

## ПРИМЕНА 3Д ШТАМПАЧА У НАСТАВИ ИНЖЕЊЕРСКЕ ГРАФИКЕ

Анђелија Митровић<sup>1</sup>, Маја Радовић<sup>2</sup>, Јелена Баралић<sup>3</sup>, Александра Стакић<sup>4</sup>

**Резиме:** У раду је приказана примена 3Д штампача у настави Инжењерске графике на Факултету техничких наука у Чачку. Штампач који се користи у настави припада групи штампача који 3Д моделе праве растапањем материјала и његовим слагањем (Fused Filament Fabrication). Основна идеја је да се коришћењем технологије 3Д штампања у настави повећају практичне вештине студената и разумевање тродимензионалног простора. Приказан је поступак израде једног модела од његовог креирања у Solidworks-у до штампања на FELIX Tec 4 штампачу.

**Кључне речи:** 3Д моделирање, 3Д штампа, SolidWorks, FELIX Tec 4, образовање

## APPLICATION OF 3D PRINTERS IN TEACHING ENGINEERING GRAPHICS

**Abstract:** The paper presents the application of 3D printers in the teaching of Engineering Graphics at the Faculty of Technical Sciences in Čačak. The printer used in the class belongs to a group of printers that make 3D models by melting the material and fusing it (Fused Filament Fabrication). The basic idea is to use 3D printing technology in teaching to increase students' practical skills and understanding of three-dimensional space. The process of creating a model from its creation in Solidworks to printing on a FELIX Tec 4 printer is presented.

**Key words:** 3D modeling, 3D printing, SolidWorks, FELIX Tec 4, education

### 1. УВОД

На Факултету техничких наука у Чачку на машинском одсеку студенти се упознају са основама 3Д моделирања на првој години основних струковних студија када уче да раде у САД софтверу кроз упознавање са виртуелним 3Д простором и основама пројектовања. У оквиру предмета Инжењерска графика предвиђено је да се студенти упознају са основама 3Д штампе да би током студија, а и у својој професионалној каријери могли боље решавати одређене проблеме у инжењерству.

3Д штампа је модерна технологија производње тродимензионалних објеката и генерално представља брже, јефтиније и лакше решење од других технологија производње 3Д објеката. У својој основи 3Д штампање је процес у којем се материјал наноси у танким слојевима и тако се формира тродимензионални објекат. Може се рећи да се производња у овом случају одвија на потпуно другачији начин од уобичајеног. Док се у највећем броју случајева коначан облик добија одузимањем одређеног процента материјала од почетне количине (одсецањем делова, бушењем рупа и слично), код 3Д штампе реч је о обрнутом процесу - материјал се додаје док се не добије коначан облик [1].

3Д штампа све више узима учешће у многим различитим производним индустријама, образовним институцијама и многим предузетничким и кућним пословима. У свим овим индустријама, у циљу имплементације 3Д штампе у производни процес, потребно је обезбедити неки вид едукације и обуке о основама 3Д штампања запосленима или знатно

<sup>1</sup>др Анђелија Митровић, Факултет техничких наука у Чачку, Светог Саве 65, Чачак, e-mail: andjelija.mitrovic@ftn.kg.ac.rs

<sup>2</sup>Маја Радовић, Факултет техничких наука у Чачку, Светог Саве 65, Чачак, e-mail: maja.radovic@ftn.kg.ac.rs

<sup>3</sup>др Јелена Баралић, Факултет техничких наука у Чачку, Светог Саве 65, Чачак, e-mail: jelena.baralic@ftn.kg.ac.rs

<sup>4</sup>Александра Стакић, Факултет техничких наука у Чачку, Светог Саве 65, Чачак, e-mail: aleksandra.stakic@ftn.kg.ac.rs

раније студентима у образовним институцијама. Према томе, наставницима је потребна одговарајућа обука, пракса и на крају добар наставни план [2].

У другом поглављу ће бити речи о примени 3Д штампе у образовању. Треће поглавље посвећено је FELIX Тес 4 штампачу. У четвртном поглављу описан је поступак израде 3Д модела на FELIX Тес 4 штампачу.

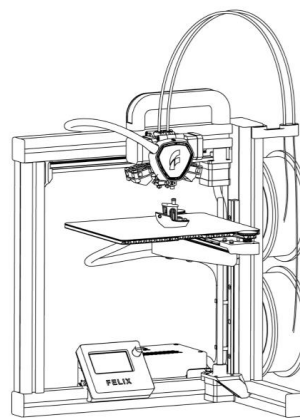
## 2. 3Д ШТАМПА У ОБРАЗОВАЊУ

Као специфичан облик дигиталне технологије, појава приступачнијег, јефтинијег 3Д штампача отворила је потенцијал за његово усвајање у оквиру образовног система. Иако је његова почетна примена описана као донекле новина, сматра се да ће 3Д штампач постати свеprisутан као и фотокопир машина [3].

3Д штампа је револуционарна и иновативна технологија која са собом носи нове методе учења и разумевање концепата који су били веома тешки са традиционалним методама [4]. Студент 21. века је особа која тражи нова занимљива решења, за коју не постоје препреке, где се користе савремена опрема, технологија или апликације. Рад у графичким програмима и 3Д моделовању омогућава развој просторног мишљења, а увођење 3Д штампе у дидактички процес подстиче развој мишљења, развија креативност и активност ученика [5]. Раније су студенти могли само да виде модел на рачунару а сада, захваљујући 3Д штампачима, могу да додирну крајњи резултат што чини огромну разлику у њиховом ангажовању у настави [6].

## 3. FELIX ТЕС 4 ШТАМПАЧ

Као и код традиционалних штампача и 3Д штампачи користе различите технологије штампе. Технологија штампе штампача FELIX Тес 4 је Fused Deposition Modeling (FDM) технологија, која се често назива и Fused Filament Fabrication (FFF). Та технологија подразумева топљење Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polyactic Acid (PLA) или неке друге термопластике, која се у течном стању наноси на тачно одређене локације у 3Д простору [1]. За овај поступак штампе је карактеристично: брзо и јефтино генерисање слојева, поузданост процеса односно једноставно манипулисање подацима и минимални губици материјала. Мане ове врсте штампе је непогодност за израду модела са отворима, удубљењима и избочинама, као и релативно мала тачност мера и облика модела [7]. На слици 1 приказан је штампач FELIX Тес 4 [8] а у табели 1 особине штампача.



Слика 1. Штампач FELIX Тес 4

Табела 1. Особине штампача FELIX Тес 4

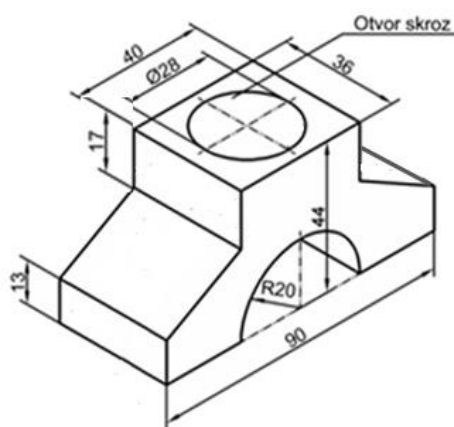
Изабрани параметри штампача	Вредности
Димензије штампача	410 x 450 x 520 mm
Радна површина	Грејна платформа Максимална температура 90 °C
Нивелисање	Полуаутоматско
Брзина кретања главе штампача	200 mm/s
Пречник млазнице	0,35 mm (опционо 0,5 mm)
Температура млазнице	275 °C
Пречник жице	1,75mm
Материјал жице	PLA, PETG, ABS, PVA, FLEX
Софтвер	Simplify3D Repetier-Host
Подржани оперативни систем	Windows 7 Mac OS X Linux
Подржани фајлови	STL, AMF, OBJ, 3DS
Конекција	USB Микро SD картица

#### 4. ПРИМЕР ИЗРАДЕ 3Д МОДЕЛА НА ШТАМПАЧУ

Типичан ток рада 3Д штампе изводи се у следећих шест корака:

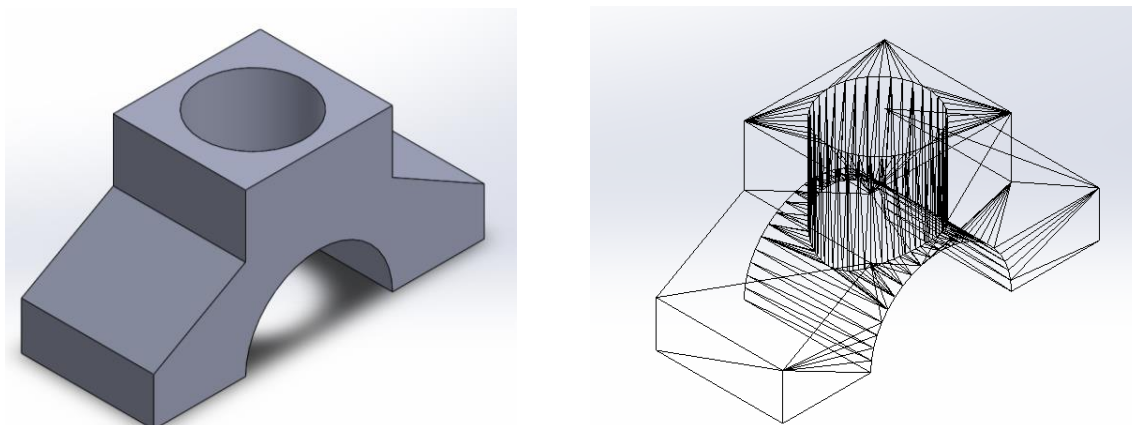
- формулисање концепта модела који се штампа
- претварање концепта у чврст модел (виртуелни модел) користећи CAD софтвер
- претварање чврстог CAD модела у STL фајл који се може читати одговарајућим системом 3Д штампања
- претварање STL скупа података у скуп машинских инструкција (нпр. G-код) за слој по слој кретања главе штампача
- извоз упутства машине у 3Д штампач и извршавање процеса штампања
- завршне операције (нпр. уклањање подлоге, полирање, фарбање и слично) 3Д штампаног објекта

Претходно описан ток рада 3Д штампе приказан је на конкретном примеру штампања једног модела (слика 2).



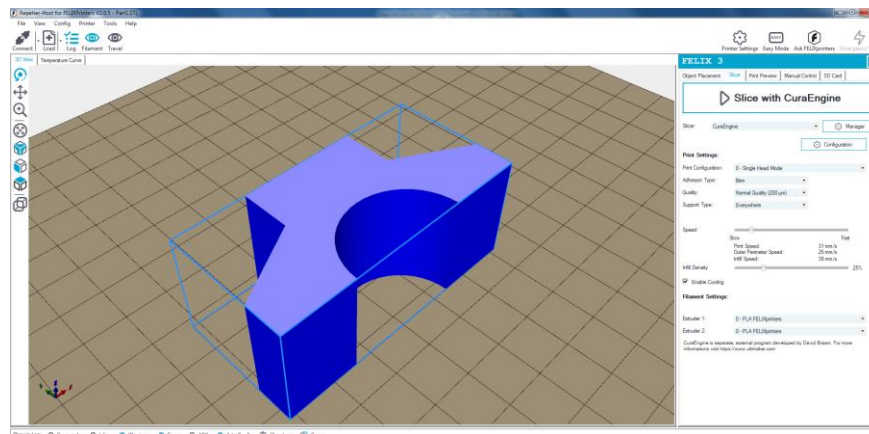
Слика 2. Изглед модела који се штампа

Након формулисања модела који се штампа, пре отварања софтвера штампача, потребно је модел који је креиран у Solidworks-у конвертовати у STL фајл (слика 3).



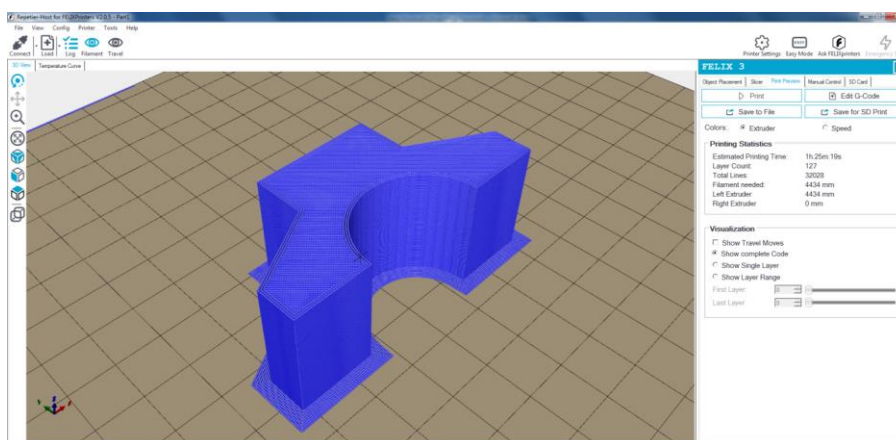
Слика 3. Модел у SolidWorks-у и у STL фајлу

Након конвертовања у софтвер штампача Repetier-Host (слика 4) учита се фајл за штампање а затим изабере картица Slicer [9] . Овде се модел “сече” на слојеве, а онда у оквиру сваког слоја програм одређује путању главе штампача која топи и излива пластику. Ови подаци се на крају претварају у G код – код који разуме 3Д штампач.



Слика 4. Изглед модела у софтверу Repetier-Host

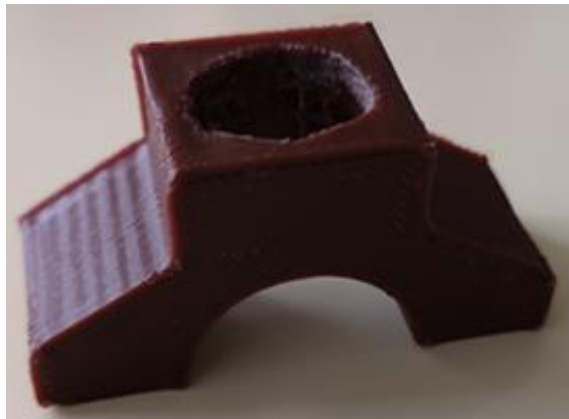
Након подешавања параметара у прозору Print preview види се како би модел требао да изгледа након штампања (слика 5).



Слика 5: Предвиђен изглед модела након штампања

Штампа се одвија тако што мотори померају главу штампача лево-десно и напред-назад онолико колико је потребно да би се описала одређена линија. За то време глава

штампача топи пластику и оставља траг дебљине око 0,2 мм. Када се испишу потребне линије у првом слоју, глава штампача се подиже за око 0,2 мм и преко линија које је одштампала штампа следећи слој. На тај начин, штампајући слој по слој добија се модел приказан на слици 6.



Слика 6. Изглед одштампаног модела

## 5. ЗАКЉУЧАК

3Д штампа је релативно нова технологија. Предности су јасне и очигледне. Уместо да се неки тродимензионални објекат замишља, сада може да буде представљен реално, у природној величини. Некада је требало пуно времена да се модел са концептуалног нивоа претворе у 3Д модел или прототип, а данас је то питање минута или часова.

У раду је приказана израда једног модела и то од његовог креирања тродимензионалног модела у програму Solidworks, па све до штампања на 3Д штампачу. Може се закључити да учење контактом са моделом постаје брже и ефикасније при чему коришћење штампаних модела повећава укљученост студената на настави.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] PC Press (2016), Нова индустријска револуција Преузето 5. децембра, са <http://pc.pcpres.rs/tekst.php?id=12409>
- [2] Бањанин, Б., Пál, М., Димовски, В., Адамовић, С., Лили, А. (2020), *3D printing in the education of graphic engineering and design students*, 10th International Symposium on Graphic Engineering and Design
- [3] Horejsi, M. (2014), *Teaching STEM with a 3D Printer*, The Science Teacher
- [4] Pai, S., Gourish, B., Moger, P., Mahale, P. (2018), *Application of 3D Printing in Education*, International Journal of Computer Applications Technology and Research, Volume 7–Issue 07, 278-280, ISSN:-2319–8656
- [5] 3D printing applications in education, Преузето 10. децембра, са [https://3dp-teacher.erasmus.site/wp-content/uploads/2021/03/02\\_February-2021\\_-SPNW\\_ENG.pdf](https://3dp-teacher.erasmus.site/wp-content/uploads/2021/03/02_February-2021_-SPNW_ENG.pdf)
- [6] 3D printing in education, Преузето 10. децембра, са [Education-whitepaper-Blackbelt-3D.pdf](#)
- [7] Blanuša, V., Đurković, A. (2020): *Mogućnosti 3D štampe primenom štampača ZORTRAX M200 PLUS*, 6 Међународна конференција Управљање знањем и информатика – Копоник, Стране: 93-100

[8] Felix printers (2017), *Quick Start Guide*, Преузето 10. децембра, са <file:///C:/Users/Djina/Downloads/Quick%20Start%20Guide%20%20FELIX%20Тес%204%20-%20ENGLISH.pdf>

[9] Quick Start Guide (2017), *Repetier-host for FELIXprinters*, Преузето 10. децембра, са [https://shop.felixprinters.com/downloads\\_felixprinters](https://shop.felixprinters.com/downloads_felixprinters)

# IN THE ED