse specii (Gurău 2006), (Pop 1979), (Carrano 2002), (Moura și Hernandez 2006), insistând asupra influenței vitezei de șlefuire și a vitezei de avans.

Regimul de șlefuire uscat și prin umezire a constituit obiectul studiului experimental pentru alți cercetători. (Beganu 2001) a obținut rezultate mai bune pentru suprafețele umezite, în timp ce alți cercetători (Pop 1979) nu recomandă șlefuirea umedă, deoarece diferențele mici în calitatea suprafeței nu justifică un efort economic suplimentar.

În ceea ce privește direcția de șlefuire, unii cercetători recomandă șlefuirea paralelă cu fibrele lemnului. (Cotta 1982), (Beganu 2001).

În ceea ce privește evaluarea cantitativă a calității suprafețelor lemnoase șlefuite, cercetătorii care s-au ocupat de acest subiect au căzut de acord asupra exprimării ei prin rugozitate.

Cercetările inițiale (Williams și Morris 1998), (Lihra și Ganev 1999) au concluzionat necesitatea șlefuirii grosiere, urmată apoi de alte șlefuii mai fine, care reduc neregularitățile din etapa precedentă.

În preocupările cercetătorilor se află în ultima vreme și studiul prelucrabilității altor specii de lemn, în vederea utilizării acestora la fabricarea mobilei: de exemplu părul, arinul negru (Salcă și Hiziroglu 2012), salcâmul. Pentru evaluarea calității suprafețelor lemnoase prelucrate s-a recomandat de către cercetători compararea valorilor parametrilor de rugozitate R_k și R_{pk} , lucru ce a făcut posibil a se stabili un regim optim de șlefuire care să determine obținerea unor suprafețe calitative corespunzătoare procesului de finisare.

Această lucrare face parte dintr-un studiu mai amplu (Fotin 2009) privind frezarea și șlefuirea lemnului de mesteacăn.

Key words: roughness; birch wood; sanding; processing direction; roughness parameters.

INTRODUCTION

The quality of the sanded surfaces influences directly the quality of the finishing operation. In case of sanding complex parts or wooden subassemblies, the situations when the direction of the wood grains and the direction of sanding are not similar, can occur. Thus, when sanding a frame, the stiles grains go parallel to the direction of sanding and the rails grain go perpendicular to the direction of sanding. In this case, it is necessary to analyze a combination of these two cases, determining thus the optimal technology on one hand and the processing parameters on the other hand, for a good quality of the sanded surface.

Many researchers have determined that there is a clear correlation between the quality of the sanded surface and the grit size used (Carrano *et al.* 2002), (Sinn *et al.* 2004), (Gurău 2005), (Moura & Hernandez 2006), (Ratnasingam & Scholz 2006). Other researchers have studied the influence of the processing parameters upon the quality of the wood surface for various species of wood (Gurău 2006), (Pop 1979), (Carrano 2002), (Moura & Hernandez 2006) and they have focused on the sanding speed and feed speed.

The dry sanding and the pre-wet sanding process was the object of study for other researchers. (Beganu 2001) obtained better results for wet surfaces, while other researchers (Pop 1979) do not recommend the wet sanding because the small differences in the surface quality do not justify the additional economic effort.

With regard to the direction of sanding, some researchers recommend the parallel sanding to the wood grain (Cotta 1982), (Beganu 2001).

With regard to the quantitative assessment of the quality of the sanded wood surfaces, the researchers agreed that the roughness is the one able to express it.

The initial studies (Williams and Morris 1998), (Lihra and Ganev 1999) concluded the necessity of rough sanding, followed by other fine sanding, which reduce the irregularities of the previous stage.

The researchers are nowadays interested in studying the workability of other wood species possible to be used in the furniture manufacturing: for example pear wood, black alder (Salcă and Hiziroglu 2012), black locust. In order to assess the quality of the processed wood surfaces, the researchers have recommended the comparison of the roughness parameters R_k and R_{pk} , based on which a procedure to determine the optimal sanding technology for an appropriate quality of the surface for finishing process was possible.

This paper is a part of an exhaustive study (Fotin 2009) on milling and sanding the birch wood.

OBIECTIV

Obiectivul principal al lucrării îl reprezintă stabilirea unui regim optim de șlefuire, prin corelarea parametrilor de rugozitate cu parametrii de prelucrare, în vederea obținerii unor suprafețe cu un grad de finețe ridicat. Evaluarea gradului de finețe al suprafețelor șlefuite din lemn de mesteacăn s-a realizat cu ajutorul parametrilor de rugozitate R_a , R_k și R_{pk} .

Epruvetele supuse măsurărilor de rugozitate au fost șlefuite inițial cu granulațiile de 60 și 80. În vederea stabilirii unei granulații finale optime, s-au realizat șlefuirii cu trei granulații diferite: 100, 120 și 150.

METODĂ, MATERIALE ȘI APARATURĂ

Epruvetele cu dimensiuni de 300x95x16mm au fost prelucrate din lemn de mesteacăn (*Betula pendula*), la umiditatea de 8%.

Șlefuirea s-a realizat în regim industrial pe mașina de șlefuit cu bandă lată cu contact de sus SANDINGMASTER (Fig. 1), utilizându-se capul de lucru cu bară de presare destinat șlefuirii finale a suprafețelor din lemn masiv.

OBJECTIVE

The main objective of this paper is to establish an optimal sanding technology, by correlating the roughness parameters with the processing parameters in order to obtain surfaces with a high degree of smoothness. The assessment of the sanded birch surface smoothness was based on roughness parameters R_a , R_k and R_{pk} .

The specimens subjected to the measurement of the surface roughness were initially sanded with 60 and 80 grit sizes. In order to determine an optimal final grit size, three different grit sizes were used for the final sanding, namely 100, 120 and 150.

METHOD, MATERIALS AND EQUIPMENT

The specimens having the sizes of 300x95x16mm were made of birch wood (*Betula pendula*) and processed, at 8% moisture content.

The sanding operation was industrially carried out on a top contact wide belt sanding machine, type SANDINGMASTER (Fig. 1), using the tool support with pressing bar, designed for the final sanding of wood surfaces.



Fig. 1

Mașina de șlefuit cu bandă lată cu contact de sus SANDINGMASTER / Top contact wide belt sanding machine, type SANDINGMASTER.

Mașina de șlefuit cu bandă lată utilizată prezintă următoarele caracteristici: lățimea de lucru de 1100mm, dimensiunile benzii abrazive 1900x1130mm, viteza de șlefuire 16m/s, presiunea 4.5 barr și viteza de avans variabilă între 4-20m/min.

Cele două variabile luate în calcul au fost viteza de avans (notată x_1) și adâncimea de prelucrare (notată x_2), câte cinci valori pentru fiecare în parte, și anume:

$x_1=4; 8; 12; 16; 20\text{m/min}$

$x_2=0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5\text{mm}$

Regimurile de prelucrare s-au obținut prin combinarea acestora (Fotin 2008) în modul cel mai favorabil. S-au eliminat extremitățile în cazul vitezei de avans și anume $x_1=4$ și 20m/min și s-au păstrat

The wide belt sanding machine used for the research had the following characteristics: working width 1100mm, sanding belt size of 1900x1130mm, sanding speed of 16m/s, the pressure of 4.5 barr and the feed speed ranging between 4-20m/min.

The two variables considered in the research were the feed speed (x_1) and the processing depth (x_2), five values for each of them, as follows:

$x_1=4; 8; 12; 16; 20\text{m/min}$

$x_2=0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5\text{mm}$

The processing parameters have been obtained by the combination of both (Fotin 2008) in the most favorable way. The limits of the feed speed values were excluded, such as $x_1=4$ and 20m/min and the minimum values of the cutting depth were

valorile minime ale adâncimii de prelucrare, care presupun un efort tehnologic minim.

Repartiția valorilor pentru variabilele x_1 și x_2 sunt date în Tabelul 1.

Epruvetele au fost codificate (cu numărul piesei din setul de prelucrare, specia, direcția de prelucrare, masa fiecărei epruvete înainte și după fiecare șlefuire și programul de șlefuire parcurs) și umezite pe jumătate din suprafață, înaintea fiecărei șlefui, pentru a se putea analiza influența umezirii asupra rugozității suprafețelor șlefuite.

Pentru asigurarea direcției de șlefuire (paralel sau perpendicular) s-au folosit șabloane calibrate la grosime, în care au fost introduse epruvetele (Fig. 3).

kept due to the fact that they require minimal technological effort.

The distribution of the values for the variables x_1 and x_2 are given in Table 1.

The specimens were given code numbers (the number of the specimen from the processing set, the wood species, the direction of processing, the weight of each specimen before and after sanding and the sanding technology) and half of the area was wet prior to each sanding, in order to investigate the influence of wetting upon the roughness of the sanded surfaces.

In order to keep the sanding direction (parallel or perpendicular) were used devices calibrated on thickness in which specimens were placed. (Fig. 3).

Tabelul 1 / Table 1

Matricea combinării parametrilor la șlefuire / Matrix of combining the sanding process parameters

Program de șlefuire/ Sanding program	Viteza de avans/ Feed speed (x_1), m/min			Adâncimea de prelucrare/ Cutting depth (x_2), mm			Tipul șlefuirii/ Type of sanding		Direcția șlefuirii/ Direction of sanding	
	8	12	16	0.1	0.2	0.3	Uscat/ dry*	Umed/ wet**	Paralel/ parallel ¹	Perpendicular ²
P3 - granulatie finală 100/ 100 final grit size	X			X			X	X	X	X
		X		X			X	X	X	X
			X	X			X	X	X	X
P4 - granulatie finală 120/ 120 final grit size	X				X		X	X	X	X
		X			X		X	X	X	X
			X		X		X	X	X	X
P5 - granulatie finală 150/ 150 final grit size	X					X	X	X	X	X
		X				X	X	X	X	X
			X			X	X	X	X	X

*, **, ¹, ² – se combină alternativ/ alternatively combined



Fig. 2

Șablon pentru păstrarea direcției de șlefuire / Device for keeping the sanding direction.

Granulele abrazive utilizate au fost din corindon. Cele trei programe de șlefuire (P3, P4, P5) se diferențiază prin granulația finală utilizată respectiv, 100, 120 și 150.

Măsurarea rugozității suprafețelor șlefuite

Măsurarea rugozității suprafețelor șlefuite s-a realizat cu ajutorul unui aparat de măsurare standard de tip Micro Prof FRT (Fig. 3a) pentru evaluarea optică a rugozității suprafețelor.

Pentru asigurarea direcției de măsurare a rugozității perpendiculară pe direcția de prelucrare s-a utilizat dispozitivul din Fig. 3b.

S-au efectuat câte două măsurători de rugozitate pe fiecare piesă, pentru zona prelucrată cu umezire prealabilă (notată cu indicele 1), cât și pentru zona prelucrată fără umezire (notată cu indicele 2).



a

The grit sizes used for abrasive were of corundum. The three sanding programs (P3, P4, P5) are distinguished by the final grit size, 100, 120 and 150 respectively.

Roughness measurement of the sanded surfaces

The measurement of the roughness of the sanded surfaces was done using a standard equipment type MICRO Prof FRT with light beam scanner (Fig. 3a).

In order to maintain the roughness measuring direction perpendicular to the direction of processing the device in Fig. 3b was used.

Two measurements of the surface roughness on each specimen were made, one for the pre-wet part (identified by index 1) and one for the dry part (identified by index 2).



b

Fig. 3

Aparat pentru măsurarea rugozității MicroProf FRT(a) și șablonul pentru poziționarea pieselor pe masa aparatului (b) / Equipment MicroProf FRT for roughness measurement (a) and the device for positioning the specimens on the table (b).

Parametrii de scanare ai profilometrului MicroProf FRT au fost setați astfel:

Viteză de scanare: 750 $\mu\text{m/s}$
Număr puncte scanate pe linie: 10.000
Lungime de evaluare (x): 50mm
Lungimea de bază: 2.5mm
Rezoluția de măsurare: 5 μm

Înregistrarea și prelucrarea datelor

S-a realizat cu ajutorul Soft-ului **Acquire** de înregistrare a datelor propriu al aparatului care a permis salvarea acestora în fișiere de tip *prt*, *bmp* și *txt*, dar și vizualizarea topografiei suprafeței în studiu. Analiza de rugozitate a profilului s-a efectuat apelând softul de analiză **Mark III**, care a permis salvarea datelor prelucrate în fișiere de tip *log*. Profilul de rugozitate a fost obținut după o prealabilă filtrare a datelor cu filtrul Gaussian, aplicat automat de soft, la apelarea analizei. (Fig. 4) Datele au fost prelucrate apoi, în mai multe etape utilizând programe create în *Delphi*. S-a aplicat metoda regresiei neliniare cu ecuație de ordinul doi cu două variabile.

Au fost selecționați spre analiză trei parametri: R_k , și R_{pk} (ISO 13565-2:1999) și R_a (ISO 4287:2001).

The scan parameters of MicroProf FRT measuring equipment were set as follows:

Scanning speed: 750 $\mu\text{m/s}$
Scanned points: 10.000
Evaluation length/ (x): 50mm
Sampling length: 2.5mm
Measuring resolution: 5 μm

Data recording and processing

The *Acquire* software of the equipment saves and records the data as *prt*, *bmp* and *txt*. files and visualize the measured surface topography. The analysis of the roughness profile was performed by **Mark III** software that allowed saving of the processed data as *log* file type. The roughness profile was obtained after a preliminary filtering of data with a Gaussian filter, automatically applied by the software when analyzing the data. (Fig. 4). The data was sent for further analysis using programs created in *Delphi*. A nonlinear regression method was applied by using a second-order equation with two variables.

Three parameters were selected for the analysis: R_k , and R_{pk} (ISO 13565 2:1999) and R_a (ISO 4287:2001).

Parametrul R_k este propus (Gurău 2004a, 2007), (Sandak 2005) ca fiind cel mai util indicator al rugozității de prelucrare a lemnului. Acest parametru poate fi reprezentativ atunci când calitatea prelucrării trebuie exprimată printr-un singur parametru (Gurău 2004).

R_a este parametrul uzual folosit pentru aprecierea rugozității suprafețelor. Pentru speciile cu pori împrăștiați (Hiziroglu și Graham 1998), trebuie însoțit și de alți parametri, pentru o analiză cât mai corectă, deoarece nu oferă suficiente informații despre suprafață.

R_{pk} este utilizat pentru sesizarea prezenței fibrei ridicată (Gurău 2004).

Analizați împreună, cei trei parametri de rugozitate dau o imagine completă asupra calității suprafeței, incluzând și aspectul particuliar al fibrei ridicate la șlefuirea lemnului.

R_k parameter is proposed (Gurău 2004, 2007), (Sandak 2005) as the most useful indicator of the wood processing roughness. This parameter can be representative when the processing quality is to be expressed by a single parameter (Gurău 2004).

R_a is the parameter commonly used to estimate the surface roughness. For the wood species of with diffuse pores (Hiziroglu and Graham 1998), it should be accompanied by other parameters, for a more accurate analysis, because it does not provide enough information about the surface quality.

R_{pk} is used for sensing the presence of the rised fiber (Gurău 2004).

Analyzing all these parameters together, a complete picture of the quality of the surface emerges, including also the particuliar issue of the raised fiber when sanding the wood.

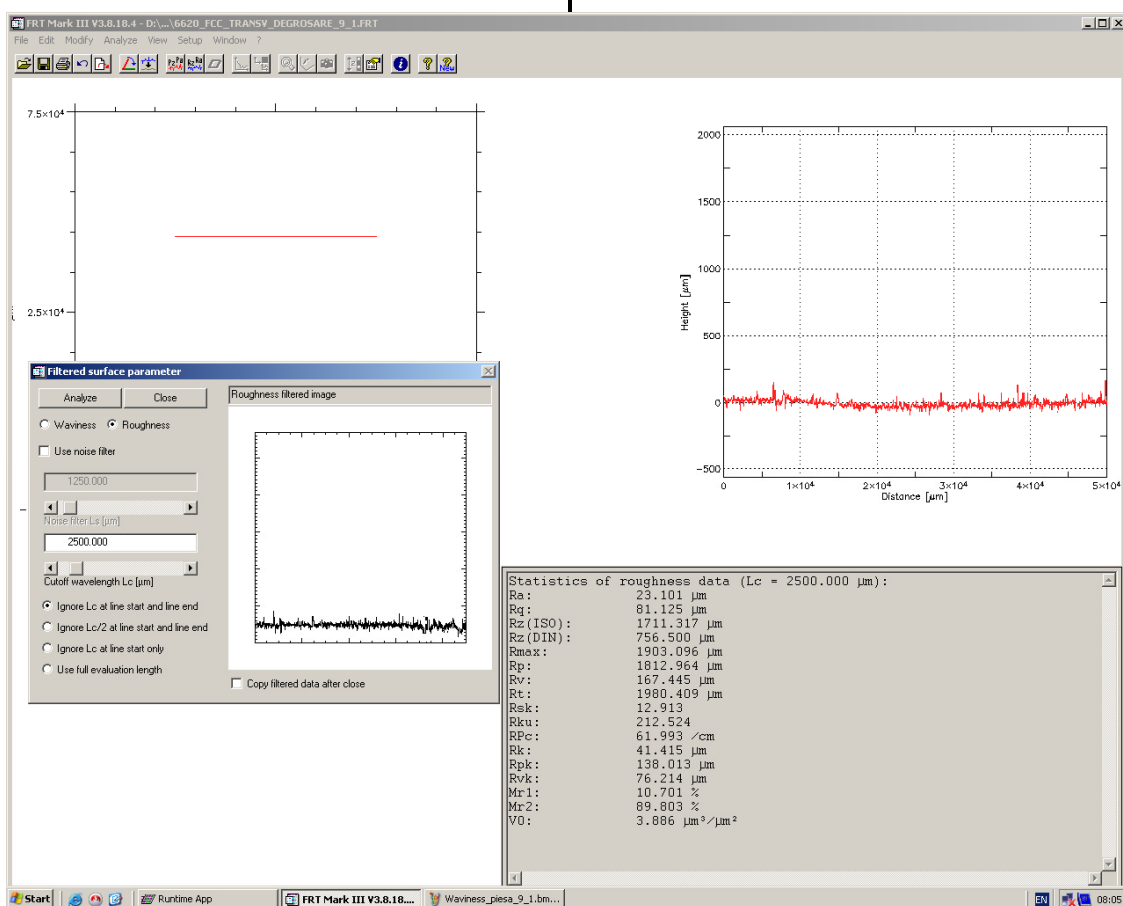


Fig. 4
Interfața softului Mark III, cu afișarea profilului scanat și valorile rugozității / The interface of Mark III software, showing the scanned profile and the values of the roughness parameters.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

La șlefuirea paralelă cu programul de șlefuire **P3 (granulație finală 100)**, valorile minime ale parametrilor de rugozitate studiați, în varianta fără umezire s-au obținut pentru viteza de avans de 8 m/min și adâncimea de așchiere de 0,1mm, valorile acestora fiind de 15,19 micrometri pentru R_k și de 4,01

RESULTS AND DISCUSSION

The sanding parallel to the grain using the technology of **P3 program (100 final grit size)** had minimum values of the studied roughness parameters, for dry sanding and a feed speed of 8m/min and a cutting depth of 0.1mm, the values being of 15.19 microns for R_k and 4.01 microns for

microni pentru Ra . La același program de șlefuire, dar cu umezire, în același regim de prelucrare s-au obținut valori și mai mici ale parametrilor de rugozitate studiați, și anume $Rk=10,79$ microni iar $Ra=2,97$ microni.

La șlefuirea paralelă cu programul de șlefuire **P4 (granulație finală 120)**, în varianta de șlefuire cu umezire s-au obținut valori minime ale parametrilor de rugozitate, la viteza de avans de 16m/min și adâncimea de așchiere de 0,1mm, și anume: pentru Ra , Rk și Rpk în microni, respectiv 3,82; 12,08 și 8,46.

La șlefuirea paralelă cu programul de șlefuire **P5 (granulație finală 150)**, parametrii de rugozitate minimi s-au înregistrat la viteza de avans de 8m/min și adâncimea de așchiere de 0,1mm, atât pentru șlefuire umedă, cât și pentru cea uscată. Ca și comparație, după șlefuirea paralelă cu granulația 80, parametrul de rugozitate Rk era de 25 microni, scăzând la 8,68 microni după șlefuirea cu granulație 150.

Ra . For the same sanding program, but with surface pre-wetting, lower values of the roughness parameters were obtained, namely $Rk=10.79$ microns and $Ra=2.97$ microns.

When sanding parallel to the grain using the technology of **P4 sanding program (120 final grit size)**, in conditions of pre-wetting the surface, minimum values of the roughness parameters were obtained at a feed speed of 16m/min and a cutting depth of 0.1mm, as follows: for Ra , Rk and Rpk in microns, respectively 3.82, 12.08 and 8.46.

When sanding parallel to the grain using the technology of **P5 sanding program (150 final grit size)**, the minimum roughness parameters were recorded at a feed speed of 8m/min and a cutting depth of 0.1mm for both wet sanding and for the dry one. As a comparison, after sanding parallel to the grain with 80 grit size, the value of the Rk roughness parameter was of 25 microns and decreased to 8.68 microns after sanding with 150 grit size.

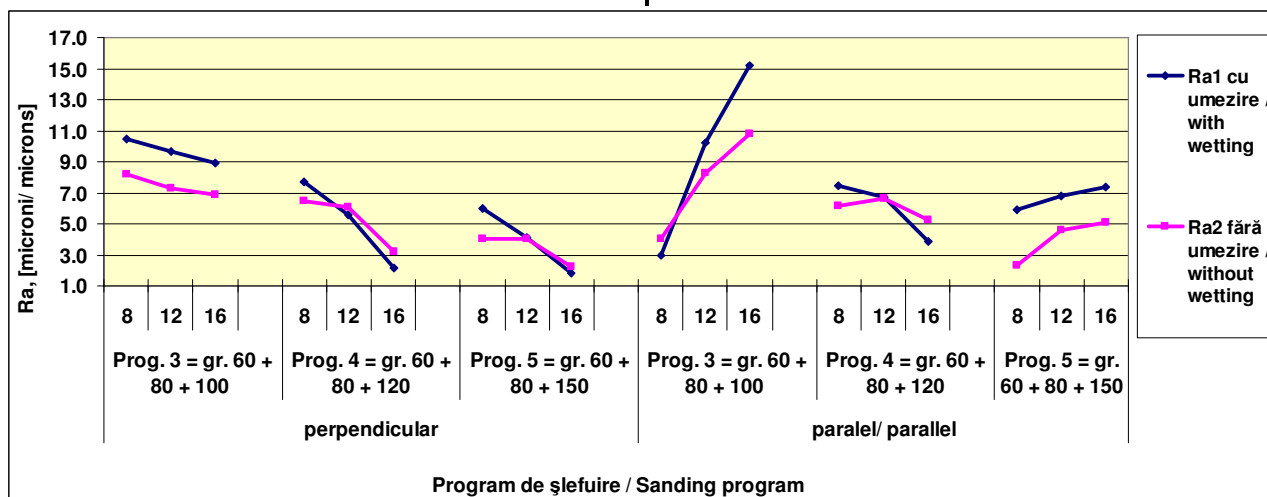


Fig. 5

Variația parametrului de rugozitate Ra , pe cele două direcții de prelucrare, cu și fără umezire, pentru prelucrarea cu trei viteze de avans, respectiv, $u=8, 12, 16$ m/min și o adâncime de așchiere de 0.1mm / The values of Ra roughness parameter, parallel and perpendicular to the grain, wet and dry, for three feed speeds, $u=8, 12, 16$ m/min respectively and a cutting depth of 0.1mm.

La șlefuirea perpendiculară, cercetările au arătat că nu se impune umezirea pentru nici unul dintre programele de șlefuire studiate, datorită valorilor foarte apropiate ale parametrilor în cele două situații. S-a departajat ca optim, programul **P3 (granulație finală 100)** fără umezire, cu viteza de avans de 16m/min și adâncimea de așchiere de 0,1mm ($Ra=6,85$ microni; $Rk=20,54$ microni; $Rpk=8,20$ microni).

When sanding perpendicular to the grain, the research has shown that there is no need for wet sanding program, due to the values of the parameters, which are very close in both cases. The **P3 program (100 final grit size)** without wetting, at a feed speed of 16m/min and a cutting depth of 0.1mm ($Ra=6.85$ microns; $Rk=20.54$ microns; $Rpk=8.20$ microns) proved to be an optimum choice.

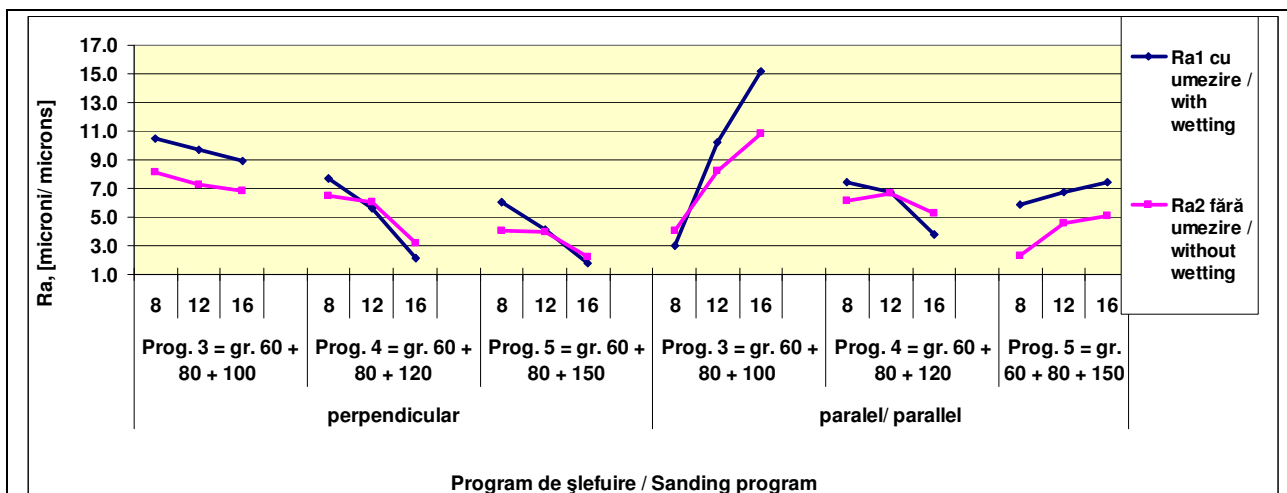


Fig. 6

Variația parametrului de rugozitate R_k , pe cele două direcții de prelucrare, cu și fără umezire, pentru prelucrarea cu trei viteze de avans, respectiv, $u = 8, 12, 16$ m/min și o adâncime de așchiere de 0.1mm / The values of R_k roughness parameter, parallel and perpendicular to the grain, wet and dry, for three feed speeds, $u = 8, 12, 16$ m/min respectively and a cutting depth of 0.1mm.

La șlefuirea perpendiculară cu programul P5 (granulație finală 150) s-au obținut suprafețe cu rugozitate minimă la șlefuirea uscată cu viteza de avans de 16 m/min și adâncimea de așchiere de 0,1 mm, (7,21 microni pentru R_k și 2,18 microni pentru R_a) însă, aceste valori ale parametrilor R_a și R_k nu diferă, pe această direcție, de cele determinate la șlefuirea cu granulația 120, ceea ce conduce la formularea ideii că, granulația finală de 150 nu mai este necesară la prelucrarea perpendiculară.

Graficele cu valorile celor trei parametri în funcție de programul de șlefuire aplicat și parametrii de lucru sunt prezentate în Fig. 5, 6, 7, 8, 9.

When using the technology of P5 sanding program (150 final grit size), for a direction of sanding perpendicular to the grain and dry sanding, minimum values of roughness parameters were obtained for a feed speed of 16m/min and a cutting depth of 0.1mm (7.21 microns for R_k and 2.18 microns for R_a), but these parameter values of R_a and R_k are no different for the same perpendicular direction, when sanding with 120 grit size, fact that rise the idea that sanding with 150 grit size is no longer necessary.

The diagrams for the values of the three parameters, based on the sanding program applied and on the processing parameters, are shown in Fig. 5, 6, 7, 8, 9.

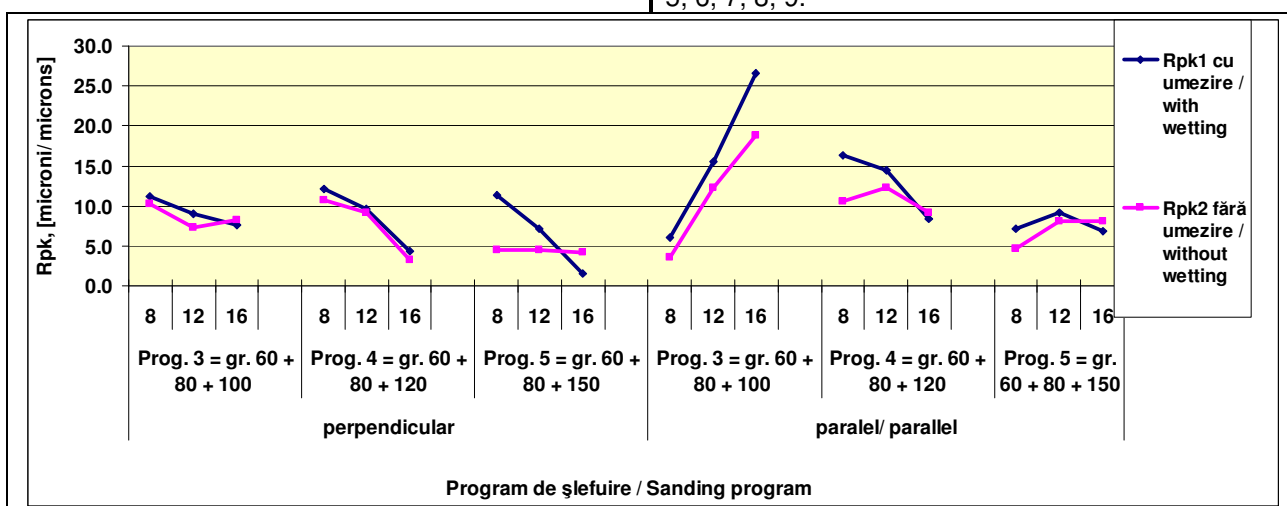


Fig. 7

Variația parametrului de rugozitate R_{pk} , pe cele două direcții de prelucrare, cu și fără umezire, pentru prelucrarea cu trei viteze de avans, respectiv, $u = 8, 12, 16$ m/min și o adâncime de așchiere de 0.1mm/ The values of R_{pk} roughness parameter, parallel and perpendicular to the grain, wet and dry, for three feed speeds, $u = 8, 12, 16$ m/min respectively and a cutting depth of 0.1mm.

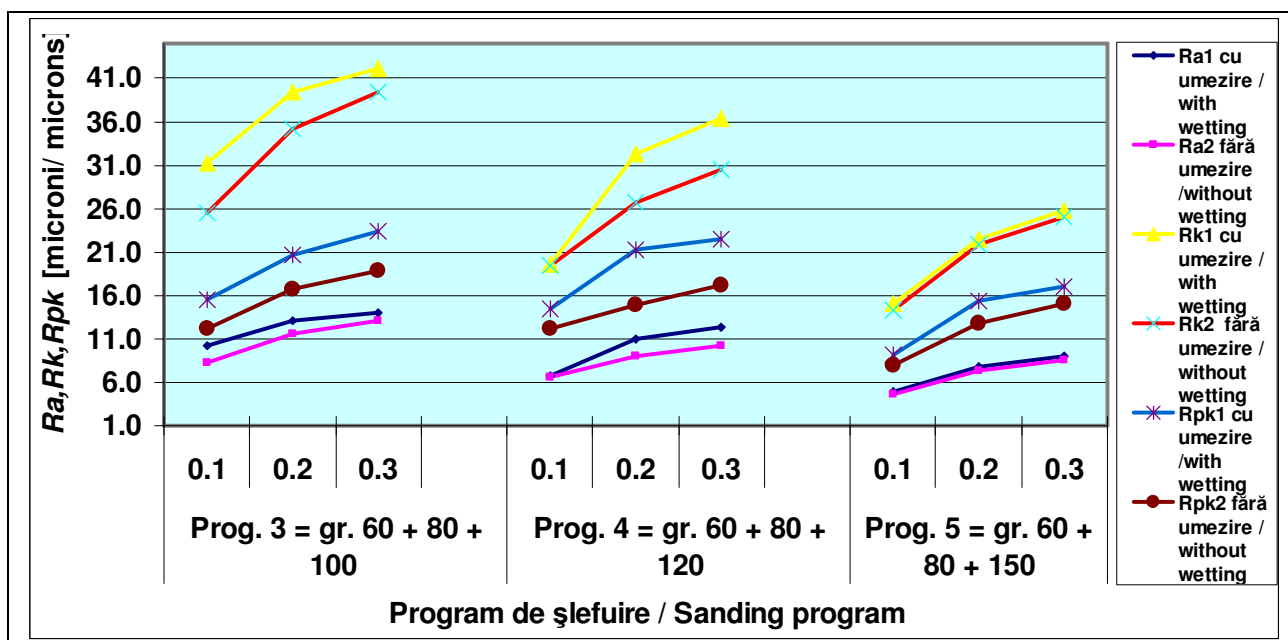


Fig. 8

Variația parametrilor de rugozitate Ra, Rk și Rpk, pe direcție paralelă față de orientarea fibrelor lemnului, cu și fără umezire, pentru prelucrarea cu trei adâncimi de așchiere ($h=0,1; 0,2; 0,3$) și o viteză de avans, $u= 12m/min$ / The variation of the roughness parameters Ra, Rk and Rpk, parallel to the wood grain, wet and dry, for three cutting depths ($h=0,1; 0,2; 0,3$) and a feed speed $u= 12m/min$.

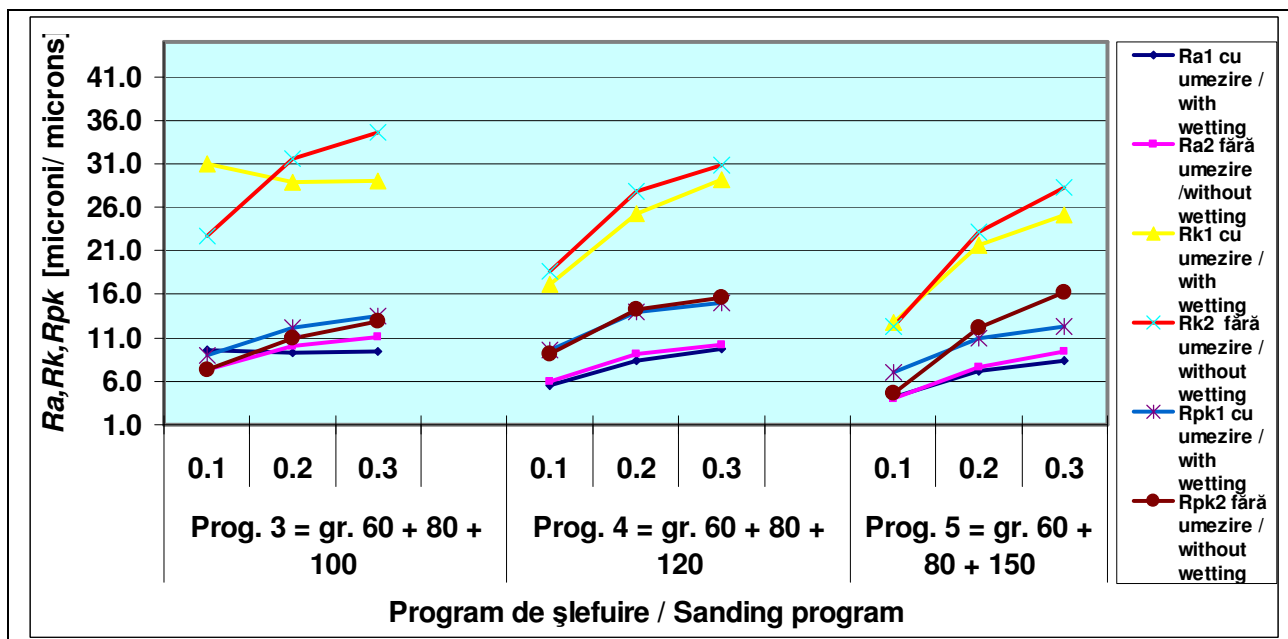


Fig. 9

Variația parametrilor de rugozitate Ra, Rk și Rpk, pe direcție perpendiculară față de orientarea fibrelor lemnului, cu și fără umezire, pentru prelucrarea cu trei adâncimi de așchiere ($h=0,1; 0,2; 0,3$) și o viteză de avans, $u=12m/min$ / The variation of the roughness parameters Ra, Rk and Rpk, perpendicular to the wood grain, wet and dry, for three cutting depths ($h=0,1; 0,2; 0,3$) and a feed speed $u= 12m/min$.

Pentru a stabili influența semnificativă a condițiilor de prelucrare asupra parametrilor de rugozitate, s-a folosit testul ANOVA cu doi factori (Tabelul 2).

In order to determine the significant influence of the processing conditions on the roughness parameters, two-factor ANOVA test has been used (Table 2).

Tabelul 2 / Table 2

Analiza comparativă cu testul ANOVA, a parametrului de rugozitate (Rk) obținut la șlefuirea lemnului de mesteacăn cu și fără umezire cu programele P3, P4 și P5

/ The comparison made by ANOVA test, for roughness parameter (Rk) resulted when sanding birch wood, wet and dry, for P3, P4 and P5 sanding programs

Direcție/ Direction	Rk	Factori/ Factors	F			Fcritic/ Fcritical
	u = viteza de avans/ feed speed	h=adâncimea de așchiere/cutting depth,	P3	P4	P5	
Paralelă / parallel	8 m/min	h = 0,1;0,2;0,3 mm	79,50767932	48,81809453	85,4458316	19,0000
		Fără umezire/Without wetting/ cu umezire/with wetting	1,21864739	16,81763139	0,209415226	18,5128
	12 m/min	h = 0,1;0,2;0,3 mm	72,10067104	18,37577829	10243,51678	19,0000
		Fără umezire/Without wetting/ cu umezire/with wetting	23,08315279	4,125220959	112,8769779	18,5128
	16 m/min	h = 0,1;0,2;0,3 mm	0,324874172	9,453786288	8,961950037	19,0000
		Fără umezire/Without wetting/ cu umezire/with wetting	7,430823838	0,71489989	2,346804664	18,5128
Perpendicular/ perpendicular	8 m/min	h = 0,1;0,2;0,3 mm	0,164817968	3,10105932	15,18004814	19,0000
		Fără umezire/Without wetting/ cu umezire/with wetting	0,174315011	0,182037235	3,860975861	18,5128
	12 m/min	h = 0,1;0,2;0,3 mm	0,486932763	444,3023277	64,87477745	19,0000
		Fără umezire/Without wetting/ cu umezire/with wetting	4,90546E-06	32,05053034	1,87324345	18,5128
	16 m/min	h = 0,1;0,2;0,3 mm	0,839371741	73,54466766	838,7032499	19,0000
		Fără umezire/Without wetting/ cu umezire/with wetting	0,102713192	0,005244242	25,52561092	18,5128

Comparând mediile parametrilor de rugozitate diferențele se consideră a nu fi semnificative pentru ipoteza de nul (H_0) și a fi semnificative pentru ipoteza alternativă (H_1).

Din analiza valorilor obținute rezultă că:

La prelucrarea paralelă, pentru programele de șlefuire P3 și P5 s-a obținut $F < F_{critic}$ în cazul adâncimii de așchiere doar pentru vitezele de avans de 8m/min și 12m/min, iar tipul șlefuirii (uscat/umed) are o influență semnificativă doar în cazul șlefuirii cu o viteză de avans de 12m/min.

La prelucrarea paralelă cu programul de șlefuire 4, acesta este influențat semnificativ de adâncimea de așchiere doar în cazul prelucrării cu o viteză de avans de 8m/min.

La prelucrarea perpendiculară cu programul P3, nici adâncimea de așchiere și nici starea suprafeței nu au o influență semnificativă asupra calității suprafețelor șlefuite.

La prelucrarea perpendiculară cu programul P4, la vitezele de avans de 12m/min și 16m/min, o influență semnificativă o are adâncimea de așchiere, iar la viteza de avans de 16m/min, o influență

Comparing the mean values of the roughness parameters, the differences are not considered significant for the null hypothesis (H_0) but are significant for the alternative hypothesis (H_1).

Analyzing the obtained results, it can be observed that:

For parallel processing and applying the technologies of P3 and P5 sanding programs, $F < F_{critic}$ was obtained in case of cutting depth, just when the feed speed values were 8m/min and 12m/min. The type of sanding (dry/ wet) has a significant influence only in the case of sanding with a feed speed of 12m/min.

In case of parallel processing using the technology of P4 sanding program, the results show that the cutting depth is significant only for processing with a feed speed of 8m/min.

When processing using the P3 sanding program, perpendicular to the wood grain, neither the cutting depth, nor the surface conditions have a significant influence on the quality of sanded surface.

When processing using P4 sanding program, perpendicular to the grain, at feed speeds of

semnificativă o are și starea suprafeței.

La prelucrarea perpendiculară cu programul P5, adâncimea de aşchiere are o influență semnificativă în cazul prelucrării cu vitezele de avans de 12, respectiv 16m/min, iar tipul şlefuirii are o influență semnificativă doar la viteza de avans de 16m/min.

CONCLUZII

Prin compararea rezultatelor pentru cele trei programe de şlefuire, se poate afirma că suprafețele cele mai fine s-au obținut prin şlefuire paralelă cu programul P5, fără umezire, pentru o viteză de avans de 8m/min și o adâncime de aşchiere de 0,1mm. În acest caz și parametrul de rugozitate *Rpk* (cel care arată absența sau prezența fibrei scâmoșate) a avut valori minime.

Cele mai bune rezultate pentru valorile parametrului de rugozitate *Rk* la şlefuirea lemnului de mesteacăn s-au obținut pentru varianta fără umezire. În Tabelul 3 sunt prezentate regimurile preferențiale de şlefuire, obținute în urma cercetării efectuate.

În urma analizei ANOVA, s-a observat faptul că adâncimea de aşchiere are o influență semnificativă pentru vitezele de avans de 8m/min, pentru toate programele de şlefuire, iar tipul şlefuirii (uscat/umed) influențează semnificativ calitatea suprafeței doar pentru viteza de 12m/min, mai puțin pentru programul P4.

În concluzie, mesteacănul poate fi promovat pentru fabricarea mobilei din punct de vedere al finisării. Cercetări viitoare pot analiza mesteacănul din punct de vedere al prelucrabilității prin frezare etc.

12m/min and 16m/min, the cutting depth has a significant influence and at a feed speed of 16m/min, the surface condition has a significant influence, too.

Using P5 sanding program, perpendicular to the wood grain, the cutting depth has a significant influence when processing with feed speeds of 12 and 16m/min, and the type of sanding has a significant influence only for a feed speed of 16m/min.

CONCLUSIONS

By comparing the results for the three sanding programs, it can be concluded that the finest surfaces were obtained by parallel sanding using P5 sanding program, without wetting, for a feed speed of 8m/min and a cutting depth of 0.1mm. In this case *Rpk* roughness parameter (the one that shows the absence or presence of rised fiber) had minimum values.

The best results for the values of *Rk* roughness parameter, when sanding birch wood, were obtained for the version without wetting. In Table 3, the recommended processing parameters are shown, as resulted from the research.

By using ANOVA analysis, it was observed that the cutting depth has a significant influence for feed speeds of 8m/min, for all sanding programs. The type of sanding (dry/wet) significantly influences the surface quality only for feed speed of 12m/min, excepting the P4 sanding program.

In conclusion, the birch wood can be promoted in furniture industry as far as the finishing is a proper one. Future research can analyze the birch wood in terms of workability by sawing, milling etc.

Tabelul 3 / Table 3

Regimuri de lucru și programe de şlefuire recomandate / Sanding technologies and recommended programs

Program de şlefuire (granulații)/ Sanding program	Viteza de avans/ Feed speed (x_1), în m/min			Adâncimea de prelucrare/ Cutting depth (x_2), în mm			Tipul şlefuirii/ Type of sanding		Direcția Şlefuirii/ Sanding direction	
	8	12	16	0.1	0.2	0.3	Uscat/ dry*	Umed/ wet**	//	⊥
P5 (60, 80, 150)	X			X			X		X	
P3 (60, 80, 100)	X			X				X	X	
P4 (60, 80, 120)			X	X				X	X	
P5 (60, 80, 150)			X	X				X		X
P3 (60, 80, 100)			X	X			X			X

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

Beganu N (2001) Contribuții privind optimizarea structurilor tehnologice ale mașinilor de şlefuit cu bandă lată. Teză de doctorat. (Contributions regarding the optimization of technological structures for wide belt sanders. PhD Thesis), Universitatea Transilvania Braşov.

Carrano AL, Taylor JB, Lemaster R (2002) Parametric characterization of peripheral sanding. Forest Products Journal, 52(9):44-50.

Cotta N, Năstase V, Pop I (1982) Şlefuirea lemnului și peliculelor de acoperire. Editura Tehnică Bucureşti (in Romanian) / Sanding wood and coating layers.

- De Moura LF, Hernández RE (2005) Evaluation of varnish coating performance for two surfacing methods on sugar maple wood. *Wood and Fiber Science*, 37(2):355-366.
- De Moura LF, Hernández RE (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.
- Fotin A, Cismaru I, Salcă E (2008) Cercetări experimentale privind puterea consumată la șlefuirea lemnului de mesteacăn. (Experimental research studies concerning the power consumption during the sanding process of birch wood). *PRO LIGNO* 4(3):37-45.
- Fotin A (2009) Contribuții la optimizarea prelucrării prin frezare și șlefuire a lemnului de mesteacăn în vederea utilizării în producția de mobilă și alte produse din lemn. (Contributions to the optimization by milling and sanding of birch wood with a view to its utilization in furniture manufacturing and other wooden products, - PhD Thesis), Transilvania University of Brașov, Romania.
- Gurău L, William M, Irle M (2005) Processing roughness of sanded wood surfaces. *Holz als Roh und Werkstoff*, 63(1):43-52.
- Gurău L, William M, Irle M (2006) Filtering the roughness of a sanded wood surface. *Holz als Roh und Werkstoff*, 64(5):363-371.
- Gurău L (2007) Quantitative evaluation of the sanding quality in furniture manufacturing. Editura Universității Transilvania Brașov, ISBN 978-973-598-126-6.
- Hiziroglu S, Graham M (1998) Effect of press closing time and target thickness on surface roughness of particleboard. *Forest Products Journal*. 48(3):50-54.
- 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).
- ISO 13565-2 (1999) Specificații geometrice pentru produse (GPS). Starea suprafeței: Metoda profilului; Suprafețe cu proprietăți funcționale diferite în funcție de niveluri. 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. ASRO).
- Laurenzi W (2000) Contribuții la modelarea și optimizarea așchierii lemnului cu pânze circulare în vederea conducerii procesului de tăiere cu ajutorul calculatorului. Teza de doctorat. (Contributions to the modelling of wood sawing in order to conduct the process by using the PC. PhD Thesis), Universitatea Transilvania din Brașov.
- Lemaster RL, Beall FC (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, pp. 62.
- 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 Transilvania din Brașov.
- 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, Scholz F (2006) Optimal surface roughness for high-quality finish on rubberwood *Hevea brasiliensis*. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64(4):343-345.
- Salcă EA, Hiziroglu S (2012) Analiza rugozității suprafeței lemnului de arin negru în funcție de diferiți parametri de prelucrare. (Analysis of surface roughness of black alder as function of various processing parameters), *PRO LIGNO* 8(2):68-79.
- Sandak J, Martino N (2005) Wood surface roughness - what is it. *Trees and timber Research Institute IVALSA/CNR*.

Sinn G, Ginkl M, Reiterer A, Stanzl-Tschegg S (2004) Changes in the surface properties of wood due to sanding. *Holzforschung*. 58(3):246-251.

SR ISO 4287 (2001) Specificații geometrice pentru produse (GPS). Starea suprafeței: Metoda profilului-Termei, definiții și parametri de stare a suprafeței. ASRO.

Taylor J, Carrano A, Lemaster R (1999) Quantification of process parameters in a wood sanding operation. *Forest Products Journal*. Vol. 49(5):41-46.

Țăran N (2000) Mașini – unelte și utilaje moderne pentru șlefuirea suprafețelor lemnoase. (Machines and modern sanders for wooden surfaces). Editura LUX LIBRIS Brașov.

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., pp. 31.