

**EFFECTUL RUGOZITĂȚII FURNIRELOR
ASUPRA ÎNCLEIERII ȘI ASUPRA UNOR
PROPRIETĂȚI MECANICE ALE
PLACAJULUI**

**THE EFFECT OF VENEERS
ROUGHNESS ON BONDING AND SOME
MECHANICAL PROPERTIES OF
PLYWOOD**

Ismail AYDIN*

Prof. dr.- Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry
Adresa/Address: Forest Industry Engineering Department, 61080 Trabzon, Turkey
E-mail: laydin@ktu.edu.tr

Cenk DEMIRKIR

Lecturer, dr.- Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry
Adresa/Address: Forest Industry Engineering Department, 61080 Trabzon, Turkey
E-mail: cenk@ktu.edu.tr

Semra COLAK

Prof. Dr.- Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry
Adresa/Address: Forest Industry Engineering Department, 61080 Trabzon, Turkey
E-mail: colak@ktu.edu.tr

Emilia – Adela SALCĂ

Lecturer, dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: emilia.salca@unitbv.ro

Rezumat:

Tehnologia de încleiere este una dintre tehnologiile cheie pentru producerea materialelor pe bază de lemn. Calitatea suprafeței produselor din lemn masiv este una dintre cele mai importante proprietăți care influențează procesele de fabricație ulterioare cum ar fi finisarea dar și rezistența încleierii. Obiectivul acestui studiu a fost determinarea influenței șlefuirii cu diferite granulații asupra rezistenței încleierii la forfecare și asupra unor proprietăți mecanice ale placajului din furnire plop și fag. Pentru aceasta, furnire de plop (*Populus deltoides* l-77/51) și fag (*Fagus orientalis*) de 2mm grosime au fost obținute prin derulare, fără tratarea termică prealabilă a buștenilor. Suprafețele unor furnire au fost șlefuite cu granulațiile 80 și 180. Atât din furnirele șlefuite cât și din cele neșlefuite s-a produs placaj din 3 straturi, utilizând rășină fenol formaldehidică, pentru a evalua efectele șlefuirii asupra unor proprietăți mecanice ale placajului. Parametrul de rugozitate Rz a fost măsurat pentru a evalua rugozitatea suprafeței de furnir conform standardului DIN 4768. Valorile rezistențelor încleierii la forfecare și la încovoiere ale placajului produs din furnire șlefuite și neșlefuite au variat în funcție de specia lemnoasă și granulație. Valorile rezistenței încleierii la forfecare ale placajului au crescut odată cu descreșterea valorilor rugozității suprafeței furnirelor, pentru ambele specii lemnoase.

Cuvinte cheie: rugozitatea suprafeței; placaj; încleiere; proprietăți mecanice.

Abstract:

Bonding technology is one of the key technologies for producing wood-based materials. Surface quality of solid wood products is one of the most important properties influencing further manufacturing processes such as finishing or strength of adhesive joint. The aim of this study was to determine the influence of sanding with different grit sizes on bonding strength and some mechanical properties of poplar and beech plywood. For this reason, 2mm thick rotary cut veneers obtained from freshly cut (not treated) poplar (*Populus deltoides* l-77/51) and beech (*Fagus orientalis*) logs were used as material. The surfaces of some veneers were sanded with 80 and 180 grit size. Three-layer-plywood were produced from sanded and non-sanded veneers using phenol formaldehyde glue resins to evaluate the effects of sanding some mechanical properties of plywood. Rz roughness parameter was measured to evaluate surface roughness of veneer according to DIN 4768. Bonding and bending strength values of plywood manufactured from sanded and non-sanded veneers varied depending on wood species and grit size. Bonding strength values of plywood increased with decreasing surface roughness values of veneers both of two wood species.

Key words: surface roughness; plywood; bonding; mechanical properties.

* Autor corespondent / Author to whom all correspondence should be addressed

INTRODUCERE

Tehnologia de încheiere este una dintre tehnologiile cheie pentru producerea materialelor pe bază de lemn, precum plăcile din aşchii şi fibre de lemn, placajul, panourile cu structuri uşoare şi cele pentru construcţii sau panourile masive stratificate (Irle ş.a. 2013). Stabilitatea mecanică a încheierii este influenţată de unii factori critici cum sunt umectarea suprafeţei, adezivul şi rezistenţa coeziunii încheierii, dar şi pătrunderea adezivului în ţesutul lemnos (Marra 1992, Vick 1999).

În plus, parametrii de proces, precum consumul specific de adeziv, presiunea aplicată şi proprietăţile suprafeţei rezultate în urma prelucrării, incluzând aici şi desprăfuirea suprafeţei, defectele de structură şi rugozitatea suprafeţei, pot avea efecte majore asupra încheierii (Habenicht 2002, Dunky ş.a. 2002).

Calitatea suprafeţei produselor din lemn masiv este una dintre cele mai importante proprietăţi care influenţează prelucrările ulterioare, aşa cum este finisarea, dar şi rezistenţa încheierii. Controlul efectiv al calităţii suprafeţei este important atât pentru încheierea produsului dar şi pentru finisarea lui (Aguilera ş.a. 2007).

Produsele stratificate din lemn masiv cu suprafeţe netede vor avea o mai bună încheiere, rezultând astfel proprietăţi de rezistenţă mai mari. Datorită neomogenităţii materialului, rugozitatea suprafeţei lemnului poate fi afectată de factori diferiţi, precum variaţia inelelor anuale, densitatea lemnului, structura celulară şi proporţiile de lemn timpuriu/târziu, făcând astfel destul de complicată analiza calităţii suprafeţei lemnului (Habenicht 2002).

Tipul de prelucrare, caracteristicile materiei prime sau chiar o combinaţie a acestor parametri sunt responsabile de calitatea suprafeţei produselor finale dar şi de preţ (Kilic ş.a. 2006).

Furnirul brut este dificil de încheiat din cauza lipsei contactului intim dintre suprafeţele de furnir iar rugozitatea favorizează condiţiile care pot produce uscarea, surplus sau deficit de adeziv (Follrich ş.a. 2010). În stare uscată, adezivul va pătrunde în fisurile şi adânciturile furnirului brut. Mai puţin adeziv este utilizat la încheierea suprafeţelor, rezultând o încheiere deficitară. Furnirul brut poate produce surplus la penetrare prin creşterea ariei suprafeţei. Odată ce aria suprafeţei creşte, proporţia de adeziv scade (Neese ş.a. 2004, Aydın şi Colakoglu 2005).

O problemă comună cu care se confruntă producătorii de placaj este delaminarea panoului, iar cauza majoră este slaba calitate a încheierii datorate furnirului brut. Când utilizează furnir brut, producătorii de placaj cresc proporţia de adeziv şi presiunea. S-a evidenţiat de altfel că o creştere a rugozităţii suprafeţei a fost asociată cu o descreştere a sarcinii de rupere şi a procentajului de rupe.

Unele tratamente chimice cu reactivi chimici sunt aplicate suprafeţelor lemnoase, pentru a îmbunătăţi capacitatea de încheiere, de umectare şi

INTRODUCTION

Bonding technology is one of the key technologies for producing wood-based materials such as particleboards and fiberboards, plywood, light-weight panels, and load-bearing constructions, or glue laminated timber (Irle *et al.* 2013). Mechanical stability of adhesive joints is typically influenced by some critical factors such as wettability of the wood surface, adhesive and cohesive strength of the bond line, and penetration of the adhesive into the wood tissue (Marra 1992, Vick 1999).

Additionally, process parameters such as specific adhesive spread, applied pressure, and surface properties resulting from machining processes including surface cleanliness, structural damage, and surface roughness, may exhibit major effects on the resulting bonding (Habenicht 2002, Dunky *et al.* 2002).

Surface quality of solid wood products is one of the most important properties influencing further manufacturing processes such as finishing or strength of adhesive joint. Effective control of the surface quality is important to both gluing parts during product assembly and finishing (Aguilera *et al.* 2007).

Laminated lumber with smoother surfaces will have better glueline resulting in higher strength properties. Due to the non-homogeneity of timber material, surface roughness of wood can be affected by various factors such as annual ring variation, wood density, cell structure, and latewood/earlywood ratio, thus making the analysis of wood surface quality quite complicated (Habenicht 2002).

Type of machining used during production, raw material characteristics of work piece or a combination of both these parameters are also responsible for surface quality of the final products and in determining its cost (Kilic *et al.* 2006).

Rough veneer is difficult to glue because of the lack of intimate contact between veneer surfaces and the roughness promotes conditions that can result in desiccation, dryout, over-penetration, or starving of the adhesive (Follrich *et al.* 2010). Under dryout conditions, the adhesive will puddle in the cracks and valleys of rough veneer. Less adhesive is available at the bonding surfaces, resulting in a starved joint and reduced bond quality. Rough veneer can promote over-penetration by increasing the true surface area. As surface area increases, the proportion of glue decreases in relation to that surface area (Neese *et al.* 2004, Aydın and Colakoglu 2005).

A common problem faced by plywood manufacturers is panel delamination, for which a major cause is poor quality glue-bonds resulting from rough veneer. When rough veneer is encountered, plywood manufacturers typically increase the adhesive spread rate and press pressure. There was strong evidence that an increase in surface roughness was associated with a decrease in load at

de reactivitate a legăturilor adeziv-lemn. Pe lângă aceste tratamente chimice, unele pre-tratamente mecanice, precum șlefuirea și rindeluirea pot fi aplicate pentru a obține o suprafață care elimină problemele de înclieiere și îmbunătățește înclieierea lemnului (Aydın 2004).

Ar fi ideal ca lemnul să fie rindeluit și șlefuit cu 24 ore înainte de înclieiere. Filmul de adeziv de grosime constantă poate fi uniform distribuit pe suprafețele calibrate corespunzător (Vick 1999).

Caracteristicile de planeitate ale lemnului masiv depind de calitatea prelucrării, aflată în directă legătură cu avansul pe dinte și nu doar cu viteza capului de lucru (Davis 1962, Wengert și Lamb 1994). Neregularitățile de la șlefuire sunt parametrii importanți care influențează calitatea suprafeței în funcție de granulație și orice abatere de la un anumit grad de calitate a suprafeței lemnului va genera creșterea costului și irosirea materiei prime (Mitchell și Lemaster 2002).

Scopul acestui studiu a fost de a determina influența șlefuirii cu diferite granulații asupra rezistenței înclieierii la forfecare și asupra unor proprietăți mecanice ale placajului de plop și fag.

OBIECTIV

Obiectivul acestui studiu a fost determinarea influenței șlefuirii cu diferite granulații (80 și 180) asupra rezistenței înclieierii la forfecare și asupra unor proprietăți mecanice ale placajului obținut în condiții de laborator din furnire de plop (*Populus deltoides* I-77/51) și fag (*Fagus orientalis*) debitate prin derulare.

METODĂ, MATERIALE ȘI APARATURĂ

Material și metodă

Prin derularea buștenilor (netratați prin aburire) de plop (*Populus deltoides* I-77/51) și fag (*Fagus orientalis* – tratați prin aburire la temperatura de 80°C timp de 20 ore) cu diametrul de 45cm, s-au obținut furnire cu dimensiunile 50x50cm la grosimea de 2mm. Un derulor cu o capacitate maximă de 80cm a fost utilizat pentru debitarea furnirelor.

Deschiderea pe verticală a fost fixată la 0,5mm, iar distanța pe orizontală dintre cuțit și bara de presare a fost de 85% din grosimea furnirului. După uscarea la temperatura de 110°C, foile de furnir obținute au fost separate în două grupe. Cele din primul grup au fost supuse șlefuirii cu granulația 80 iar celelalte cu granulația 180. Grupele de testare sunt prezentate în Tabelul 1. În urma șlefuirii cu mașina de șlefuit cu bandă, furnirele au fost desprăfuite pneumatic, pentru a obține suprafețe curate, pregătite pentru testele ulterioare de analiză a suprafeței și aplicarea adezivului.

failure and percent wood failure.

Some chemical pre-treatments with chemical reagents are widely applied to wood surfaces in order to improve bonding ability, wettability and reactivate wood surfaces for glue-wood bonds. Besides these chemical treatments, some mechanical pretreatments such as sanding and planing can be applied to get a fresh surface which eliminates bonding problems and improves glue bonding of wood (Aydın 2004).

Ideally, wood should be knife-planed or sanded within 24h of adhesive spreading. Properly planed flat surfaces help ensure that a layer of adhesive of uniform thickness can be uniformly spread over the adherent (Vick 1999). Planed surface characteristics of solid wood is a function of machining quality, which is directly related to knife marks per cm and not by cutterhead speed alone (Davis 1962, Wengert and Lamb 1994). Sandmarks are also important parameters influencing the quality of the surface as a function of grit size and any variation from a certain expected degree of surface quality of wood will result in cost increase and waste of raw material (Mitchell and Lemaster 2002).

The aim of this study was to determine the influence of sanding with different grit sizes on the bonding strength and some mechanical properties of poplar and beech plywood.

OBJECTIVE

The aim of this study was to determine the influence of sanding with different grit sizes (80 and 180 grit size) on bonding strength and some mechanical properties of plywood obtained under laboratory conditions from rotary cut veneers of poplar (*Populus deltoides* I-77/51) and beech (*Fagus orientalis*).

METHOD, MATERIALS AND EQUIPMENT

Material and Method

Rotary cut veneer sheets of 50cm by 50cm and 2mm thickness were obtained from freshly cut (non-steamed) poplar (*Populus deltoides* I-77/51) and beech (*Fagus orientalis* – steamed at a temperature of 80°C for 20 hours) logs with diameter of 45cm. A rotary type peeler with a maximum horizontal holding capacity of 80cm was used for veneer manufacturing.

While the vertical opening was adjusted to 0.5mm, the horizontal opening between knife and nosebar was 85% of the veneer thickness in the peeling process. Veneer sheets obtained were divided after drying at 110°C into two groups. The surfaces of one veneer group were sanded with 80 grit size and those of the other one was sanded with 180 grit size. Test groups as shown in Table 1. After sanding (with a belt sander), veneer surfaces were wiped pneumatically to remove wood dust from the surface and obtain clean surfaces for surface analysis tests and adhesive application.

Tabelul 1 / Table 1

| Grupe de testare / Test Groups | |
|--|--|
| Plop / Poplar | Fag / Beech |
| A: Grup de control (fără șlefuire) / Control group (non-sanded) | B: Grup de control (fără șlefuire) / Control group (non-sanded) |
| A1: Șlefuite cu granulația 80 / Sanded with 80 grit size | B1: Șlefuite cu granulația 80 / Sanded with 80 grit size |
| A2: Șlefuite cu granulația 180 / Sanded with 180 grit size | B2: Șlefuite cu granulația 180 / Sanded with 180 grit size |

S-a produs placaj de 6mm grosime din 3 straturi, utilizând rășină fenol formaldehidică (PF cu 47% conținut solid), atât din furnirele de control cât și din cele șlefuite. Toate furnirele folosite în producerea placajului au fost uscate (până la umiditatea de 4-6%) în uscătorul de furnire. Au fost produse câte două replici pentru fiecare grup. Aproximativ 160g/m² de adeziv fenol formaldehidic a fost distribuit pe o singură față a furnirelor, prin utilizarea unei mașini de aplicat adeziv cu patru role. Timpul și temperatura de presare la producerea placajului în condiții de laborator au fost de 5min și 140°C, iar presiunea aplicată, după cum urmează: 8kg/cm² pentru plop și 12kg/cm² pentru fag.

Pentru măsurătorile de rugozitate s-a utilizat aparatul Mitutoyo SurfTest SJ-301. Pentru a evalua rugozitatea suprafețelor de furnir a fost măsurat parametrul Rz conform standardului DIN 4768 (1990). Înainte de efectuarea măsurătorilor de rugozitate, toate furnirele au fost condiționate la umiditatea de echilibru (aproximativ 6%), astfel încât umiditatea nu a putut perturba rezultatele măsurătorilor. Pentru măsurătorile de rugozitate s-au utilizat: lungimea de undă de prag de 2,5mm, lungimea de evaluare de 12,5mm și raza palpatorului de 5μm. Un număr de 30 de epruvete cu dimensiunile 50x50mm au fost folosite pentru fiecare grup de furnire pentru evaluarea rugozității suprafeței.

Pe lângă testele deja aplicate epruvetelor de furnir s-au efectuat și teste pentru determinarea rezistenței încleierii la forfecare și rezistenței la încovoiere pentru placajele produse din ambele grupe de furnire. Pentru evaluarea rezistenței încleierii la forfecare și rezistenței la încovoiere ale placajului s-au respectat normele impuse de EN 314-1 și EN 310. Au fost supuse evaluării câte 20 de epruvete pentru rezistența încleierii la forfecare și 15 epruvete pentru rezistența la încovoiere. Înainte de efectuarea testelor la forfecare, epruvetele obținute din placajul produs cu adezivul fenol formaldehidic PF, au fost imersate timp de 6 ore în apă la temperatura de fierbere, după care a urmat o răcire în apă la temperatura de 20±3°C timp de o oră, pentru scăderea temperaturii pieselor de testare la 20°C.

Plywood with three plies and 6mm thick was manufactured from both control and sanded veneers by using phenol formaldehyde (PF with 47% solid content) resin. All veneers used in plywood manufacturing were dried (up to approximately 4-6% moisture content) in a veneer dryer. Two replicate panels were manufactured for all test groups. Approximately 160g/m² PF was spread on single surfaces of veneers by using a four roller gluing machine. Hot press time and press temperature were 5min and 140°C, respectively, pressure was 8kg/cm² for poplar and 12kg/cm² for beech species when manufacturing plywood under laboratory conditions.

The Mitutoyo SurfTest SJ-301 instrument was employed for surface roughness measurements. The Rz parameter was measured to evaluate surface roughness of veneer surfaces according to DIN 4768 (1990). Rz is the arithmetic mean of the 10-point height of irregularities (DIN 4768). Before the surface roughness measurements, all veneer samples were conditioned to equilibrium moisture content (approximately 6%) so that the moisture content could not alter the results of measurements. Cut-off length was 2.5mm, sampling length was 12.5mm and detector tip radius was 5μm in the surface roughness measurements. Thirty veneer samples with 50mmx50mm size were used for each test group to evaluate surface roughness.

Besides the tests applied to veneer samples; bonding strength and bending strength tests were conducted for plywood manufactured from the non-sanded and sanded veneer groups. EN 314-1 and EN 310 norms were used to evaluate shear strength and bending strength of plywood panels, respectively. Twenty samples for shear strength and 15 samples for bending strength evaluation were used. Before the shear strength tests, samples obtained from the panels manufactured with PF glue were immersed for 6h in boiling water, followed by cooling in water at 20±3°C for 1h to decrease the temperature of test pieces to 20°C.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Rezistența încleierii la forfecare

Variațiile valorilor medii ale rezistenței încleierii la forfecare pentru placaj și ale rugozității suprafețelor de furnir în funcție de specia lemnoasă și granulație sunt prezentate în Fig.1.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Bonding Strength

Average values of bonding strength of plywood and surface roughness of veneers depending on wood species and grit size are shown in Fig. 1.

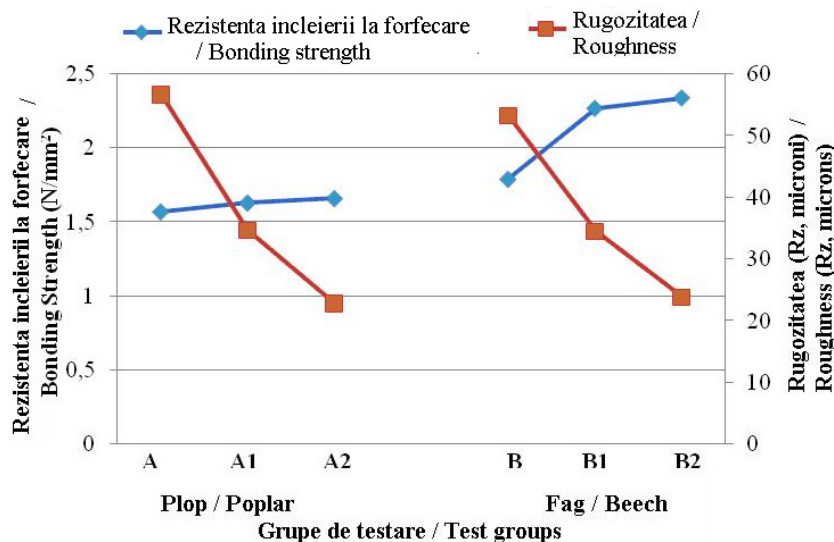


Fig. 1.

Efectul rugozității suprafeței asupra rezistenței încleierii la forfecare a placajului / The effect of surface roughness on bonding strength of plywood.

Așa cum se prezintă în Fig. 1, valorile rezistenței încleierii la forfecare ale placajului de fag sunt mai mari față de cele ale placajului de plop. Unul dintre motive ar fi greutatea specifică mai mare a lemnului de fag comparativ cu cel de plop. În acest studiu, valorile densității panourilor experimentale au fost de 0.69g/cm^3 pentru fag și 0.43g/cm^3 pentru plop. Valorile greutății specifice ale lemnului de fag (*Fagus orientalis*) și plop (*Populus deltoides* l-77/51) sunt stabilite la 0.68g/cm^3 (Bozkurt 1992), respectiv 0.372g/cm^3 (Örs ș.a. 2002). Din literatura de specialitate s-a concluzionat că rezistența lemnului la forfecare crește odată cu greutatea specifică (Chow și Chunsi 1979, Namara și Waters 1970). Valorile medii ale rezistenței la forfecare obținute pentru toate panourile au fost peste valoarea limită (1.0N/mm^2) indicată în standardul EN 314-2.

După cum prezintă Fig.1, rugozitatea suprafeței (Rz) a scăzut odată cu creșterea granulației. Aceasta este în perfect acord cu efectul granulației asupra rugozității, după cum abrazivul cu granulație fină conține particule abrazive de mici dimensiuni și produce suprafețe șlefuite foarte fin. (Gurau ș.a. 2007, Tan ș.a. 2012). Aceeași figură arată că valorile rezistenței încleierii la forfecare pentru placaj au crescut, în mod evident, odată cu scăderea rugozității suprafeței. Aceasta s-ar datora proprietăților îmbunătățite de umectare a suprafețelor de furnir odată cu procesul de șlefuire.

Se știe că cele mai mici unghiuri de contact,

As can be seen from Fig. 1, bonding strength values of beech plywood are higher than those of poplar plywood. One of the reasons for this can be the higher specific gravity value of beech wood compared to poplar wood. In this study, the density values of experimental panels were found as 0.69g/cm^3 for beech and 0.43g/cm^3 for poplar. Specific gravity values of beech (*Fagus orientalis*) and poplar (*Populus deltoides* l-77/51) wood were stated to be 0.68 (Bozkurt 1992) and 0.372g/cm^3 (Örs et al. 2002), respectively. It was concluded in the literature that the shear strength of wood increases with increasing specific gravity (Chow and Chunsi 1979, Namara and Waters 1970). Shear strength mean values obtained from the samples of all panels were above the limit value (1.0N/mm^2) indicated in EN 314-2 standard.

As seen in Fig.1, surface roughness (Rz) decreased with increasing the grit size. It is agreed on the effect of grit size on surface roughness as sandpaper with higher grit size contains finer abrasive thus produces finer sanded surfaces (Gurau et al. 2007, Tan et al. 2012). It's also seen from Fig.1, bonding strength values of plywood increased clearly with decreasing the surface roughness. This might be due to improved wettability of veneer surfaces with sanding process.

It was reported that the smaller contact angles (indicate good adhesion and improved wettability) were obtained after sanding of wood

care indică o bună adeziune și o umectare adecvată, s-au obținut în urma șlefuirii suprafețelor lemnoase (Shupe ș.a. 2001, Aydın 2004). Aydın (2004) a stabilit că valorile rezistențelor la forfecare, în cazul panourilor produse din furnire șlefuite, au fost mai mari decât cele ale panourilor obținute din furnire neșlefuite. Analiza de varianță multifactorială s-a aplicat pentru evaluarea statistică a modificărilor proprietăților mecanice și a rugozității suprafeței furnirelor în funcție de specia lemnoasă și granulație. Testul Student-Newman-Keuls, cu 95% interval de încredere, a fost utilizat pentru compararea valorilor medii ale surselor de varianță iar rezultatele evaluării statistice sunt prezentate în Tabelul 2. S-a stabilit că efectele speciei lemnoase și granulației asupra rezistenței înclieirii la forfecare au fost statistic semnificative la nivelul $\alpha = 0.05$.

surfaces (Shupe *et al.* 2001, Aydın 2004). Aydın (2004) stated that shear strength values of panels manufactured from sanded veneers were found to be higher than those of manufactured from non-sanded veneers. Multifactor analysis of variance was performed for statistical evaluation of the changes in mechanical properties and surface roughness of veneers depending on wood species and grit size. Student–Newman–Keuls test with 95% confidence level was used to compare the mean values of variance sources and the results for statistical evaluation were presented in Table 2. It was found the effects of wood species and grit number of sandpaper on bonding shear strength were statistically significant at the $\alpha = 0.05$ level.

Tabelul 2 / Table 2

**Rezultatele testului Student-Newman-Keuls la 95% interval de încredere /
Results of Student-Newman-Keuls test at 95% confidence level**

| Proprietăți / Properties | Factori / Factors | LS medie / LS Mean | Grupe omogene / Homogenous Groups |
|---|--------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Rezistența înclieirii la forfecare / Shear Strength | Specia lemnoasă / Wood Species | | |
| | Plop / Poplar | 1,63 | a |
| | Fag / Beech | 2,13 | b |
| | Granuație / Grit Size | | |
| | Control | 1,68 | a |
| | 80 grit | 1,96 | b |
| | 180 grit | 2,00 | b |
| Rezistența la încovoiere / Bending Strength | Specia lemnoasă / Wood Species | | |
| | Plop / Poplar | 95,65 | a |
| | Fag / Beech | 117,37 | b |
| | Granulație / Grit Size | | |
| | Control | 108,30 | a |
| | 80 grit | 108,49 | a |
| | 180 grit | 102,73 | a |
| Modulul de elasticitate / Modulus of Elasticity | Specia lemnoasă / Wood Species | | |
| | Plop / Poplar | 7933,39 | a |
| | Fag / Beech | 8093,22 | a |
| | Granulaie / Grit Size | | |
| | Control | 7688,63 | a |
| | 80 grit | 8212,89 | a |
| | 180 grit | 8138,40 | a |
| Rugozitatea suprafeței / Surface Roughness | Specia lemnoasă / Wood Species | | |
| | Plop / Poplar | 38,09 | a |
| | Fag / Beech | 37,19 | a |
| | Granulație / Grit Size | | |
| | Control | 55,03 | a |
| | 80 grit | 34,61 | b |
| | 180 grit | 23,27 | c |

*Literale sugerează o diferență semnificativă statistic / *Different letters denote a statistically significant difference

Rezistența și modulul de elasticitate la încovoiere

Efectul rugozității suprafeței asupra rezistenței la încovoiere și modulului de elasticitate ale placajului se prezintă în Fig. 2 și Fig. 3.

Bending Strength and Modulus of Elasticity

The effect of surface roughness on bending strength and modulus of elasticity of plywood panels is shown in Fig. 2 and Fig. 3, respectively.

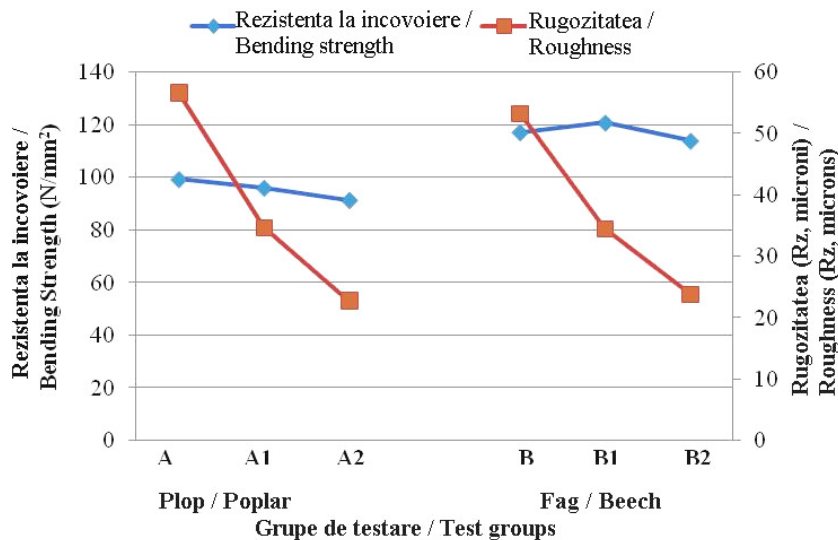


Fig. 2.

Efectul rugozității suprafeței asupra rezistenței la încovoiere a placajului / The effect of surface roughness on bending strength of plywood.

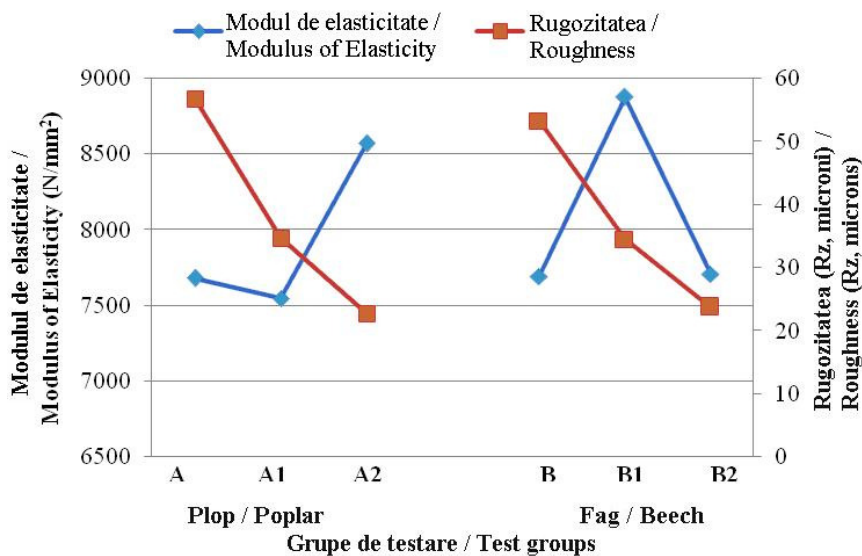


Fig. 3.

Efectul rugozității suprafeței asupra modulului de elasticitate la încovoiere al placajului / The effect of surface roughness on modulus of elasticity of plywood.

Conform Fig.2, valorile rezistenței la încovoiere pentru placajul de fag au fost mai mari decât cele obținute pentru placajul de plop. Diferența a fost sesizată pentru valorile medii ale rezistenței la încovoiere. Rezultatul testului ANOVA a dovedit că diferența între placajele produse din ambele specii lemnoase a fost semnificativă. Efectul speciei

According to Fig. 2, the bending strength values of beech plywood panels were higher than those obtained for poplar plywood. The difference was found among the mean values of bending strength. The result of ANOVA also proved that the difference between plywood manufactured from both wood species was significant. The effect of veneer

lemnnoase asupra rezistenței la înclieiere a fost semnificativ la nivelul $\alpha=0.05$. Motivul pentru care valorile rezistenței la încovoiere pentru placajul din furnire de fag, produs în condiții de laborator, au fost mai mari față de cele pentru placajul de plop, ar putea fi explicat prin rezistența mai mare a înclieierii la forfecare și a densității.

Din literatura de specialitate s-a stabilit despre calitatea înclieierii că este unul dintre cei mai influenți factori asupra rezistenței la încovoiere a placajului, dar și că înclieierea neadecvată a foilor de furnir la fabricarea placajului poate cauza exfolierea straturilor panoului, iar astfel de probe arată o valoare scăzută a rezistenței la încovoiere (Aydin și Demirkir 2010). Sensogut și alții (2009) au stabilit că valorile rezistenței la încovoiere pentru placajul de fag au fost mai mari decât cele ale placajului de plop.

Cu toate acestea, efectul granulației asupra rezistenței la încovoiere și modulului de elasticitate nu a fost semnificativ, așa după cum se prezintă în Tabelul 2. S-a arătat că nu a fost o diferență clară între speciile lemnoase în termenii modulului de elasticitate (Fig. 3), lucru dovedit și de analiza statistică (Tabelul 2). Valorile medii obținute pentru rezistența la încovoiere pentru placaj au fost mai mari decât valorile limită pentru placajul structural (40N/mm^2), indicate în standardul DIN EN 636 (2012).

CONCLUZII

Valorile rezistențelor înclieierii la forfecare și la încovoiere ale placajului produs din furnire șlefuite și neșlefuite au variat în funcție de specia lemnoasă și granulație. Valorile rezistenței înclieierii la forfecare ale placajului au crescut odată cu descreșterea valorilor rugozității suprafeței furnirelor, pentru ambele specii lemnoase. Nu a fost semnalată o diferență clară între speciile lemnoase în termenii modulului de elasticitate.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- Aguilera A, Vega M, Meausoone PJ (2007) Effects of grain angle on the amplitudes of acoustic emission and surface roughness in wood machining. *Wood Sci Technol* (41):373–381.
- Aydin I (2004) Activation of wood surfaces for glue bonds by mechanical pre-treatment and its effects on some properties of veneer surfaces and plywood panels. *Applied Surface Science* (233):268–274.
- Aydin I, Colakoglu G (2005) Effects of surface inactivation, high temperature drying and preservative treatment on surface roughness and colour of alder and beech wood. *Applied Surface Science* (252):430–440.
- Aydin I, Demirkir C (2010) Activation of Spruce Wood Surfaces by Plasma Treatment After Long Terms of Natural Surface Inactivation. *Plasma Chemistry and Plasma Processing* (30):697–706.
- Bozkurt AY (1992) *Wood Anatomy*. Faculty of Forestry, Istanbul University, Pub. no. 415, Istanbul, Turkey.
- Chow S, Chunsi KS (1979) Adhesion strength and wood failure relationship in wood-glue bonds. *MokuzaiGakkaishi* 25(2):125–31.
- Davis EM (1962) *Machining and related characteristics of United States hardwoods*. Washington, DC, Technical bull. no. 1267. USDA, pp. 68.

wood species on bending strength was significant at the $\alpha=0.05$ level. The reason why the bending strength values of plywood manufactured under laboratory conditions from beech veneers was higher than those of poplar panels could be explained that having higher bonding strength and their higher density.

It was stated in the literature that the gluing quality is one of the most effective factors on bending strength of plywood and improper gluing of veneer sheets in plywood manufacturing can cause the delamination of layers of plywood panels and such samples exhibit a low bending strength value (Aydin and Demirkir 2010). Sensogut *et al.* (2009) found from their study that bending strength values of beech plywood were higher than those of poplar plywood.

However, the effect of grit number of sandpaper on the bending strength and modulus of elasticity investigated was not significant as shown in Table 2. It was shown there was no clear difference between wood species in terms of modulus of elasticity in Fig. 3 that was also proved by statistical analysis (Table 2). It was found that the mean values obtained for bending strength of plywood panels were higher than the limit values for structural purpose plywood panels (40N/mm^2) indicated in DIN EN 636 (2012).

CONCLUSIONS

Bonding and bending strength values of plywood manufactured from sanded and non-sanded veneers varied depending on wood species and grit size. Bonding strength values of plywood increased with decreasing surface roughness values of veneers of both two wood species. No clear difference between wood species in terms of modulus of elasticity was found.

DIN EN 636 (2012). Plywood - Specifications; German version.

Dunky M, Niemz P (2002) Holzwerkstoffe und Leime - Technologie und Einflussfaktoren, Springer Verlag Berlin.

EN 314-2 (1996). Plywood; Bonding Quality, Part 2, Requirements, CEN, Brüssel.

Follrich J, Vay O, Veigel S, Muller U (2010) Bond strength of end-grain joints and its dependence on surface roughness and adhesive spread. *J Wood Sci* (56):429–434.

Gurău L, Mansfield-Williams H (2007) Separation of processing roughness from anatomical irregularities and fuzziness to evaluate the effect of grit size on sanded European oak. *Forest Prod J* 57(1/2):110–115.

Habenicht G (2002) Kleben – Grundlagen, Technologien, Anwendungen. 4. Aufl. age. Springer, Berlin.

Irle M, Barbu MC, Reh R (2013) Chapter 10 "Wood composites", Chapter 1 in "Handbook for Wood Chemistry and Wood Composites" by Roger Rowell. The 2nd Edition. CRC Press Taylor and Francis Group.

Kilik M, Hiziroglu S, Burdulu E (2006) Effect of machining on surface roughness of wood. *Building and Environment* (41):1074–1078.

Marra AA (1992) Technology of wood bonding – principles in practice. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 231–232.

Mitchell P, Lemaster R (2002) Investigation of machine parameters on the surface quality in routing soft maple. *Forest Products Journal* 52(6):85–90.

Namara US, Waters O (1970) Comparison of the rate of glueline strength development for oak and maple. *Forest Product Journal* 20(3):34–5.

Neese JL, Reeb JE, Funck JW (2004) Relating traditional surface roughness measures to glue-bond quality in plywood, *Forest Prod. J.* 54(1):67–73.

Ors Y, Colakoglu G, Aydin I, Colak S (2002) Comparison of Some Technical Properties of Plywood Produced From Beech, Okoume and Poplar Rotary Cut Veneers in Different Combinations. *Journal of Polytechnic* 5(3):257-265.

Sensogut C, Ozalp G, Yesil H (2009) The effect of borax pentahydrate addition to urea formaldehyde on the mechanical characteristics and free formaldehyde content of plywood. *International Journal of Adhesion & Adhesives* (29):589–592.

Shupe TF, Hse CY, Wang WH (2001) An investigation of selected factors that influence hardwood wettability. *Holzforschung* (55):541–548.

Tan PL, Sharif S, Sudin I (2012) Roughness Models for sanded wood surfaces. *Wood Sci. Technol.* (46):129-142.

Vick CB (1999) Adhesive bonding of wood materials. In: *Wood handbook – wood as an engineering material*. US Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Madison, WI.

Wengert EM, Lamb FM (1994) A handbook for improving quality and efficiency in rough mill operations. Princeton, WV: R.C. Byrd Hardwood Technology Center pp. 107.