



Systemy komputerowego wspomaganie w projektowaniu w protetyce stomatologicznej

K. Basa^a, M. Zorychta^a, Ł. Reimann^b

^a Studentka studiów doktoranckich, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Studenckie Koło naukowe Inżynierii Stomatologicznej
email: katarzyna.basa@polsl.pl; magdalena.zorychta@polsl.pl

^b Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
email: lukasz.reimann@polsl.pl

Streszczenie: Rozwój metod komputerowych w technologiach materiałowych, w tym w inżynierii stomatologicznej, pozwala zwiększać trwałość wytwarzanych produktów (protez stomatologicznych) oraz poprawić jakość ich użytkowania przez człowieka. W pracy przedstawiono metodologię wykorzystania systemów CAD (Computer Aided Design), na przykładzie skanera kontaktowego DS-10 i oprogramowania Incise (Renishaw), w celu zaprojektowania mostu protetycznego. Projektowanie realizowane jest zawsze na modelu pola protetycznego będącego gipsowym odlewem. Sukces w wykorzystaniu narzędzi komputerowego wspomaganie wymaga przygotowania modelu gipsowego zgodnie z określonymi zasadami.

Abstract: Development of the computer methods in materials technology including the dentistry engineering allow to expect higher durability manufacturing product (dental prosthesis) and increase quality of their use by humans. At work was presented methodology of use the CAD systems the example of the DS-10 contact scanner and Incise software (Renishaw) to designing dental bridge. Design process is realized on the plaster model of prosthetic field. Success in the use of computer software solution for aided design dependent on preparing the plaster model in conformance to defined rules.

Słowa kluczowe: skaner kontaktowy, most protetyczny, komputerowe wspomaganie projektowania, model gipsowy

1. WPROWADZENIE

Przez ostatnie 30 lat w zakresie wytwarzania w stomatologii zostało wdrożonych wiele nowych rozwiązań, wykorzystujących technologię cyfrową: inżynieria odwrotna (RE - Reverse Engineering), komputerowe wspomaganie projektowania (CAD - Computer-Aided

Design), komputerowe wspomaganie wytwarzania (CAM - Computer-Aided Manufacturing) i systemy szybkiego wykonywania prototypów (RP - Rapid Prototyping) [1]. Wiele systemów CAD/CAM i RP umożliwia wytwarzanie fizycznych modeli anatomicznych pacjenta, na zamówienie, z możliwością przetwarzania większości stopów metali [2], jako materiałów na długoterminowe protezy z biokompatybilnych stopów metali [3].

Pierwsze zastosowanie systemu komputerowego wspomagania w projektowaniu DAC-1 (Design Augmented by Computer), opracowanego przez dr Patricka Hanratty'ego, odnotowano w 1964 r. w firmie General Motors. W 1973 r. francuski profesor Francois Duret, poparł pomysł wprowadzenia systemów komputerowego wspomagania do stomatologii [4, 5]. Pierwszym systemem dentystycznym był opracowany we wczesnych latach 80 XX wieku, system o nazwie CEREC (Sirona Dental System), przez prof. Mörmann'a i dr Brandestini z Uniwersytetu w Zurychu w Szwajcarii [6].

Obecnie na rynku istnieje co najmniej dziesięć komercyjnych systemów CAD/CAM do wykonywania protez stomatologicznych [3]. Zastosowanie wymienionych systemów sprowadza się do rejestracji modelu fizycznego i zapisu go w formacie numerycznym, przy pomocy skanera. Następnie na podstawie cyfrowego modelu zostaje zaprojektowana proteza. Plik z zapisaną pracą protetyczną zostaje przesłany do systemu obsługującego frezarkę sterowaną numerycznie, która za pomocą specjalistycznego oprogramowania komputerowego, wytwarza protezę z płytki lub bloczka materiału, którym może być metal, ceramika lub wosk stomatologiczny [7].

2. PRZYGOTOWANIE MODELU I TECHNOLOGIA ZAPISU CYFROWEGO

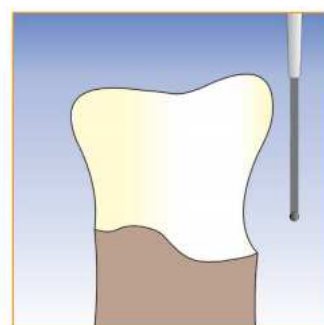
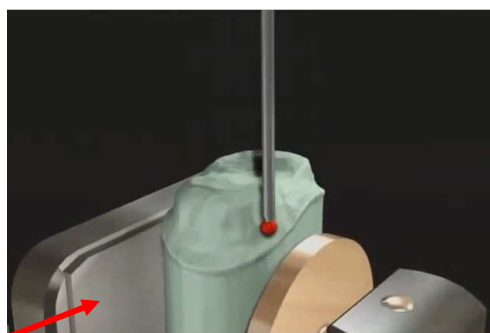
Model gipsowy pola protetycznego obejmował miejsce po brakującym zębie numer 22 oraz dwa zęby sąsiednie (21 i 23) opracowane jako zęby filarowe mostu protetycznego i przygotowany został na podstawie wycisku z gipsu stomatologicznego klasy III Giludur. Masę gipsową przygotowano według zaleceń producenta z wykorzystaniem mieszadła próżniowego przy prędkości mieszania 200 obr/min, czas mieszania wynosił 30 s.

Wykonany model przekształcono do postaci cyfrowej, numerycznej przy zastosowaniu skanera kontaktowego DS 10 firmy Renishaw (rys. 1), wyposażonego w dwie sondy skanujące: \varnothing 1 mm i \varnothing 3 mm. Obszar roboczy i pomiarowy skanera jest ukształtowany w postaci walca o wymiarach: średnica 90 mm i wysokość 45 mm. Odstęp linii skanowania wynosi 100 μ m, prędkość skanowania 600 mm/min, nacisk sondy skanującej na model fizyczny wynosi 0,5 N/mm a dokładność pomiarów i odwzorowania wynosi 20 μ m. W trakcie przygotowywania modelu gipsowego, należy unikać sytuacji gdy górna część modelu będzie wystawała nad jego brzegiem, czyli powstanie wklęsłość, co uniemożliwi sondzie skanującej pobranie współrzędnych z tej powierzchni i w efekcie zafałszuje rzeczywisty obraz (rys. 2) [8,9].

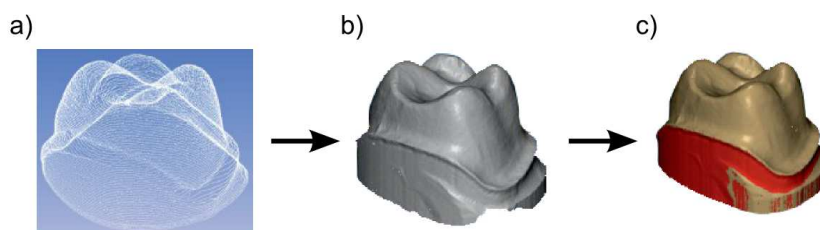
Przygotowany model gipsowy umieszcza się w uchwycie, zapis do postaci cyfrowej odbywa się przez kontakt sondy z modelem, dla którego współrzędne położenia w postaci punktów zapisywane są w oprogramowaniu komputerowym. Rejestrowane punkty układane są w linie, te z kolei tworzą chmurę punktów (rys. 3a), na której rozciągana była powierzchnia (rys. 3b), aż do pełnego jej odwzorowania (rys. 3c). Po zakończeniu zapisu numeryczny model (rys. 4) można zapisać do pliku w formacie STL (stereolitografia), w celu kolejnej obróbki.



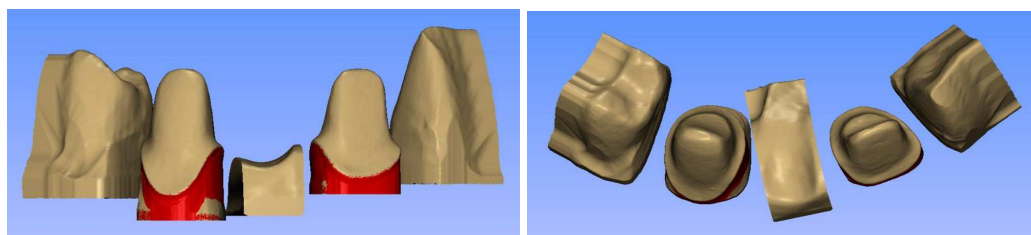
Rysunek 1. Skaner kontaktowy DS 10 3i Incise firmy Renishaw
Figure 1. Contacting scanner 3i Incise Renishaw



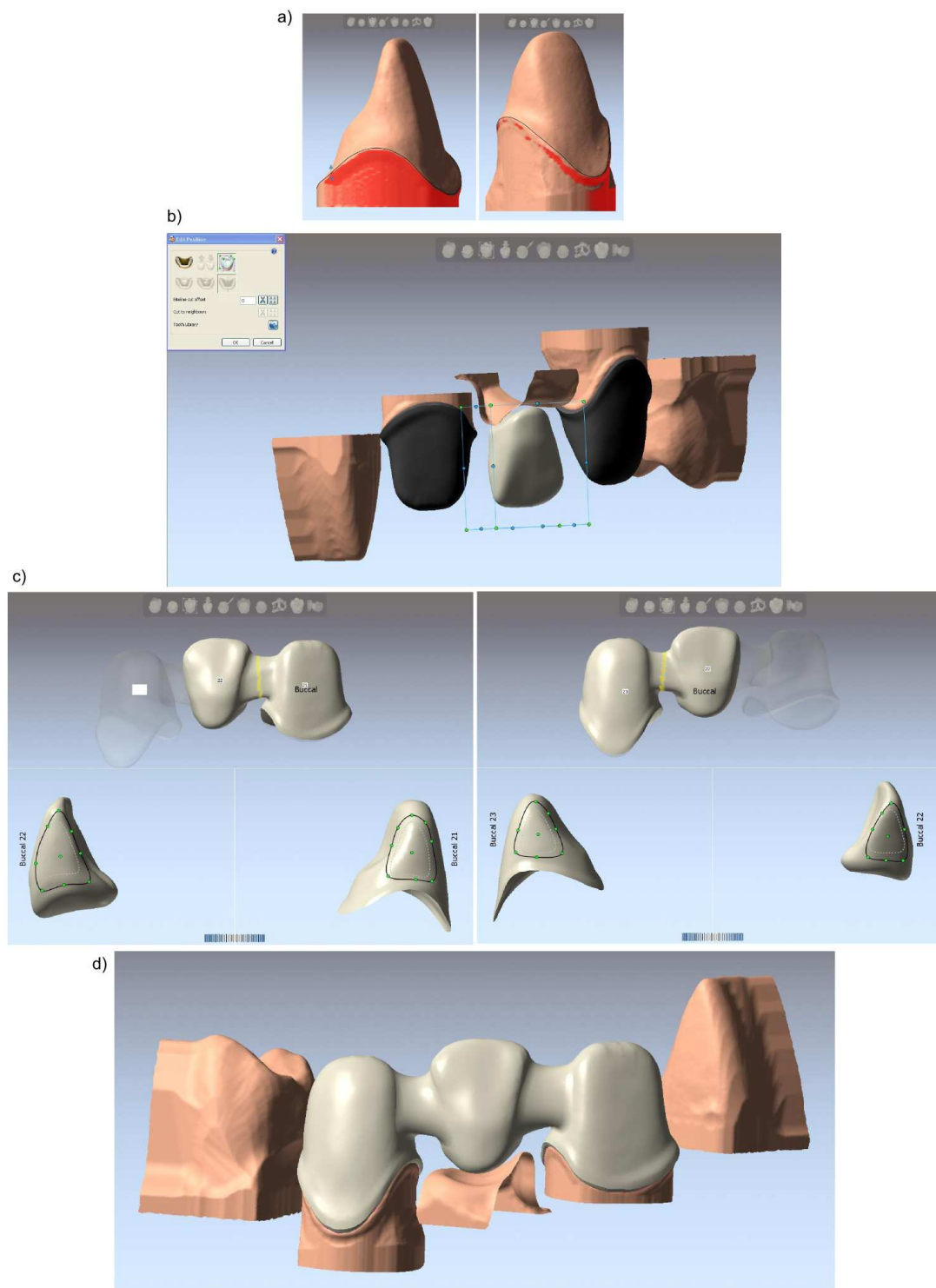
Rysunek 2. Błąd w przygotowaniu modelu gipsowego
Figure 2. Error of the preparation of plaster model



Rysunek 3. Procedura zamiany modelu rzeczywistego w wirtualny: a) odczytana z modelu gipsowego chmura punktów, b) etap rozciągania powierzchni na punktach, c) pełne odwzorowanie kikuta gipsowego w programie komputerowym
Figure 3. Scanning tooth stump stages: a) created cloud of points, b) surface generation from points, c) scanned stump with showed undercuts



Rysunek 4. Model cyfrowy gipsowych szablonów projektowanego mostu protetycznego
Figure 4. Ready plaster model with the referential teeth



Rysunek 5. Projektowanie mostu protetycznego w programie DentCAD: a) zaznaczenie linii brzegowej zębów filarów 21 i 23, b) zaprojektowanie przęsła odbudowującego brakujący ząb 22, c) ustalenie przekroju i położenia łączników, d) kompletny most protetyczny
 Figure 5. Designed bridgeworks in DentCAD: a) draw of a preparation of line pillar teeth 21 and 23 at the shoulder, b) design of pontic reconstructed missing tooth 22, c) construction of the connectors between a pillar and a pontic, d) complete designed bridgework

3. METODOLOGIA PROJEKTOWANIA

Dla przygotowanego modelu pola protetycznego, wykorzystując oprogramowanie komputerowe wspomagające projektowanie incise CAD firmy Renishaw oraz DentCAD firmy Delcam, zaprojektowano most protetyczny. Przygotowanie wirtualnego modelu protezy (rys. 5) przebiegało w następujących etapach:

- oznaczenie na modelach zębów filarowych granicy preparacji,
- ustalenie pozycji i orientacji we fragmencie zeskanowanego łuku zębowego przęsła/eł, odbudowującego/ych brakujący ząb/ęby,
- zaprojektowanie łączników między przęsłami i zębami filarowymi.

4. PODSUMOWANIE

Wykorzystanie technologii zapisu cyfrowego we wszystkich zakresach dotyczących biomechaniki i inżynierii materiałowej odgrywa znaczącą rolę w tworzeniu numerycznych modeli 3D tkanek. Wykonana w ramach prezentowanej pracy, przy zastosowaniu specjalistycznego oprogramowania do projektowania, proteza stomatologiczna może być następnie wytworzona z wykorzystaniem np. technologii frezowania na urządzeniach sterowanych numerycznie (z jęz. ang. CNC - Computerized Numerical Control) lub stanowić plik źródłowy do symulacyjnych badań obciążenia protezy w warunkach użytkowania w jamie ustnej.

Technologia zapisu cyfrowego przy zastosowaniu skanera kontaktowego jest tylko jedną z możliwości otrzymania modelu numerycznego. Do innych rozwiązań pozwalających przetworzyć fizyczny model pola protetycznego na model cyfrowy wykorzystywane są skanery optyczne, które współpracując z oprogramowaniem komputerowym, zapisują model numeryczny na podstawie serii zdjęć lub nagrania video.

Zastosowanie systemów typu CAD w inżynierii stomatologicznej umożliwia wykonanie praktycznie wszystkich niezbędnych przeliczeń, symulacji, kalkulacji i analiz związanych z badaniami wytrzymałości projektowanych protez bez konieczności wytwarzania modelu fizycznego, co zmniejsza koszty badań naukowych, zwiększając jednocześnie jakość, dokładność i trwałość wykonywanych uzupełnień protetycznych.

LITERATURA

1. I. Gibson, *Advanced Manufacturing Technology for Medical Applications*, Wiley, Londyn 2005.
2. G. Levy., R. Schindel, J.P. Kruth, *Rapid Manufacturing and Rapid Tooling with Layer Manufacturing Technologies. State of the Art and Future Perspectives*, CIRP Annals 52/2 (2003) 589-609.
3. P. Bartolo, B. Bidanda, *Bio-Materials and Prototyping Applications in Medicine*, Springer, USA 2008.
4. F. Duret, *CAD/CAM in Dentistry*, *The Journal of the American Dental Association* 117 (1998) 715-720.
5. S.M. Schmitt, *Dental Lab technology in the digital age*, *The Journal of Dental Technology* 18/1 (2001) 18-21.
6. M. Gładkowska, P. Montewka, P. Okoński, *Porównanie systemów CAD/CAM stosowanych we współczesnej protetyce stomatologicznej*, *Protetyka Stomatologiczna LVIII-2* (2008) 105-113.

7. A. Baj-Rogowska, Techniki CAD/CAM jako nowe możliwości estetycznej i funkcjonalnej odbudowy zębów w laboratoriach protetycznych, *As stomatologii* 1/26 (2008) 28-32.
8. Katalog firmy Renishaw: Zalecenia kliniczne i dotyczące pracowni protetycznej 2012.
9. L.A. Dobrzański, Ł. Reimann, Digitization procedure of creating 3D model of dental bridgework reconstruction, *JAMME* 55/2 (2012) 469-476.