

ОПТИМИЗИРАНЕ НА КОНСТРУКЦИЯТА НА 3D ПРИНТЕР ЗА СТРОИТЕЛНИ ОБЕКТИ

Тихомир ВАСИЛЕВ

t.vasilev@abv.bg

катедра ТМ, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“, 9026, БЪЛГАРИЯ

С използването на технологията за 3D принтиране чрез послойно екструдирание е възможно принтирането на строителни обекти, макар принтерите да представляват значителни по големина и размери съоръжения. Чрез анализиране на съществуващите конструкции на 3D принтери - реално изградени или във фаза на идейни проекти, както и на техните предимства и недостатъци е предложена нова схема на принтер за строителни обекти която се характеризира с повишена мобилност, ниска себестойност и голям формат на изгражданите обекти.

Ключови думи: делта 3D възен принтер, строителни обекти, мобилен 3D принтер

1. Увод

Високата ефективност, прецизност и независимост на технологиите за 3D печат на реални обекти, налага тяхното все по-голямо разпространение, базирано на значително понижаване на цената на крайните продукти главно чрез понижаване на количеството на вложения труд.

Нарастването на интереса към принтирането на реални обекти се повишава значително през периода от 2009 до 2013 г. с около 4-5 пъти, базирано главно на независимостта на технологията [Токарев 2016].

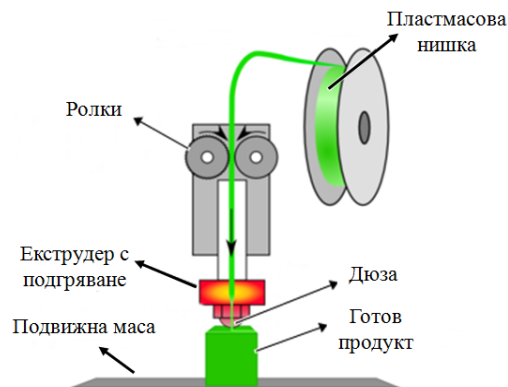
Познати са много материали наслойвани чрез различни технологии използвани към настоящия момент, като главно могат да бъдат разделени на три основни групи:

- материали към които предварително се влага енергия за достигане на състояние позволяващо принтиране (термопласти, метали и др. – фиг.1);

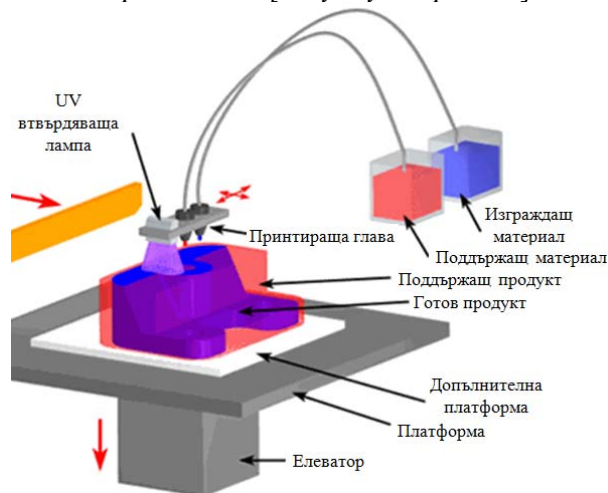
- материали които са в състояние да се наслоят като в следствие се добавя енергия необходима за тяхното втвърдяване (фотополимери, металокерамика и др. – фиг.2);

- материали които са в състояние да се наслоят и впоследствие да се втвърдят без влагане на допълнителна енергия (строителни смеси, смоли и др.);

Техниката на послойно екструдирание (фиг.3) е най-разпространена за наслойване на различни материали от трите основни групи, а най-често



Фиг.1 Принципна схема за принтиране на термопласти [Savytskyi и др. 2016]



Фиг.2 Принципна схема за 3D принтиране на фотополимери [CustomPartNet 2009]

използваните материали за екструзия са термопласти като PLA и ABS. Други материали подходящи за процеса на принтиране чрез послойно екструдирание са евтектични метали, бетон и хранителни материали като шоколад [Alwi et al. 2013].



Фиг.3 Снимка на послойно екструдирание на строителни смеси [Savytskyi et al. 2016]

2.Изложение

Себестойността на еднофамилните къщи до голяма част се формира от количеството на вложения човешки труд. За по-малки строителни проекти от гражданското строителството вложения труд варира между 800 и 2000 човекочаса [Stoy and Schalcher 2007]. Също така не са за пренебрегване и архитектурните ограничения, налагани главно от нарастващата себестойност на сградата.

На следващата фиг.4 е показана снимка на изграден чрез 3D принтер хотел [Rudenko 2015].



Фиг.4 Снимки на принтиран хотел [Rudenko 2015]

Осреднена скоростта на разпечатване отнесена към височина 3 m за единица площ се равнява на 2,08 m²/h или 100 m² за 48 часа. Понижаването на себестойността за изграждането на сграда се очаква да възлиза на около 60% [Rudenko 2015].

Като основен недостатък на 3D принтерите за строителни смеси е голямото тегло, а от там и ограничената мобилност.

Конструкцията на принтер с формат 12 m x 12 m (фиг.5 - а) е с тегло 120t, а принтер с формат 6 m x 4 m (фиг.5 - б) има тегло от

порядка на 620 kg [Savytskyi et al. 2016]. Това води и до ограничаване на възможността за разпечатване на сградите на мястото на което ще се експлоатират.



а)



б)

Фиг.5 Снимки на 3D принтери за строителни смеси: а) формат 12x12m; б) 6 x 4 m; [Savytskyi et al. 2016]

За избягване на това ограничение най-разпространени са стационарните конструкции на 3D принтери разположени в закрити помещения, принтиращи сградите като отделни елементи наслагвани в последствие един към друг. Това от своя страна налага използването на човешки труд за монтажа на отделните елементи, както и на подемно транспортни машини и съоръжения.

3. Конструкции на 3D принтери - предимства и недостатъци

3.1 Принтери работещи в правоъгълна координатна система (фиг.5)

Основните предимства на тези принтери са:

- повишена стабилност и прецизност на разпечатваните обекти;
- без ограничения при подаване на материал към екструдера;

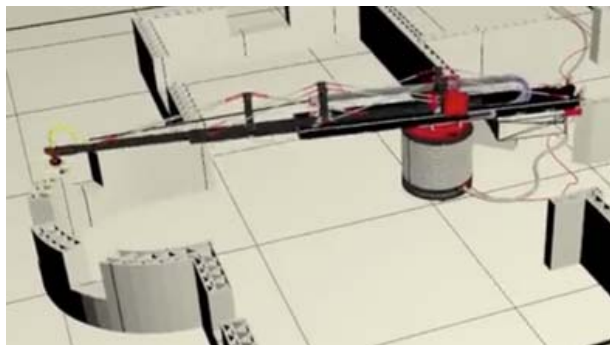
Основните недостатъци на тези принтери са:

- голямо тегло на хоризонталните елементи на конструкцията в следствие на огъващите напрежения, които е необходимо да поемат;
- големи габаритни размери на отделните елементи;
- завишени изисквания към точността на отделните елементи;
- употреба на сачмено винтови двойки с голяма дължина;
- висока себестойност и ограничена мобилност;

3.2 Принтери работещи в цилиндрична координатна система (Фиг.6)

Основните предимства на тези принтери са:

- ниско тегло, сравнено с конструкцията на принтерите работещи в правоъгълна координатна система;
- без ограничения при подаване на материал към екструдера;



Фиг.6 Конструкция на 3D принтер за строителни смеси работещ в цилиндрична координатна система [Alter 2015]

Основните недостатъци на тези принтери са:

- голямо тегло на хоризонталните елементи на конструкцията породено от огъващите напрежения които поемат;
- голямо тегло на вертикалната колона породено от огъващите напрежения които поема;
- завишено тегло от фундаментната част на конструкцията и противотежестите;
- занижена точност поради конзолното закрепване на хоризонталната греда и големи провисвания;

- затруднения при изнасяне на конструкцията след приключване на работата;

3.3 Делта 3D принтери (Фиг.7)

Основните предимства на тези принтери са:

- ниско тегло на отделните елементи поради натоварването им предимно с нормални напрежения;



Фиг.7 Конструкция на делта 3D принтер за строителни смеси [Borghino 2015]

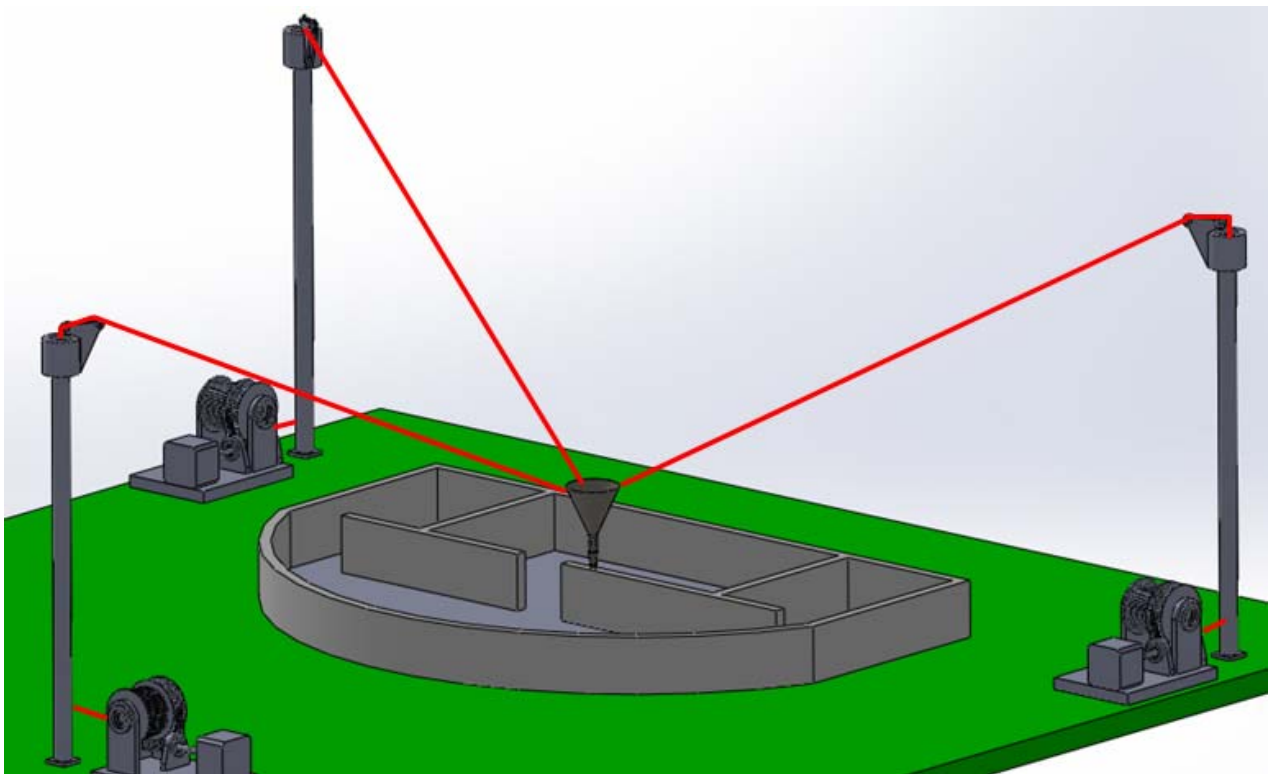
Основните недостатъци на тези принтери са:

- големи габаритни размери (два пъти височината на печатания обект) на конструкцията породени от кинематиката на тази конструкция принтери;
- разпечатване на обекти с малка застроена площ, но по-голяма височина;
- занижена точност поради особеността на кинематиката;
- затруднения при подаването на материал към екструдера;

За избягване на основните недостатъци (големи тегло и габаритни размери, както и ограничена мобилност) на съществуващите конструкции на 3D принтери за строителни обекти е разработена конструкция на съоръжение, идейният проект на което е показан на фиг.8.

Основните предимства на предлаганата конструкция са:

- повишена мобилност, независимост и еднаквост на отделните елементи;
- ниско тегло - базирано на поеманите предимно нормални напрежения;



Фиг.8 Конструкция на делта 3D въжен принтер

- неголяма височина на колоните;
- непретенциозност на конструкцията към нивелацията на терена, върху който се принтира даден обект;
- обикане на въжетата директно с мотор или мотор редуктор без употребата на сачмено винтови двойки и други скъпоструващи елементи (хидро или пневмо цилиндри и т.н.);
- еднопосочност на натоварването във въжетата;

Основни проблеми, които могат да се появят като недостатъци на конструкцията:

- ниска стабилност на конструкцията;
- проблеми при синхронизирането на движенията;
- проблеми при ускоряването на товара;
- преплъзване между въжето и барабана;

4. Заключение

Предлаганата конструкция на 3D принтер за строителни материали би довела до следните по важни предимства:

- понижаване на разходите за изграждане на конструкцията на принтера и цялостно понижаване на себестойността на разпечатваните обекти;
- по-голяма достъпност на технологията за 3D принтиране на сгради и строителни обекти;
- разпечатване на сгради с големи размери и сложни форми;
- възможност за използване на съществуваща денивелация като предимство;

ЛИТЕРАТУРА

Токарев Б. Е. Презентация резултатов исследования по 3D-принтингу, <http://marketing.hse.ru/news/125935671.html>;

Alter L., 3D house printer can crank out a thousand square feet per day, October 13, 2015, <http://www.treehugger.com/green-architecture/3d-house-printer-can-crank-out-thousand-square-feet-day.html>

Alwi A., S. Karayiannis, B. Starkey, M. Gardner, K. Reodique and Th. Varley Contrucktion. MegaScale 3D Printing. Group 1. Final Report, 11th January 2013. Faculty of Engineering and Physical Sciences University of Surrey..201 p.

Borghino D., World's largest delta 3D printer could build entire houses out of mud or clay, September 17th, 2015, <http://newatlas.com/wasp-big-delta-3d-printer-clay-housing/39414/>

CustomPartNet, <http://www.custompartnet.com/wu/jetted-photopolymer>, 2009;

Rudenko A., World's First 3D Printed Hotel Suite in the Philippines, 2015, <http://www.totalkustom.com/rudenko-s-3d-printer.html>;

Savytskyi M.V., S.V.Shatov, O. A. Ozhyshchenko, 3D-PRINTING OF BUILD OBJECTS, Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2016. № 3 (216). С. 18-26;

Stoy, C. and Schalcher, H.-R. (2007), 'Residential Building Projects: Building Cost Indicators and Drivers', Journal of Construction Engineering & Management 133(2), 139_145.);

OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION OF 3D PRINTER FOR BUILDING OBJECTS

Tihomir VASILEV

With the use of 3D printing technology - extrusion layer by layer is possible printing of concrete mixtures, including building objects. Existing printers for printing of building objects have large dimensions and low mobility. This requires printing of the individual elements in manufacturing place and their assembly later the site of where will be operated. In publication are discussed the three basic types of structures: - printers operating in the Cartesian coordinate system (Fig. 5); - printers operating in the cylindrical coordinate system (Fig. 6) and Delta 3D printers (Fig. 7);

By analyzing the existing structures of 3D printers, as their advantages and disadvantages, was reached to a model of 3D printer in which the main disadvantages of existing structures lacking.

The new printer construction is called "Delta Wired 3D Printer", shown on fig.8. The construction represents three vertical pillars equipped with wire rollers. Extruder is suspended on three wires harvest of which is through electric motors, gearboxes and drums. Moving the extruder in one plane and compliance set coordinates is possible with synchronization of harvest and the granting of wires.

The main advantages that the new structure has been:

- Increased mobility, independence and identity of the individual elements;*
- Low weight of individual parts generally based of normal tensions in wires and small bending in pillars;*
- Unpretentiousness to leveling the terrain on which is printed the object - if irregularities by adjustments to the heights of individual pillars can control the relationship between the coordinates that extruder follows and speeds of skimming and releasing the wires;*
- Skimming the wires directly with motor and/or gearbox without the use of a ball screws and other costly elements (hydraulic or pneumatic cylinders and etc.);*
- One way loading of the wires - clearance when changing of the movement direction can not affect to the accuracy;*

Main problems that may occur as defects of construction:

- Low stability of the structure and insufficient precision as the printed objects created by climate size of the load in the ropes for each different reference point coverage area and hence their deformation;*
- Low stability of the structure leading to low precision on the printed objects, generated by change in wires load for each different position and their deformation;*
- Problems with synchronization of wires movements;*
- Problems with the acceleration of the load when stopping, starting and changing of movement direction;*
- Slippage between wires and drums, which can lead to distortions of kinematics steps between the motors and extruder;*
- Problems with submitting of mixture to the extruder;*

The new design of 3D printer for building materials would lead to the following major advantages:

- Lowering the cost of building the structure of the printer and lowering overall cost of the printed objects;*
- Greater availability of technology for 3D printing of building objects;*
- Printing of large buildings and complex forms;*