

Damian GAŚIOREK, Agata GUZIK, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska w Gliwicach

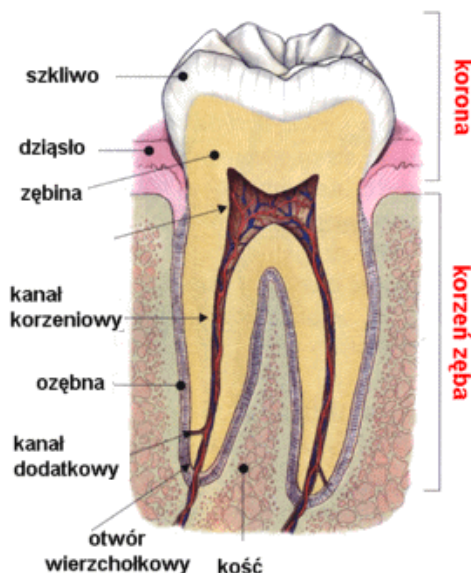
Dominik ROGALSKI, Koło Naukowe Mechatroniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej w Gliwicach,

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA ZĘBA TRZONOWEGO I JEGO IMPLANTU

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wytrzymałościową zęba trzonowego i implantu. Model wykonano jako 2D, a do analizy wytrzymałościowej użyto programu Ansys. Metoda elementów skończonych pozwoliła na wyznaczenie naprężeń i deformacji zęba i implantu pod wpływem działających na nie sił.

1. WSTĘP

Ząb stanowi strukturę złożoną z tkanek o różnych cechach. Znajomość podstawowych własności fizycznych i mechanicznych oraz budowy i składu tkanek jest ważna, aby lepiej zrozumieć ich zachowanie w warunkach panujących w jamie ustnej. W zębie jako obiekcie badań wytrzymałościowych, rozpatruje się przede wszystkim jego tkanki twarde: szkliwo i zębinę[6].



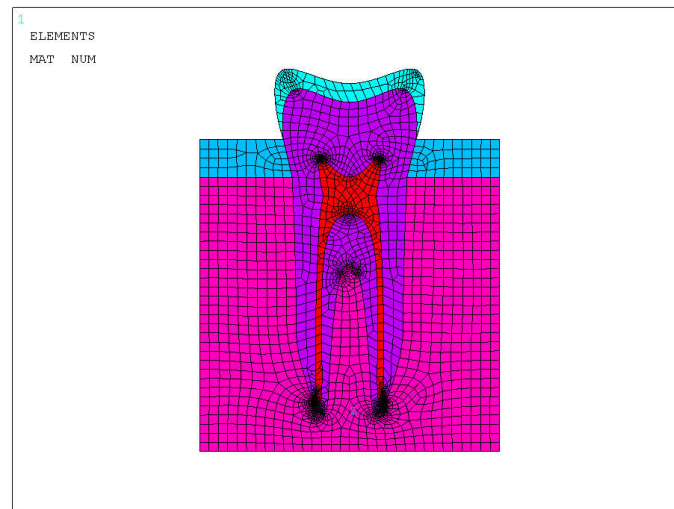
Rys.1. Budowa zęba[7]

Szkliwo zęba należy do tkanek twardych zęba, pokrywa koronę zęba stanowiąc jego najbardziej zewnętrzną część kontaktującą się z jamą ustną, złożone jest z hydroksyapatytów szkliwa i substancji międzypryzmatycznej. Jest jedną z najtwardszych i najlepiej zmineralizowanych tkanek występujących w organizmie człowieka. Funkcją szkliwa jest ochrona zębiny i miazgi zęba. Jego budowa zapewnia dużą odporność zęba na czynniki

mechaniczne, chemiczne i termiczne. Własności szkliva zależą od kierunku przebiegu pryzmatów. Zjawisko to nazywamy anizotropią (własności fizyczne i mechaniczne są różne w różnych kierunkach). Zjawisko to najbardziej zauważalne jest w przypadku wartości modułu sprężystości oceniając sztywność materiału, gdzie są duże rozbieżności. Można wyróżnić dwie grupy : pierwsza określona jest wartościami 10-30 GPa, nawet 50 GPa, zaś druga 60-90 GPa, a nawet 113 GPa. Wielkości modułu Younga różnią się także w zależności od zastosowanych metod pomiaru i zawartości minerałów w próbce. Liczba Poissona dla szkliva wynosi od 0,30 do 0,33 [6].

2. MODEL FIZYCZNY ZĘBA TRZONOWEGO I JEGO IMPLANTU

W pracy wykorzystano płaski model zęba trzonowego zgodnie z wymiarami zęba pierwszego dolnego trzonowca. Dyskretną siatkę zbudowano z 4281 elementów, które są połączone w 12986 węzłach.(rys. 2).

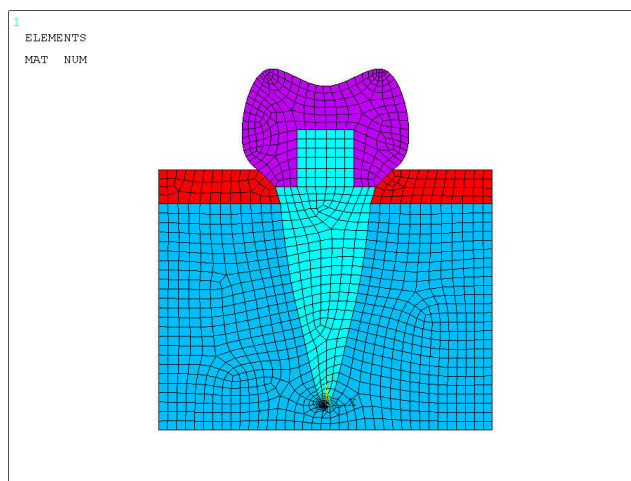


Rys. 2. Model zęba z nałożoną siatką elementów skończonych

Zagęszczenie elementów siatki zauważalne jest w miejscu sąsiadujących ze sobą różnych tkanek. Model ten został obciążony siłą pionową, w 10 węzłach o wartości 100 N oraz 290 N.

Zdarza się często, że odbudowy brakujących zębów dokonać można tylko poprzez wszczepienie implantu, gdy zawodzą tradycyjne metody protezowania lub gdy wszczepy stwarzają zdecydowanie lepsze warunki dla rekonstrukcji zęba. Dzisiejsza implantologia oferuje możliwości stosowania wszczepów we wszystkich typach braków zębowych od ubytku zęba pojedynczego, do całkowitego bezzębia włącznie.

W badaniu wykorzystano płaski model implantu zgodnie z wymiarami zęba pierwszego dolnego trzonowca. Dyskretną siatkę zbudowano z 1390 elementów, które są połączone w 4341 węzłach.(rys.3.).



Rys.3. Model implantu z nałożoną siatką elementów skończonych

Własności materiałowe tkanek zęba podano w tabeli 1, natomiast korzeń jest wykonany ze stopu CoCr28Mo6, dla którego $E=200\text{GPa}$, $\nu=0,3$, a dla korony, która jest wykonana z biomateriału ceramicznego hydroksyapatytowego wynoszą odpowiednio: $E=100\text{GPa}$ i $\nu=0,3$. Model został obciążony siłą w 10 węzłach o wartości 100 N i 290 N.

Tabela.1. Stałe sprężystości tkanek wykorzystane w pracy[5,6]

Tkanki zęba	Moduł Younga, E, MPa	Liczba Poissona, ν
Szklivo	62 000	0,33
Zębina	19 000	0,31
Miazga	2,06	0,45
Kość korowa	1 370	0,3
Kość gąbczasta	13 700	0,3

3. ZESTAWIENIE WYNIKÓW

Analizowano powstałe naprężenia, odkształcenia oraz przemieszczenia wywołane przyłożoną siłą. Otrzymano dla poszczególnych elementów mapy naprężeń i odkształceń według hipotezy Hubera oraz przemieszczeń sumarycznych.

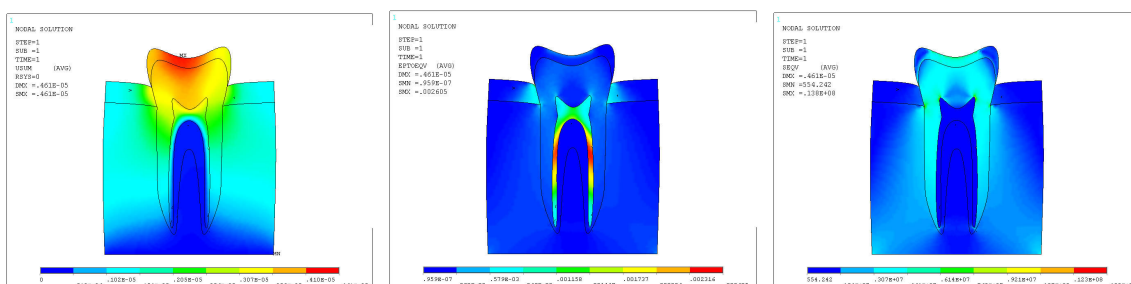
Wyniki zestawiono w tabeli 2, natomiast na rysunkach pokazano koncentrację maksymalnych naprężeń, odkształceń według hipotezy Hubera i przemieszczeń sumarycznych w całym modelu.

Tabela.2.

Maksymalne naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia w tkankach twardych zębzdrowego

Ząb zdrowy	Siła 100 N przyłożona do zęba		
	Maks. naprężenia [MPa]	Maks. odkształcenia [-]	Maks. przemieszczenia [m]
Szklivo	12,1	0.273e -3	0.461-e5
Zębina	13,8	0.727e-3	0.450e-5
Miazga	0,005	0,002605	0.403e-5
Kość korowa	2,31	0,001685	0.397e-5
Kość gąbczasta	6,92	0.505e-3	0.296e-5

	Siła 290 N przyłożona do zęba		
	Maks. naprężenia [MPa]	Maks. odkształcenia [-]	Maks. przemieszczenia [m]
Szkliwo	35	0.793e-3	0.134e-4
Zębina	40,1	0,002109	0,130e-4
Miazga	0,015	0,007556	0.117e-4
Kość korowa	6,69	0,004886	0,110e-4
Kość gąbczasta	20,1	0,001465	0,850e-5



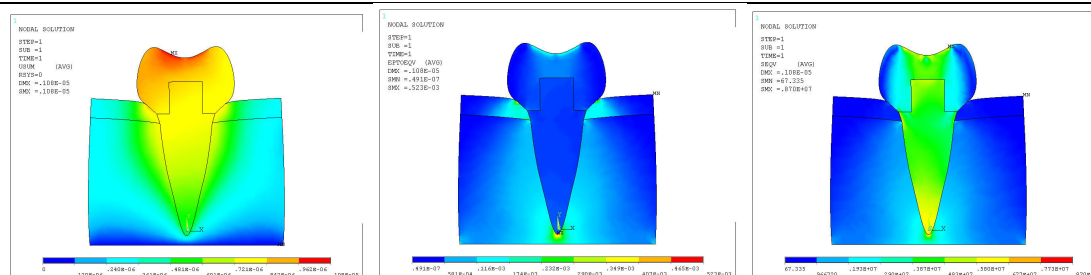
Rys.4. Mapy maksymalnych przemieszczeń sumarycznych, odkształceń oraz naprężeń według hipotezy Hubera w modelu zęba trzonowego obciążonym siłą 100 N

W przypadku modelu implantu analizowano powstałe naprężenia, odkształcenia oraz przemieszczenia wywołane przyłożoną siłą. Otrzymano dla poszczególnych elementów mapy naprężeń i odkształceń według hipotezy Hubera oraz przemieszczeń sumarycznych.

Wyniki zestawiono w tabeli 3, natomiast na rysunkach pokazano koncentrację maksymalnych naprężeń, odkształceń według hipotezy Hubera i przemieszczeń sumarycznych w całym modelu.

Tabela.3. Maksymalne naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia w tkankach twardych zęba oraz w biomateriałach

Implant	Siła 100 N przyłożona do implantu		
	Maks. naprężenia [MPa]	Maks. odkształcenia [-]	Maks. przemieszczenia [m]
Korona ceramiczna	8,70	0,173e-3	0,108e-5
Korzeń metalowy	7,26	0,363e-4	0,929e-6
Kość korowa	0,577	0,452e-3	0,932e-6
Kość gąbczasta	7,16	0,523e-3	0,824e-6
Siła 290 N przyłożona do implantu			
Korona ceramiczna	25,2	0,502e-3	0,314e-5
Korzeń metalowy	21	0,105e-3	0,269e-5
Kość korowa	1,67	0,001311	0,270e-5
Kość gąbczasta	20,8	0,001516	0,239e-5



Rys.5. Mapy maksymalnych przemieszczeń sumarycznych, odkształceń oraz naprężeń według hipotezy Hubera w modelu implantu obciążonego siłą 100 N

5. WNIOSKI

Porównując naprężenia występujące w zębie zdrowym obciążonym siłą 100 N oraz siłą 290 N zauważamy, iż największe naprężenia występują w obszarze zębiny, które wynoszą odpowiednio 13,8 MPa i 40,1 MPa. Również duże naprężenia występują w obszarze szkliwa (miejsce przyłożenia siły), które wynoszą 12,1 MPa (dla zęba obciążonego siłą 100 N) oraz 35 MPa (ząb obciążony siłą 290 N). Przemieszczenia natomiast rozkładają się równomiernie od największych w obszarze szkliwa do najmniejszych w obszarze kości gąbczastej. W obu przypadkach zębów największe odkształcenia występują w obszarze miazgi, materiał ten posiada najmniejszy moduł sprężystości wzdłużnej spośród wszystkich tkanek. W pozostałych obszarach odkształcenia są niewielkie.

W przypadku implantów można zauważyć, że największe naprężenia występują na powierzchni korony w miejscu przyłożenia siły (w pozostałej części korony naprężenia są bardzo małe) oraz w miarę przesuwania się w głąb korzenia. Jednak naprężenia występujące w implantancie oraz kości nie są duże, materiały te wytrzymają obciążenia (wytrzymałość na ściskanie materiału ceramicznego hydroksyapatytowego wynosi 509 – 917MPa). Przemieszczenia rozkładają się równomiernie od największych w obszarze korony do najmniejszych w obszarze kości gąbczastej lecz są bardzo niewielkie, około $0,314e-5$ m w obszarze korony do $0,239e-5$ m w obszarze kości gąbczastej. Odkształcenia również są niewielkie, jedynie w miejscu łączenia korzenia oraz kości gąbczastej występuje niekorzystne zjawisko, gdyż korzeń usiłuje „wbić” się w kość, co powoduje większe odkształcenia w tym miejscu. Podsumowując można stwierdzić, że wyżej wymienione zalety przyczynią się do coraz szerszego zastosowania implantów jako uzupełnienia brakujących zębów.

LITERATURA

- [1] Tejszerska D., Świtoński E. i inni: Biomechanika inżynierska. Zagadnienia wybrane – laboratorium, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [2] Będziński R.: Biomechanika inżynierska. Zagadnienia wybrane. Oficyna Wyd. Pol. Wrocławskiej, Wrocław 1997.
- [3] Kryst L., Chirurgia szczękowo twarzowa. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004.
- [4] Gąsiorek D., Guzik A., Modelowanie układu ząb-więzadło kość, Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej, tom 25, str. 47-52, Gliwice 2004.
- [5] Gąsiorek D., Gzik M., Wpływ własności materiałowych więzadeł na rozkład naprężeń w modelu ząb-więzadła-kość, Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej, tom 24, str. 47-52, Gliwice 2004.

[6] Kierkło A., Koncepcje analizy wytrzymałościowych tkanek zęba i wypełnień w wybranych przypadkach klinicznych metodami numerycznymi, Białystok 2002.

[7] <http://www.stomatolog.com.pl>

STRENGTH ANALYSIS OF THE MOLAR TOOTH AND ITS IMPLANT

Summary. Paper presents strength analysis of molar tooth and implant. Model was created as the 2D model, and for the strength analysis the Ansys program was used. Finite element method enabled to determine stresses and deformation of tooth and implant under the influence of applied forces.