

RESEARCH ON THE ROLE OF ADDITIVE MANUFACTURING IN THE CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC

MIRCEA Adriana-Ștefania, GRIGORE Alexandru-Mareș
Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială, Anul de studii: IV, e-mail: adina.mircea98@gmail.com

Conducător științific: Șl.dr.ing. **Manuela-Roxana DIJMĂRESCU**

ABSTRACT: Coronavirus has emerged as a global pandemic leading to the overload of various health systems around the world. Due to the large number of patients and the interruption of the supply chain, it has created an unprecedented demand for medical equipment and devices. In this context, initiatives have emerged from the community, using additive manufacturing to combat the lack of devices, producing different models that are currently used by healthcare staff and patients. Three-dimensional (3D) printing refers to a number of manufacturing technologies that generate a physical model from digital information. The objective of this research is to review the progress of 3D printing in the medical field in the context of the COVID-19 pandemic, exploring the potential of the technique and the direction of its development.

CUVINTE CHEIE: COVID-19, fabricație aditivă, imprimare 3D, pandemie.

1. Introducere

SARS-CoV-2, care a afectat întreaga lume, a apărut pentru prima dată în centrul orașului Wuhan, provincia Hubei, China pe 12 decembrie 2019, urmând ca Organizația Mondială a Sănătății (OMS) să declare focarul de coronavirus ca fiind o pandemie pe 11 martie 2020 [1]. Deoarece boala poate fi transmisă de la o persoană la alta, aceasta se poate răspândi cu ușurință, astfel, cu cât contactul este mai mare, cu atât este mai mare și riscul de a contracta boala. Sindromul respirator acut sever-2 (SARS-CoV-2) poate fi transmis prin picături, aerosoli dar și prin contact fizic direct și indirect prin suprafețe contaminate, în care virusul poate rămâne până la 72 de ore [2-3]. În prezent, au fost stabilite mai multe măsuri în încercarea de a preveni răspândirea infectării cu SARS-CoV-2, din acest motiv, se utilizează echipament de protecție individual. Anumite componente ale multor echipamente de protecție, componente ale dispozitivelor de ventilare precum și dispozitive destinate uzului medical au fost produse utilizând tehnologia de imprimare 3D, jucând un rol important în lupta împotriva COVID-19, datorită accesibilității și flexibilității sale [4].

Crearea unei componente printate 3D se realizează utilizând procese aditive. Într-un proces de fabricație aditivă, un obiect este obținut prin stabilirea unor straturi succesive de material până la crearea obiectului (fig. 1.1.). Fiecare dintre aceste straturi poate fi privit ca o secțiune transversală orizontală a obiectului final.

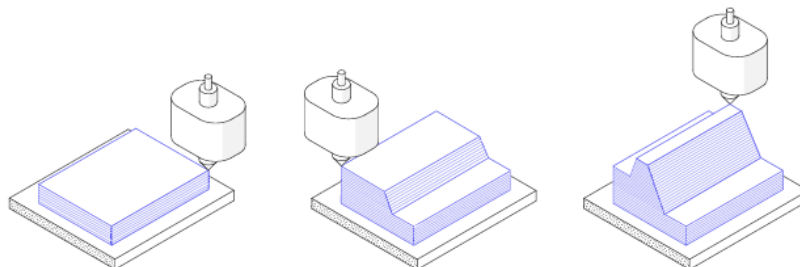


Fig. 1.1. Straturi imprimate 3D [5]

Prin urmare, lucrarea de cercetare are ca obiectiv principal (OP) realizarea unui conector din cadrul unui dispozitiv medical, cu obiective secundare (OS) după cum se prezintă în figura 1.2.

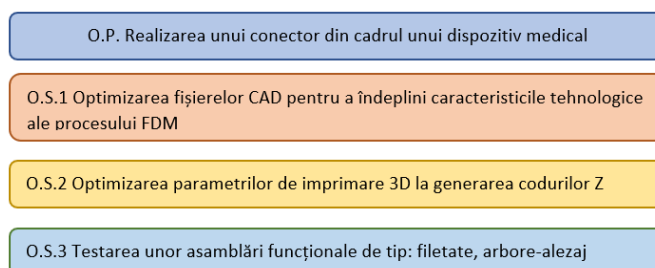


Fig. 1.2. Obiectivele cercetării

2. Fabricația aditivă în timpul pandemiei

Utilizarea imprimantelor 3D pentru dezvoltarea de produse medicale în regiunile cele mai afectate de COVID-19 a îmbunătățit considerabil diferența dintre cerere și ofertă [6-7]. Datorită flexibilității în ceea ce privește proiectarea și fabricarea, cu ajutorul imprimării 3D se pot produce diferite componente, astfel, diverse corporații din întreaga lume, în colaborare cu spitale, mediul academic, precum și instituțiile de cercetare au utilizat imprimantele 3D pentru a realiza diferite articole legate de pandemia COVID-19.

2.1. Echipament de protecție

Pentru a reduce transmiterea virusului de la o persoană la alta, este necesară utilizarea eficientă a echipamentelor de protecție. Una dintre cele mai importante aplicații ale imprimării 3D a fost în producția de viziere (vezi figura 2.1), apărută în urma lipsei de echipament pentru angajații din spitale și centre de sănătate [8]. Utilizarea acestei tehnologii sporește accesul la aceste consumabile și ajută la realizarea de echipamente personalizate care pot proteja mai bine personalul medical. Mai mult decât atât, având în vedere abordarea problemelor de mediu referitoare la deșeurile medicale acumulate din echipamentele de protecție individuale de unică folosință, imprimarea 3D oferă soluții promițătoare prin promovarea materialelor reciclabile și a reutilizării filtrelor [9].

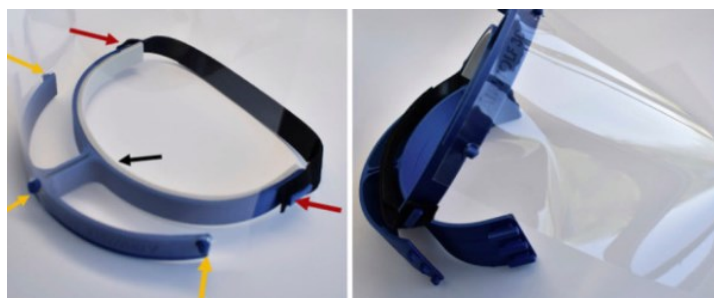


Fig. 2.1. Vedere de sus și lateral vizieră imprimată 3D [10]

2.2. Diagnoză și monitorizare

Față de fabricarea diferitelor echipamente de protecție, așa cum s-a menționat mai sus, tehnologiile conduse de fabricația aditivă sunt de asemenea utilizate în fabricarea unor dispozitive medicale utilizate în diagnosticarea și monitorizarea pacientului în timpul pandemiei de COVID-19. Dintre acestea se regăsesc tampoanele de testare nazofaringiană ce au fost obținute prin imprimare 3D, pentru a sprijini detectarea infecției COVID-19. Deoarece infecția a creat grave probleme de respirație, ventilatoarele sunt dispozitive indispensabile pentru pacienții grav bolnavi. Ca urmare, anumite componente au fost imprimate 3D pentru

a acoperi o parte din cerere, printre acestea se regăesc supapele respiratorii, conectorul tubului endotraheal precum și adaptoare de evacuare ale sistemelor de ventilație [11]. Exemple se regăesc în figura 2.2.



Fig 2.2. Vedere tamponare, adaptor și conector [11]

3. Aplicații ale fabricației aditive în cazuri medicale

În fiecare an, datorită beneficiilor pe care tehnologia de imprimare 3D le oferă, aceasta este utilizată pentru dezvoltarea a din ce în ce mai multe produse și aplicații din domeniul medical, ajutând la salvarea și îmbunătățirea vieții. Astfel, imprimarea 3D a fost utilizată pe diferite organe și sisteme în vederea tratării daunelor provocate în urma infectării cu SARS-CoV-2. Principalele aplicații directe se prezintă în cele ce urmează.

3.1. Sistemul respirator

Plămânii umani respiră în mod constant pentru a lua oxigenul necesar activității vitale și a expulza dioxid de carbon generat ca produs secundat. Deoarece COVID-19 poate provoca complicații pulmonare grave, cum ar fi pneumonia, acesta poate duce la daune durabile ale plămânilor și a altor organe [12]. Prin urmare, compania Axial3D, i-a ajutat pe medici să înțeleagă efectele virusului producând un model 3D de precizie la scară 1:1 al plămânilor unui pacient cu COVID-19. Pentru a reproduce modelul, compania a efectuat scanări CT în ziua 14 de la infectare. Odată ce modelul a fost realizat, compania a utilizat tehnologia SLA pentru a produce acest model la scară pe imprimantă 3D. Plămânii au fost împărțiți în 8 părți, urmând să fie unite cu ajutorul unor magneți de precizie. Împărțirea plămânilor permite o serie de puncte de vedere cu privire la profunzimea infecției, oferind informații unice asupra virusului și modul în care acesta afectează plămânii [13].

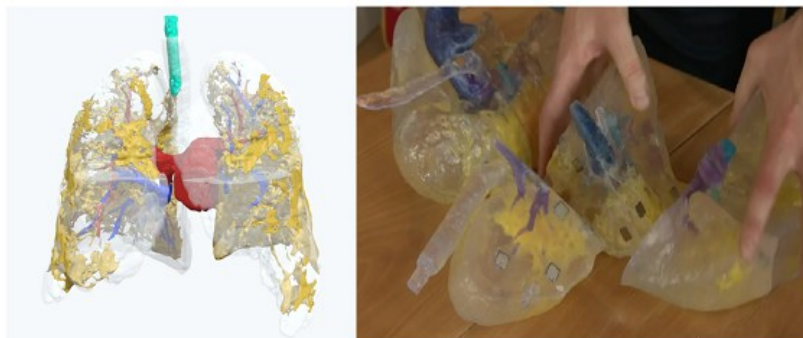


Fig. 3.1. Model scanat și tipărit 3D plămâni infectați [13]

3.2. Sistemul cardiovascular

Deși manifestarea clinică predominantă a COVID-19 este pneumonia, infecția poate provoca, de asemenea, tulburări cardiovasculare cum ar fi leziunea miocardică, aritmii și tromboembolism. Unii pacienți care nu prezintă simptome tipice de febră și tuse, prezintă simptome cardiace ca primă manifestare clinică [14].

Tehnicile de imprimare 3D pot fi utile pentru tratarea bolilor și complicațiilor cardiovasculare. De exemplu, un studiu evaluează tratamentul leziunii miocardice cu ajutorul celulelor stem imprimate 3D, fiind

eficiente în scăderea formării țesutului cicatricial și a depunerii de colagen după infarct, atingând mult mai bine potențialul terapeutic. Ca urmare al acestui studiu, s-a constatat că un plasture de hidrogel cu celule stem, încărcat de microcanale realizate cu ajutorul tehnologiei SLA oferă un mijloc de prevenire a fibrozei anormale care rezultă din leziuni ischemice acute, precum și reducerea semnificativă a numărului de celule necesare pentru recuperarea funcției cardiace.

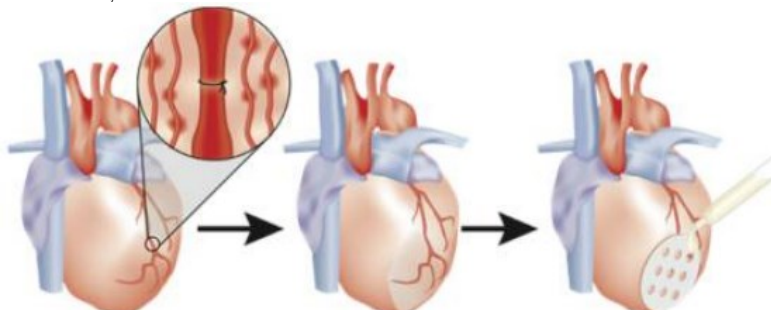


Fig. 3.2. Plasture cu microcanale introduse cu ajutorul SLA [15]

4. Realizarea unui conector din cadrul unui dispozitiv medical

Conectorul este o componentă ce leagă tubul endotraheal propriu-zis la un sistem de ventilare, venind în ajutorul pacienților în stare critică, care au nevoie de ventilație mecanică, din cauza unei probleme ce afectează căile respiratorii. Componenta a fost realizată utilizând tehnologia FDM, în care, materialul sub formă de filament este introdus în capul de extrudare al imprimantei, unde se va încălzi până când materialul se topește și poate fi printat.

4.1. Realizarea modelului 3D

În scopul atingerii obiectivelor vizate, s-a realizat un studiu de caz pentru un conector al unui tub endotraheal. Astfel, prima etapă a constat în proiectarea modelului 3D al conectorului, cu ajutorul programului Autodesk Inventor, după cum se poate vedea în figura 4.1.

4.2. Obținerea STL-urilor

Etapa a doua a constat în salvarea componentelor în format STL (vezi figurile 4.2.1 și 4.2.2) pentru a putea fi prelucrate ulterior cu ajutorul programelor specializate ale imprimantelor 3D și a obține, în acest caz, Z-CODE-ul pentru fiecare componentă.

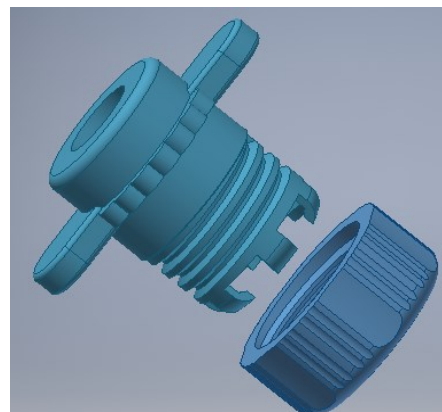


Fig. 4.1. Conector și capac pentru tubul endotraheal

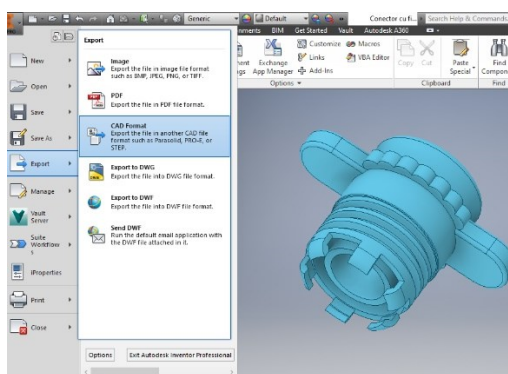


Fig. 4.2.1. Salvare conector în format STL

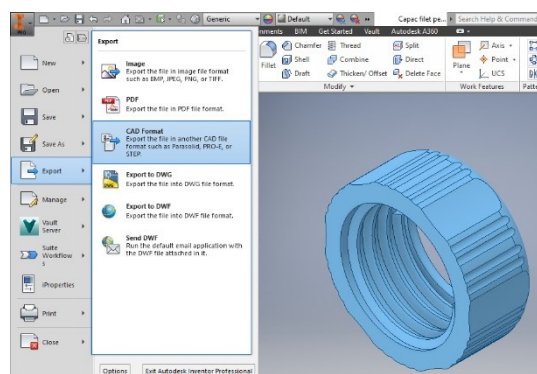


Fig. 4.2.2. Salvare capac în format STL

4.3. Obținerea codurilor Z (Zcode)

Etapa a treia a constat în obținerea Z-CODE-urilor pentru piesele componente ale conectorului proiectat. În acest sens, a fost utilizat programul specializat Ultimaker Cura. Pașii parcurși pentru generarea codurilor sunt următorii: (1) alegerea tipului de imprimantă pe care urmează a fi printată piesa, (2) introducerea pieselor în format STL și poziționarea acestora (vezi figura 4.3.1) și (3) setarea parametrilor de printare (vezi figura 4.3.2).

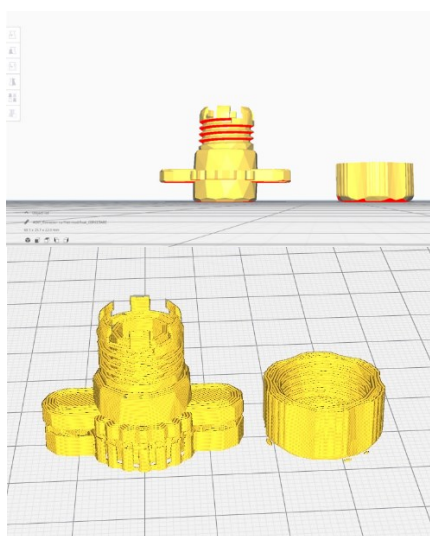


Fig. 4.3.1. Poziționare și adăugare suport piesă

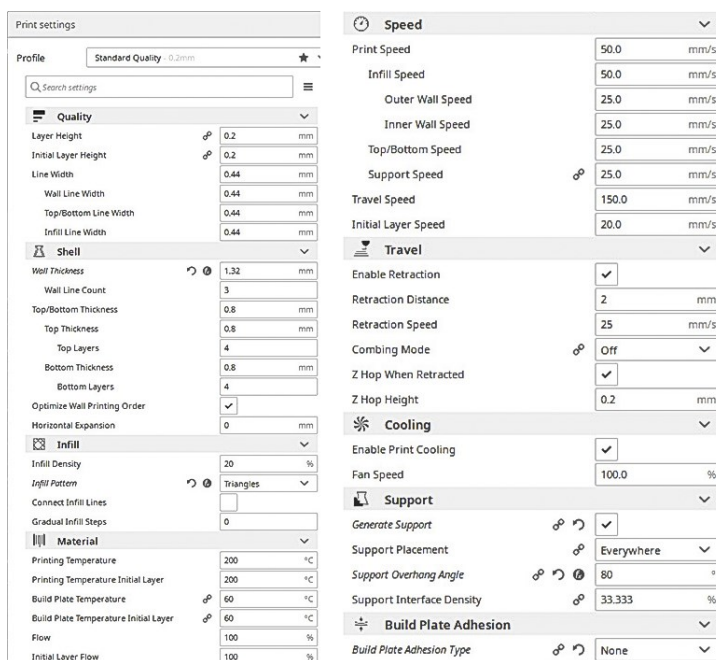


Fig. 4.3.2. Setările avansate de printare

În urma proceselor de imprimare 3D au fost obținute elementele unui conector parte componentă a tubului endotraheal, după cum se prezintă (vezi figura 4.3.3).



Fig.4.3.3 Elementele conectorului printate 3D împreună cu tubul endotraheal

5. Concluzii

În raport cu cele prezentate în cadrul lucrării, se poate concluziona că fabricația aditivă a fost și este o tehnologie esențială în timpul pandemiei de COVID-19, manifestând un potențial extraordinar în a juca un rol important în criza mondială prin umplerea golului de aprovizionare cu diverse componente ale mai multor echipamente de protecție, sisteme de diagnoză și ventilație.

Aplicațiile medicale care utilizează imprimarea 3D ajută indiscutabil la îmbunătățirea și salvarea vieții pacienților, nu doar în cazul problemelor medicale cauzate de pandemia de COVID-19, dar și în cazul altor probleme medicale, cum sunt, spre exemplu, cele ortopedice.

Ultima secțiune a lucrării prezintă contribuțiile avute de autori pentru realizarea unui conector din cadrul unui dispozitiv medical utilizând tehnologia FDM.

6. Bibliografie

- [1] Zhu N, Zhang D, Wang W și colab (2019) A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019
- [2] Feng He, Yu Deng, Weina Li(2020) Coronavirus disease 2019:What we know?
- [3] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1.
- [4] Michael Greenwood, M.Sc. The rise of 3D printing in the COVID-19 pandemic
- [5] 3D HUBS, What is 3D printing, the definitive guide
- [6] Vafea MT, Atalla E, Georgakas J, Shehadeh F, Mylona EK, Kalligeros M, et al.(2020) Emerging technologies for use in the study, diagnosis, and treatment of patients with COVID-19.
- [7] <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/basics-of-3d-printing/the-history-of-3d-printing/>,
- [8] Amelia H.(2020) 3D Printing vs COVID-10: The Most Exceptional Initiatives of the Pandemic
- [9] <https://www.ciirc.cvut.cz/covid-2/> , accesat la data de 07.05.2021
- [10]Dina Amin, Nam Nguyen, Stefen M.Roser, Shelly Abramowicz(2020) 3D Printing of Face Shields During COVID-19 Pandemic:A Technical Note
- [11] <https://www.sages.org/wp-content/uploads/2020/03/3D-printing-for-COVID-19.pdf> , accesat la data de 08.05.2021
- [12] Panagis Galiatsatos (2021) COVID-19 Lung Damage, disponibil online la <https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/coronavirus/what-coronavirus-does-to-the-lungs>, accesat la data de 08.05.2021
- [13] Axial3D, Axial3D gives a world-first insight into the lungs of a COVID-19 patient with 3D printing, disponibil online la <https://www.axial3d.com/blog/axial3d-gives-a-world-first-insight-into-the-lungs-of-a-covid-19-patient-with-3d-printing/> , accesat la data de 10.05.2021
- [14] Masataka Nishiga, Dao Wen Wang(2020) COVID-19 and cardiovascular disease:from basic mechanisms to clinical perspectives
- [15] Molly R. Melhem și colab. (2016) 3D Printed Stem-Cell-Laden, Microchanneled Hydrogel Patch for the Enhanced Release of Cell-Secreting Factors and Treatment of Myocardial Infarctions

7. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

SARS-CoV-2 - Sindrom respirator acut sever coronavirus 2

COVID-19 - Coronavirus 2019

STL - Standard Triangle Language

CT - Computer Tomograf

FDM - Fused Depositing Material

SLA - Stereolitografia