

RESULTS OF A STUDY OF DIELECTRIC PROPERTIES OF 3D PRINTED MATERIALS¹²

Prof. Dr. Nicola Mihaylov

University of Ruse, Bulgaria
Department of Electrical Power Engineering
E-mail: mihailov@uni-ruse.bg

Prof. Dr. Catalin Popa

Naval Academy "Mircea cel Batran", Romania
Department of Maritime Transport
E-mail: catalin.popa@anmb.ro

Assoc. Prof. Dr. Seher Kadirova

University of Ruse, Bulgaria
Department of Electronics
E-mail: skadirova@uni-ruse.bg

Marius Cucu

Naval Academy "Mircea cel Batran", Romania
Department of Naval Electromechanical Systems
E-mail: marius.cucu@anmb.ro

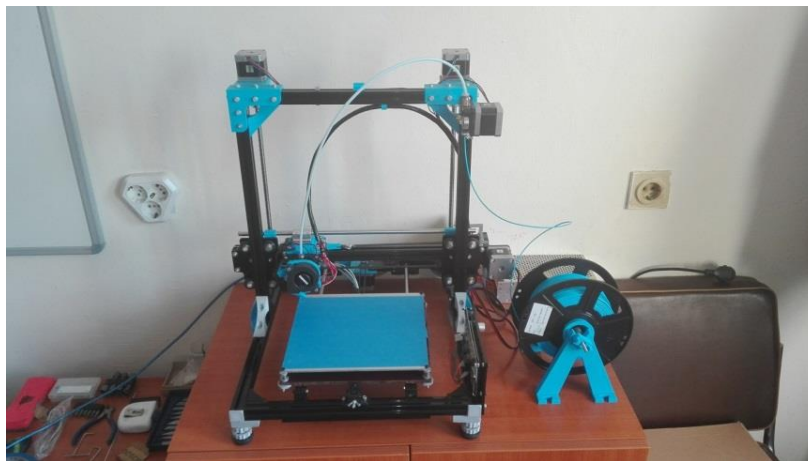
Abstract: 3D printing technology is increasingly used in various sectors of industry. The reliable operation of products made of various types of printed materials requires investigation of their most important dielectric properties. In this study, the relative dielectric permittivity, specific volume resistivity, and electrical strength of the poly lactic acid (PLA) material have been determined.

Keywords: 3D printing, dielectric properties, measurements.

ВЪВЕДЕНИЕ

Технологията 3D принтиране все по-често се използва за разработване и производство на електронни устройства и компоненти. Тези приложения изискват познания за диелектричните свойства на използваните материали - по-специално минимални и стабилни стойности на относителната диелектрична проникваемост и диелектрични загуби (Picha, T., S. Papezova, & Picha S., 2022). Използването на различни видове пластмаси в индустрията, транспорта, земеделието и други отрасли е широко разпространено. През последните години се наблюдава рязко увеличаване употребата и на 3D принтирани материали в електрониката при изработване на проходни изолатори, кондензатори, антени, кутии, структурни елементи и др.) (Veselý, P., Tichý, T., Šefl, O., & Horynová, E., 2018, Veselý, P., Minář, J., Pražanová, A., Šefl, O. & Dušek, K., 2020). Изделията от тях се създават на 3D принтери и се отличават с висока точност на геометричните размери, добро качество на повърхността и безпроблемно производство, включително и на детайли със сравнително сложна конфигурация (Фиг.1) (Huber, E., Mirzaee, M., Bjorgaard, J., Hoyack, M., Noghianian, S., & Chang I., 2016, Mihailov, N., 2007).

¹² Докладът е представен на научната сесия на 28 октомври 2022 с оригинално заглавие на български език: РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕ ДИЕЛЕКТРИЧНИ СВОЙСТВА НА 3D ПРИНТИРАНИ МАТЕРИАЛИ



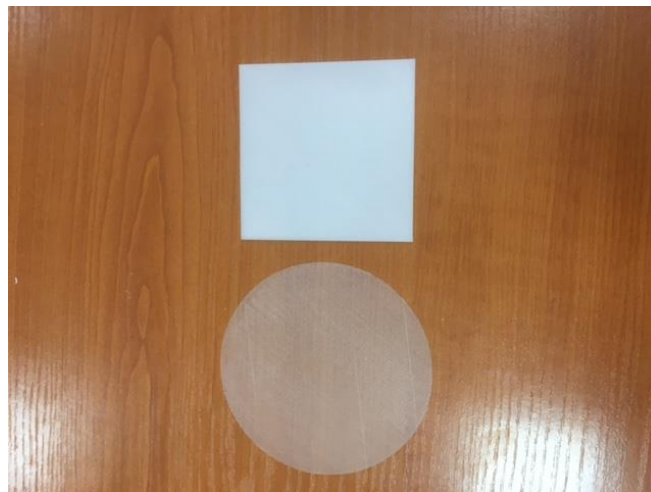
Фиг. 1. Външен вид на използвания нискобюджетен 3D принтер

Надеждната работа на изделията от такива материали обаче изисква познаване на техните основни диелектрични параметри и характеристики, тъй като при производството на полилактат (PLA) е възможно използването на различни добавки. В работата се излагат резултати от изследване на принтирани високомолекулни съединения от типа полилактат (PLA).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Методика за изследване

Външният вид на изработените образци, с помощта на 3D принтера, е представен на фиг. 2., (Dichtl, Cl., P. Sippel, & St. Krohns. 2017).



Фиг. 2. Външен вид на образци от PLA материал.

Диелектрична константа

За определяне на относителната диелектрична проникваемост се използва плосък кондензатор, чийто капацитет се определя с израза (Mihailov, N. 2007):

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{h} \quad (1)$$

където $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$ е диелектричната константа, Fm^{-1} ;

ϵ_r - относителната диелектрична проникваемост на материала;

S - площта на електрода, m^2 ;

h - разстоянието между електродите, m .

Между плочите на кондензатора се поставя изследвания материал PLA с дебелина $h=0.5mm$. Капацитетът се измерва със специализиран уред Capacitance tester PeakTech 3705. При известни геометрични параметри S и h от уравнение (1) се изчислява относителната диелектрична проникваемост.

Обемно съпротивление

Известно е, че обемното електрическо съпротивление на диелектрик се изчислява с уравнението (Mihailov, N. 2007):

$$R_v = \rho_v \frac{h}{S} \quad (2)$$

където ρ_v е специфичното обемно електрическо съпротивление, $\Omega.m$.

За измерване на R_v се използва се измерителен уред UNILAP ISO 5kV и триелектродна система. По този начин при определяне на обемната електропроводимост се отстранява повърхностния ток. При измерена стойност на R_v и известни стойности на геометричните параметри S и h от уравнение (2) се изчислява стойността на специфичното обемно електрическо съпротивление.

Електрическата якост на материала

Електрическата якост на материала се дефинира като отношение на пробивното напрежение и разстоянието между електродите (Mihailov, N. 2007):

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{h} \quad (3)$$

Експериментални изследвания

С използваната уредба WGPDP 1/10L се измерва пробивното напрежение и се изчислява електрическата якост на материала. Тъй като тя е случайна величина за намиране на точковата оценка се провеждат петкратни измервания. Всички измервания на диелектричните параметри са реализирани при стайна температура.

Получени са следните стойности на измерваните параметри:

- относителна диелектрична проникваемост - 1,51;
- специфично обемно електрическо съпротивление – $60,9 \cdot 10^{10} \Omega m$;
- електрическа якост - $11,12 MV/m$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3D принтирането е широко разпространена и бързо развиваща се технология, която осигурява бързо прототипиране и евтино производство и поради тази причина намира приложение в различни области.

В изследването са определени стойностите на основните диелектрични параметри ϵ_r , ρ_v и $E_{пр}$ на плоски образци от материала PLA. Получените резултати могат да се използват от конструктори на различни електротехнически устройства при проектирането им за осигуряване на необходимата надеждност.

Като следваща задача може да се изследва ефекта на технологията за 3D печат върху електрическата якост на обработените материали и тяхното стареене, причинено от висока напрегнатост на електрическото поле.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by the University of Ruse Research Fund under contract No 2022-FNI-FEEA-02.

REFERENCES

- Dichtl, Cl., Sippel, P., & Krohns, St. (2017), Dielectric Properties of 3D Printed Polylactic Acid, *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2017, <https://doi.org/10.1155/2017/6913835>
- Huber, E., Mirzaee, M., Bjorgaard, J., Hoyack, M., Noghanian, S., & Chang I. (2016), *Dielectric property measurement of PLA*, 2016IEEE International Conference on Electro Information Technology, 2016, pp.0788-0792
- Mihailov, N. (2007), *Electrotechnical materials*, Ruse, Primaks press LTD, 2007, pp. 306.
- Picha, T., S. Papezova, & Picha S. (2022), *Evaluation of Relative Permittivity and Loss Factor of 3D Printing Materials for Use in RF Electronic Applications*, *Processes* 2022, 10, 1881. <https://doi.org/10.3390/pr10091881>
- Veselý, P., Tichý, T., Šeřl, O., & Horynová, E. (2018), *Evaluation of dielectric properties of 3D printed objects based on printing resolution*, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 461(1), ISSN 1757-899X
- Veselý, P., Minář, J., Pražanová, A., Šeřl, O. & Dušek, K. (2020), *Novel Electrical Insulation Materials – Mechanical Performance of 3D Printed Polylactic Acid*, 2020 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., ISBN 978-1-7281-5879-2