

Postojanost spojeva slijepljenih PVA ljepilima u vanjskim uvjetima**

Sažetak

U tehnologiji proizvoda za građevinarstvo rabe se različita ljepila koja bi morala zadovoljiti specifične uvjete tehnologije i eksploatacije pojedinih proizvoda.

Jedan od čestih uvjeta je vodootpornost, koja se ispituje standardiziranim metodama, i to kratkotrajnim ispitivanjem. Pitanje je u kojoj mjeri rezultati kratkotrajnih ispitivanja garantiraju trajnost slijepljenog spoja u određenim uvjetima upotrebe. U radu je razmatrana ova problematika i uspoređeni su neki rezultati ispitivanja, kao prilog daljem kompleksnom istraživanju.

Ključne riječi: postojanost slijepljenih spojeva — vodootpornost ljepila — čvrstoća spojeva

DURABILITY OF JOINTS GLUED WITH PVA ADHESIVES UNDER EXTERIOR CONDITIONS

Summary***

For constructional work in wood different adhesives have been used which should satisfy specific conditions of technology and exploitation of the individual products.

One of frequent conditions is water-resistance which has been tested by standardized methods of brief testing, however it is dubious as to which extent the results obtained by brief testing guarantee durability of the joints glued in the certain conditions of usage.

The study deals with these problems and some results of testing have been compared as a contribution to a further complex investigation.

Key words: durability of glued joints — water-resistance of adhesives — strength of joints

1. UVOD

Montažna ljepila kod proizvoda za građevinarstvo moraju, osim uvjeta koji se postavljaju na montažna ljepila, zadovoljavati još i neke uvjete vezane uz otpornost prema atmosferskim utjecajima. Kod ovih ljepila posebno treba obratiti pažnju na ove utjecaje:

- debljina sljubnice (debljina sloja ljepila),
- brzina vezanja,
- trajanje i uvjeti kod uskladištenja i s tim vezana promjena čvrstoće spoja,
- klimatski utjecaji na čvrstoću spoja (naprezanje zbog termičkih i hidroskopskih deformacija i destrukcija površina),
- trajna opterećenja kod nosivih elemenata.

* Doc. dr mr Boris Ljuljka, dipl. ing., Šumarski fakultet Zagreb

Željko Sonje, dipl. ing., Klebchemie, Weingarten, SR Njemačka

** Istraživanja su vršena u okviru podprojekta: ISTRAŽIVANJA TEHNOLOGIJE PROIZVODA ZA GRAĐEVINARSTVO, zadatka: ISTRAŽIVANJE NAJPRIKLADNIJIH LJEPILO I PROCESA LJEPLJENJA DRVA U PROIZVODIMA ZA GRAĐEVINARSTVO, koji financira SIZ IV i Poslovna zajednica šumarstva i prerade drva, Zagreb

*** Prijevod na engleski: prof. Anica Mijatovic

Često se za montažno lijepljenje proizvoda za građevinarstvo primjenjuju PVA ljepila, a posljednjih godina takozvana PVA vodootporna ljepila T3/B3, odnosno ljepila otporna na vrelu vodu T4/B4.

U skladu s uvjetima upotrebe pojedinih proizvoda, JUS, a i DIN standardi predviđaju za ispitivanje otpornosti spoja izlaganje uzoraka određenim utjecajima.

U tablici I prikazane su vrste tretiranja uzoraka prije ispitivanja za određene uvjete upotrebe.

Tablica I

UVJETI I TRETIRANJE

Uvjeti upotrebe	JUS H.K.8.024	DIN 68 602 68 603
Pokretni i nepokretni dijelovi u suhim prostorijama	T0, T1	B1
Pokretni i nepokretni dijelovi u kuhinjama, kupalaonicama i drugim prostorijama s povišenom vlažnošću	T2	B2
Izvanjske drvene konstrukcije (prozori, vrata) ili unutarnje gdje postoji mogućnost utjecaja vode ili vlažnog zraka	T3	B3
Isto kao gornje samo kod ekstremno loših klimatskih uvjeta ili kod zaštite lazurama	T4	B4

DIN 68 141 za nosive drvo-građevne elemente predviđa mogućnost ispitivanja spojeva s debljinama sljubnica 0,1, 0,5 i 1 mm uz opisane tretmane i određuje minimalnu prosječnu čvrstoću. Klimatski utjecaji simuliraju se cikličkim ispitivanjem, kod čega se jedan ciklus sastoji iz:

24 sata 50 °C ~ 100 % vlažnost zraka
 8 sati 10 °C ~ 100 % vlažnost zraka
 16 sati 50 °C ~ 20 % vlažnost zraka

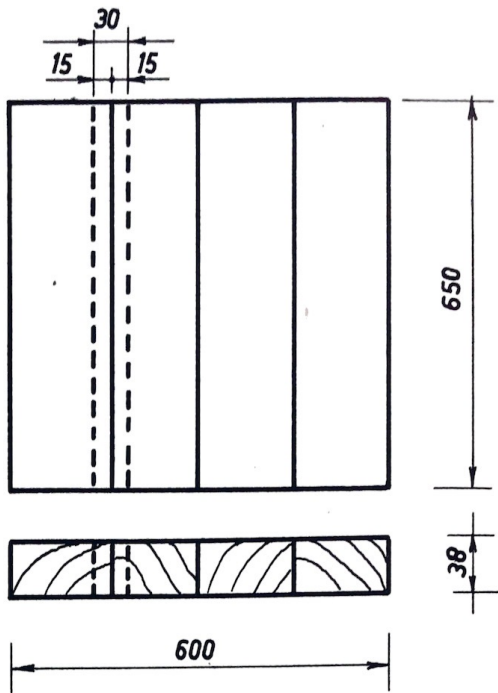
Pojedini tretmani, minimalne čvrstoće spoja i prikladnost spoja za određene uvjete prikazani su u tablici II.

Budući da se uvjeti T3 (B3) i T4 (B4) postavljaju na prozore i proizvode izložene vanjskim utjecajima, pitanje je kako se slijepljeni spojevi ponašaju u relanim klimatskim uvjetima, odnosno u kojoj mjeri postizanje stupnja T3 ili T4 garantira čvrstoću spoja u odgovarajućim klimatskim uvjetima.

C. Boehme vršio je istraživanja otpornosti različitih montažnih ljepila prema klimatskim utjecajima, pa je ustanovio da je smanjenje čvrstoće spoja nakon 9 mjeseci slobodnog izlaganja iznosilo 40 do 42 %, a nakon 18 mjeseci 54 i 58 %. Različitim tretmanom (T1—T4) postizale su se puno manje razlike u čvrstoći.

2. ISTRAŽIVANJA

Smrekove piljenice radikalno-tangencijalne teksture oblanjane sa sve četiri strane, dimenzija



Slika 1. Slijepljena ploča

TRETMANI, ČVRSTOĆA I PRIKLADNOST SPOJA

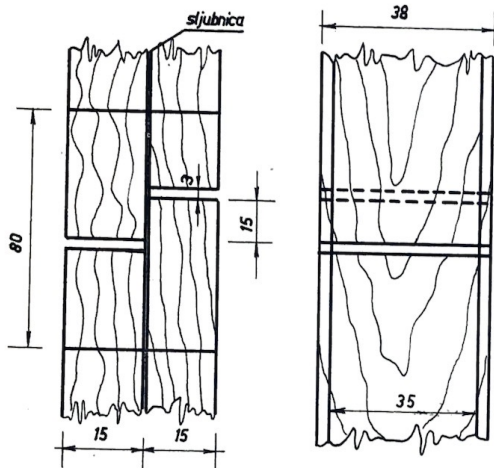
Tablica II

T r e t m a n		Minimalna čvrstoća (daN/cm ²)			Najmanja prosječna čvrstoća kod debljine sljubnice (daN/cm ²)			Prikladnost spoja za uvjete
Oznaka	Način tretiranja	Suho	Mokro	Osušeno	0,1 mm	0,5 mm	1 mm	
T1, B1	1 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	100	-	-	100	90	80	Zatvorena prostorija s niskom relativnom vlagom zraka
T2, B2	2 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	100	-	-	-	-	-	Zatvorena prostorija s visokom vlažnošću ili izmjenično djelovanje vlažnog zraka i vode
	3 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	-	-	50	-	-	-	
	3 sata voda 20±2°C 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	-	-	50	-	-	-	
T3, B3	4 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	100	-	-	100	90	80	Uobičajeni vanjski klimatski utjecaji
	5 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%) 4 dana voda 20±2°C	-	20	-	60	50	40	
	6 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%) 4 dana voda 20±2°C 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	-	-	60	80% od T1	80% od T1	80% od T1	
T4, B4	7 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	100	-	-	-	-	-	Spojevi posebno izloženi vanjskim klimatskim utjecajima
	8 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%) 4 dana voda 20±2°C	-	20	-	-	-	-	
	9 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%) 6 sati vrela voda 2 sata voda 20±2°C	-	40	-	-	-	-	
	10 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%) 6 sati vrela voda 2 sata voda 20±2°C 7 dana 23±2°C (20°C), 50±5% (65%)	-	-	-	80	-	-	

650 × 150 × 38 (mm), zalijepljene su u ploču dimenzija 600 × 650 (mm). Vidi sliku 1. Piljenice su bile klimatizirane na vlažnost 8 %, 12 %, 14 %, 16 % i 24 %, a tada su piljenice jednake vlažnosti slijepljene u ploču.

Vodootporno PVA ljepilo, kojim se prema deklaraciji proizvođača postiže otpornost T3 (B3) i T4 (B4), obostrano je nanoseno u količini ~ 80 g/m², nakon čega su ploče stegnute u trajanju od 2 sata.

Iz ploča su u određenim vremenskim intervalima, nakon tretmana, ispilivani uzorci dimenzija i oblika prema slici 2. Uzorci su ispitivani na tlačno smicanje pri temperaturi 20 °C i po-



Slika 2. Oblik i dimenzije uzoraka

maku od 20 mm/min. Svi uzorci su prije ispitivanja klimatizirani na vlažnost 8—10 %.

Slijepljene ploče bile su izlagane na otvorenom prostoru, u smjeru jugo—zapad, pod kutem 45°.

Početna čvrstoća mjerena je kod uzoraka vlažnosti 8 %, 7 dana nakon sljepljivanja na 14 uzoraka. Čvrstoća svih uzoraka mjerena je nakon 1 godine i 2 godine izlaganja klimatskim utjecajima na po 7 uzoraka. Rezultati istraživanja prikazani su u tablici III i na slici 3.

Iz tablice III. i slike 3. vidljivo je da s povećanjem vlažnosti drva čvrstoća lijepljenja opada. Isto tako vidi se da je čvrstoća spojeva nakon 2 godine manja nego nakon 1 godine izlaganja vremenskim utjecajima. Nakon 2 godine izlaganja prosječna čvrstoća za 8—14 % vlažnosti je oko 80 daN/cm², što odgovara minimalnoj čvrstoći za T4 (B4). Ova usporedba nije sasvim korektna (bukovina-smrekovina, tlačno smicanje—vlažno smicanje).

Navedene vrijednosti u tablici II odnose se na srednju vrijednost, što baš nije najprikladnije, jer u slučaju većeg rasipanja jedan dio uzoraka ima čvrstoću daleko ispod propisane. Tako primjerice, nakon 2 godine izlaganja (slika 3) u području vlažnosti 8—14 %, polovica uzoraka ima manju čvrstoću od 80 daN/cm². Za koliko je manja čvrstoća tih uzoraka, ovisi o obliku distribucije i veličini rasipanja.

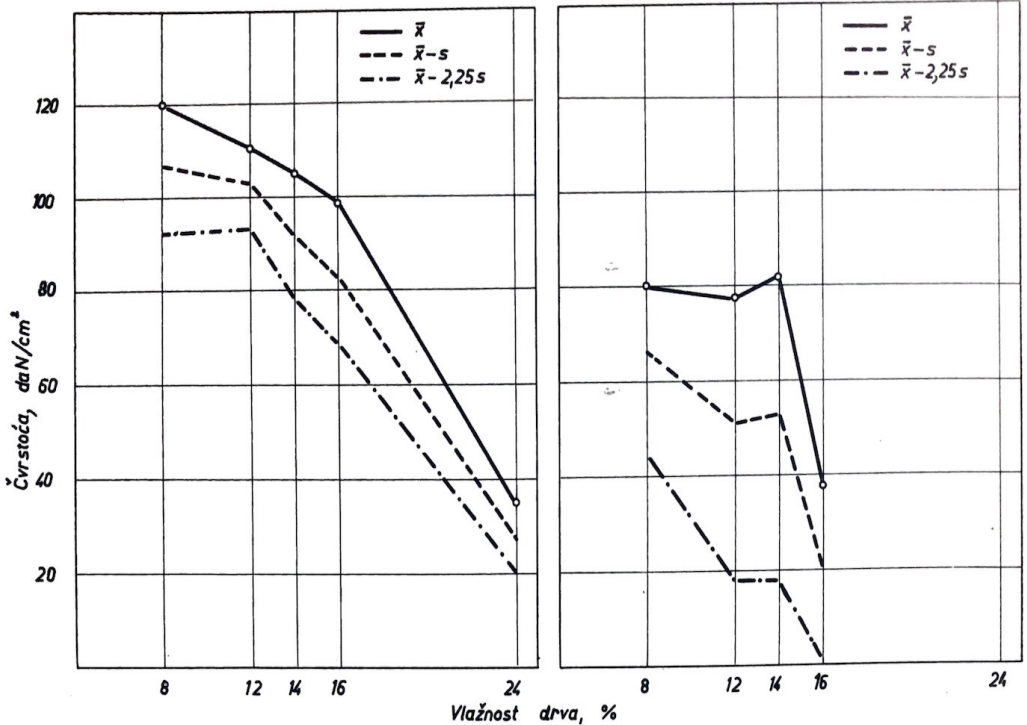
ČVRSTOĆA I IZGLED U OVISNOSTI O TRAJANJU IZLAGANJA

Tablica III

		Čvrstoća kod različite vlažnosti (daN/cm ²)				
		8%	12%	14%	16%	24%
Početna čvrstoća		89,5	97,95	112,5		
Lom po drvu		100%	-	-	-	-
s		7,9				
Čvrstoća nakon 1 godine		105,0	120,0	136,5	98,5	111,0
Lom po drvu		100%	30%	80%	85,7	98,0
s		12,7	7,8	13,2	13,4	5,9
Izgled nakon 1 godine	Gornja strana	markirana sljubnica, površinske pukotine	markirana do lagano otvorena sljubnica, površinske pukotine	markirana do lagano otvorena sljubnica, površinske pukotine	otvorena sljubnica i površinske pukotine	ječna sljubnica potpuno pustila, a ostale 3 su jako otvorene, pukotine
	Donja strana	intaktna sljubnica bez površinskih pukotina	intaktna sljubnica, sitne površinske pukotine	intaktna sljubnica, površinske pukotine	intaktna sljubnica, površinske pukotine	sljubnica markirana do malo otvorena, pukotine
Čvrstoća nakon 2 godine		60,0	80,86	108,0	40,0	78,85
Lom po drvu		60%	40%	30%	35,0	82,28
s		15,9	26,5	28,0	15,0	37,66
Izgled nakon 2 godine	Gornja strana	markirana do lagano otvorena sljubnica, pukotine	markirana do lagano otvorena sljubnica, pukotine	markirana do lagano otvorena sljubnica, pukotine	ječno otvorena sljubnica, pukotine	-
	Donja strana	intaktna sljubnica, pukotine	intaktna sljubnica, pukotine	intaktna sljubnica, pukotine	markirana do otvorena sljubnica, pukotine	-

1 GODINA

2 GODINE



Slika 3. Čvrstoća spoja nakon izlaganja atmosferskim utjecajima

Određivanje veličine rasipanja pomoću minimalne i maksimalne vrijednosti jednostavan je, ali ne i točan način. Daleko veća točnost procjene rasipanja čvrstoće postiže se standardnom devijacijom, koja je u tablici 3 označena slovom *s*.

Kod kontrole čvrstoće slijepjenog spoja ne interesiraju nas, u stvari, prosječna čvrstoća i maksimalna čvrstoća, nego područje minimalne čvrstoće, jer se nastoji da 90%, 95% ili 100% slijepjenih elemenata ima zadovoljavajuću čvrstoću. Zbog toga se za slijepjene konstrukcije koristi tzv. normativna čvrstoća.

$\check{C}_n = \check{C}_{\text{srednja}} - (1 \div 2,25) s$, gdje je:
s — standardna devijacija,

$$\check{C}_{\text{srednja}} = \frac{\sum \check{C}}{n}$$

Za naš slučaj u granicama vlažnosti 8—14% to iznosi:

$$\check{C}_n \text{ 8\%} = 80,86 - (1 \div 2,25) 15,87 = 64,99 - 45,16 \text{ daN/cm}^2$$

$$\check{C}_n \text{ 12\%} = 78,85 - (1 \div 2,25) 26,55 = 52,30 - 19,12 \text{ daN/cm}^2$$

$$\check{C}_n \text{ 14\%} = 82,28 - (1 \div 2,25) 28,05 = 54,23 - 19,17 \text{ daN/cm}^2$$

Na temelju ovakvog proračuna, procjenjuje se da će, npr. kod 8% vlažnosti, oko 85% svih spojeva imati veću čvrstoću od 64,99 daN/cm², odnosno oko 99% svih spojeva imat će veću čvrstoću od 45,16 daN/cm², a samo 50% spojeva imat će veću čvrstoću od 80,86 daN/cm².

I po tome proračunu vidi se da je nakon 2 godine izlaganja u vanjskim uvjetima čvrstoća vezanja manja od predloženih vrijednosti T3 (B3) i T4 (B4) za prosječnu čvrstoću.

Sada se može postaviti pitanje koje realne uvjete prezentiraju simulirana ispitivanja T4 (B4) i T3 (B3)?

Budući da se ovdje radi o ljepilu koje izdrži oba navedena uvjeta, moglo bi se grubo procijeniti da su oba uvjeta identična izlaganju *nezaštićenih i nenatkrivenih spojeva* u realnim klimatskim uvjetima u trajanju nešto dulje od 1 godine.

Ova usporedba nije sasvim korektna, jer su navedeni standardi i minimalne čvrstoće vođeni na bazi aritmetičkih sredina, ali kod laboratorijskih ispitivanja ne nastaju tako velika rasipanja kao kod prirodnog izlaganja utjecajima.

Relativno malena početna čvrstoća (tablica III) može se obrazložiti nedovoljnom otvrđenošću ljepljiva. Objektivno smanjenje čvrstoće spoja nakon 1 i 2 godine veće je no što je prikazano u tablici III i na slici 3 zbog toga što su spojevima kod

izrade uzoraka za ispitivanje otklonjeni površinski slojevi, gdje je čvrstoća spoja bila minimalna, ili povezanosti više nije bilo, a ispitivan je središnji dio gdje je veza koliko toliko bila sačuvana.

Ovaj rad predstavlja početak istraživanja prikladnosti ljepila i metoda njegova ispitivanja za proizvode u građevinarstvu.

3. ZAKLJUČAK

1. Spojevi izrađeni pomoću »vodootpornih« PVA ljepila nezaštićeni i izloženi ekstremno teškim atmosferskim utjecajima s vremenom gube na čvrstoći, ali ni nakon 2 godine ne dolazi do destrukcije spoja.
2. Spojevi izrađeni iz drva s većom vlažnošću od 14 % manje su postojani prema atmosferskim utjecajima.

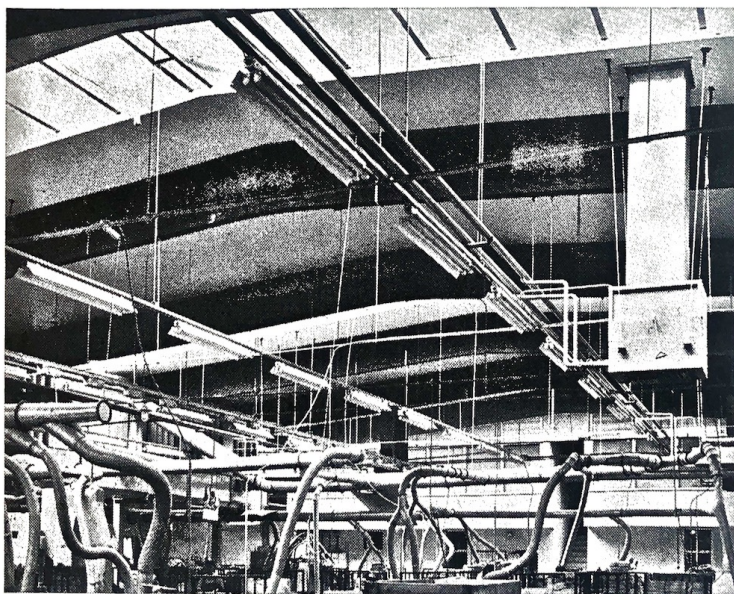
3. Uvjeti ispitivanja T3 (B3) i T4 (B4) za opisana istraživanja odgovaraju nezaštićenom i nenatkrivenom izlaganju spojeva atmosferskim utjecajima u trajanju nešto dulje od jedne godine.

4. Potrebna su daljnja istraživanja metoda ispitivanja otpornosti spojeva prema atmosferskim utjecajima.

4. LITERATURA

- [1] BOEHME, C.: Das Verholten Polyvinilacetat-klebstoffen in der Freibewitterung. Holz als Roh und Werkstoff 35 (1977) 8. 289—294.
- [2] LJULJKA, B.: Lijepljenje u tehnologiji finalnih proizvoda. Zagreb 1978.
- [3] *** JUS H.K8.024, DIN 53 254, DIN 86 601, DIN 68 602, DIN 68 603, Din 68 141.

INVESTITORI povjerite svoje probleme stručnjacima



Specijalizirana projektantska organizacija za drvenu industriju nudi kompletan projektni inženjering sa slijedećim specijaliziranim odjelima:

Tehnološki odjel

Odjel za nisku gradnju

Odjel za visoku gradnju

Posebna skupina arhitekata

Odjel za energetiku i instalacije

Odjel za programiranje

Izrađujemo također nove proizvodne programe, zajedno s tehnologijom i istraživanjem tržišta.

Naši stručnjaci su Vam uvijek na raspolaganju.

BIRO ZA LESNO INDUSTRIJO

61000 Ljubljana, Koblarjeva 3

telefon 314022