

Zginanie warstwowej kołowej płyty pierścieniowej w różnych warunkach podparcia

Karolina Wiśniewska¹, Iwona Wstawska

¹Instytut Mechaniki Stosowanej, Politechnika Poznańska
email: karolina.st.wisniewska@doctorate.put.poznan.pl

STRESZCZENIE: Przedmiotem pracy jest warstwowa płyta pierścieniowa z rdzeniem wykonanym ze spienionego metalu. Stworzono model numeryczny płyty. Przeprowadzono analizę numeryczną zjawiska ugięcia przy różnych warunkach podparcia płyty oraz przyłożonego obciążenia. Przeanalizowano również wpływ parametrów geometrycznych płyty. Badania zostały przeprowadzone w zakresie sprężystym i sprężysto - plastycznym. Niniejsza praca stanowi punkt wyjścia do dalszych badań, w tym analitycznych, nad zjawiskiem lokalnej utraty stateczności pierścieniowych płyt trójwarstwowych z lekkim rdzeniem.

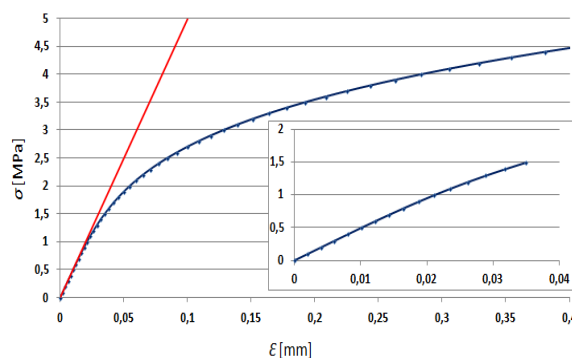
SŁOWA KLUCZOWE: zginanie, płyta kołowa, stateczność, imperfekcje geometryczne

1. Przedmiot i zakres / cele pracy

Jedną z klasycznych i najczęściej spotykanych konstrukcji wielowarstwowych jest konstrukcja trójwarstwowa. Konstrukcje wielowarstwowe, dzięki korzystnemu stosunkowi sztywności do masy, są obecnie najczęściej stosowanymi elementami konstrukcyjnymi w budowie ultralekkich ustrojów nośnych. Podstawę takich konstrukcji stanowią gładkie warstwy zewnętrzne o stosunkowo wysokiej wytrzymałości zwane okładzinami, przedzielone rdzeniem (wypełnieniem o różnorodnej strukturze). Rdzeń może być wykonany ze spienionego tworzywa (np. z pianki poliuretanowej lub metalowej) lub struktur „plastra miodu”. Ponadto wypełnieniem może być odpowiednio ukształtowana blacha (np. pofalowanie sinusowe, trapezowe). Zastosowanie warstwowej płyty pierścieniowej dotyczy wielu dziedzin tj. przemysłu maszynowego, energetyki jądrowej, lotnictwa czy kosmonautyki – jako przykładowe wymieniane są części turbin i reaktorów jądrowych. Możliwe są także zastosowania w elektrotechnice i inżynierii wodno-łądowej [1-7]. W teorii stateczności wyróżnia się dwa typy utraty stateczności (czyli obciążeń wywołujących te stany): utrata stateczności przez osiągnięcie punktu granicznego (maksimum obciążenia) i utrata stateczności przez wyoboczenie bifurkacyjne [8].

Zagadnienia stateczności konstrukcji obejmują analizę statyczną i dynamiczną badanego elementu. W obu wspomnianych przypadkach dąży się do wyznaczenia wartości krytycznego obciążenia dla konstrukcji rzeczywistej oraz wyznaczenie statecznego obciążenia krytycznego dla konstrukcji idealnej [8-9].

Celem badań będzie numeryczna analiza ugięcia płyty trójwarstwowej przy różnych warunkach podparcia oraz różnych obciążeniach. Otrzymane wyniki pozwolą na porównanie i wybranie konstrukcji o najlepszych właściwościach mechanicznych. Ocenie zostanie poddana belka z rdzeniem w postaci pianki metalowej. Zakres badań obejmuje numeryczny opis zjawiska lokalnej stateczności płyty poddanej czystemu zginaniu. Badania numeryczne przeprowadzone zostaną w zakresie sprężystym i sprężysto-plastycznym. Uwzględniona zostanie nieliniowa charakterystyka materiału piany (rys. 1).



Rys. 1. Liniowa i nieliniowa charakterystyka materiału piany

2. Opis badanego układu i metodologia badań

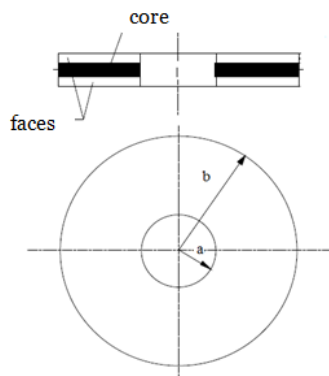
Model MES trójwarstwowej płyty pierścieniowej opracowano w systemie ANSYS. Okładziny dyskretyzowano prostokątnymi elementami powłokowymi, rdzeń natomiast sześciennymi elementami bryłowymi. Górną i dolną okładzinę odsunęto od rdzenia o połowę ich grubości. W ten sposób uzyskano model w pełni odpowiadający trójwarstwowemu modelowi rzeczywistemu. Pomiędzy okładzinami i rdzeniem zadano warunki powiązania. Model belki został podparty w taki sposób aby zablokować przemieszczenia węzłów okładzin i rdzenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi płyty. Z uwagi na symetrię układu zamodelowano jedynie ćwiartkę płyty, zadając w dwóch płaszczyznach symetrii odpowiednie warunki brzegowe.

Analizę MES przeprowadzono dla różnych rodzajów podparcia płyty, oraz różnych warunkach przyłożenia obciążenia. Badanie polegało na wyznaczeniu wartości naprężeń krytycznych oraz postaci wyoboczenia. Przeprowadzono analizę numeryczną zjawiska wyoboczenia lokalnego, analizę wpływu właściwości materiału rdzenia na obciążenie krytyczne i postać wyoboczenia. Obliczono wartości obciążeń krytycznych oraz wyznaczono postacie wyoboczenia.

3. Modelowanie numeryczne i symulacja

Analizę MES przeprowadzono dla modelu 3D (układ x,y,z). Płytę pierścieniową (rys.2.) o wymiarach średnica wewnętrzna $a = 100$ mm i średnica $b = 250$ mm składa się

z dwóch metalowych okładzin o grubości $t_f = 1$ mm oraz rdzenia o grubości $t_c = 18$ mm. Moduły Younga okładzin oraz rdzenia wynosiły odpowiednio $E = 1200$ MPa.

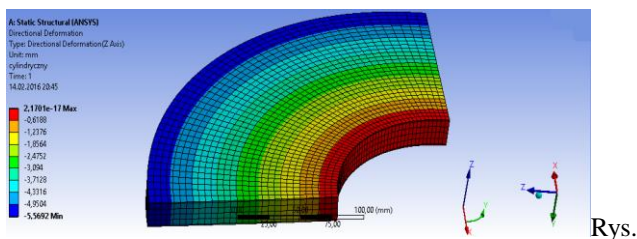


Rys. 2. Schemat pierścieniowej płyty trójwarstwowej

Przyjęto dwa warunki brzegowe, pierwszy podparcie płyty na brzegu wewnętrznym w dwóch wariantach, a siła obciążająca na brzegu zewnętrznym, zaś drugi warunek to podparcie płyty w dwóch wariantach na brzegu zewnętrznym, a siła przyłożona na brzegu wewnętrznym. Siłę przyłożono do krawędzi okładzin. Do dyskretyzacji przedmiotu wykorzystano element 8-ośmio węzłowy z nieliniową funkcją kształtu typu PLANE183.

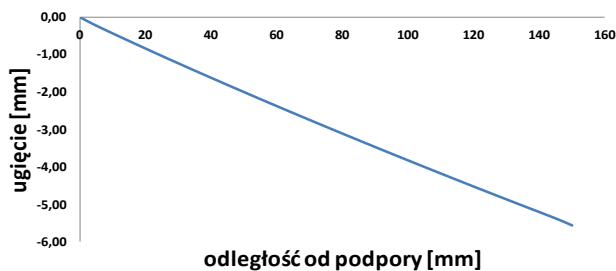
4. Wyniki symulacji i ich analiza

Model MES dla podparcia przegubowego płyty przedstawiony jest na rys. 3.



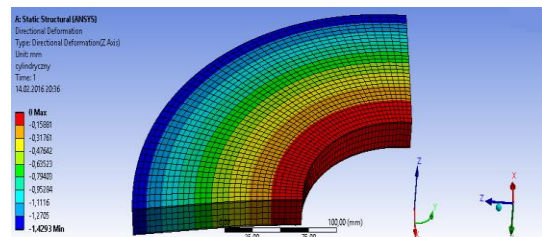
3. Model MES płyty podpartej przegubowo

Analizując wyniki symulacji dla pierwszego warunku brzegowego, zauważa się że dla modelu podpartego przegubowo linia ugięcia ma charakter liniowy (rys.4.) a maksymalne ugięcie wynosi 5,57 [mm].

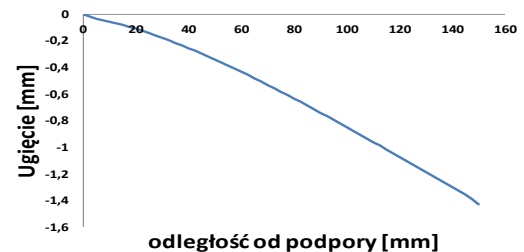


Rys. 4. Linia ugięcia dla pierwszego warunku podparcia płyty pierścieniowej

Dla drugiego warunku podparcia (rys. 5) można zauważyć, że linia ugięcia podobnie jak wcześniej ma charakter liniowy (rys. 6.) a całkowite ugięcie wynosi 1,43 [mm].



5. Model MES płyty utwierdzonej



Rys. 6. Linia ugięcia dla drugiego warunku podparcia płyty pierścieniowej

5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono model numeryczny MES opisujący ugięcie trójwarstwowej pierścieniowej płyty poddanej zginaniu. Zaproponowany model pozwolił wyznaczyć wartości obciążeń krytycznych, oraz maksymalne ugięcie płyty. Badanie polegało na wyznaczeniu wartości obciążeń krytycznych oraz postaci ugięcia. Niezależnie od właściwości materiału rdzenia, postać wybożenia była taka sama. Zmianie ulegały tylko wartości obciążeń krytycznych. W zakresie sprężysto-plastycznym określono również wartości naprężeń normalnych oraz ugięcia. Większe wartości ugięcia otrzymano dla nieliniowej charakterystyki materiału rdzenia, ponadto dla płyty podpartej przegubowo ugięcie również było większe niż dla płyty usztywnionej.

Praca została wykonana w ramach projektu Nr 02/21/DSMK/3481, finansowanego przez MNiSW.

Literatura

- [1] Hallquist J. O., *LS-DYNA. Keyword User's Manual*, V971 R4 Beta, LSTC Co., CA, USA 2009.
- [2] Chen YR, Chen LW, Wang CC: *Axisymmetric dynamic instability of rotating polar orthotropic sandwich annular plates with a constrained damping layer*, *Composite Structures*, 73(2), 290-302, 2006.
- [3] Dumir P.C., Khatri K.N., *Nonlinear axisymmetric static and transient analysis of orthotropic thin tapered annular plates*, *Int. J. Solids Structures*, 22, 5, 467-483, 1986.
- [4] Magnucka-Blandzi E., Magnucki K., *Effective design of a sandwich beam with a metal foam core*, *Thin-Walled Structures*, Vol. 45, pp. 432-438, 2007.
- [5] Dumir P.C., Shingal L., *Axisymmetric post buckling of orthotropic thick annular plates*, *Acta Mechanica*, 56, 229-242, 1985.
- [6] Paydar N., *Axisymmetric buckling of an annular sandwich plate of varying thickness*, *Composite Structures*, 15, 149-159, 1990.
- [7] Wang HJ, Chen LW., *Axisymmetric dynamic stability of rotating Sandwich circular plates*, *Journal of Vibration and Acoustics*, 126, 407-415, 2004.
- [8] Pawlus D., *Solution to the static stability problem of three-layered annular plates with a soft core*, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 44(2), 299-322, 2006.
- [9] Pawlus D., *Solution to the problem of axisymmetric and asymmetric dynamic instability of three-layered*, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 44(2), 299-322, 2011.