

## Рецензия

от

**Проф. д-р СТЕФАН ИВАНОВ СИРОМАШКИ, ДМ**

относно дисертацията за присъждане на образователна и научна степен, „Доктор“ на д-р, Преслав Пламенов Пенчев научна специалност -03.03.03., на тема:

### **ЛЕТИ МЕТАЛНИ КОНСТРУКЦИИ ПО 3D ПРИНТИРАНИ ПРОТОТИПИ ЧРЕЗ ЛАЗЕРЕН СТЕРЕОЛИТОГРАФСКИ ПРИНТЕР**

**Научна специалност:** Ортопедична стоматология

**Научен ръководител:** Доц д-р Стоян Георгиев Кацаров, д.м Варна - Представени са всички необходими административни документи съгласно правилника за присъждане на образователна и научна степен (д м), Рецензията е изготвена съгласно изискванията на Закона за развитието на Академичния състав на Република България и Правилника за развитие на Академичния състав на Медицински университет – гр. Варна

#### **Биографични данни и кариерно развитие;**

Д-р Преслав Пламенов Пенчев е роден 30 04 1991 г. в гр. Русе.

От 1998 г.- 2005 основно в СОУ „ Възраждане „ – Русе. Завършва средното си образование през 2005-2010 в математическа гимназия „Баба Тонка „ гр. Русе, специалност – информатика

През 2016 г. завършва МУ проф. д-р Парашкев Стоянов Варна със специалност Стоматология. От 2016 г. до сега след издържан конкурсен изпит започва работа като асистент в катедра Протетична дентална медицина, ФДМ, МУ- Варна. Ръководи упражнения по пропедевтика на протетичната дентална медицина и клиника на Протетична дентална медицина. Разработва дисертационен труд пред защита.

на тема: „**ЛЕТИ МЕТАЛНИ КОНСТРУКЦИИ ПО 3D ПРИНТИРАНИ ПРОТОТИПИ ЧРЕЗ**

**ЛАЗЕРЕН СТЕРЕОЛИТОГРАФСКИ ПРИНТЕР**“  
Майчин език Български – високо ниво, английски и руски . средно ниво. Има 4 публикации от тях 2 в чужбина и 2 у нас.

#### **Конструкция на дисертационния труд**

Дисертационният труд е написан на 160 стр, с приложението. Онагледен е с 78 фигури и 34 броя таблици. Цитирани автори-180, на кирилица-20 и на латиница 160.

Съдържание	1 стр.
Списък на използваните съкращения	1 стр.
Увод	3 стр.
Първа глава	
Литературен обзор	36 стр.
Втора глава -- Цел и задачи. ....	2стр.
Трета глава ---- Материал и методика“ по задача-1- 2стр. по задача -2 -6 стр.	
	по задача 3 –7 стр. по задача 4—11стр.
Четвърта глава	
Сравнителен анализ на физичните промени по време на термо бработка-	8 стр.
Сравнителен анализ на наличния пепелен остатък след термо обработка-	2 стр.
Обсъждане на получените резултати.....	2 стр.
Изводи по задача 1.....	2 стр.
Пета глава	
1. Сравнителен анализ на точността на принтиране на пробните тела в зависимост от посоката им на ориентация, при два вида смоли.....	4 стр.
2. . Оценка на влиянието на структурата върху точността на тела от Castable Resin® и Castable Wax®.....	4 стр
3. . Оценка на влиянието на пост полимеризационния процес върху точността на обектите от Castable Resin®.....	3 стр.
4. Обсъждане на получените резултати.....	3 стр.

2	
5.Изводи по задача -2.....	1 стр..

## ШЕСТА ГЛАВА

1. . Изследване на влиянието на различните по структура опитни тела при подготовката на отливната муфа за лееене, изработена от Sherafina® Rapid и конвенционален режим на подгряване.....	6 стр.
2. . Изследване на влиянието на различните по структура опитни тела при подготовката на отливната муфа за лееене, изработена от WiroFine® и конвенционален режим на подгряване.....	4 стр.
3. Изследване на влиянието на различните по структура опитни тела при подготовката на отливната муфа за лееене, изработена от WiroFine® и режим на шоково подгряване.....	3 стр.
6. Обсъждане на получените резултати.....	3 стр.
7.Изводи по задача 3 .....	1 стр.

## СЕДМА ГЛАВА

1. Оптимизиране на условията за лееене чрез дигитално проектиране и 3D принтиране на обектите, заедно и монолитно с индивидуализирана отливна система.....	1 стр.
2. Подобряване на условията за лееене чрез дигитално проектиране и 3D принтиране на обектите, заедно и монолитно с индивидуализирана леякова система, 2-а отливен пръстен и отливен конус -.....	1стр
3.Обсъждане на получените резултати.....	2 стр.
4.Изводи по задача 4.....	1 стр.
Изводи и заключение .....	3 стр.
Приноси;	
С научно-приложен характер и с потвърдителен характер .....	1стр. .
С оригинален характер.....	1 стр.
Публикации.....	1 стр.
Библиография.....	15 стр.
Приложение .....	18 стр.

### Кратък исторически преглед

През 80-те години на XX век компютърната технология бележи огромен напредък, с което се създадоха предпоставки за приложението и в денталната медицина. Зъботехническата работа се дигитализира по-бързо, отколкото се очакваше. CAD/CAM технологията решава много предизвикателства, позволявайки на лабораториите да бъдат по-производителни, да предлагат все по-голяма прецизност, по-голямо разнообразие от продукти и да бъдат внедрявани повече и все по-разнообразни материали. Компютърното проектиране е въведено в денталната медицина от Francois Duret.

През 1980 г. Dr. Werner Mormann и Marco Brandestini въвеждат компютърно-машинното конструиране и изработка на дентални протези, чиито дизайн и възможности се усъвършенстват с всяка изминала година. Тази обработка е известна като CAD/CAM (Computer Aided Design - Computer Aided Manufacturing). Това са две процеса; Събиране на информация, Обработване на информацията,Изработване на детайла.Тази технологията е широко застъпена в ежедневнозата зъботехническа дейност.При тази технология безвъзвратните загуби са над 50%.Поради това се търсят и създават нови технологии.

Ново направление в денталната медицина е технологията на послойно изграждане на протезни конструкции. През 1986 г.Hill ,C.W.разработва и патентова процеса на стериолитографията –първата технология за 3D печат (169 г. създава триизмерен обект чрез метода на послойното зграждане.Създава апарат за направата на обекти от фотополимеризиращи материали,като тънки слоеве се напластяват един върху друг.Използваните материали за тази технология са фотополимеризиращи композити на основата на полиметилметакрилат (ПММА) и различни смоли. Като източник на светлина може да се използва лазерен лъч, или друг вид светлинен източник (SLA). Най-широко използвани са; селективна лазерна полимеризация(SLP,Lazer-

SLA,цифрова светлинна проекция(DLP\_SLA) – MSLA- ( MASKRD\_SLA).По отношение на (SLA). са известни два различни метода;права стероолитография (Right-Side SLA) , а другия – обърната стероолитография (Upside-Down SLA) По време на процеса на стереолитография концентриран лъч UV светлина се фокусира върху повърхността на резервоар, върху повърхността на течността.При някой разновидности на този процес се работи с течен полимер ,като всяки слой се облъчва и полимеризира под действието на . светлинния лъч. Във всеки определен етап от време един слой от мономера полимеризира или се омрежва. Детайлът се изгражда слой по слой, докато се получи цялостен обект,( 75,154,159,170,171)

Точността, с която се характеризира стереолитографската технология е от порядъка на 50 µm. до 250 µm., като по този начин се осигурява сравнително гладка повърхност на изградения обект. Заедно с това е разработено голямо разнообразие от материали за работа с апаратите, в които е заложена тази технология. Не на последно място трябва да се отбележи, че апаратите, в които е заложена тази технология са значително поевтини от повечето устройства, работещи на принципа на адитивната технология(75,171)

През 80-те години на миналия век, Стивън Скот Кръмп създава изграждане **адитивен метод за послойното чрез напластяване**(FusedDepositionModeling - FDM). Процесът се стои в екструдиране на нишков термопластичен материал.Технологията се състои от следната структура: първата дюза, от която се шприцова изграждащ материал, докато втора дюза, отделяща материал за подпорните структури, и изграждаща платформа, върху която се създава обекта. Дюзата се придвижва по осите **x** и **y**, а платформата по оста **z**, т. е. във вертикално направление, като всяка стъпка, с която се придвижва вертикално е равна на дебелината на един слой екструдиран материал. В процеса на изграждане всеки следващ слой прилепва към предходния. При изграждането на детайли по този метод се използват разнообразие от пластмаси – акрилонитрил бутадиен стирен (ABS), поликарбонати, поликапролактон, полифенил-сулфони, а също така и восъци.

В средата на 80-те години на миналия век от д-р Карл Декард и д-р Джо Бийман ,разработват нов метод за селективно лазерно стопяване и селективно лазерно синтероване.При селективно лазерно синтероване се говори, когато в процеса на изработка се разтопяват само повърхностните частици от градивния материал. При селективното лазерно стопяване се състои в пълно стапяне на целите градивни частички в процеса на принтиране. По този начин чрез селективно лазерно стопяване се създават детайлите.

#### **Технология базирана на мастилено-струен печат**

При технологията на мастилено-струен печат вместо мастило да се използват различни течности – различни адхезиви, водни разтвори на оцветители, суспензия от керамични частици Течният градивният материал след излизане от дюзите се превръща в твърдо състояние .В този технологичен процес се използва течна фотополимеризираща смола, която полимеризира под действие на ултравиолетова

светлина. Мастилено-струен апарат има следното устройство;резервоар за градивния материал, валак за разстилане на нов градивен материал върху слоевете , мастилено-струйна глава за доставка на адхезив по време на работа, върху платформа, която може да се придвижва надолу, респективно нагоре (по оста **z**).Платформата е разположена в работна камера, където се осъществява процесът на послойно изграждане на детайла.Процесът на 3D печат започва с повдигане на буталото от дъното на резервоара, избутва определено количество разпрашен градивен материал. Специален валак го избутва до работната камера, разстилайки го по повърхността на платформата. Мастиленоструйната глава се придвижва и селективно отделя течен адхезив,върху разпрашения материал, изграждайки един слой от произвеждания детайл. След това работната платформа се придвижва надолу изминавайки разстояние еквивалентно на дебелината на един слой на изградения обект. Буталото от резервоара отново се повдига нагоре, а валака доставя ново количество градивен материал, който се позиционира върху предходния слой.

В Кратък исторически преглед д-р Пенчев разглежда много подробно на съвременен научно ниво технологичния процес на леенето и съответните материалите ;

-Восъците използвани за целите на денталната медицина,

- Моделажни плтмаси използвани в денталната медицина

**-Огнеупорни опаковъчни маси;**

а)- гипсови, б) фосфатни ,които се размесват с вода,в) фосфатни ,които се размесват със специална течност,Г) етил-силикатни, д) магнезиево-циркониеви.

#### **Опаковъчни маси за отливане на;**

а) благородни сплави,б) коронки и мостове,в) моделно леене,  
г) фини, д) пресоване на керамика,е) огнеупорни пълчета ж) шприцоване на термопластични материали з)  
конвенционално подгряване ,и) скоростно (шоково) подгряване

- Изработване на леякова система
- Метали и сплави използвани в денталната медицина
- Леене-общи характеристики на процеса

### **Втора глава**

#### **Цел и задачи**

Цел: *Целта на настоящия труд е да се проучат възможностите за изработване на лети метални конструкции по 3D принтирани прототипи чрез лазерен стереолитографски принтер.*

За постигането на поставената цел трябва да се решат следните задачи:

#### **ЗАДАЧИ:**

1. Сравнителен анализ на физичните промени и наличния пепелен остатък при термична обработка на материали, използвани за фрезоване, CAD/CAM и полимери за селективна лазерна полимеризация, предназначени за заместване с дентални сплави.

1.	Сравнителен анализ на физичните промени по време на термична обработка на пробни тела, изработени от материали използвани за фрезоване, CAD/CAM и полимери за селективна лазерна полимеризация
----	--

1.	Сравнителен анализ на наличния пепелен остатък след термична обработка на обледваните пробни тела.
----	--

2. Сравнителен анализ на точността на материализиране на дигитални прототипи, изработени чрез 3D принтер, по технологията селективна лазерна полимеризация.

2.	Сравнителен анализ на точността на принтиране на пробни тела в зависимост от посоката им на ориентация, при два вида смоли за леене.
----	--

2.	Оценка на влиянието на структурата върху точността на тела от Castable Resin® и Castable Wax®.
----	--

2.	Оценка на влиянието на постполимеризационния процес върху точността на обектите от Castable Resin®
----	--

3. Изследване на влиянието на структурата на принтирани тела, изработени от Castable Resin® и Castable Wax®, при подготовката на отливната муфа за леене, при различни температурни режими и опаковъчни маси.

4. Подобряване на условията за леене посредством предварителна софтуерна оптимизация на прототипите преди тяхното принтиране.

4.	Оптимизиране на условията за леене чрез дигитално проектиране и 3D принтиране на обектите, заедно и монолитно с индивидуализирана отливна система.
----	--

4.	Подобряване на условията за леене чрез дигитално проектиране и 3D принтиране на обектите, заедно и монолитно с индивидуализирана леякова система, отливен пръстен и отливен конус
----	---

### **Трета глава**

#### **Материал и методика по задача-1**

Изработени са четири идентични пробни тела от следните материали: Pattern Resin LS™ (GC™), C-cast (KaVo Dental™), CAD/CAM wax (Yeti Dental™), Castable Resin® (FLCABL02, Formlabs™) в цилиндрична форма. Изработена е специална огнеупорна поставка с четири гнезда от следните опаковъчна маса

Sherafina® Rapid (SHERA) .Поставката с опитните тела се поставят в пещ при 25°C ,като температурата се покачва със стъпка от 9°C/мин., а на всеки 50°C се задържа за 10 мин.

#### Материал и методика по задача-2

Поведението на опитните образци е възможно да се влияят от: видът на смолата, ориентацията при принтирането, структурата им и тяхната обработка. За установяване влиянието на тези фактори се изработиха опитните образци във форма на куб и цилиндър с различни модификации; плътни без отвор, с един отвор и кухи. Опитните образци изработени от Castable Resin и Castable Wax.

#### Материал и методика по задача-3

На Castable Resin и Castable Wax е направен физичен и механичен анализ на техните качества. (параметри). Подложени са на постполимеризационен процес.

Изработени са отливни пръстени от розов восък Cavex Set Up Wax (Cavex) с размери 5мм да отстоят от всички от опитните образци . Преди опаковане опитните тела са фиксирани към отливния пръстен посредством восък, Телата са опаковани с един отливен щифт, като са използвани два вида опаковъчни маси:

WiroFines (BEGO), предложена от фирмата производител на смоли Formlabs и Sherafines –Rapid (SHERA) Двете огнеупорни маси са фосфатни. Опитните образци са опаковани с горепосочените опаковъчни маси и са подложени различни методи на загряване.;

-- Конвенционален режим на подгрява ; ; -- Режим на шоково подгряване При

конвенционален режим на подгряване , след 20 мин. след опаковането муфите се поставя в пещта при стайна температура 25°C. Температурният режим е;

-- при температури 350°C, 600°C и 980°C се задържат 30 мин. след това се покачва на горе до 1050°C и се задържа на тези стойности 60 мин.

При шоковия режим на подгряване 20 мин. след опаковането муфите се поста в пещта при температура 700°C , която се покачва около 9°C/ мин. до стойности на 1050°C

#### Материал и методика по задача-4

Ориентирането елементите на отливната система заема един най—важните моменти от дейността на зъботехника.;

-отливен щиф ; диаметър –2,5мм., поставяне на най—дългата част. най—дебелата част на/ протезната конструкция.

-смукателна глава ; размер- 1/3 от отливния обем , форма - сфера , разстояние -5мм

, от отливния обект. Горе описаните данни за по-голяма прецизност се използва измервателния инструмент на софтуера „Measuring tool. Готовата отливна система се центрира така , че смукателната глава да попадне в термалния център.

### **1. Сравнителен анализ на физичните промени по време на термична обработка на пробни тела, изработени от материали използвани за фрезозване, CAD/CAM и полимери за селективна лазерна полимеризация.**

Опитните тела са поставени в пещта при 25°C, след което температурата се покачва 9°C/мин до 100°C и се задържат за 10мин. При тази температура не установяват никакви видими промени.

-- При 150°C се наблюдава единствено на образеца от CAD/CAM Wax, чийто ръбове леко са заоблени.

-- При 200°C образеца на CAD/CAM Wax , започва да се топи. Детайлът, изработен от Pattern Resin LS, започва своето температурно разширение от основата , което е визуално доловимо. След 10 мин. задръжка на 200°C CAD/CAM Wax е напълно стопен, восъчната течност започва да кипи.

-- При 250°C CAD/CAM Wax продължава да кипи. Опитното тяло от Pattern Resin LS разширението има значителни размери. При Castable Resin®, първите белези на

термично разширение са вече видими. По свободната основа на цилиндъра се образуват тънки цепнатини. Прави впечатление, че те са успоредни на принтираните слоеве и. Що се касае до пробното тяло от C-cast® промени в неговата структура все още не са макроскопски доловими.

След 10 минутната задръжка на 250°C детайлът от Pattern Resin LS™ започва да се огъва около надлъжната си ос. При тялото от Castable Resin® се появяват нови цепнатини, а старите се задълбочават и разширяват.

--**При 300°C** количеството на **CAD/CAM Wax** ,воська в поставката значително намалява ,следствие на бавното изпарение. **Pattern Resin LS** е увеличил своя обем почти двойно.Тялото от **Castable Resin** започва да потъмнява вследствие на изгаряне на някой компоненти. **CAD/CAM Wax** започва да се овъглява постепенно.

-- **При 350°C** **Pattern Resin LS** започва плавно да се стопява. **Castable Resin** без промени.

**C-cast** показва пореста структура и леко редуцира обема си.

--**При 400°C** . **CAD/CAM Wax** продължава да се овъглява. **Pattern Resin LS** е напълно стопен и започва да кипи.

-- В интервал между 450°C -550°C се наблюдава процес на бурно горене на материалите.**При 550°C** образците **C-cast** и от **Pattern Resin LS** изгарят напълно без пепелен остатък.Докато **CAD/CAM Wax** и **Castable Resin** все още съществуват остатъци.

**При 600°C** **CAD/CAM Wax** и **Castable Resin** са изгорели почти изцяло,но остават пепел,докато образците **C-cas** и **Pattern Resin LS** изгарят напълно без остатък (пепел)

#### **Сравнителен анализ на наличния пепелен остатък след термична обработка**

След проведения опит се установява ,че **C-cast®** и **Pattern Resin LS®** изгарят

**напълно, без остатък, като на практика това се случва още при 600°C. Образците от CAD/CAM wax и Castable Resin® при 600°C генерират известно количество въглеродни остатъци, които намаляват с увеличаване на температурата до 1050°C, при което количество им вече е незначително.Теглото на пепелния остатък от CAD/CAM wax е по-малко от 0,001 гр. Образецът тежи около 5,5 гр., може да се заключи, че остатъкът след изгаряне е по-малък от 0,02%, което го определя като незначително.При **Castable Resin®** резултатът е по-малък от 0,001 гр.**

#### **Изводи по задача-1**

Образецът **CAD/CAM w.** е стопен на 200°C. и оставя малко количество пепелен остатък.

Образецът **Pattern Resin LS** се топи около 400°C и почти удвоява своя обем и изгаря без да оставя пепелен остатък при 600°C.

Образецът **C-cas** изгаря без да оставя пепелен остатък при 600°C.при минимално разширение.

Образецът **Castable Resin** ,при загряване на преминава в течно състояние-сублимира

#### **Пета задача**

**СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ТОЧНОСТТА НА МАТЕРИАЛИЗИРАНЕ НА ДИГИТАЛНИ ПРОТОТИПИ, ИЗРАБОТЕНИ ЧРЕЗ 3D ПРИНТЕР, ПО ТЕХНОЛОГИЯТА СЕЛЕКТИВНА ЛАЗЕРНА ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ.**

Получените данни са обработени с помощта на софтуер за анализ **IBM SPSS®, IBM™**

Получените резултати показват категорично влиянието на посоката на ориентиране на обектите по време на процеса на принтиране.Детайлите ,които са позиционирани с широка основа към площадката за принтиране,показват значителна деформация в размерите.Първият слой на обекта е изключително грацилен и лесно се деформира под действие на най-слабите механични въздействия. Да се избегне този проблем,необходимо е първите слоеве да са с възможно най-малка площ.При детайлите с линеен ъгъл към площадката се наблюдават по-големи отклонения.

#### **Изводи по задача-2**

Детайлите ,които са позиционирани с широка основа към площадката за принтиране показват значителни деформации в размерите.Първият принтерен слой трябва да е с минимална площ,което води до малки отклонения.Смолата **Castable Wax®** осигурява условия за получаване на по-точни детайли спрямо **Castable Resin** Двете смоли са подходящи за изработване на протезни конструкции поради показателя точност на принтиране.

- Материалът **Castable Resin®** има добри якостно-механични качества, дори и без да е

подложен на допълнителна полимеризация. С оглед на свиването,провеждането на допълнителен полимеризационен процес при **Castable Resin®** не е за предпочитане. Независимо че в резултат на софтуерната модификация до кухи обекти, телата променят

в известна степен своите механични качества, точността на принтиране не се повлиява.

#### **Шеста глава**

## **1. Изследване на влиянието на различните по структура опитни тела при подготовката на отливната муфа за леене, изработена от Sherafina® Rapid и конвенционален режим на подгряване.**

Преди да поставят отливните муфи в пещта и покачване на температурата са заснети  
регулярно с аналитична цел

-- При достигане на 150°C липсват пукнатини и съществени промени в муфите.

-- При температура 200°C се установяват първите фактури по повърхността на муфите в които са опаковани опитни тела от смола Castable Resin.

-- При температура 200°C и 300°C не се наблюдават нови промени

-- При температура 350°C се установява фактури и при останалите муфи.

След задръжка температура 350°C за 30 мин. вследствие на газовия напор се установява пукнатини и дори разрушаване на муфите с плътните и кухите тела.

-- При температура 450°C се установява втечняване на използваните смоли След

-- След температура 450°C до 600°C се наблюдава бурно горене пробните тела, забелязва се известно количество пепелен остатък.

-- При 980°C нови промени не се наблюдават.

При муфите в които са опаковани кухи детайли с отвор ,независимост от смолата не се установяват фрактури ,това е предпоставка за получаване на качествени отливки. Установява се ,че нито една муфа с опаковане на плътно тяло не запазва целостта си след изгаряне, При муфи с опаковани с кухи детайли с отвор поне в една от страните запазва целостта си без наличие на пукнатини.

## **2. Изследване на влиянието на различните по структура опитни тела при подготовката на отливната муфа за леене, изработена от WiroFine® и конвенционален режим на подгряване.**

Муфите са въведени в пещта при стайна температура (25°C), след което тя се покачва с 5°C/мин. до достигане на 250°C. При достигане на тази температура е регистрирана първата пукнатина по повърхността.. Муфите са въведени в пещта при стайна температура(25°C), след което тя се покачва с 5°C/мин. до достигане на 250°C. При достигане на тази температура е регистрирана първата пукнатина по повърхността.. След 30 мин. на тази температура се появяват фрактури по всички муфи опаковани плътни тела в тях. С покачване на температурата на 570°C се забелязва раздалчаване фрагментите на спуканите муфи и се отчита голямо количество отделени газове. При температура над 570°C се наблюдава процес на бурно горене. При температура 250°C се установява първата повърхностна пукнатина. След задръжане горене в резултат обемът на опакованите детайли силно намалява. При това изследване се установява ,че плътните тела запазват целостта на муфата ,ако са изработени от смола Castable Wax® то само в 10% до 30%.. При софтуерното модифицираните опитни тела до кухи обекти от в 80% до 100% опитните муфи запазват целостта си. Липсват фактури при муфи с опаковани кухи тела с отвор . Докато кухите детайли без отвор пукат своите опаковъчни муфи до 80% до

## **СЕДМА ГЛАВА**

### **1. Оптимизиране на условията за леене чрез дигитално проектиране**

**и 3D принтиране на обектите, заедно и монолитно с индивидуализирана отливна система.**

**След премахване на подпорните елементи протезния пакет се поставя към фабричния отливен конус. Качеството на леенето зависи от много бройни фактори. Софтуерът позволява точно измерване на всички параметри**

на отливната система особено дава възможност за точно определяне на централната термална зона на муфата, от което зависи качеството на отливката. Най-често използваният материал за изработване на отливна система е восъкът, който има свойството да се деформира при минимално натоварване и покачване на температура .

При 3D принтиране на отливна система изградена от 80% смола и само 20% восък се получават добри отливки. Положителните качества на восъците и смолите, заедно демонстрират подобри физико-механични качества в сравнение с восъчните композиции

При тяхното използване винаги се постига сигурен предвидим резултат .

### Изводи

1. При изработване на протезни конструкции за получаване на качествена отливка е необходимо модифициране и индивидуализиране на процесите на опаковане и термичен режим.
2. Редица материали използвани в процес на леенето остават известно количество пепел, които не влошава качеството на отливката.
3. Физичните промени и количеството пепелен остатък, който Resin. оставя след изгаряне е възможно да се използва в денталната медицина.
4. Castable Wax® осигурява условия за получаване по-точни детайли.
5. Castable Resin има добри якостно-механични качества, без да е подложен на допълнителна полимеризация.
6. Кухите обекти променят в известна степен механичните качества, но не и точността.
7. При големи по обем отливки да се използват композициите. Castable Wax и Castable Resin с софтуерна модификации до кухи детайли с отвор.
8. Изграждане на отливна система, отливния пръстен и конус като един монолитен детайл осигуряват сигурност на получените резултати.
9. Изработването на дигитална отливна система осигурява значителна устойчивост и неимоверна точност.

### Приноси

#### Приноси с оригинален характер

-- За първи път у нас се провежда задълбочено научно проучване за поведението на огнеупорните материали и восъци в условия на експлоатация

-- 1. За първи път у нас се предлага рецепта за подобрява качеството на моделажните восъци с прибавка на смоли с доказани качества

-- 2. Доказана е по-голяма точност на процеса на 3D принтиране при използване на смолата Castable Wax® в сравнение с Castable Resin®.

-- 3. Доказано е, че процесът на пост полимеризация на смолата Castable Resin®, не само, че не е задължителен, но и води до деформация на детайлите.

-- 4. Установена е ролята на тегловното количество на детайлите, изработени от Castable Wax® и Castable Resin®, върху напреженията, които възникват по стените на муфата в процеса на термично елиминиране и е предложена модификация, т.е. детайлите да се генерират софтуерно като кухи тела с отвор.

#### - Приноси с потвърдителен характер:

1. Установено е и, че материалът Castable Resin® е подходящ за изработване на протезни прототипи, по отношение на точност на детайлите и наличен пепелен остатък след изгаряне. Наред с това е и доказан успешен температурен режим и опаковъчна маса, с които да се прилага.

2. Доказано е, че при 3D принтиране на детайли от Castable Wax® и Castable Resin®, с принтер Form® 2, може да се получават изключително точни протезни прототипи. Регистрирани са отклонения от порядъка на 25,27 µm. за Castable Resin® и 13,87 µm. за Castable Wax®.

3. Доказана е ролята на посоката на 3D принтиране за точността на изработвания обект.

#### Приноси с приложен характер – с подчертан оригинален характер:

1. Създаден е метод за дигитално проектиране на отливна система по зададени размери на фабричен отливен пръстен и конус и 3D принтирането им като монолитен обект.

2. Създаден е метод за дигитално създаване на индивидуализиран отливен пръстен и конус по дигитално проектирана отливна система и 3D принтиране.

### Автореферат

Съдържанието и качеството на автореферата отговаря на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България

. Той представлява миниатюрно копие на дисертационния труд.

### Критични бележки

Независимо от безспорните качества на научната разработка на д-р Пенчев смятам за целесъобразно да направя някои критични бележки.

**1. Заглавието на дисертационния труд не е най-подходящо**



2.Липсва дискуссионния елемент със становищата на други автори.

3.Наименованията на опитните тела се срещат с различни имена.

С тези критични бележки немогат в никакъв случай да намалят качествата и научните достойнствата на дисертационния труд на д-р Пенчев.

### Заклучение

Дисертационният труд представлява оригинален принос в науката и отговаря на всички изисквания на закона за развитие на академичния състав в Република България.

Д-р Пенчев в дисертационния си труд разглежда един съвременен проблем в областта на Протетичната дентална медицина. Провеждат се задълбочени изследвания относно проблемите на денталното леене и е установено поведението отливните детайли при различни температурни състояния.Предлага рецепта за подобряване качеството на моделажните восъчни композиции. АДМИРИРА възможностите за изработване на лети метални конструкции чрез стереолитография по метода на селективна лазерна полимеризация. Направени са важни изводи и приноси за клиничната практика и теория

Д-р Пенчев притежава задълбочени теоретични знания и професионални умения по Протетична дентална медицина, като демонстрира високи умения за самостоятелно провеждане на научно изследване, което проличава в дисертационния труд.

Той създава свои методики в дисертационния труд, които неминуемо ще повишат качеството на денталните протезни конструкции.

Дисертационният труд съдържа научно–приложни резултати, които представляват оригинален принос в денталната практика и теория. Дисертационният труд е предимно лично дело на д-р Пенчев. Поради гореизложеното, убедено давам своята положителна оценка на проведените изследвания в дисертационния труд и на постигнатите научни резултати и

приноси в областта на денталната медицина.

Като член на почитаемото жури, аз ще гласувам убедено с „ДА“ ‘за присъждане на образователна и научна степен „ ДОКТОР“‘ на д-р Преслав Пламенов Пенчев

21..01.2021г.  
Пловдив

Проф. д-р Ст. Иванов-дм