

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на научната степен "доктор на науките" в област на висше образование – 5. Технически науки;
професионално направление – 5.6 Материали и материалознание;
научна специалност – „Материалознание и технология на машиностроителните материали“

Автор: доц. д-р инж. Цанка Димитрова Дикова

Тема: Свойства на послойно изградени дентални материали

Рецензент: проф. д-р инж. Стойко Атанасов Гюров, Институт по металознание, съоръжения и технологии с център по Хидро- и аеродинамика „Акад. Ангел Балевски“ БАН

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Технологията за послойно изграждане на дентални конструкции с 3D печат е ключът към стоматологията на бъдещето. Възможността по лесен начин да се получат персонализирани дентални обекти като инструменти, протези, зъбни импланти и др. на приемлива цена са алтернатива на класическите технологии. Много бързо се развива и биопринтирането т.е. създаването на 3D тъканни структури. Вече е възможно специалистите от стоматологичния сектор сами да направят орално сканиране и CAD дизайн. След това те могат да печатат 3D материали със свой собствен 3D настолен принтер или да се ползват от онлайн услуга за 3D печат. Стоматологичните фирми напредват и разработват нови технологии и инструменти като 3D принтери и 3D скенери, предназначени за стоматологична дейност. Зъботехническите лаборатории все повече я използват за разработване на нови работни методи и за създаване на много устройства като 3D печатни скоби за по-бързо подравняване на зъбите, ортодонтски уреди или 3D печатни импланти и зъбни коронки. Може със сигурност да се твърди, че 3D печатането има потенциала да революционизира производството на дентални конструкции.

Характерна черта на технологиите за послойно изграждане на материални обекти е, че свойствата на изградения обект зависят не само от свойствата на материала, но и от спецификата на технологичния процес. Съчетаването на голям брой материали за 3D печатането и наличието на много принципно различни технологии, всяка използваща определен материал, внасят известни ограничения в използването на метода. За преодоляването на тези ограничения са нужни липсващи до момента данни за качеството на дентални конструкции, получени с различни методи и материали. Това изисква

провеждане на задълбочени и пространни изследвания на геометричните характеристики, и на физичните и механични свойства на дентални конструкции, създадени с различни 3D технологии и материали. Дисертационният труд представлява едно такова завършено изследване, включващо теория, експеримент и технология в най-модерното направление на изработване на дентални конструкции - 3D печатането.

2. Обзор на цитираната литература

Библиографията обхваща 359 литературни източника, 19 на български, един на руски и 339 на английски. Двадесет и четири от цитираните източници са с автор или съавтор доц. д-р инж. Дикова. Тематично цитираната литература е свързана с дисертационния труд и включва публикации третиращи: развитието на денталната медицина - използвани технологии и материали; появата и развитието на метода на послойно изграждане на материални обекти - 3D печат; приложение на 3D печат в денталната медицина; използвани материали и технологии за послойно изграждане на обекти в денталната медицина; особеностите при прилагане на 3D печат в стоматологията; качеството на повърхността на изградените обекти; точността на изгражданите дентални конструкции; физико-механичните характеристики на послойно изградени дентални конструкции; химичния състав, микроструктурата и плътността на послойно изградени дентални конструкции; якостта на опън и якостта на адхезия на покрития към дентални сплави, както и проблеми, свързани с математическо моделиране и компютърни симулации. Преобладаващата част от литературните източници са от последното десетилетие, което показва познаване на най-модерните тенденции в разглежданата тематика. Това позволява на автора не само прецизно да определи целта и задачите на дисертационния труд, но и да сравнява, и оценява резултатите от собствените си изследвания с резултати на водещите изследователи в областта на денталните материали и технологии.

3. Методика на изследване

Дисертационният труд е с обем от 260 страници, онагледен е с 23 таблици и 162 фигури. Качеството на фигурите и таблиците е отлично, текста под фигурите е ясен и напълно информативен.

Материала е изложен в логическа последователност:

- Литературен обзор - съвременно състояние на проблема;
- Методика на изследване;
- Резултати и анализ;
- Изводи към всяка глава;
- Общи изводи;
- Приноси.

За изследванията са подготвени три вида пробни тела, формата и размерите, на които са напълно подходящи за планираните експерименти. Без резерви приемам обосновката на автора за подбора им.

Използвани са четири вида технологии за послойно изграждане на дентални конструкции и два вида материали: 1) различни видове пластмаси; и 2) дентални сплави Co-Cr и Ni-Cr. За сравнение са получени пробни тела и чрез традиционно леене на две дентални сплави Co-Cr и една Ni-Cr с близък състав. Подбраните материали са с предназначение и приложение в денталната медицина и подходящи за използваните технология и апаратура.

На получените пробни тела са изследвани:

1. Грапавост и точност

- Грапавостта на послойно изработените дентални материали е изследвана чрез измерване на средното аритметично отклонение R_a с профиломер.
- Точността на напасване е изследвана по два начина – с помощта на широко-използвания силиконов тест и **нова, специално разработена от автора методика**, при която се работи с инженерен CAD софтуер.

2. Плътност, микроструктура и химически състав

- Плътността на пробните тела, изработени от Co-Cr сплави е определена 1) по метода на водоизместимост; и 2) изчислена чрез количественото съотношение плътна структура/пори с помощта на CAD софтуер.
- Микроструктурата и химичния състав на Co-Cr дентални сплави са изследвани с помощта на оптическа и електронна микроскопия.

3. Твърдост

- Твърдостта е измерена по методите на микро-Викерс и Роквел и е направен анализ чрез модела на Вейбул.

4. Якост на опън и якост на адхезия на покрития към дентални сплави

- Проведено е комбинирано изследване на якостите на опън и адхезия на покрития от порцелан и композит към дентални сплави чрез експерименти, регресионен анализ и числено моделиране с метода на крайните елементи.

5. Якост на огъване

- Якостта на огъване е определена по **разработена от автора методика**, включваща експеримент и симулация с CAD софтуер на четиричленни мостови конструкции, произведени чрез конвенционално леене, леене с 3D принтирани модели и изборително лазерно стопяване.

6. Трибо-корозия

- Трибологичните свойства на Co-Cr дентални сплави, произведени чрез леене и изборително лазерно стопяване са определени чрез трибометър от типа „сачма-върху-диск“, снабден с апарат за трибокорозия.

Дисертантът успешно използва съвкупност от експериментални и аналитични методи, числено моделиране и симулационен анализ, подбрани така, че да осигурят решаването на поставените в дисертацията задачи. Те съответстват на съвременното равнище на науката и техниката, осигуряват точност, повторемост на данните от изследването и достоверност на получените резултати.

4. Приноси на дисертационния труд

Приемам напълно справката за научните приноси в дисертацията и ги определям като научни и научно-приложни с оригинален и потвърдителен характер.

Научни приноси

- За първи път е предложено теоретично обяснение, доказано с експеримент, за решаващо влияние на оптичните свойства на денталните пластмаси върху точността на конструкциите, изградени чрез стереолитография.
- Разработен е усъвършенстван критерий за оценка характера на разрушаване на покритие от порцелан към дентални сплави.

- Предложен и доказан е механизъм на разрушаване на покрития от порцелан и композит върху дентални сплави.
- Разработени са нова методика и прибор за изследване якост на огъване на дентални сплави, в която се използват най-натоварените четиричленни мостови конструкции от 1-ви премолар до 2-ри молар и се осигурява приложение на усилие, максимално близко до действителното.
- Разработен е нов безразрушителен in-vitro метод за оценка точността на напасване на дентални конструкции от рода на инлеи, онлеи, корони и мостове.

Приноси с научно-приложен характер

- Получени са оригинални данни за грапавостта на денталните конструкции от пластмаси, изработени чрез стереолитография и изяснено влиянието на дебелината на изграждащия слой, разположението на детайла спрямо направлението на печат, формирането на повърхнините в началото или края на процеса и оптичните свойства на използваните мономери.
- Получени са оригинални данни за якостните характеристики на CoCr дентални сплави, произведени чрез леене и избирателно лазерно стопяване и са обяснени различните им механизми на разрушаване.
- За първи път е направено експериментално изследване и доказана възможността за определяне якостта на адхезия на покрития от порцелан и композит към дентални сплави чрез изпитания на опън.
- Получени са оригинални данни за якостта на огъване на най-натоварените четиричленни мостови конструкции от 1-ви премолар до 2-ри молар от Co-Cr дентални сплави, отлети с послойно изградени модели и изработени чрез избирателно лазерно стопяване.
- За първи път е направено изследване на трибо-корозия в изкуствена слюнка (Fusayama-Meyer) на Co-Cr сплав Co212-f, изработена чрез избирателно лазерно стопяване. Получени са оригинални данни за типа на износване на повърхностите и е обяснено влиянието на микроструктурата, твърдостта и оксидният слой върху степента на корозия и износване.

- Потвърдени са по-високите механични свойства - твърдост (356 HV0.1 - 407 HV0.1) и граница на провлачване (720 МПа) на лазерно изградена сплав Co212-f в сравнение със сплав Biosil-F, изработена чрез леене (326 HV0.1 – 343 HV0.1 и 410 МПа съответно).
- Установено е, че твърдостта на двете сплави - лазерно изградената Co212-f и отлятата Biosil-F се променя по различен начин след изпичане на двустранно покритие от порцелан върху тях и обяснено влиянието на термичния режим върху микроструктурата, респективно твърдостта им след изпичане.
- За първи път чрез многокритериална оптимизация са установени режими на 3D печат на леярски модели, осигуряващи по-висока якост на адхезия на покритие от порцелан към отлята дентална сплав.
- За първи път са предложени корекционни коефициенти и алгоритми за проектиране на виртуални модели, които да гарантират висока точност на временни и постоянни неснемаеми протезни конструкции при производство чрез технологии за послойно изграждане.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд и авторство на получените резултати

Резултатите, получени в дисертационния труд са популяризирани чрез една глава от книга и двадесет и три публикации.

Доц. Дикова е самостоятелен автор на главата от книга, две публикации в реферирани списания и два доклада на конференции. В девет публикации в реферирани списания и в три публикации в нереферирани списания дисертантът е първи автор. В останалите публикации (без една) дисертантът е втори автор. Това ми позволява да заключа, че във всички тези работи дисертантът има водещ принос, т.е. формулирането на изследвания проблем, подбора на методите за изследване, планирането и провеждането на съответните експерименти, анализа на данните и публикуването на резултатите са заслуга на дисертанта.

Във всяка една от публикациите по дисертационния труд се анализират различни аспекти от разработваната тема. Няма разлика между методиката на изследванията, анализа и изводите в дисертацията и в представените научни статии. Убеден съм, че

личния принос на дисертанта е извън всякакво съмнение, а дисертационният труд е самостоятелен, творчески продукт, реализиран от дисертанта.

Цитиранията на публикациите, свързани с дисертационния труд са 22. От тях 12 в издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация.

6. Автореферат и авторска справка

Автореферата на дисертационния труд е 92 страници, отговаря на общоприетите изисквания със забележка, че не е нужно да е с такъв обем. Като съдържание и структура той съответства на дисертационния труд, съдържа методиката на изследване, основните положения, изводите, приносите и списък с публикациите на автора по темата. Заключението, с което завършва автореферата дава достатъчна представа за дисертационния труд.

Приносите са дефинирани ясно, отговарят на постигнатото и отразяват адекватно и точно решението на поставената цел и задачите в дисертационния труд.

7. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Като цяло нямам съществени критични бележки към дисертационния труд нито съм забелязал недопустими пропуски, но:

В дисертацията се използва термина „образец“. Според Речник на българския език образец е “Показателно или пробно изделие; вид, мостра“. Правилният термин в случая е „пробно тяло“. Например БДС EN ISO 377:2018 „Стомана и продукти от стомана. Местоположение и подготовка на проби и пробни тела за механично изпитване (ISO 377:2017)“. Видно е, че се изпитват „пробни тела“, а не „образци“.

Общите изводи са излишни те до известна степен повтарят приносите.

8. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание да **предложа на уважаваното научно жури да присъди** научната степен „доктор на науките“ на доц. д-р инж. Цанка Димитрова Дикова в област на висше образование **5. Технически науки; професионално направление – 5.6 Материали и**

материалознание; научна специалност „Материалознание и технология на машиностроителните материали“.

04.06.2019 г.

Подпис: /п/

/проф. д-р инж. Стойко Атанасов Гюров/