

УДК 621.9.04:08, 617-7

Питання вимірювання параметрів точності ендопротезів, виготовлених з використанням адитивних технологій

Пасічник¹ В.А., Бурбурська² С.В., Кутуза¹ В.В.

1 – КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

2 – Лабораторія медичного 3Д-друку, м. Київ, Україна

***Анотація:** Розглянуті актуальні питання технічних вимірювань в задачах забезпечення точності ендопротезів, виготовлених з використанням адитивних технологій з титанових сплавів. Показані перспективи таких технологій в медицині при виготовленні серійних та індивідуальних ендопротезів. Описані окремі проблеми, які виникатимуть при недотриманні вимог щодо точності. На прикладі деталі «аугмент» виділені три типи поверхонь – крипильні, ґратчаста структура, загальна макро-форма. Описані види технічних вимірювань, які можуть застосовуватись при контролі поверхонь різних типів.*

***Ключові слова:** Адитивні технології; Адитивні машини; 3Д друк; Ендопротез; Точність, Геометричні параметри; Вимірювання.*

Адитивні технології (англ. Additive Technologies) [1] за останні два десятиліття надійно закріпились у наукоємних галузях формоутворення складних за формою деталей. Міжнародний стандарт ASTM F2792.1549323-1 визначає адитивні технології так: «Additive Technology — process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing technologies», що в перекладі буде «Адитивні технології — це процес з'єднання матеріалів для створення об'єктів заданими тривимірними цифровими моделями, зазвичай шар над шаром, на відміну від субтрактивних технологічних процесів». Зазначимо, що не можна повністю з твердженням «на відміну», чим адитивні технології протиставляються іншим формним і нонформним, субтрактивним і дистрибутивним технологіям [2]. Краще говорити про те, що адитивні технології доповнюють і розширюють спектр технологій виробництва. Основними сферами застосування адитивних технологій стали [3] авіаційно-космічна галузь, автомобілебудування, виготовлення оснастки для машинобудування, виготовлення ювелірних виробів і, що важливо в контексті даного матеріалу, медична сфера.

Основні причини просування адитивних технологій у медицині визначаються перевагами [4], які вони надають, а саме: необмежена складність геометричних форм і структур; можливість урахування індивідуальних особливостей пацієнта [5] з одночасною можливістю зниження вартості одиничного рішення до ціни серійного; створення деталей зі структурою і шорсткістю, яка сприяє швидкій інтеграції в тканини пацієнта; можливість керування еластичністю виробу за рахунок структури; скороченні строків виходу на ринок і побудови конкретних деталей для пацієнтів; заощадження витрат і збереження ресурсів завдяки значно меншій кількості відходів у порівнянні з класичними методами механічного оброблення із значно меншим використанням матеріалу через швидке виготовлення без інструментів та оснащення; повністю автоматизоване і цифроване виробництво, що здатне працювати в режимі «24/7».

В той же час залишаються проблеми забезпечення точності виготовлення індивідуальних деталей та їх контролю, які ми розглянемо у даній публікації. Точність важлива в будь-якій сфері, проте у медичній вона часто може стати критично важливою. Індивідуальний ендопротез може «не стати на місце» і операція буде відкладена, кутова похибка може призвести до невірної встановлення і погіршення умов дії сил на деталь тощо. Зазначимо, що в машинобудуванні накопичено величезний досвід вимірювання параметрів точності деталей і технологічних методів їх забезпечення, проте деталей для

медицини мають свої специфічні особливості, які слід враховувати. Наприклад, деталь «аугмент», зображена з різних боків на рис. 1 не має базових поверхонь, які б дозволили виміряти всі її поверхні з одного установу. Крім того, саме поняття поверхні потребує певного аналізу і тлумачення, а згодом, і підбору для кожного її виду необхідного методу вимірювання.

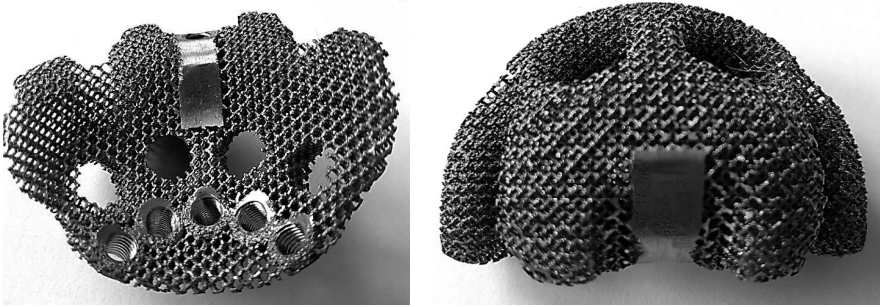


Рис. 1. Види деталі «аугмент»

На такій деталі можна виділити наступні елементи (рис. 2): 1 – функціональні примітиви для з'єднання з іншими елементами біомеханічної системи; 2 – загальна макро-форма, яка складається з кількох примітивів (поверхонь), основним призначенням яких є взаємодія з відповідними «детальми-кістками» організму людини; 3 – ґратчаста регулярна (як на фото) або нерегулярна (трабекулярна) структура, яка призначена для полегшення конструкції, розміщення й пророщування кісткової тканини. Кожна з цих поверхонь потребує свого особливого методу контролю точності.

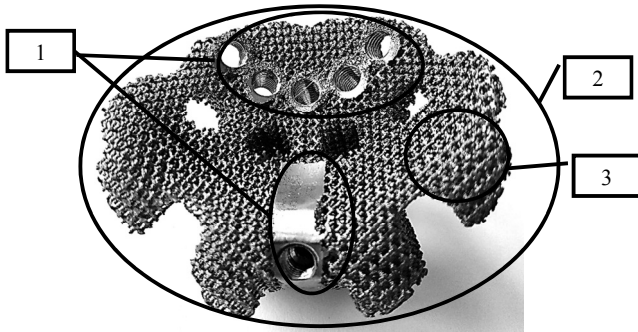


Рис. 2. Типи поверхонь деталі «аугмент»:

1 – приєднувальні елементи, 2 – макро-форма, 3 – ґратчаста структура

Елементи форми першого типу сполучаються з іншими деталями біомеханічної системи і від їх точності залежить розташування і спрямованість кріпильних елементів, натяг або зазор при встановленні гвинтів та довговічність таких з'єднань. Для контролю таких поверхонь можуть бути застосовані методи, які широко використовуються в машинобудуванні, – контроль лінійних і кутових розмірів, шорсткості, взаємного розташування поверхонь тощо. Складність для такого типу поверхонь складає відсутність явних поверхонь для базування деталей, а також необхідність контролю поверхонь нарізі,

для якої часто необхідно виготовляти спеціальні контрольні калібри. Виходом з ситуації відсутності баз може бути вибір одного з елементів, в якості бази (через елементи спеціальної оснастки) і вимірювання параметрів інших елементів відносно нього.

Контроль макро-форми слід проводити без урахування наявності ґраток. Контрольним обладнанням може бути координатно-вимірювальна машині з ручним або автоматичним керуванням, а результатом вимірювання стане «хмара точок» з якої можна сформувати тривимірну поверхню в одній із систем CAD. Вирішити питання єдності вимірювальної бази можна як було запропоновано вище, взявши один з кріпильних елементів зв незмінну базу, та закріпивши деталь на спеціальному оснащенні, яке забезпечує зміну положення без зміни вимірювальної бази.

Якщо говорити про контроль структури ґраток, то оцінити її параметри можна за декілька установів на оптичному мікроскопі. Одна проекція, як на рис. 4 не дасть нам повної картини, проте для регулярних структур дасть можливість виміряти положення вузлів, їх умовний діаметр, коливання товщин з'єднувальних стрижнів.



Рис. 3. Приєднувальний елемент

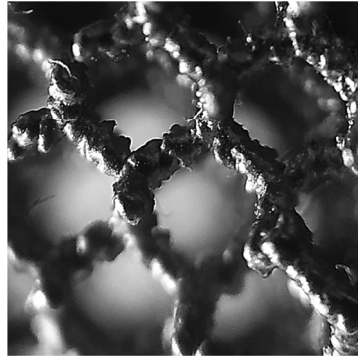


Рис.4. Фрагмент ґраток

Таким чином, контроль параметрів точності виготовлення деталей, в основі яких лежить адитивна технологія, потребує комплексу технічних засобів та спеціального оснащення, яке в сукупності здатне забезпечити вирішення даної задачі.

Questions of measurement of accuracy parameters of endoprottees produced with use of additive technologies

Pasichnyk V., Burburska S., Kutuza V.

Abstract. The actual issues of technical measurements in the problems of ensuring the accuracy of endoprosthesis made with the use of additive technologies from titanium alloys are considered. The prospects of such technologies in medicine in the production of serial and individual endoprostheses are shown. Some issues that will arise when the accuracy requirements are not met are described. On the example of the component "augment" there are three types of surfaces - fastening, lattice structure, general macro-form. Types of technical measurements that can be used for measurements surfaces of different types are described.

Keywords. Additive technologies; Additive machines; 3D printing; Endoprosthesis; Accuracy, Geometric Parameters; Measurement

Вопросы измерения параметров точности эндопротезов, изготовленных с использованием аддитивных технологий

Пасечник¹ В.А., Бурбурская² С.В., Кутуза¹ В.В

***Анотация.** Рассмотрены актуальные вопросы технических измерений в задачах обеспечения точности эндопротезов, изготовленных с использованием аддитивных технологий из титановых сплавов. Показаны перспективы таких технологий в медицине при изготовлении серийных и индивидуальных эндопротезов. Описаны отдельные проблемы, возникающие при несоблюдении требований по точности. На примере детали «аугмент» выделены три типа поверхностей – крепежные, решетчатая структура, обшая макро-форма. Описанные виды технических измерений, которые могут применяться при контроле поверхностей различных типов.*

***Ключевые слова.** Аддитивные технологии; Аддитивные машины; 3Д печать; Эндопротез; Точность, Геометрические параметры; Измерения.*

Список літератури

1. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies. 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. 2nd ed. / Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker. Springer, 2015. 510 p. (DOI 10.1007/978-1-4939-2113-3).
2. Пасічник В.А. адитивне виробництво. Сучасний стан і перспективи / В.А. Пасічник, Єнтін О., Кудін С.М. // XIX Міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка технологія та інженерна освіта», Том 2, м. Київ, 19 – 22 червня 2018 р.: Матеріали конференції – Київ: 2018. – 252 с., С.28-31.
3. Ресурс інтернету: режим доступу [29/06/2019] <https://www.concept-laser.de/en/industry.html>
4. Ресурс інтернету: режим доступу [29/06/2019] <https://www.concept-laser.de/en/industry/medical.html>
5. Гайко Г.В., Галузинский О.А., Бурбурська С.В. Застосування адитивних технологій в ортопедії та травматології / Збірник матеріалів науково-практичної конференції з міжнародною участю «Нові технології в ортопедії та травматології», Київ, 2018. – С. 17-19.