

Bożena GZIK-ZROSKA, Dagmara TEJSZERSKA, Katedra Mechaniki Stosowanej,
Politechnika Śląska w Gliwicach

OPTYMALIZACJA PŁYTKI STABILIZUJĄCEJ WYKORZYSTYWANEJ W LECZENIU LEJKOWATEJ KLATKI PIERSIOWEJ

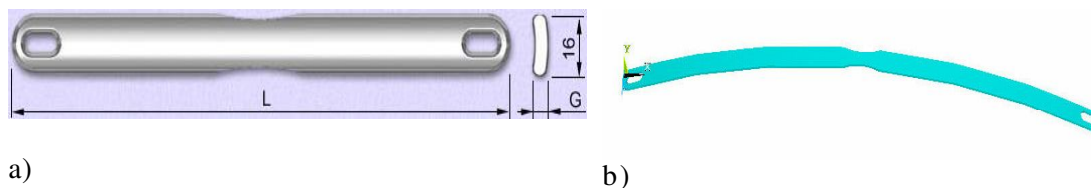
Streszczenie. W artykule przedstawiono badania, których celem był dobór optymalnych cech geometrycznych płytki stabilizującej wykorzystywanej w leczeniu lejkowatej klatki piersiowej metodą Nussa. W pracy sformułowano model parametryczny płytki, w którym grubość, długość, szerokość oraz wielkość wygięcia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

1. WSTĘP

Wyznaczenie optymalnych cech geometrycznych płytki stabilizującej wykorzystywanej do korekcji lejkowatej deformacji klatki piersiowej metodą Nussa a w szczególności dobór optymalnej grubości płyty ze względu na panujący stan obciążeń w kośćcu klatki piersiowej umożliwia uniknięcie powikłań pooperacyjnych związanych z odkształceniem plastycznym lub pęknięciem zmęczeniowym implantu [1]. 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 po korekcji deformacji [2].

2. MODELOWANIE PŁYTKI STABILIZUJĄCEJ

Dobór optymalnych cech konstrukcyjnych płytki stabilizującej rozpoczęto od opracowania modelu numerycznego płyty. W tym celu w języku APDL opracowano wsadowy plik do programu Ansys. Model numeryczny płyty stabilizującej sformułowano jako model parametryczny, w którym grubość, długość, szerokość oraz wielkość wygięcia płyty to parametry modelu. Jako parametr modelu wprowadzono 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. Model numeryczny odpowiada geometrii płyt stabilizacyjnych stosowanych w zabiegach operacyjnych metodą Nussa produkowanych przez firmę Mikromed. (rys.1). Podczas obliczeń numerycznych dla płytki stabilizującej przyjęto własności materiału przedstawione w tabeli nr 1.



Rys.1. Płytki stabilizująca: a) produkowana przez firmę Mikromed [3],
b) model numeryczny

Warunki brzegowe przyjęto zgodnie z warunkami panującymi po implantacji płyty. Stopnie swobody zostały odebrane we wszystkich węzłach w miejscu mocowania płyty do żeber. Płyta została obciążona siłą uzyskaną z obliczeń numerycznych podczas korekcji lejkowatej deformacji za pomocą płyty. Obciążenie zadano w miejscach największego nacisku klatki piersiowej na płytę stabilizującą.

Tab.1. Własności mechaniczne płytki stabilizującej

Rodzaj stopu	Własności mechaniczne	
PN 851H-93210	Umowna granica plastyczności	$R_{p0,2} = 800 \text{ MPa}$
	Wytrzymałość na rozciąganie	$R_m = 400\text{--}900 \text{ MPa}$
	Moduł Younga	$E = 210 \text{ GPa}$
	Współczynnik Poissona	$\nu = 0.3$

3. OPTIMALIZACJA CECH GEOMETRYCZNYCH PŁYTKI STABILIZUJĄCEJ

W prezentowanych badaniach 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 nie przekroczenie granicy odkształceń plastycznych.

Tab.2. Wartość przyjętych ograniczeń

Wariant I	Przemieszczenia płyty wzdłuż osi O_y	$0 \div 0.002 \text{ [m]}$
	Naprężenia	$0 \div 800 \text{ [MPa]}$
Grubość płyty	$0,001 \div 0,01 \text{ [m]}$	
Wariant II	Przemieszczenia płyty wzdłuż osi O_y	$0 \div 0.005 \text{ [m]}$
	Naprężenia	$0 \div 800 \text{ [MPa]}$
	Grubość płyty	$0,001 \div 0,005 \text{ [m]}$
Wariant III	Przemieszczenia płyty wzdłuż osi O_y	$0 \div 0.008 \text{ [m]}$
	Naprężenia	$0 \div 800 \text{ [MPa]}$
	Grubość płyty	$0,001 \div 0,005 \text{ [m]}$

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

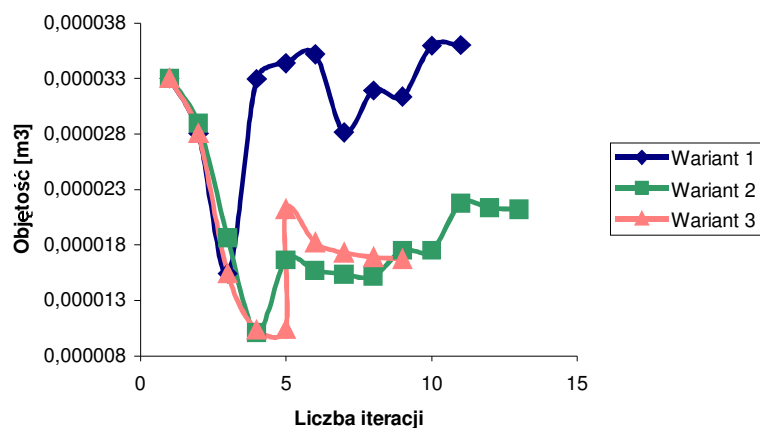
Zadanie optymalizacji sformułowano jako zadanie minimalizacji objętości płyty stabilizującej przy ograniczeniach:

- grubości płyty,
- przemieszczenia płyty wzdłuż osi O_y
- naprężeń.
-

4. WYNIKI

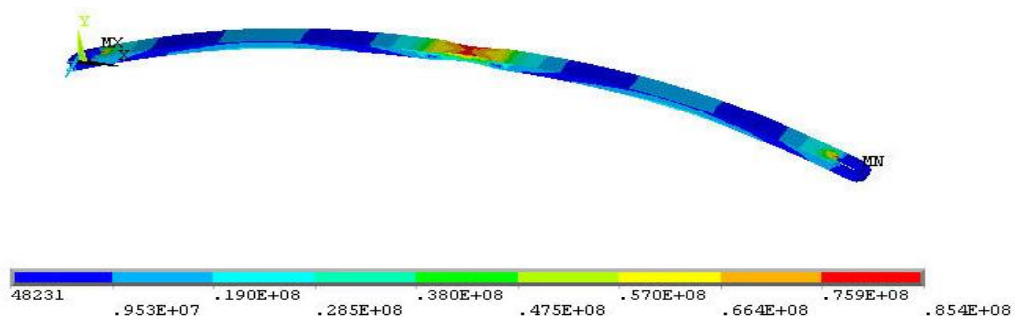
Obliczenia numeryczne przeprowadzono przy wykorzystaniu programu Ansys dla trzech wariantów ograniczeń przedstawionych w tabeli nr 2.

Na rysunku 2 pokazano przebiegi optymalizacji funkcji celu w kolejnych iteracjach dla trzech wariantów obliczeń.

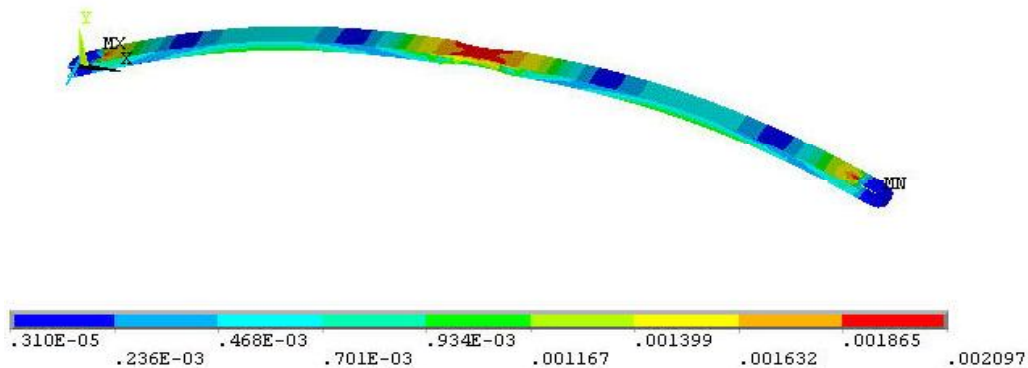


Rys.2. Optymalizacja funkcji celu

Na poniższych rysunkach przedstawiono mapy naprężeń zredukowanych oraz odkształceń płyty stabilizującej, otrzymane dla optymalnych wartości grubości płyty w przypadku pierwszego analizowanego wariantu obliczeń.



Rys. 3. Mapa naprężeń zredukowanych dla optymalnej wartości grubości płyty w przypadku pierwszego wariantu obliczeń



Rys. 4. Mapa odkształceń dla optymalnej wartości grubości płyty w przypadku pierwszego wariantu obliczeń

5. PODSUMOWANIE

W pracy wykorzystując sformułowany model parametryczny płytki stabilizującej przeprowadzono dobór optymalnych jej cech konstrukcyjnych przy uwzględnieniu oddziaływania układ szkieletowy – implant. Sformułowany modele może zostać wykorzystane do weryfikacji stosowanych w praktyce klinicznej płyt stabilizujących.

LITERATURA

- [1] Correira de Matos, Bernardo E.J., Fernandese E.J (1997) Surgery of chest wall deformities. European Journal of Cardio-thoracic Surgery, 12.
- [2] Bożena Gzik-Zroska, Dagmara Tejszerska, Wojciech Wolański: „Analiza stanu obciążenia lejkowatej klatki piersiowej po korekcji płytką stabilizującą”, Modelowanie inżynierskie, tam 3, nr 34, str37-42.
- [3] <http://www.mikromed.pl>

OPTIMIZATION OF STABILIZING PLATE USED FOR FUNNEL CHEST CORRECTION

Summary. This article presents research, which aim was to select optimal geometrical characteristic 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 model's parameter. The calculations were carried out for three different variants.