

## 3D MODELING AND PRINTING OF A ROBOTIC ARM

MEILESCU Mihai

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Consultanță în Proiectarea Sistemelor Mecanice, Anul de studii: II, e-mail: [mihai.meilescu@yahoo.ro](mailto:mihai.meilescu@yahoo.ro)

Conducător științific: Șl. dr. ing. **Ileana DUGĂEȘESCU**

*REZUMAT: The theme chosen for the project has as main purpose the modeling of the component parts of a robotic arm using additive manufacturing methods, such as 3D printing, which can then be used in several fields of activity such as production, research and even in the field of medicine. The first part of the project consists in modeling the component parts of the robotic arm and preparing them for the 3D printing process. The second part of the project is represented by the actual printing of the components of the robotic arm. The printer chosen is one for with a printing area of 220x220x250 mm. It is equipped with a printing tip with a diameter of 0.2 mm that can be heated up to 255°C, the maximum temperature of the printing bed being 110°C. The material chosen is PLA with a diameter of 1.75 mm. It can be found in different patterns and colors, and the temperature of the print tip should be approximately between 180°C and 220°C.*

*CUVINTE CHEIE: printare 3D, braț robotic, modelare.*

### 1. Introducere

Acest capitol este încadrat în domeniul ingineriei industriale și roboticii întrucât pe parcursul acestui proiect s-au studiat mai multe modalități de realizare a unui braț robotic complet funcțional, care poate realiza operațiuni de o precizie ridicată, necesare în domeniul industriei automobilelor, poate lucra în medii ostile pentru corpul uman, necesare, spre exemplu, în domeniul medicinei și poate opera ore întregi fără să fie nevoie de intervenția unui operator uman.

Pe de o parte, introducerea roboților în activitățile de producție poate duce la scăderea numărului de angajați necesari pentru realizarea operațiunilor specifice acestui domeniu, lucru care, în timp, va duce la creșterea ratei șomajului în rândul persoanelor fără studii superioare și astfel, poate afecta economia unei țări. Un studiu realizat în anul 2016 de către Erica Orange (vicepreședinte executiv al *The future hunters*) și Jared Weiner (vicepreședinte al *The future hunters*) susține că, în următorul deceniu, până la 44% din locurile de muncă actuale ar putea fi automatizate.

Pe de altă parte, introducerea roboților și automatizărilor în industrie vine și cu câteva avantaje notabile cum ar fi: siguranța (roboții pot opera la temperaturi ridicate sau cu obiecte ascuțite fără a exista risc de accidentare), consecvența (nu au atenția împărțită în mai multe operații), dar și crearea unor noi locuri de muncă (roboții au nevoie de supraveghere umană, dar și de lucrări de mentenanță și calibrare).

### 2. Stadiul actual

În zilele noastre metodele de fabricație aditivă devin din ce în ce mai populare în tot mai multe industrii. Prin definiție, fabricația aditivă (eng. *additive manufacturing*) reprezintă procesul industrial de imprimare 3D, controlat de un computer, care creează obiecte tridimensionale prin depunerea de material, de obicei, în straturi. Fabricația aditivă permite crearea de piese personalizate cu geometrii complexe și puține pierderi.

Ideal pentru prototiparea rapidă, procesul digital implică modificări rapide de proiectare realizate în timpul procesului de fabricație. Lipsa deșeurilor materiale asigură reducerea costurilor pentru piese cu valoare ridicată. În plus, piesele care au necesitat anterior asamblarea din mai multe subansamble pot fi fabricate ca un singur obiect ceea ce poate oferi rezistență și durabilitate îmbunătățite. Fabricarea aditivă

poate fi folosită și pentru producția obiectelor unice sau a pieselor de schimb în cazul în care piesele originale nu mai sunt produse.

În prezent, pe piață există mai multe modele de brațe robotice utilizate în diverse domenii, dar prețul acestora este foarte ridicat și din acest motiv acestea sunt inaccesibile publicului larg. Scopul lucrării este de a realiza un braț robotic cu un cost de producție semnificativ mai mic decât ceea ce se găsește în acest moment pe piață. Datorită prețului scăzut, acest model de braț robotic poate fi utilizat și în școli, licee sau chiar facultăți pentru a introduce elevii în domeniile modelării și printării 3D, dar și electronicii și programării.

Pentru modelarea elementelor componente a fost folosit un program software dedicat. În procesul de modelare 3D s-a ținut cont de geometria dorită pentru brațul robot, de dimensiunile de gabarit ale acestuia, dar și de amplasarea și dimensiunile motoarelor care vor putea fi așezate pentru a pune în funcțiune brațul. Totodată, au fost realizate și structuri și elemente care să ajute la rigidizarea ansamblului.

**Tabel 1. Elementele componente**

Nume	Cantitate	≈Timp printare (h:mm)	Greutate (g)
Rotiță 1 (Fig. 1)	1	0:21	2
Rotiță 2 (Fig. 2)	1	0:21	2
Bază Gripper (Fig. 3)	1	1:31	10
Gripper (Fig. 4)	2	0:55	7
Legătură (Fig. 5)	4	0:15	2
Braț 3 (Fig. 7)	1	4:47	37
Braț 2 (Fig. 8)	1	5:57	39
Braț 1 (Fig. 9)	1	1:29	10
Talie (Fig. 10)	1	5:23	42
Bază (Fig. 11)	1	9:04	65
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>≈30:00</b>	<b>216</b>

În tabelul de mai sus se poate observa durata de printare pentru elementele componente ale brațului robotic, dar și greutatea acestora exprimată în grame. Elementele care sunt în număr mai mare de unu au fost printate în același timp, iar timpul de printare și greutatea reprezintă totalul pentru două elemente (gripper), respectiv patru elemente (legătură).

Forma finală a elementelor componente, dar și a ansamblului se poate observa în figurile de mai jos.

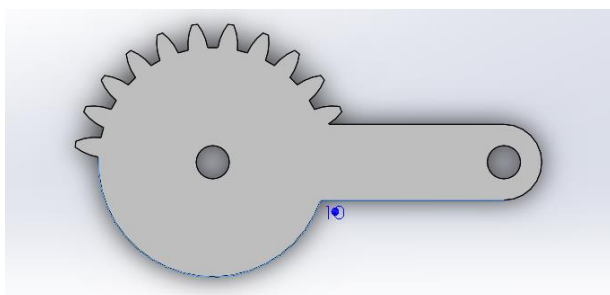


Fig. 1. Rotiță unu

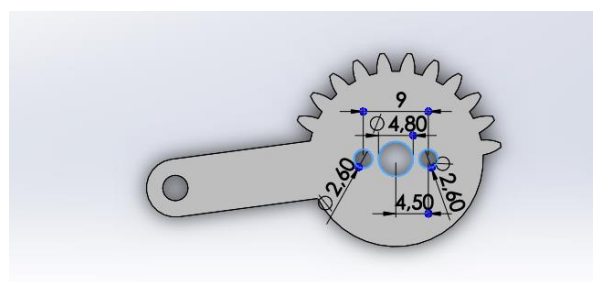


Fig. 2. Rotiță doi

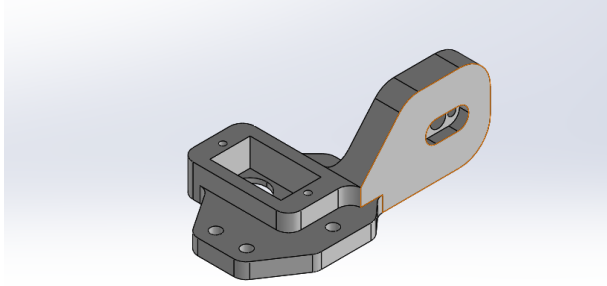


Fig. 3. Bază gripper

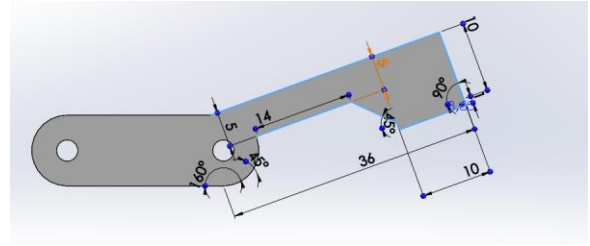


Fig. 4. Gripper



Fig. 5. Legătură

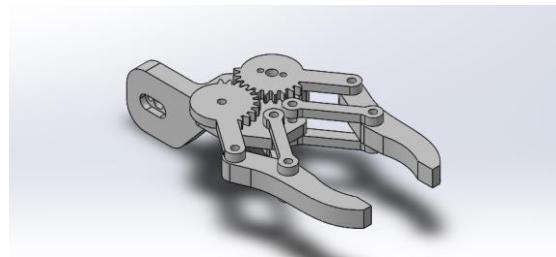


Fig. 6. Ansamblu gripper

În figurile de mai sus sunt prezentate elementele componente ale ansamblului de tip gripper. Pentru realizarea sketch-urilor acestor modele 3D au fost folosite comenzi precum *Circle*, *Line*, *Corner Rectangle* și *Sketch Fillet*. După finalizarea conturului au fost utilizate comenzi care dau volumul acestora, dintre care putem aminti: *Extruded Boss/Base*, *Extruded Cut* sau *Fillet*.

Pentru asamblarea elementelor componente a fost folosit modulul *Assembly*, unde au fost inserate piesele modelate în prealabil și constrânse utilizând comenzi specifice modulului de asamblare (ex. *Mate*, *Fix*). Pentru asamblarea cu succes a elementelor componente, primul pas este reprezentat de alegerea unui element principal care va fi fixat într-o poziție oarecare, în cazul de față, elementul principal a fost reprezentat de baza gripper-ului (Fig. 3). După fixarea elementului principal sunt aduse pe rând în ansamblu celelalte elemente componente. Cele două roțițe (Fig. 1 și Fig. 2) au fost așezate folosind o constrângere de concentricitate între găurile lor centrale și găurile corespondente de pe baza gripper-ului și constrângeri de coincidență (cu distanță de 2,5mm) între fețele lor inferioare și fața superioară a bazei. Pasul următor a fost inserarea celor patru elemente de legătură (Fig. 5). Acestea au fost constrânse într-un mod asemănător cu cele două roțițe, concentricitate între găuri și coincidență la distanță de 2,5mm față de bază. Pentru inserarea gripper-ului au fost utilizate constrângeri de concentricitate între găuri și de coincidență cu elementele de legătură.

Ansamblul a fost apoi verificat dacă se poate realiza și dacă îndeplinește scopul pentru care a fost creat.

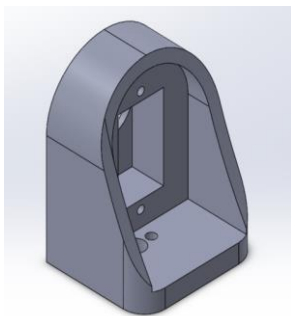


Fig. 7. Braț 3

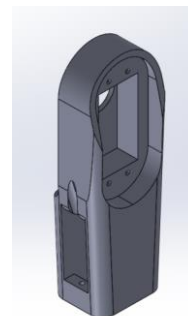


Fig. 8. Braț 2



Fig. 9. Braț 1

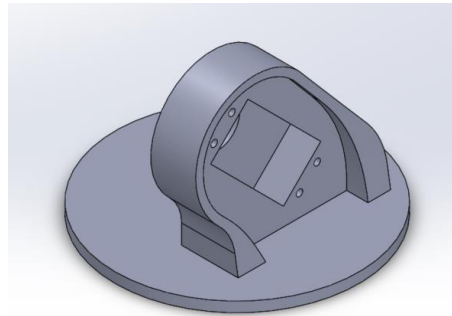


Fig. 10. Talie

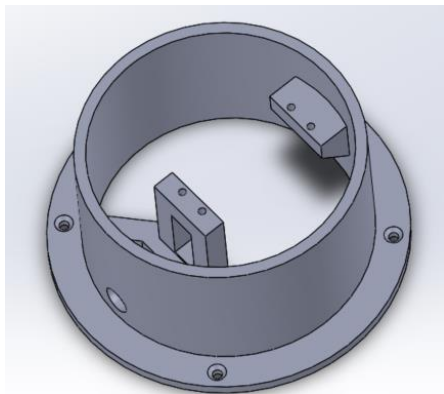


Fig. 11. Bază

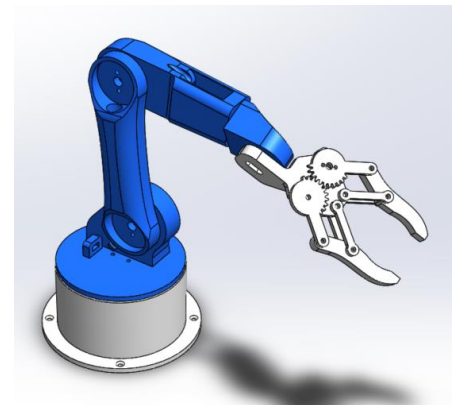


Fig. 12. Ansamblul braț robotic

Spre deosebire de modelarea pieselor pentru mecanismul de tip gripper, la modelarea componentelor brațului au trebuit luate în considerare și alte caracteristici cum ar fi: greutatea sistemului, rigiditatea și modul de asamblare și conectare a motoarelor care vor pune în mișcare brațul robotic pe viitor. După modelarea acestor componente, brațul a fost asamblat folosind același modul ca în prima parte (*Assembly*) și verificat dacă se poate asambla. Pentru asamblarea elementelor componente ale brațului s-a procedat într-un mod similar primei părți. Elementul de bază a fost reprezentat de baza ansamblului (Fig. 11), care a fost fixat. Pentru asamblarea taliei (Fig. 10) au fost folosite constrângeri de concentricitate între gaura centrală a taliei și bază, dar și constrângeri de coincidență între fața inferioară a taliei și muchia superioară a bazei. Pentru asamblarea primului braț (Fig. 9) au fost utilizate comenzile de concentricitate și coincidență între gaura centrală inferioară a brațului și gaura taliei, respectiv între suprafața posterioară a brațului și suprafața frontală a taliei. Brațul doi trebuie așezat în continuarea brațului unu, de aceea au fost folosite aceleași comenzi de concentricitate și coincidență între găurile corespundente, respectiv suprafețele corespundente. Brațul trei este conectat de brațul doi folosind aceleași constrângeri. După asamblarea elementelor brațului, în ansamblu a fost introdus și subansamblul gripper care a fost constrâns utilizând comenzile de concentricitate și coincidență.

După finalizarea modelării și verificării pieselor acestea au fost introduse, în format .stl, într-un program software dedicat cu ajutorul căruia au fost selectați parametrii optimi de printare pentru fiecare piesă în parte. Pentru majoritatea pieselor parametrii de printare au fost:

- Temperatura de printare: 200°C;
- Temperatura mesei : 50°C;
- Umplură: 20%;
- Înălțimea stratului: 0,16/0,2 mm.

În figurile de mai jos se pot observa elementele componente ale brațului robotic la finalul procesului de printare 3D.

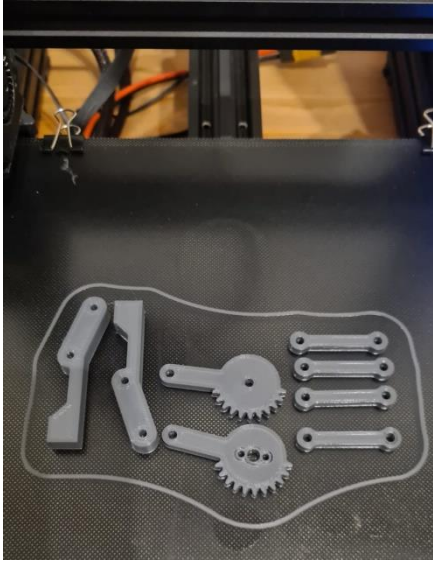


Fig. 13. Componente gripper

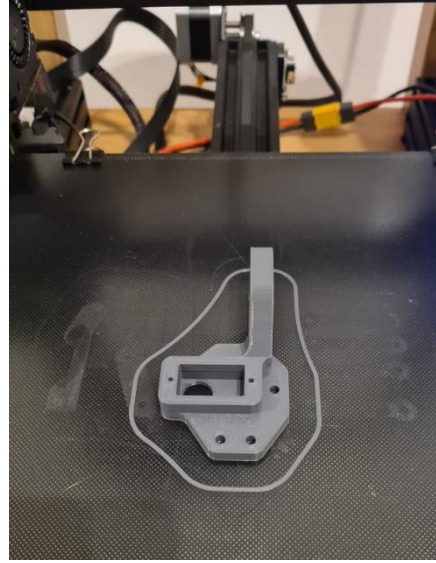


Fig. 14. Bază gripper



Fig. 15. Braț 3



Fig. 16. Braț 2



Fig. 17. Braț 1



Fig. 18. Talie

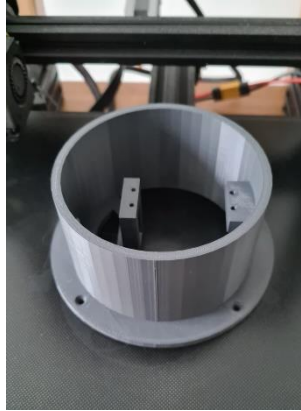


Fig. 19. Bază

### 3. Concluzii

În concluzie, putem afirma faptul că domeniul brațelor robotice este în continuă expansiune, iar acest lucru duce la găsirea unor metode noi și inovative de realizare a acestora cum ar fi printarea 3D. Ansamblul prezentat anterior poate realiza activități și sarcini la fel de bine ca orice braț robotic de dimensiuni și caracteristici asemănătoare aflat în momentul de față pe piață și la un preț mult mai scăzut.

### 4. Bibliografie

- [1]. Maican, E. (2006), *Solidworks - modelare 3D pentru ingineri*, Editura Printech, București.
- [2]. Tutorial Books (2018), *Solidworks 2018 Learn by Doing: Part, Assembly, Drawings, Sheet Metal, Surface Design, Mold Tools, Weldments, Dimxpert, and Rendering*, Createspace Independent Publishing Platform.
- [3]. Bernier, S. N. (2015), *Design for 3D Printing: Scanning, Creating, Editing, Remixing, and Making in Three Dimensions*, Maker Media, Inc.
- [4]. „Ce este fabricația aditivă”, <https://www.twi-global.com/locations/romania/ce-facem/intrebari-frecvente-faq/ce-este-fabricatia-aditiva-additive-manufacturing>, accesat la 15.01.2020.
- [5]. „Ender 3 Pro 3D Printer”, <https://www.creality3dofficial.com/products/creality-ender-3-pro-3d-printer>, accesat la 21.01.2021.
- [6]. „PLA”, <https://www.filamente3d.ro/pla>, accesat la 11.02.2020.
- [7]. „PLA”, <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/pla/>, accesat la 18.02.2020.
- [8]. „SolidWorks”, <https://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>, accesat la 10.01.2020.
- [9]. „Ultimaker Software”, <https://ultimaker.com/software>, accesat la 10.01.2020.
- [10]. „3D CAD”, <https://www.solidworks.com/category/3d-cad>, accesat la 10.01.2021.
- [11]. „4% dintre locurile de muncă ar putea fi automatizate, în următorii 10 ani”, <https://financiarul.ro/2016/01/07/44-dintre-locurile-de-munca-ar-putea-fi-automatizate-in-urmatorii-10-ani/>, accesat la 15.02.2020.