Projekt kluczowy
Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

SPOTKANIE PANELI EKSPERTÓW
28-29 Czerwca 2010

ZB 14

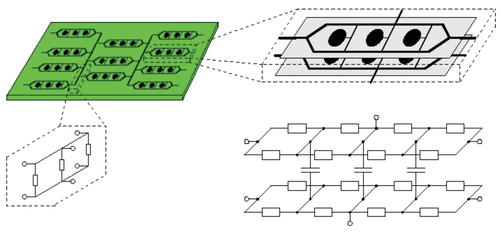
Materiały inteligentne - oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie

Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska

Wyniki badań

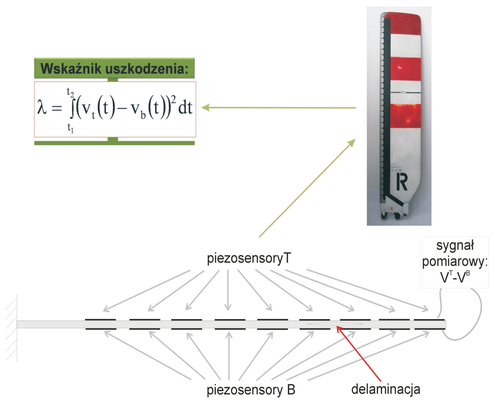
Opracowanie narzędzi numerycznych do modelowania SES,Modelowanie, projektowanie i wytwarzanie SES

Cel badań
Opracowanie metodologii i narzędzi służących do wykrywania i identyfikacji uszkodzeń w konstrukcjach lotniczych.

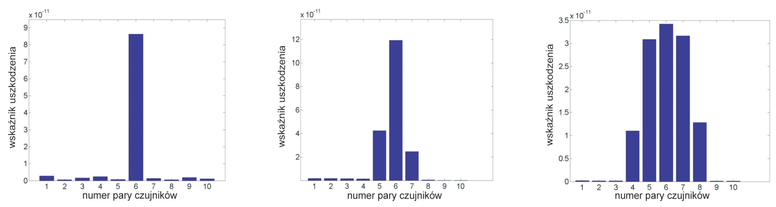


Rys. 1. SES ELGRID – system monitorowania uszkodzeń w materiałach kompozytowych

Idea badawcza: zastosowanie matrycy komplementarnych elektrycznych obwodów drukowanych (powierzchniowych oraz międzywarstwowych) sprzężonych pojemnościowo oraz poprzez przewodzące połączenia przeszywane umieszczonej na elementach konstrukcyjnych.
Wykrywanie delaminacji poprzez monitorowanie zmian pojemności i przerwań w połączeniach przeszywanych (pobudzanie sieci dynamicznymi sygnałami elektrycznymi, testowymi + analiza odwrotna).
Schemat poglądowy przedstawiający system identyfikacji delaminacji za pomocą siatki czujników piezoelektrycznych. System umożliwia identyfikację położenia i rozmiaru uszkodzenia na podstawie analizy sygnałów napięciowych generowanych przez czujniki piezoelektryczne.



Przykładowe wyniki eksperymentalne



Wnioski

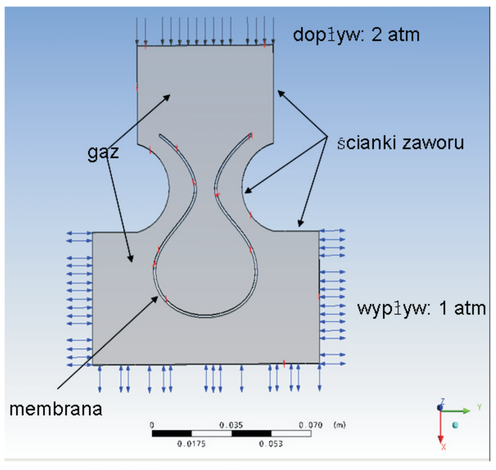
opracowano model numeryczny konstrukcji warstwowej z delaminacją
model numeryczny wykorzystano do przeprowadzenia szeregu testów numerycznych mających na celu określenie wskaźnika najbardziej wrażliwego na pojawienie się delaminacji.

Wyniki badań

Opanowanie wytwarzania HPA (aktywatorów o dużej wydajności skoku i prędkości odpowiedzi). Zawór HPV o dużej wydajności.

Modelowanie HPV jako zadania sprzężonego mechaniki konstrukcji i mechaniki płynów

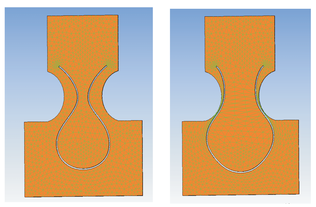
Opis modelu zaworu:
- Zamknięta od dołu membrana umieszczona jest pomiędzy dwoma sztywnymi ściankami
- W miejscu dopływu i wypływu gazu przyjęte są ciśnieniowe warunki brzegowe
- Początkowo



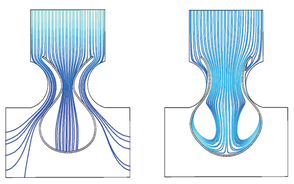
Rys. 3. Schemat modelu numerycznego

Symulację zamykania zaworu wykonano dwoma metodami:
1. Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) 2. Coupled Eulerian Lagrangian (CEL)

Metoda Arbitrary Lagrangian Eulerian jest metodą z tzw. zgodną granicą obszaru płynu i obszaru konstrukcji. Podstawowe cechy metody:
Stosowany jest lagrange'owski opis membrany oraz uogólniony lagrange'owsko-eulerowski opis płynu wyznaczany na podstawie aktualnej deformacji membrany.
Do rozwiązania zadania mechaniki membrany wykorzystana jest metoda elementów skończonych, a do rozwiązania zadania mechaniki płynów metoda objętości skończonych.
Zastosowane jest silne sprzężenie obu rozwiązań tzn. spełnienie warunków równowagi na granicy pomiędzy obszarami wymagane jest na każdym kroku czasowym.

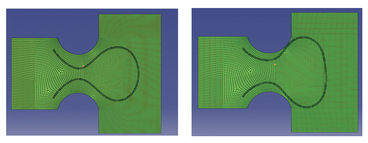


Rys. 4. Deformacja siatki podczas analizy pokazująca istotę metody ALE

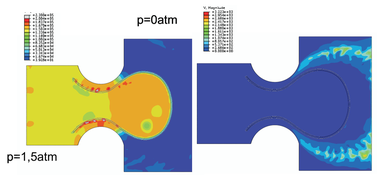


Rys. 6. Rozkład linii prądu na początku i na końcu analizy

Metoda Coupled Eulerian Lagrangian jest metodą z tzw. nieruchomą siatką tła. Podstawowe cechy metody:
Zarówno kinematyka konstrukcji jak i płynu opisana jest w klasyczny sposób tzn. w układzie Lagrange'a dla konstrukcji oraz w układzie Eulera dla płynu.
Oba zagadnienia rozwiązywane są za pomocą metody elementów skończonych z jawnym całkowaniem równań ruchu oraz przemieszczeniami jako głównymi niewiadomymi.
Zastosowane jest tzw. słabe sprzężenie na brzegu obszarów tzn. warunki równowagi interfejsu nie muszą być spełnione na każdym kroku czasowym.



Rys. 8. Deformacja membrany podczas analizy. Ruch siatki Lagrange'a po nieruchomej siatce Eulera pokazuje istotę metody CEL



Rys. 9. Rozkład ciśnienia i prędkości płynu uzyskany przy pomocy metody CEL

Wnioski

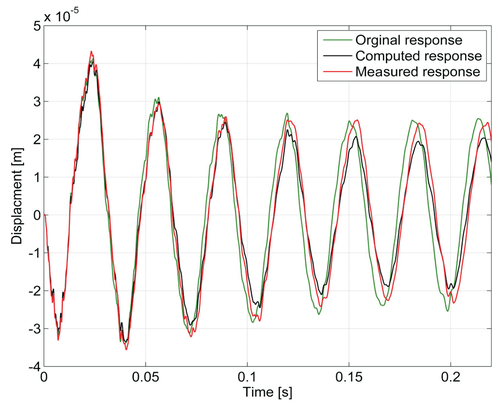
Przeprowadzone symulacje pokazują, że całkowita siła spowodowana wzrostem ciśnienia wewnątrz membrany jest większa niż siła powodowana przez ciśnienie gazu opływającego balonik co powoduje rozszerzanie membrany i zamykanie zaworu
Potwierdzona została poprawność przyjętej koncepcji zaworu o dużym skoku i prędkości odpowiedzi (HPV) umożliwiającego redukcję i całkowite zablokowanie przepływu jedynie przy wykorzystaniu ciśnienia gazu.

Wyniki badań

Monitorowanie obciążeń dynamicznych – monitorowanie on-line procesu przyziemienia, odtwarzanie przebiegu procesu lądowania oraz post-identyfikacja kolizji

Cele badań
Izolacja i lokalne monitorowanie krytycznych fragmentów konstrukcji (np. podwozie, łopaty)
Monitorowanie typu "black-box", tj. bez użycia modelu numerycznego monitorowanego obiektu
Identyfikacja uszkodzeń poprzez identyfikację i analizę zmian współczynników tłumienia materiałowego elementów uszkodzonych przy użyciu metody dystorsji wirtualnych

Przykładowe wyniki eksperymentalne

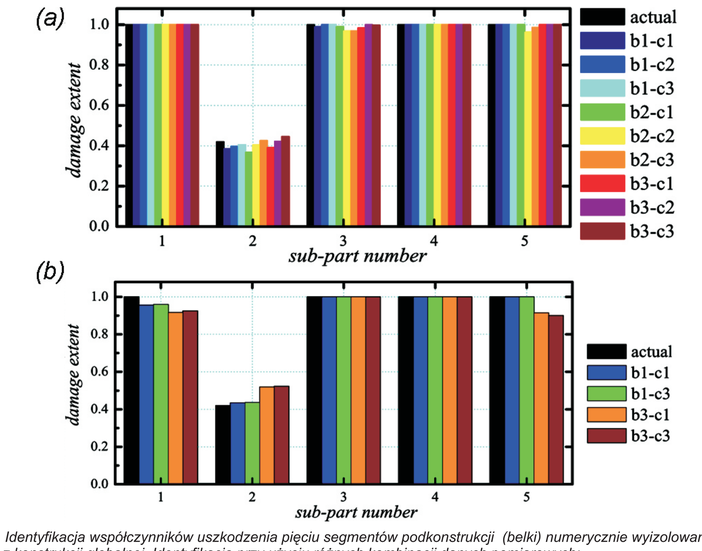


Rys. 10. Porównanie zmierzonych odpowiedzi konstrukcji oryginalnej i uszkodzonej z bezmodelowo wyliczoną odpowiedzią konstrukcji uszkodzonej.

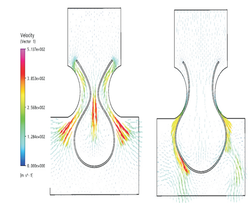
Uszkodzenie rzeczywiste: ?EA = -4580 kN

Uszkodzenie zidentyfikowane: ?EA = -4290 kN

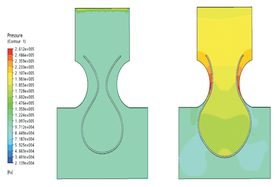
Błąd względny identyfikacji: 6.3 %



Rys. 11. Identyfikacja współczynników uszkodzenia pięciu segmentów podkonstrukcji (belki) numerycznie wyizolowanej z konstrukcji globalnej. Identyfikacja przy użyciu różnych kombinacji danych pomiarowych: (a) w dziedzinie czasu; (b) w dziedzinie częstości.



Rys. 5. Rozkład prędkości płynu na początku i na końcu analizy

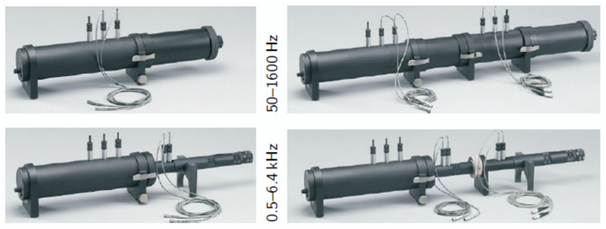


Rys. 7. Rozkład ciśnień w zaworze na początku i na końcu analizy

Wyniki badań

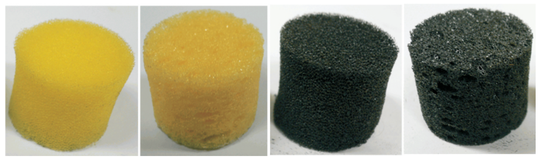
Adaptacyjna wibroakustyka i semi-aktywne techniki wyciszania kabiny

Oryginalne badania eksperymentalne absorpcji akustycznej pianek magneto-reologicznych
Wykonano badania własności dźwiękochłonnych i transmisyjnych materiałów wykorzystując urządzenia pomiarowe (rys. 12), których główną część stanowi falowód fal płaskich w postaci rury o odpowiedniej średnicy. Stosując tzw. metodę funkcji przejścia można wyznaczać następujące istotne parametry akustyczne dla próbek materiałów o określonej grubości: współczynnik absorpcji dźwięku, współczynnik odbicia, impedancja akustyczna, admitancja akustyczna, współczynnik tłumienia transmisji dźwięku.



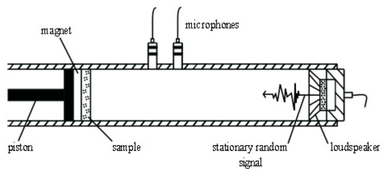
Rys. 12. Zestawy do badań impedancji i transmisji akustycznej materiałów

W ramach akustycznych badań doświadczalnych na materiałach porowatych przeprowadzono oryginalne eksperymenty na próbkach tzw. pianek magneto-reologicznych w celu określenia ich zdolności do pochłaniania dźwięku, jak również sprawdzenia możliwości aktywnej modyfikacji tych własności absorpcyjnych przy wykorzystaniu zewnętrznego pola magnetycznego. W tym celu:
zbadano najpierw „czyste" próbki pianek poliuretanowych (rys. 13), wyznaczając dla nich impedancję akustyczną, współczynnik odbicia, a w końcu krzywe współczynnika absorpcji akustycznej dla zakresu częstotliwości od 500 Hz do 6.4 kHz;
następnie poprzez odpowiednie nasączanie pokryto porowaty szkielet przebadanych próbek cienką warstwą płynu magneto-reologicznego preparując w ten sposób próbki pianek magneto-reologicznych (rys. 13).



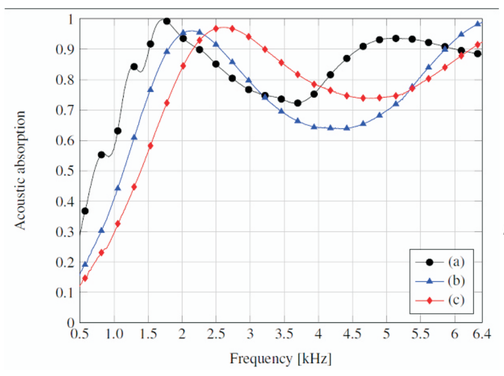
Rys. 13. Próbki pianek „czystych" i magneto-reologicznych, o jednorodnej i dualnej (dwu-skalowej) porowatości

próbki pianek magneto-reologicznych poddano badaniom absorpcji akustycznej w analogiczny sposób jak dla pianek „czystych", jak również dodatkowo w obecności stałego pola magnetycznego poprzez odpowiednie umieszczenie w urządzeniu pomiarowym magnesu stałego (rys. 14).



Rys. 14. Schemat rury impedancyjnej z magnesem stałym dla określania wpływu pola magentycznego na absorpcję akustyczną pianki magneto-reologicznej

Rys. 15 prezentuje przykładowe wyniki badań. Z porównania krzywych absorpcyjnych widać, że wpływ stałego pola magnetycznego w istotny sposób wpływa na ich własności absorpcyjne polepszając absorpcję akustyczną w szerokim paśmie częstotliwości.



Rys. 15. Przykładowe krzywe absorpcji akustycznej uzyskane dla: (a) „czystej"pianki poliuretanowej, (b) pianki magneto-reologicznej, (c) pianki magneto-reologicznej poddanej działaniu stałego pola magnetycznego

Wnioski

Przeprowadzone eksperymenty wykazują, że adaptacyjne oddziaływanie stałym polem magnetycznym na pianki magneto-reologiczne w istotny sposób wpływa na absorpcję akustyczną polepszając ją w szerokim paśmie częstotliwości.
Stanowi to podstawę do realizacji potencjalnie bardziej efektywnego aktywnego oddziaływania zmiennym polem magnetycznym.

Przykłady zastosowania w lotnictwie

Aero-kros Krosno – system wykrywania uszkodze ńw kompozytowym poszyciu skrzydeł
PZL Świdnik - system wykrywania uszkodze ńw wirniku ogonowym

Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

Grzegorz Suwała, Łukasz Jankowski, ***Model-free damage identification of skeletal structures***, 5th European Workshop on Structural Health Monitoring, June 29 – July 2, 2010, Sorrento-Naples, Italy.

Małgorzata Mróz, Łukasz Jankowski, Jan Holnicki-Szulc, ***VDM-based identification of localized, damage induced damping***, 5th European Workshop on Structural Health Monitoring, June 29 – July 2, 2010, Sorrento-Naples, Italy.

Publikacje

Jilin Hou, Łukasz Jankowski, Jinping Ou, ***A substructure isolation method for local structural health monitoring***, Journal of Structural Control and Health Monitoring, in press, doi: 10.1002/stc.389

Jilin Hou, Łukasz Jankowski, Jinping Ou, ***Experimental study of the substructure isolation method for local health monitoring***, Journal of Structural Control and Health Monitoring, in review.

Grzegorz Suwała, Łukasz Jankowski, ***A model-free method for identi?cation of mass modi?cations***, Journal of Structural Control and Health Monitoring, in review.

Tomasz G. Zielinski, Michał Rak, ***Acoustic Absorption of Foams Coated with MR Fluid under the Influence of Magnetic Field***, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 21, pp. 125-131, January 2010.

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO