

## KVALITET LIJEPLJENJA LAMELIRANOG DRVETA-PARAMETAR KVALITETA U PROIZVODNJI DRVETA

### GLUING QUALITY OF LAMINATED WOOD-PARAMETER OF QUALITY IN WOOD INDUSTRY

Štefo Šorn

Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet Sarajevo  
Bosna i Hercegovina

Almira Softić

Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet Sarajevo  
Bosna i Hercegovina

#### REZIME

*Rad se fokusira na kvalitet lijepljenja drveta u dva preduzeća drvne industrije. Kvalitet lijepljenja (iskazan kao čvrstoća smicanja) je parametar kompozitnih materijala na bazi masivnog drveta koji potvrđuje mogućnost zamjene masivnog drveta kompozitnim materijalom (lamelirani element). Ovaj parametar u sklopu sistema upravljanja kvalitetom, bilo da je u pripremi ili već uveden, je nezaobilazan. Praćenjem ovog parametra, pored ostalih, u procesu proizvodnje (FPC) dokazuje se kontinuiranost nadzora nad kvalitetom sirovine, odnosno kvalitetom gotovog proizvoda. Također, nadzorom nad ovim parametrom proizvođač odlučuje o ulaznim informacijama (ulazna kontrola) i njihovim utjecajima na kvalitet gotovog proizvoda, odnosno upravlja proizvodnjom.*

**Ključne riječi:** upravljanje kvalitetom, kompozitni materijal na bazi masivnog drveta, FPC

#### SUMMARY

*The paper will be showing the monitoring of gluing wood in two enterprises of wood industry. The quality of adhesion (expressed as shear strength) is a parameter of composite materials based on solid wood, which confirms the possibility of replacing solid wood composite material (laminated element). This parameter in quality management system (ISO 9001), either in preparation or already introduced, is unavoidable. The monitoring of this parameter, among others, in the production process (FPC) is proved by the continuous monitoring of the quality of raw materials and final product quality. Also, by controlling this parameter, the manufacturer decides on the inputs (input control) and their impacts on the quality of the finished product, and manages the production.*

**Keywords:** quality management, composite materials based on solid wood, FPC

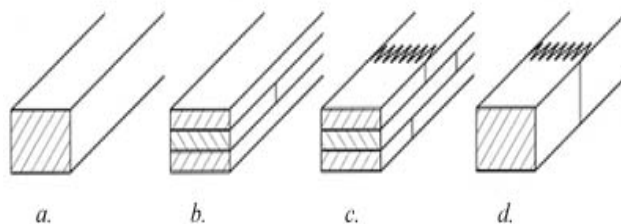
#### 1. UVOD

Upravljanje kvalitetom je upravljački pristup za kvalitet u poslovnom sistemu koji ostvaruje funkciju upravljanja kvalitetom u sistemu kvaliteta. Za primjenu upravljanja kvalitetom najodgovornije je najviše rukovodstvo, ali svoj dio odgovornosti imaju svi nivoi upravljanja i svi uposleni u organizaciji. Preduzeća drvne industrije – građevinske stolarije (u daljem

tekstu *prozora*) u skladu sa zahtjevima evropskog tržišta treba, treba da imaju CE znak. Da bi to postigli, preduzeća treba da imaju nadzor nad procesom proizvodnje. Dokaz o nadzoru nad proizvodnjom uglavnom se traži kroz posjedovanje uvedenog sistema upravljanja proizvodnjom (ISO 9001) i na taj način preduzeća izgrađuju povjerenje kupca. Nadzor nad samom proizvodnjom (*Factory production control* FPC) svodi se na:

- Kontrolu ulaznih materijala (ulazne informacije u proizvodnju)
- Kontrola proizvodnog procesa
- Kontrolu izlaznog kvaliteta proizvoda (izlazne informacije)

Na području BiH kvalitet prozora definisan je pravilnikom o prozorima koji je baziran na BAS EN 14351-1. Sirovina za proizvodnju prozora može biti masivno drvo ili kompozitno drvo na bazi masivnog drveta, furnira ili usitnjenog drveta. Na našem tržištu to su najčešće lamelirani elementi (slika 1 b,c), odnosno, troslojne ljepljenice (kompozitni materijala na bazi masivnog drveta).



Slika 1. Vrste elemenata za izradu prozorskih profila

Problem pred kojim se proizvođač nalazi je u odlučivanju kupovine ili zamjene ljeplila u procesu proizvodnje u funkciji kvaliteta lameliranih elemenata. Na tržištu imamo više ponuđača koji se nadmeću u prezentaciji svojih proizvoda, a najčešće odlučuje cijena ponuđenog proizvoda. U slučaju nepostojanja FPC-a ili drugog nadzora nad procesom proizvodnje proizvođač se oslanja na dobiveni certifikat o kvaliteti ljeplila, što je potreban ali ne i dovoljan uvjet za kvalitet lijepljenja.

## 2. METODOLOGIJA ISPITIVANJA

Prozor, kao laki građevinski element, namijenjen je zaštiti unutarnjih prostorija od vanjskih uvjeta. Elementi prozora nisu konstruktivni elementi, te su kao takvi namijenjeni preuzimanju opterećenja od vjetra, i na taj način se dimenzioniraju. Sirovina koja se upotrebljava za proizvodnju može biti proizvedena u istoj organizaciji koja proizvodi prozore ili se kupuje kao poluproizvod. U oba slučaja, s aspekta upravljanja proizvodnjom, ovi elementi se tretiraju kao komponente budućeg proizvoda i podpadaju pod „Ulaznu kontrolu materijala“. Prema BAS EN 14351-1 proizvođač treba da ima uspostavljenu proizvodnu kontrolu (FPC sistem, baziran na ISO 9001) nad ulaznom sirovinom, i svim drugim repromaterijalima i komponentama koje ulaze u gotov proizvod, opremom, procesom proizvodnje i gotovim proizvodom.

U sklopu ulazne kontrole u proces proizvodnje prozora praćen je kvalitet sirovine. Kako je ulazna sirovina lamelirani element, kvalitet lijepljenja je parametar od izuzetne važnosti. Njime potvrđujemo sigurnost zamjene masivnog drveta kompozitnim materijalom i osiguravamo trajnost proizvoda. Kvalitet lijepljenja je praćen čvrstoćom smicanja lijepljenog drveta. Ova osobina ispitivana je u dvije proizvodne organizacije proizvođača prozora u toku 2010. godine.

Organizacije nemaju uveden sistem ISO 9001, ali se pripremaju, i u sklopu razvoja kontrole FPC jedna od organizacija je osposobila laboratorij za praćenje određenih parametara kvaliteta a druga je koristila njene usluge.

Metode ispitivanja bazirane su na evropskim standardima koji su preuzeti u BiH. U ovome slučaju metod praćenja kvaliteta lijepljenja drveta je prilagođen proizvodnoj kontroli i baziran je na EN 204 i BAS EN 392. Ispitivanja čvrstoće lijepljenja vršena su jednom mjesečno u jednoj organizaciji, a u drugoj period ispitivanja je bio svaka dva mjeseca. Razlozi ovakvog tretmana su praktične prirode s obzirom na to da su ova ispitivanja relativno duga, minimalno 11 dana od trenutka proizvodnje lameliranog elementa.

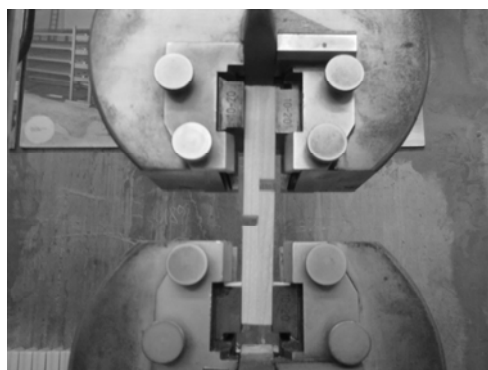
Prema EN 204, ispitivanja se vrše režimom pripreme proba prema Tabeli 1. U cilju prilagođavanja procesu proizvodnje u sklopu FPC-a nisu se provodila sva ispitivanja predviđena normama, nego samo dokazivanje vlagootpornosti, odnosno, vodootpornosti lijepljenog spoja. Ovi tretmani prikazani su kao D4-3, odnosno, D4-5 u Tabeli 1. BAS EN 392 obrađuje ispitivanje čvrstoće smicanja lijepljenog spoja lameliranog drveta i definiše oblik proba za ispitivanje.

Problem koji može nastati u formalnom prihvatanju normi je u proceduri ispitivanja prema normama za ispitivanje nekonstruktivnih elemenata. Norma EN 205 daje metod ispitivanja lijepljenja kao adhezivnog materijala za proizvodnju nekonstruktivnih elemenata od drveta (na vrsti drveta bukve i oblika probe koji se razlikuje od BAS EN 392). U proizvodnji prozora najčešće se primjenjuju četinari (j/s, bor, ariš, i neke egzote) ali i tvrde vrste drveta kao hrast i druge prema želji kupca, kao troslojni lamelirani element. Oblik proba predviđen BAS EN 392 je prikladniji za proizvodnu kontrolu u odnosu na EN 205 i kao takav usvojen je u ovome radu (slika 2 a i b).

### 3. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Praćenje rezultata ispitivanja čvrstoće smicanja lameliranih elemenata proizvođača I i II prikazani su Slikom 2 a i b. Na dijagramima su dati trendovi ponašanja srednjih vrijednosti čvrstoće smicanja proba (kao reprezentanti kvaliteta lijepljenja lameliranih elemenata) prema tretmanima kojim su bili izloženi (Tabela 1) tokom 2010. godine.

Iz njih je uočljivo da srednje vrijednosti čvrstoća smicanja prema tretmanima, D4-3 i D4-5, Proizvođača I imaju približan trend tokom godine, što nije slučaj s Proizvođačem II. Stabilnost procesa proizvodnje posmatran mjesečno bio je povremeno pod kontrolom a povremeno van kontrole, gledano s aspekta koeficijenta varijacije podataka. U periodu jedne godine, varijacije podataka su velike. U Tabeli 2 dat je prikaz srednjih vrijednosti i njihovih varijacija u toku godine: standardne devijacije (kolona 3 i 7), koeficijenta varijacije (kolona 4 i 8) i prikaz procenta loma po drvetu lijepljene površine (kolona 5 i 9).



a.



b.

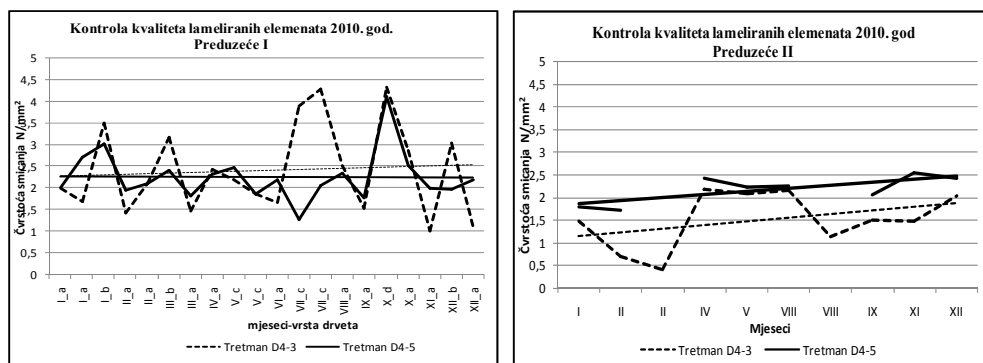
Slika 2. Prikaz oblika proba i načina ispitivanja prema: a. EN 205 i b. EN 392

Tabela 1. Tretiranje proba prije određivanja smicajne čvrstoće prema EN 204

| Broj tretmana | Režim pripreme proba  | Čvrstoća smicanja u funkciji klase N/mm <sup>2</sup> |      |      |      |
|---------------|---|--|------|------|------|
|               |   | D1   | D2   | D3   | D4   |
| 1             | 7 dana standardna klima   | ≥ 10   | ≥ 10 | ≥ 10 | ≥ 10 |
| 2             | 7 dana standardna klima<br>3 sata hladna voda<br>7 dana standardna klima                    | -  | ≥ 8  | -    | -    |
| 3             | 7 dana standardna klima<br>4 dana hladna voda   | -  | -    | ≥ 2  | ≥ 4  |
| 4             | 7 dana standardna klima<br>4 dana hladna voda<br>7 dana standardna atmosfera                | -  | -    | ≥ 8  | -    |
| 5             | 7 dana standardna klima<br>6 sati ključala voda<br>2 sata hladna voda                       | -  | -    | -    | ≥ 4  |
| 6             | 7 dana standardna klima<br>6 ključala voda<br>2 sata hladna voda<br>7 dana standardna klima | -  | -    | -    | ≥ 8  |

1- standardna klima 20±2°C/65±5% r.v. ili 23±2°C/50±5% r.v.

Provedena ispitivanja u proizvodnji ukazuju na visok kvalitet, odnosno visoke čvrstoće smicanja PVAc ljepila prema tretmanu 1 (Tabela 1) za sve klase, D1, D2, D3, odnosno D4. Ovo je dodatni razlog da se ispitivanja svedu na kontrolu vlagootpornosti, odnosno vodootpornosti lijepljenog spoja. Na ovaj način se može utjecati i na komercijalne odluke, jer su ljepila klase D4 u odnosu na ostale klase skuplja.



Slika 3. Prikaz promjene čvrstoće smicanja lijepljenih elemenata Preduzeća I i II u toku 2010.god.

Procenat loma po drvetu kao dodatni pokazatelj kvaliteta lijepljenja ukazuje na mogućnosti proizvodnje iskazane kroz upotrijebljeno ljepilo i nadzor nad kvalitetom proizvodnje. Naime, prilikom praćenja ovog parametra mogu se desiti dva slučaja. Povećani procenat loma po drvetu, a mala vrijednost čvrstoće smicanja i mali procenat loma (najčešće nula – adhezioni lom) po drvetu i veće vrijednosti čvrstoće smicanja lijepljenog spoja. Razlog je nehomogenost drveta kao materijala i zato se uporedo prate ova dva parametra za ocjenu kvaliteta lijepljenja, čvrstoća smicanja i procenat loma po drvetu.

Tabela 2. Prikaz rasipanja srednjih vrijednosti ispitivanja čvrstoće smicanja lameliranih elemenata proizvođača I i II u toku 2010 god., i 6 proizvođača u toku 2004-2005 god.

| Proizvođači/Tretman                 | Čvrstoća smicanja D4-3          |                               |                 |               | Čvrstoća smicanja D4-5          |                               |                 |               |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------|
|                                     | Sred. Vrijed. N/mm <sup>2</sup> | Stand. Dev. N/mm <sup>2</sup> | Koef. Varija. % | Proc. Loma. % | Sred. Vrijed. N/mm <sup>2</sup> | Stand. Dev. N/mm <sup>2</sup> | Koef. Varija. % | Proc. Loma. % |
| 1                                   | 2                               | 3                             | 4               | 5             | 6                               | 7                             | 8               | 9             |
| I – 2010 god.                       | 2,40                            | 0,48                          | 21,13           | 11,20         | 2,27                            | 0,38                          | 17,83           | 17,95         |
| Stand. Devijacija N/mm <sup>2</sup> | 1,02                            | 0,24                          | 8,12            | 26,23         | 0,57                            | 0,23                          | 13,50           | 31,62         |
| Koef. varijacije %                  | 42,29                           | 50,24                         | 38,46           | 237,76        | 25,19                           | 59,72                         | 75,73           | 176,17        |
| II – 2010 god.                      | 1,51                            | 0,36                          | 24,16           | 5,70          | 2,17                            | 0,36                          | 18,14           | 14,88         |
| Stand. Devijacija N/mm <sup>2</sup> | 0,62                            | 0,17                          | 17,68           | 8,73          | 0,30                            | 0,21                          | 13,34           | 16,34         |
| Koef. varijacije %                  | 41,3                            | 46,74                         | 73,20           | 153,2         | 13,8                            | 58,03                         | 73,50           | 109,85        |
| 6 Proizvođača 2004-2005 god         | 2,09                            | 0,41                          | 22,5            | -             | 1,87                            | 0,36                          | 20,5            | -             |

Rezultati ispitivanja pokazuju na to da se u procesu proizvodnje ostvario kvalitet lijepljenja klase D3. Ovaj kvalitet lijepljenja je zadovoljavajući prema datim normama za dani proizvod u slučaju upoznavanja i usaglašavanja s kupcem. Međutim, kupac uglavnom traži klasu D4 koja u našim uvjetima proizvodnje, s većinskom primjenom j/s (jele/smrče) kao vrste drveta, ima manje vrijednosti kako je prikazano grafikonima na Slici 3 i Tabeli 2, u odnosu na Tabelu 1.

Ispitivanja vršena ranijih godina [2] za šest proizvođača, pokazala su slične vrijednosti (Tabela2), što potvrđuje navedenu konstataciju kvaliteta lijepljenja D3.

Ono što se u sklopu „Upravljanja proizvodnjom“ (kroz FPC) treba pronaći i odlučiti je da li je u pitanju dobavljač, (vrsta ljepila, kvalitet ljepila) ili radnik u sklopu režima rada: vlaga drveta i uparivanje lamela, priprema i nanos ljepila, mehanička priprema površine lamela, pritisak u presi (režim presanja), uvjeti rada. U slučaju uvedenog sistema ISO 9001 podrazumjeva se ovaj nadzor i postupanje po proceduri u slučaju odstupanja od željenih rezultata.

U slučaju djelimičnog nadzora, u sklopu pripreme proizvodnje, ovi parametri se djelimično prate i pamte a ne registruju, što je prednost uvođenja sistema upravljanja kvalitetom.

Dijagram proizvođača II može biti primjer prihvatanja sugestija u toku rada i utjecaja na kvalitet ljepljenog elementa, jer postoji trend rasta praćenih vrijednosti, iako još uvijek nezadovoljavajući. Snimanjem stanja mogućnosti proizvodnog procesa daje se osnov konstrukcija načina praćenja ovog parametra nekom od statističkih metoda (kontrolne karte i sl.)

Većina proizvođača ovaj nadzor nema i ne posjeduje uvid nad svojom proizvodnjom. Tako neki proizvođači imaju Certifikat (ITT, *Initial type testing*) koji predstavlja jednu tačku pomenutih dijagrama, nemaju nadzor nad proizvodnjom, u koliko ne posjeduju kontrolu procesa proizvodnje FPC, ili ne koriste permanentne usluge eksterne kontrole.

#### 4. ZAKLJUČCI

Na osnovu iznešenog mogu se definisati sljedeći zaključci:

- Sirovina za proizvodnju prozora spada u kompozitne materijale na bazi masivnog drveta i s tog aspekta treba da ima potvrdu nadzora nad svojim kvalitetom.
- S ciljem upravljanja proizvodnjom a u odnosu na razne ponude proizvođača ljepila i vrsta ljepila (jednokomponentna, dvokomponentna) ulazna kontrola repromaterijala i sirovina dolazi do izražaja.

- Prosječna vrijednost čvrstoće smicanja u praćenim proizvodnjama odgovara klasi ljepila D3 (EN204), s tim da je vodootpornost spoja povišena, što ne zahtijeva pomenuta klasa.
- Na osnovu prirodnih granica rasipanja podataka čvrstoće smicanja (mogućnosti proizvodnog sistema) treba raditi na izradi kontrolne karte koja bi pratila ovaj parametar.
- Rad ukazuje na svrsishodnost, odnosno potrebu uvođenja sistema upravljanja kvalitetom u preduzeća drvne industrije.

## 5. LITERATURA

- [1] Juran, J. M. ; Gryna, F. M.: Planiranje i analiza kvalitete, treće izdanje, hrvatsko izdanje d.o.o. Mate
- [2] Šorn, Š. ; Bogner, A.: Istraživanje kvalitete ljepljenja lameliranih elemenata za proizvodnju građevinske stolarije, *Drvena industrija* 57 (3) 99-107 (2006), Zagreb
- [3] Šorn, Š.: Upravljanje kvalitetom, Naučno-stručni sompozij – Nove tehnologije u drvnoj industriji XII 2007, Mašinski fakultet Sarajevo, Sarajevo
- [4] \*\*\* EN 204 Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications.
- [5] \*\*\* EN 205 Test methods for wood adhesives for non-structural applications.
- [6] \*\*\* BAS EN 392 Glue laminated timber – Shear test of glue lines.
- [7] \*\*\* BAS EN 14351-1 Windows and doors – Product standard, performance characteristics – Part 1: Windows and external pedestrian doorset without resistance to fire and/or smoke leakage characteristics