MODELOWANIE INŻYNIERSKIE ISSN 1896-771X
36, s. 129-134, Gliwice 2008

DOBÓR OPTYMALNEJ GRUBOŚCI PŁYTKI STABILIZUJĄCEJ WYKORZYSTYWANEJ W METODZIE NUSSA

BOŻENA GZIK-ZROSKA, DAGMARA TEJSZERSKA

Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska
e-mail: bozena.gzikzroska@polsl.pl, dagmara.tejszerska@polsl.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania, których celem był dobór optymalnej grubości płytki stabilizującej wykorzystywanej w leczeniu lejkowatej klatki piersiowej metodą Nussa. W pracy sformułowano model parametryczny płytki, w którym grubość, długość, szerokość oraz wielkość wygięcia płyty są parametrami modelu. Obliczenia przeprowadzono dla trzech wariantów przyjętych ograniczeń.

1. WSTĘP

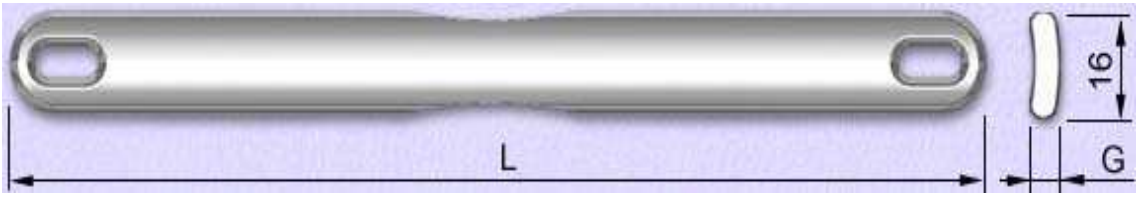
Historia operacyjnego leczenia lejkowatej klatki piersiowej na świecie sięga 1949 roku i wskazuje, że brak akceptacji wyglądu klatki i poczucie mniejszej wartości są wystarczającym wskazaniem do podjęcia leczenia operacyjnego. Lejkowata klatka piersiowa jest to wada wrodzona, skutek krzywicy lub rodzinne dziedzictwo, której deformacja polega na przesunięciu mostka w kierunku tylnym. W konsekwencji zmniejszony zostaje w znacznym stopniu wymiar przednio tylny i powoduje przemieszczenie serca z możliwością jego ucisku. Ograniczone jest oddychanie, przez co osoba szybciej się meczy i ma ograniczone możliwości aktywnego fizycznego funkcjonowania. Wymogiem zatem stało się leczenie tego schorzenia metodą operacyjną, różnego rodzaju technikami. Postępowanie operacyjne łączy się jednak z dość rozległym preparowaniem w obrębie przedniej ściany klatki piersiowej, co w konsekwencji prowadzi do powstania dużych blizn pooperacyjnych.

Metoda korekcji deformacji zaproponowana w 1987 roku przez dr. Donalda Nussa jest metodą mało inwazyjną i nie wymagającą resekcji chrząstek żebrowych oraz rozległych cięć przedniej ściany klatki piersiowej. W tym celu wykorzystuje się płytkę stabilizacyjną, której zadaniem jest wypchnięcie zniekształconego mostka, a następnie utrzymanie go w prawidłowej pozycji przez okres od 12 do 24 miesięcy [1, 2, 3, 4, 5].

W wielu publikacjach, których autorami są lekarze, istnieją wskazania na pojawiające się problemy w okresie przebywania implantu w organizmie człowieka. Komplikacje są w głównej mierze związane z przemieszczeniami, trwałymi odkształceniami czy też możliwością pęknięcia niektórych typów implantów w wyniku zmęczenia. Uszkodzony implant nie tylko może doprowadzić do nawrotu zniekształcenia klatki piersiowej, ale stanowi także realne niebezpieczeństwo dla życia pacjenta. W celu uniknięcia tych problemów konieczne jest opracowanie odpowiedniej metody doboru implantu, ze względu na panujący stan obciążenia przy korekcji deformacji.

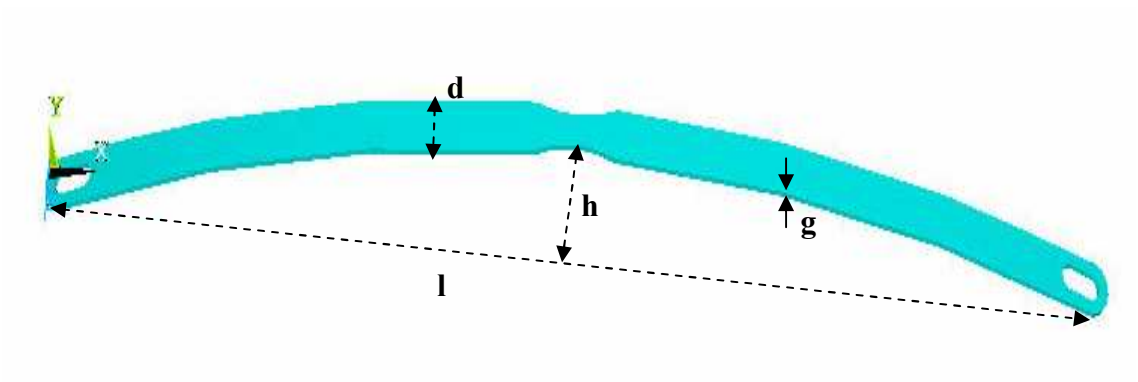
2. MODEL PARAMETRYCZNY PŁYTY STABILIZUJACEJ

Dobór optymalnej grubości płyty stabilizującej rozpoczęto od opracowania modelu numerycznego płyty. W tym celu w języku APDL sformułowano wsadowy plik parametryczny do programu Ansys. Model numeryczny odpowiada geometrii stosowanych płyt stabilizacyjnych w korekcji metodą Nussa produkowanych przez firmę Mikromed z Dąbrowy Górniczej (rys. 1).



Rys.1 Płyta stabilizująca produkowana przez firmę Mikromed [6]

Model numeryczny płyty stabilizującej sformułowano jako model parametryczny, w którym grubość, długość, szerokość oraz wielkość wygięcia płyty to parametry modelu (rys. 2). Jako parametr modelu wprowadzona jest również wielkość obciążenia pochodząca od nacisku przedniej ściany klatki piersiowej po korekcji lejkowatej deformacji. Wykorzystując dany plik parametryczny, można zatem tworzyć dowolny model płyty zmieniając jej wymiary.



Rys.2 Model numeryczny płyty stabilizującej

Podczas obliczeń numerycznych dla płyty stabilizującej przyjęto własności materiałowe przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1 Własności materiałowe płyty stabilizującej

Rodzaj stopu	Moduł Younga [GPa]	Liczba Poissona
PN – ISO 5832-1:1997	200	0,3

3. OPTYMALIZACJA CECH GEOMETRYCZNYCH PŁYTY STABILIZUJĄCEJ

W badaniach prezentowanych w niniejszej pracy starano się dobrać optymalną grubość płyty stabilizującej dla konkretnego przypadku klinicznego tak, aby po implantacji płyta nie ulegała odkształceniom plastycznym. Podczas doboru optymalnej grubości wzięto pod uwagę następujące kryteria:

- zapewnienie minimalnych przemieszczeń płyty,
- zapewnienie odpowiednich warunków wytrzymałościowych płyty, czyli nieprzekroczenie granicy odkształceń plastycznych.

W procesie doboru optymalnych cech konstrukcyjnych płyty stabilizującej wykorzystano moduł optymalizacji dostępny w programie Ansys.

Zadanie optymalizacji sformułowano jako zadanie minimalizacji objętości płyty stabilizującej przy ograniczeniach:
- grubości płyty,
- przemieszczenia płyty wzdłuż osi 0y,
- naprężeń.

Obliczenia numeryczne przeprowadzono dla trzech wariantów ograniczeń przedstawionych w tabeli 2.

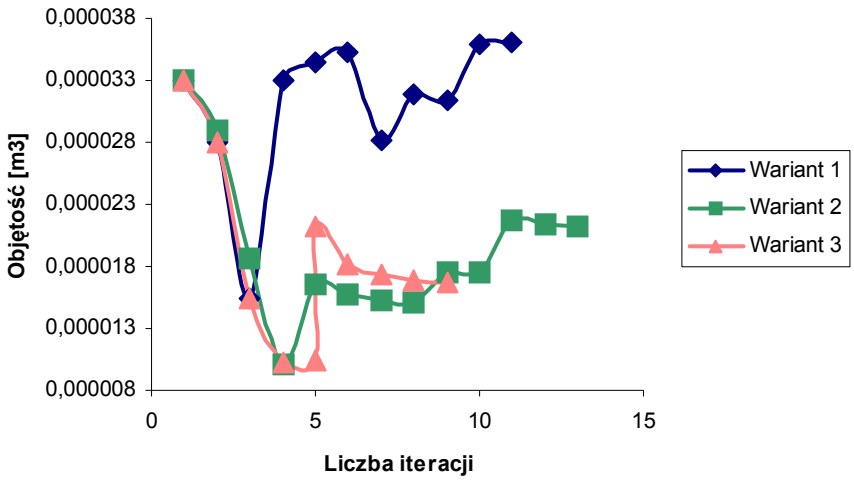
Tabela 2 Wartość przyjętych ograniczeń

Wariant I	Przemieszczenia płyty wzdłuż osi 0y	0 ÷0,002 [m]
	Naprężenia	0÷800 [MPa]
	Grubość płyty	0,001÷0,01 [m]
Wariant II	Przemieszczenia płyty wzdłuż osi 0y	0 ÷0,005 [m]
	Naprężenia	0÷800 [MPa]
	Grubość płyty	0,001÷0,005 [m]
Wariant III	Przemieszczenia płyty wzdłuż osi 0y	0 ÷0,008 [m]
	Naprężenia	0÷800 [MPa]
	Grubość płyty	0,001÷0,005 [m]

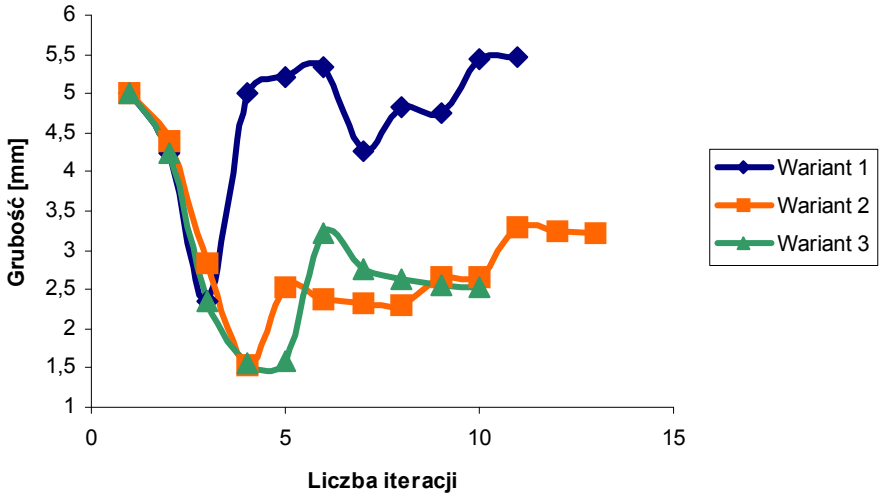
4. WYNIKI

Na poniższych rysunkach przedstawiono przebiegi optymalizacji funkcji celu i optymalizacji grubości płyty stabilizującej w kolejnych iteracjach dla trzech wariantów przeprowadzonych obliczeń.

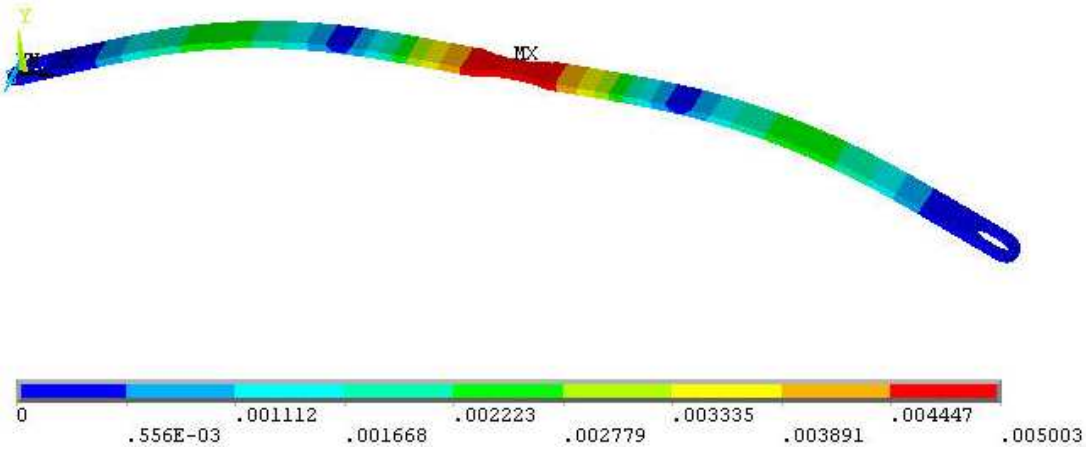
Przedstawiono również mapy przemieszczeń, naprężeń oraz odkształceń płyty stabilizującej, otrzymane dla optymalnych wartości grubości płyty w przypadku drugiego analizowanego wariantu obliczeń.



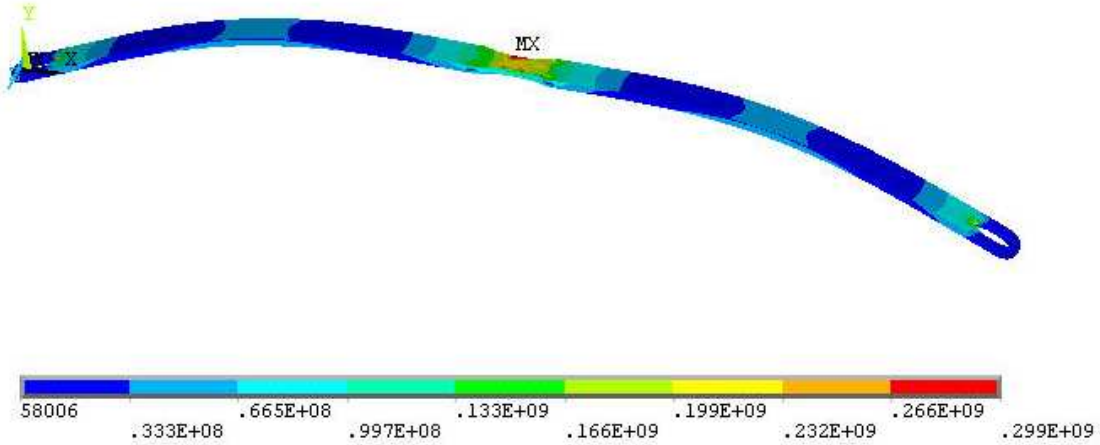
Rys.3 Przebieg optymalizacji funkcji celu



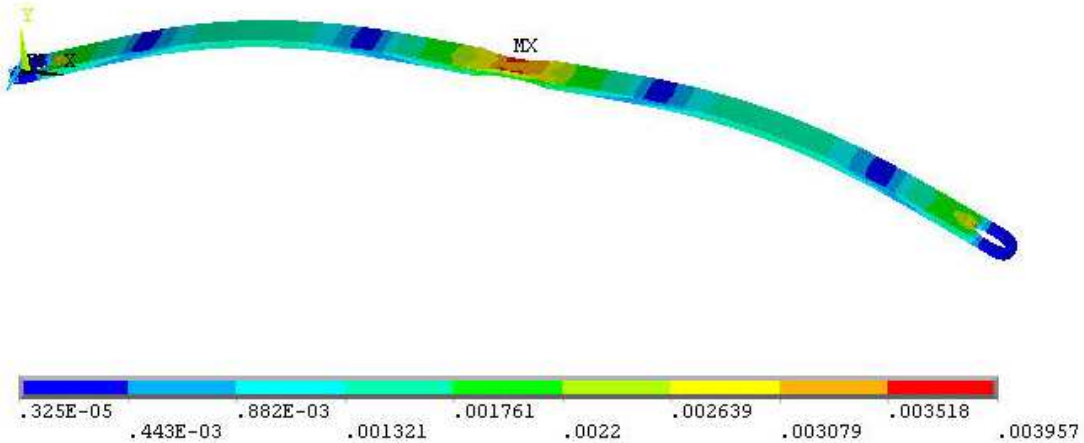
Rys.4 Przebieg optymalizacji grubości płyty stabilizującej



Rys. 5 Mapa przemieszczeń dla optymalnej wartości grubości płyty w przypadku drugiego wariantu obliczeń



Rys. 6 Mapa naprężeń zredukowanych dla optymalnej wartości grubości płyty w przypadku drugiego wariantu obliczeń



Rys. 7 Mapa odkształceń dla optymalnej wartości grubości płyty w przypadku drugiego wariantu obliczeń

5. ANALIZA WYNIKÓW I WNIOSKI

Poszukując optymalnej grubości płyty dla analizowanego przypadku klinicznego, należy postawić sobie pytanie, co jest bardziej korzystne dla pacjenta, wszczepienie płyty o minimalnej grubości, ale mogącej ulegać dużym przemieszczeniom, a w niektórych przypadkach nawet pęknięciom, czy implantacja płyt o większej grubości mogącej wywoływać znacznie większe ogniska zapalne, ale ulegającej niewielkim przemieszczeniom.

Z uwagi na konieczność przeprowadzenia ponownej reperacji w przypadku dużych odkształceń plastycznych bądź uszkodzenia zmęczeniowego płyty stabilizującej bezpieczniejsze wydaje się być wszczepienie płyty o większej grubości. W analizowanym przypadku klinicznym optymalną grubością płyty jest grubość uzyskana dla drugiego wariantu obliczeń. Przy grubości 0.0032 m wartość maksymalnych przemieszczeń płyty wynosi 0.005 m (rys.5), a maksymalne naprężenia wynoszą 376,87 MPa (rys.6). Uzyskane wartości naprężeń eliminują możliwość wystąpienia uszkodzeń płyty, a 0.005m przemieszczenie płyty daje już zadowalającą korekcję deformacji. W pracy, wykorzystując sformułowany model parametryczny płytki stabilizującej, przeprowadzono dobór

optymalnych jej cech konstrukcyjnych przy uwzględnieniu oddziaływania układ szkieletowy – implant.

LITERATURA

1. Bohosiewicz J., Kudela G., Izwaryn U., Kordys-Dormalińska B.: Nowa metoda operacji lejkowatej klatki piersiowej – doniesienie wstępne. „Chir. Dziec" 2000, 1, s. 18-20.
2. Correira de Matos, Bernardo E.J., Fernandese E.J.: Surgery of chest wall deformities. "European Journal of Cardio-Thoracic Surgery"1997, 12.
3. Engum S., Rescorla F., West K., et al.: Is the grass greener? Erly results of the Nuss, procedure. "J Pediatr Surge" 2000, 35, p. 246-251.
4. Jacobs P.J., Quintessenze J.A., Morell V.O., Botero L.M., van Gelder H.M., Tchervenkov C. I.:Minimally invasive endoscopic repair of pectus excavatum. "European Journal of Cardio-Thoracic Surgery" 2000, 21.
5. Petersen C.: Pectuse excavatum. New aspects since introduction of a minimally invasive surgical technique. "Orthopedic" 2003, 32, p. 916-919.
6. http://www.mikromed.pl

SELECTION OF OPTIMAL THICKNESS OF THE STABILIZING PLATE APPLIED IN NUSS METHOD

Summary. This article presents research, which aim was selection of optimal thickness of stabilizing plate used for funnel chest correction by Nuss method. In this work parametrical model of the plate was created, where thickness, length, width and curve size were parameters of the model. Calculations were carried out for three different variants.