

**EFFECTUL TRATAMENTULUI TERMIC
ASUPRA RUGOZITĂȚII LEMNULUI
PRELUCRAT PE CNC**

**EFFECT OF HEAT TREATMENT ON
SURFACE ROUGHNESS OF THERMAL
WOOD MACHINED BY CNC**

Ummu KARAGOZ

MSc – Kastamonu University - Faculty of Forestry
Adresa/Address: 37100, Kastamonu, Turkey
E-mail: ukaragoz@kastamonu.edu.tr

M.Hakan AKYILDIZ

Assoc.Prof.Dr. - Kastamonu University - Faculty of Forestry
Adresa/Address: 37100, Kastamonu, Turkey
E-mail: mhakyildiz@kastamonu.edu.tr

Onur ISLEYEN

Researcher – Süleyman Demirel University - Faculty of Forestry
Adresa/Address: 32100, Isparta
E-mail: onurisleyen5@hotmail.com

Rezumat:

Frezarea lemnului pe CNC este una dintre prelucrările folosite în mod curent. Calitatea lemnului prelucrat este determinată de rugozitatea suprafeței, care depinde atât de structura anatomică a lemnului, cât și de parametrii de frezare. Metodele diverse de modificare a lemnului, au la rândul lor o influență asupra rugozității suprafețelor din lemn. Tratarea termică a lemnului este o metodă de modificare care se aplică pentru a îmbunătăți proprietățile materialelor lemnoase, fiind utilizată în mod curent în ultimele decade.

Scopul acestui studiu a fost acela de a determina efectul tratamentului termic asupra rugozității suprafeței lemnului prelucrat pe CNC. Astfel, au fost pregătite epruvete de pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.), fag oriental (*Fagus orientalis* Lipsky.), molid turcesc (*Abies bornmülleriana* Mattf.) și plop canadian (*Populus canadensis*) având dimensiunile 50x50x150 mm. Tratamentele termice s-au realizat în camere de tratare de mici dimensiuni, controlate, într-un mediu de gaz inert (azot), folosind 3 valori ale temperaturii (120, 160 și 200°C) și 2 durate de tratare (2 și 6h). După tratarea termică, lemnul a fost prelucrat pe CNC cu o freză cu diametrul de 8 mm, având o turație de 8000 rot/min, la o viteză de avans de 6,4m/min⁻¹ și o adâncime de tăiere de 4 mm. După aceea, s-au măsurat valorile rugozității suprafeței și au fost comparate cu cele ale probelor de control.

Rezultatele au arătat care sunt condițiile optime de tratare termică pentru a obține rugozitate minimă.

Cuvinte cheie: tratare termică; rugozitatea suprafeței; pin; fag; molid; plop; CNC.

INTRODUCERE

Tratarea termică la temperaturi înalte este o metodă de modificare a lemnului aplicată pentru a îmbunătăți proprietățile acestuia, cum ar fi:

Abstract:

Nowadays, CNC milling process of wood is used commonly. The quality of machined wood is determined by surface roughness. The surface roughness depends on both wood anatomical structure and milling parameters. Different wood modification methods also affect surface roughness of wood. Heat treatment is a wood modification method applied to improve the properties of wooden materials and it has been used commonly in the last decades.

The aim of this study was to determine the effect of heat treatment on surface roughness of thermal wood machined by CNC. For this reason, wood samples were obtained from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.), Uludağ fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) and Carolina poplar (*Populus canadensis*) species at 50x50x150 mm dimensions. Heat treatment applications were conducted in a temperature controlled small heating unit. 3 different temperatures (120, 160 and 200°C) and 2 different durations (2 and 6h) were applied to specimens under inert gas (nitrogen) environment. After heat treatment, treated wood has been machined with 8mm of diameter cutter, spindle speed 8000rpm, feed rate 6,4m/min⁻¹ and cutting depth 4mm by CNC. Afterwards, surface roughness measurement values have been determined and compared with control samples. According to test results, optimum heat treatment conditions have been stated for minimum surface roughness.

Key words: heat treatment; surface roughness; pine; beech; fir; poplar; CNC.

INTRODUCTION

Heat treatment at high temperature is a wood modification method applied to improve the properties of wooden materials such as dimensional

stabilitatea dimensională, umiditatea de echilibru, culoarea lemnului, duritatea, cantitatea de polimeri a lemnului, durabilitatea biologică etc. (Yildiz *ș.a.* 2006, Gunduz *ș.a.* 2008, Korkut *ș.a.* 2008). Toate aceste modificări se obțin prin procesul de tratare termică fără adaos de substanțe chimice. De aceea, lemnul tratat termic a fost considerat o alternativă ecologică a lemnului impregnat (Kamdem *ș.a.* 2000, Akyildiz *ș.a.* 2009). Datorită aspectului ecologic și al altor proprietăți, lemnul tratat termic este foarte apreciat și utilizat pe larg în ultimele decade.

Odată cu dezvoltarea metodelor de preservare a lemnului, s-a îmbunătățit și prelucrarea acestuia, odată cu creșterea competiției la nivel global, a importanței creșterii veniturilor, a calității suprafeței și fabricării de produse noi. Prelucrarea lemnului pe CNC a fost introdusă pe scară largă, în special în industria mobilei, fiind utilizată pentru prelucrări în adâncime, frezări, decorațiuni etc. Această tehnologie prezintă numeroase avantaje asupra produsului finit, calității suprafeței, asigură o creștere a productivității, precum și o îmbunătățire a calității produselor prelucrate (Ohuchi și Murase 2005, Costes și Larricq 2002).

Calitatea suprafeței lemnului prelucrat a devenit foarte importantă odată cu dezvoltarea metodelor de modificare și de prelucrare a lemnului. Rugozitatea suprafețelor este indicatorul principal al calității produselor prelucrate. Aceasta depinde de o serie de factori de influență cum ar fi: proprietăți ale lemnului (densitate, umiditate, specie, duritate etc), parametri de prelucrare (viteză de avans, viteză de tăiere, adâncime de prelucrare, unghi de tăiere), parametrii sculelor taietoare (materialul din care este realizată scula, forma și geometria sculei) și fenomenele care însoțesc prelucrarea (vibrații, variații ale forțelor de tăiere) (Bajic *ș.a.* 2008) (Fig.1).

Din cunoștințele noastre, în literatura de specialitate nu există informații privind influența tratamentului termic asupra proprietăților fizice ale lemnului, cum ar fi: densitatea, umflarea și rugozitatea suprafeței. De aceea, scopul acestui studiu a fost acela de a determina efectul tratamentului termic asupra rugozității suprafeței lemnului prelucrat pe CNC. Epruvetele au fost prelucrate pe direcție tangențială și radială, iar apoi a fost comparată calitatea celor două tipuri de suprafețe în funcție de tratamentul termic.

stability, equilibrium moisture content (EMC), color of wood, hardness, amount of wood polymers, biological durability etc. (Yildiz *et al.* 2006, Gunduz *et al.* 2008, Korkut *et al.* 2008). All these changes are achieved by heat-treatment process without any added chemicals. Thus, heat treated wood has been considered as an ecological alternative material to impregnated wood (Kamdem *et al.* 2000, Akyildiz *et al.* 2009). Due to particularly environmentally friendly and other properties, it has been used commonly in the last decades.

Once with the development of wood preservation methods, woodworking machinery have improved with the increase of global competition, the importance of higher incomes, surface quality, production of new products. CNC wood working machinery has been widely introduced in wood industries, especially in the furniture industry. CNC has been used for the grooving, milling, patterning of furniture material etc. This technology presents many advantages related to output, surface quality and provide greater improvements in productivity, and increase the quality of the machined part (Ohuchi and Murase 2005, Costes and Larricq 2002).

With developing modification methods and woodworking machineries, surface quality of machined wood became more and more important. The major indicator of surface quality on machined parts is surface roughness. Surface roughness is depending on many influencing factors such as wood structural properties (density, moisture, species, hardness etc.), machining parameters (feed rate, spindle speed, depth of cut, stepover, tool angle), cutting tool parameters (tool material, tool shape, nose radius) and cutting phenomena (vibrations, cutting force variation) (Bajic *et al.* 2008) (Fig. 1.).

To our knowledge, there is no information about the influence of heat treatment on some physical properties, such as density, swelling, and surface roughness. Therefore, the aim of this study was to determine the effect of heat treatment on surface roughness of thermal wood machined by CNC. Wood samples were machined both tangential directions and radial direction. And then surface quality of tangential and radial direction was compared. Also, whether the effect of the heat treatment on surface roughness was determined.

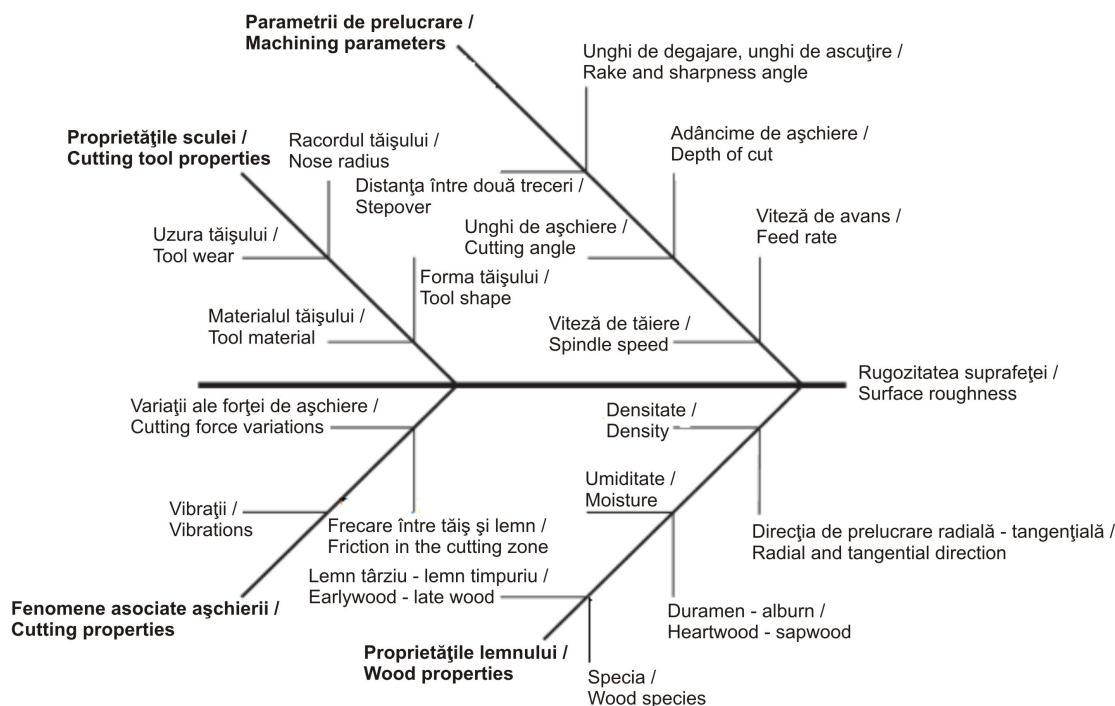


Fig. 1.

Factorii care influențează rugozitatea suprafeței / The factors that affect surface roughness.

DETALII EXPERIMENTALE

Au fost pregătite epruvete având dimensiunile de 50x50x150mm, din următoarele specii: pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.), fag oriental (*Fagus orientalis* Lipsky.), molid turcesc (*Abies bornmülleriana* Mattf.) și plop canadian (*Populus canadensis*). Pentru a preveni fisurarea epruvetelor în timpul tratamentului termic, acestea au fost inițial condiționate până la 7% conținut de umiditate la $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ și o umiditate relativă a mediului de $35\pm 5\%$. Tratamentele termice s-au efectuat într-o etuvă de mici dimensiuni, cu termostat, la 3 temperaturi diferite (120, 160 și 200°C) și cu două durate de tratare (2 și 6h), într-un mediu de gaz inert (nitrogen). După tratarea termică, epruvetele din lemn au fost condiționate timp de 8 săptămâni într-o cameră de climatizare la o temperatură de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ și o umiditate relativă de $65\pm 5\%$ pentru a atinge umiditatea de echilibru de 12% (TS 642 ISO 554 1997). După aceea, au fost determinate conținutul de umiditate și densitatea în conformitate cu TS 2471 (1976b) și TS 2472 (1976). În continuare, epruvetele au fost prelucrate pe CNC, atât pe direcție tangențială, cât și radială, cu o freză având diametrul de 8 mm, o turație de 8000 rotații/min, la o viteză de avans de $6.4\text{m}/\text{min}^{-1}$ și o adâncime de tăiere de 4 mm. Apoi a fost evaluată rugozitatea suprafeței cu un rugozimetru cu palpator (Mitutoyo SJ-201), pe ambele suprafețe, radială și tangențială (Fig. 2.). Patru parametri de rugozitate au fost utilizați în mod obișnuit în studii

EXPERIMENTAL DETAILS

Primarily, wood samples were obtained from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) Uludağ fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) and Carolina poplar (*Populus canadensis*) species at 50x50x150mm dimensions. The wood samples were conditioned to 7% moisture contents at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $35\pm 5\%$ relative humidity to prevent splitting of woods during heat treatment. Heat treatment applications were conducted in a temperature controlled small heating unit. 3 different temperatures (120, 160 and 200°C) and 2 different durations (2 and 6h) were applied to specimens under inert gas (nitrogen) environment. After heat treatment, the wood samples were conditioned at $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ temperatures and $65\pm 5\%$ relative humidity in a conditioning cabin to reach equilibrium moisture content (EMC) of 12% throughout 8 weeks (TS 642 ISO 554 1997). And then, the moisture contents and density of wood species were determined according to TS 2471 (1976b) and TS 2472 (1976).

And then, these wood samples have been machined both tangential and radial direction with 8mm of diameter cutter, spindle speed 8000rpm, feed rate $6.4\text{m}/\text{min}^{-1}$ and cutting depth 4mm by CNC. Afterwards, the surface roughness was evaluated by using a stylus type profilometer (Mitutoyo SJ-201) both radial and tangential surfaces (Fig. 2.). Three roughness parameters, mean arithmetic deviation of profile (Ra), mean peak-to-valley height (Rz), and maximum roughness (Rmax) and root mean square

anterioare asupra caracteristicilor suprafeței din lemn sau compozite pe bază de lemn: deviația medie aritmetică a profilului (R_a), înălțimea medie a neregularităților profilului (R_z), înălțimea totală a profilului (R_{max}) și abaterea medie pătratică a profilului (R_q) (Hiziroglu 1996, Hiziroglu și Graham 1998). R_a reprezintă media distanțelor de la profil la linia medie în cadrul unei lungimi de bază. R_z poate fi calculat ca medie a înălțimilor maxime ale profilului pentru cinci lungimi de bază, iar R_{max} este înălțimea maximă a profilului pe lungimea de evaluare, putând fi utilizat ca indicator pentru înălțimea maximă a defectelor în cadrul profilului evaluat. R_q este radicalul mediei aritmetice a pătratelor deviațiilor profilului față de linia medie (Mummery 1993). Acești parametri sunt descriși de ISO 4287 (ISO 4287 1997).

(R_q) were commonly used in previous studies to evaluate surface characteristics of solid wood and wood composites materials (Hiziroglu 1996, Hiziroglu and Graham 1998). R_a is the average distance from the profile to the mean line over the length of assessment. R_z can be calculated from the peak-to-valley values of five equal lengths within the profile while maximum roughness (R_{max}) is the distance between peak and valley points of the profile which can be used as an indicator of the maximum defect height within the assessed profile. R_q is the square root of the arithmetic mean of the squares of profile deviations from the mean line (Mummery 1993). These parameters are characterized by ISO 4287 (ISO 4287 1997).

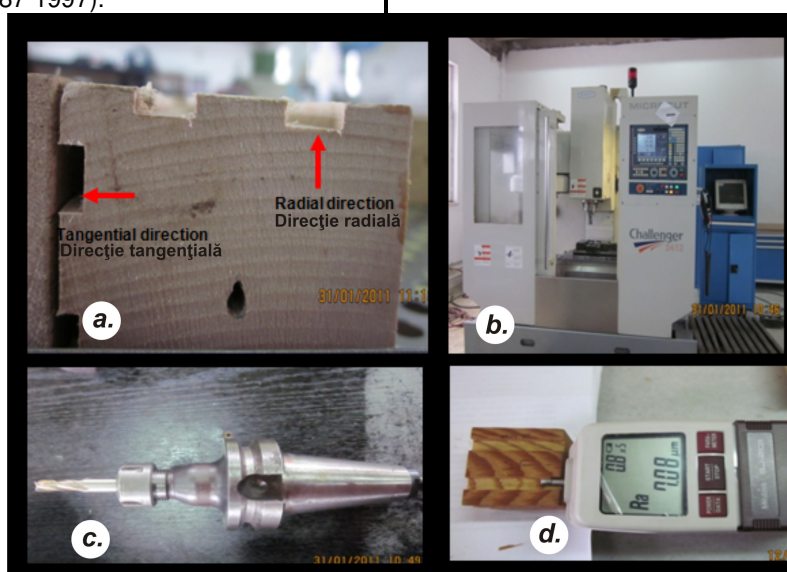


Fig. 2.

Materiale experimentale / Experimental materials (Photos by Karagoz):
a – direcția de prelucrare (radială și tangențială)/ Machining direction (radial and tangential);
b - CNC/ CNC router; c - scula/ cutting tool; d - palpator/ Stylus type profilometer.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Tabelul 1 prezintă valorile densității pe specii, pentru diferite condiții de tratare termică.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows density values of wood species under the different heat treatment conditions.

Tabelul 1 / Table 1

Valorile densității pe specii în diferite condiții de tratare termică / Density values of wood species in heat treatment conditions

Specie/ Species	Densitate/ Density values	Condiții de tratare termică/Heat Treatment Conditions						
		Control	120°C 2h.	120°C 6h.	160°C 2h.	160°C 6h.	200°C 2h.	200°C 6h.
Fag oriental /Oriental beech	$D_{12}(g/cm^3)$	0,727	0,708	0,701	0,679	0,662	0,653	0,646
Molid turcesc/ Uludağ fir	$D_{12}(g/cm^3)$	0,449	0,434	0,426	0,423	0,412	0,408	0,404
Pin silvestru/ Scots pine	$D_{12}(g/cm^3)$	0,573	0,554	0,559	0,557	0,546	0,531	0,525
Plop canadian/ Carolina poplar	$D_{12}(g/cm^3)$	0,459	0,458	0,446	0,443	0,435	0,427	0,421

Tabelul 1 arată faptul că cele mai mari valori ale densității s-au obținut pentru fag oriental, iar cele mai mici, pentru molid turcesc, pentru toate condițiile de tratare.

După prelucrarea pe CNC, datorită suprafețelor rugoase și prezentând fibra ridicată, nu s-a putut evalua rugozitatea în cazul plopului canadian (*Populus Canadensis*).

Table 1 shows that the highest density and lowest values was obtained at Beech and Uludağ Fir. at all heat treatment conditions, respectively.

As a result of the processing of poplar with CNC, because of rough and raised grain surfaces are obtained, surface roughness cannot be evaluated. So this wood species (Carolina poplar (*Populus canadensis*)) was not considered.

Rugozitate foarte mare
și fibră ridicată /
Rough and raised surfaces



Fig. 3.

Suprafața rugoasă a plopului canadian după frezare/ Rough surface of *Populus Canadensis* after milling (Photo by Karagoz).

Rezultatele pentru valorile rugozității sunt prezentate pentru direcțiile radială și tangențială în Fig. 4 și Fig. 5.

The results of surface roughness value of wood species both radial and tangential directions are shown, respectively, in Fig. 4 and 5.

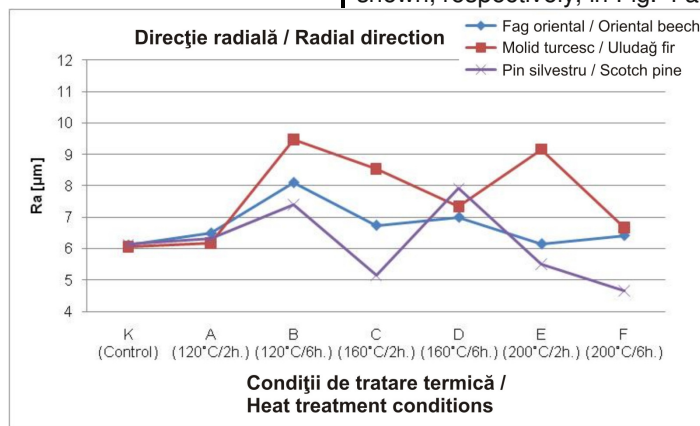


Fig. 4.

Valorile rugozității pentru prelucrare pe direcție radială/ The surface roughness value of radial direction machining.

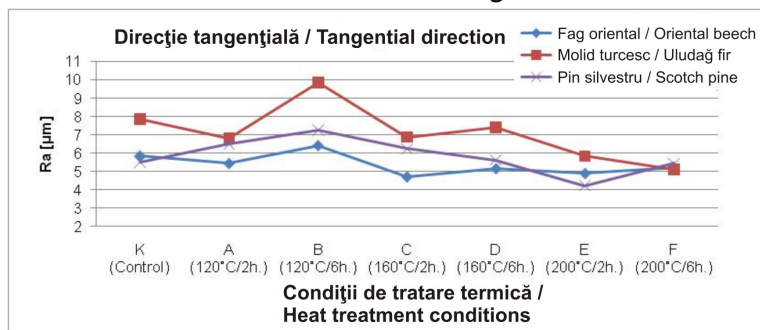


Fig. 5.

Valorile rugozității pentru prelucrare pe direcție tangențială / The surface roughness value of tangential direction machining.

În general, nu numai la prelucrarea pe direcție radială, dar și pe direcție tangențială, după 120°C 6h, rugozitatea suprafeței a scăzut cu creșterea temperaturii. Se poate observa ca valorile rugozității suprafeței au fost mai mari pe direcție radială comparativ cu direcția tangențială.

Conform Fig. 4 și Fig. 5, prelucrarea pe CNC pe direcție tangențială produce suprafețe mai netede comparativ cu direcția radială. Și testele realizate în literatura de specialitate în condiții similare au arătat faptul că direcția radială a produs suprafețe mai rugoase comparativ cu direcția tangențială.

Rezultatele obținute în acest studiu confirmă informația existentă în literatură (Malkocoglu 2007, Ors și Gurleyen 2002, Aguilera și Martin 2001, Kilic și a. 2006). Fig. 4 indică faptul că rugozitatea pinului silvestru prelucrat pe direcție radială a înregistrat cea mai scăzută valoare comparativ cu fagul și molidul, pentru tratament la temperatura de 200°C pentru 6h. De asemenea, Fig. 4. arată și faptul că diferitele condiții de tratare termică nu au avut un efect semnificativ asupra calității suprafețelor de fag și molid turcesc prelucrate pe direcție radială.

Fig. 5. ilustrează faptul că cele mai mari valori ale rugozității s-au obținut în cazul molidului turcesc. Densitatea este unul din cei mai importanți factori care afectează rugozitatea suprafeței. Deoarece această specie are cea mai mică densitate comparativ cu celelalte două specii (Tabelul 1), defectele suprafeței, cum ar fi: fibre ridicate, fibre scâmoșate, rupturi de fibre s-au produs în cazul acestei specii, care a prezentat cea mai slabă performanță în prelucrare.

Fig. 6, 7 și 8 dau informații despre rugozitatea suprafeței în cazul fagului, molidului și pinului silvestru în ambele direcții de prelucrare.

Generally, not only radial direction but also tangential direction, after 120°C 6h, surface roughness decreased with increment of treatment temperature. It can be observed that, the surface roughness values were higher in the radial direction as compared to the tangential direction.

According to Fig. 4 and 5, tangential direction in the CNC milling process produces a smoother surface when compared to a radial direction. At the end of the tests realized with similar conditions in the literature, it was shown that the radial direction produced rougher surfaces when compared to the tangential direction.

The findings obtained in this study support the information given in literatures (Malkocoglu 2007, Ors and Gurleyen 2002, Aguilera and Martin 2001, Kilic *et al.* 2006). The Fig. 4. also indicates that surface roughness of Scots pine machined in radial direction has the lowest value at a temperature of 200°C for 6h, with regard to beech and Uludağ fir. Also, Fig. 4. shows that heat treatment conditions had no significant effect on quality of radial machined surface of Beech and Uludağ fir.

Fig. 5. state that Surface roughness has the highest value in Uludağ fir. (*Abies bornmülleriana* Mattf.) species. Density is one of the most important factors affecting surface roughness. Because of this wood specie has lower density than both wood species (Table 1), the surface defects such as raised grain, fuzzy grain and chipped grain have occurred and this specie has shown worse processing performance.

Fig. 6, 7 and 8 give information about surface roughness of oriental beech, Uludağ fir. and Scots pine at both machine direction.

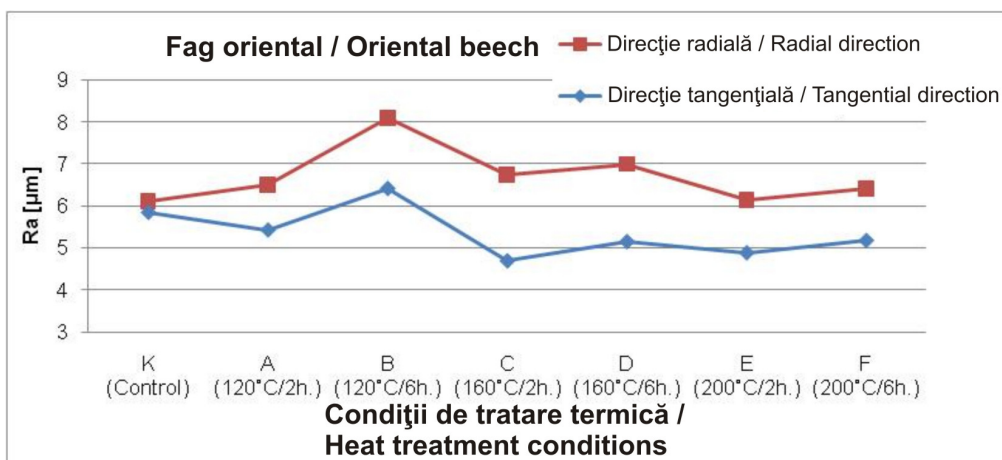


Fig. 6.

Calitatea suprafeței fagului oriental tratat termic în diferite condiții / The surface quality of oriental beech at different heat treatment conditions.

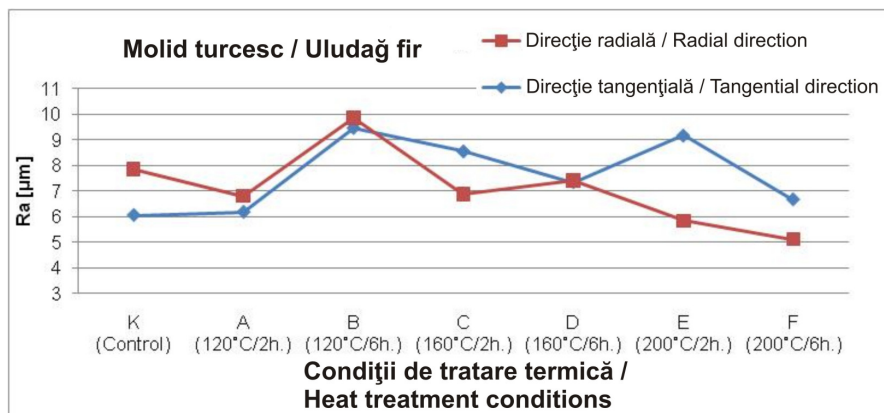


Fig. 7.

Calitatea suprafeței molidului turcesc tratat termic în diferite condiții / The surface quality of uludağ fir. at different heat treatment conditions.

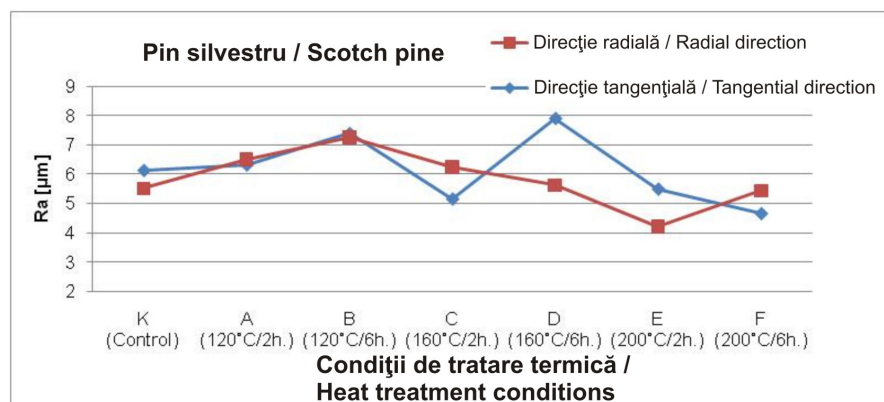


Fig. 8.

Calitatea suprafeței pinului silvestru tratat termic în diferite condiții / The surface quality of Scots pine at different heat treatment conditions.

În condiții similare de prelucrare (diametru al sculei de 8 mm, turație de 8000 rot/min, viteză de avans de 6.4m/min^{-1} și adâncime de tăiere de 4 mm), fagul oriental, datorită densității sale mari, a prezentat rugozități ale suprafeței mai mici și cea mai bună performanță în prelucrare. Astfel, calitatea cea mai bună a suprafeței în cazul fagului s-a obținut pentru direcție tangențială, comparativ cu direcția radială. Cercetările din literatură confirmă acest rezultat (Sogutlu și Togay 2011).

Comparând fagul tratat termic cu epruvetele de referință, se poate observa că tratamentul termic are un efect remarcabil asupra suprafețelor prelucrate pe direcție tangențială. Cea mai mică valoare a rugozității s-a obținut pentru tratarea la $160^{\circ}\text{C} / 2\text{h}$, pe direcție tangențială. Fig. 7 și Fig. 8 indică o scădere a rugozității cu creșterea temperaturii, în special pe direcție tangențială de prelucrare.

Valorile obținute în acest studiu sunt parțial confirmate de literatura de specialitate, în care s-a observat că valorile rugozității și densității au scăzut cu creșterea temperaturii și duratei de

At the same machining conditions (8mm of diameter cutter, spindle speed 8000rpm, feed rate 6.4m/min^{-1} and cutting depth 4mm), Oriental beech has shown lower surface roughness values and has the highest machinability performance, because of its high density. Thus, the best surface quality from beech was obtained at tangential direction as compared to radial direction. The literature supports this result (Sogutlu and Togay 2011).

When wood treated samples (beech) compared to control samples, heat treatment conditions have remarkably effect on surface machined tangential direction. The lowest surface roughness value was obtained at $160^{\circ}\text{C} / 2\text{h}$, tangential direction. The Fig. 7 and 8 indicate that surface roughness decrease with increase temperature at the especially tangential machine direction.

The values obtained in this study are partially in conformance with the values in literatures. When the studies in the literature were examined, it can be stated that the values of surface roughness and density decreased with increasing treatment temperature and times (Gunduz *et al.* 2008, Korkut

tratare (Gunduz ș.a. 2008, Korkut și Guller 2008, Moura și Brito 2008). Acest lucru poate fi explicat prin aceea că în studiul de față s-a utilizat CNC-ul și o adâncime mare de prelucrare, pe care literatura nu le raportează.

CONCLUZII

În concluzie, s-a constatat că valorile parametrului de rugozitate Ra au fost mai mari pe direcție radială de prelucrare comparativ cu cea tangențială. Comparând epruvetele de fag tratate termic cu epruvetele de control, s-a observat un efect remarcabil al condițiilor de tratare termică asupra suprafețelor prelucrate pe direcție tangențială. Cele mai mici valori de rugozitate pentru fag au fost obținute pentru 160°C/2h, pe direcție tangențială, apoi rugozitatea suprafeței a început să crească cu creșterea temperaturii.

Cele mai mari și respectiv cele mai mici valori ale rugozității pentru molid turcesc prelucrat pe direcție tangențială au fost înregistrate pentru tratare la 120°C/6h, respectiv la 200°C/6h. În cazul pinului silvestru, cele mai mici valori ale rugozității au fost înregistrate la 200°C/2h, pe direcție tangențială și 200°C/6h, pe direcție radială. Datorită suprafețelor rugoase și prezentând fibră ridicată, nu s-a putut evalua rugozitatea în cazul plopului.

Se poate afirma, pe baza rezultatelor obținute în acest studiu, faptul că rugozitatea suprafeței scade în general, cu creșterea temperaturii de tratare. Cu toate acestea, studiul de față nu poate indica cu exactitate care este efectul tratamentului termic asupra rugozității pentru fiecare specie și direcție de prelucrare, aceasta pentru că lemnul este un material atât de eterogen și anizotrop. Rugozitatea suprafețelor din lemn depinde de mulți factori, cum ar fi: structura anatomică (vase, lumen celular, lățimea inelului anual, duritate etc.), condiții de prelucrare (viteză de avans, viteză de tăiere etc.) și factori dependenți de sculă. În consecință, pentru a determina calitatea suprafeței lemnului prelucrat pe CNC și pe mașini tradiționale, acești factori de influență asupra rugozității trebuie analizati separat și vor constitui direcții viitoare pentru cercetare.

and Guller 2008, Moura and Brito 2008). In this study, because of the most important difference is using CNC router and being of depth machining, similar study wasn't found in literatures.

CONCLUSION

In conclusion, it was found that the surface roughness values (Ra) were determined higher in the radial direction as compared to the tangential direction. When wood treated samples (beech) compared to control samples, it was seen that heat treatment conditions have remarkably effect on surface machined at tangential direction. For Beech, the lowest surface roughness value was obtained at 160°C/2h, at tangential direction and surface roughness increased with increasing temperature following this temperature and duration (160°C/2h).

The highest and lowest surface roughness of Uludağ fir. machined tangential direction by CNC was obtained at 120°C/6h and 200°C/6h respectively. For Scots pine, the lowest surface roughness value was obtained at 200°C/2h in tangential direction and 200°C/6h in radial direction according as control samples and other heat treatment conditions. However, because of rough and raised grain surfaces of Poplar were obtained, surface roughness couldn't be evaluated.

In generally, looking at the results obtained this study, It was seen that surface roughness decrease with the increasing temperature. But, this study cannot say clearly that the effect of heat treatment on surface roughness for each wood species and both direction. Because wood is so heterogeneous, anisotropic and brittle material. The surface roughness of wood products is depending on many factors such as wood anatomical structural (vessels, cell lumen, annual ring width, hardness etc.), machine conditions (feed rate, spindle speed etc.) and cutting properties. As a consequence, in order to determine surface quality of machined wood by CNC and traditional machine, the many factors that affect on surface roughness must be analyzed separately.

This sense, these studies need to expand.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- AKYILDIZ, M.H., ATES, S. (2008). Effect of Heat Treatment on Equilibrium Moisture Content (EMC) of Some Wood Species in Turkey, *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(6): 660-665.
- AKYILDIZ, M.H., ATES, S., ÖZDEMİR, H. (2009). Technological and chemical properties of heat-treated Anatolian black pine wood. *African Journal of Biotechnology*, 8(11): 2565-2572.
- AGUILERA, A., MARTIN, P. (2001). Machining qualification of solid wood of *Fagus Silvatica* and *Picea Excelsa*: cutting forces, power requirements and surface roughness, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 59: 483-488.
- BAJIC, D., LELA, B., ZIVKOVIC, D. (2008). Modeling of Machined Surface Roughness and optimization of Cutting Parameters in Face Milling. *Metalurgija* 47(4): 331-334.
- COSTES, J.P., LARRICQ, P. (2002). Towards high cutting speed in wood milling. *Annals of Forest Science*. 59: 857-865.

- GÜNDÜZ, G., KORKUT, S., KORKUT, D.S. (2008). The Effects of Heat Treatment on Physical and Technological Properties and Surface Roughness of Camiyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. *subsp. pallasiana* var. *pallasiana*) Wood. *Bioresource Technology*, 99: 2275-2280.
- HIZIROGLU, S. (1996). Surface roughness analysis of wood composites: a stylus method. *Forest Products Journal* 46: 67-72.
- HIZIROGLU, S., GRAHAM, S. (1998). Effect of press closing time and target thickness on surface roughness of particleboard. *Forest Products Journal* 48: 50-54.
- KAMDEM, D.P., PIZZI, A., TRIBOULOT, M.C. (2000). Heat-treated timber: potentially toxic byproducts presence and extent of wood cell wall degradation. *Holz Roh Werkst.* 58: 253-257.
- KILIC M., HIZIROGLU, S., BURDURLU, E. (2006). Effect of machining on surface roughness of wood. *Building and Environment*. 41: 1074-1078.
- KORKUT, D. S., KORKUT, S., BEKAR, İ., BUDAKÇI, M., DILIK, T., ÇAKICIER, N. (2008). The Effects of Heat Treatment on the Physical Properties and Surface Roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) Wood. *Int. J. Mol. Sci.*, 9: 1772-178.
- KORKUT, D.S., GÜLLER, B. (2008). The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. *Bioresource Technology*, 99: 2846-2851.
- MALKOÇOĞLU, A. (2007). Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions, *Building and Environment*. 42: 2562-2567.
- MOURA, L.F., BRITO, J.O. (2008). Effect of Thermal Treatment on Machining Properties of *Eucalyptus grandis* and *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* Woods. *Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology* November 10-12, 2008 Concepción, CHILE.
- MUMMERY, L. (1993). Surface Texture Analysis. *The Handbook* Muhlhausen, Germany, Hommelwerke, pp. 106.
- OHUCHI, T., MURASE, Y. (2005). Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router IV: development of automatic measurement system for cutting edge profile of throw-away type straight bit. *J Wood Sci.* 51: 278-281.
- ORS, Y., GURLEYEN, L. (2002). Effects of the cutting direction, number of cutter and cutter type to surface smoothness on wood material for planning. *J. Polytechnic*, 5(4): 335-339.
- SOGUTLU, C., TOGAY, A. (2011). The effect of the process parameters in the planning processes on the surface roughness of cherry and pear woods, *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(21), pp. 4392-4399.
- YILDIZ, S., GEZER, E.D., YILDIZ, U.C. (2006). Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. *Building and Environment* 41(12), pp. 1762-1766.
- *** ISO 4287, 1997. Geometrical product specifications (GPS) – surface texture: profile method – terms, definitions and surface texture parameters. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- *** TS 642 ISO 554, 1997. Standard Atmospheres for Conditioning and/or Testing; Specifications, Ankara.
- *** TS 2471, 1976b. Wood-Determination of Moisture Content for Physical and Mechanical Tests, Ankara.
- *** TS 2472, 1976. Wood - Determination of Density for Physical and Mechanical Tests, Ankara.

Traducerea articolului în limba română a fost realizată de /
Translation into Romanian performed by:
Assoc.Prof.dr.eng. Lidia GURĂU