

Uspoređenje smicajne čvrstoće lepljene veze urea-formaldehida i nekih mineralnih adheziva

THE COMPARISON OF SHEAR STRENGTH OF GLUED JOINT MADE BY UREA-FORMALDEHYDE AND SOME MINERAL ADHESIVES

Milanka Điporović, dipl. ing.
Dr Jovan Miljković
Šumarski fakultet Beograd

UDK 630*824.7

Prispjelo: 18. travnja 1988.
Prihvaćeno: 4. srpnja 1988.

Prethodno priopćenje

S a ž e t a k

Istraživana je čvrstoća na smicanje lepljene veze sa urea-formaldehidom i mineralnim adhezivima tipa silikata (vodeno staklo i »Pargal«). Proučavan je karakter novo formirane površine nakon smicanja. Čvrstoća na smicanje silikatnih adheziva bila je niža od čvrstoće organsko sintetskih adheziva kao što je urea-formaldehid. Dobijene su neke nove informacije proučavanjem površine nakon smicanja.

S u m m a r y

The shear strength of urea-formaldehyde and mineral type of adhesives like silicates (water-glass) and silicate based »Pargal« (commercial name) in a glue joint have been investigated. Character of newly created fracture surfaces on the test specimens was studied. It was found that shear strength of silicate and silicate based adhesives is lower than that of organic synthetic adhesive like urea-formaldehyde. Study of surfaces created by fracture, brought some new informations. (M. Đ)

1. UVOD

Postojeća nužnost seče oblovine sve manjeg prečnika, potreba maksimalnog iskorišćenja drvene građe i želja za proizvodima ujednačenog kvaliteta mnogo su unapredili tehniku spajanja i lepljenja u drvnoj industriji. Počevši od upotrebe drveta malih dimenzija i drvnog ostatka u panelne površine kod proizvodnje ploča na bazi usitnjenog drveta, pa do spajanja masivnog drva i pomoćnih materijala u elemente, zastupljen je neki od oblika adhezije. Preko 70% svih drvnih proizvoda danas predstavljaju ljepljeni proizvodi.

Prvi tehnološki skok ostvaren je prelaskom s prirodnih na sintetske organske adhezive 30-tih godina ovog veka. Sve do danas ovi su adhezivi zadržali primat u drvnoj industriji. Ipak, posljedice naftne krize, problem formaldehida i neki nedostaci organskih adheziva u eksterijernoj primeni, doprineli su porastu interesovanja za primenu neorganskih adhezivnih sistema u drvnoj industriji, na prvom mestu za drvene proizvode namenjene spoljnoj upotrebi i građevinarstvu. Pored vodootpornosti, neorganski adhezivi obezbeđuju drvnim proizvodima poboljšanu otpornost na vātru i biodegradaciju, što ih u najvećoj meri kvalifikuje za oblast građevinarstva. Mada i sami poseduju neke nedostatke, njihove prednosti su dovoljno značajne da iniciraju dalji istraživački rad.

Neki neorganski adhezivi, kao što su portland i sored cement, već se duže vreme primenjuju s uspehom u proizvodima tipa »Durisol« i »Heraklit«. Korišćenje cementom, međutim, zahteva prethodnu mineralizaciju drvene sirovine kako bi se zaštitila cementna koloidna masa od hemijskih konstituenata drvnog tkiva, koji sprečavaju hidrataciju cementnog zrna a s tim i vezivanje tj. očvršćavanje cementa. Brzina ekstrakcije ugljenih hidrata, tanina i tanina iz drvnog tkiva, koja se odigrava pri kontaktu cementne mase i drveta, još uvek sprečava korišćenje velikog broja vrsta drva, naročito tvrdih lišćara, u ovoj kombinaciji [4].

Zbog toga je u ovom radu pažnja posvećena vodenom staklu, kao mineralnom adhezivu koji se odlikuje vrlo dobrom primarnom adhezijom a ne zahteva mineralizaciju [1]. Vodeno staklo je ispitivano u smeši s usitnjenim drvetom za proizvodnju iverice [2]. Interesantno je, međutim, bilo utvrditi stvarnu vrednost lepljene veze vodenog stakla s različitim drvnim vrstama u poređenju s lepljenom vezom koju ostvaruje referentni urea-formaldehidni adheziv.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

U ovom je radu primenjen metod komparativne analize jačine lepljenja veze (čvrstoće lepljenja)

pri upotrebi različitih adheziva nanosenih na jednu vlistu drveta, kao i jačine veze istog adheziva na različitim vrstama drva. Prethodne kombinacije su zastupljene u cilju sagledavanja uticaja pojedinih vrsta adheziva i pojedinih drvnih vrsta na jačanju lepljene veze u uslovima kontrolisanog eksperimenta.

2.1. Priprema epruveta za ispitivanje

Pripremljene su epruvete dimenzija $100 \times 20 \times 5$ mm, prema zahtevima standarda JUS H.K8.024. Epruvete su urađene od tri vrste drveta, i to: bukovine (*Fagus moesiaca*) s područja Bosne, topole (*Populus cv. 1—214*) s područja Kovina i smrče (*Picea excelsa*) s područja Jahorine. Od svake vrste urađene su po tri epruvete za odabranu vrstu adheziva. Epruvete su kondicionisane u klimatizovanoj atmosferi na temperaturi od 293 ± 2 K i $65 \pm 2\%$ relativne vlage vazduha prema JUS-u D.A1.030. Postizanjem ravanotežne vlage, odnosno konstantne mase, epruvete su bile pripremljene za nanošenje adheziva.

2.2. Priprema adheziva*

Korišćeni su sledeći adhezivi: a) urea-formaldehidni (UF), b) vodeno staklo (VS), c) »Pargal« (PG)

UF adheziv za lepljenje furnira, »Hins« iz Novog Sada proizveo je adheziv s karakteristikama: sadržaj suve supstance $56 \pm 1\%$, viskozitet 300 mPas i PH vrednost 7,7.

VS ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) posedovao je sledeće karakteristike: gustina 61 Bé, modul 1:3 i sadržaj suve supstance 47%. Proizvođač VS bila je RO »Galenika-Hemija« OOUR Fabrika Hemijskih proizvoda, Zemun. Od istog proizvođača dobijen je i »Pargal«, lepak za lepljenje svih vrsta parketa od drveta na betonsku i druge podloge. »Pargal« je komercijalni naziv za adheziv na bazi VS i mineralnih punila.

S obzirom na raznorodnost adheziva, bilo je važno odrediti sadržaj suvog ostatka kao aktivnu komponentu adhezije. Zbog toga se nanos adheziva definiše kao masa suve supstance po jedinici površine sljepljivanja (g/cm^2). Suvi ostatak UF adhezivnog sistema određen je sušenjem 2 g UF adheziva s dodatim katalizatorom, u sušionici na temperaturi od 376 ± 2 K do konstantne mase prema JUS-u D.A1.103. Kao katalizator korišćen je NH_4Cl koji je dodat u količini od 1%. Suvi ostatak VS i PG određen je na isti način.

* Ovim putem zahvaljujemo dipl. inž. Žiki Silidžanskom, savetniku generalnog direktora i mr. Milutinu Veljkoviću, tehničkom direktoru OOUR-a »GALENIKA-HEMIJA« u Zemenu, za dostavljanje materijale i pomoć u izradi eksperimentalnog rada.

SUHI OSTATAK ODABRANIH ADHEZIVA
Tablica I.

DRY RESUIDE OF SELECTED ADHESIVES
Table I

SUVI OSTATAK (%)	VRSTA ADHEZIVA		
	UF	VS	PG
	56.2	46.9	63.1

Rezultati ispitivanja suvog ostatka dati su u tabeli I.

2.3. Proračun nanosa

Određivanje nanosa adheziva i njegovo ujednačavanje obavljeno je na bazi procenta suvog ostatka, tako da na 1 m^2 bude ravnomerno raspoređena masa adheziva, koja u sebi sadrži 195 g suvog ostatka, bez obzira na vrstu adheziva.

2.4. Postupak slepljivanja i određivanja smicajne čvrstoće

Na kondicionisane epruvete nanosen je adheziv ravnomerno u skladu sa tačkom 2.3. Epruvete su slepljene pod jediničnim pritiskom od 0,5 MPa u presi. S obzirom da su VS i PG tzv. hladni adhezivi, presa nije zagrevana. Pri slepljivanju s termoreaktivnim UF adhezivom presa je zagrevana na temperaturu od 393 K. Vreme presovanja za UF adheziv iznosilo je 1 h, radi sigurnosti da će adheziv u potpunosti polimerizovati. VS i PG, prema uputstvu proizvođača, držani su u presi 24 h.

Nakon presovanja epruvete su ponovo kondicionisane u uslovima kao u tački 2.1. do konstantne mase. Epruvete su posle toga razrezane prema šemi datoj u JUS-u H.K8.024, a potom se pristupilo određivanju čvrstoće na smicanje u sloju adheziva, koja je izračunata prema obrascu:

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A_0} \text{ (MPa)}$$

gde su: σ_x — smicajna čvrstoća (MPa), F_x — maksimalna sila smicanja (N). A_0 — smicajna površina (mm^2).

Rezultati ispitivanja dati su tabeli II.

SREDNJE SMICAJNA ČVRSTOĆA LEPLJENE VEZE
Tablica II.

MEAN SHEAR STRENGTH OF GLUED JOINT
Table II

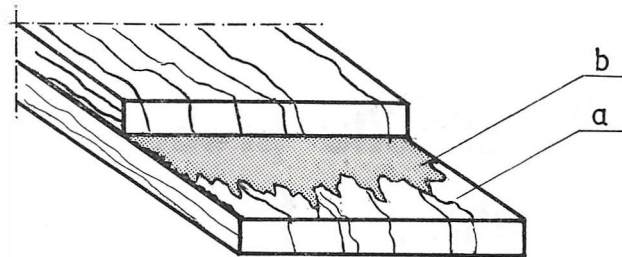
vrsta adheziva vrsta drveta	SMICAJNA ČVRSTOĆA (MPa)		
	UF	VS	PG
BUKVA	12.56	10.43	5.03
SMRČA	6.40	2.10	1.5
TOPOLA	2.10	5.36	1.46

2.5. *Određivanje procentualnog učešća zone adheziva i zone drveta na površini destrukcije*

Pri određivanju smicajne čvrstoće u sloju adheziva posvećena je naročita pažnja strukturi površina nastalih destrukcijom pod dejstvom sila na smicanje. Važnost istraživanja kvalitete i sastava površine potiče od činjenice da se, pod dejstvom sila na smicanje, destrukcija može odigrati u sloju adheziva a takođe i u okolnim slojevima drveta. Gde će se odigrati zavisi od niza faktora kao što su: čvrstoća na smicanje vrsta drva od koje su izrađene epruvete (prosečno: $\sigma_{buk.} = 8 \text{ MPa}$, $\sigma_{smr.} = 6,7 \text{ MPa}$, $\sigma_{top.} = 5 \text{ MPa}$, pri 15% vlažnosti) [3], smicajne čvrstoće adheziva i međusobnog odnosa ove dve čvrstoće, dubine penetracije adheziva u mikropore drvnog tkiva, eventualne promene u drvu pod dejstvom hemijskih supstanci iz adheziva itd.

Kompleksni uticaj navedenih faktora formira izgled površina nastalih pod dejstvom sila na smicanje, te njihovim posmatranjem moguće je doći do određenih zaključaka. Te površine posmatrane su na stereomikroskopu MBS — 9 pod uveličanjem od 5X. Korišćen je okular s mrežicom tačnosti 0,05 mm radi određivanja procentualnog učešća zone adheziva i zone drveta na površini destrukcije, kao što je to prikazano na slici 1.

Dobijeni rezultati merenja stereomikroskopom predstavljeni su u tabeli III.



Sl. 1 — Šematski izgled epruvete i površine destrukcije nakon smicanja
a — zona drveta
b — zona adheziva

Fig. 1 — Schematic view of a test specimen and fracture surface after shearing
a — wood zone
b — adhesive zone

3. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Iz tabele II se vidi da srednja vrednost čvrstoće varira u granicama od 1,46 do 12,56 MPa. Redosled čvrstoće lepljenja ispitanih adheziva je sledeći:

UF > VS > PG kod bukve i smrče
VS > UF > PG kod topole

Najveću čvrstoću pokazuju epruvete od bukovine, zatim od smrče i topole. I ovde postoji odstupanje, jer je kombinacija topole s VS dala jaču lepljenu vezu od UF adheziva i PG. Po apsolutnoj

vrednosti, najveću smicajnu čvrstoću poseduje kombinacija UF adheziva i bukovine, zatim VS i bukovine, a posle toga UF adheziva i smrče.

Lepljenu vezu treba, međutim, posmatrati, kao kompozit sastavljen od slojeva različite čvrstoće. Pri naprezanju na smicanje, opterećenje trpe svi slojevi u lepljenoj vezi. Sloj matrijala s najnižom čvrstoćom, kao najslabija karika u lancu, diktiraće i ukupnu vrednost smicajne čvrstoće celog kompozita. Logično je očekivati da ovaj najslabiji sloj istovremeno bude najviše zastupljen na površini destrukcije nakon smicanja, jer se destrukcija upravo odigrava u njemu. Zbog toga su uključena i mikroskopska posmatranja površine epruvete nakon određivanja smicajne čvrstoće. Rezultati su prikazani u tabeli III.

Tablica III.
SREDNJE PROCENTUALNO UČEŠĆE ADHEZIVA NA POVRŠINI DESTRUKCIJE

Table III
MEAN PORTION OF ADHESIVES IN PERCENTAGES ON FRACTURE SURFACES

vrsta adheziva vrsta drveta	SREDNJE PROCENTUALNO UČEŠĆE (%)		
	UF	VS	PG
BUKVA	20.07	39.18	43.06
SMRČA	12.21	42.57	53.66
TOPOLA	41.03	8.15	86.67

Za UF adheziv vidi se da čvrstoća lepljenja opada idući od bukve preko smrče ka topoli.

Ovakav redosled je u saglasnosti s podacima o smicajnoj čvrstoći drva ispitanih vrsta [3]. Za bukvu ona iznosi 8,0 MPa pri 15% vlažnosti, za smrču 6,7 MPa i za topolu 5,0 MPa pri istoj vlažnosti. Ovo su srednje vrednosti s obzirom da stvarna vrednost može varirati u širim granicama. Imajući to u vidu, jasno je da samo drveno tkivo poseduje određenu smicajnu čvrstoću koja učestvuje u ukupnoj čvrstoći lepljene veze. To bi moglo da bude i objašnjenje veće vrednosti za smicajnu čvrstoću lepljene veze kod kombinacije topola — VS. Ovdje se smicanje skoro u celini odigralo u zoni drveta (tabela III). Na taj način, smicajna čvrstoća lepljene veze je bliska vrednosti za samu topolu, jer je sam sloj adheziva čvršći od osnovnog nosećeg substrata. Donekle kontradiktorne i relativno niške vrednosti čvrstoće kod kombinacije topola — UF adheziva ne mogu se objasniti prethodnim razmatranjem. Dodatna mikroskopska posmatranja ukazala su na veliko penetriranje UF adheziva u inače porozno tkivo topole. To, kao i činjenica da je pomenuti adheziv korišćen bez punila čiji je zadatak da zadrži adheziv na liniji lepljenja, mogu pomoći razumevanju adhezije u ovom specifičnom slučaju.

Ovde pomenuti adhezivi odlikuju se kristalnom strukturom očvrstnutog stanja. Takvom tipu adhe-

zivnih sistema odgovaraju i gušće vrste drva, koje su im bliže po visokoelastičnim svojstvima.

Kompleksno delovanje parametara na smicajne lepljene veze, razmatrano je u napomenama iznesenim u tački 2.5. Srednje procentualno učešće odheziva na površini formiranoj nakon smicanja veoma varira, kreće se od 8,15 do 87%. To na slikovit način osvetljava postupak određivanja čvrstoće lepljene veze u laboratorijskim uslovima, ukoliko bi se uzimali u obzir samo rezultati čvrstoće bez analize ovoga tipa. Na primer, ukoliko je određena vrednost čvrstoće, a pri tome se smicanje odigralo u sloju drveta (odnosno malo procentualno učešće adheziva na površini nastaloj smicanjem), onda to ukazuje na čvrstoću adheziva, ili drugim rečima, na drvo male smicajne čvrstoće. To znači da maksimalnu čvrstoću smicanja određuje stvarna smicajna čvrstoća drveta, koja je relativno niska u odnosu na čvrstoću adheziva. U suprotnom slučaju popušta adheziv, pa je njegov procentualni zaostatak na površini formiranoj smicanjem maksimalan. Ne uzimajući ovo u obzir, rezultati smicajne čvrstoće u sloju adheziva mogu se

pogrešno protumačiti a dobijene vrednosti gube od svog značaja.

Na osnovi rezultata iz tabele III, može se generalno reći da procenat zastupljenosti adheziva na površini destrukcije nakon smicanja raste sa smanjenjem kvalitete njegove lepljene veze.

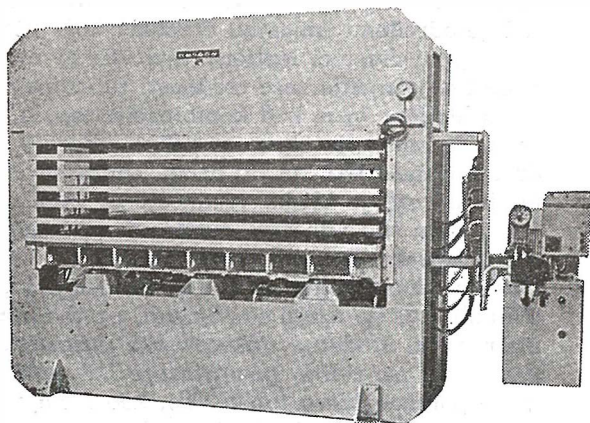
U tom svetlu, smicajna čvrstoća vrlo jakih adheziva određena je u stvari čvrstoćom materijala koji se slepljuju. Pri upotrebi rezultata smicajne čvrstoće dobijenih ispitivanjem po standardnim propisima, predhodne pojave treba uzeti u obzir.

LITERATURA

- [1] Nikolajević, G., Aleksandrović, M.: Rasvorno staklo. Promostroizdat. Moskva, 1956.
- [2] Senić, R., Miljković, J.: Upotreba vodenog stakla za dobijanje ploča tipa drvo — mineralno vezivo. Glasnik Šumarskog fakulteta — Serija B — DRVNA INDUSTRIJA, Beograd, 1987.
- [3] Ugrešević, A.: Tehnologija drveta. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1950.
- [4] Marković, N.: Ploče, elementi i proizvodi na bazi usitnjenog drveta, II deo. Šumarski fakultet u Beogradu; Institut za preradu drveta, Beograd, 1977.

Recenzirao: Mr S. Petrović

SOUR KOMBINAT 1884
belišće



Hidraulične preše za panel i furnir

- Tvrdo kromirani i fino brušeni klipovi omogućuju kvalitetno brtvljenje i dugu trajnost brtvila.
- Grijaće ploče izrađene od čeličnih limenih ploča imaju izuzetno dug vijek trajanja.
- Kvalitetan hidraulični agregat garantira potpunu pouzdanost preša u eksploataciji.
- Osim standardnih preša za drvenu industriju izrađujemo i preše po narudžbi s različitim brojem etaža, dimenzijama ploča i drugim tehničkim karakteristikama prema zahtjevu kupca.
- Efikasno servisiranje preša i hidrauličnih agregata u garantnom i vangarantnom roku osigurano putem vlastite servisne službe.
- Imamo preko 20 godina tradicije u proizvodnji hidrauličnih preša za drvo, gumu, duroplaste, papir i specijalnih preša za razne namjene.

TVORNICA STROJEVA BELIŠĆE

54551 BELIŠĆE, YUGOSLAVIA, Telefon: centrala (054) 81-111
kućni: Prodaja 293, 491, 251, Servis 290, 293, Telex 28-110

