

**STABILITATEA DIMENSIONALĂ A
LEMNULUI DE PIN SILVESTRU ȘI FAG
ORIENTAL TRATAT TERMIC**

**DIMENSIONAL STABILITY OF HEAT
TREATED SCOTS PINE AND ORIENTAL
BEECH**

Alperen KAYMAKCI

Research Assistant - Kastamonu University, Faculty of Forestry, Dept. of Wood Science and Technology
Adresa/Address: 37100, Kastamonu, Turkey
Tel/Fax: +0905354750718. E-mail: alperen_kaymakci@hotmail.com

M. Hakan AKYILDIZ

Assoc.Prof.Dr. - Kastamonu University, Faculty of Forestry, Dept. of Wood Science and Technology
Adresa/Address: 37100, Kastamonu, Turkey
E-mail: akyildizmh@gmail.com

Rezumat:

Tratamentul termic este unul dintre procesele utilizate la modificarea proprietăților lemnului privind rezistența mai bună la umiditate și o stabilitate dimensională mai ridicată. Scopul acestei lucrări este determinarea comparativă a variației grosimii, masei volumice, umflării și contragerii lemnului tratat termic față de cel netratat pentru două specii lemnoase – Pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.) și fag oriental (*Fagus orientalis* Lipsky.) Materialul a fost tratat la trei nivele de temperatură, 120, 160 și 210 °C, și în două intervale diferite de timp (2 și 6 ore) în mediu inert (de azot). După tratarea termică, mostrele tratate și de control au fost condiționate la temperatura de 20 ± 2°C și umiditate relativă de 65% (±5%). Au fost măsurate apoi grosimea, umflarea și contragerea lemnului conform TS 4083 - 4084 - 4085 și 4086 (1983). În același timp s-au determinat masele volumice ale lemnului tratat termic. Mai mult de atât, s-au făcut corelații între grosime, umflare și masa volumică după uscare. Rezultatul obținut indică faptul că valorile umflării și contragerii descresc odată cu creșterea temperaturii tratamentului termic.

Cuvinte cheie: tratament termic; lemn; stabilitate dimensională.

INTRODUCERE

Odată cu înăsprirea cerințelor ecologice și de protecție a mediului, procesatori ai lemnului din întreaga lume au început să scadă treptat cantitatea de substanțe chimice utilizate în tratarea lemnului și caută căi alternative de modificare a acestuia. Tratamentul termic la temperaturi înalte, ca metodă de modificare a lemnului, pare a fi o metodă de protecție ecologică, având ca rezultat produse din lemn cu valoare adăugată. Procesul este condus în general prin reglarea temperaturii și presiunii. Temperatura variază între 120°C și 280°C, timpul de tratare între 15 minute și 24 ore, în funcție de tipul procesului, specia lemnoasă, dimensiuni, umiditatea inițială a lemnului (Emmler și Scheiding 2007). Temperatura are o influență mai mare decât timpul asupra multor proprietăți. Un tratament la temperaturi

Abstract:

Heat treatment is one of the processes used to modify the properties of wood due to its better moisture resistance and increased dimensional stability. The aim of this work was to define thickness, density, swelling and shrinkage properties of heat treated wood of two wood species- Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) compared to not treated control samples. The material was treated at three temperature levels, 120, 160 and 210 °C, and two different duration (2 and 6 hours) in inert (nitrogen) environment. After heat treatment, treated and control samples were conditioned at 20 ± 2°C and 65% (±5%) relative humidity (RH). The thickness, swelling and shrinkage tests were applied with TS 4083 - 4084 - 4085 and 4086 (1983). At the same time oven-dry densities were determined. Moreover correlation between thickness, swelling and oven-dry density were also investigated. The result showed that the values of swelling and shrinkage decreased with increasing treatment temperature.

Key words: heat treatment; wood; dimensional stability.

INTRODUCTION

Increasing environmental pressure, worldwide wood manufactures started to gradually decrease the amount chemicals used in wood treatment and are looking for alternative ways of wood modification. The heat treatment of wood at high temperature, as a wood modification method, seems to be an eco-friendly wood protection method, which results in value added wood products. The process is generally conducted under the heat and pressure. Temperature usually ranges from 120°C to 280°C, treatment time spans between 15 minutes and 24 hours, depending on the type of the process, wood species, stock dimensions, initial moisture content (Emmler and Scheiding 2007). Temperature has a greater influence than time on many properties. Treatment a lower temperatures for longer periods,

mai joase și un timp mai îndelungat nu dă rezultate similare cu tratamentele aplicate la temperaturi înalte (Korkut ș.a. 2008; Akyildiz ș.a. 2009).

Unele proprietăți chimice și fizice se modifică prin încălzire definitiv. Modificările proprietăților sunt cauzate în primul rând de degradarea hemicelulozelor. Teoretic, legăturile OH libere din hemiceluloze au cel mai mare efect asupra proprietăților fizice ale lemnului. Tratamentul termic micșorează absorbția de apă, iar peretele celular al lemnului va absorbi mai puțină apă datorită reducerii de grupări hidroxil din lemn. Ca o consecință a numărului redus de grupări hidroxil din lemn, umflarea și contragerea sunt mai reduse.

Astfel, una dintre principalele proprietăți îmbunătățite prin acest tratament este stabilitatea dimensională (Li ș.a. 2011; Estevez ș.a. 2007; Kocaefe ș.a. 2008). Multe cercetări s-au concentrat pe aplicarea tratamentelor termice pentru îmbunătățirea stabilității dimensionale, a proprietăților higroscopice și a rezistenței biologice a lemnului. Tratamentul termic al lemnului modifică din punct de vedere chimic compoziția celulei lemnoase. Aceste modificări chimice pot fi exprimate printr-o stabilitate dimensională crescută și higroscopicitate redusă (Ifju 1964; Kartal 2008).

Studii anterioare au indicat faptul că raportul contragere-umflare al lemnului scade datorită tratamentului termic, în timp ce utilizarea tratamentului îmbunătățește stabilitatea sa dimensională (Yildiz 2002). Cercetări similare au arătat că o stabilitate dimensională ridicată s-a obținut când temperatura și durata au crescut (Rafidah ș.a. 2010).

Scopul acestui studiu este acela de a defini grosimea și proprietățile de umflare a două specii lemnoase tratate termic – pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.) și fag oriental (*Fagus orientalis* Lipsky.).

MATERIALE ȘI METODĂ

Pinul silvestru (*Pinus sylvestris* L.) și fagul oriental (*Fagus orientalis* Lipsky.) din regiunea Kastamonu, Turcia sunt speciile lemnoase selectate pentru acest studiu. Mostrele au fost tăiate paralel cu fibrele lemnului și debitate în epruvete cu dimensiunile 20x20x30mm (tangențial x radial x longitudinal) (Akyildiz și Ates 2008).

Epruvetele au fost supuse unui tratament termic la temperaturile de 120°C, 160°C și 200°C timp de 2 și respectiv 6h într-o etuvă mică, cu posibilitate de termostatare a temperaturii cu precizia de ±1°C, sub presiune atmosferică și în prezența azotului (N₂). După tratamentul termic, epruvetele tratate și netratate au fost condiționate la temperatura de 20±2°C și umiditate relativă a aerului de 65% (±5%) într-o cameră de condiționare, pentru a atinge umiditatea de echilibru de 12%. Dimensiunile epruvetelor au fost măsurate cu o precizie de 0,01mm (Akyildiz și Ates 2008).

however, does not give similar results compared to treatments at higher temperatures (Korkut *et al.* 2008; Akyildiz *et al.* 2009).

Some chemical and physical properties of wood changes heating permanently. The change in properties is primarily caused by degrading of hemicelluloses. Theoretically, the available OH groups in hemicellulose have the most significant effect on the physical properties of wood. Heat treatment slows water uptake and wood cell wall absorbs less water because of the decrease of the amount of wood's hydroxyl groups. As a consequence of the reduced number of hydroxyl groups the swelling and shrinking are lower.

Thus, one of the properties improved most by this treatment is the dimensional stability (Li *et al.* 2011; Estevez *et al.* 2007; Kocaefe *et al.* 2008). Considerable research has focused on the application of heat treatments to improve the dimensional stability, hygroscopic properties and biological resistance of wood. Heat treatments of wood modify chemistry of cell components. These chemical changes can be expressed as increased dimensional stability and decreased hygroscopicity (Ifju 1964; Kartal 2008).

Previous studies indicated that shrinkage-swelling ratios of wood decreased with heat treatment, while using this treatment also improved its dimensional stability (Yildiz 2002). In similar research, an increased dimensional stability was obtained when temperature went up and the duration increased (Rafidah *et al.* 2010).

The scope of this study was to define thickness and swelling properties of heat treated wood of two wood species - Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.).

MATERIALS AND METHOD

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) woods obtained from Kastamonu in Turkey selected for this study. The wood samples were cut in parallel to grain directions and sawn into specimens measuring 20x20x30mm (tangential x radial x longitudinal dimensions) (Akyildiz and Ates 2008).

The samples were subjected to heat treatment at 120°C, 160°C or 200°C for 2 or 6h in a small heating unit controlled to within ±1°C under atmospheric pressure and in the presence of nitrogen gas (N₂). After heat treatment, treated and untreated samples were conditioned at 20±2°C and 65% (±5%) relative humidity (RH) in conditioning room to reach equilibrium moisture content (EMC) of 12%. The dimensions of the samples were measured at 0.01mm (Akyildiz and Ates 2008).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Tabelul 1 indică faptul că raportul grosimii și al umflării pentru speciile lemnoase selectate tratate față de cele netratate depinde de regimul de tratare termică aplicat.

Conform rezultatelor testelor, atât grosimea, cât și umflarea pentru speciile lemnoase selectate scade odată cu creșterea temperaturii și durata procesului. Atât contragerea, cât și umflarea sunt puternic reduse cu creșterea temperaturii de tratare.

Diferențele între duratele diferite nu sunt semnificative (Tabelul 2 și Fig. 1). În acest caz se poate spune că temperatura a avut efect mult mai mare decât durata procesului de tratare termică.

RESULT AND DISCUSSION

Table 1 indicates that thickness and swelling ratios of selected wood species vary under the different heat treatment and time combinations. According to test results, thickness and swelling ratios of selected wood species decreased with increasing temperature and duration of process and shrinkage and swelling ratios are strongly affected negatively by treatment temperature.

But, the effects of time were not significantly (Table 2 and Fig. 1). In that case it can be said that temperature might have greater affect on than heat treatment process time.

Tabelul 1 / Table 1

Efectul tratamentului termic cu durate și temperaturi diferite asupra valorilor de contragere și umflare pentru speciile lemnoase selectate / The effect of heat treatment for different durations and temperatures on shrinkage and swelling values in selected wood species

Timp/ Times (h)	Temperatura/ Temperature	Unit*	Specii lemnoase/ Species							
			Pin silvestru/ Scots pine				Fag oriental/ Oriental beech			
			β		α		β		α	
		r	t	r	t	r	t	r	t	
Control		Avg	4.71	7.35	4.21	7.71	4.89	11.85	5.29	15.1
		Std	0.78	2.13	0.78	0.59	0.19	0.27	0.54	0.77
2	120	Avg	4.15	7.44	3.93	7.68	4.45	10.76	6.01	13.5
		Std	1.45	0.66	0.28	0.76	0.73	0.65	0.71	1.35
	160	Avg	4.56	6.82	4.28	7.60	3.77	10.76	4.32	14.8
		Std	1.19	1.42	0.80	1.36	0.74	1.26	0.94	3.55
200	Avg	4.22	7.03	4.51	7.29	4.25	9.69	4.84	12.5	
	Std	0.55	0.38	0.83	0.46	0.39	0.48	0.24	0.57	
6	120	Avg	4.46	7.13	3.85	7.33	4.06	10.21	4.91	13.2
		Std	0.59	1.19	1.26	1.18	1.72	0.51	1.10	1.23
	160	Avg	3.31	7.75	3.70	7.75	4.55	8.51	5.04	12.4
		Std	0.68	1.68	0.38	1.68	3.41	4.14	0.51	0.55
	200	Avg	4.04	6.64	3.44	6.86	4.42	8.46	3.82	12.8
		Std	0.50	0.41	0.76	0.91	1.01	1.08	0.70	1.17

Avg=Media; Std=Abaterea medie pătratică

Rezultă clar din rezultatele obținute în acest studiu că valorile măsurate au fost mai mici în cazul epruvetelor tratate termic, decât în cazul celor de control, netratate.

În timp ce efectul maxim al tratamentului termic s-a înregistrat la temperatura de 200°C, efectul minim s-a înregistrat la 120°C. Similar, Gündüz ș.a. (2008) au studiat efectul tratamentului termic asupra proprietăților fizice și asupra rugozității suprafeței pinului negru Camiyanı (*P. nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*). Cercetările au indicat faptul că reducerea valorii masei volumice și a umflării au fost remarcate odată cu creșterea timpului și temperaturii de încălzire. Un alt studiu a arătat rezultate similare pentru lemnul de pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.) și fag (*Fagus orientalis* Lipsky) (Korkut ș.a. 2008a). De asemenea, Korkut și Guller (2008) au raportat o scădere a proprietăților fizice, masa volumică în stare anhidră, masa volumică pentru umiditatea de echilibru, umflarea și

It is clear from the obtained results in this study that measured values were lower in heat-treated samples than untreated control samples.

While the maximum effect of heat treatment was recorded at 200°C, the minimum effect was recorded at 120°C. Similarly, Gündüz et al. (2008) studied the effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of Camiyanı black pine (*P. nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood. Their research indicated that reduction in density and swelling, values were observed with the increase in heat treatment time and temperature. Another study showed similar results for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood (Korkut et al., 2008a). Also, Korkut and Guller (2008) reported a reduction in physical properties, oven-dry density, air-dry density and swelling and surface roughness of wood. Akyildiz et al. (2009) reported that values of the physical properties decreased with temperature and duration

rugozitatea suprafeței lemnului. Akyildiz ș.a. (2009) au afirmat că aceste valori ale proprietăților fizice scad odată cu temperatura și durata procesului și că ele sunt puternic afectate, în mod negativ, de către temperatura tratamentului termic.

Tabelul 2 indică procentajul de descreștere al valorilor în raport cu fiecare tratament și parametru măsurat.

of process and physical properties are strongly affected negatively by treatment temperature.

Table 2 shows the percentage decrease of values in relation to the control for each treatment and each measured parameter.

Tabelul 2 / Table 2

Scăderea procentuală a valorilor de contragere și umflare pentru speciile lemnoase tratate termic pe diferite durate de timp / Percentage decrease of shrinkage and swelling values in selected wood species following heat treatment for different duration

Timp/ Times (h)	Temperatura/ Temperature (°C)	Specii lemnoase/ Species					
		Pin silvestru/ Scots pine			Fag oriental/ Oriental beech		
		β	α	D_0	β	α	D_0
		r+t (%)	r+t (%)	-	r+t (%)	r+t (%)	-
2	120	4.06	3.47	0.444	4.14	6.97	0.701
	160	5.98	4.62	0.457	9.02	6.64	0.632
	200	7.20	4.44	0.431	13.63	17.58	0.620
6	120	4.06	4.62	0.457	11.00	12.58	0.683
	160	9.04	6.72	0.446	21.29	16.91	0.633
	200	12.92	18.64	0.423	22.98	22.68	0.641

Este evident din Tabelul 1 că valorile de contragere și umflare scad odată cu ridicarea procesului de tratare termică. Cele mai scăzute grosime și umflare pentru speciile selectate au fost obținute la 200°C timp de 6h. Se poate observa din acest tabel că reducerea maximă obținută este de 22.98 (β) și 22.68 (α) la fagul oriental, comparativ cu mostra de control.

Efectul masei volumice în stare anhidră asupra rapoartelor de contragere și umflare s-au determinat în urma analizei de corelație din Fig. 1.

It is evident from Table 1 that the shrinkage and swelling ratios values decrease with heat treatment process. The lowest thickness and swelling ratios of selected wood species were obtained at 200°C for 6h and It can be seen from this table that in the maximum reductions were obtained as 22.98 (β) and 22.68 (α) in oriental beech, compared with the control sample.

The effect of oven dry density on the shrinkage and swelling ratios were statically researched by correlation analysis is shown in Fig. 1.

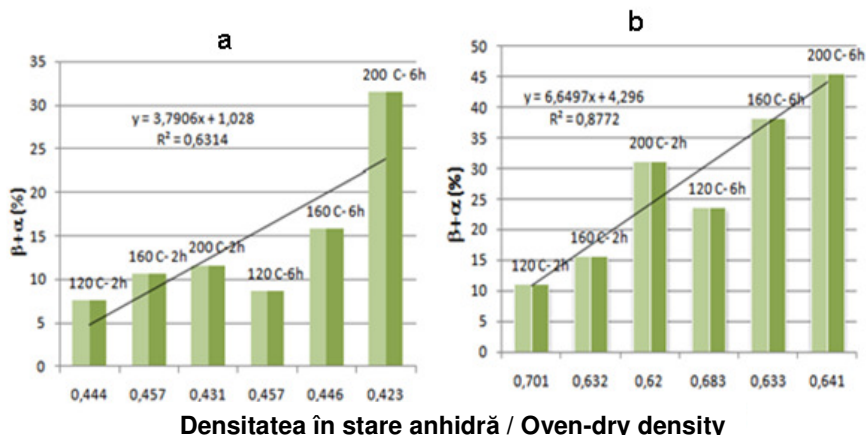


Fig. 1.

Relația dintre masa volumică în stare anhidră și rapoartele contragere - umflare (% $\beta + \alpha$) la pinul silvestru (a) și fagul oriental (b) / The relationship between oven dry density and shrinkage and swelling ratios (% $\beta + \alpha$) Scots pine (a), Oriental beech (b).

Fig. 1 indică faptul că există o legătură bună între această densitate și raportul dintre contragere și umflare pentru speciile lemnoase selectate, care cresc în Kastamonu. Rezultă clar din acest studiu că toate valorile măsurate pentru contragere și umflare scad cu creșterea temperaturii.

CONCLUZII

În concluzie, a rezultat că pentru același interval de timp al unui proces, masa volumică în stare anhidră și valorile umflării și contragerii pentru speciile de lemn selectate au scăzut odată cu creșterea temperaturii. Cea mai mică scădere s-a obținut la tratamentul termic la 120°C timp de 2h. Cea mai mare scădere s-a obținut pentru tratamentul la 200°C. Temperatura tratamentului este în strânsă corelație cu proprietățile fizice ale speciilor de lemn selectate. Tehnicile de modificare termică a lemnului se pot considera ecologice, deoarece în timpul procesului nu se utilizează substanțe chimice. Datorită stabilității dimensionale ridicate, materialele lemnoase tratate termic se pot utiliza în câteva scopuri, de exemplu pentru mobilier de grădină, lambriuri pentru exterior, instrumente muzicale, mobilier de bucătărie, lambrisare, parchet, sauna, tocure de uși și ferestre.

Fig. 1 indicates that there are good relationship between oven dry density and shrinkage and swelling ratios of selected wood species grown in Kastamonu. It is clear from this study that the value of all measured shrinkage and swelling values decreased with increasing temperature.

CONCLUSIONS

In conclusion, it was found that in the same time process the oven-dry density, swelling and shrinkage values of the selected wood species decreased with increasing temperature. The smallest decrease was observed in the treatment at 120°C for 2h. The largest decrease found was in the treatment at 200°C. Treatment temperature is highly correlated with physical properties of selected wood species. Heat treatment techniques can be considered eco-friendly technique, because during the process are involved no chemicals. Because of its good dimensional stability, heat-treated wood materials can be used for several purposes, e.g. for garden furniture, external cladding, musical instruments, kitchen furniture, paneling, parquets, sauna, doors and windows frames.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- AKYILDIZ, M.H., ATES, S., OZDEMIR, H. (2009). Proprietățile tehnologice și chimice ale lemnului de pin negru anatolian, tratat termic/ Technological and chemical properties of heat-treated Anatolian black pine wood, *African Journal of Biotechnology* Vol. 8(11), pp. 2565-2572.
- AKYILDIZ, M.H., ATES, S. (2008). / Efectul tratamentului termic asupra umidității de echilibru (EMC) a unor specii lemnoase din Turcia/ 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.
- KORKUT, D.S., KORKUT, S., BEKAR, I., BUDAKCI, M., DILIK, T., CAKICIER, N. (2008). Efectul tratamentului termic asupra proprietăților fizice și rugozității suprafeței pentru specia lemnoasă Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) / The Effects of Heat Treatment on the Physical Properties and Surface Roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) *Wood, Int, J, Mol, Sci*, 9, 1772-1783.
- EMMLER, R., SCHEIDING, W. (2007). / Nuanțe mai închise de lemn: Chereștea modificată termic, un nou material pentru parchet/ Darker shades of wood: Thermally modified timber (TMT) as a new material for parquet floorings, *European Coatings Journal* April:106-111.
- IFJU, G. (1964). / Comportamentul la tracțiune ca funcție a celulozei din lemn/ Tensile strength behavior as a function of cellulose in wood, *Forest Prod, J*, 1964, 14, 366-372.
- LI, X., CAI, Z., MOU, Q., WU, Y., LIU, Y. (2011). Efectul tratamentului termic asupra unor proprietăți fizice ale lemnului de douglas/ Effects Of Heat Treatment On Some Physical Properties Of Douglas Fir (*Pseudotsuga Menziesii*) *Wood, Advanced Materials Research* Vols, 197-198, pp. 90-95.
- KARTAL, S.N., HWANG, W.J., IMAMURA, Y. (2008). Efectul combinat al compușilor de bor și tratamentului termic asupra proprietăților lemnului: chimice și de rezistență/ Combined effect of boron compounds and heat treatments on wood properties: Chemical and strength properties of wood, *J, Mater, Process, Tech*, 2008, 198, pp. 234-240.
- ESTEVEES, B., DOMINGOS, I., PEREIRA, H. (2007). Îmbunătățirea calității tehnologice a lemnului de eucalipt prin tratatarea termică în aer la 170-200 grade/ Improvement of technological quality of eucalypt wood by heat treatment in air at 170-200 degrees C, *For, Prod, J*, 57(1-2), pp. 47-52.

KOCAEFE, D., SHI, J.L., YANG, D.Q., BOUAZARA, M. (2008). Proprietăți mecanice, stabilitate dimensională și rezistența la curbare pentru lemnul de pin și aspen tratate termic/ Mechanical properties, dimensional stability and mold resistance of heat treated jack pine and aspen, For, Prod, J, 58(6), pp. 88-93.

YILDIZ, S. (2002). Proprietăți mecanice, tehnologice și chimice pentru lemnul de fag și molid tratate termic/ Physical, mechanical, technological and chemical properties of beech and spruce wood treated by heating, Ph.D, thesis, Black Sea Technical University, Trabzon, Turkey.

RAFIDAH, S.A., ZAIDON, W.S., HASHIM, W., RAZAK and H.A., ROZIELA, (2010). Efectul tratamentului cu ulei încălzit asupra proprietăților fizice ale lemnului de bambus/ Effect of oil heat treatment on physical properties of sementan bamboo (Gicantochloa scortechinii gamble), Modern Applied Sci, 4:107- 113.

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