

РЕЦЕНЗИЯ

ВЪРХУ ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД ЗА ПРИДОБИВАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН „ДОКТОР”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Тодор Цветиев Гавrilov

Тема на дисертационния труд: Изследване и оптимизация на процеса на формообразуване, бърза материализация и валидация на сложни структури и имплантанти

Рецензент: доц. д-р инж. Константин Христов Камберов

Представеният за рецензиране дисертационен труд е структуриран в 7 глави и е в обем от 191 страници, включително 1 стр. списък на използвани съкращения, 2 стр. обобщение на получените резултати и приноси, 1 стр. списък на статии и полезни модели по дисертационния труд и библиография, съдържаща 103 литературни източника, от които 10 на кирилица, 75 на латиница 18 интернет страници. В работата се съдържат 160 фигури и 10 таблици.

Трудът е разработен в ТУ - София под ръководството на проф. дн инж. Георги Димитров Тодоров и гл. ас. д-р инж. Явор Петров Софонов.

1. АКТУАЛНОСТ НА РАЗРАБОТВАНИЯ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД ПРОБЛЕМ В НАУЧНО И НАУЧНОПРИЛОЖНО ОТНОШЕНИЕ

Инженерните решения в медицината са особено актуална област в съвремието, в голяма степен предпоставена от автоматизацията на инженерния труд. Представеният дисертационен труд по същество обхваща няколко динамично развиващи машиностроителни технологии - високоскоростно фрезоване, технологии с добавяне на материал – и най-вече – хибридни технологии – всички те с пряко отношение и приложение в медицината. В този смисъл, разработката е актуална по отношение на предлаганите методики и подходи, които обогатяват и доразвиват знанията и методите за решаване на проблеми в разглежданата област. В друг аспект, са създадени предпоставки за разширяване на областите на приложение на типично машиностроителни технологии – в имплантологията. Засегната е и друга актуална област от индустрията – формообразуващи инструменти – към която разработката също има определен принос.

Ето защо намирам, че разглежданиятата в дисертационната работа проблематика е полезна и актуална в научно и научно-приложно отношение.

2. СТЕПЕН НА ПОЗНАВАНЕ СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОБЛЕМА И ТВОРЧЕСКА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ЛИТЕРАТУРНИЯ МАТЕРИАЛ

Докторантът познава много добре състоянието на проблема. Това следва от направления от него в първа глава на дисертацията обзор и анализ на технологии за изработване на сложни структури и импланти, методи на симулация на процесите на CNC обработване при производство на изделия със сложни форми и персонални импланти. Обърнато е специално внимание на формоизграждането на обекти със сложна геометрия и имплантни структури. Обзорът е написан ясно и стегнато, като в някои от следващите глави част от материала също има обзорен характер. В работата са цитирани 103 литературни източника, публикувани в интервала 1973г. до 2020г., като относително малък е броят на написаните на кирилица, което в известна степен се дължи и на спецификата на разработката. В резултат на анализа на състоянието на проблема са направени обосновани изводи и са посочени нерешени проблеми. Докторантът е работил в научна среда (Лаборатория „CAD/CAM/CAE в Индустрията“, МТФ, ТУ-София), в която се разработват проблемите на системен подход за проектиране на иновативни технически изделия с използване на съвременни методи и средства. При тези условия и на тази основа докторантът правилно е формулирал целта на дисертационната работа и задачите за нейното постигане.

3. СЪОТВЕТСТВИЕ НА ИЗБРАНАТА МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ С ПОСТАВЕНАТА ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Целта на дисертационния труд е изследване на процесите, свързани с изготвяне на сложни геометрични форми и импланти, чрез иновативни индустриски технологии и на възможностите за оптимизация на процеса на изработване с CAD/CAM решения. Нейното постигане се базира на използването на утвърден съвременен инструментариум за бърза материализация на сложни структури и форми с помощта на хибридни технологии. Използвани са съвременни методи и подходи при използването на различни стратегии при 3-осна и 5-осна високоскоростна обработка. Използвана е нова методология за създаване на формообразуващ инструмент при кратки срокове, намерил пряко приложение в практиката. За приложението на развитите методи и подходи в медицината (имплантологията) са използвани възможностите на подходящи методи и програмни продукти.

Оценявам, съгласно деклариралите резултати, че избраните методи дават верен отговор на поставената цел и задачи в дисертационния труд, които съответстват напълно на постигнатите приноси.

4. КРАТКА АНАЛИТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕСТЕСТВОТО И ОЦЕНКА НА ДОСТОВЕРНОСТТА НА МАТЕРИАЛА, ВЪРХУ КОЙТО СЕ ГРАДЯТ ПРИНОСИТЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

На основата на анализ на известни разработки е установено динамично навлизане на нови прогресивни технологии, базирани на CAD/CAM и адитивни процеси, даващи възможност да се постигне голяма бързина на изпълнение, на анатомична уникалност на всеки елемент, на отлична геометрична точност, с пряка приложимост в имплантологията. Разработеният метод за тяхното приложение при изготвяне на специфични импланти, позволява в кратки срокове да се проектират и изработват импланти. Впоследствие е създадена и методология за бърза материализация на сложни структури и форми с помощта на хибридни технологии, като са изработени и валидирани образци на персонални импланти. Изложението на получените резултати е в методична последователност, като те са коментирани подробно и са подкрепени със съответни графични, таблични и числени данни и доказателства. На тяхна основа са направени съответните изводи и заключения.

Добрата литературна осведоменост на докторанта, използваните подходящи методи за изследвания, предложените подходи, методи и методология, говорят за високата професионална квалификация на докторанта и придават на дисертационния му труд качества на методично правилно построено, достоверно и научно издържано теоретично-експериментално изследване, което е и с определена практическа насоченост и значимост.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Основните научно-приложни и приложни приноси, съдържащи се в извършеното от автора могат да бъдат обобщени по следния начин:

5.1. Научен принос

- Предложен е подход за избор на оптimalна технология за изработка на персонализирани имплантни структури и костни репликации на базата на изследвани възможностите на трите най-популярни технологии- технология чрез отнемане на материал, чрез адитивни технологии и технология за отливане в силиконови матрици и оценяване на предимствата и недостатъците им, според сложността на геометрията, необходимият брой изделия и целта на приложение.

5.2. Научноприложни приноси

- Разработен е специален метод за прилагане на хибриден подход при изготвяне на специфични импланти. Използват се технологиите за бързо изготвяне на формообразуващи инструменти с адитивна технология (материализация на негативно изображение) и формоване на необходимия имплант в този еднократен инструмент до втвърдяването му.

- Предложен и валидиран е подход за производство на ФИ като се използва единствено механична обработка на сложните формаобразуващи повърхнини на една установка без пребазиране на заготовката, произведени от инструментална стомана, с предварителна термообработка до средна твърдост от 30 HRC.
- Направено е сравнение на различни подходи при избор на заготовки и стратегии при изработване на импланти чрез отнемане на материал на 5-осен обработващ център, като за критерии за оптимизация са взети в предвид машинно време, цена на заготовката и брой установки.
- Доказано е, че резултатите от оптимизация на стратегията на обработване водят до редуциране на времето за изработка и на разходите при производство над два пъти и постигането на оптимални резултати по отношение на точността, която е ключово важна при производството на импланти.
- Разработена е методология, използваща най-modерни технологии за диагностика и ремонт на формаобразуващи инструменти, което гарантира бързата и акуратна преценка за състоянието на инструмента, като с помощта на различни софтуери, се поставя цялостна оценка за работоспособността му. Съгласно получените резултати са оформени 4 основни варианта за работата на инструмента.

5.3. Приложни приноси

- Сравнени са два характерни подхода при изготвяне на имплант с отнемане на материал, при които се използват различни заготовки с различно тегло и цена, време за обработка, брой установки, брой необходими инструменти, като тези елементи са оценени количествено. Резултатът е постигането на оптимално машинно време и повърхнини с високо качество и точност.
- Постигнато е модифициране на конвенционалния цикъл на производство на ФИ, чрез иновативен производствен цикъл без междинна термообработка на заготовката преди финалните обработки, позволяващо отпадане на електроерозийните обработки, които изискват установяване в друга машина, а самият процес е времеемък.
- Посредством 5 осното фрезоване на имплант и правилно подбрани инструменти и режими е доказано постигане на по-производителен процес и по-дълъг живот на инструмента над два пъти.
- Поради използването на по-къси инструменти, силно се понижава степента на деформация, от тук чувствително се понижават и трептенията в цялата система, които възникват при механичната обработка (остатъка им до голяма степен се демпфира), което води до получаване на повърхнини с много голямо качество и висока точност на изпълнение.
- Установено е експериментално, че високоскоростната обработка осигурява над два пъти по-ефективна производителност, която се постига първо със скоростта на рязане и второ със скоростта на подаване.

- Предложената иновативна производствена стратегия позволява бързо създаване на ФИ с намалени разходи, като в същото време се постига висока точност, тъй като по време и след производствения процес се извършва валидиране чрез 3D сканиране на точностните показатели.
- Експериментално е доказано, че използването на инструментална стомана с предварителна термообработка до 30-35 HRC е остьчна за гарантиране напроизводство на 200 000 - 300 000 броя детайли.
- Разработената стратегия е внедрена в реалната практика чрез прилагане на методологията за конкретен случай за създаванена много необходимите за началото на пандемията от КОВИД 19 медицински защитни очила и са постигнати уникални къси срокове от старта до серийното производство на изделията в рамките на сумарно 12 дни.
- При нужда от ремонтни дейности за ФИ е предложено и валидирано използване на хибридна система за отнемане и добавяне на материал в една и съща работна зона, което гарантира най-висока прецизност при възстановяването на геометрията на инструмента.
- В резултат на разработването на методология, използваща най-модерни технологии за диагностика и ремонт на формообразуващи инструменти от лаб. „Бързо прототипиране и 3D креативност“ се подготви нова услуга, включваща дейности по валидация на функционалността на формообразуващи инструменти (метрика, отклонения от формата, взаимното разположение) и идентификация за степента на износване, която предстои да бъде предложена на компаниите в България и чужбина, занимаващи се с производство на пластмасови детайли и формообразуващи инструменти.

Приносите в дисертационния труд се отнасят към доказване с нови средства на съществени нови страни, в съществуващи научни проблеми, създаване на нови методи и подходи и получаване на потвърдителни факти. Те доказват убедително, че в дисертационния труд се решават реални задачи, имащи определена насоченост към прилагане на машиностроителни технологии за нуждите на медицината, в частност изработване на импланти, с възможност за тяхното персонализиране. Това, наред с развитият и валидиран подход за производство на формообразуващи инструменти в кратки срокове, при използване на съвременни високоскоростни обработки, намирам за значими резултати в труда на автора.

6. ОЦЕНКА ЗА СТЕПЕНТА НА ЛИЧНОТО УЧАСТИЕ НА ДИСЕРТАНТА В ПРИНОСИТЕ

Оценявам приносите в дисертационната работата като резултат от съвместните усилия на автора и на неговите ръководители. Убеден съм в преобладаващото лично участие на докторанта и неговите лични приноси при разработването на

дисертационния труд, което личи ясно от публикациите, обхващащи основните резултати от изследванията.

7. ПРЕЦЕНКА НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД: БРОЙ, ХАРАКТЕР НА ИЗДАНИЯТА, В КОИТО СА ОТПЕЧТАНИ

В представения труд са посочени 5 публикации, от които 1 е самостоятелна, а останалите са колективни. Една от публикациите е в издание, реферирано в Scopus, а останалите са включени в сборници с доклади на научни конференции у нас. Нямам информация за цитирания, но съм уверен, че трудове на автора или такива с негово участие ще намерят отражение в научната общност. Специално внимание искам да обърна на представеният полезен модел, показващ еднозначно приложната страна на разработката на дисертанта.

Считам, че публикациите са на много добро ниво и в достатъчна степен представят основните резултати по темата на дисертационния труд.

8. ИЗПОЛЗВАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД В НАУЧНАТА И СОЦИАЛНАТА ПРАКТИКА

Резултати от дисертационния труд могат относително лесно да се използват в учебния процес на студенти от машиностроителните специалности на ТУ-София, а така също и в дейността на фирми и организации, занимаващи се както с изработване на медицински импланти, така и с изработване на формообразуващи инструменти. Като потвърждение за приложимостта на постигнатите резултати от дисертационния труд на кандидата може да се посочи използването им за създаванена много необходимите за началото на пандемията от КОВИД 19 медицински защитни очила. Допълнително приложение на постигнатите резултати е в насока на приложението на развитата методология за валидация на функционалността на формообразуващи инструменти и идентификация за степента на износване, в производството на пластмасови детайли и формообразуващи инструменти.

9. ОЦЕНКА НА СЪОТВЕТСТВИЕТО НА АВТОРЕФЕРАТА С ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИЗГОТВЯНЕТО МУ

Авторефератът е изгotten съгласно изискванията и отразява цялостно същността и основните приносни моменти от дисертацията.

10. МНЕНИЯ, ПРЕПОРЪКИ И БЕЛЕЖКИ.

Нямам съществени бележки, с които да оспорвам основните научноприложни и приложни приноси на кандидата.

Дисертационният труд не е лишен от някои недостатъци, пропуски и др., за поважни от които считам следните:

- извършеният сравнителен анализ в глава 3 е възможно да бъде представен в по-обобщен вид;
- посочените като резултати от изследването на различни технологии за изработване на персонализирани имплантни структури и костни репликации (глава 3) могат да бъдат практически отнесени към изводите на главата;
- наименованието на т.5.1 подвежда, тъй като самата методика е описана в т.5.5, което наред с детайлно описаното научноизследователско оборудване, затруднява представянето на извършената работа;

Посочените по-горе бележки са в голяма степен редакционни и не намаляват значимостта на проблематиката и получените ефекти от дисертационния труд. Обема на работата и получените резултатие възможно да получат допълнително разпространение, като се обобщят в подходяща форма и се потърси публикуването им в индексирани и реферирани списания.

11. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на запознаването ми с дисертационния труд и материалите по него, изпълнената образователна цел на докторантурата и изискванията на ЗРАСБ, Правилника на прилагането му и Правилника за реда и условията на придобиване на научни степени в ТУ-София, актуалността и значимостта на постигнатите научноприложни и приложни приноси, предлагам на маг. инж. Тодор Цветиев Гавrilov да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор” по професионално направление 5.1 Машинно инженерство, научна специалност „Изследване и оптимизация на процеса на формообразуване, бърза материализация и валидация на сложни структури и импланти”.

26.03.2021г.

гр. София

РЕЦЕНЗЕНТ:

(доц. д-р К. Камберов)

