

**РЕЗЮМЕТА на ПУБЛИКАЦИИ,
свързани с дисертацията
за придобиване на НС: Доктор на науките“**

на доц. д-р инж. Цанка Димитрова Дикова

1. Самостоятелни публикации

1.1. Публикации в научни списания, индексирани в световни база данни – Thomson Reuters, Scopus, Google Scholar и др.

Глава от книга

1.1.1. Dikova T. Properties of Co-Cr Dental Alloys Fabricated Using Additive Technologies. In Biomaterials in Regenerative Medicine, Prof. Leszek A. Dobrzański (Ed.), 2018. InTech, DOI: 10.5772/intechopen.69718. Book ISBNs 978-9-53-513776-4, 978-9-53-513777-1

Резюме

Целта на настоящата работа е да направи обзор на свойствата на дентални сплави, произведени с помощта на технологии за послойно изграждане (ТПИ). Разгледани са микроструктурата и механичните свойства на Co-Cr сплави, както и точността и грапавостта на повърхността на денталните конструкции. В денталната медицина могат да се използват два различни подхода при производство на метални конструкции с помощта на ТПИ. Според първия, леярските модели се произвеждат чрез 3D печат от восък/пластмаса, а след това конструкциите се отливат от дентална сплав с така изработените модели. При втория металната конструкция се произвежда директно от 3D виртуален модел чрез изборително стопяване с електронен лъч (ИСЕЛ) или изборително стопяване с лазер (ИСЛ) от сплав във вид на прах. Микроструктурата и механичните свойства на Co-Cr дентални сплави, отлети с 3D принтирани модели, са характерни като за отлети сплави. Тяхната точност на размерите и на напасване на конструкциите е по-висока в сравнение с тези на конструкциите, произведени чрез традиционната технология на леене по стопяеми восъчни модели или ИСЛ. Грапавостта на повърхността е по-висока от тази на образците, отлети с конвенционална технология, но по-ниска в сравнение с детайлите, произведени чрез ИСЛ. Микроструктурата на лазерно изградените Co-Cr дентални сплави е финозърнеста и по-хомогенна в сравнение с тази на отливките, което определя тяхната по-висока твърдост и механични свойства, по-висока износо- и корозионна устойчивост.

Статии

1.1.2. Dikova T, Bending fracture of Co-Cr dental bridges, produced by additive technologies: experimental investigation. Procedia Structural Integrity, 2018 Dec; 13:461-468. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.12.077> ; ISSN 2452-3216

Резюме

Целта на тази статия е да се изследва разрушаването при огъване на Co-Cr дентални мостове, произведени чрез технологии за послойно изграждане (ТПИ). Три групи образци (четиричленни дентални мостове от 1-ви премолар до 2-ри молар) са изработени чрез конвенционално леене с ръчно изработени восъчни модели, леене с 3D принтирани модели и изборително лазерно стопяване (ИСЛ). Експериментът на огъване е проведен с помощта на машина Tira Test 2300 SE/50 kN и специално конструирано и изработено приспособление, осигуряващо натоварване, максимално близко до действителното по време на дъвкателния процес. Оценени са натоварванията до поява на пукнатина и разрушаване на образците. Ломовете са изследвани чрез оптична микроскопия. Установено е, че денталните мостове на ИСЛ от сплав CO212-f се разрушават при натоварване 9,255 kN, което е съизмеримо с това на поява на пукнатина при образците, отлети от сплав Biosil-F - 9,820 kN при конвенционално

леене и 10,171 kN при леене с 3D принтирани модели. Разрушаването на отлетите Co-Cr мостове се състои от три етапа - възникване на пукнатини в най-натоварения участък, нарастване на пукнатините и окончателно разрушаване, докато разрушаването на лазерно изградените образци става изведнъж и се дължи на мрежа от пукнатини в целия обем. Типът на разрушаване на Co-Cr мостове, произведени чрез ИСЛ и леене, е идентичен - пластичен, но начинът, по който става разрушаването, е различен поради тяхната структура. Характерната слоеста макроструктура, фината микроструктура с дендритна морфология, фазовият състав - наличието на ϵ -фаза и типичните дефекти на лазерно изградената Co-Cr сплав определят начина, по който настъпва на разрушаването по време на огъване.

1.1.3. *Dikova T, Production of high quality temporary crowns and bridges by stereolithography, Scripta Scientifica Medicinae Dentalis. 2019, под печат.*

Резюме

Целта на настоящата статия е да се установят особеностите за производство на висококачествени временни корони и мостове чрез стереолитография (СЛА) с цифрова проекция на светлина (ЦСП). Две групи образци - кубични (5 mm x 5 mm x 5 mm) и четиричленни дентални мостове (1-ва премолар до 2-та молар) бяха отпечатани с различна дебелина на слоя - 35 μ m и 50 μ m от пластмаса NextDent C + B с помощта на принтер RapidShape D30.

Установено е, че за ефективно производство на временни корони и мостове с висока точност на размерите и гладкост на повърхността е необходимо да се вземат предвид особеностите на процеса на 3D печат и да се направят корекции още на етапа на генериране на виртуалния модел. Трябва да се направят индивидуални корекции на размерите по отделните оси на виртуалния модел с корекционни коефициенти, които зависят от вида на конструкцията - корона или мост. За да се получи висока гладкост, конструкцията трябва да бъде позиционирана с вертикални оси на зъбите, успоредни на посоката на печат Z-ос. За намаляване на деформациите по време на 3D печат и окончателна фотополимеризация, броят на опорите трябва да бъде увеличен (≥ 4 на зъб).

Получените в настоящото изследване резултати могат да бъдат много полезни при разработването на подходящ дизайн на конструкциите и технологичен процес на 3D печат за повишаване качеството на временните реставрации.

1.2. Статии в научни списания и сборници от конференции

1.2.1. *Дикова Ц., Фактори, оказващи влияние върху качеството на Co-Cr дентални сплави, отлети с 3D принтирани модели. Foundry 2017;1(1):58-62; WEB ISSN 2535-0188; PRINT ISSN 2535-017X.*

Резюме

Целта на настоящата статия е да се изследват факторите, влияещи върху качеството на Co-Cr дентални сплави, отлети с помощта на 3D принтирани модели. Разгледани са три групи фактори: свойствата на материалите за 3D печат, особеностите на процесите на 3D печат и на леене. Тъй като при 3D печат на леярски модели се използват основно пластмаси, трябва да се избере подходящият материал, който изгаря без остатък и няма термично разширение. Основният недостатък на 3D принтираните модели за леене е тяхната по-висока грапавост, която зависи от вида на процеса на 3D печат, позицията на обектите спрямо посоката на печат и дебелината на слоевете. За да се получат отливки с гладки повърхности, е необходимо да се използват леярски модели, изработени чрез стереолитография с възможната минимална дебелина на слоя. Всеки тип 3D принтер използва специфичен вид пластмаса, поради което е необходимо огнеупорният материал за изработване на отливната форма да бъде избран в зависимост от вида на пластмасата. Термичният режим при нагряване на леярската форма се определя от вида на огнеупорния материал и сплавта, която ще се отлива. За да се получи отливка с високо качество, всички тези зависимости трябва стриктно да се спазват.

1.2.2. Дикова Ц., Изследване плътността на дентални мостови конструкции, изработени чрез избирателно стопяване с лазер. Сборник на МНК "Industry 4,0", 13-16.12.2017, Боровец, България, НТСМ. 2017 дек;1(1):149-152; ISSN (Print) - 2535-0153 ISSN (Online) - 2535-0161

Резюме

Настоящата статия се занимава с изследване плътността на четиричленни зъбни мостове, произведени от Co-Cr сплав чрез избирателно лазерно стопяване (ИСЛ). Използвани са два метода: измерване на плътността на образците чрез метод на водоизместимост и определяне на съотношението плътна структура/пори с помощта на CAD софтуер. Направен е сравнителен анализ с плътността на мостове, отлети конвенционално с восъчни и 3D принтирани модели. Установено е, че плътността на денталните мостове, измерена по метода на водоизместимост, е по-ниска от тази на сплавта и много близка за трите технологии - 7.86 g/cm^3 на конвенционално отлетите, 8.03 g/cm^3 на конструкциите, отлети с 3D принтирани модели, и 8.13 g/cm^3 за изработените с ИСЛ. Изследването на съотношението плътна структура/пори с CAD софтуер показва наличие на плътна структура 95.94% и 94.77% за мостовете, отлети с восъчни и 3D принтирани модели съответно. Докато този параметър за изработените с ИСЛ конструкции е 87.47%, а 12.53% от обема са пори. Резултатите от изследването с CAD софтуер се потвърдиха от наблюдението на микроструктурата, която е порьозна при мостовете, изработени с ИСЛ, и сравнително плътна при отлетите. Следователно, методът на водоизместимост за определяне на плътност не е подходящ при изследване на порьозни образци. За получаване на достоверни резултати е необходимо комбинирането му с други методики

2. Публикации в научни списания, индексирани в световни база данни – Thomson Reuters, Scopus, Google Scholar и др.

2.1. Дикова Т, Dzhendov D, Simov M, Katreva-Bozukova I, Angelova S, Pavlova D, Abadzhiev M, Tonchev T. *Modern trends in the development of the technologies for production of dental constructions. J of IMAB.* 2015 Oct-Dec;21(4):974-981. doi: <http://dx.doi.org/10.5272/jimab.2015214.974> ISSN: 1312 773X (Online).

Резюме

Целта на настоящата статия е да направи обзор на съвременните тенденции в развитието на технологиите за производство на дентални конструкции. Три са основните тенденции при производствените технологии в стоматологията през последните 30 години: дигитализация, симулация и внедряване на технологиите с добавяне на материал (ТДМ). Първо бе внедрена симулацията и поради развитието на компютрите претърпя бърз напредък от математическите изчисления и анализ до 3D моделирането и визуализацията. По този начин е разработен Computer Aided Engineering (CAE), което позволява дентални конструкции с оптимален дизайн да бъдат произведени чрез оптимални технологични режими.

Първите Computer Aided Design (CAD) – Computer Aided Manufacturing (CAM) системи са създадени през 70-те години на миналия век в резултат на дигитализацията. При техния режим на работа първо се генерира виртуален 3D модел от CAD модула, който след това се използва за производство на реалната конструкция от CAM частта. CAD-CAM системите позволяват изработването на дентални конструкции, които е трудно или невъзможно да бъдат произведени по конвенционални технологии. Разработването на CAD модула стартира от непрякото сканиране на гипсовия модел за получаване на данни за 3D модела до директното сканиране на протезното поле. Докато развитието на CAM модула води до директно производство на реалната стоматологична конструкция с използване на технологии с отнемане или с добавяне на материал. Бъдещото развитие на CAD-CAM системите като цяло се характеризира с преход от затворен тип системи към такива с отворен достъп, което ги прави по-гъвкави.

В края на 1980 г. се появява нов подход при производството на конструкции - чрез добавяне на материал слой по слой. Разработени са технологиите с добавяне на материал (ТДМ). Те се характеризират чрез изграждане на един слой от прах или течност с помощта на топене или полимеризация. Стереолитографията, изграждането чрез напластяване на материал (fused deposition modeling), избирателното стопяване с електронен лъч или лазер и мастиленоструйния печат са методите, използвани най-често в стоматологията. Благодарение на голямото разнообразие на производствените процеси чрез добавяне на материал, разнообразни материали могат да се използват за изработване на различни дентални конструкции за приложение в много области на стоматологията.

Симулацията, дигитализацията и внедряването на технологиите с добавяне на материал в денталната медицина доведоха до бързото развитие на технологиите за производство на дентални конструкции през последното десетилетие. В резултат на това много от ръчните операции бяха елиминирани, точността на конструкциите се повиши, а времето за производство и разходите намаляха.

2.2. Dikova Ts., Dzh. Dzhendov, M. Simov, *Microstructure and Hardness of Fixed Dental Prostheses Manufactured by Additive Technologies*, Journal of Achievements in Mechanical and Materials Engineering, 2015 Aug;71(2):60-69; ISSN: 1734-8412.

Резюме

Цел: Технологиите за изработване с добавяне на материал се характеризират с изграждането на слоеве от прах или течност, свързани с помощта на топене, синтероване или полимеризация. Методите, използвани предимно в денталната медицина, включват селективно лазерно синтероване, селективно лазерно топене и 3D печат. Целта на настоящата статия е да се изследват микроструктурата и твърдостта на неснемаеми протезни конструкции, произведени по три различни технологии.

Методология: Четиричленни дентални мостове са произведени от Co-Cr сплави чрез класическа технология на леене по стопяеми восъчни модели, леене с 3D принтирани восъчни модели и селективно лазерно стопяване (СЛС). Микроструктурата е изследвана чрез оптична микроскопия и SEM. Извършени са EDX и EPMA анализи и измервания на микро-твърдост по Викерс.

Резултати: Установено е, че микроструктурата на отлетите образци е плътна, нехомогенна, състояща се от големи зърна с дендритна морфология, докато микроструктурата на лазерно изградените мостове е порьозна. Наблюдават се пори, удължени по посока на разтопените слоеве. Изследванията на микро-твърдостта показаха най-висока средна твърдост на образците, произведени чрез СЛС (356HV-407HV), следвани от твърдостта на мостовете, отлети с 3D принтирани модели (327HV-343HV) и произведените чрез стандартния леярски процес (251HV-274HV). Измерванията по дълбочината на образците показаха почти равномерно разпределение на микро-твърдостта при мостовете, произведени чрез СЛС, и вариации на стойностите на микро-твърдостта по дълбочина на отлетите мостове поради нехомогенната им микроструктура.

Ограничения/последници от научните изследвания: Тъй като през последните години са разработени технологии за изработване с добавяне на материал на дентални конструкции от восък, пластмаси и метални сплави, необходими са допълнителни изследвания за разработване на по-прецизни технологични режими.

Оригиналност: Сравнението между микроструктурата и твърдостта на денталните протези, изработени чрез конвенционална технология на леене по стопяеми модели и СЛС, разкрива особеностите на конструкциите, произведени от новата технология.

2.3. Dikova T, Dzhendov D, Katreva I, Pavlova D, Simov M, Angelova S, Abadzhiev M, Tonchev T. Possibilities of 3D printer Rapidshape D30 for manufacturing of cubic samples. Scripta Scientifica Medicinae Dentalis. 2016;2(1):9-15; DOI: <http://dx.doi.org/10.14748/ssmd.v1i1.1565> ; ISSN 2367-7236 (Print) ISSN 2367-7244 (Online).

Резюме

Целта на настоящата статия е да се установят експериментално възможностите на 3D принтера Rapidshape D30 за производство на стандартни кубични образци от различни видове мономери и да се оцени тяхната геометрична точност и грапавост.

Стандартни кубични образци с размери 5 mm x 5 mm x 5 mm са изработени от всички материали, дадени от производителя, по два начина за ориентация спрямо основата - хоризонтално и наклонено при 45 °. Те са произведени с 3D принтер Rapidshape D30, работещ на принципа на стереолитографията с LED светлина.

Беше установено, че:

- Обраците, изработени от NextDent Surgical Guide, имат най-висока точност на размерите и най-нисък интервал на отклонение при двата начина на ориентация. Този полимер се характеризира с най-голямата дебелина на полимеризационния слой - 0,100 mm, но е прозрачен, като по този начин се осигурява пълна полимеризация по цялата дълбочина на слоя. NextDent C + B, предназначен за производство на временни корони и мостове, заема средно положение в сравнение с останалите 6 материала.

- Почти при всички материали повърхностната грапавост на кубичните образци с хоризонтално разположение е по-ниска от тази на наклонените (средна стойност Ra 0,46-2,69 μm и Ra 1,74-2,77 съответно).

- При 3D печат грапавостта на повърхността зависи от дебелината на полимеризационния слой и от наклона спрямо посоката на печат. Колкото по-дебел е полимеризационният слой и колкото по-голям е наклонът, толкова по-висока е грапавостта на повърхността.

2.4. Dikova Ts., Dzhendov D., Katreva I., Pavlova D. Accuracy of polymeric dental bridges manufactured by stereolithography. Archives of Materials Science and Engineering. 2016; 78(1):29-36; ISSN: 1897-2764.

Резюме

Целта на тази статия е да се изследва точността на дентални мостове, произведени чрез стереолитографски процес с цифровия светлинна проекция.

Проектиране/методология/подход: 3D принтер Rapidshape D30 е използван за производството на две групи проби - временни четири-членни мостове и леярски модели за постоянни мостове. Временните мостове са изработени от полимер NextDent C + B, а моделите за леене - от NextDent Cast. Образците са произведени с различна дебелина на слоя (0.035 mm и 0.050 mm). Геометричната точност и точността на напасване са изследвани чрез измерване на размерите на образците и силиконов тест, докато грапавостта на повърхността е изследвана чрез профилометър и оптична микроскопия.

Резултати: Установено е, че размерите на временните мостове и моделите за леене, отпечатани с дебелина на слоя 50 μm , са по-големи с 0.1-0.3 mm от тези на виртуалния 3D модел. Намаляването на дебелината на слоя до 35 μm води до 0.29% -1.10% по-малки размери на денталните мостове и моделите за леене в сравнение с тези на виртуалния 3D модел. Средното отклонение на грапавостта Ra на 3D принтираните временни мостове и модели за леене е по-голямо от това на първоначалния модел. Тъй като грапавостта на повърхността зависи от дебелината на слоя, образците, отпечатани с дебелина на слой от 0,035 mm, се характеризират с по-ниски стойности на Ra. Силиконовата проба показва, че временните мостове, както и моделите за леене, се нуждаят от допълнително напасване в стоматологичния кабинет или от корекции по време на проектирането на виртуалния 3D модел и в процеса на 3D печат в зъботехническата лаборатория.

Ограничения/последници от научните изследвания: Тъй като технологиите за послойно изграждане на зъбни възстановявания от восък, полимери и метални сплави са разработени през последните години, то са необходими допълнителни изследвания за разработване на по-прецизни технологични режими.

Практически последници: Стереолитографията, като част от CAD/CAM производствения процес, се характеризира с висока точност като цяло. Но настоящото изследване показва, че са необходими допълнителни корекции или предварителни корекции в процеса на проектиране на процеса на 3D печат на дентални конструкции, произведени чрез СЛА.

Оригиналност/стойност: Оценени са геометричната точност и точността на напасване, както и повърхностната грапавост на дентални мостове, произведени чрез стереолитография. Данните, получени в настоящото изследване, ще помогнат на стоматолозите и зъботехниците да прецизират технологичните режими за производство на дентални конструкции с висока точност.

2.5. Vasilev T, *T Dikova*, D Dzhendov, E Ivanova, *Simulations of Cast and Selective Laser Melted Dental Bridges with Chewing Load*, Scripta Scientifica Medicinae Dentalis. 2016;2(2):7-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.14748/ssmd.v2i2.1909> ISSN 2367-7236 (Print) ISSN 2367-7244 (Online).

Резюме

Целта на настоящата статия е с помощта на CAD/CAE софтуер да се оценят и сравнят якостните свойства и деформационните характеристики на Co-Cr сплави, изработени чрез леене и избиращо лазерно стопяване (ИЛС). За симулиране на натоварването по време на дъвчене на виртуален 3D модел на четиричленен дентален мост е използван софтуерът за симулация на SolidWorks. В това изследване са използвани две Co-Cr дентални сплави, изработени чрез леене и ИЛС. По време на симулационния процес чрез линеен статичен анализ са изчислени изместванията, деформациите, напреженията и силите на реакция под въздействието на приложеното натоварване. В резултат на това бяха оценени еквивалентните напрежения по von Mises, факторът на безопасност (FOS) и изместването.

Установено е, че най-високите стойности на еквивалентните напрежения по von Mises на отлетите и лазерно изградените мостове са разположени във връзките между зъбите, т.е. зоните с най-малки площи на напречните сечения. Те са в диапазона 95-162 МПа, което е по-ниско от граничните стойности на напрежението за двата материала. Минималният FOS на двата материала е по-висок от 1. В отлетите мостове е 1.32-2.64 в зоните с най-голямо натоварване, докато в лазерно изградените образци е 2.61-5.68. Тъй като FOS показва резерва от якост на материала, очевидно е, че мостът, изработен чрез ИЛС, притежава двойно по-висока резерв на якост. Това позволява оптимизиране на конструкцията, икономия на материал и възможност за производство на детайли с порести структури.

2.6. *Dikova T*, Vasilev T, D Dzhendov, E Ivanova, *Investigation the fitting accuracy of cast and SLM Co-Cr dental bridges using CAD software*, J of IMAB. 2017 Jul-Sep;23(3):1688-1696; DOI: 10.5272/jimab.2017233.1688; ISSN: 1312 773X (Online).

Резюме

Целта на настоящата статия е чрез новоразработен метод с помощта на CAD софтуер да се изследва точността на напасване на Co-Cr дентални мостове, произведени по три технологии. Четиричленните дентални мостове от Co-Cr сплави са произведени чрез конвенционално леене с восъчни модели, леене с 3D принтирани модели и селективно лазерно стопяване. Хлабината по препарационната граница и вътрешната хлабина са изследвани чрез два метода – силиконов тест и CAD софтуер. Тъй като тестът чрез реплика от силикон се характеризира със сравнително ниска точност, е разработена нова методология за изследване на точността на напасване на денталните мостове, базирана на CAD софтуера SolidWorks. Новоразработеният метод позволява изследване с висока точност във всички направления на

вътрешната адаптацията и адаптацията по препаративната граница на денталната конструкция. Изследването на напасването по препаративната граница и на вътрешното адаптиране на Co-Cr четири-членни мостове по двата метода показва, че технологичният процес силно влияе върху точността на напасване на зъбните възстановявания. Точността на напасване на мостове, отлети с 3D принтирани модели, е най-висока, следвана от лазерно изградените и конвенционално отлетите мостове. Хлабината по препаративната граница на трите групи мостове е в клинично допустими граници. Вътрешната хлабина е различна в различните участъци - най-висока е по оклузалните повърхности, следвана от тази по препаративната граница и аксиалните области. По-високата точност на напасване на мостове, произведени чрез леене с 3D принтирани модели и СЛС, в сравнение с конвенционално отлетите е добра предпоставка за успешното им внедряване в денталните кабинети и зъботехнически лаборатории.

2.7. Dikova T., Dzhendov D., Katreva I., Tonchev T. Study the precision of fixed partial dentures of Co-Cr alloys cast over 3D printed prototypes. Archives of Materials Science and Engineering. 2018 March;90(1):25-32; ISSN: 1897-2764.

Резюме

Целта на тази статия е да се изследва точността на Co-Cr дентални мостове, произведени с помощта на 3D принтирани модели.

Проектиране/методология/подход: четиричленни дентални мостове са изработени от сплави i-Alloy и Biosil-f чрез процес на отливане с восъчни модели. Пластмасовите леярски модели са принтирани с различна дебелина на слоя (13 μm , 35 μm and 50 μm). Използвани се два 3D принтера: стереолитографски “Rapidshape D30” и мастилено-струен “Solidscapе 66+”. Изследвани са геометричната точност и точността на напасване, както и грапавостта на повърхността.

Резултати: Установено е, че Co-Cr мостове, отлети с 3D принтирани модели с дебелина на слоя 50 μm , се характеризират с най-големи размери - 3.30% -9.14% по-големи от тези на базовия модел. Намалване дебелината на слоя води до понижаване на размерите. Размерите на мостовете, отлети с модели, отпечатани с дебелина на слоя 13 μm , са с 0.17% -2.86% по-малки в сравнение с основния модел. Средното аритметично отклонение Ra на грапавостта на повърхността на Co-Cr мостове, произведени с помощта на 3D принтирани модели, е 3-4 пъти по-високо в сравнение с основния мост-модел. Колкото по-голяма е дебелината на слоевете при печат на моделите за леене, толкова по-високо е Ra на мостовете. Силиконовият тест показва неравномерно разпределение на хлабина от 0,1-0,2 mm между короните мостокрепителите и опорните зъби при леярските модели и Co-Cr мостове.

Ограничения/последници от изследванията: Протезни конструкции, отлети с 3D принтирани модели, могат да бъдат произведени с висока точност само ако се вземат под внимание специфичните характеристики на 3D принтираните детайли.

Практически последици: Настоящите изследвания показват, че колкото по-малка е дебелината на слоя при 3D печат на леярските модели, толкова по-голяма е точността на размерите и по-ниската грапавостта на повърхността.

Оригиналност/стойност: Резултатите от това изследване ще помогнат на специалистите в стоматологичните клиники и зъботехническите лаборатории да изберат подходящото оборудване и оптимални технологични режими за производство на леярски модели с висока точност и ниска грапавост на повърхността за отливане на точни дентални конструкции.

2.8. Katreva I, Dikova T, Tonchev T. 3D printing – an alternative of conventional crown fabrication: a case report. J of IMAB. 2018 Apr 1;24(2):2048-54. DOI: [10.5272/jimab.2018242.2048](https://doi.org/10.5272/jimab.2018242.2048); ISSN: 1312-773X (Online).

Резюме

В настоящата статия е докладван случай на протетично лечение, изградено върху приложението на 3D технологиите при производството на стоматологични възстановявания.

В случая е показан лабораторен протокол на 3D принтирани изцяло покривни временни корони и модели за пресоване на керамични корони при пациент с необходимост от подмяна на старите протезни конструкции на горния му първи и втори молари. Работният процес е представен подробно стъпка по стъпка, започвайки от сканирането на отпечатъка в лабораторния скенер 3 Shape D750, през виртуалното конструиране (CAD) и резултата - производството на работни модели, модели за пресоване на керамични коронки и временни корони чрез технологии за послойно изграждане с помощта на 3D принтер Rapidshape D30.

Една от най-често прилаганите технологии с добавяне на материал в областта на денталната медицина - стереолитографията се сравнява с конвенционалното производство на корона. По този начин ясно се показва, че предимствата на процеса на 3D печат са много повече. Сред най-важните са: спестяване на време, висока точност на размерите и на напасването на конструкциите, липса на риск от деформации и лабораторни грешки, производство на конструкции със сложни форми без нужда от специални инструменти или гипсови работни модели с подвижни части, почти без отпадъци и др.

2.9. Дикова Ц., Долгов Н., Василев Т., Катрева И. *Адгезионна прочностъ керамических покрытий стоматологического Ni-Cr-сплава, полученного литьем с применением 3D-печати.* Деформация и разрушение материалов. 2018 Сеп.;9:33-39; ISSN 1814-4632.

Резюме

Представени са резултатите от експерименталното изследване на якост адхезия на IPS InLine керамика към дентална сплав Ni-Cr Wiron light. Проведени са изпитвания на опън на плоски образци с покритие. Направени са числената симулация и многокритериалната оптимизация с MADMMML софтуер. Отливните модели са отпечатани под ъгъл от 0° до 90° с дебелина на слоя 35 µm и 50 µm с помощта на 3D принтер Rapidshape D30. Установено е, че процесът на 3D печат с оптимални режими осигурява якост на адхезия на керамичното покритие 77.9—79.9 МПа.

2.10. Дикова Т., Vasilev T. *Bending fracture of Co-Cr dental bridges, produced by additive technologies: simulation analysis and test.* Engineering Fracture Mechanics, под печат.

Резюме

Настоящата статия се занимава с изследване огъването на Co-Cr четиричленни дентални мостове чрез симулационен анализ и експеримент. Образците са произведени чрез селективно лазерно стопяване (СЛС), леене с 3D принтирани модели и конвенционален процес на леене с восьъчни модели. Установено е, че разпределението и големината на преместванията, нормалните и еквивалентните напрежения са подобни за сплавите, произвеждани чрез СЛС и леене. Най-високи нормални и еквивалентни напрежения се намират във връзките и цервикалната област на мостовите тела. Разпределението на напреженията показва възможното място на разрушаването - връзката между двете мостови тела. Симулационният анализ, доказан от експеримента, даде адекватен модел на разрушаването при огъване на четиричленните дентални мостове.

2.11. Дикова Т., Vasilev T., Dolgov N. *Failure of ceramic coatings on cast and selective laser melted Co-Cr dental alloys under tensile test: Experiment and finite element analysis.* Engineering Failure Analysis, под печат.

Резюме

Настоящата статия се занимава с изследване разрушаването на керамични покрития върху Co-Cr сплави, изработени чрез леене и селективно лазерно стопяване (СЛС), чрез експеримент на опън и анализ по метода на крайните елементи (МКЕ). Установено е, че типът на разрушаване на порцелановите покрития е смесен/кохезионен при лазерно изградената сплав и смесен/адхезионен при отлятата. И в двете сплави максимални тангенциални и нормални напрежения се концентрират в свободния край на покритието по границата порцелан-метал. Разпределението на напреженията показва възможните места за начало на

разрушаване на покритието и начина, по който ще започне - адхезионно в отлятата сплав поради по-ниската якост на адхезия и кохезионно за лазерно изградената сплав. По дължина на образеца разрушаването на покритието е кохезионно, поради промяна на местоположението на максималните напрежения от свободния край на покритието през неговата дебелина до повърхността. МКЕ даде адекватно обяснение на механизма на разрушаване на порцелановите покрития върху Co-Cr сплави, изработени чрез леене и СЛС, при изпитване на опън.

3. Публикации в научни списания и сборници на конференции.

- 3.1. Джендов Д., Павлова Д., Симов М., Маринов Н., Софронов Я., *Дикова Ц.*, Тодоров Г., Калъчев Я. *Геометрична точност на неснемаеми мостови конструкции, изработени посредством адитивни технологии*, Сборник на 8 МНК за млади учени “Technical Science and Industrial Management”, 15-16.09.2014, Варна, България, НТСМ. 2014;1:13-17; ISSN 1310-3946.

Резюме

Целта на настоящата статия е да се изследва геометричната точност на неснемаемите дентални протези, произведени чрез технологии с добавяне на материал. Четиричленни дентални мостове са произведени от Co-Cr сплав по три различни технологии. Първата включва стандартна технология на леене, използвайки силиконова матрица за производството на восъчните модели. При втората, за отливане на мостовете са използвани восъчни модели, произведени чрез прототипираща технология. Последните образци са произведени директно от 3D модел чрез селективно лазерно стопяване (СЛС). Измерени са елементите на всички образци и е оценена тяхната точност. Точността на напасване е оценена чрез силиконов тест, а повърхностната грапавост е изследвана чрез профилометър и оптична микроскопия. Установено е, че средните размери на мостовете, произведени по класическата технология, са с 0,1-0,2 mm по-големи от тези на базовия модел. Докато средните размери на образците, произведени от останалите две технологии, са по-малки с около 0,1 mm (технология с прототипираните модели) и до 0,23 mm (СЛС) в сравнение с тези на базовия модел. Неснемаемите протези, отлети от модели, произведени чрез прототипиране на восък, притежават относително задоволителна грапавост и най-висока точност на формата, размерите и напасването. Лазерно изградените мостове се характеризират с най-висока грапавост и сравнително задоволителна точност на напасване. Високата грапавост и морфологията на зъбите не позволяват техните дъвкателни повърхности да бъдат завършени без дефекти, така че СЛС технологията не е подходяща за изцяло метални реставрации. Но грапавите повърхности на получените чрез СЛС дентални мостове правят тази технология много подходяща за производство на металокерамични възстановявания.

- 3.2. *Дикова Ц.*, Джендов Д., Симов М., Павлова Д. *Дефекти на дентални мостове, изработени чрез леене и послойно лазерно стопяване*, Научни известия, НТСМ, 2015 април;3(166):82-86; ISSN 1310-3946.

Резюме

Целта на настоящата статия е да се изследват повърхностните и микроструктурни дефекти на четирикомпонентни дентални мостове, изработени от Co-Cr сплав, по три различни технологии: стандартно леене, използвайки силиконов ключ за изработване на восъчните модели; леене с восъчни модели, произведени чрез прототипиране; селективно лазерно стопяване (СЛС). Повърхностните и микроструктурни дефекти са наблюдавани чрез оптична микроскопия, а грапавостта на повърхността е изследвана чрез профилометър. Установено е, че дефектите на неподвижните протези, получени по трите различни технологии, са характерни за всяка една от тях. За отливките това са всмукнатини по мостовите тела с размери 0,5 mm – 3,5 mm, а за конструкциите, изработени чрез СЛС – пори и разслоявания в микроструктурата с големина 0,1 mm-1,2 mm. Грапавостта на повърхността на 4-членните

мостове силно се влияе от технологията на получаване. Най-гладка е повърхността на мостовете, отлети по восъчни модели от силиконов ключ с $Ra = 1,312 \mu\text{m}$, следват образците, отлети от прототипирани модели, с $Ra = 3,387 \mu\text{m}$ и най-грапава е повърхността на мостовете, произведени чрез СЛС с $Ra = 4,24 \mu\text{m}$. Дефектите на 4-членните мостове може да се избегнат чрез стриктно спазване на правилата за работа и правилна настройка и подбор на технологичните режими.

3.3. Dolgov N.A., *Dikova Ts.*, Dzhendov D., Pavlova D., Simov M. *Mechanical Properties of Dental Co-Cr Alloys Fabricated via Casting and Selective Laser Melting*. Int. Journal "Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations". 2016;2(3):3-7; Print ISSN 2367-749X ; Online ISSN 2534-8477.

Резюме

Целта на настоящата статия е да се изследват механичните свойства (твърдост и якост на опън) на дентални Co-Cr сплави, произведени чрез леене и селективно лазерно стопяване (СЛС). Две групи метални образци (четиричленни дентални мостове и стандартни образци за изпитване на опън), изработени от Co-Cr дентални сплави, са произведени чрез леене с восъчни модели и СЛС. Изследвани са разпределението на твърдостта по Викерс по дълбочината на денталните мостове, както и твърдостта по Рокуел и якостта на опън на образците. Твърдостта на Co-Cr сплави зависи от използваната технология на производство. Установено е, че средната твърдост по Викерс на образците, произведени чрез СЛС, е по-висока от тази на отлетите образци - 382 HV и 335 HV съответно. Наблюдава се почти равномерното разпределение на твърдостта в мостовете, произведени чрез СЛС, и вариране на стойностите на твърдостта по дълбочина на отлетите мостове. Измерванията по метода на Рокуел потвърдиха по-високата твърдост на СЛС образците - 39 HRC в сравнение с тези на отлетите - 33 HRC. Резултатите от якостта на опън се съгласуват добре със стойностите на твърдостта. Поради уникалната микроструктура, границата на провлачане и якостта на опън за образците, изработени чрез СЛС, са по-високи от тези на отлятата сплав.

3.4. Atapek H., *Dikova Ts.*, Aktaş G., Polat Ş., Dzhendov Dzh., Pavlova D. *Tribo-Corrosion Behavior of Cast and Selective Laser Melted Co-Cr Alloy for Dental Applications*, Int. Journal "Machines, Technologies, Materials". 2016;10(12):61-64; Print ISSN 1313-0226, Online ISSN 1314-507X.

Резюме

Сплавите на базата на кобалт-хром се използват широко в стоматологичната практика поради техните отлични механични свойства, висока устойчивост на корозия и добра биосъвместимост. Въпреки че обикновено денталните възстановявания се произвеждат чрез леене, отскоро селективното лазерно стопяване (СЛС) се превърна в привлекателен производствен метод, тъй като позволява да се изработват детайли със сложна геометрия. Последните изследвания показват, че Co-Cr сплави, изработени чрез СЛС, осигуряват по-добра устойчивост на корозия.

В това изследване, трибо-корозионното поведение на Co-Cr-Mo сплав, произведена чрез леене (Biosil-Degudent), е сравнено с това на сплав Co212-f ASTM F75, произведена чрез СЛС. Износоустойчивостта е изследвана чрез трибокорозионни тестове в разтвор на изкуствена слюнка (Fusayama-Meyer), използвайки трибометър от типа "съчма върху диск". Полираните повърхности на изследваните сплави са тествани с помощта на циркониеви съчми при едни и същи скорост на плъзгане, разстояние и натоварване. Определени са стойностите на коефициентите на триене, а за да се сравнят износването и трибо-корозионната устойчивост, износените повърхности са оценени с помощта на микроскопи. СЛС се оказва обещаващ метод за производство на конструкции в денталната медицина.

3.5. Dikova T, Dzhendov D, Katreva I, Pavlova D, Tonchev T, Doychinova M. *Geometry and Surface Roughness of Polymeric Samples Produced by Stereolithography*, Int. Journal “Machines, Technologies, Materials”. 2017;11(4):201-205; Print ISSN [1313-0226](#), Online ISSN [1314-507X](#).

Резюме

Целта на настоящата статия е да се оцени геометричната точност и грапавостта на повърхността на образци от пластмаса, произведени чрез стереолитография с цифрова светлинна проекция (СЛА с ЦСП). Стандартни кубични образци с размери 5 mm x 5 mm x 5 mm са отпечатани на две пластмаси: NextDent C + B (бяло-жълтеникав цвят А3.5, по система VITA) и NextDent Cast (тъмно-червен цвят), при два начина на поставяне спрямо основата - хоризонтално и наклонено под 45°. Образците са принтирани с две различни на слоя - 35 μm и 50 μm. Установено е, че образците от двата полимера, произведени в хоризонтално положение с дебелина на долния слой (35 μm), притежават най-висока точност на размерите и най-нисък интервал на отклонение. Най-точни са размерите, успоредни на основата, докато тези, успоредни или наклонени към посоката на печат, имат най-големи отклонения. Интервалът на отклоненията на размерите на образците, произведени под наклон 45°, е почти 2-3 пъти по-висок, като интервалът на пробите, направени от NextDent Cast, е с повече от 50% по-висок от този на NextDent C + B. Хоризонтално принтираните образци имат 1,5-2 пъти по-ниска грапавост на повърхността в сравнение с образците, отпечатани под наклон от 45°. Грапавостта на повърхността на пробите, изработени от NextDent Cast, е с 30-50% по-висока от тази на NextDent C + B независимо от дебелината на слоя. Увеличаването на дебелината от 35 μm до 50 μm води до 1,5-2 пъти по-висока грапавост на повърхността и при двата начина на разположение на образците. Оптичните свойства на двата полимера в изследването силно влияят на геометричните характеристики, точността на размерите и грапавостта на повърхността на детайлите, произведени чрез стереолитография с ЦСП.

3.6. Dikova T., Dolgov N., Dzhendov D., Simov M. *Adhesion strength evaluation of ceramic coatings on cast and selective laser melted Co-Cr dental alloys using tensile specimens*, Int. Journal “Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations”. 2017;3(2): 49-52; Print ISSN 2367-749X ; Online ISSN 2534-8477.

Резюме

Изследването на характеристиките на разрушаване на порцелановите покрития играе основна роля при избора на материали за металокерамични възстановявания. Целта на тази работа е да проучи ефекта от производствения процес на подложката върху адхезията на порцелана. Покритията от порцелан IPS.Inline (Ivoclar Vivadent) са изработени върху дентални Co-Cr сплави, произведени чрез леене (Biosil F) и селективно лазерно стопяване (СЛС) (Co212-f). Якостта на адхезия на керамичните покрития е изследвана при изпитания на опън на плоски образци. Силата на срязване по граничната повърхност е определена с помощта на експерименталните резултати. Разпределенията на тангенциалните напрежения по границата метал-керамика при критичния товар са оценени чрез аналитичен подход. Установено е, че стойностите на якостта на адхезия на керамичното покритие са 67,5 МПа за отлята сплав Biosil F и 83,8 МПа за сплав Co212-f, изработена чрез СЛС. По-високата якост на адхезия на порцелана към СЛС пробите се дължи на почти два пъти по-висока грапавост на повърхността, което е причина за увеличаване както на механичната, така и на химичната адхезия. Характерът на разрушаването на керамичното покритие върху Co-Cr сплави, произведени чрез леене и СЛС, е подобен и е от смесен адхезионно-кохезионен тип. По-високата якост на адхезия на порцелановото покритие със лазерно изградената дентална сплав е добра предпоставка за приложението на процеса СЛС при производството на металокерамични неснимаеми частични протези за зони с тежки натоварвания.

3.7. Василев Т., *Дикова Ц.*, Джендов Д., Иванова Е. *Нова методика за измерване на хлабини на дентални мостови конструкции с използване на CAD софтуер*, Сборник на 3-та МНК “Materials Science. Nonequilibrium Phase Transformations”, 11-14.09.2017, Варна, България, НТСМ. 2017 Sep;1(1):88-91; ISSN (Print) - 2535-0218 ; ISSN (Online) - 2535-02.

Резюме

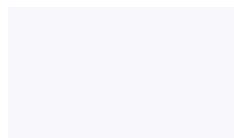
Необходимостта от прецизна оценка на разстоянието между короните-мостокрепители и опорните зъби на денталните мостове изисква разработването на нови методи за тяхното измерване. Въвеждането на технологиите за бързо прототипиране, включително 3D сканиране и печат, позволява безпроблемно създаване на виртуални модели на сложни обекти по отношение на формата. Определянето на хлабината между денталните мостове и опорните зъби в CAD системите води до затруднения главно поради сложните им форми. На основата на инженерен CAD софтуер е разработена нова методика, с която се преодоляват горните затруднения. Чрез прилагане на предложения подход за виртуално напасване на денталните конструкции, е възможно да се определи хлабината в затворените пространства между короните-мостокрепители и опорните зъби, която алтернативно се определя чрез индиректни методи. Основните предимствата на новата методика са: 1) възможност за цялостно проследяване изменението на разстоянието между повърхностите на мостоносителите и мостокрепителите; 2) измерване на разстояния по трите оси и перпендикулярно между повърхнините и 3) по-висока точност на измерванията.

3.8. Василев Т., *Дикова Ц.*, Иванова Е. *Методика за проектиране на приспособление за огъване на четиричленни дентални мостове*. Сборник на МНК “Industry 4,0”, 13-16.12.2017, Боровец, България, НТСМ. 2017 дек;1(1):125-128; ISSN (Print) - 2535-0153 ISSN (Online) - 2535-0161

Резюме

Четири-членните дентални мостове от първи премолар до втори молар са най-натоварени по време на дъвкателния процес. Освен това те се характеризират със сложни геометрия на повърхността на зъбите и начин на разпределение на натоварването. Целта на настоящата статия е да се разработи методика за проектиране на прибор за огъване на четири-членни дентални мостове, при който натоварването на мостовите тела да се осъществи максимално близко до действителното. Използването на CAD софтуер позволява да се определят формата и размерите на поансоните, разстоянието между центровете в двете основни направления и ъгъла, в който приспособлението трябва да бъде разположено спрямо образеца. Конструираният прибор осигурява контакти между сферичните крайници на поансоните и зъбите - мостови тела в най-натоварените места при действителна оклузия и схема на натоварване, при която възникват само нормални напрежения в мостовата конструкция при огъване. В резултат е проектирано приспособление, което е изработено и изпробвано в следващи наши експерименти.

18.04.2019 г.
Варна



(доц. Ц. Дикова)