

RESEARCH REGARDING 3D PRINTING USING ELECTROCONDUCTIVE GRAPHITE FILAMENT

ENACHE Andrei-George

Facultatea: IMST, Specializarea: IAI, Anul de studii: 2, e-mail: enache.andrei.george@gmail.com

Conducător științific: Titlul științific s.l. dr. ing. **Mihaela ULMEANU**

APPENDIX: Conductive 3D printing is a unique manufacturing method that offers a high degree of freedom for the customization of the final product. This technology provides a new, cheaper and faster way of incorporating electrical components into different devices, such as parts of circuit boards, or developing prototypes for electronic applications, including, Internet of Things projects. This innovation could allow the creation of 3D printed devices varying from touch sensors to bigger projects in soft robotics, electronics and communication devices such as Near Field Communication antennas. The most used printing method is FDM with conductive graphene ABS or PLA filaments and hydroprintingg conductive patterns using silver NPs. By being a new and underdeveloped area of additive manufacturing, not many methods or materials are available for general testing or usage.

KEY WORDS: conductive graphite filament, 3D printing

1. Introduction

At the moment, different conductive composites are being tested, the most common ones being the graphene based materials.

Such as graphite nanotubes, graphene is the structural element of many forms of carbon, being a one atom thick sheet of carbon atoms arranged in a honeycomb structure in a nearly perfect hexagonal pattern. The difference between graphene and the graphite used in pencils or other objects is that graphene's atoms are structured in a 2D array instead of 3D (being a 2D material). Considering this feature, scientists are able to take advantage of this bidimensional structure, additively creating 3D structures, layer by layer, using 3D printing technologies.

Often characterised as "the wonder material", the graphene is incredibly strong, one of the thinnest and lightest materials, 10 times stronger than diamond and 100 times stronger than steel. The 2D lattice structure of the carbon atoms make the graphene very flexible and transparent, also being as conductive as copper, a very good thermal conductor, ultralight, very malleable and biodegradable.

Even though it has so many amazing characteristics, printing with graphene in large quantities is a very difficult process. Making a printable structure of graphene out of laboratory is very expensive and 3D printed graphene bigger than a credit card turns out to be very difficult to create. Graphene is promised to enable lots of new applications in different domains in the future, such as medical, security or electronics.

The conductive filaments available in the market today are composed of a mixture of carbon and a standard 3D printing plastic, being able to conduct electricity thanks to the graphene base.

In this research paper we are trying to test and demonstrate the level of conductivity of the BlackMagic3D conductive filament.

For this, we have researched and developed different circuits with different application, ranging from a simple led pocket lantern to a functional computer controller, using 3D printed parts with PLA and conductive filaments and a keyboard microcontroller.

2. State of the art

The most commonly research method is by 3D printing using different filaments or using conductive ink, scientists also researching conductive microstructures by direct 3D printing of polymer/carbon nanotube nanocomposites via liquid deposition modeling.

For the moment, it seems that the only conductive materials available on the market are conductive inks made of graphitic carbon and filaments made of a mixture of different quantities of graphene and standard 3D plastics, including: PLA, ABS, ThermoPlastic Polyurethane (TPU) and High Impact Polystyrene (HIPS), which can be used on different kind of printers.

An alternative for this could be ferromagnetic materials (iron-infused materials), but even though those can display attraction to magnets, they cannot conduct electricity since the iron particles are too far dispersed within the plastic matrix, being impossible to use in electronics.

Another material that is available on the market is carbon fiber spool, which contains a small amount of graphene or carbon black, but it is not conductible enough for a proper usage.

Being a new research area, the materials available are limited and quite expensive, making the trial-and-error testing quite delicate, not letting room for mistakes. Those materials include BlackMagic3D conductive filament, ProtoPasta conductive PLA, the conductive filament sold by AMOLEN and the ABS-based conductive filament from Vilarox.

3. Stages of the process

In this paper we have tried to analyse the conductive capacity of the BlackMagic3D conductive filament using different meas and tests.

-Step 1: Demonstration of the conductivity of the material. For this, we have created a simple lantern using a led and 3 small batteries. The carcass that contains the batteries was printed with normal PLA, while the energy transfer was done by 2 printed conductive parts.



Fig. 1. Conductive parts

Fig. 2. Carcass

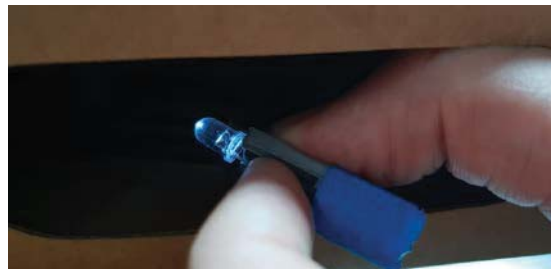


Fig. 3. Lantern

-Step 2: After the demonstration of the conductive capability of the material, the next stage was the development of a complex circuit for the manufacture of a fully 3D printed computer controller using a normal, PLA printed carcass, conductive filament 3D printed circuits and a keyboard microcontroller, connected with metallic threads due to the lack of dual printing devices. First we had to see if the circuit was printable, so a PLA replica was done. After creating and incorporating it into a support, we successfully recreated it using the conductive filament.

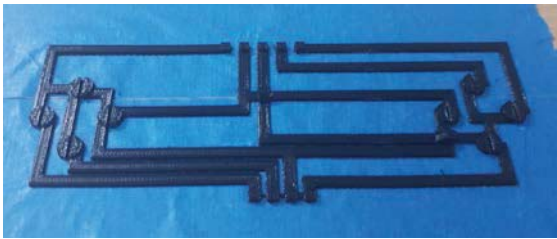


Fig. 3. Printed circuit PLA

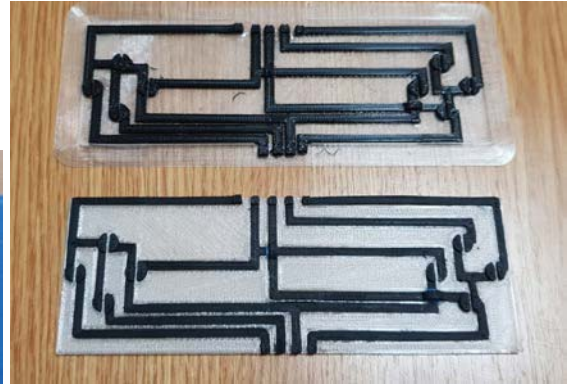


Fig. 4. Printed conductive circuit (bottom) and printed PLA (top)

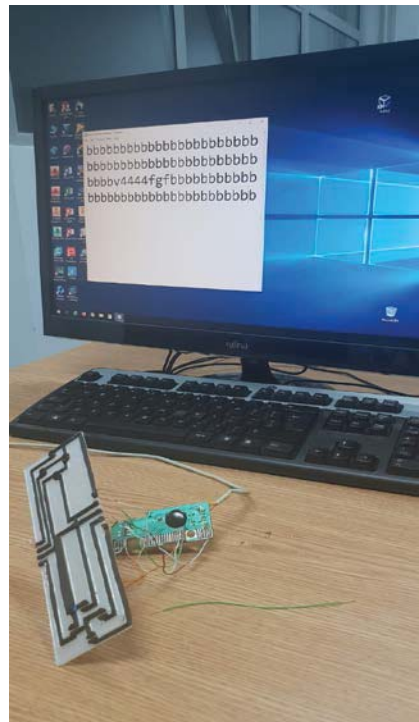


Fig. 5. Circuit connected to keyboard microcontroller

The first try involved a circuit with a thickness of 2 mm, but writing was hard due to the fact that the controller read the contact only scratched with a metallic thread, touching it with a printed conductive button having no response.

-Step 3: This step involved the increase of the circuit's thickness and the incorporation of the metallic threads connecting to the board into each opening.

As such, the inclusion of the wires into the material provided a better current transmission, easing the transfer of the electrons to the circuit.

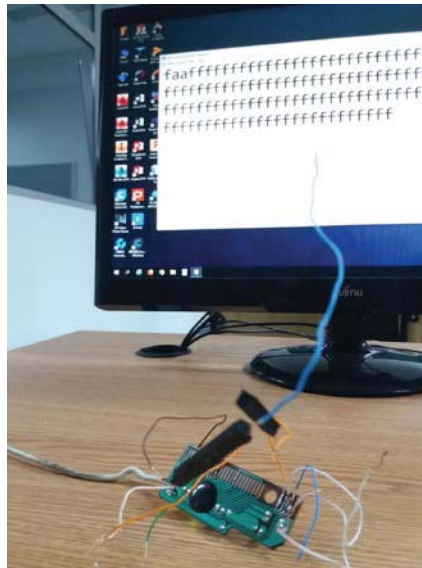


Fig. 6. Writing results



Fig. 7. Wire insertion

-Step 4: The final step of the procedure was mounting the new circuit into its own support and including it into a custom-made cubic carcass and adding a button on the top, connecting 3 of the edges of the circuit, being able to move it at 360 degrees.

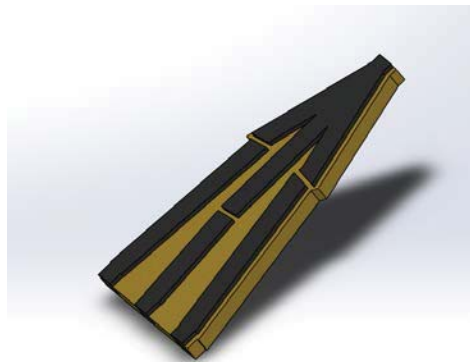


Fig. 8. Mounting the circuit

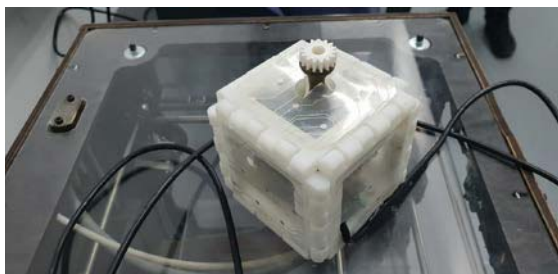


Fig. 9. Final assembly picture 1

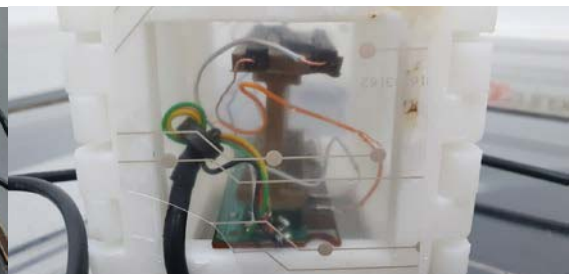


Fig. 10. Final assembly picture 2 (back)

6. Conclusion

In conclusion, even being a material with the lowest resistance on the market (0.6 ohm/cm), the presence of the PLA in the graphene mixture makes it less conductive, not wiring it tight enough at the power source makes it unusable. Hence, the creation of an integrated circuit without using a dual nozzle printer is nearly impossible without many efforts. The percent of the graphene and the atoms of plastic it makes it harder to create a react-at-contact effect with 3 parts of this material, a third, better conductive one being a must.

7. Future developments

One of the many future development ideas would be the testing of other different conductive materials, including, ABS composites, on the FDM technology, but also researches regarding different printing methods such as DOD (Drop on Demand) or inkjet capabilities.

The next step in the development of the product is utilising a different 3D printer with dual nozzles, one with conductive graphene material, the other with normal PLA for the supporting parts, thus creating an embedded circuit for greater stability, endurance and practicability.

8. Bibliography

- [1]. Sen WaiKwokKok Hin HenryGohZer DongTanSiew Ting MelissaTanWeng WeeiTjiuJe YeongSohZheng Jie GlennNgYan ZhiChanHui KimHuiKuan Eng JohnsonGoh (2017)," Electrically conductive filament for 3D-printed circuits and sensors", Volume 9, Pages 167-175
- [2] Di Zhang , Baihong Chi, Bowen Li, Zewen Gao, Yao Du, Jinbao Guo, JieWei (2016), " Fabrication of highly conductive graphene flexible circuits by 3D printing", volume (2017), Pages 79-86
- [3]. Joseph Flynt (2018), " The Curious Case of Conductive Filaments", 3Dinsider

9. Notations

FDM = Fused Deposition Modeling
PLA = Polylactic acid
ABS = Acrylonitrile Butadiene Styrene
NPs = Nanoparticles

STUDIUL COMPORTAMENTULUI ELECTROCHIMIC SI NETEZIRII ALIAJULUI AVANSAT Ti6Al4V CU AJUTORUL ULTRASUNETELOR

STUDY OF ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR AND SMOOTHING OF ADVANCED ALLOY Ti6Al4V WITH ULTRASONIC HELP

GHEORGHE Andrei, LEPĂDATU Dana,

¹Facultatea: IMST, Specializarea: NSN, Anul de studii: IV, e-mail: andygho1995@gmail.com

Conducători științifici: Prof. Dr. Ing. Daniel GHICULESCU, Prof. Dr. Ing. Alexandra BANU

ABSTRACT: This research deals with the electrochemical behavior of the advanced material Ti6Al4V in the 5% NaCl electrolyte solution as well as the smoothing of the semi-finished front surface by the ultrasonic cyclic stress-inducing effect on the microgeometry peaks. Laboratory experiments were carried out on the estimation of electrochemical parameters in relation to the studied material. Smoothing the front surface by varying the distance between it and the end of the ultrasonic chain and energy consumption on the ultrasonic chain. Computerized models were developed by the finite element method of the material removal mechanism by means of ultrasonic, aiming to explain the specific phenomena of ultrasonic cavity in electrolytic environment.

CUVINTE CHEIE: electrochimie, ultrasunete, aliaj de Ti6Al4V, rugozitate.

1. Introducere

Ti6Al4V este un aliaj de titan alfa-beta cu un raport ridicat de rezistență-greutate și o rezistență foarte bună împotriva coroziunii, ceea ce îl recomandă pentru aplicații în industria aerospațială și în aplicațiile biomecanice (implanturi și proteze), construcția de piese și prototipuri pentru mașinile de curse, în aplicații marine, în industria chimică și în construcția turbinelor de gaz. Acest aliaj acoperă 50% din utilizarea pe scară globală a titanului [1], [2]. În industria aerospațială acest aliaj de titan este utilizat datorită fiabilității ridicate a aliajului pentru realizarea șuruburilor și a șinelor, cât și pentru realizarea motoarelor. Este utilizat în cazul paletelor și a carcaselor de ventilator, a cadrului ferestrelor, a carcasei aripilor, din cauza temperaturii relativ scăzute în timpul funcționării [3]. În domeniul medical Ti6Al4V este utilizat datorită biocompatibilității excepționale la proteze și implanturi mai ales când contactul se face direct cu țesutul sau osul, denumit și oseointegrare, cum ar fi înlocuirea unei vertebre de pe șira spinării, proteză maxilo-facială, șuruburi, plăci osoase, fire, cuști cu nervuri extensibile, înlocuirea unui deget sau a întregului picior. Mai este utilizat pentru rezistența la coroziune atunci când vine vorba de contactul cu fluidele din interiorul corpului. Acesta nu este feromagnetic, iar pacientul poate să facă un RMN. Doctorii folosesc ustensile realizate din Ti6Al4V precum suport pentru ac și micro-ac, foarfecă, instrumente pentru suturi, clame de venă cavă, echipament Lasik pentru chirurgia ochiului, dilatoare dentare, retractoare, pensete chirurgicale. În domeniul dentar aliajul este utilizat datorită rezistenței sale pe întreaga durată de viață, fiind realizată o fuziune între șurubul de titan și maxilar pentru înlocuirea unui dinte lipsă sau pentru o reconstrucție completă a danturii. În industria navală acest aliaj de titan este utilizat datorită rezistenței sale foarte bune la coroziune, apa marină neschimbând calitatea materialului [4].

Având în vedere caracteristicile de rezistență și duritate ridicate, rezistența mecanică a aliajului avansat de Ti6Al4V prelucrarea acestuia utilizând procedee convenționale ridică probleme de o dificultate deosebită. În aceasta situație abordarea prelucrării prin/cu tehnologii/procedee neconvenționale este mult mai adecvată mai ales în condiții de complexitate a suprafeței, precizie și rugozitate. Prelucrarea electrochimică (dizolvarea anodică) asociată cu ultrasunete poate reprezenta o soluție convenabilă în ceea ce reprezintă prelucrarea acestui material.

2. Stadiul actual

2.1. Prezentarea instalației experimentale

Pentru a măsura efectul ultrasunetelor asupra pasivizării suprafeței, a coroziunii și a rugozității acesteia s-a realizat o instalație alcătuită dintr-o celulă de tip electrochimic, o sursă de ultrasunete și un potențiosat, alcătuirea acesteia fiind prezentată în figurile 1-2.



Fig 1. Componenta instalației experimentale

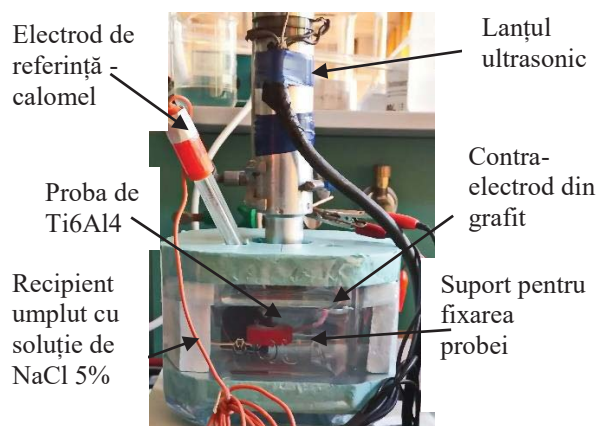


Fig 2. Componenta celulei de tip electrochimic

2.2. Date privind prelucrarea electrochimică (dizolvarea anodică) a aliajului de Ti6Al4V în câmp ultrasonic

S-a studiat influența câmpului ultrasonic asupra microgeometriei suprafeței aliajului de titan Ti6Al4V imersat într-o soluție de clorură de sodiu de concentrație 5%. Măsurătorile s-au realizat la două valori ale interstițiului între capătul suprafeței frontale a lanțului ultrasonic și piesă de 10 mm, respectiv 2 mm, la două puteri de acționare a lanțului ultrasonic diferite, 100W, respectiv 60W. Probele fiind fiecare imersate timp de câte 60 minute în soluția menționată și fiind supuse unui câmp ultrasonic în scopul determinării influenței puterii și a interstițiului asupra pasivării suprafeței, a prelucrabilității suprafeței și a rugozității. Am măsurat potențialul staționar cu ajutorul aparatului Gamry Reference 600 pentru a măsura efectul ultrasonic.

În figurile 3-4 este prezentată influența puterii de acționare a lanțului ultrasonic asupra pasivării suprafeței. Relația generală dintre potențialul staționar și pasivizarea suprafeței se explică prin faptul că numai atunci când potențialul staționar crește suprafața se pasivează, iar când acesta scade suprafața se depasivează. În figura 3, se observă că proba 2 se pasivează deoarece potențialul staționar crește până la 30 mV, după care scade până la -400 mV ceea ce este echivalent cu situația în care suprafața nu se mai pasivează și devine constant la valoarea de -380 mV, iar pentru cealaltă probă, suprafața nu se pasivează deoarece potențialul staționar scade până devine constant la -420 mV. În figura 4 se observă că potențialul staționar al probei 3 este mai stabil decât al probei 4, iar suprafața se pasivează deoarece potențialul crește până la 25 mV, după scade și nu se mai pasivează. Proba 4 are o suprafață instabilă deoarece la început se produce un fenomen numit descărcare-încărcare în strat dublu observabil în primele 10 minute, fiind o suprafață mai pasivă decât la cealaltă probă deoarece atunci când potențialul crește proba se pasivează. Această creștere mai pronunțată are loc până la valoarea de -150 mV, după având mici fluctuații în jurul acestei valori.