

Agnieszka MATERAC<sup>1</sup>, Adam NIESŁONY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska, Opole

## PORÓWNANIE METODY KLEJENIA ORAZ PRZYKRĘCANIA KORONY ZĘBA DO ŁĄCZNIKA IMPLANTU STOMATOLOGICZNEGO PRZY POMOCY ANALIZY MES

**Streszczenie:** Istnieją dwie metody osadzania sztucznej korony zęba na łączniku. Wyróżniamy klejenie (cementowanie), które jest kosztowną metodą, ale pozostawia bardzo zadowalający efekt końcowy leczenia oraz przykręcanie korony zęba – tańsze, jednak problematyczne i pozostawia ślady lakowania na koronie. W artykule przedstawiono porównanie wytrzymałości poszczególnych połączeń przeprowadzone przy pomocy Metody Elementów Skończonych. Uproszczone modele zostały poddane sile równej 100N oraz 500N.

**Słowa kluczowe:** cement, klejenie, przykręcanie korony, łącznik, implant stomatologiczny

### 1. WSTĘP

W obecnych czasach estetyka stawiana jest na wysokim miejscu w naszym życiu. To właśnie poczucie estetyki prowadzi pacjentów w kierunku uzupełniania ubytków jamy ustnej. Pomimo wysokiej ceny najczęściej wybieraną metodą zastępowania braku uzębienia są implanty stomatologiczne. Wysoka cena zabiegu jednak nie gwarantuje stuprocentowego powodzenia leczenia implantacyjnego. Najczęstsze problemy stanowią te, które związane są z procesami osteointegracji (procesy zrastania się tytanowej śruby implantu z kością, w której śruba została osadzona), stabilizacji konstrukcji implantu oraz mocowaniem sztucznej korony zęba na łączniku implantu. Wciąż brak efektywnych wyników badań wytrzymałościowych, szczególnie nad ostatnim zagadnieniem.

Wyróżnia się dwa rodzaje połączenia korony zęba do konstrukcji implantu stomatologicznego, które spotyka się w implantologii stomatologicznej: przykręcanie oraz klejenie zwane również cementowaniem. Metody te różnią się od siebie: wykorzystywanymi materiałami do tego celu, kształtem elementów łączonych, metodyką, ale także efektem końcowym i estetycznym oraz wytrzymałością połączenia [3].

W pracy przedstawiono analizę wytrzymałości omawianych połączeń korony zęba do łącznika implantu. Celem jest porównanie tych dwóch połączeń. Do analizy zastosowano Metodę Elementów Skończonych, typowe kształty połączenia oraz prostą koronę zęba bez nawisów.

## 2. METODY MOCOWANIA KORONY ZĘBA NA ŁĄCZNIKU IMPLANTU

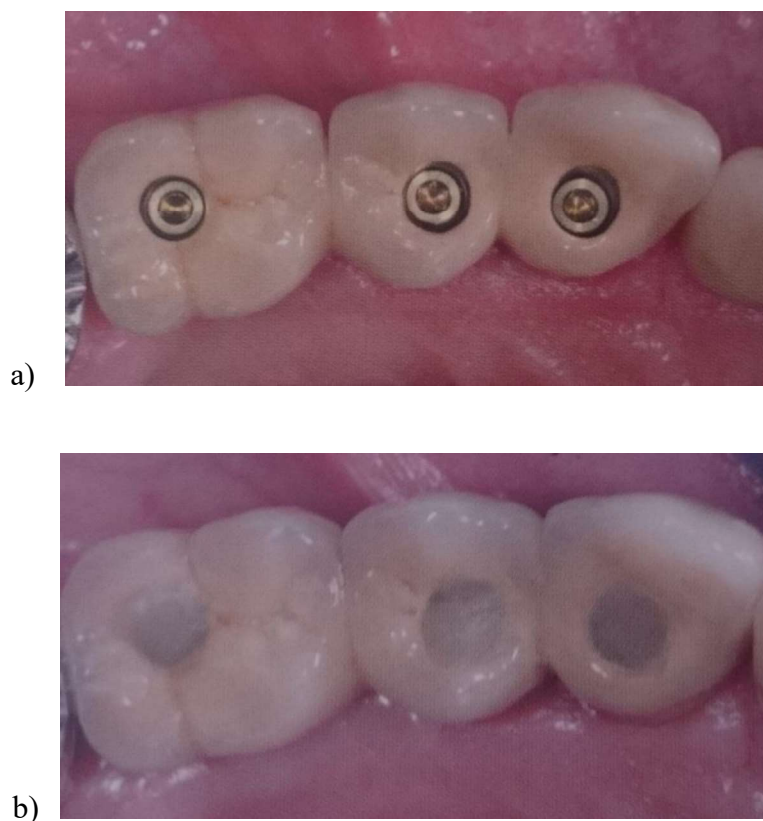
Sposób połączenia korony z metalowym łącznikiem jest jednym z bardziej istotnych czynników wpływającym na efekt końcowy i powodzenie całego zabiegu uzupełnienia ubytków. To dobrze dopasowana korona stanowi kwintesencję leczenia implantacyjnego opartego o aspekty estetyczne. Potrzebne są jeszcze stosowne badania, aby uzupełnić je o aspekty wytrzymałościowe. Każdy z dwóch omawianych sposobów połączenia posiada swoje wady i zalety.

### 2.1. Przykręcanie korony zęba

Połączenie śrubowe jest połączeniem nieskomplikowanym i charakteryzuje się zazwyczaj mniejszym wydatkiem pieniężnym dla pacjenta. Jednocześnie jest bardziej wytrzymałe na siły okluzyjne występujące w jamie ustnej pacjenta.

Metoda przykręcania korony zęba polega na zamontowaniu w implancie standardowego łącznika lub takiego z pochyłem  $15^\circ$ ,  $20^\circ$  lub  $30^\circ$ . Na łączniku umieszcza się sztuczną koronę zęba z odpowiednim otworem dla śruby, którą skręcane są te dwa elementy. Na koniec otwory zostają zalakowane [2, 3].

Niestety efekt końcowy nie należy do najbardziej estetycznych (rys. 1), a w razie problemów związanych z barwą czy wielkością korony zęba, zalakowane połączenie utrudnia usunięcie korony i ponowne jej założenie [3]. Ze względu na estetykę metody najczęściej stosuje się ją na górne tylne zęby tam, gdzie nie będą widoczne lakowane otwory podczas codziennego funkcjonowania jamy ustnej pacjenta.



Rys. 1. Efekt metody przykręcania korony zęba: a) przed lakowaniem otworów, b) efekt końcowy po lakowaniu [3]

## 2.2. Przyklejanie korony zęba (cementowanie)

Klejenie jest najbardziej popularną i najczęściej stosowaną metodą. Jest droższa niż przykręcanie korony, ale zapewnia znacznie korzystniejszy efekt estetyczny (rys. 2). Przede wszystkim po jej zastosowaniu nie zostają widoczne miejsca lakowania otworów. Ponadto, klej ułatwia dostęp do łącznika i korony w razie konieczności jej usunięcia.



Rys. 2. Efekt końcowy metody klejenia korony zęba [3]

Wytrzymałość połączenia niestety nie jest tak wysoka jak w przypadku poprzedniej metody [3]. Prowadzi to do dość częstego wypadania korony z konstrukcji implantu na skutek dużego i zmiennego obciążenia złącza. Negatywny wpływ również ma środowisko biologiczne jamy ustnej, które oddziałuje na strukturę implantu oraz wytrzymałość materiałów protetycznych [4]. Dla powodzenia tej metody znaczenie ma także kształt, wielkość korony, jak i również zastosowanie nawisów.

## 3. MATERIAŁY I METODY BADAŃ

### 3.1. Materiały wykorzystane do badań

Głównymi materiałami stosowanymi w implantologii stomatologicznej są tytan, stале nierdzewne lub stop kobaltowo-chromowy, porcelana stomatologiczna oraz cementy kompozytowe. Taki rodzaj cementu posiada najlepsze właściwości mechaniczne spośród cementów stosowanych do klejenia. Charakteryzuje się w szczególności największą wytrzymałością na ściskanie i rozciąganie, co jest bardzo ważnym aspektem w prawidłowym funkcjonowaniu uzupełnień jamy ustnej przy jej codziennej pracy. Ponadto są niezwykle estetyczne na skutek barwy zbliżonej do koloru tkanek zębów, a co najważniejsze – zapewniają największą siłę połączenia z tkankami i materiałami oraz szczelność [7, 9]. Cementy stosowane są także na odbudowę ubytku w zębie pacjenta lub przy osadzeniu innych uzupełnień protetycznych.

Do badań wykorzystany został najpopularniejszy i powszechnie stosowany klej o handlowej nazwie RelyX Unicem. Klej RelyX Unicem jest cementem na bazie tlenku cynku bez eugenolu w swoim składzie, dzięki czemu może być stosowany jako klej mocujący koronę zęba na łączniku, a także jako materiał do wykonywania precyzyjnych uzupełnień ubytków w naturalnym zębie. Te możliwości zapewnia przede wszystkim mocne wiązanie kleju z materiałem oraz kremowa barwa cementu, która odpowiada naturalnej barwie uzębienia ludzi [1].

Stop kobaltowo-chromowy stosuje się w implantologii stomatologicznej na wszystkie metalowe elementy implantu: śrubę mocującą konstrukcję i śrubę mocującą koronę oraz

łącznik. Stop jest wysoko odporny na korozję, a także nie jest inwazyjny dla środowiska w jamie ustnej organizmu.

Tabela 1. Własności materiałów użytych do analizy [6-7]

Material	Moduł Younga [MPa]	Współczynnik Poissona
Tytan Ti-6Al-4V	110 000	0,32
Stop kobaltowo-chromowy	220 000	0,30
Porcelana stomatologiczna	612 000	0,19
Klej RelyX Unicem	39 000	0,35

Tab. 1 zawiera zestawienie stałych materiałowych wykorzystanych w analizie przy pomocy Metody Elementów Skończonych.

### 3.2. Metoda Elementów Skończonych

Do analizy Metodą Elementów Skończonych przygotowane zostały uproszczone modele poszczególnych elementów konstrukcji. Powstaną z nich dwa modele całościowe implantów stomatologicznych:

- model z koroną zęba przyklejaną do łącznika,
- model, do którego korona zęba jest przykręcona.

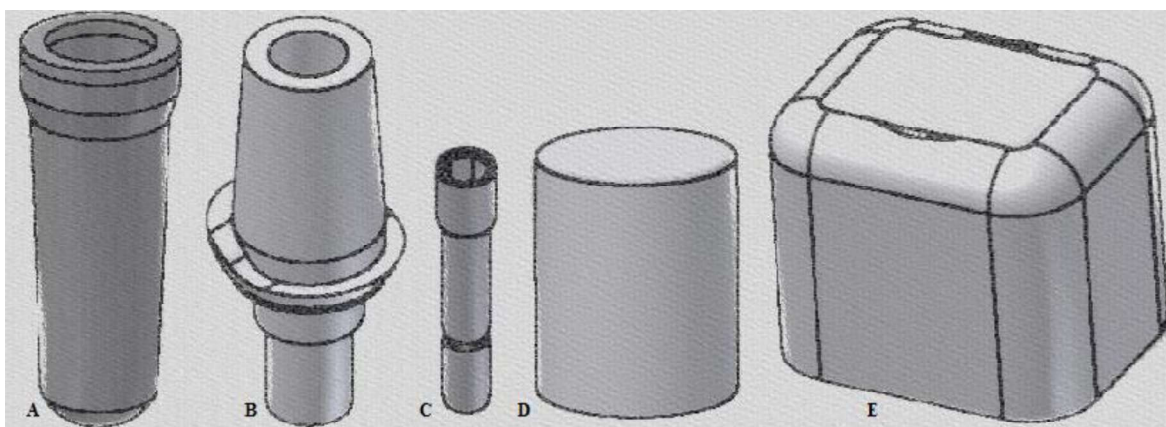
Pierwszy model składać się będzie z uproszczonego modelu:

- śruby implantu (o długości  $l=16$  mm i  $\phi 6$  mm),
- łącznika (o wymiarach  $l=17$ , największej średnicy  $\phi 7,8$  i średnicy górnej  $\phi 4,8$ ),
- śruby mocującej łącznik (o wymiarach  $l=14$  i  $\phi 2,2$ ),
- warstwy kleju (o grubości 0,02),
- korony zęba (o długości  $l=9,8$ , szerokości  $b=8$  i wysokości  $h=9,5$ ).

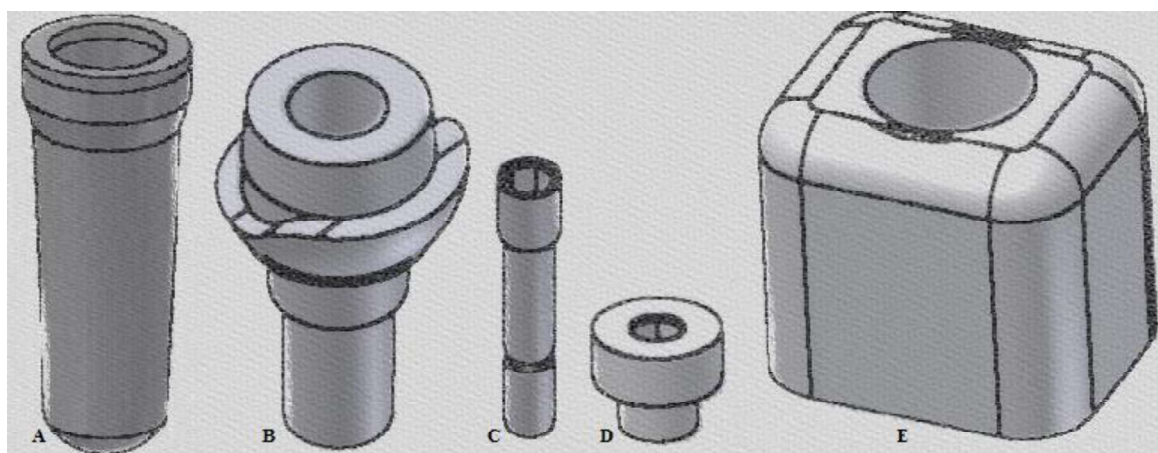
Składowe drugiego modelu to:

- śruba implantu (o długości  $l=16$  mm i  $\phi 6$  mm),
- łącznik (o wymiarach  $l=12$ , największej średnicy  $\phi 7,8$  i średnicy górnej  $\phi 5,9$ ),
- śruba mocująca łącznik (o wymiarach  $l=14$  i  $\phi 2,2$ ),
- śruba mocująca koronę (o wymiarach  $l=4$  i  $\phi 2,9$ ),
- korona zęba z otworem na śrubę (o wymiarach  $l=9,8$ ,  $b=8$  i  $h=9,5$  z otworem  $\phi 4,8$ ).

Wszystkie elementy zostały zaprojektowane w programie Autodesk Inventor Professional na podstawie rzeczywistego implantu stomatologicznego firmy CAMLOG<sup>®</sup>. Długość i średnica śruby dla obu modeli to odpowiednio  $l=16$  mm i  $\phi 6$  mm. Takie wielkości śrub stosuje się na zęby trzonowe. Wymiary korony zęba dla obu modeli opracowano na podstawie zdjęć tomograficznych pacjenta, który posiada ubytek w żuchwie w miejscu zęba numer 36 bez widocznego ubytku w kości pacjenta. Wykorzystane modele do analizy MES przedstawione zostały na rys. 3 i rys. 4.



Rys. 3. Uproszczone elementy konstrukcji dla implantu z połączeniem klejonym, gdzie: A – śruba implantu, B – łącznik, C – śruba mocująca łącznik, D – warstwa kleju, E – korona zęba



Rys. 4. Uproszczone elementy konstrukcji dla implantu z przykręcanym połączeniem, gdzie: A – śruba implantu, B – łącznik, C – śruba mocująca łącznik, D – śruba mocująca koronę z otworem na śrubę, E – korona zęba

Modele zostały poddane działaniu następujących sił [5]:

- 100 N – średnia siła najczęściej przytaczana w literaturze działająca na implant,
- 500 N – maksymalna siła zgryzu wytwarzana przez osoby posiadające parafunkcje zgryzu.

Osoby posiadające parafunkcje zgryzu (np. bruksizm) z założenia nie są klasyfikowane do leczenia implantacyjnego. Jednak w zależności od stopnia zaawansowania choroby, ostateczną decyzję podejmuje lekarz prowadzący zabieg.

Analiza MES została przeprowadzona przy pomocy programu FEMAP przy wykorzystaniu modułu obliczeniowego NX Nastran. Program również podzielił poszczególne elementy konstrukcji na elementy skończone.

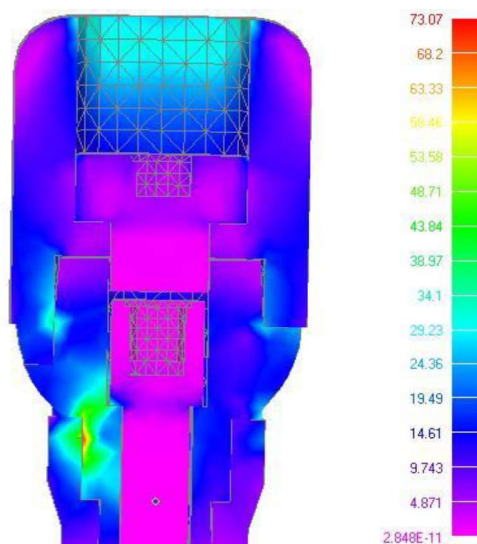
Śrubie implantu odebrano wszystkie stopnie swobody symulując jej umieszczenie w kości pacjenta i utwierdzono na jej powierzchni. Przy pomocy śruby mocującej umiejscowiono łącznik na implancie. Dla pierwszego modelu - połączenia klejonego, na łączniku osadzono zamodelowaną warstwę kleju i koronę zęba. Dla drugiego modelu natomiast - metody przykręcania, koronę z otworem osadzono za pomocą małej śruby mocującej. W obu przypadkach obciążenie zadano prostopadle do górnej powierzchni korony zęba, a także zastosowany został kontakt pomiędzy poszczególnymi elementami konstrukcji.

Każdemu elementowi zostały nadane odpowiednie własności materiałowe odpowiadające stałym materiałowym zawartym w tabeli 1. Własności materiałowe tytanu nadane zostały śrubom implantowym, własności stopu kobaltowo-chromowego nadano wszystkim

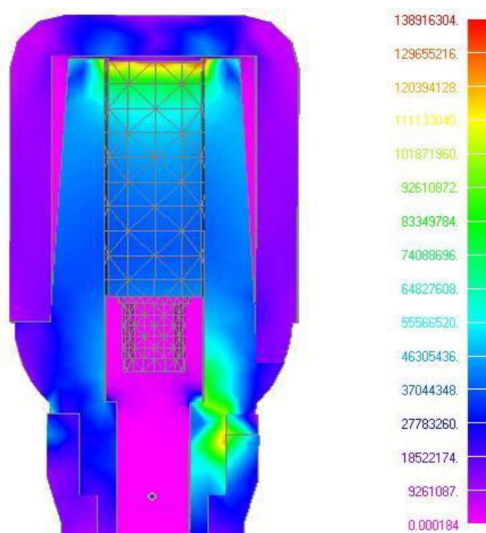
metalowym elementom: łącznikom, śrubom mocującym łącznik i śrubie mocującej koronę. Warstwa kleju otrzymała własności kleju RelyX, a korony zębów porcelany stomatologicznej.

#### 4. WYNIKI ANALIZY

Na rys. 5 oraz rys. 6 przedstawiono przykładowe wyniki przeprowadzonej symulacji dla połączenia śrubowego oraz połączenia klejonego.



**Rys. 5. Naprężenia zredukowane według hipotezy Hubera-Misesa dla połączenia śrubowego korony zęba przy obciążeniu równym 500N podane w megapascalach**



**Rys. 6. Naprężenia zredukowane według hipotezy Hubera-Misesa dla połączenia klejonego korony zęba z łącznikiem i przy obciążeniu równym 100N podane w pascalach**

#### 5. PODSUMOWANIE

Porównanie dwóch typów połączeń wykorzystywanych do osadzenia korony zęba na łączniku implantu stomatologicznego przy pomocy Metody Elementów Skończonych

pozwoiliła określić wartości maksymalne naprężeń występujących w połączeniu. Wielkości uzyskane w obu przypadkach dla standardowej korony nie różnią się od siebie znacznie.

Tabela 2. Wyniki analizy

Zadana siła	Wartości maksymalne naprężenia według hipotezy Hubera-Misesa	
	połączenie przykręcane	połączenie klejone
100N	15 MPa	14 MPa
500N	73 MPa	68 MPa

Wartości maksymalne naprężenia w obu metodach połączenia występują przy połączeniu implantu z łącznikiem. Wynika to z kształtu podstawy łącznika stosowanego przez firmę CAMLOG®. Taki łącznik został użyty do analizy. Wyniki analizy dla obu metod zostały zamieszczone w tabeli 2. Maksymalne naprężenia dla klejenia to 14MPa i 68MPa dla obciążenia równego odpowiednio 100N i 500N. Dla przykręcania korony wynosiły odpowiednio 15MPa oraz 73MPa.

Analiza wykazała, że wielkości maksymalne naprężeń dla obu przypadków nie różnią się znacznie od siebie. Wyniki sugerują jednakowe korzyści wytrzymałościowe zarówno dla metody przykręcania korony zęba, jak i dla metody klejenia. Badania odnosiły się do standardowej (pod względem wielkości) korony zęba. Stosowanie korony zęba przekraczającej standardowe procedury może znacząco wpłynąć na wytrzymałość konstrukcji implantu. Wartości maksymalne naprężeń dla klejonej korony zęba z nawisem są dziesięciokrotnie większe od wartości maksymalnych naprężeń klejonej korony standardowych rozmiarów [8].

## LITERATURA

- [1] 3M ESPE: Materiały produktów firmy – RelyX.
- [2] CAMLOG: CONELOG® Implant System. Katalog produktów, 2012.
- [3] CAMLOG: Zbiór przypadków klinicznych. Zeszyt 1: Implantacje z wykorzystaniem systemów CAMLOG®.
- [4] Hajduga M., Zdziech T.: Wpływ środowiska jamy ustnej na uzupełnienie protetyczne metalowo-ceramiczne. *Mechanika w Medycynie*, 2010, s. 71-77.
- [5] Idzior-Haufa M., Hędzalek W., Rzątownski Sz., Gajdus P., Rychlik M.: Ocena wybranych właściwości mechanicznych połączenia kładkowego wspartego na dwóch implantach – badania wstępne. *Protetyka Stomatologiczna*, nr 6, 2013, s. 441-449.
- [6] Kayabasi O., Yüzbasioglu E., Erzincali F.: Static, dynamic and fatigue behaviors of dental implant using finite element method. *Advances in Engineering Software*, no 37, 2006, p.649-658.
- [7] Marzec-Gawron M., Michalska S., Dejak B.: Properties of contemporary resin cements and their adhesion to enamel and dentin. *Protetyka Stomatologiczna*, nr 3, 2012, s.173-180.
- [8] Materac A., Niesłony A.: Analiza stanu naprężenia w połączeniu łącznik-korona dla korony zęba z nawisem. *Aktualne Problemy Biomechaniki*, zeszyt nr 9, 2015, s. 79-82
- [9] MIK A.: Cementy w medycynie. *Laboratoria.net*, 2013.

---

## COMPARATIVE ANALYSIS OF ADHESIVE METHOD AND TOOTH CROWN SCREWING TO THE ABUTMENT OF DENTAL IMPLANT

**Abstract:** There are two methods of tooth crown deposition on the abutment. Adhesive (cementation) is an expensive method, but in the end the result of treatment is very satisfactory. Tooth crown screwing is cheaper, but more problematic and it remains the traces of sealant on the crown. The article presents a strength comparative of selected connections made using the Finite Element Method. Simplified models were subjected to a force equal to 100N and 500N.