

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за получаване на научната степен „Доктор на науките“
професионално направление 5.1. „Машинно инженерство“
научна специалност „Технология на машиностроителните материали“

Автор: проф. д-р инж. Росен Николов Василев

Тема: Изследване на методите и средствата за повърхностно обработване на материали за дентални импланти

Основание за рецензията: заповед № 252 / 23.05.2017 г.

Рецензент: проф. д-р Бойко Георгиев

1. Общо описание на дисертационния труд

Представеният дисертационен труд се състои от 356 страници като съдържанието му е изложено в 7 глави и 6 приложения с включени 103 фигури и 41 таблици. Цитирани са 530 литературни източника и е представен списък от 13 научни публикации на автора по темата.

Дисертационният труд е обсъден на 17.05.2017 на разширен катедрен съвет в катедра “Материалознание и технология на материалите” на ТУ–Варна и е насочен за защита.

2. Актуалност на разработваните в дисертационния труд проблеми

Понастоящем титанът и неговите сплави продължават да са изключително атрактивни материали в областта на денталната имплантология и медицината като цяло поради специфичната комбинация от свойства които притежават – отлична биосъвместимост, добри механични качества, ниска плътност и добра корозионноустойчивост. Интересът към тях нараства и поради бурното развитие и значителния напредък на денталната медицина през последните десетилетия в стремежа към подобряване качеството на живот на пациентите по здравословни и естетически причини. Наред с това, относително високата пластичност и умерените трибологични качества на титана и сплавите му налагат необходимостта от допълнително повърхностно модифициране с такива ефективни методи за химико–термична обработка като азотиране, оксидиране и навъглеродяване. Получаването на необходимите свойства на повърхностния слой при такава обработка обикновено изисква поддържане на висока температура и продължително време на задържане на материала с използване на скъпо струваща апаратура, което значително оскъпява процесите. Това дава основание за търсене на нови икономично–целесъобразни методи за повърхностно обработване на титана и сплавите му.

В настоящия дисертационен труд са разработени и изследвани технологии за плазмено напластяване и плазмено газово азотиране на титанови сплави чрез използване на апаратура с индиректен плазмотрон, които съкращават значително времето за обработване на повърхността на материала. Същевременно е изследвана стабилността на работа и ефективността както на апаратурата, така и на самия

плазмотрон. Изследвано е и влиянието на технологичните параметри върху изходните електрически величини. На базата на преимуществено собствени експериментални резултати е моделирана кинетиката на плазменото газово азотиране, което представлява полезен инструмент за оптимизиране на технологичните параметрите при повърхностното обработване на титан и титанови сплави. Разработени са и методи за изследване и оценка на качествата на получената азотирана повърхност.

Създаден е и нов дизайн на дентални импланти от титанови сплави, като за целта са направени изследвания чрез компютърни симулации и анализи по метода на крайните елементи с цел осигуряване на достатъчна първоначална стабилност на импланта, създаване на подходяща повърхностна микроструктура за адекватно биомеханично взаимодействие с обкръжаващата костна тъкан, както и неутрализация на бактериално проникване с помощта на златно покритие в условия на продължително динамично дъвкателно натоварване. Добавянето на златно покритие върху определени елементи от импланта е нов модерен метод в областта на денталната имплантология.

Разработените в дисертационния труд проблеми са безспорно актуални в научно, научно–приложно и приложно отношение, а резултатите от изследванията са с принос към технологиите за повърхностно обработване на изделия от титан и титанови сплави и могат да имат сериозен икономически ефект.

3. Познание на текущото състояние на разработваните проблеми и творческа оценка на литературния материал

В дисертационния труд са изложени основни факти и постижения в световната практика, свързани с приложението на титана и неговите сплави в областта на денталната имплантология, както и с методите и процесите за повърхностно обработване на материалите за дентални импланти чрез плазмено напластяване и плазмено газово азотиране с цел подобряване на тяхната остеоинтеграция в човешката челюст.

От направения задълбочен литературен обзор по темата са дефинирани основните съществуващи проблеми, като са формулирани изводи за липсваща или оскъдна информация в световен мащаб по отношение оценката на влиянието на технологичните параметри върху стабилността и ефективността на процесите при плазмено напластяване и плазмено газово азотиране, както и по отношение на тяхното влияние върху качествата на получения повърхностен слой. Направен е и изводът, че в наличната литература ансамбълът от фактори, които оказват въздействие върху стабилността на плазмената дъга и плазмената струя не е анализиран комплексно, а по–скоро незадълбочено, без да се отчита взаимната връзка между факторите, при което те са третираны преди всичко като независими един от друг. Отбелязано е, че отсъства и цялосна методика за мониторинг на процесите в разглежданата област.

Въз основа на направените изводи от литературния обзор и актуалността на съществуващите проблеми е поставена и главната цел на дисертацията – изследване

на методите и средствата за повърхностно обработване на материали за дентални импланти – като са формулирани и конкретните задачи за нейното постигане.

4. Методика на изследване

Методиката на изследванията за постигане целта на дисертационния труд и формулираните задачи се характеризира с висока степен на комплексност и ефективност. Тя включва разработване на многоканална система за събиране на данни в реално време, както и програмно обезпечение за мониторинг, обработка, контрол и управление на електрическите сигнали в апаратурата с индиректен плазмотрон. При това се отчита случайният характер на процесите протичащи в плазмотрона, както и необходимостта от обработка на техните параметри по методите на математическата статистика и теорията на вероятностите за оценка на такива важни характеристики като стабилност и ефективност на работа.

В методиката на изследванията е интегрирано и моделиране на кинетиката на образуване на термодинамични азотирани слоеве на титанови сплави при различни параметри и условия на процесите по време на повърхностно обработване с индиректен плазмотрон, като за целта са разработени модели за симулация на развитието на тези слоеве и са въведени аналитични и числени решения на базата на физически модел. Моделирането на тази кинетика представлява много полезен инструмент както за прогнозиране на пространственото и времево разпределение на азот в повърхностния слой, така и за оптимизиране на параметрите при повърхностно азотиране на титанови сплави и създаване на усъвършенствувани технологии за плазмено газово азотиране с индиректен плазмотрон.

Друг методологичен аспект на дисертационния труд представлява разработването на методика със структурирани етапи за параметрично и оптимизирано проектиране на зъбни импланти за нуждите на денталната индустрия, с възможност за трансфер на информационни данни, асоциативно взаимодействие на програмните ресурси за подобряване на изследователските и производствени резултати, визуализация на тези резултати и оценка на коефициента на сигурност в режим на продължителни циклични дъвкателни натоварвания на денталните импланти. На базата на тази методика е изработен и нов дизайн на зъбен имплант с нанесено златно покритие.

5. Аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

С направения задълбочен анализ на съвременните постижения и съществуващите важни проблеми и предизвикателства пред съвременната дентална имплантология е демонстрирано изключително добро познаване на материята, с която се борави по темата на дисертационния труд. Използваните данни от всички проведени експерименти, аналитични модели и виртуални компютърни симулации за решаването на поставените основни задачи са дискутирани в дълбочина и богато илюстрирани в основния текст на дисертационния труд и приложенията към него заедно с получените резултати от изследванията, поради което както резултатите, така

и направените изводи и формулираните приноси не могат да бъдат подложени на никакво съмнение.

6. Приноси на дисертационния труд

Приносите на дисертационния труд са обосновани много добре и групирани в три раздела, а именно: научни, научно–приложни и приложни. Те са свързани както със съществено обогатяване на съществуващи знания, така и с пряко прилагане на научни постижения в практиката.

Като научни приноси, съществено обогатяващи съществуващи знания, могат да бъдат посочени както разработените комплексни методики и математически модели за анализ и оценка на влиянието на основните фактори върху процеса на повърхностно плазмено обработване, така и създадените модели за симулация и мониторинг на развитието на повърхностните слоеве при плазмено газово азотиране с индиректен празмотрон, които представляват полезни инструменти за оптимизиране на параметрите на повърхностно азотиране на титанови сплави.

Научно–приложните приноси на настоящия дисертационен труд, отнасящи се до приложение на научни постижения в практиката, са свързани с експериментално установяване на стационарността и ергодичността на сигналите за изследване на режимите на работа при плазмено напластяване и повърхностното модифициране с индиректен плазмотрон, което дава възможност за точна обработка и интерпретация на измерваните величини. Направена е декомпозиция на вложената електрическа енергия като при това е определен характерът на изменение на входното напрежение и тока, както и тяхното влияние върху мощността на електрическата дъга на индиректния плазмотрон. Установена е и корелация между спектъра на измерваните сигнали и периодичността на процесите в плазмотрона и експериментално е определено влиянието на параметрите на режимите на плазмено напластяване и газово азотиране с индиректен плазмотрон върху структурата и свойствата на обработваните материали от титан и титанови сплави. Също така е установено експериментално, че нанесени антибактериални покрития от злато върху денталните импланти предпазват тънкостенните участъци на вътрешнокостната им част и предотвратяват евентуални нарушения на целостта на обкръжаващата импланта кост, като по този начин оказват положителен ефект върху процеса на остеоинтеграция.

Приложните приноси на дисертационния труд са свързани главно със създаването на нов дизайн на дентални импланти от титанови сплави и разработването на технология за нанасяне на антибактериално златно покритие върху тях.

7. Публикации по дисертационния труд и личен принос на автора

Представени са 13 публикации на автора по темата, които отговарят на количествените изисквания на Правилника. Пет от статиите са публикувани в материали на международни конгреси или конференции, 3 статии – в списание „Механика на машините“, 3 статии, едната от които обзорна – в списание „Машиностроителна техника и технологии“, 1 статия – в списание „TEM Journal“

и 1 статия – в списание на Съюза на учените – Варна. Нямам информация за това дали публикуваните трудове са цитирани от други автори.

От представените в дисертационния труд публикации авторът е единствен в 8 от тях, както и първи автор в една от останалите статии, което ми дава основание да считам, че дисертационният труд и приносите във висока степен представляват негово лично дело.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд

Резултатите от дисертационния труд са използвани в *in-vivo* предклинични изследвания с поставяне на дентални импланти на опитни кучета, където чрез хистологични изследвания е регистрирана сравнително успешна остеоинтеграция на имплантите в обкръжаващата костна тъкан след нанасяне на специалните покрития.

9. Препоръки за бъдещо използване на приносите на дисертационния труд

Методиките и аналитичните модели в дисертационния труд за комплексна оценка на влиянието на основните технологични фактори върху процесите при повърхностно плазмено обработване могат да бъдат използвани с голям успех при разработване на следващо поколение апаратура и технологии за плазмено напластяване и повърхностно азотиране на титан и титанови сплави.

Наред с това, разработеният подход за дизайн и компютърни симулации на механичното поведение на комплекса зъбен имплант–челюст при различни динамични натоварвания може да намери приложение при интегриране на процедурите по конструиране и изработката на импланта с нанасяне на подходящото покритие в един общ комплекс за производство на индивидуални дентални импланти, съобразени с конкретните особености на отделния пациент. Установеният антибактериален ефект на нанесените покрития от злато може да има изключителен потенциал в областта на денталната имплантология при решаването на проблема с инфекциите в устната кухина.

10. Автореферат

Оформлението на автореферата с обем от 96 страници е съобразено с изискванията на приетия в ТУ–Варна Правилник и отразява коректно както целите и методологията, така и изводите и научните приноси на дисертационния труд.

11. Критични бележки

В глава 7 на дисертационния труд, посветена на изследване на дизайна на дентални импланти от титанови сплави и създаването на нов дизайн на имплант с антибактериално златно покритие като новост в областта на денталната медицина, би могла да се даде по–подробна информация за възможните начини за получаване на покритието от злато в реални образци.

Номерирането на фигурите в автореферата, което понастоящем е идентично с това в дисертационния труд, би могло да се направи в хронологичен ред.

Направените забележки не засягат по никакъв начин съществуващото на дисертационния труд и не омаловажават извършената работа.

12. Други въпроси, по които рецензентът счита, че следва да вземе отношение

Формулираните в дисертационния труд изводи и получените резултатите са на високо научно и научно–приложно ниво и представляват интерес за широк кръг специалисти не само в областта на денталната имплантология, но и в медицината въобще, като се има в предвид нарастващото през последните десетилетия приложение на материалите от титан и неговите сплави с алуминий, ванадий и ниобий за изработване на ендопротези, импланти за фиксиране на костни фрактури и други медицински изделия, които се имплантират в човешкото тяло. Дисертационния труд открива потенциални възможности и при работата на изследователи и специалисти, прилагащи иновативни технологии за създаване на нови материали и функционални компоненти от тях в рамките на европейски научни програми.

13. Заключение

Представеният за рецензиране дисертационен труд представлява завършено комплексно изследване и моделиране на процесите и технологичните параметри при повърхностно обработване на материали за дентални импланти от титан и титанови сплави чрез плазмено напластяване и плазмено газово азотиране с индиректен плазмотрон. Инженерингът, изследванията, проведените задълбочени анализи и направените обосновани изводи, заедно със създадения нов дизайн на дентални импланти, са полезни както за теорията, така и за практиката. Резултатите от прилагането на постиженията имат важно значение за постигане на по–ефективна остеоинтеграция на дентални импланти от титанови сплави.

Дисертационният труд отговаря на всички изисквания и условия на Закона за развитие на академичния състав в Република България, на Правилника за неговото прилагане, както и на приетия в ТУ–Варна Правилник и утвърдените в тях критерии за получаване на научната степен “Доктор на науките”.

Това ми дава пълно основание без никакво съмнение да препоръчам на уважаемото Научно жури да присъди на проф. д-р инж. Росен Василев научната степен „Доктор на науките“ в професионално направление 5.1. „Машинно инженерство“, научна специалност „Технология на машиностроителните материали“.

Рецензент:

Проф. д-р Бойко Георгиев

18.06.2017 год.