

3D-друковані протези верхніх кінцівок

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі визначимо переваги та недоліки 3D-друкованих пристроїв.

Ключові слова:

3D-друк, рука, протези, технічні характеристики, верхня кінцівка.

Abstract

This paper we will identify the advantages and disadvantages of 3D printed devices..

Keywords:

3D printing, arm, prostheses, technical specifications, upper limb.

Вступ

За останні 5 років відбувся значний розвиток у 3D-друку протезів верхніх кінцівок. У всьому світі люди розробляють і друкують нові пристрої, які легко поміщаються на людській руці. Були опубліковані наукові статті щодо досліджень у галузі 3D-друкованих протезів верхніх кінцівок.[1-3] Люди розробляють протези індивідуально, і були створені великі спільноти. Більшість розробок 3D-друкованих протезів почалася після створення глобальної спільноти e-NABLE. Ця спільнота перетворилася на всесвітній рух майстрів, інженерів, ентузіастів 3D-друку, ерготерапевтів, професорів університетів, дизайнерів, батьків, сімей, художників, студентів, викладачів і людей, які розробили протези, надруковані на 3D-друку.[4] Все почалося з ідеї розробки дешевого протеза руки.[5] Вартість комерційного протеза руки, що працює від тіла, може коливатися від 4000 до 10 000 доларів США, [6], а вартість протезу руки із зовнішнім живленням може коливатися від 25 000 до 75 000 доларів США.[6] Початок розробки 3D-друкованого протеза руки для людей, які не можуть дозволити собі дорогий комерційний протез, призвело до створення Robohand.

Матеріали дослідження

3D-друк – це адитивна техніка виробництва. Продукти нарощуються шар за шаром замість видалення матеріалу з великого шматка матеріалу, як, наприклад, під час фрезерування з ЧПУ. 3D-друк має ряд переваг порівняно з іншими техніками виробництва [7]:

- Можливе виготовлення виробів з однієї частини; отже, збірка не потрібна.
- Існує велика свобода дизайну; тому можна створювати дуже складні геометрії.
- Дизайн можна легко персоналізувати та налаштувати; немає необхідності міняти машину.
- Деталі можна виготовляти дешево та швидко від ідеї до кінцевого продукту, що дає перевагу швидкого вдосконалення конструкції.

3D-друк також має недоліки порівняно з іншими техніками виробництва [8]:

- Важко передбачити механічні властивості. Результативна міцність деталі сильно залежить від методу виготовлення, і залежно від орієнтації друку можна вибрати різні параметри.
- На точність сильно впливає усадка матеріалу, різні параметри машини та помилки, спричинені програмним забезпеченням CAD/CAM, а також постобробкою.
- Розмір об'єкта обмежений розміром принтера. За допомогою сучасних технологій 3D-друку неможливо створити дуже великі об'єкти.
- 3D-принтери можуть працювати з обмеженою кількістю матеріалів порівняно зі звичайним виробництвом, яке може працювати майже з будь-яким матеріалом.

Незважаючи на те, що багато протезів верхніх кінцівок друкуються на 3D-принтері в усьому світі, наскільки відомо авторам, немає конкретних вказівок щодо дизайну та немає огляду всіх різноманітних пристроїв, які були розроблені та надруковані на 3D-друку. У галузі 3D-друку протезів верхніх кінцівок тривають деякі наукові дослідження, але наразі більшість 3D-друку цих пристроїв виконується методом проб і помилок.

Більшість пристроїв друкуються за допомогою технології моделювання плавленого осадження (FDM). Решта протезів виготовлено за допомогою технології селективного лазерного спікання (SLS), технології апарату селективної стереолітографії (SLA) і поліструмінного друку, але у випадку чотирьох протезів техніка друку невідома. FDM — це єдина техніка, яка використовує безперервну нитку для друку деталей. Інші методи використовують порошок або рідину, з'єднані за допомогою УФ-лазера або ультрафіолетового світла.

Існує велика різноманітність матеріалів, які можна використовувати для 3D-друку. Акрилонітрилбутадієнстирол (ABS) і полімолочна кислота (PLA) є найбільш часто використовуваними матеріалами для друку протезів. Це найпоширеніші матеріали, які використовуються для друку за допомогою FDM, що є найпоширенішою технікою друку пристроїв. Протези, виготовлені з гнучких матеріалів і FDM 3D-друку, використовують NinjaFlex або Filaflex. Хімічна назва NinjaFlex – термопластичний поліуретан.[9] Filaflex — це термопластичний еластомер на основі поліуретану та деяких добавок.[10] Обидва ці матеріали залишаються гнучкими після того, як спочатку їх нагріють, а потім охолодять. Протези, виготовлені за допомогою SLS 3D-друку, виготовлені з нейлону. Для SLS 3D-друку найчастіше використовується стандартний нейлон 11 або нейлон 12. Протез, виготовлений за допомогою SLA 3D-друку, виготовляється з акрилового пластику, а протез, виготовлений за допомогою поліструмінного 3D-друку, виготовляється з FullCure 720, який є фотополімерною смолою. Tenim Hand - це єдиний протез, який складається з непластичного матеріалу. Цей пристрій виготовляється в кілька етапів; спочатку деталь із полістиролу друкується 3D-друком, а потім покривається шаром кераміки. Потім полістирол розплавляється, залишаючи порожнину в кераміці, заповнену нейлоном. Цей спосіб виробництва відомий як лиття за виплавленим воском. Тому цей протез був виготовлений за допомогою 3D-друку лише як етап у виробничому процесі.

Вартість протезів уточнюється і становить від 5 до 500\$. У протезі, який вказано з найнижчою вартістю 5 доларів, вказана лише вартість матеріалу, який використовується для 3D-друку. Протез із найбільшою вказаною вартістю 500 доларів США вказує вартість усіх матеріалів, необхідних для виготовлення всієї руки (наприклад, кабелі, двигуни, електроніка). Немає протезів, які можна купити в готовому вигляді; однак є деякі компанії, які працюють над протезами, які можна продати за 1000 доларів США; наприклад, You Bionic і Open Bionics розробляють протез, який вони хотіли б продати за 3000 доларів.

За останнє десятиліття 3D-друк стрімко вдосконалювався щодо дизайну деталей кінцевого використання, але при оцінці надрукованих на 3D-принтері протезів верхніх кінцівок, виготовлених зараз, вони все ще виглядають як прототипи деталей. Що стосується довговічності деталей, жодних тестів не проводилося для прогнозування життєвого циклу друкованих частин. Жодна публікація не згадувала, як довго можна носити руку, не вимагаючи ремонту. В основному було зазначено, що зламані частини можна легко замінити, надруквавши нові.[11] Хоча більшість рук друкується за допомогою FDM-принтерів, не завжди можна легко надрукувати нові деталі. По-перше, руки, виготовлені не за допомогою принтерів FDM, вимагають деталей, надрукованих за допомогою іншої техніки, що призводить до дорожчих деталей або збільшення часу на отримання деталей. По-друге, користувач протеза не роздруковує більшість пристроїв, тому людина не може безпосередньо надрукувати нові частини, не звернувшись до людини з принтером. Це може призвести до небажаної ситуації, коли протези не можуть бути виправлені достатньо швидко, що може призвести до того, що користувач взагалі не зможе використовувати протез.

Важливим моментом є також міцність матеріалу. Розробники 3D-друкованих рук не робили жодних прогнозів щодо міцності частин надрукованих протезів. Це важливо, оскільки 3D-друк впливає на властивості матеріалу. Для FDM-друку властивості матеріалу друкованої частини відрізняються від властивостей масового матеріалу.[12] Для SLS і Polyjet друку деградація матеріалу впливає на властивості матеріалу деталі. Про сучасні протези рук, надруковані на 3D-друку, було проведено мало досліджень, пов'язаних із деградацією матеріалу. Деякі матеріали з часом руйнуються, особливо пристрої, виготовлені з фотополімеру.[13] Деградація матеріалу деталей призведе до зниження міцності та жорсткості деталей. Необхідно провести подальші дослідження щодо міцності та довговічності надрукованих на 3D-принтерах деталей, щоб переконатися, що майбутні надруковані протези рук вимагатимуть незначного догляду та їх можна буде носити протягом тривалого часу.

Висновок

3D-друк надає багатообіцяючі можливості для створення складних геометрій і нестандартних та персоналізованих конструкцій у поєднанні з простотою виготовлення. Однак слід враховувати механічні властивості, точність і вартість. Пластикові деталі можна виготовити дешевше та швидше за допомогою лиття під тиском, ніж за допомогою 3D-друку, але 3D-друк має ту перевагу, що деталі можна легко персоналізувати та налаштувати. Перевагою 3D-друку є можливість створювати індивідуальний дизайн без необхідності змінювати виробничу машину. Кожен користувач протеза має свої особливі потреби (наприклад, конкретні завдання, які людина виконує в повсякденному житті, і конкретне пристосування до залишкової кінцівки). 3D-друк забезпечує легке виготовлення персоналізованої гнізда, друк протеза в бажаному кольорі, друк нестандартної форми та розміру, а також дизайн, який можна адаптувати до потреб користувача протеза.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Andrianesis K, Tzes A. Development and control of a multifunctional prosthetic hand with shape memory alloy actuators. *J Intell Robot Syst* 2014;78:257–289
2. Laliberte T, Baril M, Guay F, et al. Towards the design of a prosthetic underactuated hand. *Mech Sci*. 2010;1:19–26.
3. Bahari MS, Jaffar A, Low CY, et al. Design and development of a multifingered prosthetic hand. *Int J Soc Robot*. 2012;4:59–66.
4. Enabling The Future [Online]. [cited 2015 Jun 19]. Available from: [http://enablingthefuture.org/\(open in a new window\)](http://enablingthefuture.org/(open in a new window))

5. Robohand [Online]. [cited 2015 Jun 4]. Available from: <http://www.robohand.net/wp-content/uploads/2013/03/2013-03-29-11-10-58-b.jpg>(open in a new window)
6. Resnik L, Meucci MR, Lieberman-Klinger S, et al. Advanced upper limb prosthetic devices: implications for upper limb prosthetic rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil. 2012;93:710–717.
7. Campbell T, Williams C, Ivanova O, Garrett B. Could 3D printing change the world. In: Technologies, potential, and implications of additive manufacturing. Washington, DC: Atlantic Council; 2011.
8. Zhou JG, Herscovici D, Chen CC. Parametric process optimization to improve the accuracy of rapid prototyped stereolithography parts. Int J Mach Tools and Manufacture. 2000;40:363–379.
9. NinjaFlex: Flexible 3D-Printing with Strong Flexible Filament [Internet]. [cited 2015 Sep 14]. Available from: <http://www.ninjabflex3d.com/>(open in a new window)
10. Filament Filaflex [Internet]. [cited 2015 Sep 14]. Available from: <http://recreus.com/en/4filaflex-filaments>(open in a new window)
11. Enabling the Future: Media FAG. [Internet]. [cited 2016 Jan 24]. Available from: <http://enablingthefuture.org/faqs/media-faq>(open in a new window)
12. Floor JW. Getting a grip on the Ultimaker 2. Tensile strength of 3D printed PLA: a systematic investigation [dissertation]. TU Delft: Delft University of Technology; 2015.
13. Pandey R. Photopolymers in 3D printing applications [Thesis]. Helsinki: Arcada University of Applied Sciences; 2014.

Шереметьєва Альона Юрійвна – студентка групи БМІ-216, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет.

Криворучко Іван Олександрович – старшого викладача кафедри кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет.

Sheremetieva Alyona Yu. – student of Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kkrivoruchko Ivan OL.– Senior Lecturer at the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University