

Neke mogućnosti proizvodnje vatrootpornih furnirskih ploča*

SOME POSSIBILITIES OF MANUFACTURING FIREPROOF PLYWOOD

Mr Stjepan PETROVIĆ, dipl. ing.
Josip KLEKAR, dipl. ing.
Institut za drvo Zagreb

UDK 630*832.282:630*843

Prispjelo: 15. veljače 1986.
Prihvaćeno: 10. ožujka 1986.

Izvorni znanstveni rad

S a ž e t a k

U radu je istražena mogućnost povećanja strukturne zaštite furnirskih ploča na djelovanje vatre, uz nastojanje da to istovremeno ne utječe u znatnijoj mjeri na smanjivanje čvrstoće u lijepljenom spoju. Istražen je utjecaj vrste zaštitnog sredstva i uvjeta impregnacije na stupanj vatrootpornosti i čvrstoću lijepljenja. Ispitivanje je provedeno u laboratorijskim uvjetima na troslojnim bukovim furnirskim pločama debljine 6 mm, koje su lijepljene s fenol-formaldehidnim ljepilom.

Ključne riječi: vatrootporna furnirska ploča — strukturna zaštita — fenolformaldehidno ljepilo

S u m m a r y

The paper presents results of investigations of a possibility of increasing structural protection of plywood on the fire trying at the same time not to make this affect considerably the type of protective and impregnation conditions on the degree of fireproofing and shear strength was investigated. The investigation was carried out in laboratory conditions on three-layered beech plywood, 6 mm thick and glued with phenol-formaldehyde glue.

Key words: fireproof plywood — structural protection — phenol-formaldehyde glue (M. V.)

1. UVOD

Unatoč pronalaska niza materijala koji u velikoj mjeri mogu zamijeniti drvo, potrebe za drvom i drvnim proizvodima su i danas u stalnom porastu. Tome su u prvom redu pridonijeli suvremeni tehnološki procesi, koji su omogućili proizvodnju niza novih materijala čija je osnovna komponenta drvo. Osim proširenja asortimana materijala i proizvoda, istraživanja u ovom radu omogućila su da se drvo i drvni proizvodi racionalnije koriste, kao i da im se poduži vijek trajanja u raznim područjima njihove upotrebe. Tim nastojanjima je u velikoj mjeri pridonio i razvoj kemijskih sredstava koje drvu kao organskom materijalu mogu poboljšati svojstva i na taj način produžiti vijek trajanja, te proširiti područje upotrebe.

Jedno od važnih svojstava drva, koje mu u određenoj mjeri ograničava područje upotrebe, je svojstvo gorenja. Stoga su mnoga istraživanja do sada bila usmjerena na to kako smanjiti opasnost od zapaljenja drva i proizvoda na bazi drva, odnosno kako povećati njihovu vatrootpornost.

U osnovi to se može postići površinskom zaštitom i tzv. strukturnom zaštitom. Prvi način je

univerzalniji i može se primijeniti u gotovo svim slučajevima, dok je drugi interesantniji u proizvodnji kompozitnih materijala (furnirske ploče, iverice, vlaknate), jer pretpostavlja mogućnost doziranja zaštitnog sredstva u određenoj fazi tehnološkog procesa. Na taj se način može osigurati prisustvo zaštitnog sredstva u strukturi gotovog proizvoda, što, za pretpostaviti je, može donijeti željeni efekat zaštite, a da se pritom bitno ne mijenja vanjski izgled proizvoda.

Rukovodeći se time i potrebom proširenja asortimana furnirskih ploča poduzeto je ovo istraživanje s ciljem da se ispituju mogućnosti proizvodnje strukturno zaštićenih furnirskih ploča otpornih na djelovanje vatre.

2.0. MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJE

Za izradu laboratorijskih furnirskih ploča upotrijebljeni su ovi materijali: bukov ljuštenu furnir, protupožarno zaštitno sredstvo i ljepilo.

2.1. Furnir

U svrhu proizvodnje upotrijebljen je bukov ljuštenu furnir debljine 2,0 mm i dimenzija 450 x 450 mm.

* Ovo istraživanje je financirano od strane SIZ-a IV. Materijal za istraživanje stavili su na raspolaganje firme Desowag-Bayer, Chromos — Zagreb i »Fl. Bobič« — Varaždin.

Furnir je prije upotrebe osušen na sadržaj vode od 6—8%. Izrada i sušenje furnira izvršeni su u pogonskim uvjetima RO »Florijan Bobić« — Varaždin. Kondicioniranje furnira na potrebni sadržaj vode izvršeno je u laboratoriju Instituta za drvo.

2.2 Protupožarno zaštitno sredstvo

Na osnovi prethodno izvršenog pilotskog ispitivanja za predmetno istraživanje izabran je »Basilit Dreifach KD« protupožarno zaštitno sredstvo tvrtke Desowag — Bayer i kombinacija trinatriumfosfata i boraksa, pripremljena u Institutu za drvo.

Basilit se isporučuje u obliku kristalno bijele soli, a upotrebljava se kao vodena otopina koncentracije do 12%. Brzo se otapa u hladnoj vodi, a nastala otopina je bezbojna i čista, bez naročito mirisa. Kombinacija trinatriumfosfata (Na_3PO_4) i boraksa ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) upotrijebljena je stoga jer je u fazi pilotskog ispitivanja pokazala vrlo dobre rezultate.

2.3 Ljepilo

Kao vezno sredstvo u ovom istraživanju upotrijebljeno je standardno fenol-formaldehidno ljepilo »FENOFIX-200« i odgovarajući katalizator, proizvodnje Chromos — Zagreb.

3.0. PLAN POKUSA

Istraživanje je provedeno prema planu pokusa u tablici 1.

OSNOVNI PLAN POKUSA

Tablica I

Utjecajni faktori	Oznaka faktora	Nivo djelovanja faktora	Oznaka nivoa
Vatrootporno zaštitno sredstvo	A	nezaštićeno	A ₁
		basilit	A ₂
		trinatrijfosfat + boraks	A ₃
Modifikacija ljepila	B	Fenofix 200	B ₁
		Fenofix 200 + trinatrijfosfat s boraksom	B ₂
Vlaga furnira u vrijeme impregnacije	C	impregnacija suhog furnira	C ₁
		impregnacija vlažnog furnira	C ₂

Ovim planom pokusa željelo se ispitati efekt strukturne zaštite ploča u slučaju impregnacije Basilitom (A₂), te mješavinom trinatrijfosfata i boraksa (A₃), u odnosu na nezaštićeni furnir (A₁). U cilju povećanja stupnja vatrootpornosti, pretpostavilo se da dodatak zaštitnog sredstva u ljepilo može pripomoći općem povećanju stupnja vatrozaštite.

Nadalje, uz pretpostavku bolje impregnacije vlažnog furnira (C₂) u odnosu na suhi (C₁), željelo se provjeriti stupanj zaštite i eventualnu mogućnost uštede energije, jer bi se furnir sušio

samo nakon impregnacije. Osnovni plan pokusa obuhvatio je 10 kombinacija utjecajnih faktora.

4.0. METODOLOGIJA RADA

4.1. Izrada ploča

4.1.1 Priprema i impregnacija furnira

Za izradu troslojnih laboratorijskih furnirskih ploča furnir je pripremljen u RO »Mundus - Florijan Bobić« — Varaždin. Priprema je obuhvatila izradu i sušenje furnira. U skladu s postavljenim planom pokusa polovina uzoraka furnira (30 kom formata 450 x 450 mm i debljine 2 mm) odabrana je iza ljuštalice (vlažan furnir) a druga polovina iza sušare (suhi furnir). Vlaga furnira iza ljuštenja iznosila je oko 50%, a usušenog 12—14%. Furniri su radi održavanja početnog stanja izolirani u najlonskim vrećama.

Pripremljeni furniri su impregnirani 12%-tnom otopinom basilita i 12%-tnom otopinom trinatrijfosfata + boraks u odgovarajućim kadama, u trajanju od 24 sata. Radi utvrđivanja količine upijenog konzervansa furniri su prije i nakon impregnacije vagani, a potom u pogonskim uvjetima osušeni na potrebni nivo vlage.

4.1.2. Izrada laboratorijskih ploča

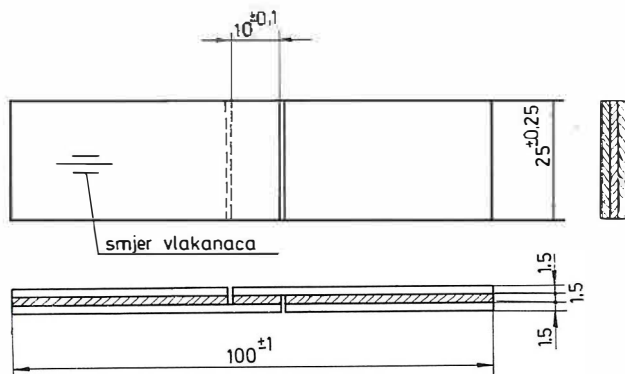
Za potrebe ispitivanja od pripremljenih furnira i ljepila izrađene su troslojne ploče pri slijedećim tehnološkim uvjetima:

— debljina furnira	2 mm
— format ploče	450 x 450 mm
— temperatura prešanja	145 ⁰ C
— pritisak	25 N/mm ²
— nanos ljepila	180 g/m ²
— vrijeme prešanja	8 minuta

Prešanje pripremljenih paketa izvršeno je u dvoetažnoj hidrauličnoj preši. Nakon prešanja ploče su 72 sata kondicionirane u normalnoj klimi, a potom izrezane u epruvete za ispitivanje svojstava.

4.2. Metodologija ispitivanja

Kao mjerilo kvalitete proizvedenih ploča upotrijebljen je stupanj vatrootpornosti i čvrstoća na smicanje u sloju ljepila. Radi pojašnjenja rezultata ispitivanja čvrstoća na smicanje, kao pomoćno mjerilo upotrijebljena je mikroskopska snimka dubine penetracije ljepila.



Sl. 1. Epruveta za ispitivanje čvrstoće na smicanje (mm)
Fig. 1 — Sample for examining shear strength

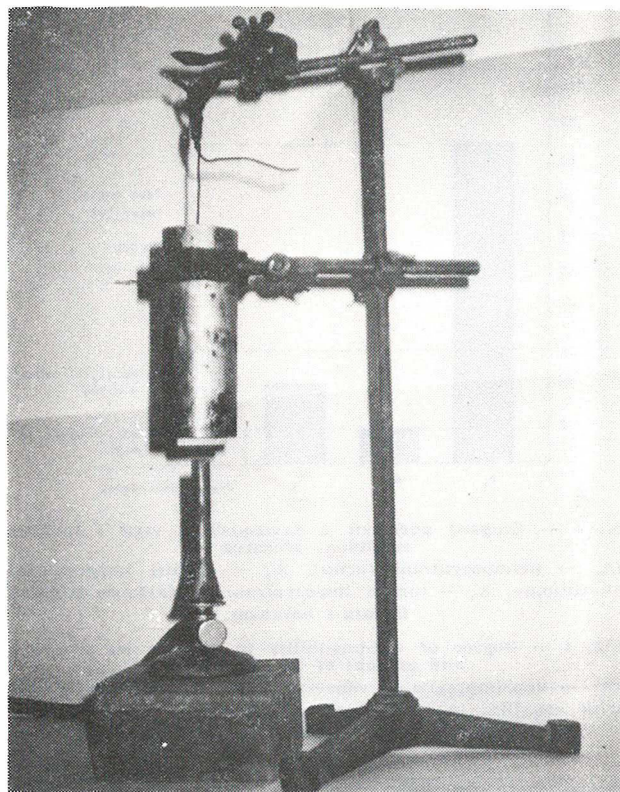
Za ispitivanje čvrstoće na smicanje od svake ploče (kombinacije) izrađeno je po 10 epruveta prema JUS-u D.A1.067 (sl. 1). Sila smicanja određena je na stroju 0. Wolpert, pri brzini djelovanja sile od 10 mm/min. Čvrstoća na smicanje određena je iz odnosa maksimalne sile i površine na uobičajeni način. Za svaku epruvetu registrirano je također učešće smicanja po drvu, odnosno ljepilu.

Ispitivanje vatrootpornosti provedeno je pomoću modificirane metode »ognjene cijevi«, prema sl. 2, (GOST-u 16363—76). Epruvete za ispitivanje vatrootpornosti pripremljene su prema sl. 3. Ispitivanje se sastoji u utrdivanju gubitka na masi zbog izgaranja, te opažanju ponašanja epruvete tijekom gorenja. Materijali koji nakon ispitivanja gube do 30% od svoje početne mase označavaju se kao teško gorivi materijali, a oni preko 30% lako gorivi materijali.

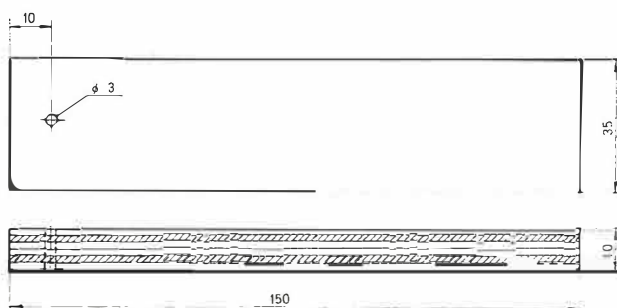
Ispitivanje dubine penetracije ljepila vršeno je na epruvetama iz nekoliko kombinacija (ploča) kako bi se bolje objasnila pojava kod lijepljenja. Postupak je obuhvatio pripremu epruveta, omekšavanje i izradu mikrotomskih preparata. Za izradu preparata upotrijebljen je mikrotomski nož, tip OM REICHERT. Priprema preparata za promatranje izvršena je na uobičajeni način. Karakteristični dijelovi mikrotomskih preparata su fotografirani na mikroskopu kod povećanja od 36 puta.

5.0. REZULTATI ISPITIVANJA

Analiza rezultata ispitivanja obuhvatila je stupanj gorivosti i čvrstoću na smicanje u sloju ljepila.



Sl. 2. Pribor za ispitivanje stupnja gorivosti po metodi »ognjene cijevi«
Fig. 2 — Equipment for testing the degree of combustibility after the method »fire pipes«

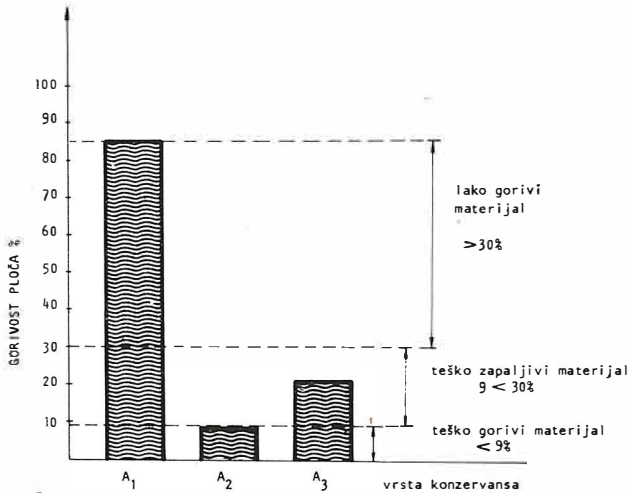


Sl. 3. Epruveta za ispitivanje stanja gorivosti (mm)
Fig. 3 — Sample for testing the degree of combustibility

5.1. Stupanj gorivosti

Dobiveni rezultati za pojedine kombinacije prikazani su u tablici II i sl. 4.

Iz rezultata u tablici II. i sl. 4. vidljivo je da najmanji stupanj gorivosti (gubitak mase oko 8%) pokazuju ploče kod kojih su furniri impregnirani zaštitnim sredstvom »basilit« (A_2). Na osnovi toga, a prema citiranom GOST-u, ove ploče se klasificiraju kao teško gorive. Nešto veći stupanj gorivosti pokazuju ploče kod kojih je furnir impregniran mješavinom trinatrijfosfata i boraksa (A_3), ali su rezultati još uvijek u području ispod 30% gubitka mase, tj. u području teško zapaljivih materijala. Epruvete iz neimpregniranih ploča (A_1) pokazuju izrazitu sklonost gorenju i gubitak



Sl. 3 — Stupanj gorivosti u zavisnosti o vrsti i količini zaštitnog sredstva

(A₁ — neimpregnirani furniri, A₂ — furniri impregnirani »basilitom«, A₃ — furniri impregnirani mješavinom trinatrij fosfata i boraksa).

Fig. 3 — Degree of combustibility in relation on the type and amount of the protective

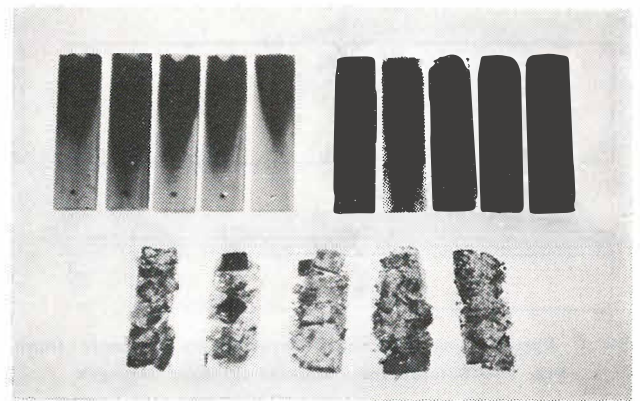
(A₁ — non-impregnated veneers, A₂ — veneers impregnated with »Basilit«, A₃ — veneers impregnated with a mixture of trinitrium phosphate and borax)

mase veći od 80^{0/0}, pa se prema citiranoj metodi »ognjene cijevi« klasificiraju u lako gorive materijale. Stanje epruveta nakon ispitivanja ovisno o stupnju impregnacija i vrsti zaštitnog sredstva vidljivo je na slici 5.

Dodatak trinatrijfosfata i boraksa u ljepilo u kombinaciji s basilitom kao konzervansom za furnire ne daje očekivano poboljšanje stupnja gorivosti. Također i stupanj vlažnosti furnira u momentu impregnacije pokazuje drugačiji utjecaj nego što se očekivalo. Naime, s obzirom na 2—3 puta veću količinu upijenog konzervansa, u slučaju impregnacije suhog furnira, očekivalo

se i razmjerno povoljniji stupanj gorivosti. Međutim, dobiveni rezultati kod obje vrste zaštitnog sredstva ne pokazuju slabije nego relativno povoljnije rezultate u slučaju impregnacije vlažnog furnira. Ove rezultate bit će potrebno provjeriti još jedanput u daljnim ispitivanjima.

Za sada, na osnovi iznesenog, pretpostavlja se da na konačan efekt djelovanja zaštitnih sredstava relativno povoljno utječe i termička obrada (sušenje) furnira nakon impregnacije.



Sl. 5. Stanje epruveta nakon ispitivanja:

- a) lijevo — gore, zaštitno sredstvo »basilit« (A₂)
 b) desno — gore, zaštitno sredstvo — mješavina trinatrij fosfata i boraksa (A₃)
 c) dolje, (A₁) bez zaštitnog sredstva
 Fig. 5 — Samples after testing:
 a) left-above, the protective »Basilit« (A₂)
 b) right-above, the protective — mixture of trinitrium phosphate and borax (A₃)
 c) below, (A₁) without a protective

5.2. Čvrstoća na smicanje

Pregled dobivenih rezultata čvrstoće na smicanje po kombinacijama ispitanih ploča dat je u tablici III i sl. 6.

Iz rezultata u tablici III. i sl. 6. proizlazi da dodatak zaštitnog sredstva »basilit« (A₂) ili mje-

REZULTATI ISPITIVANJA VATROOTPORNOSTI
 REZULTATI ISPITIVANJA
 VATROOTPORNOSTI

Tablica II

Oznaka uzorka	kombinacija	stupanj gorivosti (% gubitka mase)	Napomena
I	A ₁ B ₁ C ₁	87,2	
II	A ₁ B ₂ C ₁	85,8	Epruvete podržavaju gorenje za vrijeme i poslije odmicanja plamena u trajanju od 4—5 min.
III	A ₂ B ₁ C ₁	8,5	
IV	A ₂ B ₁ C ₂	8,1	
V	A ₂ B ₂ C ₁	9,7	Epruv. nisu podržavale gorenje. Nakon odmicanja plamena tinjaju još nekoliko sek. ili se odmah gase.
VI	A ₂ B ₂ C ₂	8,7	Promjena boje na 60 ^{0/0} površina.
VII	A ₃ B ₁ C ₁	23,8	
VIII	A ₃ B ₁ C ₂	22,4	Epruvete djelomično podržavaju gorenje. poslije odmicanja plamena epruvete gore oko 1 min do samougašenja.
IX	A ₃ B ₂ C ₁	18,5	U pravilu značajna promjena boje i pojava pukotina.
X	A ₃ B ₂ C ₂	15,9	

šavine trinatrijfosfata i boraksa (A_3) znači u pravilu smanjenje čvrstoće na smicanje i veće učešće smicanja po sloju ljepila. Interesantno je pritom da je čvrstoća na smicanje najmanja, a učešće smicanja po ljepilu najveće, kod kombinacija s

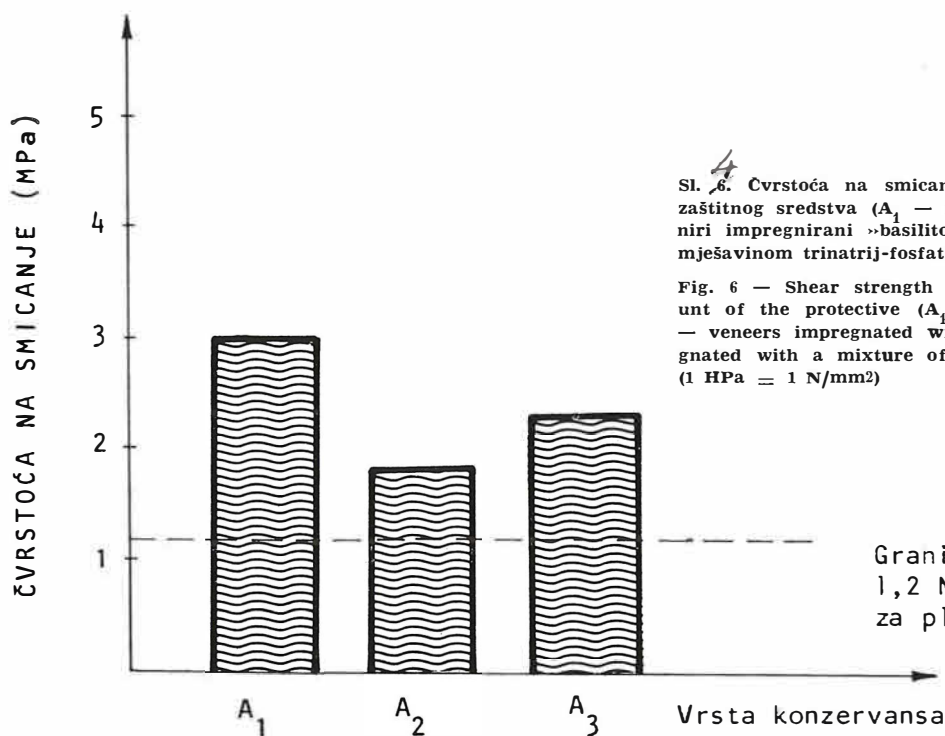
furnir hidrofilnije ponaša, što, u odnosu na neimpregnirani furnir, ima za posljedicu dublju penetraciju ljepila u drvo. Radi ilustracije na sl. 7, 8 i 9 prikazani su mikrotomski presjeci spojeva iz kombinacije $A_1B_1C_1$, $A_2B_1C_1$, i $A_2B_1C_2$. Rela-

Tablica III

Oznaka uzoraka	Kombinacija	čvrstoća na smicanje (N/mm ²)					smicanje po drvu (%)
		min	\bar{x}	max	τ^*	V (%) [*]	
I	$A_1B_1C_1$	2,71	3,12	3,55	0,30	9,61	75
II	$A_1B_2C_1$	2,88	3,20	3,58	0,27	8,46	70
III	$A_2B_1C_1$	1,46	1,72	1,96	0,15	8,72	0
IV	$A_2B_1C_2$	1,84	2,15	2,45	0,23	10,71	38
V	$A_2B_2C_1$	1,08	1,63	2,03	0,24	1,476	2
VI	$A_2B_1C_2$	1,73	1,92	2,12	0,16	8,32	6
VII	$A_3B_1C_1$	2,13	2,46	2,89	0,32	13,00	40
VIII	$A_3B_1C_2$	1,84	2,38	2,80	0,29	12,18	81
IX	$A_3B_2C_1$	1,78	2,29	2,62	0,25	11,44	32
X	$A_3B_2C_2$	1,85	2,08	2,46	0,20	0,61	57

* τ — standardna devijacija (N/mm²)

V — varijacioni koeficijent (%)



Sl. 6. Čvrstoća na smicanje u ovisnosti o vrsti i količini zaštitnog sredstva (A_1 — neimpregnirani furniri, A_2 — furniri impregnirani »basilitom«, A_3 — furniri impregnirani mješavinom trinatrij-fosfata i boraksa).

Fig. 6 — Shear strength depending on the type and amount of the protective (A_1 — non-impregnated veneers, A_2 — veneers impregnated with »Basilit«, A_3 — veneers impregnated with a mixture of trisodium phosphate and borax). (1 HPa = 1 N/mm²)

»basilitom« kao zaštitnim sredstvom. Objašnjenje se može naći u činjenici da ovo sredstvo kao kombinacija soli različitih kemikalija nepovoljnije djeluje na proces vezanja ljepila nego mješavina trinatrijfosfata i boraksa.

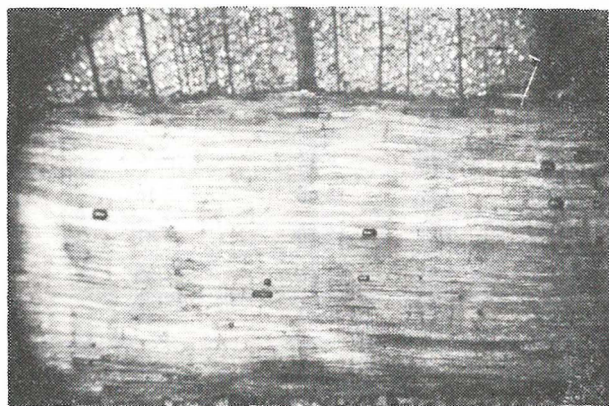
Nadalje smanjenje čvrstoće spoja može uslijediti i zbog toga jer se strukturno impregnirani

tipno visoka čvrstoća na smicanje i pretežno smicanje po drvu kod kombinacija $A_1C_1C_1$ upućuju na kvalitetan spoj, što potvrđuje mikrotomski presjek na sl. 7. Ljepilo je uglavnom grupirano u neposrednoj blizini spoja. Umanjenje čvrstoće zbog impregnacije furnira, i s tim u vezi veće hidrofilnosti, ilustrira se u izvjesnoj mjeri na

sl. 7 i 8. Ljepilo u takvim uvjetima prodire dublje u strukturu drva i ne koristi se u potpunosti za stvaranje čvrstog spoja.

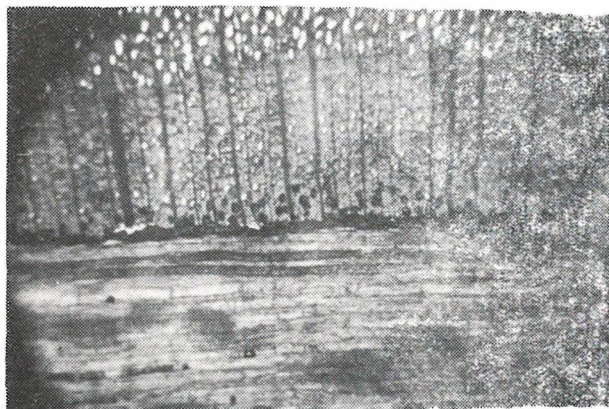
Utjecaj dodavanja mješavine trinatrijfosfata i boraksa u tekuće ljepilo, pored već prethodno provedene impregnacije furnira (A_2 ili A_3), pokazuje dalje, iako relativno malo, pogoršanje čvrstoće lijepljenja.

Impregnacija suhog ili vlažnog furnira je pitanje koje je interesantnije s tehnološkog aspekta, radi štednje energije, jer bi u slučaju impregnacije furnira (vlažnog) iza ljuštilice bio dovoljan jedan ciklus sušenja. Na osnovi rezultata ispiti-



Sl. 7. Anatomski presjek kroz lijepljene spojeve troslojne ploče od neimpregniranih furnira, povećanje 36 x (kombinacija $A_1 B_1 C_1$)

Fig. 7 — Anatomic section through glued joints of a three-layered sheet of non-impregnated veneer, magnified 36 x (combination $A_1 B_1 C_1$)



Sl. 8. Anatomski presjek, povećanje 36 x, suhi furniri impregnirani basilitom (kombinacija A_2, B_1, C_1).

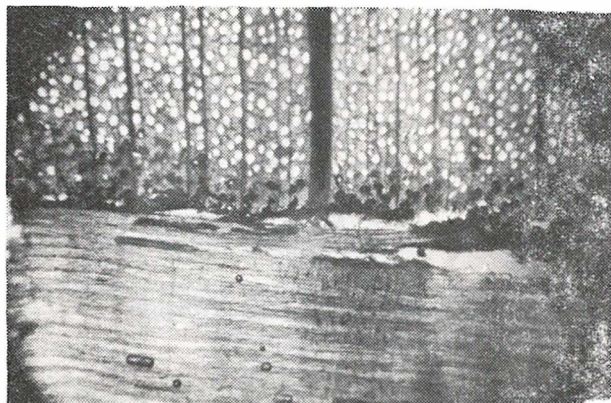
Fig. 8 — Anatomic section, magnified 36 x, dry veneer impregnated with Basilit (combination $A_2 B_1 C_1$).

vanja čvrstoće na smicanje proizlazi da se u slučaju impregnacije vlažnih furnira dobiju relativno kvalitetniji spojevi.

Ova pojava bi se mogla objasniti analizom količina upijenog konzervansa. Naime, impregnacijom suhog furnira s obje vrste konzervansa (A_2 i A_3) postiže se, u odnosu na impregnaciju vlažnog furnira, 2—3 puta veće upijanje konzervansa. Prema tome, veća količina konzervansa

znači u pravilu smanjenje čvrstoće lijepljenja, pa se samo po sebi nameće pitanje utvrđivanja optimalne količine konzervansa i optimalne tehnologije proizvodnje radi postizanja zadovoljavajuće čvrstoće lijepljenih spojeva i stupnja vatrootpornosti.

Analizom varijance dobivenih rezultata utvrđen je signifikantan utjecaj vatrootpornih zaštitnih sredstava A_2 i A_3 na kvalitetu lijepljenja, dok je utjecaj modifikacije ljepila B (dodavanje vatrootpornog sredstva u ljepilo) na granici signifikantnosti. Na isti način utvrđeno je, također na nivou signifikantnosti od $\alpha = 0,05$, da stupanj vlažnosti furnira u momentu impregnacije ne pokazuje signifikantan utjecaj.



Sl. 9. Anatomski presjek, povećanje 36 x, vlažni furniri, impregnirani basilitom (kombinacija $A_2 B_1 C_2$).

Fig. 9 — Anatomic section, magnified 36 x, wet veneers, impregnated with Basilit (combination $A_2 B_1 C_2$).

6.0. ZAKLJUČAK

Na osnovi provedenog ispitivanja proizlazi da je tehnološki moguće proizvoditi vatrootporne furnirske ploče, zadovoljavajućeg stupnja vatrootpornosti i kvalitete lijepljenja furnira. Ispitivanje je provedeno s ciljem da ispita mogućnost proširenja postojećeg asortimana u proizvodnji furnirskih ploča i da se ponudi tržištu proizvod koji se, s obzirom na provedenu strukturnu zaštitu, klasificira u grupu teško gorivih materijala. Dobiveni rezultati ukazuju međutim na potrebu da se u nastavku istraživanja u pogonskim uvjetima, uzimajući u obzir sve utjecajne faktore, pronade optimalna kombinacija radi osiguranja zadovoljavajuće kvalitete lijepljenja i protupožarne zaštite.

LITERATURA :

- [1] Katović, Z., Čić, Đ., Petrović, I.: Neka zapažanja o sintetskim ljepilima na bazi fenolnih smola u proizvodnji vodoootpornih šperploča. Drvna ind. 3—4 (1971).
- [2] Pantelić, I.: Uvod u teoriju inženjerskog eksperimenta (Novi Sad, 1976.)
- [3] Pavlič, I.: Statistička teorija i primjena (Tehnička knjiga, Zagreb, 1970. g.)
- [4] Salah, E. O.; Laboratorijska ispitivanja mogućnosti proizvodnje vatrootpornih iverica. — »Drvna industrija«, 1982«, str. 75—82.

Recenzent: prof. dr B. Ljuljka