

mgr **Joanna Fahl-Semrau**¹, mgr **Dorota Zelewska-Kryńska**¹, mgr **Marta Tempieńska**¹, dr n. med. **Klaudia Suligowska**¹, **Agata Lewandowska**², **Zuzanna Zalewska**², **Daria Szlugaj**², **Martyna Wójtowicz**², **Mikołaj Parat**²

Przygotowanie protezy szkieletowej modelowanej z wosku i drukowanej 3D do odlewania – system wlewowy

Tradycyjne wykonawstwo protez szkieletowych jest wieloetapowym procesem, który wymaga od technika staranności i precyzji. Błędy na poszczególnych etapach wykonawstwa uzupełnienia mogą mieć wpływ na jakość ostatecznego wyrobu. Dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii i badania w zakresie materiałów umożliwiły wykonawstwo protez szkieletowych w technologii komputerowo wspomaganego projektowania i komputerowo wspomaganego produkcji (z ang. *Computer-Assisted Design/Computer-Assisted Manufacturing*, akr. CAD/CAM), co zaowocowało skróceniem czasu wykonawstwa oraz poprawą dokładności i jakości uzupełnień w porównaniu do konwencjonalnych metod. We wspomaganym komputerowo procesie wykonawstwa protez szkieletowych znalazły zastosowanie techniki obróbki ubytkowej (frezowanie) oraz obróbki przyrostowej (druk 3D). Metody addycyjne, czyli takie, w których materiał jest warstwowo dodawany do obiektu, tworząc pożądaną kształt, pozwalają na wytworzenie gotowego szkieletu (technologia laserowego spiekania metali SLM) z docelowego materiału lub prefabrykatu z materiału spalającego się bezresztkowo, który należy odlać metodą tradycyjną.

Studenci Koła Naukowego przy Zakładzie Technik Dentystycznych i Zaborzeń Czynnościowych Narządu Żucia Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

uczestniczyli w projekcie, w którym wykonali systemy wlewowe dla protezy szkieletowej wymodelowanej tradycyjnie i wykonanej w technologii druku 3D. Niniejszy artykuł stanowi trzecią część artykułów opisujących teorię konstrukcji protez szkieletowych i porównania wykonawstwa protez szkieletowych techniką tradycyjną i z wykorzystaniem technologii CAD/CAM.

Projektowanie

W niniejszym projekcie wykorzystano protezę szkieletową zaprojektowaną i wymodelowaną tradycyjnie zgodnie z zasadami konstrukcji protez szkieletowych na potrzeby I części artykułu oraz projekt cyfrowy wykonany w programie 3Shape na potrzeby II części artykułu. Dla modeli z żywicy światłoutwardzanej zaleca się projektowanie dodatkowych belek o średnicy 2-2,5 mm łączących podniebienne bądź językowe powierzchnie protezy w celu podparcia konstrukcji i lepszego dopasowania pracy po odlaniu. W projekcie dodano poprzeczną belkę jako strukturę wspierającą, mającą na celu zminimalizowanie odkształceń drukowanego obiektu (1). Model 3D protezy szkieletowej wyeksportowano w formacie STL (ang. *Standard Triangulation Language*), obsługiwanym przez większość obrabiarek sterowanych numerycznie (ang. *Computerized Numerical Control*, akr. CNC), w tym również drukarki 3D.

TITLE: Preparation of a wax-modelled and 3D printed skeletal denture for casting – a sprue system

STRESZCZENIE: W artykule omówiono proces drukowania protezy szkieletowej techniką SLA oraz wykonanie systemów wlewowych dla protezy szkieletowej wymodelowanej tradycyjnie z wosku i wydrukowanej z żywicy światłoutwardzalnej. Artykuł jest trzecią częścią projektu obejmującego teorię konstrukcji protez szkieletowych,

porównanie wykonawstwa tradycyjnego i z zastosowaniem systemu CAD/CAM oraz przygotowania protez szkieletowych do odlania metodą odśrodkową.

SŁOWA KLUCZOWE: proteza szkieletowa, druk 3D, system wlewowy, żywica światłoutwardzalna, obróbka przyrostowa
SUMMARY: The article discusses the process of printing a skeletal denture using the SLA technique as well as the fabrication of a sprue systems a skeletal denture

modelled conventionally and 3D-printed from a photocurable resin. The article is the third part of project including the theory of skeletal denture construction, comparison of traditional and computer-assisted fabrication of skeletal denture and preparation of skeletal denture to centrifugal casting.

KEYWORDS: skeletal denture, 3D printing, sprue system, photocurable resin, additive manufacturing

Wydruk

Proteza szkieletowa została wydrukowana w technologii SLA (stereolitografia), która opiera się na utwardzaniu żywicy za pomocą wiązki lasera. Płynny materiał substratowy, jakim jest żywica, zostaje poddany fotopolimeryzacji w wyniku punktowego napromieniowania światłem, najczęściej w spektrum o zakresie ultrafioletu. Efektem tego procesu jest powstanie utwardzonej, schodkowej struktury (2, 3).

Wydruk został wykonany na drukarce Phrozen 8K Sonic Mega przy użyciu żywicy na bazie metakrylanu – SilaPrintCast. Zgodnie z opisem producenta urządzenie pozwala na wydrukowanie dużych i szczegółowych modeli, bez konieczności dzielenia na mniejsze segmenty. Wyświetlacz charakteryzuje się stabilnością termiczną oraz monochromatycznością, co pozwala na dłuższe korzystanie z urządzenia (4). Parametry drukarki zostały przedstawione w tab. 1 (4).

Proces drukowania rozpoczyna się, gdy każdą drukarkę wypełniona jest żywicą, a platforma, na której zostanie wydrukowana rama protezy, znajduje się pod jej taflą. Stolik zanurzony jest na głębokość jednej warstwy materiału. Wiązka światła UV skupiana przez soczewkę rejestruje kształt przekroju/profilu cyfrowego projektu uzupełnienia na powierzchni żywicy. Materiał po kontakcie z wiązką lasera twardnieje. Platforma z pierwszą utwardzoną warstwą materiału obniża się tak, by wydrukowane piętro polimeru zostało w całości zanurzone. Proces schodkowego drukowania jest powtarzany aż do momentu wyprodukowania całego projektu. Praca wykonana techniką stereolitografii charakteryzuje się wysoką dokładnością. Dzięki temu czas potrzebny na późniejszą obróbkę mechaniczną wydruku jest znacznie zredukowany. Przy zbyt intensywnym naświetleniu modele mogą popękać, dlatego trzeba wziąć pod uwagę moc używanej lampy (5).

Wydrukowany model na powierzchni może posiadać resztki nieutwardzonej żywicy. W celu pozbycia się pozostałości należy umieścić go w myjce ultradźwiękowej, w której znajduje się roztwór z alkoholu izopropylowego bądź innego środka czyszczącego. Na rynku dostępne są bezzapachowe alternatywy IPA takie jak PhotocentricResinCleaner 30. Cieszą się one coraz większą popularnością ze względu na dużą skuteczność oraz przyjazność dla środowiska (6). Przed przystąpieniem do konstrukcji systemu wlewowego wydruk należy dokładnie opracować, aby nie miał ostrych krawędzi. Szczególną uwagę należy zwrócić na miejsca po usuniętych strukturach supportujących.

Konstrukcja systemu wlewowego

Zaprojektowano dwa systemy wlewowe – dla woskowej protezy szkieletowej wymodelowanej tradycyjnie i dla protezy wydrukowanej w 3D. Oba systemy wykonano zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami. Uzupełnienie woskowe umieszczone jest w pierścieniu na modelu z masy osłaniającej, a uzupełnienie z żywicy bez modelu – ze względu na różnice we właściwościach fizycznych obu materiałów. Właściwości te umieszczono w tab. 2. Zaprojektowane systemy wlewowe przedstawiono na fot. 1-5.

Na jakość odlewu oprócz kształtu kanałów wpływają ich liczba, pojemność, długość oraz miejsce ich przymocowania. W literaturze zalecane jest stosowanie od 2 do 3 kanałów głównych (11). Długość kanałów powinna być możliwie najmniejsza (12). Średnica kanałów zależy od ich funkcji – kanały główne mają średnicę od 3,5 do 5 mm, a kanały uzupełniające od 2 do 3 mm (11, 13). Najczęściej projekt systemu wlewowego musi być dostosowany do rodzaju wykonywanego uzupełnienia co do liczby kanałów, która zależy od typu i zasięgu uzupełnienia – w przypadku protez szkieletowych w dolnej protezie umieszczane są 2 kanały, a w górnej ▶

reklama

SERWIS MIKROSILNIKÓW



Schick, Muss, KaVo, NSK, Carlo di giorgi, Saeshin, MicroNX, Marathon, W&H, Forte, Strong, MVK, Faulhaber, Yajada, Fino i inne

Czas naprawy najczęściej 1-2 dni

Jest możliwość wysłania naszego mikrosilnika na czas naprawy Państwa sprzętu.

Serwisujemy na oryginalnych częściach

Udzielamy pisemnej gwarancji na dokonane naprawy

Wystawiamy faktury VAT

Masz silnik którego nikt nie chce naprawić. Dzwoni, my się nie poddamy.

Doradzamy i sprzedajemy nowe mikrosilniki

Bezpłatna wycena naprawy

EWENTUALNE NAPRAWY TYLKO PO PEŁNEJ AKCEPTACJI TELEFONICZNEJ.

AMD DenTech
Stary Imielnik 26A,
95-010 Stryków
tel. 42 611 67 68,
mobile: **504 06 90 90**



www.serwismikrosilnikow.pl

► – od 2 do nawet 4. W obawie przed niedopłynięciem metalu można dodatkowo zastosować tzw. kanały uzupełniające. Trzeba jednak pamiętać, że zwiększenie liczby kanałów nie jest równoznaczne z poprawą dokładności odlewu i nie warunkuje ono pewności odlania uzupełnienia. Ponadto wiąże się to również z wydłużonym czasem odcinania kanałów po odlaniu pracy (12). Kanały po przyklejeniu do wymodelowanej pracy protetycznej łączą się ze sobą w miejscu zbiegu ich wolnych zakończeń. Na nich umieszcza się stożek odlewniczy (11).

Prefabrykowane kanały wykonane są z wosku odlewowego. Najważniejszą cechą odróżniającą ten rodzaj wosku od pozostałych jest spalanie bezreszkowe (14). W jego składzie wyróżniamy m.in. wosk karnauba, wosk pszczeli, stearynę, parafinę oraz wosk japoński. Wosk ten musi mieć zachowane odpowiednie parametry, aby mógł spełniać swoją funkcję – na rynku dostępne są bagnetowe pałeczki oraz okrągłe lub kwadratowe płytki, których grubość jest ściśle określona – zaczynając od 0,2 do 1 mm, zwiększając co 0,05 mm (15). Można wyróżnić dwa rodzaje wosku odlewowego – bardziej miękki, zwany letnim, oraz

twardszy, zwany zimowym. Różnią się one temperaturą uplastycznienia (14).

Forma odlewnicza

Następnym krokiem jest zatopienie modelu z przygotowanym systemem wlewowym w masie osłaniającej. W przypadku zastosowania wydrukowanego prefabrykatu uzupełnienia zaleca się zrobienie tego do godziny od wydrukowania. Aby wykonać ten etap, model należy umieścić w pierścieniu. Istotne jest, aby model w żadnym miejscu nie miał kontaktu ze ścianami pierścienia. W zależności od rodzaju materiału, z jakiego jest wykonany model przysłanego uzupełnienia, należy wybrać odpowiednią masę osłaniającą. Skład masy jest również zależny od jego temperatury lub przedziału topnienia. Podczas wykonawstwa protezy ze stopów chromowokobaltowych lub chromoniklowych stosuje się masy osłaniające spajane fosforanami z dedykowanym płynem. Są one przystosowane do odlewania stopów wysokotopliwych, jakimi są wyżej wymienione materiały. Ich przedział topnienia wynosi 1240-1420°C. Ilość użytej masy ogniotrwałej powinna być taka, aby ►

CECHA	WARTOŚĆ
Obszar roboczy	33 x 18,5 x 40 cm
Rozdzielczość	43 μm
Średnia prędkość druku	70 mm/h
Źródło światła	405 nm ParaLED Matrix 3.0
Grubość warstwy	0,01-0,30 mm

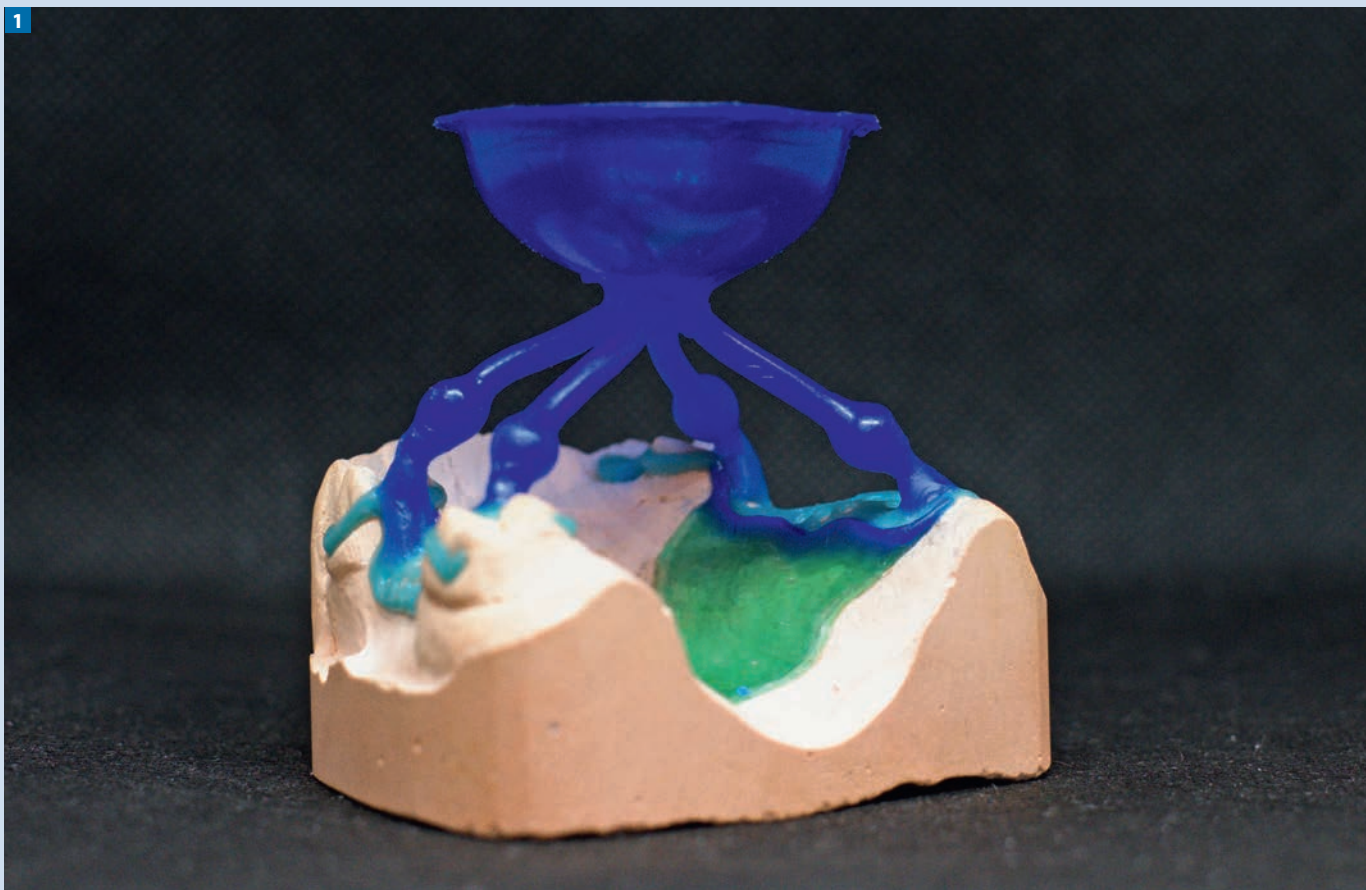
Tab. 1. Wybrane właściwości drukarki Phrozen 8K Sonic Mega

CECHA	WOSK ODLEWOWY	ŻYWICA ŚWIATŁOUTWARDZALNA
Skład (7)	wosk karnauba wosk pszczeli stearyna parafina wosk japoński barwniki	oligomery dimetakrylanu diuretanowego wypełniacze – dimetakrylan poliuretanowy lub polimetakrylan metylu dimetakrylan uretanu aktywator komforochinonowy
Spalanie (7)	bezreszkowe	bezreszkowe
Postać (7)	arkusze, gotowe elementy, m.in. klamry oraz okrągłe, półokrągłe i półgruszkowate pałeczki	pasty lub płyny
Temperatura spalania (7)	500°C	670-690°C
Moduł elastyczności	0,634-0,972 MPa w 23°C (8)	1,791 MPa*
Wytrzymałość na zginanie	5,07-6,32 MPa (9)	86 MPa*

Tab. 2. Właściwości wosku odlewowego i żywicy światłoutwardzalnej

*wartości podane przez producenta żywicy IMPRIMO® LC CAST (10)

1



Fot. 1. Projekt systemu wlewowego dla protezy szkieletowej modelowanej z wosku

2



Fot. 2. Projekt systemu wlewowego dla protezy szkieletowej modelowanej z wosku



Fot. 3. Projekt systemu wlewowego zaprojektowanego dla protezy drukowanej z żywicy



Fot. 4. Projekt systemu wlewowego zaprojektowanego dla protezy drukowanej z żywicy



Fot. 5. Projekt systemu wlewowego zaprojektowanego dla protezy drukowanej z żywicy

- jej poziom sięgał do rantu lejka odlewowego lub nieco poniżej (16).

Do uzupełnień drukowanych z żywicy zalecane jest użycie wzmocnionej masy fosforanowej. Jest to rodzaj masy, która w składzie posiada krzemionkę koloidalną. W trakcie jej mieszania należy zwrócić szczególną uwagę na czas trwania procesu. Podczas wypalania pierścienia istnieje możliwość jego pęknięcia. Główną przyczyną powstania tego problemu jest ciśnienie, powstające podczas wypalania żywicy, z której sporządzony jest model. Aby uniknąć niepowodzenia, należy pamiętać, żeby ilość żywicy wykorzystanej na projekt przyszłej protezy szkieletowej nie była zbyt duża. Im mniejsza ilość żywicy, tym mniejsze ciśnienie powstające w pierścieniu, a tym samym ryzyko pęknięcia jest zminimalizowane. Ponadto zastosowanie wzmocnionej masy osłaniającej również redukuje niepowodzenia wynikające ze wzrostu ciśnienia (17).

Formy odlewnicze wypełnia się stopem w odlewni odśrodkowej w ten sam sposób, niezależnie od techniki wykonania modelu przyszłego uzupełnienia.

Podziękowania dla laboratorium „Laboral” Sebastian Wawrzyniuk za wykonanie wydruku 3D protezy szkieletowej. ■

Piśmiennictwo

1. Akinori T. et al.: *Influence of reinforcement bar on accuracy of removable partial denture framework fabricated by casting with a 3D-printed pattern and selective laser sintering.* „Journal of Prosthodontic Research”, 2021, 65, 2, 213-218. doi:10.2186/jpr.JPOR_2020_10.
2. Alifui-Segbaya F., Williams R., George R.: *Additive manufacturing: a novel method for fabricating cobalt-chromium removable partial denture frameworks.* „The Eu-

ropean Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry”, 2017, 25, 73-78.

3. Javaid M., Haleem A.: *Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review.* „Journal of Oral Biology and Craniofacial Research”, 2019, 9, 3, 179-185.
4. https://www.3djake.pl/phrozen/sonic-mega-8k?gclid=Cj0KCQjw3lqSBhCoARIsAMBkTb0ISMcup9mJCEO_Le1edNCqR8ylrKzgTdDzYW5aUaMc2VcFeWPA6gca-ALFgEALw_wcB
5. Hima N.S., Anand K.S., Sreekumar A.V.: *3D Printing in Prosthodontics.* „Int J Recent Sci Res.”, 2020, 11(05), 38721-38724. doi: <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2020.1105.5364>
6. http://data.dt-shop.com/fileadmin/media/sdb/00698_sdb_enu.pdf
7. Craig R.G.: *Materiały stomatologiczne.* Wyd. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2006.
8. Craig R.G. et al.: *Strength properties of waxes at various temperatures and their practical application.* „Journal of Dental Research”, 1967, 46, 1, 300-305. doi:10.1177/00220345670460013101.
9. Kotsiomi E., McCabe J.: *Experimental wax mixtures for dental use.* „Journal of Oral Rehabilitation”, 1997, 24, 517-521. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1997.tb00367.x>
10. Denon dental: *Scheu-dental, żywice 3D, żywice światłoutwardzalne do zastosowania w stomatologii.* https://dental.pl/wp-content/uploads/2022/03/zywice_scheudental_2022.pdf

Pełne piśmiennictwo dostępne na dentalmaster.pl.

- 1 Zakład Technik Dentystycznych i Zaburzeń Czynnościowych Narządu Żucia Gdański Uniwersytet Medyczny p.o. kierownika: dr n. med. Klaudia Suligowska
- 2 Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Technik Dentystycznych i Zaburzeń Czynnościowych Narządu Żucia Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

reklama

UPCERA.pl

- wyśmienita estetyka
- precyzyjne dopasowanie
- pełna wytrzymałość
- frezowanie: **projekt gratis**
- **promocyjna cena 120,-/punkt**

Frezujemy **korony, mosty, pełne łuki, licówki** z wielowarstwowych krążków cyrkonowych.

BALLITO

tel. 42 658 56 58

888 68 68 69

www.upcera.pl