

**О.Ф. Тарасов,
О.В. Алтухов,
Л.В. Васильєва,
О.С. Касьянюк**

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ІМПЛАНТІВ З ЛИСТОВОГО ТИТАНУ ТА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація

В роботі розглянуто задачі побудови САПР на основі використання універсальних промислових програмних систем (CAD/CAE та інших) для всієї сукупності необхідних функцій проектування імплантів. Аналіз процесу конструювання й виготовлення імплантів для щелепно-лицьової хірургії дозволив здійснити формалізацію процесу проектування просторових виробів з листових заготовок і універсального технологічного оснащення для отримання їх на основі даних томографії. Виділені етапи й алгоритм проектування. Розроблена методика побудови та числового розрахунку імплантів дозволила виконати побудову об'ємних моделей імпланту і шаблона оснащення, необхідних для отримання імплантів пластичним деформуванням з листових заготовок. Розрахунки в CAE-системі дозволили визначити напруги й деформації виробу після встановлення пацієнтові, що підвищує якість прийнятих конструктивних рішень.

Ключові слова: проектування, імплант, титан, деформування, САПР, параметрична модель, CAD, CAE

Імпланти виготовляють з різних матеріалів [1] і різними способами, у тому числі пластичним деформуванням з листових заготовок [2]. Пов'язано це з тим, що листові конструкції легші й дешевші, хоча в низці випадків – недостатньо жорсткі. Тому для отримання імплантів застосовують суцільні листові заготовки або сітки з титану ВТ 1-0, з яких пластичним деформуванням отримують вироби зі складною просторовою формою [1]. Найбільш важливими вимогами до систем автоматизованого проектування (САПР) таких виробів є:

- можливість створення варіативності конструкцій, проектування параметричного ряду виробів;
- параметричне налаштування процесу проектування імплантів і оснащення для їх виготовлення;
- реалізація наскрізного процесу технологічної підготовки виробництва від проектування до виготовлення і контролю якості.

Одним із завдань створення САПР типових деталей є використання універсальних промислових програмних продуктів (CAD/CAM/CAE/CAI, PDM та інших систем) для всієї сукупності необхідних функцій проектування. Універсальні системи проектування мають розвинений графічний інтерфейс, що забезпечує інтерактивну роботу користувачів і деякі вбудовані засоби автоматизації діяльності. САПР на основі цих систем дозволяють створювати і виконувати зовнішні алгоритми для використання їх функцій за рахунок забезпечення інтеграції і використання їх програмних інтерфейсів для автоматизованого проектування виробів.

На етапі освоєння виробів САПР дозволяють замінити фізичне випробування виробу математичним моделюванням на основі інформаційної моделі [2; 3]. Оскільки фізичне випробування виробу більше коштує і займає багато часу, то така заміна дозволяє скоротити терміни проектування, а також вартість готового виробу. Параметризація дозволяє перевірити різні варіанти конструкцій й понизити ризик ухвалення помилкових рішень на основі зміни параметрів або

геометричних співвідношень розмірів деталей виробу. Тому важливим є забезпечення інтеграції компонентів САПР, можливість використання зовнішніх баз даних для накопичення конструкторської й технологічної інформації, підтримання параметризації при проектуванні виробів і технології їх отримання [3; 4]. Наприклад, інтелектуальна САПР після розроблення технологічного процесу з використанням базової САМ-системи [3] дозволяє залишити тільки необхідні для цього виробу елементи інтерфейсу, а все зайве видалити. Для технолога це означає, що фіксується певна послідовність операцій обробки деталі, а параметричне налаштування виконується в процесі відпрацювання технології на верстаті з ЧПК.

Одним із напрямів вирішення цієї задачі є керування можливостями графічного інтерфейсу користувача для проектування геометричної моделі виробу та його деталей, технологічне оснащення процесу їх виготовлення. Варто відмітити, що за рахунок інтеграції САПР може бути зв'язана, наприклад, з експертною системою. Такий підхід є основою для інтелектуальної підтримки процесу проектування й створення відповідних систем підтримки ухвалення рішень. Для цього необхідно взаємодіяти із зовнішньою базою даних, що забезпечує накопичення й обробку даних про параметри й результати проектування конструкції або технологічного процесу. У цьому разі САПР стає не лише місцем роботи для конструктора або технолога, але й джерелом інформації для систем ухвалення рішень в процесі проектування й виготовлення виробів. Тому однією з основних вимог, що ставляться до компонентів інформаційної системи (САПР, PDM, ERP, СКБД та ін.), є можливість використання єдиної інформаційної моделі виробу і програмного керування набором функціональних засобів, реалізованих у цих компонентах. Для вирішення завдання інтеграції компонентів програмної системи на рівні додатків необхідним є використання інтерфейсів прикладного програмування (API) для створення ядра САПР.

Аналіз процесу конструювання й виготовлення імплантів для щелепно-лицьової хірургії дозволив здійснити формалізацію процесу проектування просторових імплантів з листових заготовок і необхідного для цього універсального технологічного оснащення для придання їм форми на основі даних томографії. Виділені етапи й алгоритм проектування в САД системі необхідної геометрії заготовок. Для проектування імплантів з листового матеріалу при розробці САПР передбачена також можливість реалізації розрахунків комбінованих процесів деформування для підвищення рівня механічних характеристик матеріалу і надання заготовкам необхідної просторової форми.

Для створення САПР в даній роботі була також розроблена методика побудови та числового розрахунку імплантів, яка дозволила виконати побудову об'ємних моделей імпланту і шаблону оснащення, необхідних для отримання імплантів пластичним деформуванням з листових заготовок. Розрахунки в САЕ-системі дозволили визначити напруги й деформації у виробі після установа пацієнтові, що підвищує якість прийнятих конструктивних рішень.

Розроблено параметричну модель побудови геометричної моделі штампного оснащення, що дозволяє виконати розрахунок і побудову виробів, визначити вимоги до програмного комплексу. Для автоматизації проектування оснащення на основі геометрії імпланту розроблено параметричну геометричну модель і спеціалізовану САПР Implant на основі інтеграції з PowerSHAPE.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Goodrich J.T., Sandler A. L., Tepper O. A review of reconstructive materials for use in craniofacial surgery bone fixation materials, bone substitutes, and distractors. *Childs Nerv Syst* (2012) 28:1577–1588, DOI 10.1007/s00381-012-1776-y
2. Чуйко, А. Н. Реконструкция посттравматического дефекта нижней челюсти с использованием современных компьютерных технологий (Подготовительный этап) / А. Н. Чуйко, Д. К. Калиновский // *Современная стоматология*. – 2013. – № 1. – С. 76–81.
3. Автоматизоване проектування і виготовлення виробів із застосуванням САД/САМ/САЕ-систем : монографія / О. Ф. Тарасов, О. В. Алтухов, П. І. Сагайда, Л. В. Васильєва, В. Л. Аносов. – Краматорськ : ЦТPI «Друкарський дім», 2017. – 239 с.
4. O. Tarasov, L. Vasylieva, O. Altukhov & V. Anosov. Automation of the Synthesis of New Design Solutions Based on the Requirements for the Functionality of the Created Object // *Nine International Conference "Information Control Systems & Technologies" (ICST-2020)*. Odessa, Ukraine, September 24-26, 2020, CEUR-WS.org, online.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The BIOART project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Тарасов Олександр Федорович, д.т.н., професор, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, alexandrtar50@gmail.com

Алтухов Олександр Валерійович, к.т.н., старший викладач, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, astratsl@gmail.com

Васильєва Людмила Володимирівна, к.т.н., доцент, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, vasileva.dgma@gmail.com

Касьянюк Олександр Сергійович, асистент, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, aleksandr.kasianuk@gmail.com

AUTOMATION OF THE DESIGN PROCESS TITANIUM SHEET IMPLANTS AND EQUIPMENT FOR THEIR MANUFACTURE

Abstract

The paper deals with the tasks of building a specialized CAD system based on the use of universal industrial software systems (CAD / CAE and others) for the entire set of necessary functions for designing implants. Analysis of the design and manufacture of implants for maxillofacial surgery allowed to formalize the design process of spatial products from sheet blanks and universal technological equipment to obtain them based on tomography data. The stages and the design algorithm are determined. The developed methodology for constructing and numerically calculating implants made it possible to construct volumetric models of the implant and the die tooling template necessary for obtaining implants by plastic deformation from sheet blanks. Calculations in the CAE-system made it possible to determine the stresses and deformations of the product after installation to the patient, which improves the quality of the design decisions made.

Keywords: design, implant, titanium, deformation, CAD, parametric model, CAD, CAE

Tarasov Alexander, Dr. Sc., Professor, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, alexandrtar50@gmail.com

Altukhov Alexander Валерійович, PhD, Senior Lecturer, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, astratsl@gmail.com

Vasylieva Liudmyla, PhD, Associate Professor, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, vasileva.dgma@gmail.com

Kasianiuk Alexander, assistant, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, aleksandr.kasianuk@gmail.com