

Integracija CAD modelovanja i SLA štampe u procesu inženjeringa oštećenih delova

MILICA S. JANKOVIĆ, Akademija tehničko-vaspitačkih
strukovnih studija, Niš

ORCID: 0009-0005-4759-7910

PETAR S. ĐEKIĆ, Akademija tehničko-vaspitačkih
strukovnih studija, Niš

ORCID: 0000-0001-9506-7301

GORDANA S. JOVIĆ, Akademija tehničko-vaspitačkih
strukovnih studija, Niš

ORCID: 0000-0001-6012-6754

BILJANA B. MILUTINOVIĆ, Akademija tehničko-vaspitačkih
strukovnih studija, Niš

ORCID: 0000-0002-6714-8443

Stručni rad

UDC: 621.81:621.767

621.715:004.92

DOI: 10.5937/tehnika2603259J

Savremeni CAD softverski alati, u kombinaciji sa aditivnim tehnologijama, predstavljaju efikasan pristup izradi prototipova i zamenskih delova u savremenom inženjerstvu. Njihova primena naročito dolazi do izražaja u situacijama kada je došlo do oštećenja ili loma specifičnih komponenti, za koje ne postoji dostupna tehnička dokumentacija ili standardni rezervni deo. U ovom radu prikazana je studija slučaja izrade zamenskog dela polomljene nogice za 3D skener, primenom integracije CAD modeliranja i SLA štampe. Polaznu osnovu predstavljao je oštećeni fizički uzorak, na kome su izvršena merenja karakterističnih dimenzija. Na osnovu dobijenih podataka izvršena je rekonstrukcija geometrije dela u softverskom paketu SolidWorks. Nakon pripreme, deo je izrađen primenom SLA tehnologije 3D štampe. Rezultati rada ukazuju na to da primenjeni postupak projektovanja i izrade omogućava brzu, preciznu i tehnički opravdanu izradu zamenskih delova, uz značajno smanjenje vremena zastoja sistema za skeniranje.

Ključne reči: CAD modeliranje, aditivna proizvodnja, SLA tehnologija, izrada zamenskih delova, reverzni inženjering

1. UVOD

Savremena industrija svoju konkurentnost u velikoj meri zasniva na sposobnosti brzog razvoja proizvoda, kontinuiranog unapređenja njihovih performansi i obezbeđivanja stabilnog nivoa kvaliteta. Razvoj digitalnih tehnologija omogućio je značajnu transformaciju procesa projektovanja i proizvodnje, pri čemu centralnu ulogu imaju CAD (Computer Aided Design) sistemi, koji omogućavaju precizno geometrijsko modeliranje, analizu i optimizaciju proizvoda još u ranim

fazama razvoja [1]. Integracija CAD tehnologija sa aditivnim proizvodnim procesima predstavlja jedan od ključnih faktora savremenog tehnološkog razvoja, naročito u oblastima brze izrade prototipova, maloserijske proizvodnje i izrade zamenskih delova. Aditivne tehnologije omogućavaju direktnu izradu fizičkih delova na osnovu digitalnog modela, bez potrebe za izradom alata ili kalupa, čime se značajno skraćuje vreme izrade i smanjuju ukupni troškovi proizvodnje [2].

Parametarski pristup projektovanju omogućava iterativno unapređenje konstrukcije i brzu modifikaciju dimenzija bez potrebe za ponovnim modeliranjem celog dela, što je od posebnog značaja kod izrade pojedinačnih ili rekonstruisanih komponenti [3].

Jedan od značajnih pravaca primene navedenih tehnologija jeste izrada zamenskih delova u slu-

Adresa autora: Milica Janković, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš, Aleksandra Medvedeva 20

e-mail: milica.s.jankovic@akademijanis.edu.rs

Rad primljen: 09.02.2026.

Rad prihvaćen: 04.05.2026.

čajevima kada je originalna komponenta oštećena, polomljena ili više nije dostupna kroz standardne lance snabdevanja. U takvim situacijama, kombinacija merenja ili digitalizacije postojećeg dela, CAD modeliranja i aditivne proizvodnje predstavlja efikasno i tehnološki opravdano rešenje, naročito u održavanju tehničkih sistema i smanjenju zastoja u radu [4].

U ovom radu prikazana je praktična primena integracije navedenih tehnologija na slučaju izrade zamenskog dela polomljene nogice 3D skenera. Polaznu osnovu predstavlja oštećena komponenta, na osnovu koje je izvršeno merenje pomoću kljunastog pomičnog merila sa digitalnim očitavanjem i analiza geometrije, a zatim parametarsko modeliranje zamenskog dela u softverskom paketu SolidWorks. SolidWorks kao savremeni CAD alat omogućava precizno definisanje geometrije, jednostavnu izmenu konstrukcionih parametara i pripremu modela za aditivnu proizvodnju, što ga čini pogodnim za ovakve vrste inženjerskih zadataka [5].

Nakon završetka faze projektovanja i izrade CAD modela, deo je proizveden primenom SLA (Stereolitografije) tehnologije 3D štampe. SLA tehnologija je odabrana zbog mogućnosti postizanja visoke geometrijske tačnosti, dobrog kvaliteta površine i precizne reprodukcije finih detalja, što je od presudnog značaja za funkcionalne prototipove i zamenske delove koji zahtevaju visok nivo preciznosti [6]. Iako aditivne tehnologije omogućavaju efikasnu rekonstrukciju i izradu zamenskih delova, proces reverznog inženjeringa često je praćen određenim ograničenjima, posebno u pogledu dostupnosti geometrije, tačnosti merenja i interpretacije složenih prelaznih površina. Ovi izazovi mogu uticati na kvalitet digitalnog modela i zahtevaju dodatne iteracije u fazi CAD modeliranja [7].

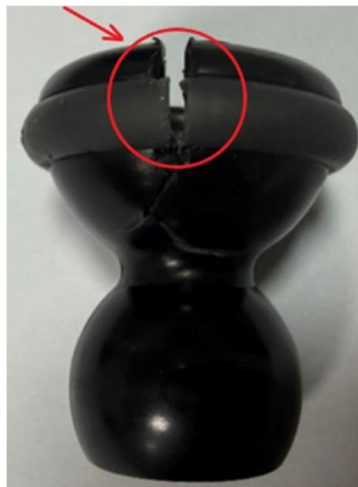
Cilj rada je da se, kroz analizu procesa proizvodnje, od merenja ili digitalizacije postojećeg stanja, preko parametarskog CAD modeliranja, do pripreme za štampu, prikaže efikasnost savremenog pristupa u izradi zamenskih delova. Poseban akcenat stavljen je na mogućnost unapređenja konstrukcije i očuvanje funkcionalnih i geometrijskih zahteva izrađenog dela.

2. METODOLOGIJA MERENJA I MODELIRANJA

Proces počinje analizom polomljenog dela, koji je prikazan na slici 1. Problem leži u činjenici da je deo sastavljen od dva materijala (plastičnog tela i gumenog prstena). Nakon analize pristupljeno je merenju uzorka radi dobijanja potrebnih dimenzija.

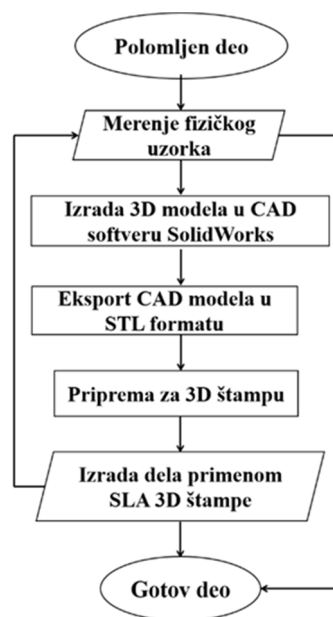
Na osnovu dobijenih dimenzija izrađen je korigovani trodimenzionalni model u CAD softveru SolidWorks, koji je potom eksportovan u STL format. Nakon pripreme modela za 3D štampu, deo je izrađen

primenom SLA tehnologije, čime je dobijen gotov deo spreman za upotrebu.



Slika 1 – Polomljen deo

Na slici 2 je prikazan dijagram toka postupka izrade gotovog dela primenom CAD softverskog paketa i aditivnih tehnologija.



Slika 2 - Dijagram toka izrade dela primenom CAD modeliranja i SLA 3D štampe

Merenje predstavlja ključnu fazu u procesu rekonstrukcije dela, jer tačnost i pouzdanost prikupljenih dimenzijskih podataka direktno utiču na kvalitet i tačnost kasnijeg CAD modela. U ovom istraživanju, merenje je izvršeno kljunastim pomičnim merilom sa digitalnim očitavanjem Mahr GmbH 16 EWRi, koje omogućava rezoluciju merenja od 0,01 mm [8].

Merni postupak je sproveden pet puta za iste dimenzije, kako bi se smanjio uticaj slučajnih grešaka i obezbedila veća pouzdanost dobijenih vrednosti. Celokupan postupak merenja i određivanja dimenzija

Na osnovu podataka dobijenih merenjem, pristupljeno je izradi trodimenzionalnog CAD modela zamenskog dela. Rekonstrukcija geometrije zamenskog dela izvršena je modeliranjem na osnovu ravanske skice, koja predstavlja poprečni profil dela. Skica je konstruisana u odgovarajućoj referentnoj ravni, pri čemu su sve karakteristične dimenzije i prelazi definisani u skladu sa prethodno izmerenim vrednostima.

Slika 4 - Zapreminski 3D model dobijen primenom opcije Revolve

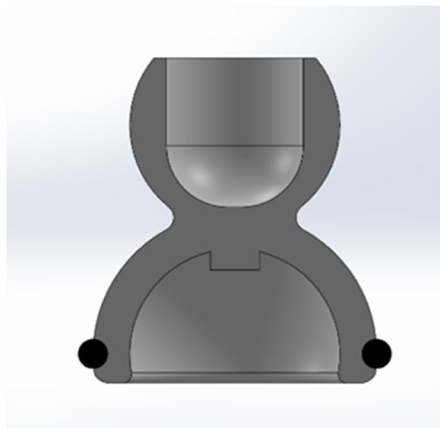
Slika 3 - Poprečni presek modela zamenskog dela u softverskom paketu SolidWorks

Slika 5 - Zapreminski 3D model

Završni CAD model izvezen je u STL format, koji predstavlja standardni format za 3D štampu i omogućava aproksimaciju površina modela pomoću trougaone mreže. Tako pripremljen STL fajl korišćen je kao ulazni podatak za izradu fizičkog dela na SLA 3D štampaču [6].

Nakon formiranja osnovne geometrije dela, izvršeno je završno prilagođavanje modela u cilju obezbeđivanja njegove funkcionalnosti u realnim uslovima primene. U ovoj fazi izvršeno je modeliranje kanala i pozicioniranje prstenastog zaptivača, kao i provera međusobnog uklapanja elemenata u okviru sklopa. Na slici 6 prikazan je poprečni presek završenog CAD

modela nogice za 3D skener sa integrisanim prstenastim zaptivačem.



Slika 6 - Poprečni presek CAD modela sa integrisanim prstenastim zaptivačem

3. SLA 3D ŠTAMPA

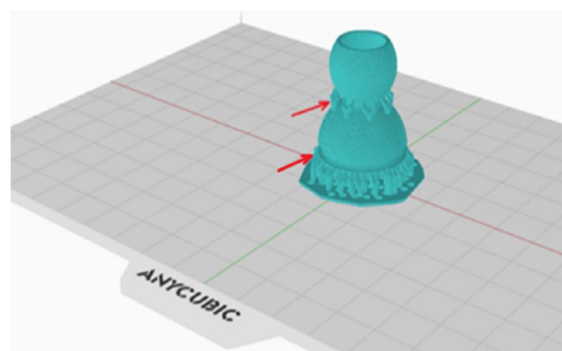
Aditivne tehnologije imaju značajnu ulogu u savremenom inženjerstvu, jer omogućavaju izradu složenih geometrija, smanjenje vremena razvoja proizvoda i brzu realizaciju funkcionalnih prototipova direktno iz digitalnog modela [9].

Stereolitografija (SLA) predstavlja tehnologiju aditivne proizvodnje u kojoj se trodimenzionalni objekti izrađuju postepenim formiranjem uzastopnih slojeva materijala. Proces se zasniva na selektivnom očvršćavanju tečne fotopolimerne smole primenom ultraljubičastog zračenja, čime se svaki sloj sukcesivno vezuje za prethodni [10]. Odlikuje se izuzetno visokom preciznošću i kvalitetom izrađenih delova, što je od presudnog značaja za funkcionalne prototipove i zamenske delove koji zahtevaju visok nivo dimenzionalne preciznosti [11], [12].

Izbor SLA tehnologije u odnosu na FDM opravdan je zahtevom za većom dimenzionom tačnošću, boljim kvalitetom površine i značajno boljim mehaničkim karakteristikama, što je posebno značajno kod delova sa funkcionalnim naleganjima, finim detaljima i kanalom za prstenasti zaptivač. Kod FDM tehnologije, zbog ekstruzije termoplastičnog materijala i izraženijih slojeva, često dolazi do veće hrapavosti površine i potrebe za dodatnom mehaničkom obradom, naročito na kontaktnim zonama. Takođe, usled procesa ekstruzije i slabije međuslojne adhezije, može doći do pojave raslojavanja (delaminacije), naročito u zonama opterećenja i složene geometrije [14]. Sa druge strane, SLA tehnologija omogućava finiju rezoluciju slojeva i precizniju reprodukciju geometrije, čime se smanjuje potreba za dodatnim doradama. FDM tehnologija je pogodnija za izradu prototipova sa manje izraženim zahtevima za završnu obradu i većih delova uz niže troškove materijala, dok je SLA tehnologija povoljnija

za delove kod kojih su preciznost, detalji i kvalitet površine od presudnog značaja, što potvrđuju i savremene uporedne studije FDM i SLA tehnologija [13].

Proces pripreme modela za aditivnu proizvodnju započinje postupkom slajsovanja (engl. slicing), koji se realizuje u namenskom softverskom okruženju za upravljanje 3D štampom. U ovom radu, slajsovanje je izvršeno u softveru AnyCubic PhotonWorkshop, koji je namenjen pripremi modela za izradu primenom SLA tehnologije. Slajsovanje predstavlja proces u kojem se trodimenzionalni digitalni model, najčešće u STL formatu, deli na veliki broj uzastopnih slojeva određene debljine, koji odgovaraju realnim slojevima koji se formiraju tokom procesa štampe. Na osnovu definisanih parametara, kao što su debljina sloja, vreme ekspozicije, položaj modela i struktura potpornih elemenata, softver generiše upravljački kod (G-kod) kojim se precizno definišu svi koraci procesa izrade dela. Prilikom orijentacije modela posebna pažnja posvećena je izbegavanju geometrijskih oblasti sa nedovoljnom nosećom strukturom u ranije formiranim slojevima, čime se smanjuje mogućnost pojave deformacija i povećanih sila odvajanja tokom procesa štampe. Na slici 7 prikazano je pozicioniranje modela na radnoj ploči štampača.

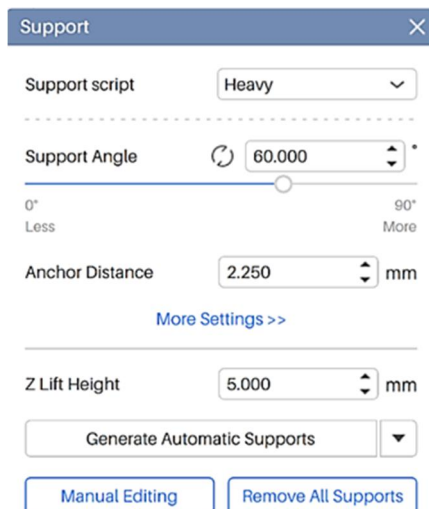


Slika 7 - Pozicioniranje 3D modela na radnoj ploči

Zbog prirode SLA procesa, gde se model formira sloj po sloj u tečnom fotopolimeru, neophodno je korišćenje nosećih struktura kako bi se obezbedila stabilnost tokom štampe i sprečilo deformisanje ili odvajanje delova od platforme. U ovom slučaju korišćeno je automatsko generisanje noseće strukture, sa podešavanjem tipa heavy support, koji je odabran zbog mase i geometrije dela.

Parametri noseće strukture obuhvataju ugao noseće strukture, što je prikazano crvenim strelicama na slici 7, razmak između tačke oslonca, visinu podizanja u Z-pravcu, kao i ukupnu gustinu noseće strukture. Na slici 8 prikazane su generisane noseće strukture zajedno sa njihovim osnovnim parametrima. Posebna pažnja posvećena je pozicioniranju tačke oslonca na manje funkcionalno značajnim površinama

kako bi se naknadna obrada i uklanjanje potpornog materijala svelo na minimum.



Slika 8 - Parametri noseće strukture

Nakon definisanja geometrije i noseće strukture, izvršeno je podešavanje ključnih parametara štampe. U Tabeli 1 prikazani su osnovni parametri korišćeni tokom procesa štampe.

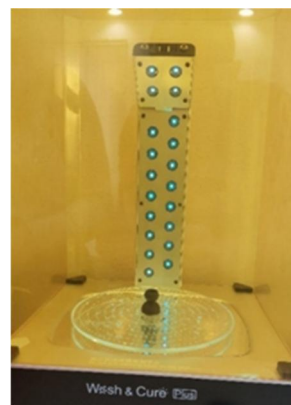
Tabela 1. Parametri SLA 3D štampe

Parametar	Oznaka	Vrednost	Jedinica
Debljina sloja	Layer height	0,05	mm
Broj početnih slojeva	Bottom layers	6	-
Vreme ekspozicije početnih slojeva	Bottom exposure time	40	s
Vreme ekspozicije standardnih slojeva	Exposure time	2,5	s
Z visina podizanja	Z lift distance	6	mm
Brzina podizanja platforme	Lift speed	2	mm/s
Talasna dužina UV svetlosti	UV wavelength	405	nm

Parametri štampe odabrani su u skladu sa geometrijskom složenosti modela i zahtevima dimenzione tačnosti, čime je obezbeđeno stabilno formiranje slojeva i smanjen rizik od pojave defekata tokom procesa izrade.

Korišćen je fotopolimerni materijal tipa ABS-like resin, koji obezbeđuje poboljšanu žilavost i mehaničku stabilnost u odnosu na standardne smole, što je važno za funkcionalnu proveru rekonstruisanog dela. Procenjena zapremina utrošenog fotopolimera iznosila je približno 5,6 ml, dok je ukupno vreme štampe iznosilo oko 1h 50 min.

Nakon štampe, deo je ispran u mašini Anycubic wash and cure, pomoću izopropil alkohola u trajanju od 20 minuta radi uklanjanja ostataka nepolimerizovane smole, a zatim je podvrgnut naknadnom očvršćavanju pod UV zračenjem u trajanju od 30 minuta, što je u skladu sa nalazima iz literature o uticaju postprocesiranja na mehanička svojstva SLA otisaka [11]. Na Slici 9 prikazan je izgled modela u mašini Wash & Cure Pure.



Slika 9 - Očvršćavanje modela pod UV zračenjem u mašini Wash & Cure Pure

4. DISKUSIJA REZULTATA

Jedan od prvih izazova u procesu rekonstrukcije dela odnosio se na fazu merenja oštećenog fizičkog uzorka. Budući da je originalni deo bio polomljen, pojedine geometrijske karakteristike nisu bile u potpunosti očuvane, što je zahtevalo dodatnu pažnju prilikom merenja dimenzija. Kako bi se smanjio uticaj slučajnih mernih grešaka, svaka relevantna dimenzija merena je u pet ponavljanja, a dobijene vrednosti su upoređivane i analizirane. Poseban izazov u ovoj fazi predstavljalo je određivanje dimenzija žleba za prstenasti zaptivač, sa stanovišta strukturne stabilnosti. Takođe za pravilnu funkciju bilo je neophodno obezbediti odgovarajuću širinu i dubinu žleba, kako bi se postiglo stabilno naleganje bez prevelikog stezanja ili nedovoljnog prijanjanja.

Tokom faze CAD modeliranja, dodatni izazovi su se javljali prilikom definisanja prelaznih radijusa i funkcionalnih detalja, naročito u zonama gde su na originalnom delu postojala zaobljenja ili blagi konusni prelazi, kao i u oblasti unutrašnjeg kanala koji je teško pristupačan za klasično merenje. Zbog ograničenja primene kljunastog pomičnog merila u takvim zonama, pojedine dimenzije su morale biti određene aproksimativno, na osnovu ponovljenih merenja, simetrije dela i funkcionalnih zahteva sklopa. U tim slučajevima bilo je neophodno primeniti inženjersku procenu i iterativno prilagođavanje geometrije modela. Kao unapređenje ovog postupka, primena 3D skeniranja umesto klasičnog merenja omogućila bi brže i preciznije

preuzimanje složenih geometrija, kao što su prelazi, radijusi i unutrašnji kanali, uz smanjenje potrebe za aproksimacijama i subjektivnim procenama, čime se postiže veća dimenziona tačnost i ponovljivost digitalnog modela, što je u skladu sa nalazima iz literature o preciznosti savremenih tehnologija 3D štampe [17].

Vremenska analiza procesa pokazuje da je kompletna faza CAD modeliranja realizovana u relativno kratkom vremenskom intervalu od približno 30 minuta, što potvrđuje efikasnost primenjenog parametarskog pristupa za ovakve vrste zadataka. Kada se u obzir uzmu i faze merenja, pripreme STL fajla, generisanja nosećih struktura i podešavanja parametara štampe, ukupno vreme digitalne pripreme dela ostaje znatno kraće u poređenju sa klasičnim metodama izrade zamenskih komponenti.

U fazi SLA 3D štampe, potencijalni problemi odnosili su se pre svega na izbor orijentacije modela i konfiguraciju nosećih struktura. Neadekvatna orijentacija mogla bi dovesti do pojave deformacija, slabog vezivanja slojeva ili otežanog uklanjanja potpornog materijala. Odabirom odgovarajuće orijentacije i korišćenjem noseće strukture obezbeđena je stabilnost tokom procesa štampe i smanjen rizik od neuspešne izrade. Međutim, primena ovakvih nosećih struktura zahtevala je dodatno vreme za njihovo uklanjanje i naknadnu obradu površine dela, što predstavlja jedan od tipičnih kompromisa kod SLA tehnologije.

Analiza ukupnog vremena izrade pokazuje da najveći deo procesa zauzima faza štampe, koja je trajala oko 1 čas i 50 minuta, dok su ostale faze – merenje, modeliranje i priprema – znatno kraće i vremenski efikasnije. Postprocesiranje, koje obuhvata pranje (20 min) i UV očvršćavanje (30 min), dodatno produžava ukupno vreme realizacije, koje je iznosilo približno 3 h 25 min, ali je neophodno za postizanje odgovarajućih mehaničkih i površinskih karakteristika izrađenog dela. približno 3 h 25 min

U poređenju sa klasičnim metodama izrade, kao što su obrada na alatnim mašinama, primena SLA tehnologije u ovom slučaju pokazala se znatno pogodnijom. Klasične metode zahtevaju izradu priprema, alata, stezanje i višekoraknu obradu, što za pojedinačne zamenske delove često nije ekonomski isplativo.

Nasuprot tome, SLA tehnologija omogućava direktnu izradu dela iz digitalnog modela, uz kraće vreme realizacije i niže operative troškove. Zbog toga se SLA tehnologija nameće kao praktičnije i ekonomičnije rešenje za izradu prototipova i zamenskih delova u uslovima male serije ili pojedinačne proizvodnje [16].

Na slici 10 prikazan je gotov zamenski deo sa gumenim prstenom.



Slika 10 – Gotov zamenski deo sa gumenim prstenom

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana praktična primena integracije CAD softverskih paketa i SLA aditivne tehnologije u procesu izrade zamenskog dela oštećene tehničke komponente. Primenjena metodologija, koja obuhvata merenje fizičkog uzorka, rekonstrukciju geometrije u CAD softverskom paketu SolidWorks i realizaciju dela primenom SLA 3D štampe, pokazala se kao efikasan i pouzdan pristup u situacijama kada originalni deo nije dostupan kroz standardne proizvodne tokove. Ostvarena dimenziona tačnost i kvalitet izrađenog dela u skladu su sa nalazima iz literature koji ukazuju na visok nivo preciznosti savremenih tehnologija 3D štampe u izradi funkcionalnih komponenti. Ukupno vreme postupka, počevši od faze projektovanja, modeliranja i izrade dela iznosilo je oko 3 sata i 25 minuta.

Na osnovu dobijenih rezultata, potvrđuje se tehnička i ekonomska opravdanost primene CAD/SLA integracije u odnosu na tradicionalne metode izrade, naročito u situacijama koje zahtevaju brzo održavanje sistema, individualizovana rešenja ili reprodukciju delova van standardne serijske proizvodnje. SLA tehnologija je izabrana zbog boljeg kvaliteta površine, visoke geometrijske tačnosti i odličnih mehaničkih karakteristika odštampanog dela. Procenjeno vreme štampe iz softvera je bilo u dobroj saglasnosti sa realizovanim vremenom (bez značajnih odstupanja), što potvrđuje stabilnost procesa za ovakav tip dela.

U poređenju sa konvencionalnim metodama izrade na alatnim mašinama, primena SLA tehnologije u ovom slučaju pokazala se znatno pogodnijom, jer ne zahteva složene tehnološke postupke koji su ekonomski neisplativi za pojedinačne zamenske delove. Digitalni tok izrade, od CAD modela do gotovog zamenskog dela, omogućava kraće vreme realizacije, lako otklanjanje nedostataka, niže ukupne troškove i brzo vraćanje sistema u funkcionalno stanje, što SLA tehnologiju čini posebno pogodnom za izradu prototipova i zamenskih delova u malim serijama ili kao pojedinačne komponente.

Može se zaključiti da integracija CAD/SLA tehnologija predstavlja tehnički i ekonomski opravdan pristup u savremenom inženjerskom održavanju i razvoju proizvoda. Kao budući pravci unapređenja postupka mogu se izdvojiti primena 3D skeniranja umesto klasičnog merenja radi preciznijeg određivanja dimenzija složenih geometrija, ispitivanje alternativnih fotopolimernih materijala sa poboljšanim mehaničkim karakteristikama, kao i dodatna optimizacija parametara štampe i postprocesiranja u cilju daljeg skraćanja vremena izrade i povećanja pouzdanosti rekonstruisanih delova.

LITERATURA

- [1] Hunde B. R, Woldeyohannes A. D, Future prospects of computer-aided design (CAD): A review from the perspective of artificial intelligence, extended reality, and 3D printing, *Results in Engineering*, Vol. 14, Article No. 100478, <https://doi.org/10.1016/j.rine-ng.2022.100478>, 2022.
- [2] Alzahmi W, Shamayleh A, Stefancich M, The role of additive manufacturing in spare parts management: A systematic review, *Cleaner Engineering and Technology*, Vol. 16, Article No. 101029, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.101029>, 2025.
- [3] Bobylev D, *Comparison of 3D Modelling Software, Master Thesis*, Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta, Finland, <https://www.theseus.fi/handle/10024/130038>, 2017.
- [4] Amroune S, Belaadi A, Zaoui M, Menaseri N, Mohamad B, Saada K, Benyettou R., Manufacturing of rapid prototypes of mechanical parts using reverse engineering and 3D printing, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, Vol. 15, No. 1, pp. 111–122, <https://doi.org/10.24874/jsscm.-2021.15.01.11>, 2021.
- [5] Trojan J, Trebuna P, Svetlík J, Kopec J, Case study: Component design for streamlining the manufacturing process using 3D printing, *Processes*, Vol. 13, No. 5, Article No. 1282, <https://doi.org/10.3390/pr13051282>, 2025.
- [6] Afridi A, Al Rashid A, Koç M., Recent advances in the development of stereolithography-based additive manufacturing processes: A review of applications and challenges, *Bioprinting*, Vol. 33, Article No. e00360, <https://doi.org/10.1016/j.bprint.2024.e00360>, 2024.
- [7] Elizondo A, Reinert F., Limits and hurdles of reverse engineering for the replication of parts by additive manufacturing, *Procedia Manufacturing*, Vol. 41, pp. 332–339, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.-2019.10.027>, 2019.
- [8] Movrin D, *Optimizacija parametara postprocesiranja u tehnologiji vezivne 3D štampe*, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017.
- [9] Gibson I, Rosen D. W, Stucker B, *Additive Manufacturing Technologies*, 3rd ed, Springer, New York, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7>, 2021.
- [10] Grzebieluch J, et al, Dimensional accuracy and mechanical anisotropy of FDM and photopolymer-based 3D printing technologies, *Polymers*, Vol. 15, No. 15, <https://doi.org/10.3390/polym151-53321>, 2023.
- [11] Patel R, Desai C, Kushwah S, Mangrola M. H, A review article on FDM process parameters in 3D printing for composite materials, *Materials Today: Proceedings*, Vol. 60, pp. 2162–2166, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.385>, 2022.
- [12] Abbasi S, et al, Comparative analysis of SLA and FDM additive manufacturing technologies, *Applied Sciences*, Vol. 15, No. 4, Article No. 2245, <https://doi.org/10.3390/app15042245>, 2025.
- [13] Ngo T. D, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen K. T. Q, Hui D, Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges, *Composites Part B*, Vol. 143, pp. 172–196, <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.-02.012>, 2018.
- [14] Nowacki B, Kowol P, Koziół M, Olesik P, Wieczorek J, Waclawiak K, Effect of post-process curing and washing time on mechanical properties of mSLA printouts, *Materials*, Vol. 14, No. 17, Article No. 4856, <https://doi.org/10.3390/ma14174856>, 2021.
- [15] Jović G, Pavlović M, Ristić M, Janković M, Application of Additive Technology for Manufacturing of Tune–O–Matic Bridge Electric Guitar Saddle, *KNOWLEDGE – International Journal*, Vol. 60, No. 3, pp. 541–546, 2023.
- [16] Liu Z, Zhang M, Bhandari B, Wang Y, 3D printing: Printing precision and application in manufacturing, *Food Engineering Reviews*, Vol. 11, pp. 109–123, <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09194-2>, 2019.
- [17] Ben Said L, et al, Additive manufacturing technologies: A comparative review for industrial applications, *Machines*, Vol. 13, No. 9, Article No. 813, <https://doi.org/10.3390/machines13090813>, 2025.

SUMMARY

INTEGRATION OF CAD MODELING AND SLA PRINTING IN THE PROCESS OF ENGINEERING DAMAGED PARTS

Modern CAD software tools, in combination with additive manufacturing technologies, represent an efficient approach to the production of prototypes and spare parts in contemporary engineering. Their application is particularly significant in situations involving damage or failure of specific components for which technical documentation or standard replacement parts are not available. This paper presents a case study of manufacturing a replacement part for a broken foot of a 3D scanner through the integration of CAD modeling and SLA printing. The process was based on a damaged physical sample, from which measurements of characteristic dimensions were performed. Based on the obtained data, the geometry of the part was reconstructed using the SolidWorks software package. After preparation, the part was manufactured using SLA 3D printing technology. The results indicate that the applied design and manufacturing approach enables rapid, precise, and technically justified production of replacement parts, with a significant reduction in the downtime of the scanning system.

Key Words: *additive manufacturing, CAD modeling, SLA technology, 3D printing, spare part manufacturing, reverse engineering*