

# Lijepljenje bukovine i jelovine aktiviranjem površine sljubnica natrij-hidroksidom uz primjenu punila na bazi lignina\*

**BONDING OF BEECH AND FIR WOOD BY ACTIVATING THE JOINT SURFACE WITH  
NATRIUM HYDROXIDE APPLYING THE LIGNIN BASED FILLERS**

Mr **Andrija Bogner**,  
Dipl. ing. **Hrvoje Turkulin**,  
Doc. dr. **Vladimir Sertić**,  
Prof. dr **Boris Ljuljka**,  
Sumarski fakultet Zagreb

UDK 630\* 824.8

Izvorni znanstveni rad

## Sažetak

U radu je istražen nov način lijepljenja bukovine i jelovine aktiviranjem autohezijskih sila u drvu natrij-hidroksidom uz primjenu četiri različita sredstva za zapunjavanje zazora u sljubnici na bazi lignina. Uzorci su pokazali dobre početne čvrstoće, a neki jelovi uzorci i dobru vodootpornost, koja je bila bolja od vodootpornosti jelovih uzoraka slijepljenih resorcin-fenol-formaldehidnim ljepljivom. U radu su istraženi i različiti parametri prešanja.

**Ključne riječi:** aktiviranje površine drva natrij-hidroksidom — punilo na bazi lignina — lijepljenje masivne bukovine i jelovine

## Summary

This study investigates a new method of bonding beech and fir specimens by activation of autohesive forces in wood with sodium hydroxide applying four different filler types for gaps in joints based on lignin. The samples show good initial strength and some fir specimens also good water resistance which has been better than water resistance of fir specimens bonded with resorcinol-phenol-formaldehyde based resin. This study comprises also examination of various parameters of pressing.

**Key words:** activation of wood surface with sodium hydroxide — lignin based filler — bonding of solid beech and fir

Budućnost boljeg i kompleksnijeg iskorišćenja drva, između ostalog, sigurno leži i u različitim tehnikama lijepljenja. Lijepljenjem je moguće iz lošije sirovine proizvesti obratke dobrih fizičkih, mehaničkih i estetskih svojstava, uz istovremeno povećanje iskorišćenja drvene mase. Ova dobro poznata činjenica bila je izazov mnogim istraživačima u pronalaženju novih metoda i tehnika lijepljenja drva. Do danas je razvijen velik broj metoda i tehnika, no unatoč tome i dalje se provode istraživanja na tom području. Istraživanja na području lijepljenja drva aktiviranjem autohezijskih sila u samom drvu nisu novijeg datuma, ali su, nakon pojave sintetskih ljepljiva, istraživanja na tom području zamrla. Zbog velike potrošnje sintetskih ljepljiva u drvnoj industriji i stalnog porasta njihovih cijena, ova su istraživanja ponovno dobila na značenju [3].

Gotovo svi istraživači pored aktiviranja površine drva koriste se i različitim sredstvima za zapunjavanje zazora u sljubnici, jer se tako može ostvariti prisniji kontakt. Poželjno je da sredstvo za zapunjavanje sljubnice bude proizvod neke ob-

novljive sirovine i da bude jeftino. Ovim uvjetima idealno odgovaraju neki nusprodukti kemijske prerade drva, kao što je npr. lignin, crni lug, tanini i dr. [6], [7] i [11].

Već 1945. godine objavio je *Linsel* članak o proizvodnji vlaknatica primjenom autohezijske, a 1953. godine *Emerson* je objavio članak o aktiviranju površine drva nitratnom kiselinom ( $\text{HNO}_3$ ) a zazoru u sljubnici zapunjavao je furfuralom, ureom ili ligninom. Neka istraživanja pokazuju da se s nitratnom kiselinom mogu ostvariti vrlo jake autohezijske veze, ali spojevi nisu u dovoljnoj mjeri vodootporni. Mehanizam aktivizacije površine drva nitratnom kiselinom pruža slijedeće zaključke [9], [10]:

a) oksidacija površine drva i primarno stvaranje karboksilnih grupa jedan je od najvažnijih aspekata aktiviranja površine drva za lijepljenje,

b) nitracija drva sastavni je dio aktivacijskog procesa, a nitro-spojevi su vrlo važni za lijepljenje,

c) u procesu aktivacije nitratnom kiselinom razlikuju se dva stadija:

1. Lignin je primarno oksidiran, nitriran i hidroliziran, a ksilani u velikoj mjeri hidrolizirani, već pri sobnoj temperaturi.

\* Rad je rađen u Zavodu za istraživanja u drvnoj industriji Sumarskog fakulteta u Zagrebu, kao dio zadatka 1.6. »Istraživanje tehnologije i kvalitete finalnih proizvoda iz bukovine kod primjene lijepljenja po debljini, širini i dužini«.

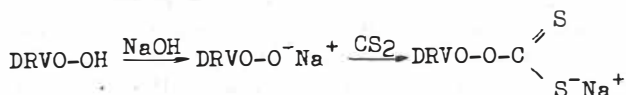
2. Polisaharidi se dalje oksidiraju i hidroliziraju, a moguća je i neka dodatna modifikacija lignina pri povišenoj temperaturi (100<sup>0</sup> C). Cijela površina je nabubrila i plastificirana, te je na taj način pripremljena za lijepljenje, uz primjenu nekog sredstva za zapunjavanje zazora u sljubnici, te pritiska i temperature u procesu lijepljenja.

Za istraživanje navedenih mehanizama aktiviranja površine drva primijenjene su vrlo složene analitičke metode, kao što su infracrvena i ultravioletna spektrometrija [9] ili elektronska spektroskopija za kemijske analize [10]. Na osnovi ovih analiza utvrđeno je da površina javorovine, tretirana nitratnom kiselinom, sadrži oko 41% karbonskih i 24% karbonilnih grupa, koje su važne za autohezijsku. Netretirana površina drva sadržavala je svega oko 7% karbonilnih grupa.

Istraživanja površine drva, tretirane nitratnom kiselinom pomoću elektronskog mikroskopa [8], pokazala su da se na površini drva zbivaju velike promjene. Površinski sloj stanica do dubine 20 — 50 stanica potpuno je uništen i drvo je dobilo tamnu boju. Stanice su odvojene od središnje lamele ili je primarna stijenka stanice odvojena, što navodi na zaključak da je lignin primarno razgrađen. Postoji razlika u razgradnji i bubrenju ranog i kasnog drva, jer kasno drvo jače bubri, pa se na površini stvaraju nabori koji imaju negativno djelovanje na lijepljenje.

U literaturi se također spominje problem prodiranja nitratne kiseline s površine u unutrašnjost drva, što ima kao posljedicu slabljenje mehaničkih svojstava sloja drva koji se nalazi u neposrednoj blizini sljubnice, pa se zbog toga može oslabiti i sam spoj [2].

U istraživanju [11] se pokušalo lijepiti drvo uz pomoć ksantogeniranja površina sljubnica. Taj proces teče po slijedećoj reakciji:



Iz navedene reakcije vidljivo je da se drvo prvo tretira natrij-hidroksidom, pa se na taj način stvara alkalna celuloza. Tako aktivirana površina drva tretira se tekućim ugljičnim disulfidom pod pritiskom. Ova reakcija primjenjuje se i pri proizvodnji viskoze koja služi kao sirovina za proizvodnju umjetnih vlakana i celofana. U pokušaju lijepljenja drva na ranije opisan način, dobiveni su spojevi dobre početne čvrstoće, ali manje vodootpornosti i trajnosti.

Da bi se navedeni nedostaci otklonili, pokušalo se nakon ksantogeniranja površinu tretirati cink- ili željezo (III)-kloridom. Na taj način željelo se postići ukrućivanje poprečnih veza molekula celuloze. Cink-klorid je pokazao nešto bolje rezultate, ali trajnost i vodotpornost spojeva nije se bitno povećala.

U istom radu [11] aktiviranje površine drva pokušalo se provesti i natrij-hidroksidom, te su površine slijepljene uz primjenu pritiska i temperature, ali bez korišćenja sredstvom za zapunjavanje zazora u sljubnici. I na ovaj način dobivena je dobra početna čvrstoća spoja s malom vodootpornošću. Slabu vodootpornost ovako dobivenog spoja autori objašnjavaju činjenicom da natrij-hidroksid cijepa i neke vodikove veze u celulozi. U toku procesa prešanja, u kojem se primjenjuje i visoka temperatura, drvo se opet veže vodikovim vezama kada voda evaporira. S obzirom da su vodikove veze neotporne na vodu, spojevi imaju malenu vodootpornost. Ovaj problem riješen je tako da je, pored natrij-hidroksida, upotrijebljeno i sredstvo za zapunjavanje zazora u sljubnici, koje je bilo pripremljeno pomoću lignina i formalina.

U radu [11] je detaljno opisan mehanizam aktivacije površine drva vodenom otopinom natrij-hidroksida (NaOH).

Prvi efekt kojim NaOH djeluje na površinu drva jest poboljšanje kvašenja, jer vodena otopina NaOH smanjuje površinsku napetost, pa se time ujedno ostvaruje bolji kontakt sredstva za zapunjavanje zazora u sljubnici s površinom drva. Nadalje su s površine drva uklonjene ekstraktivne tvari koje bi mogle smetati u procesu lijepljenja. Drugi važan efekt su promjene u submikroskopskoj strukturi drva. Tretiranjem drva s 5—10%-tnom vodenom otopinom NaOH povećavaju se dimenzije submikroskopskih kapilara, a s tim u vezi unutrašnja površina drva doseže 350 — 400 m<sup>2</sup>/g, što znatno povećava površinu lijepljenja. Vodena otopina NaOH plastificira drvo, što omogućuje bolji kontakt među sljubnicama. U vezi s opisanim promjenama u submikroskopskoj građi drva, na površini drva ostaje nabubrena alkalna celuloza, dok su lignin i ekstraktivne tvari razgrađene. Na taj način stvorena je vrlo reaktivna površina pogodna za lijepljenje.

## CILJ ISTRAŽIVANJA

Radi boljeg i racionalnijeg korišćenja drvnom masom, potrebno je istraživati nove tehnološke procese lijepljenja, koji bi omogućili nove i racionalnije procese prerade drva.

U finalnoj obradi drva povećava se udio lijepljenih elemenata i poluproizvoda zbog sve većeg pada kvalitete piljene građe, što je također jedan od razloga istraživanja novih tehnika lijepljenja, koje će se koristiti kvalitetnim i jeftinim ljepilima proizvedenim iz obnovljivih sirovina. Cijene sintetskih ljepila u stalnom su porastu, jer je njihova proizvodnja uglavnom vezana uz petrokemijsku industriju. Osim toga, drvna industrija troši velike količine umjetnih smola, pa u svijetu postoji bojazan od nestašice sintetskih ljepila na tržištu. Za ilustraciju se može navesti podatak da drvna industrija SAD troši 40% umjetnih smola od ukupno proizvedene količine u toj zemlji.

Imajući u vidu ranije navedene činjenice, provedeno je istraživanje mogućnosti lijepljenja naših domaćih vrsta drva aktivacijom autoheziivnih sila u drvu i ispitana je čvrstoća i vodootpornost tih spojeva, što je i bio cilj ovog istraživanja.

Poželjno bi bilo nastaviti ova istraživanja, a ovu metodu lijepljenja prilagoditi za primjenu u praksi, te na osnovi nje razviti nove tehnologije, kako bi se mogle iskoristiti prednosti koje ona sigurno pruža.

#### MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja su provedena na bukovini i jelovini. Od navedenih vrsta drva izrađene su pločice poluradijalne teksture i dimenzije 100 x 100 x 10 mm. Pločice su držane u eksikatoru iznad prezasićene otopine soli  $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ , kako bi se sadržaj vode u pločicama mogao ujednačiti na 8%. Sadržaj vode u pločicama kontroliran je električnim vlagomjerom RIZ-HGR-20, a relativna vlaga zraka u eksikatoru psihrometrom. Kao sredstvom za aktiviranje površine drva koristili smo se 3M vodenom otopinom NaOH.

Da bi aktivirane funkcionalne grupe drvnih polimera mogle međusobno reagirati, potrebno je da sljubnice dođu u što prisniji kontakt. To se može postići ili uz primjenu vrlo visokih pritisaka ili upotrebom nekog visokopolimernog materijala za zapunjavanje zazora u sljubnici. Taj materijal mora omogućiti međusobno povezivanje funkcionalnih grupa drvnih polimera preko svojih funkcionalnih grupa, kako bi se u procesu moglo koristiti manjim pritisacima i time omogućio ekonomičniji postupak.

U ovom istraživanju primijenjena su četiri različita sredstva za zapunjavanje zazora u sljubnici, no u svakom je sredstvu aktivna tvar bila lignin. U procesima proizvodnje celuloze godišnje se u svijetu proizvede oko 50 milijuna tona lignina. Korišćenje ligninom može se podijeliti u četiri grupe:

- lignin kao ostatak u drvenjači, polucelulozi i nebijeljenoj celulozi;
- lignin kao gorivo;
- lignin kao polimer;
- lignin kao izvor nisko molekularnih kemikalija.

Lignin se danas još uvijek uglavnom upotrebljava kao gorivo. Iz ranije navedenih razloga, istraživanja na području korištenja ligninom široko su zastupljena, a ovim se istraživanjem također željelo pronaći novo upotrebno područje lignina i na taj način ga korisnije upotrijebiti [12].

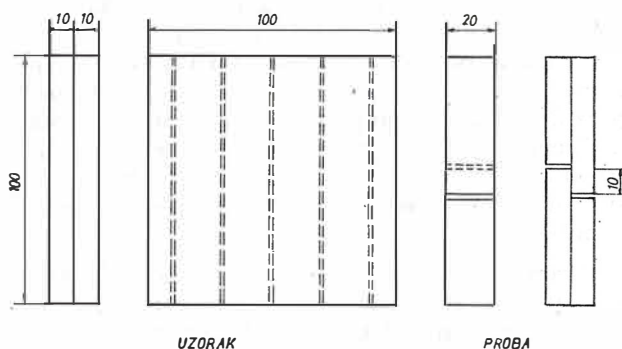
U ovom radu koristili smo se sredstvima za zapunjavanje zazora u sljubnici pripremljenim iz crnog luga na četiri različita načina:

1. Sredstvo za zapunjavanje bio je sulfatni crni lug gustoće 38° Bé (u daljem tekstu ima oznaku A);
2. Sredstvo za zapunjavanje pripremljeno iz crnog luga sušenog do konstantne mase i formalina (u daljem tekstu ima oznaku B);
3. Sredstvo za zapunjavanje pripremljeno iz luga i formalina zagrijavanjem na 80° C (u daljem tekstu ima oznaku C);
4. Sredstvo za zapunjavanje pripremljeno iz lignina koji je izdvojen iz luga i formalina (u daljem tekstu ima oznaku D).

U radu je primijenjeno i resorcin-fenol-formaldehidno ljepilo, pripremljeno s dodatkom 5% katalizatora. Ovo ljepilo rabljeno je za lijepljenje kontrolnih uzoraka (u daljem tekstu ima oznaku RF).

#### METODA RADA

Pošto je sadržaj vode uzoraka izjednačen, pristupilo se izradi proba. Od svake vrste drva (bukovina i jelovina) izrađena je po 35 uzoraka iz kojih su kasnije izrađene probe za ispitivanje čvrstoće na smik. Shema izrade proba iz uzoraka, te dimenzije i oblik probe prikazani su na slici 1. Iz polovine uzoraka izrađene su probe tri dana nakon lijepljenja, nakon čega je ispitana čvrstoća spoja na kidalici, dok je preostali dio uzoraka upotrijebljen za ispitivanje vodootpornosti.



Slika 1 — Shema izrade proba iz uzoraka s dimenzijama i oblikom proba za ispitivanje čvrstoće slijepjenog spoja na smik

Fig. 1 — Scheme of making tests from specimens with dimensions and tests shape for testing the glued joint on shear strength.

Uzorci su izrađeni na slijedeći način. Sredstvo za aktiviranje površine drva nanošeno je pomoću pipete u količini od 2 ml po svakoj sljubnici. Nakon nanošenja, sredstvo za aktivaciju ravnomjerno je razmazano po površini drva pomoću plastične lopatice. Nakon toga uzorci su odležali 30 min, kako bi sredstvo za aktivaciju moglo djelovati. Odmah po isteku tog vremena, naneseo je sredstvo za zapunjavanje zazora u sljubnici u količini od približno 2 g po svakoj sljubnici. Sredstvo je ravno-

## OZNAKE UZORAKA S PRIKAZOM ISTRAŽIVANIH UTJECAJNIH PARAMETARA

## INDICATIONS OF SPECIMENS WITH A SURVEY OF INVESTIGATED INFLUENCE PARAMETERS

Tablica I

Table I

Oznaka uzorka	Broj uzorka	Vrsta drva <sup>1</sup>	Aktiviranje površine	Zapunjavanje zazora sredstvom	RF <sup>2</sup> ljepilo	Parametri prešanja		
						t(°C) <sup>3</sup>	P <sub>s</sub> (MPa) <sup>4</sup>	(min) <sup>5</sup>
A	5	BU	+	A		150	2,0	30
B	5	BU	+	B		150	2,0	30
C	5	BU	+	C		150	2,0	30
D	5	BU	+	D		150	2,0	30
LA	5	BU	+	D		120	1,0	15
L	5	BU	—	D		120	1,0	15
RF	5	BU	—	—	+	120	1,0	15
A	5	JE	+	A		150	2,0	30
B	5	JE	+	B		150	2,0	30
C	5	JE	+	C		150	2,0	30
D	5	JE	+	D		150	2,0	30
LA	5	JE	+	D		120	1,0	15
L	5	JE	—	D		120	1,0	15
RF	5	JE	—	—	+	120	1,0	15

1 — BU ... bukovina; JE ... jelovina

2 — RF ... resorcion-fenol-formaldehidno ljepilo

3 — temperatura prešanja

4 — specifični pritisak

5 — vrijeme trajanja pritiska

mjerno razmazano po površini drva pomoću plastične lopatice, a nakon toga izvršeno je prešanje. Resorcin-fenolno ljepilo nanošeno je također u količini od 2 g po sljubnici. Kompletan prikaz svih utjecajnih parametara dan je u tablici I.

Iz tablice I vidljivo je da su uzorci s oznakama A, B, C i D imali prethodno aktiviranu površinu sljubnica, zatim su bili tretirani s različitim sredstvima za zapunjavanje zazora u sljubnici, a nakon toga su prešani u hidrauličnoj vrućoj preši po istom režimu za sve uzorke. Režim prešanja uzet je iz literature, jer je poznato da se kod ove tehnike lijepljenja dobre čvrstoće postižu jedino uz upotrebu nešto »oštrijeg« režima prešanja, koji je po svojim parametrima blizu režimima koji se koriste u praksi.

Uzorci s oznakom LA imali su aktiviranu površinu sljubnice, a uzorci s oznakom L nisu imali aktiviranu površinu sljubnica. Kod obje vrste uzoraka korišteno je isto sredstvo za zapunjavanje zazora u sljubnicama.

Uzorci s oznakom RF bili su slijepjeni resorcin-fenol-formaldehidnim ljepilom i služili su za komparaciju.

Tri dana nakon lijepljenja, iz polovine uzoraka izrađeno je po 10 proba, te im je odmah na kidalici ispitana čvrstoća na smik. Preostali uzorci su, u svrhu ispitivanja vodootpornosti, tri dana nakon lijepljenja tretirani potapanjem u vodi temperature 67<sup>0</sup> C, u trajanju od 3 sata, a zatim potapanjem u hladnoj vodi (20<sup>0</sup> C) u trajanju od 2 sata. Uzorci su zatim 24 sata sušeni na sobnoj klimi. Iz ovako tretiranih uzoraka izrađene su i ispitane probe na isti način kao i kod netretiranih uzoraka. Kidanje proba vršeno je na kidalici »WOLPERT« razvlačenjem proba.

## PRIKAZ SREDNJIH ČVRSTOĆA, RASIPANJA I NAJMANJA ZNAČAJNA RAZLIKA ZA POJEDINE UZORKE

Tablica II

## SURVEY OF MEDIUM STRENGTHS, SCATTERING AND THE SMALLEST SIGNIFICANT DIFFERENCE FOR INDIVIDUAL SPECIMENS

Table II

Oznaka uzorka	Srednja čvrstoća τ (MPa)	± 2σ	NZR*
BUKOVINA »SUHA« ČVRSTOĆA			
A	10,45	3,58	
B	9,10	3,38	
C	8,85	3,70	
D	5,29	5,10	
LA	3,06	5,54	
L	—	—	
RF	10,31	3,44	
BUKOVINA »MOKRA« ČVRSTOĆA 1,733			
A	0,56	0,94	
B	5,61	7,24	
C	6,03	4,50	
D	2,05	3,16	
LA	—	—	
L	—	—	
RF	11,73	4,06	
JELOVINA »SUHA« ČVRSTOĆA			
A	4,06	1,24	
B	3,88	1,44	
C	4,07	3,88	
D	4,93	2,52	
LA	2,73	1,94	
L	2,18	2,24	
RF	4,80	1,30	
JELOVINA »MOKRA« ČVRSTOĆA			
A	3,29	2,54	
B	2,04	2,94	
C	4,27	3,68	
D	5,13	3,40	
LA	1,26	0,88	
L	—	—	
RF	3,76	1,08	

\*NZR — najmanja značajna razlika

Sva istraživanja provedena su u laboratorijima Zavoda za istraživanja u drvnjoj industriji Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

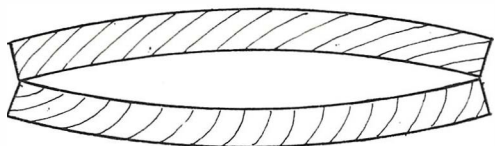
## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Nakon testiranja proba na kidalici izmjerena je površina loma i izračunate su čvrstoće. U tablici II dat je prikaz srednjih čvrstoća i rasipanja za svaku grupu uzoraka, a također i najmanja značajna razlika (NZR). Dakle, ako je razlika prosječnih vrijednosti čvrstoća veća od NZR, tada se može, uz vjerojatnost pogreške od 5%, tvrditi da je razlika između uspoređivanih srednjih vrijednosti značajna.

Izrađena je i analiza varijanci za uzorke od jelovine i bukovine. Analiza varijance pokazala je da se, uz vjerojatnost pogreške od 5%, može zaključiti da srednje vrijednosti čvrstoća ne potječu iz istog osnovnog skupa. To znači da su razlike u čvrstoći spojeva nastale kao rezultat djelovanja istraživanih parametara u procesima lijepljenja.

Srednja čvrstoća na smicanje masivne bukovine u smjeru vlakancu i kod sadržaja vode od 15% iznosi oko 8 MPa, a srednja »suha« čvrstoća bukovine lijepljene RF ljepilom u ovom istraživanju iznosila je 10,31 MPa, dok je srednja »mokra« čvrstoća iznosila 11,73 MPa. Kao što se vidi iz tablice II, »mokra« čvrstoća je nešto veća od »suhe«, ali ta razlika nije značajna, jer je manja od NZR. Ovo povećanje čvrstoće nakon tretiranja uzoraka vodom po ranije opisanom režimu može se objasniti smanjenjem unutarnjih naprezanja u uzorcima uslijed bubrenja. Ove tri vrijednosti čvrstoća mogu poslužiti za komparaciju sa čvrstoćama ostalih uzoraka.

Iz tablice II vidljivo je da su najveću »suhu« čvrstoću postigli uzorci iz bukovine s oznakom »A«. Ta čvrstoća je nešto veća od »suhe« čvrstoće uzoraka s oznakom »RF«, koji su uzeti za komparaciju, ali razlika nije značajna. Dobru čvrstoću pokazali su uzorci s oznakom »B«, dok su uzorci s oznakom »C« i »D« imali nešto manje čvrstoće. Uzorci s oznakom »LA« imali su najmanju čvrstoću, a uzorci s oznakom »L« razlijepili su se nekoliko dana nakon lijepljenja, jer je čvrstoća spoja bila manja od naprezanja koja su se razvila u toku procesa lijepljenja. Nakon razljepljivanja uzorci su poprimili oblik prikazan na slici 2.



Slika 2 — Oblik uzoraka »L« nakon razljepljivanja  
Fig. 2 — »L« shape of specimens after ungluing

Ovakav oblik uzoraka s oznakom »L« navodi na zaključak da je, uslijed visoke temperature, u procesu prešanja u uzorcima došlo do pojave skor-

jelosti. Uslijed toga razvila su se velika unutarnja naprezanja, a za ilustraciju veličine tih naprezanja može se navesti da je za priljublivanje sljubnica kod razljepljenih uzoraka bila potrebna sila od približno 70 daN.

Uzorci od bukovine pokazali su slabu vodootpornost jer je, kao što se vidi iz tablice II, došlo do znatnog smanjenja čvrstoća. Najveću vodootpornost pokazali su uzorci s oznakom »C«, iako je i kod njih došlo do smanjenja čvrstoće za približno 40%. Uzorci s oznakom »LA« razlijepili su se već u toku tretmana vodom.

Ni na jednom od uzoraka nije primijećena neka bitnija promjena nakon procesa prešanja koja je mogla biti izazvana nešto oštrijim režimom. Srednja čvrstoća na smicanje masivne jelovine u smjeru vlakancu i kod sadržaja vode od 15% iznosi oko 5 MPa, a srednja »suha« čvrstoća jelovine lijepljene RF ljepilom u ovom istraživanju iznosi 4,80 MPa, dok je »mokra« čvrstoća za isto ljepilo nešto manja, ali ta razlika nije značajna. Kao što je vidljivo iz tablice II, najveću »suhu« čvrstoću postigli su uzorci s oznakom »D«, no i ostali uzorci, osim uzoraka s oznakama »L« i »LA«, postigli su dobre »suhe« čvrstoće. Nakon tretiranja vodom, kod uzoraka s oznakom »C« i »D« došlo je do smanjenja čvrstoće spoja. Uzorci s oznakama »L« razlijepili su se u toku tretiranja s vodom.

Nakon procesa lijepljenja primijećeno je na uzorcima s oznakom »A«, »B«, »C« i »D« neznatno smanjenje debljine radi primjene visoke temperature i pritiska.

## ZAKLJUČAK

Istraživanje je pokazalo da se bukovina i jelovina mogu dobro lijepiti aktiviranjem površina sljubnica natrijhidroksidom i primjenom različitih sredstava na bazi lignina za zapunjavanje zazora u sljubnici. Kod bukovine su postignute dobre »suhe« čvrstoće, ali je vodootpornost nešto manja. Kod jelovine su postignute dobre »suhe« čvrstoće, a postignuta je i dobra vodootpornost. Uzorci od jelovine s oznakom »C« i »D« pokazali su veću čvrstoću na smik od uzoraka »RF« koji su bili lijepljeni resorcin-fenolnim ljepilom, dok je kod uzoraka »D« ta razlika značajna. Veća vodootpornost jelovih uzoraka bit će također tema daljih istraživanja.

Iz rezultata istraživanja također je vidljivo da su uzorci kod kojih je sredstvo za zapunjavanje zazora u sljubnici pripremljeno s formalinom pokazali veću vodootpornost. Za čvrstoću spoja važna je i aktivacija površine s NaOH, što se vidi po rezultatima čvrstoća uzoraka »L« kod kojih nije vršeno aktiviranje površine.

Istraživane metode lijepljenja zahtijevaju nešto oštrije režime lijepljenja, što dokazuju razlike u čvrstoći između uzoraka »D« i »LA«. Kod ovih uzoraka korišteno je isto sredstvo za aktiviranje

površine i za zapunjavanje zazora u sljubnici, ali je režim prešanja kod »LA« uzoraka bio blaži.

Dalja istraživanja ove problematike usmjerit će se na optimizaciju prikazanih i razvoj novih sredstava i metoda za nekonvencionalno lijepljenje drva, te na razradu industrijskog načina primjene opisanih tehnika lijepljenja.

#### LITERATURA

- [1] Adler, E.: Lignin Chemistry — Past, Present and Future Wood Science and Technology (3) 169—250, 1977.
- [2] Christiansen, Alfred, W.: A search for nondestructive acid Catalyst for wood bonding Forest Products Journal, Vol. 35, No 9, 1985
- [3] Erickson, John, R.: The Role of Adhesives in the Improved Use of our Timber Resources J. Adhesion, 1985, vol. 18 p. p. 273—280.
- [4] John, William, E., June-Kee, Woo: Surface Treatments For High-Density Fiberboard Forest Products Journal, May 1978., Vol. 27 No. 2
- [5] Johns, William, E., Tihn Nguyen: Peroxy-acetic Acid Bonding of Wood Forest Product Journal Vol. 27 No. 1, 1977.
- [6] Kelley, S. S. Young, R. A., Rammon, R., ., Gillespie, R. H.: Bond formation by wood surface reactions: Part III — Parameters affecting the bond strength of solid wood panels. Forest Products Journal Vol. 33, No. 2, 1983.
- [7] Kelley, S. S., Young, R. A., Rammon, R. M., Gillespie, R. H.: Bond formation by wood surface reactions: Part IV — Analysis of furfuryl, alcohol, tannin and maleic acid bridging agents Journal of Wood Chemistry and Technology 2 (3), 317—342 (1982)
- [8] Murmanis, L.: Microscopy of Acid — Activated Bonding in Wood Wood and Fiber Science, 15 (3), 1983.
- [9] Rammon, R. M., Kelley, S. S., Young, R. A., Gillespie, R. H.: Bond Formation by Wood Surface Reactions: Part II Chemical Mechanisms of Nitric Acid Activation J. Adhesion, 1982 Vol. 14, p.p. 257—282
- [10] Raymond, A., Young, R. A., Rammon, R. M., Kelly, S. S., Gillespie, R. H.: Bond Formation by Wood Surface Reactions: Part I — Surface Analysis by ESCA Wood Science Vol. 14, No. 3, 1982.
- [11] Young, R. A., Fujita, M., River, B. H.: New approaches to wood bonding. A base-activated lignin adhesive system Wood Sci. Technol. 19, 363—381 (1985)
- [12] Sertić, V.: Integralno korišćenje drvne sirovine BILTEN ZIDI br. 6, Zagreb 1985.

Recenzirao: prof. dr Ivan Opačić