

Використання недорогих 3D-принтерів для створення тимчасових реставрацій

Використання 3D-друку є швидким, ефективним і економічним методом, що спрощує завдання клініцистів, оскільки він дозволяє створювати високоякісні моделі, реставрації і протези в штатному режимі. Інтерес до використання 3D-принтерів нестримно зростає у всьому світі. Ці інноваційні машини в поєднанні з технологією штучного інтелекту дозволяють користувачам швидко і ефективно друкувати дуже детально практично все.

Уперше розроблений у 1980-х роках, 3D-друк пройшов довгий шлях до клінічного застосування в стоматології. Нині 3D-принтери використовують для створення робочих моделей, реставрацій, ортодонтичних пристосувань, щелепно-лицьових протезів з високою точністю і заощадженням часу.

Вартість 3D-принтерів останнім часом різко впала через закінчення терміну дії патентів, що раніше захищали базову технологію. У результаті відбувається неухильне зростання клініцистів, які переходять на 3D-друк і вчать тому, як надавати пацієнтам високоякісну послугу без значних витрат. У цій статті буде описаний робочий процес 3D-друку і фарбування тимчасових реставрацій з використанням недорогого 3D-принтера.

Передумови

3D-друк – це метод адитивного виробництва, який перетворює цифрову модель у цілісний 3D-об'єкт. Як правило, 3D-модель представлена в STL-файлі, який зберігає мозаїчний формат об'єкту у вигляді трикутної полігональної сітки. Процес 3D-друку починається з перетворення трикутної сітки в серію 2D-зображень, створених шляхом розрізання 3D-моделі по паралельних площинах. 2D-зображення перетворюються в G-код, мову програмування, яка повідомляє шлях, яким принтер має слідувати, щоб відтворити зображення. Друкуючи серію 2D-зображень одне зверху другого, можна створити 3D-об'єкт на основі початкової моделі.

Існують різні способи отримання 3D-об'єктів, але усі вони можуть бути описані як модифікації оригінальної технології 3D-друку – стереолітографії (SLA). SLA направляє ультрафіо-

летовий лазер уздовж контуру 2D-зображення для фотополімеризації смоли. Після полімеризації шару будівельна платформа піднімається і відділяється від дна резервуару, дозволяючи свіжій смолі стікати під неї. Цей процес повторюється до тих пір, поки друк не буде завершений. Кожен спосіб друку має свої переваги і обмеження. Типовими показниками для порівняння методів друку є швидкість друку, якість друку (роздільна здатність), вартість і обмеження на матеріали і кольори для друку.

Технологія, описана в цій статті, використовує процес друку на рідкокристалічному дисплеї (LCD). У цьому процесі як джерело світла використовується набір ультрафіолетових світлодіодів, які пропускають світло через LCD-екран для проектування зображення кожного шару на смолу. Завдяки використанню LCD-екрану для формування зображення можна проектувати усі зображення одночасно, що значно скорочує час друку в порівнянні з використанням одного лазера, що використовується за традиційного SLA-друку. LCD-принтери відрізняються високою швидкістю і низькою вартістю, а також забезпечують точний друк з високою роздільною здатністю.

Сканування, дизайн, нарізка

Процес друку тимчасової реставрації для негайної імплантації починається з інтраорального сканування для створення цифрового тривимірного зображення зубів пацієнта і оточуючих тканин. 3D-модель зберігається у файлі STL, який можна імпортувати в програмне забезпечення для 3D-моделювання, щоб почати проектні роботи.

У даному випадку для виконання сканування використовувалася система TRIOS 5 (3Shape). Були зроблені два набори знімків і відправлені до лабораторії. До операції були відскановані верхня і нижня щелепі і зроблена цифрова реєстрація прикусу. Потім, після установки імплантатів, були прикріплені сканери Neodent (Straumann) і проведене ще одне цифрове сканування (фото 1). Усі створені цифрові моделі були відправлені через інтерфейс 3Shape в зуботехнічну лабораторію Chameleon у Північній Кароліні, США, для розробки реставрації верхньої щелепи.



Фото 1

Щойно готовий проект був отриманий і схвалений, STL-модель гібридного моста була перенесена в CHITUBOX¹ 2.0 для розміщення опор і горизонтальної нарізки готової конструкції. Спочатку 3D-модель була орієнтована під кутом 45° так, щоб різцева/оклюзійна поверхня зубів була обернена до платформи зборки, щоб уникнути будь-яких спотворень на поверхні об'єкту, яка стикатиметься з м'якими тканинами. Конфігурація опори, запропонована для міні-планшета Ferguson (Digital Educators), була імпортована в CHITUBOX з використанням висоти по осі z 1,5 мм і щільність опори 75% як конструктивний параметр (фото 2).

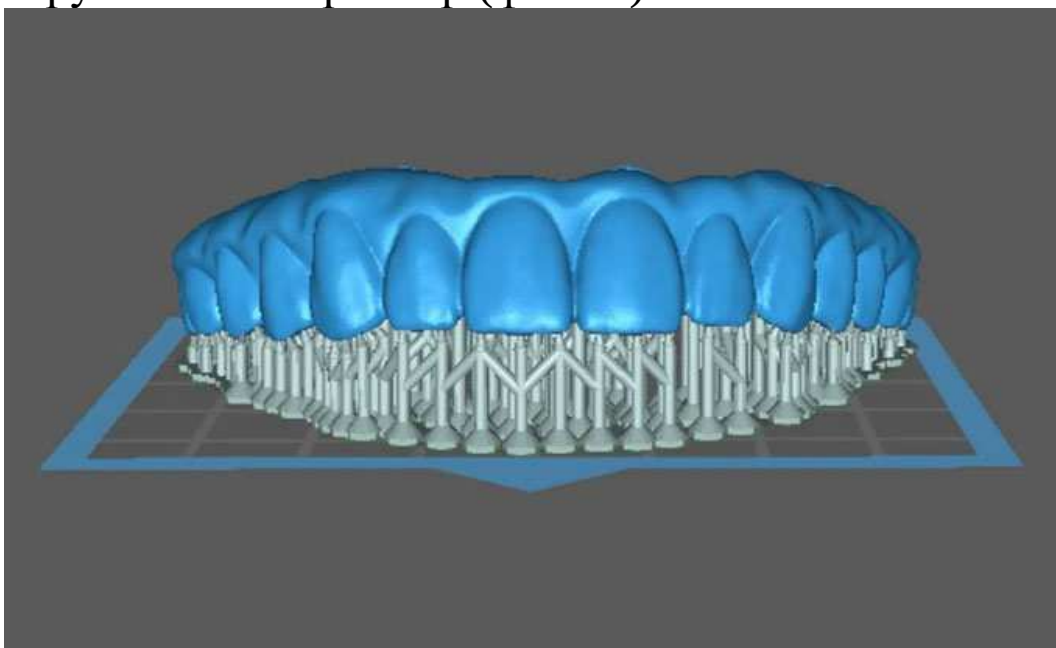


Фото 2

Потім у CHITUBOX були імпортовані рекомендовані профілі смоли для керамічної наногібридної смоли Rodin Sculpture

¹ **ChiTuBox** – це стороннє програмне забезпечення для нарізки для 3D-принтерів на основі SLA, DLP і LCD

відтінку A1 (Pac-Dent) (фото 3). Нарешті, дизайн був розрізаний по горизонталі утворюючи 2D шари для створення 3D-друку.

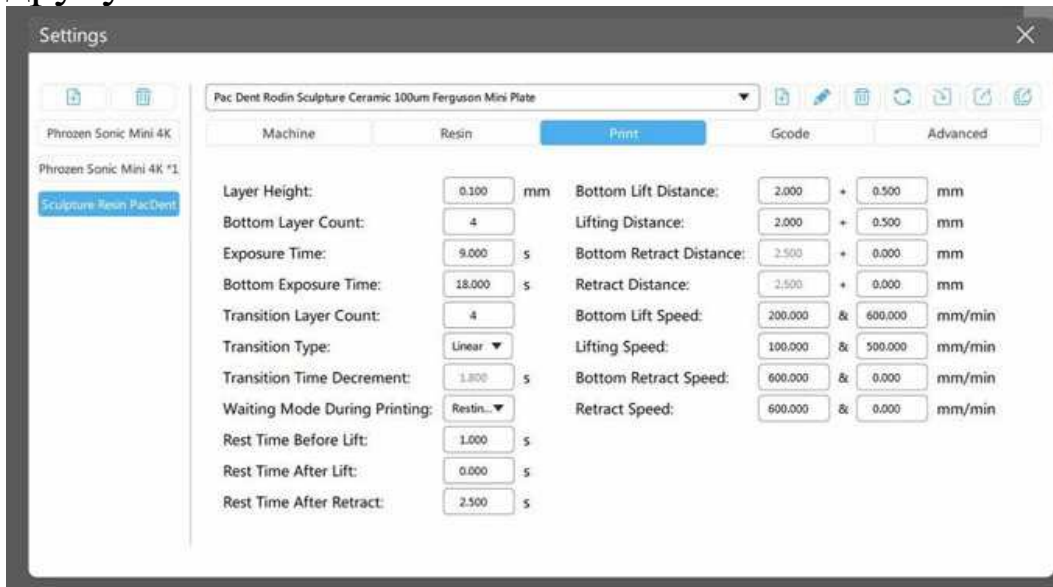


Фото 3

3D друк

Як 3D-принтер був вибраний Phrozen Sonic Mini 4K (Phrozen). У цьому принтері використовується LCD-екран з високою роздільною здатністю 4K. Платформа для друку Phrozen була замінена на платформу Ferguson Mini Plate і ємність для підігрівання смоли Ferguson Pro Vat Warmer (Digital Educators). Це скорочує час друку за рахунок зменшення розміру формувальної платформи, а також за рахунок розігрівання смоли в ємності, що робить її менш в'язкою і скорочує час підйому (фото 4).



Фото 4

Для друку ємність була заповнена матеріалом Rodin Sculpture відтінку А1, встановлена міні-платформа Ferguson Mini і було встановлено підігрівання на 35°C. Щойно була досягнута потрібна температура, почався друк. За рахунок використання міні-платформи Ferguson час друку скоротився з 2 годин до 1 години і 8 хвилин.

Обробка об'єкту

Щойно друк був завершений, об'єкт обприскали стисненим повітрям до тих пір, поки з поверхні не була видалена уся рідка смола, що лишилася (фото 5, 6).



Фото 5



Фото 6

Потім для продовження процесу очищення на протез було нанесено невелику кількість 97%-го ізопропілового спирту (фото 7, 8).



Фото 7



Фото 8

Необхідно контролювати кількість спирту, щоб уникнути погіршення структури об'єкту. Процес очищення завершувався останньою подачею стисненого повітря. Потім вручну були видалені опори, а усі сліди кріплення на поверхні зуба були видалені за допомогою високошвидкісних борів (фото 9, 10).



Фото 9



Фото 10

Визначення характеристик і миттєва полімеризація

В процесі характеристики, щоб уникнути мікротріщин, усі поліровки і фарбування були виконані на неполімеризованому об'єкті. Анатомія і деталі були доповнені борами шляхом невеликого поглиблення ясенного краю і міжзубних контактів зубів, а також текстурування вестибулярних поверхонь різців і іклів (фото 11).



Фото 11

Потім для фарбування об'єкту була використана система фарбування Rodin Palette Naturalizing Kit світлового отвердіння. Для першого шару на поверхню м'якої тканини була нанесена суміш червоної глазури Rodin Glaze (фото 12), яка була полімеризована при 400 спалахах (без використання азоту) з використанням пристрою миттєвої полімеризації Otoflash G171 NK-Optik (фото 13).



Фото 12



Фото 13

Був нанесений тонкий шар основи для зубних протезів Rodin Denture Base, а на різні ділянки були нанесені поєднання кольорів відповідно до органічних візерунків (фото 14-16).



Фото 14



Фото 15



Фото 16

Цей процес проводився поетапно до тих пір, поки не була завершена характеристика м'яких тканин. Кожен шар фарби був полімеризований з використанням 400 спалахів без викорис-

тання азоту. Потім на ясенну третину штучних зубів були нанесені відтінки А і С, а на різцеві краї і ікла – фіолетовий і білий. Плоским пензлем, методом розтушовування, відтінки були нанесені від середньої третини (фото 17-20) і полімеризовані в Otofash з використанням 400 спалахів.



Фото 17



Фото 18



Фото 19



Фото 20

Важливо враховувати кількість спалахів, яких зазнає об'єкт, оскільки матеріал Rodin Sculpture повністю полімеризується при 4500 спалахах. У процесі характеристики протез піддався дії 3800 спалахів, тому знадобилася завершальна стадія полімеризації з використанням 700 спалахів.

Остаточну полімеризацію проводили в середовищі газоподібного азоту, щоб видалити шар, що перешкоджає потраплянню кисню. Це досягається періодичним промиванням полімеризаційної камери азотом впродовж 30 секунд. Через 30 секунд включається індикатор, і полімеризаційна камера продовжує промиватися азотом впродовж 60 секунд (фото 21).



Фото 21

Це запобігає попаданню кисню в процес полімеризації зовнішнього шару об'єкту, що покращує його біосумісність. Крім того, дослідження показали, що постполімеризація в атмосфері газоподібного азоту може покращити якість полімеризованого матеріалу для 3D-друку тимчасових реставрацій за рахунок покращення механічних властивостей і гладкості поверхні. Потім готовий об'єкт промивали водою з милом, щоб видалити надлишки матеріалу, і після цього він був готовий до установки (фото 22-24).



Фото 22



Фото 23



Фото 24

Висновок

Ми переконалися, що 3D-друк – це швидкий, ефективний і економічний процес, який може полегшити роботу клініцистів, надаючи можливість створювати високоякісні моделі, реставрації і протези без необхідності повторного візиту. У цій статті продемонстрований процес негайної тимчасової реставрації з використанням економічного готового устаткування.

Зараз чудова пора для початку використання 3D-друку в стоматологічній практиці завдяки низькій вартості і доступності устаткування. Для початкуючих користувачів навчання використанню устаткування і матеріалів цілком досягне завдяки документації і навчанню, що надається лабораторіями і виробниками устаткування, а також підтримці спеціальних співтовариств і груп 3D-друку в соціальних мережах.

Автор: Фернандо Зегара