

PROJEKTOVANJE I KONTROLA LEPLJENIH ELEMENATA U IZRADI GRAFIČKIH PROIZVODA SA ISKAKAJUĆIM (POPAP) ELEMENTIMA**DESIGN AND CONTROL OF GLUED ELEMENTS IN THE PRODUCTION OF GRAPHIC PRODUCTS WITH POPUP ELEMENTS**Jelena Mamić, Magdolna Pál, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Cilj rada temelji se na procesu projektovanja novog proizvoda sa popap elementima od ideje do konstruisanja scene belog modela. Pored projektovanja, eksperimentalni deo rada se bavi ispitivanjem lepljenih spojeva. Testiranje se vrši na različitim materijalima uz promenu površine lepljenja sa zadatkom utvrđivanja međusobnog uticaja na otpornosti na smicanje.

Ključne reči: *popup elementi, otpornost na smicanje, lepljenje*

Abstract – The goal of this work is based on the process of designing a new product with pop-up elements from the idea to the construction of the white model scene. In addition to designing, the experimental part of this paper deals with the testing of glued joints. Testing is performed on different materials with modification of bonding surface with the task of determining mutual influence on shear resistance.

Keywords: *popup elements, shear resistance, gluing*

1. UVOD

Živimo u svetu okruženi digitalnim medijima. Način dobijanja informacija i međusobna komunikacija odvijaju se većinom u digitalnom svetu. Međutim, grafički proizvodi sa pokretnim elementima i dalje oduševljavaju korisnike. Transformisanje dvodimenzionalnog sveta u trodimenzionalni sadržaj stvara osećaj iznenađenja kod korisnika. Pored vizuelne, prisutna je taktilna dimenzija, koja nedostaje digitalnom obliku komunikacije. Samim tim, vrednost grafičkih proizvoda sa pokretnim elementima raste, ne samo među najmlađom generacijom, već i među odraslima [1].

2. PROJEKTOVANJE PROIZVODA

Prvi deo rada se zasniva na procesu projektovanja proizvoda sa popap elementima i formiranju scene belog modela. Scena modela je inspirisana mapom grada, dok popap elementi predstavljaju glavne znamenitosti. Beli model je zamišljen u obliku pravougaonika sa dimenzijama 35 cm x 22 cm u rasklopljenom obliku. Popap elementi povezani su sa linijom savijanja stranica.

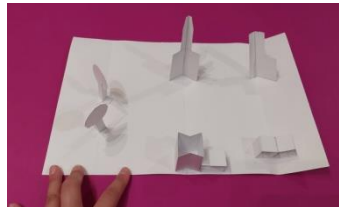
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Magdolna Pal, vanr. prof.

Veći broj linija savijanja na sceni omogućava postavljanje više popap elemenata. Oabrano rešenje osnove je u obliku fenestra sa tri linije savijanja. Nakon definisanja baze, sledi projektovanje popap elemenata, iscrtavanje na hamer kartonu, isecanje i formiranje oblika prema obeleženim linijama savijanja. Na slici 1 prikazani su formirani elementi i baza pre lepljenja, dok na slici 2 je prikazan konačan beli model scene.



Slika 1. Prikaz baze i popap elemenata pre lepljenja



Slika 2. Prikaz scene belog modela

3. ISPITIVANJE LEPLJENIH SPOJEVA NA SMICANJE

Pored projektovanja popap modela, eksperimentalni deo rada se bavi i testiranjem uzoraka koji simuliraju lepljenje popap elemenata na bazu proizvoda. Testiranje se vrši na različitim materijalima uz promenu površine lepljenja sa zadatkom utvrđivanja međusobnog uticaja na otpornosti na smicanje.

U svrhe eksperimenta, korišćena su 2 različita kartona u kombinaciji sa štampom i oplemenjivanjem površine sa mat folijom prikazanih u tabeli 1.

Tabela 1. Prikaz korišćenih materijala

Materijal	Proizvođač	Gramatura
Hamer karton	anon	270 g/m ²
Obostrano premazni karton Nevia C2S	Hainan Jinhai Pulp & Paper Co	300 g/m ²
Mat folija	Cosmo Films Limited	22.5 g/m ²
Lepilo	Tesa	50 g

Sečenje uzoraka za testiranje vršeno je na mašini za rezanje naslage PERFECTA 76 HTVC. Mašina pripada grupi za obradu materijala rezanjem. Mašina vrši pravolinijsko rezanje naslaga papira i kartona prema napisanom planu sečenja. Štampa na uzorcima je vršena na mašini za digitalnu štampu Xerox 252 elektrofotografskim postupkom i tonerima u prahu. U tabeli 2 prikazane su osnovne karakteristike mašine za štampu.

Tabela 2. Osnovne karakteristike mašine za štampu Xerox

Karakteristike uređaja	Vrednosti
Rezolucija	2400 dpi
Brzina štampe u boji	50 stranica u minutu
Brzina štampe crno-belo	60 stranica u minutu
Dimenzija podloge	330 x 480 mm
Gramatura	221 – 300 g/m ²

Multitestng uređaj Shimadzu EZ-LX sa računarskim upravljanjem korišćen za ispitivanje kvaliteta lepljenog spoja prikazan je na slici 3, dok su osnovne karakteristike iste date u tabeli 3 [2].



Slika 3. Prikaz Shimadzu EZ-LX uređaja za testiranje

Tabela 3. Osnovne karakteristike Shimadzu EZ-LX uređaja

Karakteristike uređaja	Vrednosti
Maksimalno opterećenje čeljusti	5 kN
Brzina kretanja traverze	0,001 - 1000 min/mm
Maksimalna povratna brzina traverze	0,001 - 1000 min/mm
Maksimalni hod traverze	920 mm
Dimenzije	400 x 530 x 1315 mm

Proces merenja i rezultati se kontrolišu preko programa TrapeziumX. Pre testiranja, bilo je neophodno kreirati metodu i odrediti parametre u softveru TrapeziumX. Prvo se definiše tip merenja. U slučaju rada pri ovom testiranju bira se tip opterećenja na zatezanje (engl. Tensile) i smer kretanja na gore (engl. Force Direction Up). Potrebno je podesiti detekciju prekida i parametre za predopterećenje materijala (engl. Pre-Test). Brzina razmicanja čeljusti pri predopterećenju materijala je 1 mm/min, a maksimalna sila 1N. Broj setova (engl. No of Batches) je 20, a broj uzoraka (engl. Quantity of Batches) u setu je 5. Brzina razmicanja čeljusti pri izvođenju merenja iznosi 20 mm/min. Nakon podešavanja parametara definiše se

visina prihvatne čeljusti, koja odgovara dužini epruvete za testiranje. Pre postavljanja epruveta, neophodno je izvršiti kalibraciju uređaja. Pre pokretanja samog testa, potrebno je anulirati prednaponsko stanje. U toku testiranja, moguće je pratiti rezultate merenja preko softvera, ponoviti ili izbrisati neadekvatno merenje. Nakon testiranja dobijaju se pojedinačne, a i srednje vrednosti rezultata maksimalne sile smicanja (N) i pomaka (mm), kako grafički, tako i tabelarno. Radi adekvatnog upoređivanja dobijenih rezultata, za analizu istih se koriste srednje vrednosti otpornosti na smicanje koji se računa prema sledećem:

$$Otpornost\ na\ smicanje = \frac{sila\ smicanja}{površina\ lepljenja} [N/mm^2] \quad (1)$$

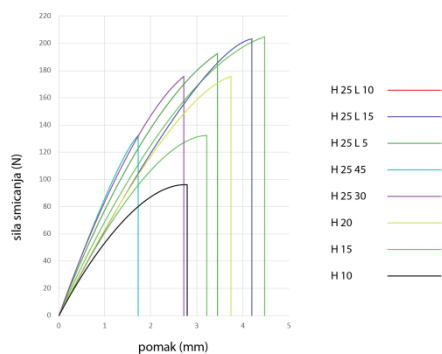
Dužina svih pojedinačnih uzoraka pre lepljenja je 200 mm. Jedan deo uzorka ostaje nepromenjen sa širinom od 25 mm, dok drugi deo uzorka za testiranje varira u širini (tabela 4). Lepljenjem oba dela uzorka formira se epruveta za testiranje. Dimenzije epruvete su odabrane prema standardu TAPPI 840, koja opisuje laboratorijsku proceduru za procenu lepljenog spoja [3].

Tabela 4. Prikaz dimenzija varijabilnog dela uzorka za svaki od kartona

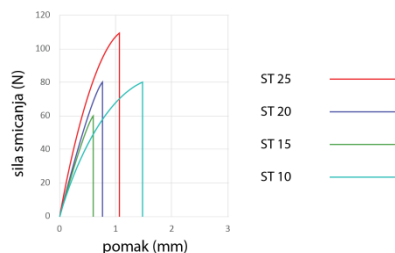
Tip materijala	Širina epruvete (mm)	Visina lepljene površine (mm)	Ugao (°) odsecanja
Uzorci od hamer kartona	25	10	90
	20		
	15		
	10		
	25	15	90
		5	
	25	10	45
			30
Štampani uzorci od obostrano premaznog kartona	25	10	90
	20		
	15		
	10		
Oplemenjena površina kartona sa mat folijom	25	10	90
	20		
	15		
	10		
Uzorci od obostrano premaznog kartona	25	10	90
	20		
	15		
	10		

4. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

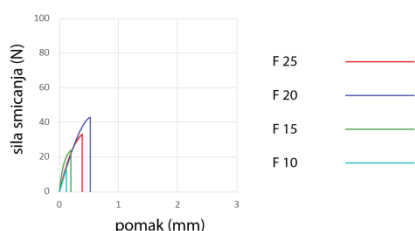
Na slikama 4-7 su prikazani grafici sa srednjim vrednostima sile smicanja i pomaka za hamer karton, karton sa štampanom površinom, karton sa mat folijom i obostrano premazni karton sa opcijama smanjenja površine lepljenja.



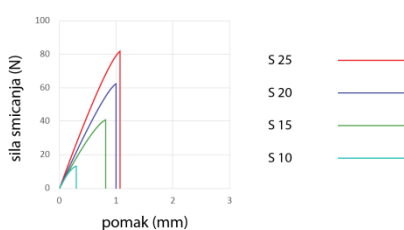
Slika 4. Srednje krive smicanja kod hamer kartona sa različitim površinama za lepljenje



Slika 5. Srednje krive smicanja kod štampanog kartona sa različitim površinama za lepljenje



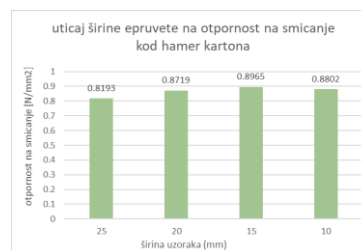
Slika 6. Srednje krive smicanja kod kartona sa mat folijom i sa različitim površinama za lepljenje



Slika 7. Srednje krive smicanja kod premaznog kartona sa različitim površinama za lepljenje

Kod uzoraka od hamer kartona sa smanjenjem površine lepljenja opada i sila smicanja, kao što je i bilo očekivano. Takvu tendenciju smanjenja sile smicanja je moguće uočiti skoro kod svih ostalih setova uzoraka (uzorci sa štampanim površinama, uzorci sa mat folijom i uzorci od obostrano premaznog kartona). Pomak takođe prati promene sile smicanja, odnosno opada sa smanjenjem površine lepljenja.

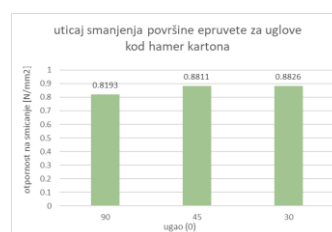
Sila smicanja i pomak se koriste kao kontrolni parametri u analizi, jer se odnose na epruvete sa različitim površinama za lepljenje, dok za adekvatno upoređivanje dobijenih rezultata, vrednosti otpornosti na smicanje su korišćene za sve kombinacije materijala i površina lepljenja. Radi lakše analize, rezultati su prikazani grafički preko odgovarajućih histograma (Slike 8-14).



Slika 8. Uticaj širine epruvete na otpornost na smicanje kod hamer kartona



Slika 9. Uticaj visine lepljenja epruvete na otpornost na smicanje kod hamer kartona

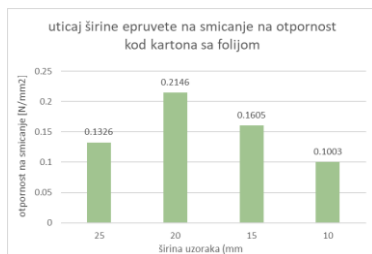


Slika 10. Uticaj smanjenja površine epruvete sa uglovima na otpornost na smicanje kod hamer kartona

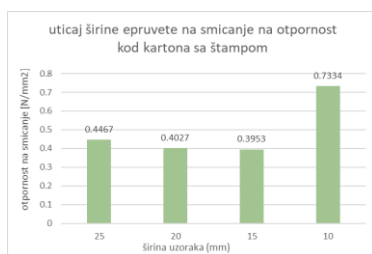
Rezultati dobijeni kod hamer kartona pri merenju uticaja širine epruvete ne osciliraju puno u vrednostima otpornosti na smicanje (Slika 8), što ukazuje na to da po potrebi mogu koristiti i uže klapne za lepljenje pri projektovanju pup elemenata, jer smanjena širina neće uticati na čvrstoću spoja. Na osnovu rezultata uticaja visine lepljenja epruveta od hamer kartona (Slika 9) se vidi da najveću otpornost na smicanje dala najniža površina lepljenja, dok najmanju vrednost otpornosti na smicanje imala najveća površina lepljenja. Takvi rezultati ponovo sugerišu mogućnost varijacije dimenzija klapne za lepljenje pup elemenata, odnosno ukazuju na to da se ne dobija jača veza na smicanje sa povećanjem visine lepljenja, te ukoliko nema posebnog zahteva za to, ne treba prelaziti preporučenu visinu lepljenja od 10 cm. Rezultati kod trećeg seta uzoraka od hamer kartona (Slika 10), ne osciliraju u vrednostima otpornosti na smicanje, što ponovo ukazuje na to da se klapne po potrebi mogu odsecati u uglovima radi lakšeg uklapanja na podlogu pup elementa i da to odsecanje neće značajno oslabiti lepljenu vezu.

Za razliku od hamer kartona, uzorci od premaznog kartona sa mat folijom su imali velika odstupanja u srednjim vrednostima otpornosti na smicanje i nemaju trend opadanja sa smanjenjem širine epruvete (Slika 11). Vrednosti otpornosti na smicanje su jako niske. Najveću otpornost na smicanje imaju uzorci sa širinom od 20 mm. Velika odstupanja su bila uočena i kod pojedinačnih merenja, te analizom je utvrđeno da bi kod ovog seta bilo poželjno pripremiti i izmeriti veći broj uzoraka, što nije bilo izvodljivo u okviru ovog rada, međutim to svakako

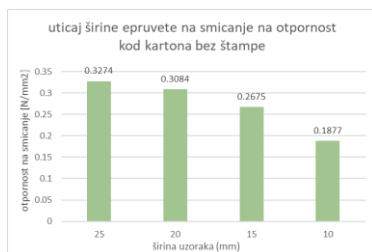
doprinelo boljem razumevanju dobijenih rezultata. Na slici 12 dati su rezultati otpornosti na smicanje kod premaznog kartona sa štampom. Vrednosti opadaju sa smanjenjem površine za širine epruvete 25 mm, 20 mm, 15 mm, kao što je i očekivano, međutim za širinu epruvete od 10 mm vrednost otpornosti na smicanje je skoro duplo veća. Kao i kod uzoraka sa folijom, i ovde bi bilo poželjno ispitati veći broj uzoraka za donošenje zaključka, jer su bila velika odstupanja i u pojedinačnim merenjima.



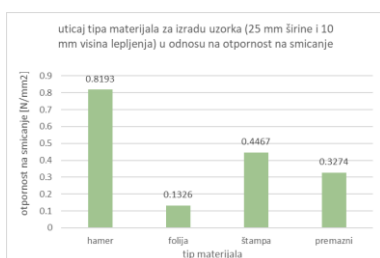
Slika 11. Uticaj širine epruvete na otpornost na smicanje kod kartona sa mat folijom



Slika 12. Uticaj širine epruvete na otpornost na smicanje kod kartona sa štampom



Slika 13. Uticaj širine epruvete na otpornost na smicanje kod kartona bez štampe



Slika 14. Uticaj vrste materijala za izradu uzoraka na otpornost na smicanje

Rezultati premaznog kartona bez štampe (Slika 13) imaju opadajuću tendenciju sa smanjenjem širine epruvete. Takvi rezultati su bili i očekivani, s obzirom na površinsku karakteristiku materijala i da su uzorci bili bez neke dodatne obrade (štampe ili plastifikacije). Na slici 14 dati su rezultati otpornosti na smicanje po vrstama materijala. Analizom datih rezultata može se utvrditi da je hamer karton najpogodniji izbor za izradu popap

elementa, i to ne samo belog modela već i konačnih proizvoda, jer daje najveće vrednosti otpornosti na smicanje upoređujući sa ostalim kartonima korišćenim u ovom radu. Premazni karton sa i bez štampe daje skoro upola manju vrednost otpornosti na smicanje, što ukazuje na potencijal primene u izradi popap modela. Međutim, radi dobijanja modela i gotovih proizvoda sa adekvatnom lepljenom vezom, bilo bi neophodno testirati druga lepila. Po prikazanim rezultatima na poslednjem mestu nalazi se karton sa mat folijom, gde je otpornost na smicanje jako niska, skoro šest puta manja nego kod hamer kartona. Takvi niski vrednosti jednoznačno sugerišu da upotreba folije, kao vid zaštite štampanih površina ne može da se koristi u izradi proizvoda sa popap elementa, ili bar ne unutrašnjim, pokrentim stranama.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je projektovanje popap elemenata i nove scene jednog grafičkog proizvoda, kao i kontrola kvaliteta projektovanih popap elemenata pomoću ispitivanja lepljenih veza na smicanje. U svrhe eksperimenta, korišćena su dva različita kartona u kombinaciji sa štampom i oplemenjivanjem površine sa smanjenjem površine za lepljenje. Na osnovu dobijenih rezultata se može zaključiti da je hamer karton najpogodniji izbor za izradu belog modela popap elementa, ali i konačnih proizvoda, jer daje najveće vrednosti otpornosti na smicanje upoređujući sa ostalim kartonima korišćenim u ovom radu, bez obzira na promene veličine lepljenih površina. Uzorci od premaznog kartona sa i bez štampe su dali značajno manje vrednosti otpornosti na smicanje. Međutim, čak i takvi rezultati mogu ukazati na potencijal primene datih materijala u izradi popap proizvoda, ali u kombinaciji sa drugim lepilima. Najniže vrednosti otpornosti na smicanje su dobijene za karton sa mat folijom. Takvi rezultati jednoznačno sugerišu da upotreba folije se ne može primeniti u izradi popap elemenata, ili bar ne unutrašnjim, pokretnim stranama.

LITERATURA

- [1] Van Dyk, S, Copper-Hewitt (2010) Paper Engineering: Fold, Pull, Pop & Turn T, The Smithsonian Libraries Exhibition Gallery, [Online] Dostupno na: https://www.sil.si.edu/pdf/FPPT_brochure.pdf/, [17. 8. 2021]
- [2] Shimadzu (2022) [Online] Dostupno na: <https://www.shimadzu.com/an/products/materials-testing/uni-ttm/ez-test/index.html/>, [15. 10. 2022]
- [3] TAPPI 840 - Testing adhesives used in glued joints of corrugated containers [Online] Dostupno na: <https://imrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T840.aspx/>, [15. 10. 2022]

Adresa autora za kontakt:

Jelena Mamić
 jelenamamic16@gmail.com
dr Magdolna Pál
 apro@uns.ac.rs

Grafičko inženjerstvo i dizajn
 Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad