

AMBALAŽA OD LIVENE PAPIRNE PULPE MOULDED PAPER PULP PACKAGING

Teodora Gvoka, Gojko Vladić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – *Industrija ambalaže je jedan od sektora svetske privrede sa najbržim trendom rasta. Već dugi niz godina, ambalaža je predmet pažnje političkih i potrošačkih kampanja za rešavanje ekoloških problema. Cilj ovog rada jeste osvrt na trenutno ekološko stanje u svetu i značaj grafičke ambalaže u ovom pogledu, upotreba alternativnih, ekološki održivih materijala za izradu grafičke ambalaže kao i mogućnost upotrebe tehnologije modelovanja deponovanjem topljenog materijala za izradu alata za formiranje oblika ambalaže.*

Ključne reči: *ambalaža, papirna pulpa, reciklirani papir, 3D štampa*

Abstract – *The packaging industry is one of the sectors of the world economy with the fastest growing trend. For many years, packaging has been the focus of political and consumer campaigns to address environmental issues. The aim of this paper is to look at the current ecological situation in the world and the importance of graphic packaging in this regard, the use of alternative, environmentally sustainable materials for the graphic packaging production, as well as the possibility of using fused deposition modeling technology for the production of packaging casting tools.*

Keywords: *packaging, paper pulp, recycled paper, 3D printing*

1. UVOD

Danas, u eri potrošačkog društva, grafička ambalaža ima ogroman značaj za percepciju proizvoda od strane korisnika, a samim tim i za razvoj proizvoda koji je u njoj zapakovan. Ona predstavlja prvi kontakt potencijalnog korisnika sa proizvodom koji predstavlja i upravo iz tog razloga grafička ambalaža se mora prilagođavati estetskim i funkcionalnim zahtevima i potrebama potrošača, uslovima i potrebama tržišta, kao i uslovima distribucije. Međutim, pored obaveze koju ambalaža mora ispoštovati prema potencijalnom korisniku, ona takođe ima obavezu prema zdravlju i očuvanju životne sredine. Sa povećanjem obima serijske proizvodnje javlja se sve veća količina ambalažnog otpada koji, usled nepravilnog rukovanja i neadekvatnog odlaganja, sve češće postaje zagađivač vodenih i kopnenih ekosistema. Upravo zbog toga neophodno je razmotriti upotrebu zdravih, alternativnih, ekološki održivih materijala za izradu grafičke ambalaže.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Gojko Vladić, van. prof.

2. GRAFIČKA AMBALAŽA

Ambalaža je neoblikovan ili oblikovan materijal u koji se pakuje predmet ili roba, da bi se zaštitila i sigurno transportovala kao i da bi se njom lakše rukovalo u toku prometa ili upotrebe. Drugim rečima, ona predstavlja sve ono u šta se proizvodi postavljaju ili čime se obmotavaju. Ambalaža je neizostavni pratilac proizvoda kroz njihove različite razvojne faze, od faze proizvodnje preko završne faze pa sve do same upotrebe od strane krajnjeg korisnika tj. konzumenta. Grafička ambalaža ima niz različitih funkcija koje istovremeno zadovoljava, a neke od tih funkcija su: zaštita proizvoda od kontaminacije i kvarenja, olakšanje transporta i skladištenja proizvoda, obezbeđivanje uniformnosti i količine sadržaja kao i mnoge druge funkcije [1]. Osnovni zadatak grafičke ambalaže jeste zaštita proizvoda od mehaničkih, hemijskih i bioloških oštećenja, rastura, krađe, vandalizma i slično [2]. Takođe, neophodno je da ambalaža štiti proizvod od neželjenih negativnih uticaja okoline kao što su toplota, hladnoća, vlaga i drugi.

Pored zaštitne funkcije koju je neophodno da zadovoljava, grafička ambalaža ima i prodajnu funkciju. To podrazumeva da je neophodno da se grafička ambalaža prilagođava estetskim i funkcionalnim zahtevima i potrebama potrošača, uslovima i potrebama tržišta, uslovima lagera i transporta kao i uslovima distribucije. Neophodno je da ambalaža označava i prezentuje svoj sadržaj tj. proizvod koji sadrži, da identifikuje proizvod i proizvođača sa težnjom formiranja brenda, da bude informativna te da pomaže potrošaču pri kupovini, da bude originalna i različita od konkurencije kako bi bila lako uočljiva i primamljiva potrošačima.

3. ADITIVNA PROIZVODNJA

Tehnike aditivne proizvodnje odnose se na proces proizvodnje 3D objekata dodavanjem materijala u sukcesivnim slojevima. Prema definiciji koja je data u standardima ISO 17296 i ASTM F2792, u aditivnu proizvodnju spadaju svi postupci spajanja materijala u cilju formiranja radnog predmeta na osnovu 3D digitalnog modela, najčešće sloj-po-sloj [3]. Prednosti zbog kojih ove proizvodne tehnologije preuzimaju primat na tržištu svakako jesu brzina izrade proizvoda, redukcija proizvodnih koraka, raznovrsnost upotrebno materijala, niža cena izrade proizvoda, ekološki faktori i slično [4].

Jedna od ključnih karakteristika koje odlikuju tehnologije aditivne proizvodnje jeste upotreba računara u celokupnom toku procesa izrade radnih predmeta, kao i proizvodnja složenost geometrije bez dodatnih troškova, mo-

gućnost izrade gotovih sklopova, proizvoljna raznolikost proizvodnog programa i slično.

3.1. Modelovanje deponovanjem topljenog materijala (FDM)

Tehnologija modelovanja deponovanjem topljenog materijala (eng. Fused Deposition Modeling, FDM) nastala je krajem osamdesetih godina dvadesetog veka i patentirao ju je Skot Krump (eng. Scott Crump). Ova tehnologija danas je široko rasprostranjena zbog svojih mnogobrojnih prednosti i povoljnih karakteristika. Uobičajeno se koristi izradu prototipa, proizvodnju u malim serijama i upotrebu za hobiste. Materijal koji se koristi za štampu primenom FDM tehnologije je u čvrstom stanju u formi žice koja je namotana na kotur. Žica se sa kotura izvlači i provodi do dela sa zagrejanom diznom kroz koju se čvrsta žica provlači, zagreva, topi i nanosi na platformu, gde se momentalno hladi i očvrstne. Ceo mehanizam sa diznom ima mogućnost kretanja duž dve horizontalne ose, a treća dimenzija se dobija spuštanjem pokretne platforme za debljinu jednog sloja. Slojevi se slažu jedan na drugi kako bi se formirao konačan 3D objekat [5].

Postoje mnogobrojni tehnološki parametri koji u većoj ili manjoj meri utiču na različita fizičko-mehanička svojstva modela koji se izrađuju ovom tehnologijom. Najznačajniji parametri FDM tehnologije su debljina sloja, temperatura ekstrudiranja, brzina ekstrudiranja i geometrijski parametri. Najčešće debljine sloja koje se javljaju u FDM tehnologiji iznose 0.1, 0.2 i 0.3mm, iako je na određenim uređajima moguće reprodukovati manje ili veće vrednosti debljine sloja. Ovaj parametar direktno zavisi od prečnika izlaznog otvora mlaznice [3]. Temperatura ekstrudiranja, s druge strane, direktno zavisi od izbora materijala koji se koristi u izradi modela i kreće se u opsegu od 200 do 260 °C. Brzinu ekstrudiranja moguće je programski prilagoditi vrsti materijala koji se koristi i temperature ekstrudiranja. Radi boljeg vezivanja za radnu ploču štampača, neophodno je da se prvi sloj štampa brzinom manjom od predviđene brzine za štampu modela [6]. Geometrijski parametri obuhvataju debljinu sloja, širinu staze, ugao deponovanja, širinu bordure i mnoge druge. Ovi parametri mogu biti kontrolisani i zavise od podešavanja programa po kom će se budući model izrađivati.

Danas na tržištu postoji širok spektar polimernih materijala koji su namenjeni FDM tehnologiji za izradu modela. Međutim, najširu primenu u FDM tehnologiji 3D štampe imaju polilaktička kiselina (PLA), akrilonitril-butadijen-stiren (ABS) i polietilen tereftalat (PET). Polilaktička kiselina (PLA) je termoplastični polimer i dobija se iz obnovljivih izvora, kao što su kukuruzni skrob, korenje tapioke ili šećerna trska, za razliku od drugih industrijskih materijala napravljenih prvenstveno na bazi nafte. Zbog svog više ekološkog porekla ovaj materijal je postao popularan u aditivnoj proizvodnji, prvenstveno za izradu ambalaže u prehrambenoj industriji [4]. Akrilonitril-butadijen-stiren (ABS) predstavlja amorfni termoplastični materijal koji je, kao i PLA, široku primenu našao u aditivnoj proizvodnji, pogotovo kad su u pitanju desktop 3D štampači. Široku primenu pronašao je i pri izradi karoserije automobila i drugih automobilskih delova, preko raznovrsnih uređaja i futrola za mobilne

telefone sve do ambalaže. Polietilen tereftalat (PET) predstavlja polimerni materijal koji se najčešće koristi u svetu i najpoznatiji po svom udelu u proizvodnji ambalaže. PET je poznat kao izuzetno čvrst materijal i to ga čini idealnim za štampu modela koji će biti izloženi mehaničkom naprezanju. Otpornost na vlagu ovog materijala ista je kao kod polietilena niske gustine (LDPE), a znatno viša u poređenju sa dva prethodno pomenuta materijala, dok mu je otpornost na gasove viša od većine polimernih materijala, zbog čega se koristi za izradu plastične ambalaže [7].

4. MATERIJALI ZA IZRADU GRAFIČKE AMBALAŽE

Ambalažnim materijalom se naziva bilo koja sirovina koja služi za izradu cele ili samo nekog dela ambalaže. Danas se pri izradi ambalaže koriste različiti materijali, kao što su: drvo, papir, karton, celofan, staklo, keramika, tekstil, lepenka, prirodna i sintetička guma i u poslednje vreme sve više plastične mase. Takođe, ovi materijali se upotrebljavaju i u različitim međusobnim kombinacijama, stoga se sve češće javlja kombinovana ambalaža, gde jedan materijal, na primer, štiti od mehaničkih oštećenja, dok je drugi namenjen hemijskoj zaštiti. Materijal od kog je ambalaža načinjena igra veoma veliku i važnu ulogu u održivosti samog proizvoda, ceni proizvodnje, a samim tim i ceni proizvoda. Pri odabiru odgovarajućih materijala za izradu ambalaže neophodno je fokus usmeriti prvenstveno ka zaštitnim svojstvima samog materijala za izradu ambalaže [1]. Materijali koji se tradicionalno koriste za izradu ambalaže podrazumevaju staklo, metale (aluminijum, folije i laminate, limove i čelik), papir i karton, kao i plastične mase u krutom i fleksibilnom obliku.

4.1. Papir i karton

Papir je složeni materijal sastavljen od mehanički ili hemijski dobijenih biljnih vlakana međusobno isprepletanih uz dodatak pomoćnih sirovina i vode, a formira se na situ papir mašine u obliku trake odvodnjavanjem papirne mase. Papiri i kartoni su pločasti materijali koji se sastoje od isprepletene mreže celuloznih vlakana. Mogu se štampati i imaju fizička svojstva koja im omogućavaju da se upotrebljavaju kao različiti fleksibilni, polukruti i kruti ambalažni materijali [8].

Danas se primeri upotrebe papirne i kartonske ambalaže mogu pronaći na mnogim mestima, kao što su supermarketi, pijace, prodavnice i robne kuće, i najčešće se koriste za pakovanje prehrambenih proizvoda, tečnosti i pića, proizvoda za ličnu higijenu, farmaceutskih proizvoda i slično. Vrsta i kvalitet papira zavise, pre svega, od vrste sirovina, veziva i punioca, koja se dodaju kašastoj papirnoj masi, a zavise i od načina izrade i dorade. Papir i karton mogu unaprediti svoja barijerna svojstva i proširene funkcionalne performanse, kao što su toplotno zaptivanje, otpornost na toplotu, otpornost na masnoće i slično premazivanjem, laminacijom i impregnacijom.

4.2. Polimeri

Plastika se definiše kao materijal na bazi polimera koji se može preraditi. Ovi materijali se mogu transformisati u

gotove ambalažne proizvode, kao što su boce, kontejneri, folije, premazi, lakovi i slično [8]. Polimerni materijali smatraju se dominantnim materijalima za izradu ambalaže u mnogim industrijama, a značajno mesto zauzimaju kao ambalažni materijali za pakovanje proizvoda prehrambene i hemijske industrije. Polimerne ambalaže, iako poseduju mnoge prednosti i rasprostranjenu upotrebu, imaju i mnoge značajne mane. Dostupnost sirovina na bazi nafte i troškovi njihove proizvodnje, odnosno fluktuirajuće cene nafte, razgradivi kapaciteti i nagomilavanje otpada predstavljaju ozbiljnu pretnju po životnu sredinu [9].

5. PROBLEM GRAFIČKE AMBALAŽE SA EKOLOŠKOG ASPEKTA

Životni ciklus ambalaže predstavlja niz međusobno povezanih faza kroz koje ambalaža kao proizvod prolazi, od dobijanja sirovina pa sve do njenog konačnog odlaganja u otpad. On počinje proizvodnjom ambalažnih materijala i ambalaže, nastavlja se pakovanjem, sledi svoj životni upakivanjem i skladištenjem proizvoda i završava kao odbačena ambalaža [9].

Iako je ambalaža od krucijalnog značaja za očuvanje upakovanih proizvoda, upotrebljena i odbačena ambalaža može predstavljati značajan ekološki problem. U 2019. godini ukupna količina proizvedenog ambalažnog otpada procenjena je na 79,6 miliona tona, što je povećanje od 2,8% u odnosu na 2018. godinu. Tokom desetogodišnjeg perioda, papir i karton su bili glavni generisani ambalažni otpad, koji su doprineli sa 32,3 miliona tona ukupnom ambalažnom otpadu nastalom u 2019. Plastična ambalaža dostigla je ukupno 15,4 miliona tona kao drugi najznačajniji materijal (+26,4 % u odnosu na 2009. godinu). Staklo i staklena ambalaža zauzimaju treće mesto sa 15,2 miliona tona (+13,9%), drvena ambalaža 12,4 miliona tona (+19,8%) i metalna ambalaža 4,0 miliona tona u 2019. (+6,7%) [10].

Plastika i polimerni materijali se sve više koriste za pakovanje proizvoda gotovo svake industrije zbog mnogih povoljnih karakteristika. Međutim nepravilno i neadekvatno odlaganje polimernih ambalaža i drugih polimernih proizvoda uzrokuje mnoge štetne nedostatke, što dovodi do toga da se sve više plastike nalazi u prirodnim vodenim i kopnenim ekosistemima, što dovodi do značajnog zagađenja.

Rešenje ovog problema svakako leži u zameni polimerne ambalaže, prvenstveno polimernih omotnih materijala, ambalažom na bazi papira kada god je to moguće. Papir predstavlja široko dostupan materijal koji se može reciklirati i do četiri puta, a da pri tome značajno ne izgubi svoje karakteristike. Ukoliko se ne koriste premazni ili laminirani papiri, koji su oslojeni drugim materijalima kako bi se poboljšale njihove osobine, papir predstavlja biorazgradivu alternativu zdravu za čoveka i životnu sredinu, jer je za njegovu potpunu razgradnju potrebno četiri do šest nedelja, u zavisnosti od uslova deponovanja. Dobar primer zameee polimernih materijala ekološki održivim ambalažnim materijalom jeste ambalaža na bazi livene pulpe.

5.1. Ambalaža od livene pulpe

Ambalaža od livene pulpe (slika 1), takođe poznata pod nazivom ambalaža od livenih vlakana, trenutno se

prvenstveno koristi za pakovanje prehrambenih proizvoda, u vidu raznovrsnih kontejnera i poslužavnika, ali svakodnevno pronalazi široku primenu za pakovanje proizvoda mnogih industrija. Livena pulpa se danas sve više koristi za izradu ambalažnih sigurnosnih uložaka zbog mnogobrojnih povoljnih karakteristika, kao što su odlična otpornost na udarce, kompresiju, odsustvo naelektrisanja, odsustvo štetnih materija, prirodna degradacija, mogućnost bojenja mase i slično.



Slika 1. Primeri upotrebe ambalaže od livene pulpe [12]

Postoje dva glavna koraka uključena u proces proizvodnje ambalaže: vakuumsko formiranje pulpe u željeni oblik i sušenje proizvoda radi uklanjanje ostataka vode. Tokom procesa formiranja željenog oblika ambalaže, voda se uklanja vakuumom, dok se sadržaj čvrste materije u formiranom proizvodu nalazi u opsegu od oko 40% do 55%. Preostali sadržaj vode se uklanja u koraku sušenja. Tako gotov proizvod ima sadržaj vlage od oko 4% do 8%, što odgovara ravnotežnom sadržaju vlage u papiru pod uslovima vlažnosti u kojima će se čuvati ili koristiti.

U procesu formiranja geometrije buduće ambalaže, kalupi se uranjaju u rezervoar napunjen pulpom, gde se pulpa usisava u kalup, putem procesa potpomognutog vakuumom. Pulpa se sastoji uglavnom od vode i kratkih, finih vlakana recikliranog materijala. Materijali se potom mešaju sa vrelom vodom oko 20 minuta dok ne postanu pulpa. U slučaju recikliranih materijala, kao što su kartoni, novine, časopisi, reciklirani papiri i drugi proizvodi na bazi papira, pulpa prolazi kroz set vibrirajućih sita koji uklanjaju zaostale nečistoće is smese poput čestica mikroplastike i metala [11].

Livena pulpa je ekološki prihvatljiva alternativa ambalaži koja je napravljena od recikliranih papirnih sirovina. Ovi materijali daju novi život papirnom otpadu i smanjuju količinu devičanskog papira koji se koristi pri izradi ambalaže. Ovaj materijal se u potpunosti može reciklirati, što ga čini ekološki prihvatljivim, na njemu je moguće štampati, moguće je menjati boju materijala dodatkom boja na bazi biljnih ulja, kao i vršiti utiskivanje elemenata grafičkog dizajna. Jedini problem ove ambalaže jesu slaba barijerna svojstva u pogledu vlage. Ovaj problem moguće je prevazići dodavanjem tankog sloja celuloznih nanovlakana.

U zavisnosti od obima proizvodne serije ambalaže koju je neophodno realizovati, ambalažu od livenog kartona moguće je dobiti upotrebom standardnih čeličnih kalupa ili kalupa dobijenih procesima aditivne proizvodnje. Čelični kalupi omogućavaju izradu izuzetno velikih proizvodnih serija bez gubitka kvaliteta. S druge strane, kalupi izrađeni tehnikom aditivne proizvodnje, prvenstveno FDM 3D štampom pogodni su za izradu

manjih proizvodnih serija ili pojedinačne ambalaže. Alati izrađeni ovom tehnikom mogu obezbediti jasnu reprodukciju u pogledu geometrije ambalaže i njihova izrada je znatno jeftinija u poređenju sa cenom izrade čeličnih kalupa.

Ova tehnologija pokazala se odličnom kada je reč o izradi prototipa i manjih proizvodnih serija, međutim, zbog svojih karakteristika, nije u mogućnosti zadovoljiti očekivanja obimne proizvodne serije.

6. ZAKLJUČAK

Ambalaže od polimernih materijala, iako imaju mnoge povoljne osobine i ispunjavaju sve funkcije grafičke ambalaže, predstavljaju značajan problem za životnu sredinu.

Neadekvatnim odlaganjem polimernog ambalažnog otpada dolazi do zagađenja životne sredine. Kako je poznato da je ambalažnom otpadu potrebno mnogo vremena da se razloži u prirodnim ekosistemima, neophodno je potražiti adekvatnu zamenu ovih materijala drugim, ekološki prihvatljivim materijalima.

Papirna ambalaža, prvenstveno ambalaža na bazi livene pulpe predstavlja pogodno rešenje ovog rastućeg problema. Upotrebom ove ambalaže moguće je zameniti raznovrsne polimerne omotne materijale, a kako se ona proizvodi od otpadnog papira, njenom upotrebom moguće je rešiti i problem prekomerne proizvodnje novog papirnog materijala, što je isplativija, zdravija i ekološki prihvatljivija alternativa proizvodnji nove papirne ambalaže.

Ambalažu na bazi livene pulpe moguće je jednostavno oblikovati kako bi ona u potpunosti odgovarala proizvodu koji je u nju neophodno zapakovati, na njoj je moguće štampati, bojiti je u masi i oplemenjivati je. U zavisnosti od obima proizvodne serije, ambalažu od livenog kartona moguće je proizvesti posredstvom različitih tehnologija izrade koje su takođe ekološki prihvatljive i svode upotrebu štetnih materija na minimum.

7. LITERATURA

- [1] G.L. Robertson, “*Food packaging and Shelf Life – A Practical Guide*”, Boca Raton CRC Press, 1st ed, pp. 1-17, 2009.
- [2] S. Kuzmanović, “*Industrijski dizajn*”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.
- [3] O. Lužanin, “*3D štampa*”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2019.

- [4] H. Bikas, P. Stavropoulos, G. Chryssolouris, “*Additive manufacturing methods and modelling approaches: a critical review*”, Vol. 83, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, pp. 389-405, 2016.
- [5] S. Ahn, M. Montero, D. Odell, S. Roundy and P. Wright, “*Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS*”, Vol. 8, Rapid Prototyping Journal, pp.248-257, 2002.
- [6] F. Calignano, D. Manfredi, E.P. Ambrosio, S. Biamino, “*Overview on Additive Manufacturing Technologies*”, Vol. 105, Proceedings of the IEEE, pp.593-612, 2002.
- [7] A. Emblem, H. Emblem, “*Packaging technology - Fundamentals, materials and processes*”, Woodhead Publishing Limited, Sawston, Cambridge, 2012.
- [8] M. Prica, S. Adamović, “*Grafički materijali*”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017.
- [9] V. Lazić, D. Novaković, “*Ambalaža i životna sredina: monografija*”, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2010.
- [10] Packaging waste statistics - Statistics Explained (europa.eu) [Pristupljeno: 15.09.2022.]
- [11] M. Didone et al, “*Moulded Pulp Manufacturing: Overview and Prospects for the Process Technology*”, Vol. 30, No 6, Packaging Technology and Science, pp.231-249, 2017.
- [12] <https://interbrandspackaging.com/en/industrial-molded-pulp/> [Pristupljeno: 15.09.2022.]

Kratka biografija:



Teodora Gvoka rođena je 1998. godine u Sremskoj Mitrovici. Godine 2016. završila je srednju ekonomsku školu „9. Maj” u Sremskoj Mitrovici. Diplomirala je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn.

kontakt: teodora.gvoka@uns.ac.rs

Gojko Vladić, kontakt: vladicg@uns.ac.rs
Grafičko inženjerstvo i dizajn
Fakultet
Tehničkih Nauka, Novi Sad