

Prof. dr. sc. Vlatka Rajčić, dipl. ing. građ.
Dean Čizmar, dipl. ing. građ.

Kompozitni materijali na osnovi drva i polimera – 2. dio

4 Mehaničke karakteristike

Na tržištu postoji velik broj različitih drvoplastičnih elemenata tako da je o mehaničkim karakteristikama donekle nezahvalno govoriti. Parametri čvrstoće i krutosti uvelike ovise o tipu smjese, interakciji drva i polimera, načinu proizvodnje te o uvjetima kojima je element izložen. U svakom slučaju s napretkom tehnologije primjećuje se povećanje mehaničkih karakteristika.

U tablici 2. prikazani su težinski udjeli drvenih vlakana, polipropilena (PP), dodatka (MAPP). Drvoplastični proizvod oblikovan je uz uporabu termokinetičke mješalice, gdje je jedini izvor energije uzrokovan kinetičkom energijom rotirajućih lopatica. Brzina rotacije bila je 4600 okretaja/min, a proces je završen kada je smjesa dosegla temperaturu od 190 °C. Smjesa se sušila na 105 °C 4 sata, a zatim su uzorci za ispitivanje oblikovani injekcijskim ubrizgavanjem u kalupe (tlakovi su varirali od 2,75 do 8,3 MPa). Uzorci su zatim stavljeni u kontrolirane uvjete (vlažnost 20 % i 32 °C) 3 dana. Dimenzije uzoraka za ispitivanje određene su prema normama ASTM-a.

U tablici 3. prikazani su rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava uzoraka iz tablice 2. [1]. Provedena su vlačna ispitivanja (prema ASTM 638-90), ispitivanje udarne čvrstoće (prema ASTM D 256-90) i ispitivanje na savijanje (prema ASTM 790-90). U tablici 3. PP označuje polipropilen, MAPP je dodatak definiran u poglavlju 2., dok A označuje drvo jasiku. Tablica 4. daje usporedbu mehaničkih karakteristika drvoplastike ovisno o različitim vrstama polimera s PVC-om bez udjela drva [11]. Na slici 6. prikazani su radni dijagrami kompozita s obzirom na vrstu drva (jela i bor) [11].

5 Utjecaj vlažnosti

Uzorci navedeni u tablici 3. su ispitani u okolišu s relativnom vlažnošću od 90 %. Svakih 25 dana (D) mjerila se vlažnost uzoraka. Nakon 100 dana interval je povećan na 50 dana do konačnog vremena od 200 dana. Treba napomenuti da su uzorci i nakon 200 dana dobili na težini.

Tablica 2. Težinski udjeli pojedinih komponenata drvoplastike

Vlakna jasike [%]	Polipropilen [%]	MAPP [%]
30	70	0
30	68	2
40	60	0
40	58	2
50	50	0
50	48	2
60	40	0
60	38	2

Tablica 3. Osnovne mehaničke karakteristike drvoplastike u ovisnosti o težinskom udjelu pojedinih komponenata

Težinski udjeli pojedinih komponenata [%]	Čvrstoća na savijanje [MPa]	Vlačna čvrstoća [MPa]	Udarne čvrstoća [J/m ²] uzorak sa zarezom	Udarne čvrstoća [J/m ²] uzorak bez zareza
100 PP	27,9	26,2	22,4	713,5
98 PP/ 2 MAPP	34,6	29,3	18,6	563,3
30A/70 PP	49,5	29,3	24,8	101,7
30A/68PP/ 2 MAPP	60,2	44,9	21,1	128,3
40A/60PP	54,6	34,9	19,6	85,5
40A/58 PP/2 MAPP	66,4	47,7	19,8	108,7
50A/50PP	50,2	28,4	26,4	67,1
50A/48 PP/ 2 MAPP	75,7	53,1	21,9	98,5
60A / 40PP	45,9	25,6	23,9	55,2
60A/38PP /2 MAP	75,8	48,1	21,3	81,1

Tablica 6. prikazuje ispitane uzorke i postotke povećanja njihove težine u odnosu na vrijeme.

Iz tablice 6. je vidljivo da se povećanjem udjela drva u kompozitu povećava apsorpcija vode što je i logično jer je drvo hidrofilni materijal.

Osim ovog ispitivanja napravljeno je cikličko ispitivanje vlažnosti. Uzorci su prvo stavljeni u okoliš s 30 % relativne vlažnosti u trajanju od 60 dana a zatim u okoliš s 90 % relativne vlažnosti, također u trajanju od 60 dana. Ovi su ciklusi ponovljeni četiri puta. Rezultati ovog istraživanja prikazani su u tablici 7., gdje se vidi da se sa svakim povećanjem vlažnosti okoliša povećava i apsorpcija vode u uzorcima.

Istraživanja o utjecaju vlažnosti kod na drvoplastike još su u tijeku. Dosadašnji rezultati pokazuju da je presudna količina drva od 50 %, odnosno da se kod uzoraka s 50 % ili više apsorpcija vode uvelike povećava. Vjerojatni je razlog da se kod ovih uzoraka vlakna drva međusobno dodiruju i na taj se način unosi vlaga u materijal.

Drugi je problem što su uzorci i nakon 200 dana povećavali svoju težinu, što nas upućuje na činjenicu da to nije njihova konačna vlažnost.

Unatoč svemu ovdje nabrojenom, možemo zaključiti da se drvoplastični materijal izuzetno dobro ponaša u vlažnom okolišu.

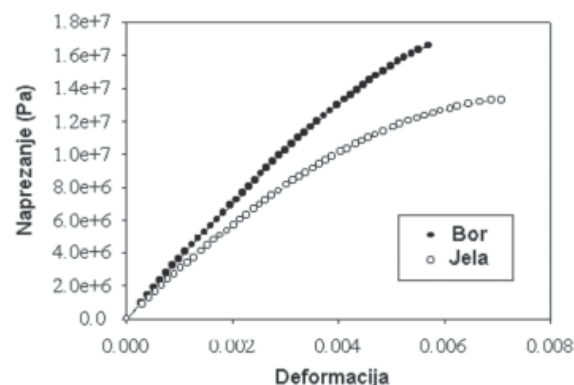
6 Ostale karakteristike

6.1 Biološke karakteristike

Kompoziti koji sadržavaju manje količine drva imaju i bolju otpornost na gljivice i insekte te bolju dimenzijsku stabilnost. Elementi s većom količinom drva podložniji su ovim utjecajima, pa se neki proizvođači koriste cinkom kao sredstvom zaštite. U laboratorijima su prema normama ASTM-a obavljena različita ispitivanja kojima je dokazana izuzetna otpornost na različite vrste gljivica, no ove rezultate treba uzeti s rezervom jer su uzorci suhi. Realniji bi testovi bili oni kod kojih su uzorci najprije potopljeni u vodu, a zatim izloženi napadu gljivica. Praksa pokazuje da se kod drvoplastike mogu pojaviti napadi određenih vrsta mahovina [1].

uvjetima nakon 400-600 sati djelovanje UV zračenja na uzorcima je primjetno blijeđenje drvoplastike. Nakon 2000 sati kontinuiranog UV zračenja elementi su potpuno poblijedjeli, i to do dubine od čak 10 mm. Mehanizmi zbog kojih dolazi do dubinskog gubitka pigmenta nisu potpuno poznati, no smatra se da slobodni radikali koji se formiraju poradi UV zračenja zbog strukture kompozita prodiru dublje. Otpornost na požar predmet je dosta kontroverznih istraživanja, naime takvi se kompoziti mogu i otopiti i gorjeti, što uvelike otežava provedbu i izradu same metodologije ispitivanja [1]. Neki istraživači [12] smatraju da je otpornost na požar bolja nego kod drva.

Slika 6. Dijagram naprezanje –deformacija



nema problema s bubrenjem, a istodobno je utjecaj bioloških čimbenika (mahovine, plijesni, nametnici) smanjen. Drvoplastika je industrijski proizvod koji ne traži nikakvu daljnju obradu i održavanje nakon ugradnje.

Tablica 4. Usporedba mehaničkih karakteristika drvoplastike u ovisnosti o različitim vrstama polimera s PVC-om (bez udjela drva)

Opterećenje	Karakteristika (MOE - modul elastičnosti, MOR - čvrstoća na savijanje, E - vlačni modul elastičnosti, S - vlačna/tlačna čvrstoća)	Kompozit polietilena velike gustoće (HDPE) i drva	Kompozit polivinilklorida (PVC) i drva	Kompozit polistirena (PS) i drva	Polivinilklorid (PVC) bez drva
Savijanje	MOE (MPa) MOR (MPa)	1800-5100 10,3-25,5	5100-6800 41,3-46,9	6600 34,7	2060-3433 69-110
Vlak	E (MPa) S (MPa)	1900-5000 5,5-15,2	5800 25,1	6500 18,1	2400-4120 41-52
Tlak	S (MPa)	11,7-26,9	61,2	51,0	55-89

6.2 Utjecaji atmosfere i otpornost na požar

Ispitivanja stabilnosti elemenata pod utjecajem ultraljubičastog (UV) zračenja još su u tijeku, no zasad je jasno da kompoziti blijede tijekom vremena [1], [10] pa zbog toga neki proizvođači dodaju pigment ili smeđu boju. U laboratorijskim

7 Zaključak

Drvoplastika je novi materijal koji u građevinarstvu još uvijek traži svoje mjesto. Kompoziti napravljeni od polimera i drva pokazali su vrlo dobra svojstva. Ovi proizvodi nisu hidrofilni tako da

da ovi kompoziti imaju mnogo bolje karakteristike nego kada se rabe nove sirovine.

Mane drvoplastike su relativno mala primjena u građevinarstvu koja je s jedne strane rezultat inertnosti, a s druge posljedica nedovoljnog broja

Tablica 7. Povećanje težine u cikličkom ispitivanju

Težinski udjeli komponentata [%] Jasika / PP / MAPP	Povećanje težine [%] Vlažnost okoliša [%]							
	30%	90%	30%	90%	30%	90%	30%	90%
0/100/0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,4
30/70/0	0,6	0,9	0,7	1,4	0,7	1,4	0,9	1,9
30/68/2	0,4	0,9	0,7	1,2	0,7	1,3	0,9	1,8
40/60/0	0,4	0,9	0,7	1,4	0,7	1,6	0,7	2,1
40/58/2	0,2	1,2	0,8	1,6	1,0	2,0	1,2	2,2
50/50/0	0,5	1,5	1,2	2,5	1,2	2,7	1,2	3,2
50/48/2	0,6	1,3	1,1	2,2	1,3	2,2	1,3	2,6
60/40/0	0,7	2,5	1,5	4,1	1,6	4,1	1,3	4,8
60/38/2	0,2	1,5	1,0	2,6	1,3	2,6	1,3	3,3

Tablica 6. Povećanje težine uzoraka ovisno o vremenu i tipu uzorka

Težinski udjeli komponentata [%] Jasika / PP / MAPP	Povećanje težine uzoraka [%] Vlažnost okoliša 90%					
	25 D	50 D	75 D	100 D	150 D	200 D
0/100/0	0	0	0	0	0,2	0,4
30/70/0	0,7	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8
30/68/2	0,7	0,7	1,1	1,5	1,5	2,2
40/60/0	0,7	1,4	1,7	2,0	2,4	3,0
40/58/2	0,4	1,2	1,5	1,9	2,7	3,5
50/50/0	1,3	2,0	2,6	3,6	4,3	5,3
50/48/2	1,5	1,8	2,2	2,9	4,0	5,1
60/40/0	3,7	4,5	5,6	6,0	6,3	6,7
60/38/2	1,6	2,2	3,5	4,4	5,1	6,0

znanstvenih istraživanja. Iako su neki autori ([3], [4] i [6]) detaljno istraživali ponašanje kompozita, činjenica je da do danas ne postoji dovoljan broj znanstvenih radova.

Propisi, norme i jedinstvena klasifikacija ovih kompozita (za proračun konstrukcijskih elementa) zasad još ne postoje. Unatoč dobrim svojstvima koja prevladavaju, istraživanja koja su usmjerena na uporabu recikliranih sirovina u prvome se radu odnosi na drvo obrađeno spojevima kroma, bakra i arsena pokazala su nepovoljne karakteristike s aspekta zaštite okoliša i kontaminacije ljudi otrovnim spojevima [10].

U SAD-u će uskoro biti zabranjena uporaba drva obrađenog tim spojevima na dječjim igralištima, vrtnoj galanteriji itd. te će korištenje recikliranim drvom vjerojatno biti ograničeno. Svaki građevinski materijal ima dobra ili povoljna i loša ili nepovoljna svojstva. Pravilnom upotrebom, razvojem industrije i novim spoznajama ovi će kompoziti u budućnosti zauzeti velik dio tržišta jer prednosti i karakteristike koje donosi ovaj materijal znatno nadmašuju njegove mane.

Literatura

- [1] Rowel, R., Handbook of wood chemistry and wood composites, CRC Press, 2005.
- [2] Optimat Ltd & MERL Ltd., Wood plastics composites study – technologies and UK market opportunities, The waste and resource action programme, Oxon, 2003.
- [3] Wang, Y., Morphological Characterization of Wood Plastic Composite (WPC) with Advanced Imaging Tools: Developing Methodologies for Reliable Phase and Internal Damage Characterization, Ms. Thesis, Oregon State University, Oregon, 2007.
- [4] Vos, D., Engineering properties of wood composite panels, Ms. Thesis, University of Wiscosin – Madison, Madison, 1998.
- [5] Slaughter, A.E., Design of structural wood-plastic composite, Ms. Thesis, Washington State University, Washington, 2004.
- [6] Young, J., Fracture behaviour of wood plastic composite (WPC), Graduate School of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Ms. Thesis, Baton Rouge, 2005.
- [7] Radovanović, I., Verarbeitung und Optimierung der Rezeptur von Wood Plastic Composites (WPC), Disertacija, Osnabrück, 2007.
- [8] Gosselin, R., Rodrigue, D., Riedl, B., Injection Molding of Postconsumer Wood-Plastic Composites I: Morphology, Journal of Thermoplastic Composite Materials, vol. 19, pp. 639-657, 2006.
- [9] Gosselin, R., Rodrigue, D., Riedl, B., Injection Molding of Postconsumer Wood-Plastic Composites II: Mechanical properties, Journal of Thermoplastic Composite Materials, vol. 19, pp. 659-669, 2006.
- [10] Kandem, P. Et all, Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service, Composites, pp. 347-355, 2003.
- [11] Walcot, M. P., Production methods and platforms for wood plastic composites, Conference of Non-Wood Substitutes for Solid Wood Products, Melbourne, 2003.
- [12] Malvar, J. P., Tichy, R., Pendleton, D.E., Fire issues in engineered wood composites for naval waterfront facilities, 46th International SAMPE Symposium and Exhibition, Long Beach, 2001.





KATEDRA ZA DRVENE KONSTRUKCIJE

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Kačićeva 26, 10000 Zagreb
www.grad.hr/drvo

- Projektiranje i statička analiza drvenih konstrukcija
- Projekti sanacije i ojačanja objekata kulturnog nasljeđa
- Projektiranje nosivih konstrukcijskih elemenata od stakla
- Nedestruktivna ispitivanja stanja drvenih konstrukcija
- Nadzor, ekspertize i vještačenja
- Stručno usavršavanje i edukacija