

Badania porównawcze wielopiórowego resoru podwójnego dla pojazdu kołowego

Kamil Zając¹, Wiesław Krason¹

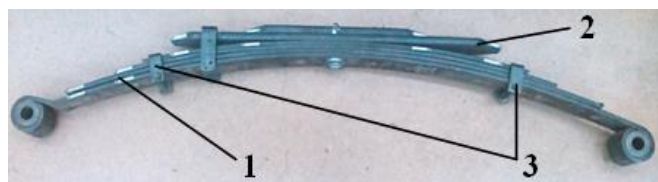
¹Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna
email: kamil.zajac22@interia.pl, wieslaw.krason@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: W pracy przedstawiono analizę porównawczą przemieszczeń wielopiórowego resoru wyznaczonych eksperymentalnie i numerycznie za pomocą MES. Resor składający się z dwóch zasadniczych części: resoru głównego i pomocniczego badano w zakresie statyki oraz dynamiki. Badania eksperymentalne wykonano na specjalnie skonstruowanym stanowisku w Laboratorium Wytrzymałości WAT. W analizach numerycznych wykorzystano program LS-DYNA.

SŁOWA KLUCZOWE: biliniowy resor wielopiórowy, statyczne i dynamiczne badania stanowiskowe, analizy numeryczne MES

1. Wprowadzenie

Przedmiotem opracowania są badania porównawcze podwójnego resoru wielopiórowego o charakterystyce biliniowej. Resor taki [1-5], przedstawiony na rys. 1, składa się z resoru głównego (cztery pióra oznaczone 1 na rys. 1) i pomocniczego (dwa najkrótsze pióra oznaczone 2 na rys. 1). W rozważanej konstrukcji, w stanie nieobciążonym, występuje luz pomiędzy sąsiednimi piórami resoru głównego i pomocniczego. Z uwagi na to, resor ma biliniową charakterystykę sztywności. Oznacza to, że w trakcie obciążania resoru (po wybraniu luzu) zwiększa się jego sztywność, jak na rys. 4. W pracy porównano wybrane wyniki badań eksperymentalnych i numerycznych MES takiej konstrukcji wykonanych w zakresie statyki i dynamiki.



Rys. 1. Wielopiórowy resor podwójny - przedmiot badań

2. Badania porównawcze w zakresie statyki

Badania eksperymentalne wykonywano na maszynie INSTRON SATEC 1200kN [1]. Kompletne stanowisko badawcze do prób statycznych przedstawiono na rys. 2.

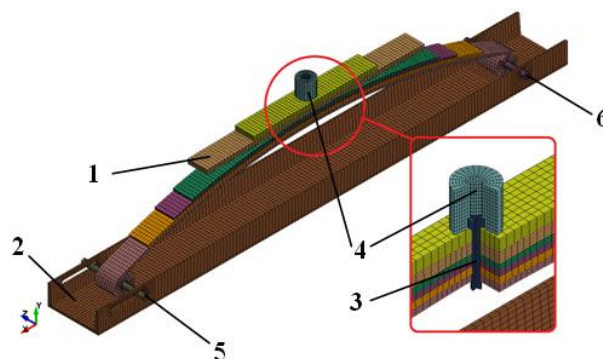


Rys. 2. Stanowisko do badań statycznych resoru [1]

Do zamocowania resoru wykorzystano oryginalną konstrukcję podstawy (rys. 2) opisaną w innych pracach autorów z WAT [1-5]. Krzywą siła-przemieszczenie rejestrowano bezpośrednio za pomocą układu pomiarowego maszyny wytrzymałościowej. Przemieszczenia resoru podczas badań na stanowisku identyfikowano także przy pomocy kamery [1].

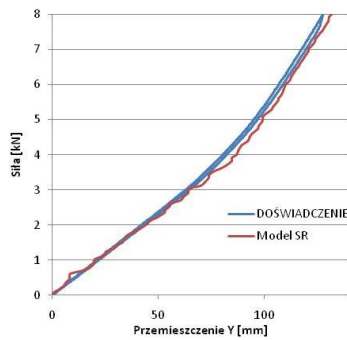
W celu wykonania badań numerycznych w zakresie statyki i dynamiki zbudowano różne wersje modeli geometrycznych i modeli MES badanego resoru oraz elementów stanowiska. Modele te różniły się poziomem szczegółowości odwzorowania rozwiązań konstrukcyjnych i zastosowanych w nich uproszczeń warunków brzegowo-początkowych.

Model numeryczny SR (rys. 3) [2], wykorzystany w analizach statycznych, zbudowano na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej resoru i stanowiska eksperymentalnego [1]. W modelu (rys. 3) odwzorowano badany resor – 1, podstawę zamocowania resoru – 2, śrubę ściągającą pakiet piór – 3 wraz ze stemplem obciążającym – 4 oraz śruby mocujące resor do podstawy – ruchomą – 5 i nieruchomą – 6. Model zbudowano z 36104 elementów bryłowych 8-węzłowych. Zdefiniowano w nim 16 obszarów kontaktu. Model obciążenia stanowi pionowa siła zmienna liniowo w zakresie 0-8kN przyłożona do stempla.



Rys. 3. Model stanowiska i resoru [2] (1 – badany resor, 2 – podstawa mocująca, 3 – śruba ściągająca, 4 – stempel obciążający, 5 – śruba ruchoma, 6 – śruba nieruchoma)

Wyniki analizy numerycznej i badań stanowiskowych w zakresie statyki w postaci krzywych 'siła -przemieszczenie' zestawiono na rys. 4. Większe przemieszczenia maksymalne uzyskano w modelu SR i wynoszą one 132,2mm. Różnią się od maksymalnych przemieszczeń wyznaczonych eksperymentalnie o około 3,4%.



Rys. 4. Zestawienie krzywych 'siła-przemieszczenie' wyznaczonych eksperymentalnie i numerycznie za pomocą modelu SR resoru [2]

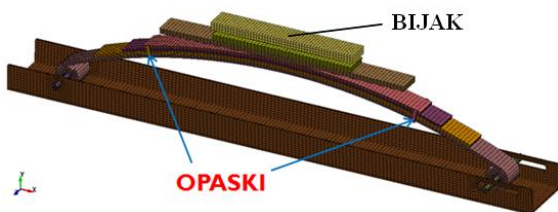
3. Badania porównawcze w zakresie dynamiki

Eksperymentalne testy dynamiczne resoru [1, 3] wykonano w Laboratorium Wytrzymałości WAT z zastosowaniem młota uderowego pokazanego na rys. 5.



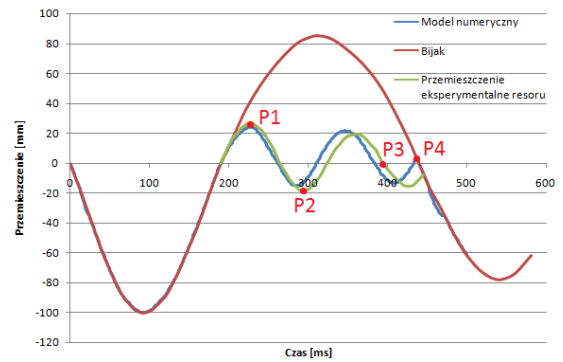
Rys. 5. Stanowisko do badań dynamicznych resoru [1, 3]

Model do badań dynamicznych [2] powstał na bazie modelu MES użytego do badań statycznych, opisanego w rozdziale 2. Uwzględniono w nim dodatkowe podzespoły konstrukcyjne resoru w postaci opasek ściągających pakiet czterech piór resoru głównego (widoczne na rys. 1 ozn. 3). Opaski modelowano za pomocą elementów powłokowych, które mają uwspólnione węzły z najkrótszym piórem części resoru głównego (rys. 6). Stempel obciążający zastąpiono bijakiem prostokątnym o odpowiedniej masie. Wymuszenie realizowane było poprzez zastosowanie zależności pionowego przemieszczenia bijaka w funkcji czasu zarejestrowanej podczas testów stanowiskowych [1].



Rys. 6. Model MES stanowiska i resoru [2]

Wybrane wyniki badań numerycznych i eksperymentalnych w postaci zmian przemieszczenia pionowego bijaka i resoru w funkcji czasu przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Porównanie wyników przemieszczeń testowych resoru i wyznaczonych numerycznie [2]

W celu porównania wartości charakterystycznych z wykresów na rys. 7 odczytano wyniki przemieszczeń i czasu ich wystąpienia w charakterystycznych punktach: P1 – maksymalny wznios resoru, P2 – maksymalne ugięcie, P3 – przemieszczenie równe 0 przy drugim spadku resoru oraz P4 – punkt ponownego kontaktu bijaka z resorem. Tak zidentyfikowane wyniki zestawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie wybranych wyników badań dynamicznych resoru

	Model numeryczny	Test laborat.	Różnica
Przem. do góry [mm] dla P1	24,2	27,1	10,7%
Ugięcie [mm] dla P2	15,1	18,6	18,8%
Czas [ms] dla P3	383	394	2,8%
Czas [ms] dla P4	437	445	1,8%
Przem. resoru [mm] dla P4	3,2	-7,8	-

4. Podsumowanie

Numeryczny model resoru w teście statycznym poprawnie odwzorowuje działanie resoru na stanowisku eksperymentalnym. Względna różnica maksymalnych przemieszczeń nie przekracza 4%.

W teście dynamicznym także uzyskano pożądaną dokładność zależności przemieszczenia od czasu. Maksymalna różnica przemieszczeń dla punktów P1 i P2 wynosi 3,5mm (co odpowiada różnicy względnej kolejno dla obu punktów około 11% i 19%), natomiast różnica czasu pomiaru położenia punktów P3 i P4 wynosi mniej niż 3%.

Dla uzyskania pożądanej dokładności otrzymywanych wyników istotne jest odpowiednie odwzorowanie warunków współpracy piór resoru i ruchomych części mocowania resoru do podstawy na stanowisku badawczym.

Literatura

- [1] Bogusz P., Krasoń W., Wysocki J.: *Sprawozdanie z badań stanowiskowych prototypowego resoru podwójnego*, Opracowanie wewnętrzne, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 2011.
- [2] Zajac K.: *Analiza numeryczna resoru wielopiórowego z wieszakiem na stanowisku do badań uderowych*, Praca dyplomowa, Wojskowa Akademia Techniczna, 2016.
- [3] Bogusz P., Krasoń W., Wysocki J.: *Experimental investigations of double multi-leaf spring subjected to impact load*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 19, No. 2, 2012
- [4] Zajac K., Krasoń W.: *Modele numeryczne stanowiska do badań resoru podwójnego*, Mechanik nr 5-6, 2015.
- [5] Krasoń W., Wysocki J., Zajac K.: *Numerical tests of the double spring with hangers*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 22, No. 4, 2015.