



GENERATIVNI DIZAJN I PRIMENA ADITIVNIH TEHNOLOGIJA U OKRUŽENJU CREO PARAMETRIC⁷⁾

Rezime

Generativni dizajn je jedan od oblika veštačke inteligencije koji nudi niz odgovarajućih rešenja za izbor geometrije dela, a na osnovu postavljene funkcije cilja i ograničenja, koja dovode do poboljšanja u skladu sa potrebama dizajna. Upotreba aditivnih proizvodnih tehnologija dozvoljava njihovu implementaciju uz generativni dizajn, pošto sama tehnologija nudi širi spektar izrade geometrija konačnog dela u odnosu na konvencionalne proizvodne tehnologije. U ovom radu, radi primene generativnog dizajna korišćen je softver Creo Parametric, da bi se dobio poboljšani dizajn dela i kako bi se pripremila izrada dela korišćenjem aditivnih proizvodnih tehnologija.

Ključne reči: Generativni dizajn, Aditivne tehnologije, Creo Parametric

1. UVOD

Istorijski gledano, proizvodne tehnologije su nastale još 5000-4000. godine pre nove ere, i tada su se proizvodili predmeti od drveta, keramike, metala i kamena [1]. Sada se, zahvaljujući sve većem razvoju tehnike i tehnologije, proizvodne tehnologije se mogu podeliti u tri grupe, na osnovu principa za dobijanje završne geometrije:

- Tehnologije obrade uklanjanjem materijala (subtraktivni procesi obrade)
- Tehnologije dodavanjem materijala (aditivne tehnologije - AT)
- Tehnologije obrade oblikovanjem (formativni procesi obrade)

Za razliku od tehnologije uklanjanjem materijala, aditivne tehnologije predstavljaju proces spajanja materijala, za dobijanje novog objekta. Ovo spajanje materijala, nastaje slojevito, sloj po sloj [2]. Kod aditivne proizvodnje, koja je poznata još i kao 3D štampa, materijali mogu da se tope, omekšaju, polimerizuju i zrače, i tako se novi, naneti sloj spaja sa prethodnim. Na kraju ovog postupka dobija se ili prototip ili neki funkcionalni deo [3]. Ovako dobijen deo, u zavisnosti od postupka štampe, treba ili ne treba dalje da se tretira, odnosno postprocesira, kako bi mogao da se koristi. Prema načinu nanošenja materijala, aditivne tehnologije se na osnovu standarda ASTM F2792-12a, mogu podeliti na:

- Deponovanje rastopljenog materijala (material extrusion, eng.) - proces u kojem se materijal ispušta iz dizne [2]. Najznačajnija tehnologija je FDM.
- Fotopolimerizacija materijala (vat photopolimerization, eng.) - proces polimerizacije tečnog materijala [2]. Najznačajnija tehnologija je SLA.
- Spajanje praškastog materijala (powder bed fusion, eng.) - proces u kojem pomoću korišćene energije dolazi do fuzije materijala u obliku praha [2]. Najznačajnije tehnologije su SLS, SLM i EBM.
- Nanošenje materijala kapljicama (material jetting, eng.) - proces u kojem se kapljice materijala selektivno nanose u mlazu [2].

¹⁾ Ivana Jevtić, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, (ijevtic@mas.bg.ac.rs)

²⁾ prof. dr Mihajlo Popović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, (mpopovic@mas.bg.ac.rs)

³⁾ prof. dr Goran Mladenović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, (gmladenovic@mas.bg.ac.rs)

⁴⁾ doc. dr Miloš Pjević, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, (mpjevic@mas.bg.ac.rs)

⁵⁾ dr Miloš Milošević, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, (mmilosevic@mas.bg.ac.rs)

⁶⁾ Aleksa Milovanović, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, (amilovanovic@mas.bg.ac.rs)

⁷⁾ U okviru ovog rada saopštavaju se rezultati istraživanja koja se sprovode na projektu MPNTR RS po Ugovoru 451-03-68 / 2022-14 / 200105

- Vezivanje materijala prskanjem (binder jetting, eng.) - proces u kojem se vezivni materijal prska na prah [2].
- Direktna depozicija energije (direct energy deposition, eng.) - proces u kojem se toplotna energija koristi za topljenje materijala, koji se nanosi sloj-po-sloj [2].
- Laminacija slojeva (sheet lamination, eng.) - proces u kojem se gotovi slojevi materijala spajaju, kako bi formirali željeni objekat [2].

2. PREDNOSTI ADITIVNIH TEHNOLOGIJA U ODNOSU NA KONVENCIONALNE METODE I GENERATIVNI DIZAJN

Jedna od osnovnih karakteristika aditivnih proizvodnih tehnologija je upotreba računara u toku celog procesa izrade 3D modela. U nastavku su date ključne prednosti aditivnih proizvodnih tehnologija u odnosu na konvencionalne metode:

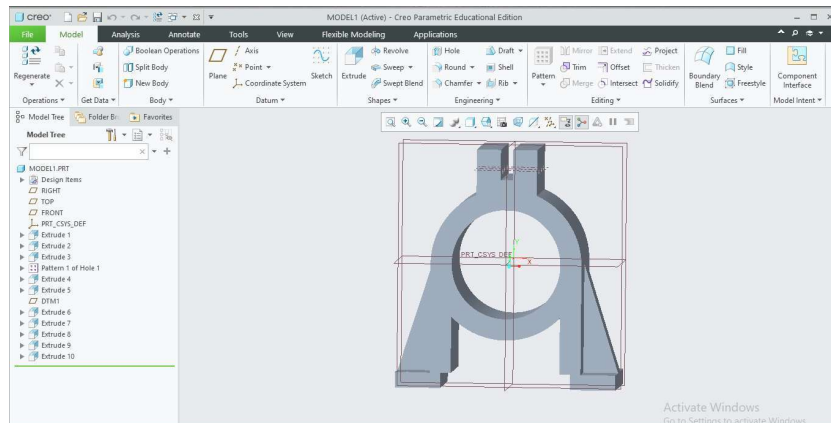
- Proizvoljna složenost geometrije bez dodatnih troškova – Kako se kod aditivnih tehnologija geometrija radnog predmeta generiše na osnovu računarskog programa, dodavanjem slojeva i bez primene posebnih alata, složenost geometrije ne utiče na cenu izrade.
- Minimalno rasipanje materijala – U poređenju sa tehnologijom skidanja materijala (npr. struganje, glodanje...), aditivne tehnologije koje koriste za materijal metalni prah, imaju mnogo manje gubitke u otpadu materijala, pri čemu postoji i mogućnost reciklaže materijala, kao što je slučaj kod SLS (eng. Selective Laser Sintering) tehnologije štampe, gde se već korišćeni prah meša sa novim i tako se štampaju novi delovi.
- Mogućnost kombinovanja materijala – Pojedine aditivne tehnologije omogućavaju izradu radnih predmeta koji su napravljeni od nekoliko različitih vrsta materijala, a koji pored različite teksture i boje mogu imati i različite mehaničke karakteristike. Jedan od pravaca istraživanja u ovoj oblasti je i razvoj digitalnih materijala.
- Mogućnost izrade gotovih sklopova – U konvencionalnoj proizvodnji, montaža sklopova se obavlja kao poslednja u nizu i predstavlja složenu i odgovornu operaciju. Pogodnim izborom zazora i tolerancija, aditivne tehnologije omogućavaju izradu gotovih sklopova.

Kao što je već rečeno, aditivnom proizvodnjom se mogu izraditi delovi uz minimalne troškove, a zahvaljujući generativnom dizajnu ti troškovi mogu biti još smanjeni. Način da se maksimalno iskoristi aditivna proizvodnja je korišćenje generativnog dizajna, koji može stvoriti zamršene oblike visokih performansi. Generativni dizajn je proces dizajna u kom se oblik generiše algoritmima softvera. Prilikom izrade modela koristeći generativni dizajn, dizajner mora da definiše različite parametre i granične uslove. Neki od tih parametara i uslova su vrsta materijala, geometrija koja treba da se zadrži, efektivna opterećenja i željeni proizvodni proces [4]. Koristeći moć računara, neki CAD sistemi omogućavaju paralelno generisanje različitih modela. U generativnom dizajnu, veštačka inteligencija je integrisana u CAD sistem, kako bi se omogućilo generisanje oblika [5]. Kada je reč o primeni generativnog dizajna, on se koristi u mnogim proizvodnim industrijama, kao što su: automobilska industrija, vazduhoplovstvo, industrijske mašine, građevinski proizvodi,...

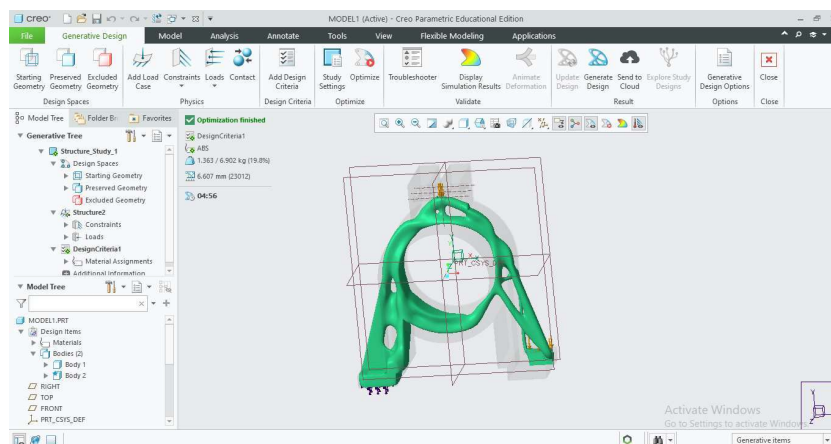
3. GENERATIVNI DIZAJN U OKRUŽENJU CREO PARAMETRIC

Generativni dizajn može da se koristi u mnogim softverima. Jedan od njih je i Creo Parametric, u kom su i urađene simulacije, koje su prikazane u ovom radu. Creo Parametric je program koji omogućava kreativnost pri modeliranju novih proizvoda. Može se koristiti za inženjerski dizajn, analizu, proizvodnju, itd. Takođe, Creo Parametric doneo je revoluciju u CAD svet. Od 1987. godine Creo je postao vodeći CAD sistem. Posедуje parametarsko, tipski zasnovano, asocijativno solid modeliranje. Poslednja verzija ovog softvera je Creo 9.0.

Na slici 1 prikazan je prvobitno konstruisan model u Creo Parametric- u, gde je nakon toga urađena simulacija. Na početnom modelu definisana su ograničenja i opterećenja koja se očekuju u eksploataciji - uklješten sa donje leve strane, pri vrhu je opterećen na pritisak od 20 MPa, a na donjem desnom kraju je opterećen silom od 2000 N. Dobijeni model na osnovu minimizacije mase kao funkcije cilja i maksimalno dozvoljenih napona dobijen je nakon više iteracija i prikazan je na slici 2.

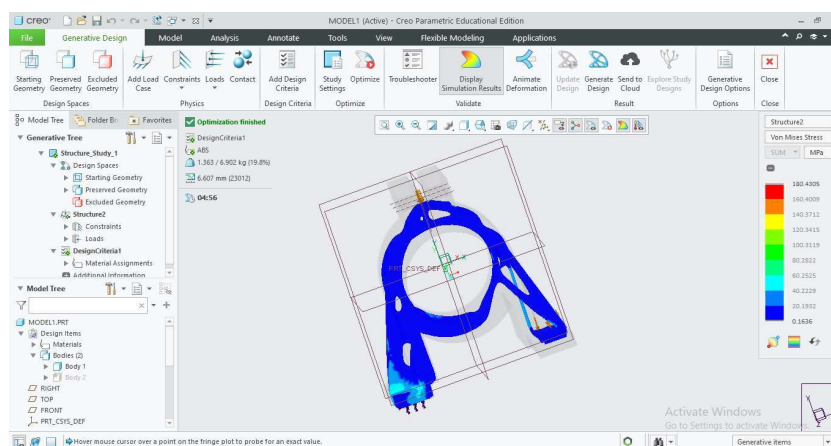


Slika 1: Početni CAD model

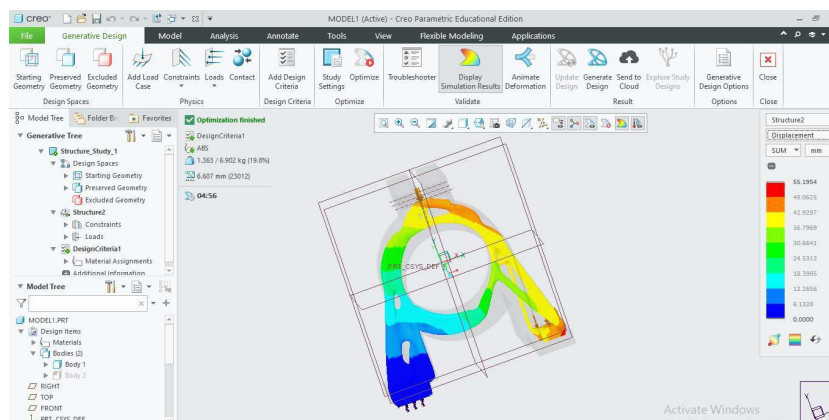


Slika 2: Optimizovani model dobijen generativnim dizajnom

Pored promene oblika, moguće je analizirati i sve ostale elemente koje nude i programi za metod konačnih elemenata: napone, deformacije i pomeraje. Na slikama 3 i 4 prikazani su naponsko stanje i pomeraji optimizovanog modela urađenog pomoću generativnog dizajna. Kao što je i očekivano, naponsko stanje dela je uravnoteženo.



Slika 3: Naponsko stanje optimizovanog modela dobijenog generativnim dizajnom



Slika 4: Pomeraji modela usvojenog na osnovu generativnim dizajnom

Novi dizajn, koji je na ovaj način optimizovan, može da se prihvatiti kao finalno rešenje, i umesto pravilnih oblika koje koristimo pri ručnom konstruisanju u softveru, po pravilu se sastoji od proizvoljnih površina, koje je u procesu izrade najlakše ostvariti primenom aditivnih proizvodnih tehnologija. Sledeća faza bi u tom procesu bilo predprocesiranje dela i priprema za 3D štampu što je omogućeno i u okviru samog Creo-a.

4. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje obuhvata generativni dizajn, pregled aditivnih tehnologija prema standardu ASTM F2792-12a, njihovu primenu, kao i prednosti aditivnih tehnologija u odnosu na konvencionalne metode. Jedan od glavnih ciljeva ovog istraživanja, je generativni dizajn i prikazano je kako se on uklapa sa aditivnim tehnologijama. Sve simulacije su urađene u programu Creo Parametric.

Rezultati istraživanja pokazala su da se primenom generativnog dizajna dobijaju uravnotežena naponska stanja modela, prema postavljenim ograničenjima. Zahvaljujući tim ograničenjima dobijaju se modeli sa manjom masom, pri čemu nije narušena postojeća funkcionalnost dela.

5. LITERATURA

- [1] Kalajdžić, M. : *Tehnologija mašingradnje*, Mašinski fakultet, Beograd, 2014.
- [2] ASTM F2792-12a: *Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies*. DOI: 10.1520/f2792-12a.
- [3] Milovanovic, A., Milosevic, M., Mladenovic, G., Likozar, B., Colic, K., Mitrovic, N.: *Experimental Dimensional Accuracy Analysis of Reformer Prototype Model Produced by FDM and SLA 3D Printing Technology*, CNNTech 2018, LNNS 54, pp. 84-95, 2019. DOI: 10.1007/978-3-319-99620-2_7
- [4] Junk, S., Burkart, L.: *Comparison of CAD systems for generative design for use with additive manufacturing*, Procedia CIRP 100, 31st CIRP Design Conference 2021, vol. 100, pp 577-582, 2021.
- [5] Akella R., *What generative design is and why it's the future of manufacturing*, Endeavor Business Media, LLC, Nashville, USA, 2018.

Jevtić, I., Popović, M., Mladenović, G., Pjević, M., Milošević, M., Milovanović, A.

GENERATIVE DESIGN AND APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE CREO PARAMETRIC ENVIRONMENT

Abstract: *The generative design represents one of the aspects of Artificial Intelligence and gives a range of suitable available solutions, which can be improved according to the design needs. Additive Manufacturing technologies can be implemented together with generative design since particular technology offers a wider spectrum of possible final part geometries with regard to conventional manufacturing technologies. In this paper, Creo Parametric software was used to implement the generative design in order to prepare the manufacturing procedure of one functional part using Additive technologies.*

Key words: *Generative design, Additive Manufacturing, Creo Parametric*