

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОНТАКТНОТО НАТОВАРВАНЕ ВЪРХУ ДЕНТАЛЕН ИМПЛАНТ

Тихомир Довраманджиев, Христо Скулев

**Abstract:** The study presents a simulation of contact loading over the dental implant. The CAE modul Simulation of SolidWorks Premium system is used. The received results are at contact load 500N, 2000N and 3000N and the areas under greatest contact loading are graphically displayed.

**Key words:** Dental implants, Ti-6Al-4V, contact loading, SolidWorks Simulation.

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Последните години на XXI век все повече доказват значимата и ефективна роля на денталните импланти в областта на зъболечението. Те предпазват от костна резорбция, запазват целостта на лицевите структури и техният външен изглед. При използването на дентални импланти не се налага да се нарушава структурата на ограничаващите дефекта зъби, за да се възстановят липсващите. Получава се ефект на усещане за естествена част от организма.

Благодарение на своята изключителна биосъвместимост и уникални качества широко приложение в денталната имплантология намира титанът и неговите сплави. Чистият титан е познат като материал с добра съвместимост с човешкото тяло, както и със своята корозионна резистентност. С откриване принципа на остеоинтеграция, образуване на нова костна структура около импланта, се слага начало на използването му в ортопедичната хирургия, и в частност в денталната имплантология [1, 2]. Денталните имплантати се произвеждат в различни размери - дължина и диаметър. Това дава възможност след задълбочен клиничен анализ да бъдат избрани най-подходящите. От значение е и по какъв начин и технология е обработен повърхностно импланта [3, 4, 5]. Съвременен метод за получаване на информация и анализ на физични процеси приложени върху твърди тела е методът на крайните елементи, който се реализира в компютърна среда, чрез САЕ системи (Computer Aided Engineering). Един от водещите софтуери в това направление е

SolidWorks Premium с модула си Simulation. [6, 7, 8, 9, 10]

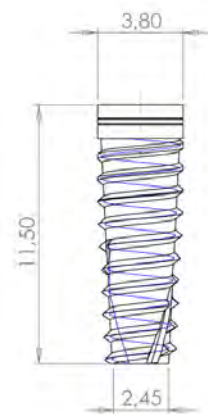
Целта на настоящото изследване е чрез компютърна симулация да бъде установено:

- нивото на напрежение, преместване и обтягане на дентален винтов имплант;
- зоните, подложени на най-голямо натоварване;
- ефективност на конструкцията.

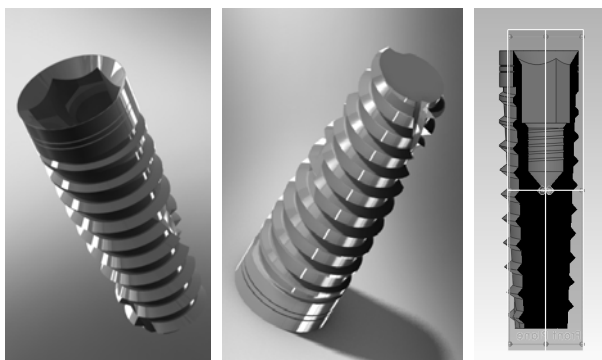
## 2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За настоящото изследване е използван модел на винтов имплант от набора на AlphaBio Tech, компютърно създаден в работна среда на SolidWorks 3D CAD system. Размерите на импланта са показани на фиг. 1, а дизайнът на денталния модел, изработен от Ti-6Al-4V е показан на Фиг.2.

За реализация на компютърната симулация е използван САЕ модулът Simulation от системата SolidWorks Premium, като е спазена нужната последователност при задаване на стойностите и параметрите.




Фиг. 1. Размери на изследвания модел



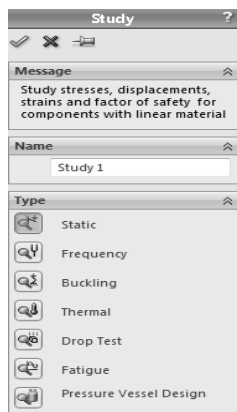
Фиг. 2. Дизайн на имплантния дентален модел, изработен от Ti-6Al-4V

### 3. ЕКСПЕРИМЕНТ

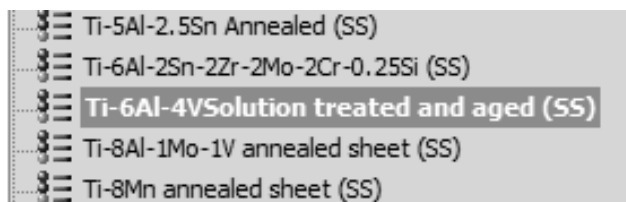
#### 3.1. Избор на натоварване и основен материал След стартиране на изследването чрез

командата “Study”  и избор на статично

натоварване “Static” фиг. 3, беше зададен основен материал Ti-6Al-4V, от който е изработен имплантът фиг. 4. На фиг. 5 са изведени характеристиките на материала, масата и обемът на модела.



Фиг. 3. Избор на симулация статично натоварване



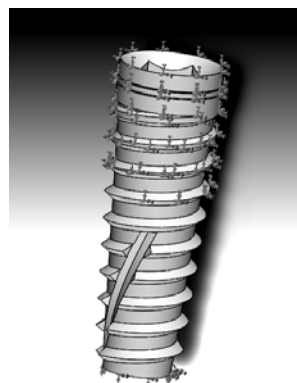
Фиг. 4. Избор на използвания материал на Ti6Al4V

No.	B	Материал	Маса	Обем
1	SolidBody 1(Chamfer1)	Ti-6Al-4V Solution treated and aged (SS)	0.000292862 kg	6.61271e-008 m <sup>3</sup>

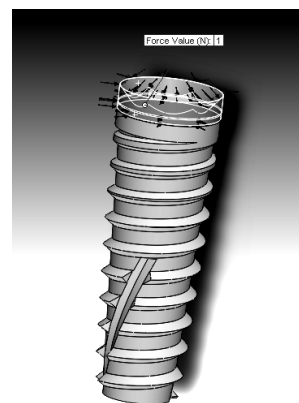
Фиг. 5. Материал, маса и обем на модела

#### 3.2. Задаване на закрепване и натоварване

Параметрите на закрепване и натоварване са визуализирани съответно на фиг. 6 и фиг. 7



Фиг. 6. Зоните на закрепване са очертани от зелени стрелкички, които също така играят ограничаваща роля на закрепване по посока на върховете си



Фиг. 7. За посока на натоварване бе посочена горната част на основата на импланта, където в реални условия се наблюдават условия за евентуални проблеми при остеоинтеграция или на по – късен етап

#### 3.3. Задаване на сила

За да може да се получи по точна представа за силата на натоварване и за това как реагира импланта се извършиха три различни опита, като за всеки един от тях се

## МАТЕРИАЛОЗНАНИЕ И ТЕРМИЧНА ОБРАБОТКА

приложиха три различни стойности на натоварване съответно 500N, 2000N и 3000N.

Преместване и обтягане се представят в табличен вид. Зоните подложени на натоварване се визуализират в цетова скала, която съответства на определени стойности фиг. 8.

### 4. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Резултатите от изследванията се обобщават подробно. Данните за напрежение,

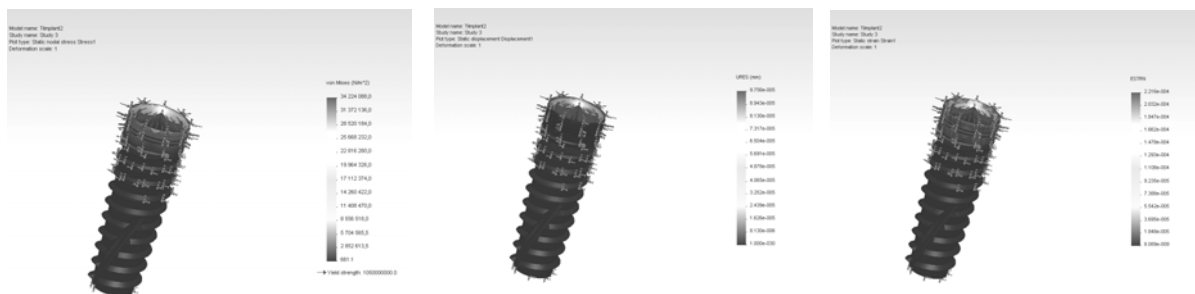
#### 4.1. Изследване – 1 (Натоварване: 500N)

#### Натоварване

Load name	Selection set	Loading type	Description
Force-1 <TiImplant2>	on 3 Face(s) apply normal force 500 N using uniform distribution	Sequential Loading	

#### Резултати от изследването

Name	Type	Min	Location	Max	Location
Напрежение	VON: von Mises Stress	661.143 N/m <sup>2</sup> Node: 1800	(-27.9791 mm, 5.20053 mm, 1.65359 mm)	3.42241e+007 N/m <sup>2</sup> Node: 1209	(-26.3907 mm, -1.5 mm, -0.95 mm)
Преместване	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 21	(-26.81 mm, 9.99728 mm, 0.259004 mm)	9.75571e-005 mm Node: 11680	(-26.5112 mm, -1.07763 mm, 0.0489068 mm)
Обтягане	ESTRN: Equivalent Strain	8.08936e-009 Element: 10405	(-27.8193 mm, 5.3046 mm, 1.66316 mm)	0.000221637 Element: 8885	(-29.8296 mm, -1.38398 mm, 0.0917503 mm)



Фиг. 8. Зоните, подложени на натоварване, визуализирани в цетова скала

4.2. Изследване – 2 (Натоварване: 2000N)

Натоварване

Load name	Selection set	Loading type	Description
Force-1 <TiImplant2>	on 3 Face(s) apply normal force 2000 N using uniform distribution	Sequential Loading	

Резултати от изследването

Name	Type	Min	Location	Max	Location
Напрежение	VON: von Mises Stress	2644.57 N/m <sup>2</sup> Node: 1800	(-27.9791 mm, 5.20053 mm, 1.65359 mm)	1.36896e+008 N/m <sup>2</sup> Node: 1209	(-26.3907 mm, -1.5 mm, -0.95 mm)
Преместване	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 21	(-26.81 mm, 9.99728 mm, 0.259004 mm)	0.000390229 mm Node: 11680	(-26.511 mm, -1.07738 mm, 0.0489105 mm)
Обтягане	ESTRN: Equivalent Strain	3.23574e-008 Element: 10405	(-27.8193 mm, 5.3046 mm, 1.66316 mm)	0.000886548 Element: 8885	(-29.8296 mm, -1.38389 mm, 0.0917538 mm)

4.3. Изследване – 3 (Натоварване: 3000N)

Натоварване

Load name	Selection set	Loading type	Description
Force-1 <TiImplant2>	on 3 Face(s) apply normal force 3000 N using uniform distribution	Sequential Loading	

Резултати от изследването

Name	Type	Min	Location	Max	Location
Напрежение	VON: von Mises Stress	3966.86 N/m <sup>2</sup> Node: 1800	(-27.9791 mm, 5.20054 mm, 1.65359 mm)	2.05345e+008 N/m <sup>2</sup> Node: 1209	(-26.3907 mm, -1.5 mm, -0.95 mm)
Преместване	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 21	(-26.81 mm, 9.99728 mm, 0.259004 mm)	0.000585343 mm Node: 11680	(-26.5109 mm, -1.07722 mm, 0.048913 mm)
Обтягане	ESTRN: Equivalent Strain	4.85362e-008 Element: 10405	(-27.8193 mm, 5.3046 mm, 1.66316 mm)	0.00132982 Element: 8885	(-29.8297 mm, -1.38384 mm, 0.0917562 mm)

Анализът на получените резултати от симулациите за контактно натоварване при 500N, 2000N и 3000N показва, че стойностите на модула на еластичност за използваната сплав Ti-6Al-4V са в по-ниски от допустимите. Различните стойности на приложените сили на натоварване не влияят деструктивно върху денталния имплант и запазват целостта на структурата му.

Резултатите и анализа на настоящото изследване ще послужат като база данни при конструирането на дентални импланти, осигуряващи успешното им и безопасно интегриране.

### 1. Изводи

Извършена е компютърна симулация на контактно натоварване върху дентален имплант.

- Графично са визуализирани зоните, подложени на най-голямо напрежение.
- Изведени са резултати, необходими за създаването на подобрен дизайн на денталния имплант.
- Направените симулации показват, че при приложените натоварвания (допустими от медицинска гледна точка), не настъпват структурни изменения в денталния имплант.

### Използвана литература:

- [1] Robustova T.G., Tooth implantation (surgical aspects): Guidelines for Practitioners. – М.: Medicina, ISBN 5-225-04712-2, Russia, 2003
- [2] Renata Pedrolli Renz, Alexandre Cunha1, Gleisse Wantowski, Eduardo Blando, Roberto Hübler, Osseointegration evaluation of treated surfaces of titanium implants applying tensile pull out test, Rev. Clín. Pesq. Odontol. set/dez;3(3):149-157, Brazil, 2007
- [3] Asbjørn Jokstad, Oslo, Norway, Urs Braegger, Bern, Switzerland, John B. Brunski, Troy, USA, Alan B. Carr, Rochester, USA, Ignace Naert, Leuven, Belgium, Ann Wennerberg, Gothenburg, Sweden, Quality of dental implants, International Dental Journal 53, USA, 2003
- [4] Carlos Nelson Elias, Titanium dental implant surfaces, Revista Matéria, v. 15, n. 2, pp. 140 – 144, 2010, Rio de Janeiro, Brasil, 2010

[5] Masatoshi Yamazoe, Study of corrosion of combinations of titanium/Ti-6Al-4V implants and dental alloys, Dental Materials Journal, Japan, 2010

[6] Chun-li Lin, Yu-chan Kuo, Ting-sheng Lin, Effects of dental implant length and bone quality on biomechanical responses in bone around implants: a 3-d non-linear finite element analysis, Department of Mechanical Engineering, Graduate Institute of Medical Mechatronic, Chang Gung University, Tao-yuan, Taiwan; Graduate Institute of Medical Mechatronic, Chang Gung University, Tao-yuan, Institute of Biomedical Engineering, National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan, 2005

[7] R. C. Van Staden, H. Guan, Y. C. Loo, Application of finite element method in dental implant research, Griffith University Gold Coast Campus, Australia, 2006

[8] Stig Hansson, Johanna Löberg, Ingela Mattisson, Elisabet Ahlberg, Characterisation of Titanium Dental Implants. II: Local Biomechanical Model, Astra Tech AB, SE-431 21 Mölndal, Sweden; Department of Chemistry, University of Gothenburg, SE-41296 Gothenburg, Sweden, 2010

[9] Алямовский А. А., SolidWorks/CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов, Издательство ДМК Москва, 2004

[10] Алямовский А. А., SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике, “БХВ – Петербург”, Россия, 2005

### За контакти:

Технически университет - Варна,  
ул. Студентска N1

доц., д-р инж. Христо Скулев,  
e-mail: skulev@tu-varna.bg

инж. Тихомир Доврамаджиев  
e-mail: tihomir\_ad@abv.bg