

ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI IZRADE ŠTAMPAJUĆIH ELEMENATA FLEKSO ŠTAMPARSKÉ FORME POMOĆU DLP 3D TEHNOLOGIJE**RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF MAKING PRINTING ELEMENTS OF FLEXO PRINTING FORM USING DLP 3D TECHNOLOGY**

Danica Vićentić, Sandra Dedijer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – *Flekso tehnika štampe beleži najveću inovativno-tehnološku ekspanziju i imajući na umu njen značaj za grafičku industriju i s druge strane tehnologiju 3D štampanja, koja trenutno cveta, javila se potreba za testiranjem mogućnosti kreiranja fleksografske štamparske ploče 3D tehnologijom štampanja. U okviru ovog rada ispitivana je mogućnost izrade flekso štamparske forme, odgovarajućih debljina, sa zadovoljavajućom reprodukcijom štampajućih elemenata u vidu linija i tačaka odgovarajućih širina, odnosno prečnika, postupkom DLP (Direct Light Processing) 3D tehnologije štampe. Na osnovu mikroskopskih snimaka reprodukovanih štampajućih elemenata forme a potom merenja prečnika, odnosno širina štampajućih elemenata u odgovarajućem softveru i analize njihove tačnosti reprodukcije, ukazano je na potencijalne mogućnosti izrade kao i nedostatke.*

Ključne reči: *DLP tehnologija, flekso štamparske forme*

Abstract – *Flexo printing technology is experiencing the greatest innovative technological expansion and having in mind its importance for the printing industry and on the other hand 3D printing technology, which is currently flourishing, there is a need to test the possibility of creating flexographic printing plates with 3D printing technology. Within this paper, the possibility of making flexographic printing forms of appropriate thicknesses, with satisfactory reproduction of printing elements in the form of lines and dots of appropriate widths and diameters, by DLP (Direct Light Processing) 3D printing technology, was investigated. Based on microscopic images of reproduced printing elements and the measurements of the diameter and width of printing elements in the appropriate software and analysis of their reproduction accuracy, the potential possibilities of production as well as shortcomings were pointed out.*

Keywords: *DLP printing technology, flexo printing forms*

1. UVOD

Fleksografske ploče za štampu su fleksibilne fotopolimerne ploče, koje se koriste u flekso štampi za prenos boje i slika na fleksibilnu podlogu, poput papira ili filma. Štamparske ploče su ključni element procesa fleksografske štampe i kvalitet odštampane slike u velikoj meri zavisi od kvaliteta korišćenih flekso ploča. Sam flekso postupak dobro je poznat po prilagođavanju štampi na sve

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, vanr. prof.

vrste fleksibilnih podloga, a ploče se mogu ponovo koristiti i za preko milion otisaka.

Uzdignuti delovi forme su jedino područje koje dolazi u kontakt sa podlogom nakon nanošenja boje na ploču. Udubljeni delovi ne dodiruju boju. Prvobitno su flekso ploče izrađivane od gume, a danas su od fotopolimernog materijala. Ploče su dovoljno fleksibilne da se mogu obmotati oko cilindričnih valjaka za štampu [1].

Savremene tehnologije za izradu digitalnih ploča su uključivale upotrebu tehnologija brze izrade prototipa (RP) [2]. Svaka RP tehnologija ima ograničenja koja sprečavaju njenu upotrebu u zavisnosti od konteksta. Ako je potreban radni model, tehnologija mora podržavati funkcionalne parametre dela. Budući da se RP tehnologije sve više koriste u aplikacijama koje nisu prototipi, često se zajednički nazivaju računarsko-automatizovanom proizvodnjom ili slojevitom proizvodnjom [3].

Postoje dve vrste RP-a, aditivni i subtraktivni. Aditivne tehnologije, kao što su 3D štampa (3DP), modeliranje fuzionog taloženja (FDM), stereolitografija (SLA), selektivno lasersko sinterovanje (SLS), grade model sukcesivnim sabiranjem i kohezijom horizontalnih poprečnih preseka. Zbog toga se mogu koristiti za direktnu izgradnju prototipa štamparske ploče [2].

DLP tehnologija štampe spada u aditivne tehnologije, a za polimerizaciju fotopolimerne smole koristi digitalni projektor. Ova tehnologija projektora daje DLP 3D štampanju ogromnu prednost jer se može štampati i polimerizovati pojedinačni sloj preko cele radne ploče u samo nekoliko sekundi [4].

Kvalitet reprodukcije štampajućih elemenata flekso forme igra jednu od najbitnijih parametara koji utiču na konačan kvalitet otiska. Deformacija elemenata može da dovede do nedoslednosti u kvalitetu štampe, kao što je gubitak svetlih tonova ili nepredvidivo povećanje u tonskoj vrednosti. Samim tim je od izuzetne važnosti omogućiti izradu flekso štamparske forme sa minimalnim deformacijama štampajućih elemenata.

2. METODE I MATERIJALI

Kako bismo analizirali i utvrdili mogućnost izrade flekso štamparskih formi pomoću 3D tehnologije štampanja, u softveru Autodesk Inventor najpre su napravljeni 3D modeli štamparskih formi sa štampajućim elementima u vidu tačaka i linija u pozitivu i negativu. Izabrane su tri debljine formi, na osnovu standardnih debljina flekso štamparskih formi koje se proizvode od strane Nyloflex kompanije. U pitanju su debljine od 1.14 mm, 1.70 mm i

2.54 mm. Za svaku od debljina izrađeni su modeli sa tri različita ugla boka tela štampajućeg elementa, od 60, 40 i 30 stepeni. S obzirom da je odmah nakon izrade prvih modela slobodnom vizuelnom procenom utvrđeno da uglovi boka od 60 i 40 stepeni utiču na dobijanje izuzetno loše reprodukcije elemenata, na dalje su štampani samo modeli sa uglom boka elemenata od 30 stepeni. Takođe je primećeno da nije izvodljivo postizanje zadovoljavajuće reprodukcije elemenata u negativu, te su nakon toga štampani modeli sa elementima samo u pozitivu i to na način tako da je za istu debljinu forme istovremeno štampana verzija sa bazom i bez baze.

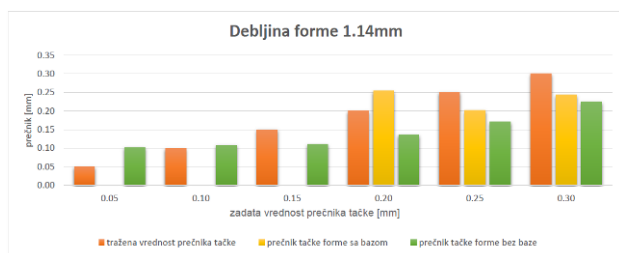
Potom je, za svaki element pojedinačno, napravljen snimak pomoću digitalnog mikroskopa Vitiny (model VT300).

Najpre se vršila analiza rezultata reprodukcije prečnika tačaka i širina linija u pozitivu za štamparske forme sa bazom i bez baze, a potom vizuelna analiza reprodukcije istih za najbolje i najlošije reprodukovanu tačku, odnosno liniju.

3. REZULTATI I ANALIZA REZULTATA

3.1. Analiza rezultata reprodukcije prečnika tačke u pozitivu

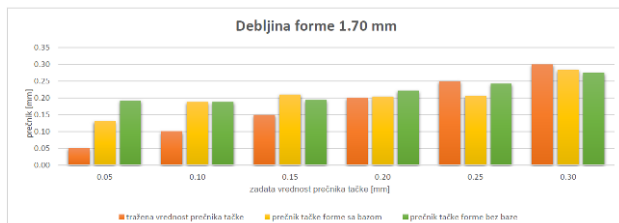
Na slici 1 dat je grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih prečnika tačaka forme sa bazom i forme bez baze u odnosu na inicijalno zadate vrednosti za formu debljine 1.14 mm.



Slika 1. Grafički prikaz srednje vrednosti izmerenih prečnika reprodukovanih tačaka forme debljine 1.14 mm

Na osnovu analize dobijenih rezultata može se primetiti da u slučaju forme sa bazom tačke koje imaju manju inicijalno zadatu vrednost prečnika nisu reprodukovane, dok su tačke koje imaju zadatu vrednost preko 0.20 mm reprodukovane sa odstupanjima koja ukazuju na promene u veličini koje se ne mogu smatrati zanemarljivim.

Na slici 2 dat je grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih prečnika tačaka forme sa bazom i forme bez baze u odnosu na inicijalno zadate vrednosti za formu debljine 1.70 mm.

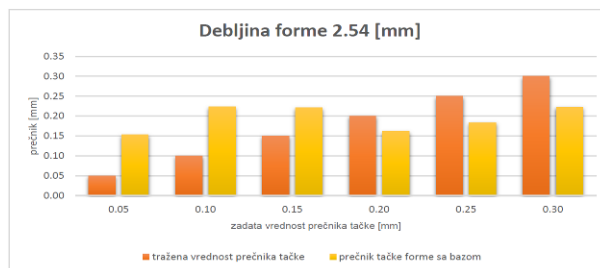


Slika 2. Grafički prikaz srednje vrednosti izmerenih prečnika reprodukovanih tačaka forme debljine 1.70 mm

Na osnovu analize dobijenih rezultata može se primetiti da za inicijalno zadatu vrednost od 0.20 mm za formu sa bazom srednja vrednost je najpribližnija inicijalno zadatoj, dok za formu bez baze takav slučaj se odnosi na inicijalno zadatu vrednost od 0.25 mm. Za formu sa bazom, tačke koje imaju zadatu vrednost ispod i iznad 0.20 mm i za

formu bez baze, tačke koje imaju zadatu vrednost ispod i iznad 0.25 mm reprodukovane su sa odstupanjima koja ukazuju na promene u veličini koje se ne mogu smatrati zanemarljivim.

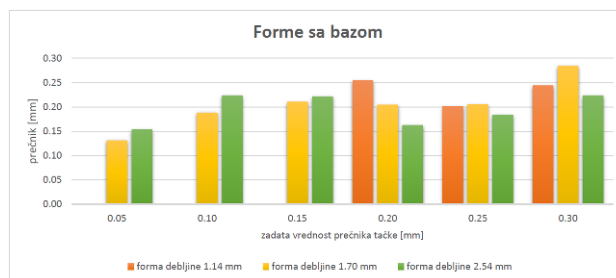
Na slici 3 dat je grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih prečnika tačaka forme sa bazom u odnosu na inicijalno zadate vrednosti za formu debljine 2.54 mm.



Slika 3. Grafički prikaz srednje vrednosti izmerenih prečnika reprodukovanih tačaka forme debljine 2.54 mm

Na osnovu analize dobijenih rezultata može se primetiti da su, u slučaju forme sa bazom, prve tri tačke reprodukovane sa odstupanjima koja ukazuju na promene u veličini koja je manja u odnosu na inicijalno zadatu vrednost i koje se ne mogu smatrati zanemarljivim, dok su poslednje tri tačke reprodukovane sa odstupanjima koja ukazuju na promene u veličini koja je veća u odnosu na inicijalno zadatu vrednost i koje se takođe ne mogu smatrati zanemarljivim.

Na slici 4 dat je uporedni grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih prečnika tačaka svih formi sa bazom.



Slika 4. Grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih prečnika reprodukovanih tačaka svih formi sa bazom

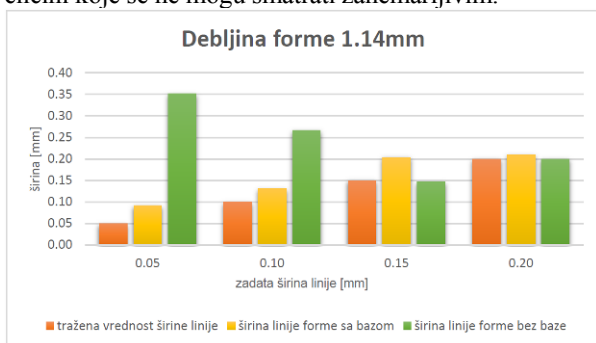
Uporednim prikazom srednjih vrednosti prečnika reprodukovanih tačaka sve tri forme sa bazom može se zaključiti da je najbolju reprodukciju tačaka imala forma debljine 1.70 mm. Ipak i kod ove forme većina srednjih vrednosti ima odstupanja od inicijalno zadate vrednosti koja nisu zanemarljiva, posebno kod tačaka koje imaju manju inicijalno zadatu vrednost. Jedina srednja vrednost koja je bila približno jednaka inicijalno zadatoj vrednosti je ona koja se odnosi na tačku traženog prečnika od 0.20 mm. S druge strane, forma koja ima najveća odstupanja srednje vrednosti reprodukovanih tačaka u odnosu na inicijalno zadatu je forma debljine 1.14 mm.

3.2 Analiza rezultata reprodukcije širine linija u pozitivu

Na slici 5 dat je grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih širina linija forme sa bazom i forme bez baze u odnosu na inicijalno zadate vrednosti za formu debljine 1.14 mm.

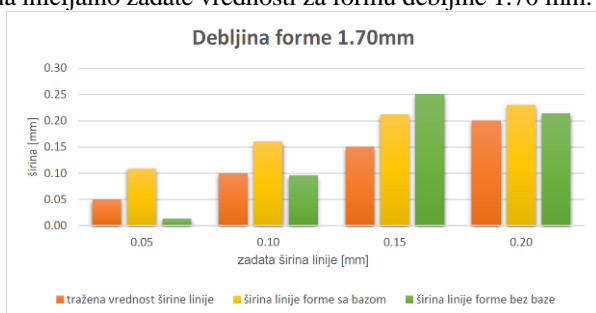
Na osnovu analize dobijenih rezultata može se primetiti da za inicijalno zadatu vrednost od 0,20 mm za formu sa bazom i formu bez baze srednja vrednost je najpribližnija inicijalno zadatoj, s tim da su za formu bez baze ove dve vrednosti jednake. Za inicijalno zadatu vrednost od 0,15 mm za formu bez baze srednja vrednost je približna inicijalno zadatoj, dok sa smanjenjem inicijalno zadate vredno-

sti, odstupanje srednje vrednosti izmerenih širina linije raste i višestruko prelazi zadatu vrednost. Za formu sa bazom, tačke koje imaju zadatu vrednost ispod 0.20 mm reprodukovane su sa odstupanjima koja ukazuju na promene u veličini koje se ne mogu smatrati zanemarljivim.



Slika 5. Grafički prikaz srednje vrednosti izmerenih širina reprodukovanih linija forme debljine 1.14 mm

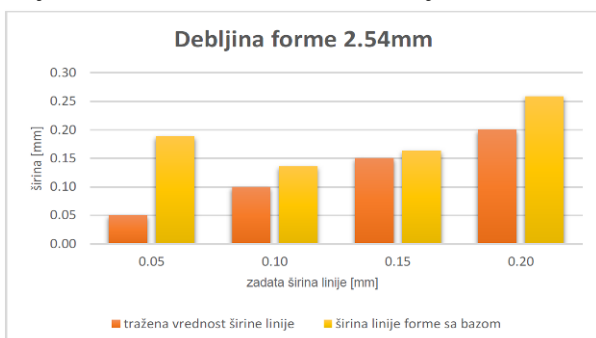
Na slici 6 dat je grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih širina linija forme sa bazom i forme bez baze u odnosu na inicijalno zadate vrednosti za formu debljine 1.70 mm.



Slika 6. Grafički prikaz srednje vrednosti izmerenih širina reprodukovanih linija forme debljine 1.70 mm

Na osnovu prethodne analize dobijenih rezultata može se primetiti da za inicijalno zadatu vrednost od 0,20 mm za formu sa bazom srednja vrednost je najpribližnija inicijalno zadatoj. Za inicijalno zadatu vrednost od 0,15 mm za formu bez baze srednja vrednost je najpribližnija inicijalno zadatoj. Za formu sa bazom, širine linija koje imaju zadatu vrednost ispod 0.20 mm reprodukovane su sa odstupanjima koja ukazuju na promene u veličini koje se ne mogu smatrati zanemarljivim, dok za formu bez baze odstupanje srednje vrednosti izmerenih širina linije višestruko prelaze inicijalno zadatu vrednost, a zatim se sa povećanjem inicijalne vrednosti odstupanje smanjuje. Ipak ni za jednu srednju vrednost to odstupanje nije zanemarljivo.

Na sl. 7 dat je grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih širina linija forme sa bazom i forme bez baze u odnosu na inicijalno zadate vrednosti za formu debljine 2.54 mm.

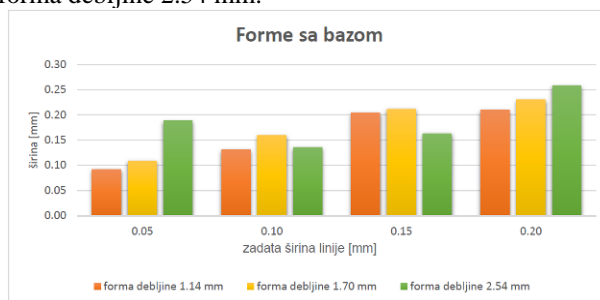


Slika 7. Grafički prikaz srednje vrednosti izmerenih širina reprodukovanih linija forme debljine 2.54 mm

Na osnovu prethodne analize dobijenih rezultata može se primetiti da za inicijalno zadatu vrednost od 0,15 mm za formu sa bazom srednja vrednost je najpribližnija inicijalno zadatoj. Sve ostale srednje vrednosti širine reprodukovanih linija su sa odstupanjima koja ukazuju na promene u veličini koje se ne mogu smatrati zanemarljivim, dok za najmanju inicijalno zadatu vrednost širine linije, odstupanje srednje vrednosti širine linije je višestruko.

Na slici 8 dat je uporedni grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih širina linija svih formi sa bazom.

Uporednim prikazom srednjih vrednosti širina reprodukovanih linija sve tri forme sa bazom može se zaključiti da je najbolju reprodukciju širina linija imala forma debljine 1.14 mm, ali i kod ove forme većina srednjih vrednosti odstupa u meri za koju se ne može reći da je zanemarljiva. S druge strane, najlošiju reprodukciju širine linija imala je forma debljine 2.54 mm.



Slika 8. Grafički prikaz srednjih vrednosti izmerenih širina reprodukovanih linija svih formi sa bazom

3.3. Vizuelna analiza reprodukcije tačaka

Na slici 9 prikazan je mikroskopski snimak reprodukovanih tačaka forme debljine 1.14 mm, čija je inicijalno zadatu vrednost prečnika 0.10 mm.

Prva tačka (levo) predstavlja najlošije reprodukovanu tačku za formu ove debljine i tačka pripada formi koja ima bazu. Vrh ove tačke nije formiran, odnosno može se primetiti nepostojanje stepenastog profila i zaravnjena površina nakon svega par slojeva elementa, što dovodi do zaključka da nisu reprodukovani svi slojevi datog elementa. Takođe, na poslednjem sloju elementa, tj. samoj površini elementa mogu se primetiti nepravilnosti u vidu ogrebotina.

S druge strane, druga tačka (desno) na slici 9, koja ujedno predstavlja najbolje reprodukovanu tačku za formu debljine 1.14 mm, ima jasno formiranu stepenastu strukturu koja se završava na vrhu sa jasno formiranim malim zaravnjenjem u vidu pravilnog kruga, koji predstavlja površinu štampajućeg elementa. Najbolje reprodukovana tačka pripada formi koja nema bazu.

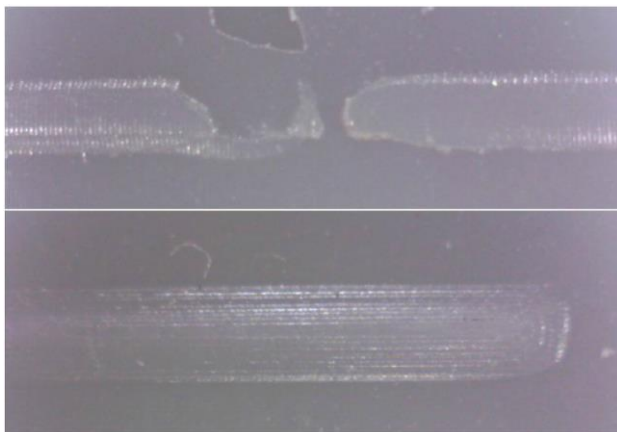


Slika 9. Mikroskopski snimak tačaka forme debljine 1.14 mm, čija je inicijalno zadatu vrednost prečnika 0.10 mm

Na slici 10 prikazan je mikroskopski snimak segmenata reprodukovane linije forme debljine 1.14 mm, čija je inicijalno zadatu vrednost širine 0.05 mm.

Prva slika (gore) predstavlja najlošije reprodukovani segment linije za formu ove debljine i linija priprada formi koja nema bazu. Na osnovu datog snimka može se primetiti da sam vrh linijskog elementa nije formiran, odnosno može se primetiti nepostojanje stepenastog profila elementa koji je karakterističan za ovu vrstu 3D štampe, već zaravnjena površina nakon svega par slojeva elementa, što dovodi do zaključka da nisu reprodukovani svi slojevi datog elementa, dok u jednom delu ovog segmenta nema ni jednog reprodukovanog sloja.

S druge strane, drugi segment linije (dole) na slici 10, koja ujedno predstavlja najbolje reprodukovani segment linije za formu debljine 1.14 mm, ima jasno formiranu stepenastu strukturu koja se završava na vrhu sa jasno formiranim malim zaravnjenjem, koji predstavlja površinu štampanog elementa. Ova linija pripada formi koja ima bazu.



Slika 10. Mikroskopski snimak segmenata linije forme debljine 1.14 mm, čija je inicijalno zadata vrednost širine 0.05 mm

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu vršeno je utvrđivanje kvaliteta reprodukcije štampanih elemenata forme izrađene pomoću 3D štampanja, za svaki element pojedinačno, na osnovu analize prečnika tačke i širine linije, kao i vizuelne analize istih. Pri ispitivanju korišćeno je 5 modela štampanja forme, štampanih na istom 3D štampanju. Odgovarajućim digitalnim mikroskopom napravljeni su snimci štampanih elemenata (tačka i linija), na osnovu kojih su izmereni prečnici tačaka, odnosno širine linija. Na osnovu dobijenih rezultata merenja dobijene su srednje vrednosti izmerenih prečnika tačaka, odnosno širina linija. Nakon merenja i utvrđivanja srednjih vrednosti dobijenih rezultata, pristupljeno je analizi reprodukovanih srednjih vrednosti, tako što su dobijene srednje vrednosti poređene sa traženim vrednostima širine linija, odnosno prečnika tačaka.

Na osnovu prethodne analize dobijenih rezultata može se zaključiti da su kod svih formi prisutne promene u veličini prečnika tačaka koje se ne mogu smatrati zanemarljivim. Takođe se može zaključiti da forme sa bazom imaju približnije izmerene vrednosti prečnika zadatim, u odnosu na one bez baze, posebno kod središnjih vrednosti, to su uglavnom tačke zadatog prečnika 0.15 mm i 0.20 mm.

Analiza srednjih vrednosti širina linija kod sve tri forme dovela je do sličnog zaključka. Tačnije, kod svih formi su prisutna odstupanja srednjih vrednosti širina linija u odnosu na inicijalno zadate, koja nisu zanemarljiva, dok su srednje vrednosti izmerenih prečnika bile najpribližnije inicijalnim u središnjim vrednostima širine linije. Za razliku od reprodukcije tačaka, za reprodukciju linija se

ne može reći da je bila uspešnija kod forme sa bazom u odnosu na formu bez baze, s obzirom da je kod nekih linija odstupanje izmerenih od zadatih vrednosti bilo manje kod forme sa bazom, dok kod nekih bez, tako da se za reprodukciju linija može reći da veličina površine prvog sloja modela nije imala uticaj na istu.

Daljim poređenjem sve tri forme sa bazom može se zaključiti da je najbolju reprodukciju tačaka imala forma debljine 1.70 mm, a forma koja je imala najveća odstupanja srednje vrednosti reprodukovanih tačaka u odnosu na inicijalno zadate je forma najmanje debljine (1.14 mm), te se može zaključiti da debljina forme jeste uticala na formiranje tačaka, ali se ne može reći da je sa povećanjem debljina forme preciznost štampe bila bolja ili lošija.

Takođe, uporednom analizom srednjih vrednosti širina reprodukovanih linija sve tri forme sa bazom može se zaključiti da je najbolju reprodukciju linija imala forma debljine 1.14 mm, a najlošiju reprodukciju linija imala je forma debljine 2.54 mm. U ovom slučaju, može se reći da je sa povećanjem debljine forme reprodukcija linija bila lošija.

Kada je u pitanju vizuelna analiza, u većini slučajeva, najbolje reprodukovana tačka, odnosno linija, pripadala je formi koja ima bazu, dok je najlošije reprodukovana tačka, odnosno linija, pripadala formi koja nema bazu. Na osnovu ovog i prethodnih zaključaka može se pretpostaviti da 3D štampanje koji je korišćen za izradu ovih modela ima veću stabilnost i preciznost štampanja ukoliko je veličina površine prvog sloja modela manja, zbog podizanja platforme štampanja.

Na osnovu izvršenih merenja, dobijenih rezultata i analize istih, krajnji zaključak je da postupkom DLP 3D tehnike štampe nisu se mogle izraditi fleksibilne štampane forme sa zadovoljavajućom reprodukcijom štampanih elemenata u pogledu preciznosti i odsustva deformacija štampanih elemenata, ali takođe s druge strane ostaje još prostora za poboljšanje rezultata u pogledu pronalaza odgovarajuće baze modela, kalibracije štampanja, pozicioniranja modela na platformi štampanja i drugih parametara koji mogu uticati na formiranje štampanih elemenata forme.

5. LITERATURA

- [1] Focus Label Machinery, "WHAT ARE FLEXOGRAPHIC PRINTING PLATES?", [Online] Dostupno na: <https://blog.focuslabel.com/what-are-flexographic-printing-plates/>, [Pristupljeno 30.03.2021.]
- [2] MakerBot Industries, "WHAT ARE THE DIFFERENT TYPES OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES AND 3D PRINTERS?", [Online] Dostupno na: <https://www.makerbot.com/stories/design/types-of-3d-printing-technologies/>, [Pristupljeno 10.05.2021.]
- [3] Renmei Xu, James C. Flowers, "Flexographic Platemaking Using Rapid Prototyping Technologies", [Online] Dostupno na: <https://www.flexoglobal.com/flexomag/09-January/flexomag-xu.htm>, [Pristupljeno 10.05.2021.]
- [4] Shahrubudina N., Leea T.C., Ramlana R., "An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications", [Online] Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308169>, [Pristupljeno 10.05.2021.]

Adresa autora za kontakt:

Danica Vićentić, vicenticdanica212@gmail.com
Dr Sandra Dedijer, dedijer@uns.ac.rs