

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

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

Smart embedded systems based on intelligent materials

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 Results

Delaminacja w kompozytach strukturalnych Delamination in structural composite waveguides

Cel prowadzonych badań:

- analiza możliwości wykorzystania fal ultradźwiękowych do usuwania niepożądanych warstw osadzających się na strukturze (np. oblodzenie),

- podstawy systemu detekcji i klasyfikacji oblodzeń wykorzystujących fale o wysokiej częstotliwości.

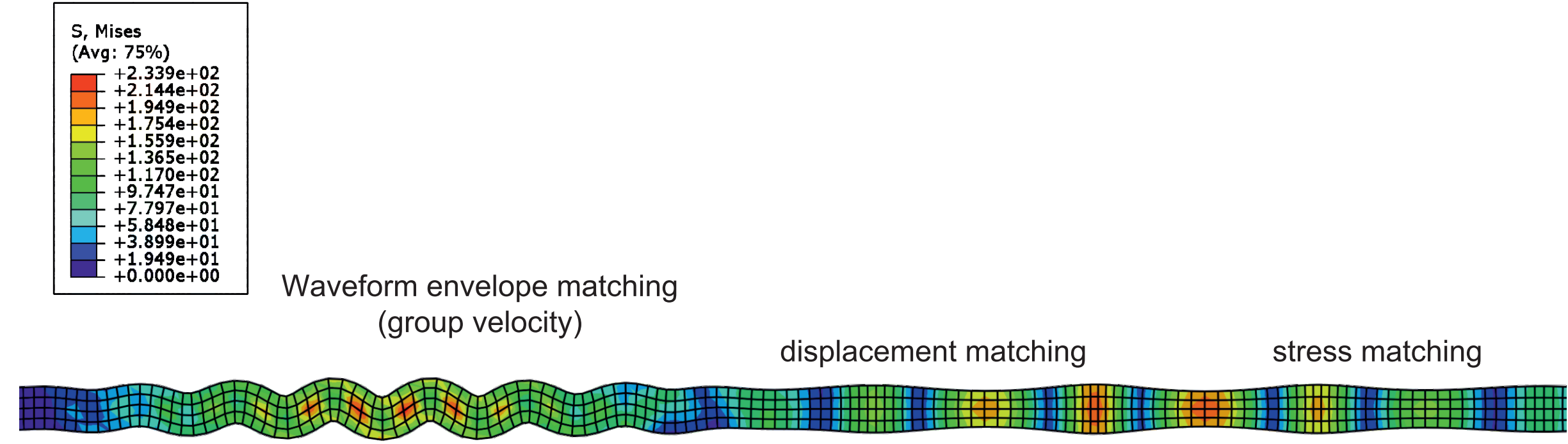
The general research aim is to investigate the influence of the ultrasonic waves on the integrity of structural composites. A primary question that is to be answered is how waves may be used as an efficient tool for inducing delamination in a desired interface of a structure without jeopardising its integrity. This concept is a basis on which modern ultrasonic de-icing systems can be developed. Guided waves propagation analysis is also aimed on determining their ice detection and classification potential.

Zakres prac wykonanych w I i II kwartale 2012:

1. Walidacja modelu falowego (z wymuszeniem) za pomocą analizy MES

Forced response wave model validation with FE simulation (ABAQUS)

Skonstruowany model falowy poddano weryfikacji za pomocą wirtualnego eksperymentu MES (ABAQUS). Potwierdzono wiarygodność modelu falowego.



Rys. 1. Walidacja modelu falowego za pomocą modelu MES
Fig. 1. Wave model validation with FE analysis

2. Tłumienie fal w warstwie nadbudowanej (np. oblodzenie) – implementacja przybliżonej metody obliczeniowej

Wave attenuation in plates with a lossy accretion – implementation of an approximate numerical method

Tłumienie fal dla płyty pokrytej stratną warstwą nadbudowaną obliczono na podstawie dystrybucji energii w równoważnej płycie idealnie elastycznej (Simonetti 2004).



Rys. 2. Tłumienie fali naniesione na krzywe dyspersji (po lewej) - lod szklisty (2 mm) na aluminium (2 mm); tłumienie fali dla pierwszego modu (po prawej)

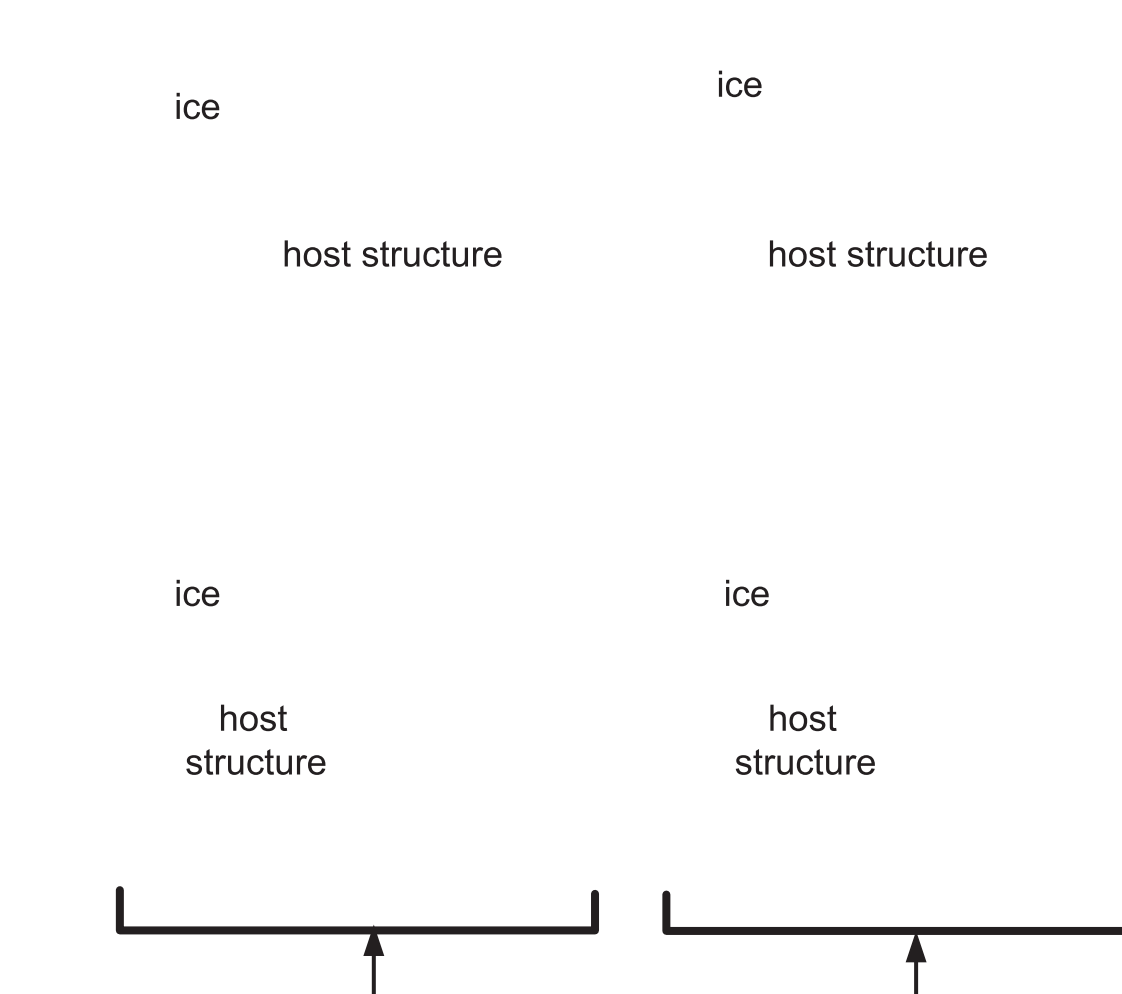
Fig. 2. Wave attenuation imposed on the dispersion curves (on the left) of 2 mm glaze ice on 2 mm aluminium plate; wave attenuation for the first mode (on the right)

3. Propagacja energii i dystrybucja mocy wymuszenia pomiędzy poszczególne mody

Energy propagation and power partitioning between the wave modes

Analiza rozkładów energii odkształcenia wzdłuż grubości struktury dla różnych modów dostarcza istotnych informacji na temat charakterystyki fali, przede wszystkim tłumienia i oczekiwanych efektów oddziaływania na spójność struktury. Pożądanym rozkładem energii zapewnią niewrażliwość fali na zniszczenie warstwy oblodzenia oraz niskie tłumienie (propagacja wzdłuż warstwy aluminium).

A) Energy contained mainly in the ice layer; energy contained mainly in the host structure
B) Power flow mainly across the ice layer; Power flow mainly across the host structure

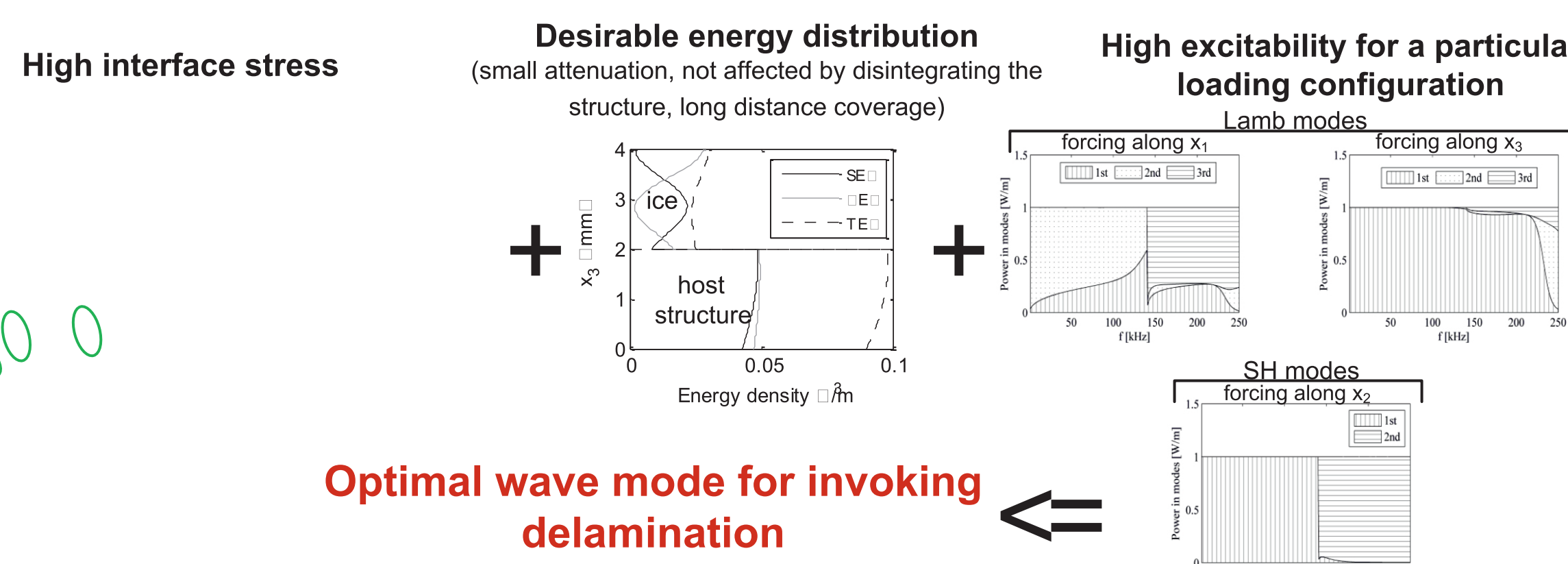


Rys. 3. Część całkowitej energii odkształcenia zawarta w warstwie nadbudowanej naniesiona na krzywe dyspersji. Przykładowe skrajne rozkłady energii: A) energia propaguje głównie w warstwie nadbudowanej (peknięcia kohezyjne, wysokie tłumienie); B) energia propaguje głównie w aluminium (niskie tłumienie, małe prawdopodobieństwo pekania kohezyjnych)

Fig. 3. Fraction of the total strain energy contained in the accreted layer imposed on the dispersion curves. Sample extreme energy distributions: A) energy propagates mainly along the build-up (cohesive cracks, high attenuation); B) energy propagates mainly along the host (low attenuation, no cohesive cracks expected)

4. Kryteria doboru optymalnego modu dla odladzania i oparta na nich analiza parametryczna

Optimal wave mode selection for de-icing and following parametric analysis



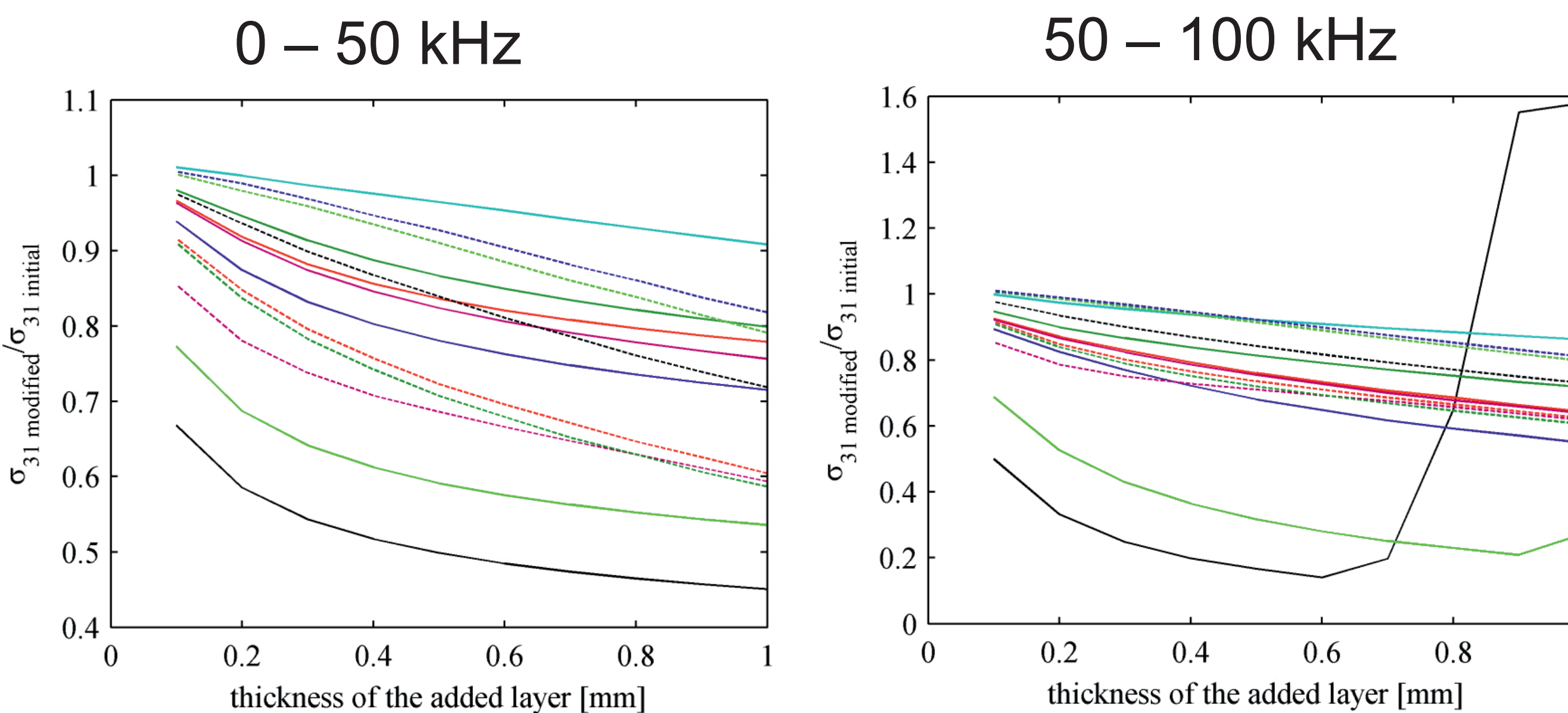
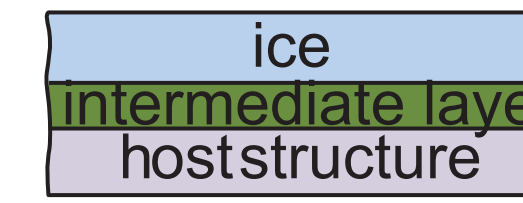
Rys. 4. Wyniki analizy parametrycznej dla warstw nadbudowanych o różnej sztywności. Maksymalne naprężenie międzywarstwowe w wybranych zakresach częstotliwości dla trzech podstawowych modów.
Fig. 4. Parametric analysis results for accreted layers of different Young's moduli. Maximum interface shear stress in frequency ranges specified for three fundamental modes.

5. Modyfikacja strukturalna – możliwe strategie i potencjalne efekty

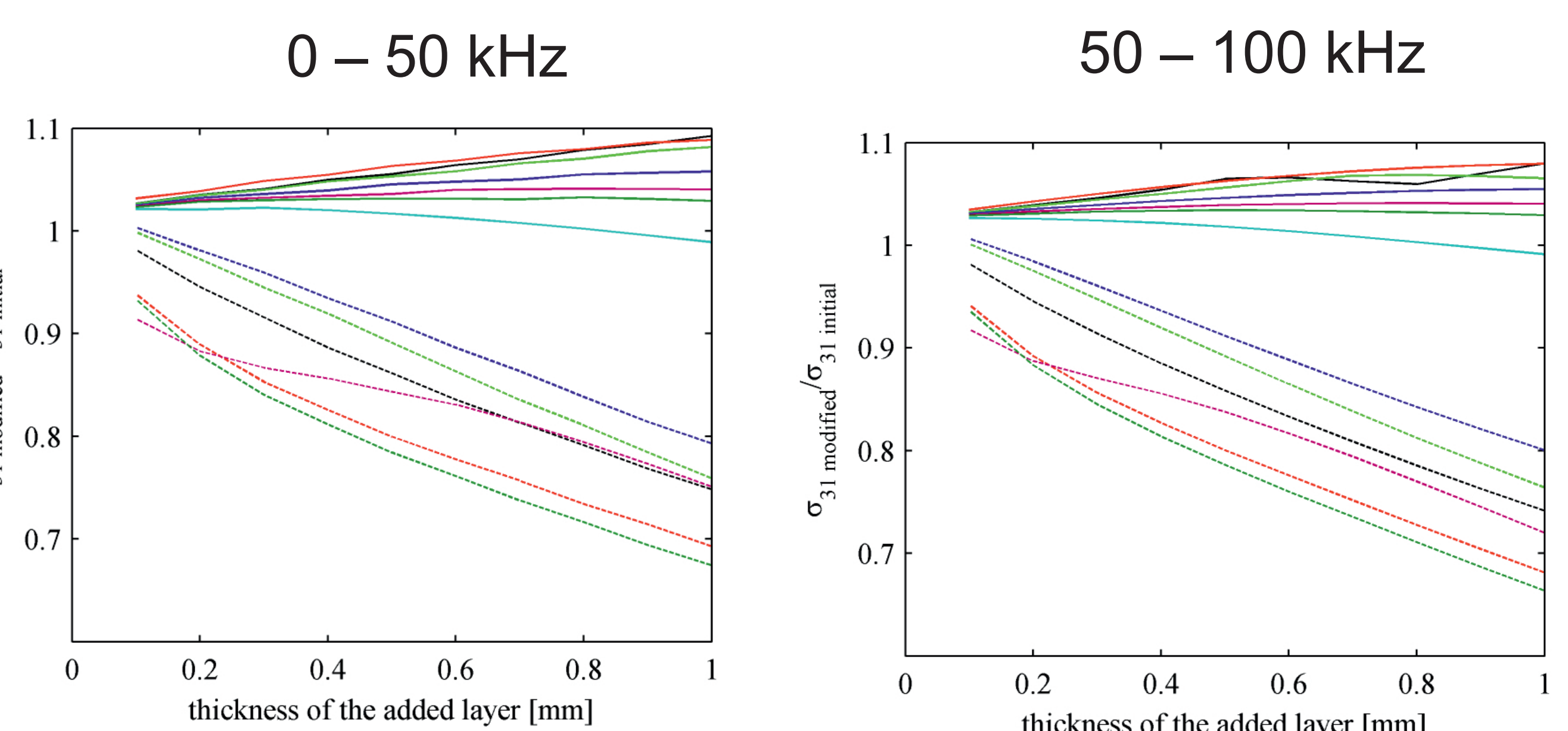
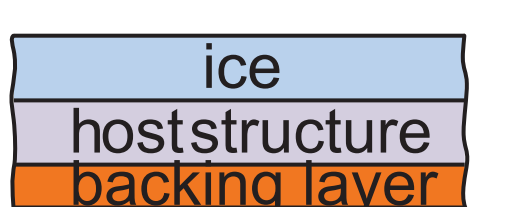
Structural modification – possible strategies and potential effects

Badano możliwości zwiększenia generowanych naprężeń na granicy lod /struktura za pomocą trzech typów modyfikacji strukturalnych.

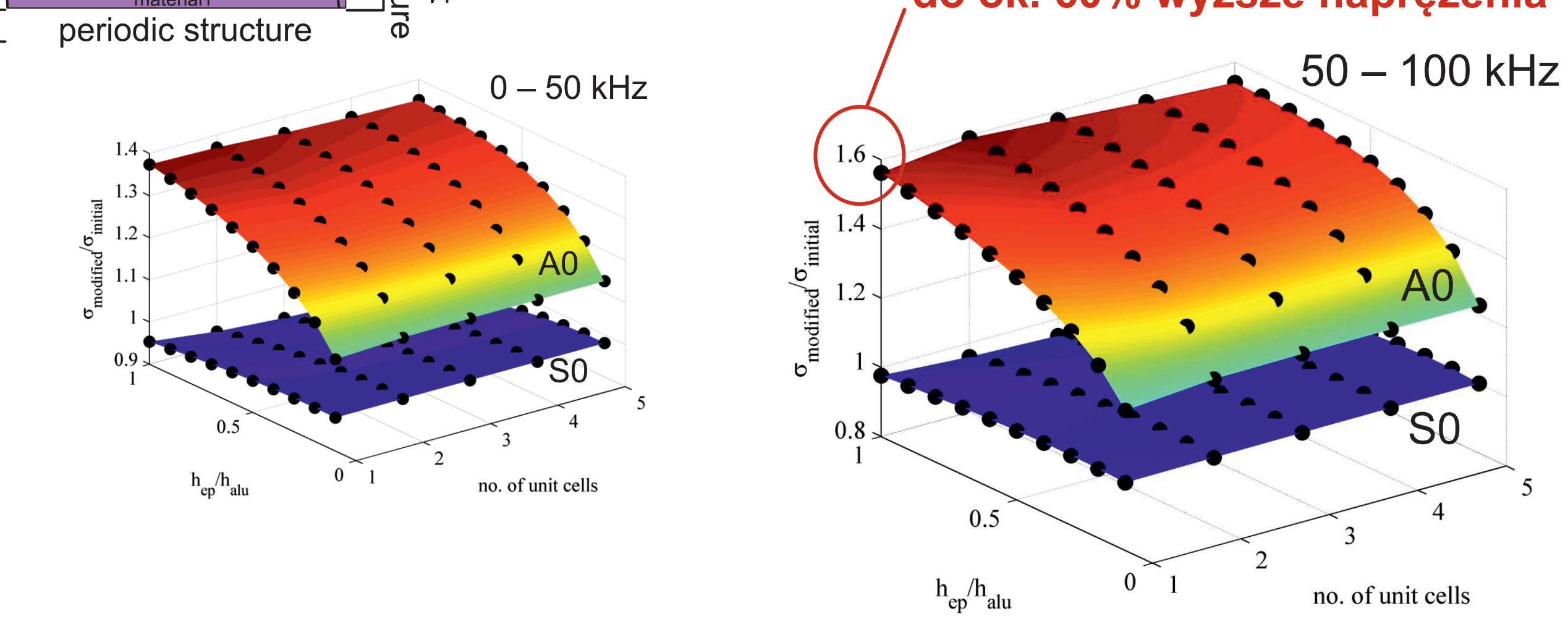
Warstwa przejściowa nie wpływa na zwiększenie naprężeń (poza materiałem o $E < 0.1$ GPa). σ_{31} maleje wraz z grubością modyfikacji.



Podkład o sztywności niższej niż lod nieznacznie wzmacnia generowane naprężenia (<10%). Podkład o sztywności wyższej niż aluminium osłabia naprężenia do 30% dla warstwy 1 mm



Material 1: Aluminium
Material 2: Epoksy
Fixed total thickness: 2 mm



Rys. 5. Modyfikacja strukturalna – założenia i potencjalne efekty
Fig. 5. Structural modification – strategies and possible effects

Wnioski Conclusions

- Pozytywnie zweryfikowano model obliczeniowy propagacji fal w oparciu o analizę MES.
- Rozkład energii odkształcenia w strukturze z oblodzeniem dla danej postaci fal ma kluczowy wpływ na zasięg (tłumienie fali) oraz charakter wywołanego zniszczenia w oblodzeniu.
- Wyznaczono kryteria doboru optymalnego modu dla odladzania w oparciu o analizę falową.

- delaminacji dla oblodzenia
- Zbadano wpływ różnych modyfikacji struktury na zwiększenie naprężeń, uzyskano stosując periodyczny układ warstw (Zhu 2010)

Kierunki dalszych badań

- Zaprojektowanie i przeprowadzenie eksperymentów weryfikujących analizę symulacyjną
- Przygotowanie koncepcji systemu detekcji oblodzenia oraz eksperymenty walidujące

Conclusions

- The wave model was successfully validated with FEA (ABAQUS)
- Energy distribution across the thickness has a practical consequence in the anticipated effect accompanying guided wave propagation and determines the nature of build-up destruction; furthermore, it is closely related to wave attenuation
- Optimal wave mode selection for de-icing procedure was established
- Based on refined parametric study achievable interface stress for various build-requirements for de-icing were specified
- Structural modification for stress generation enhancement was investigated, results were obtained for periodic arrangement of layers (Zhu 2010),

Future work

- To design conduct suitable experiments verifying numerical analyses results
- Icing detection concept and proof-of-concept experiments

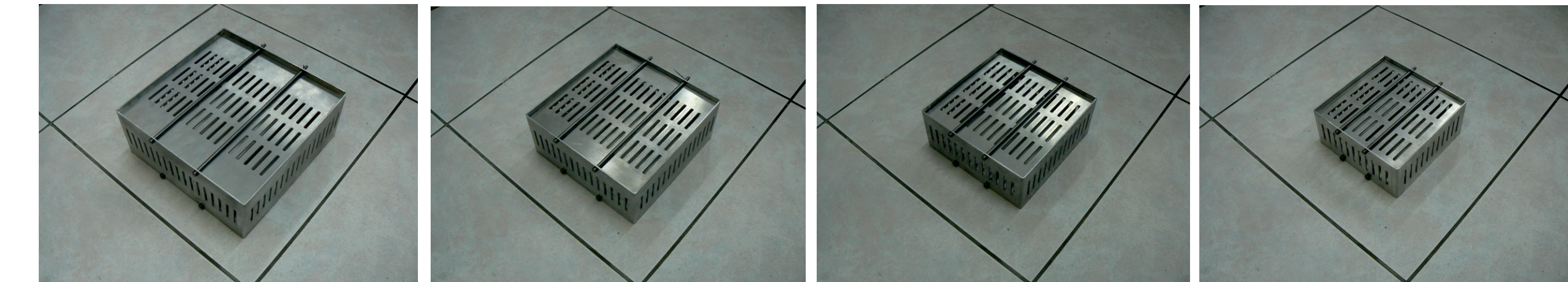
Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Praca doktorska w realizacji
Michał Kalkowski „Delamination in structural composite waveguides”

Wyniki badań Results

Wytwarzanie i badanie elastycznej pianki poliuretanowej o ujemnym współczynniku Poissona

Manufacturing and testing elastic polyurethane foam with negative Poisson ratio

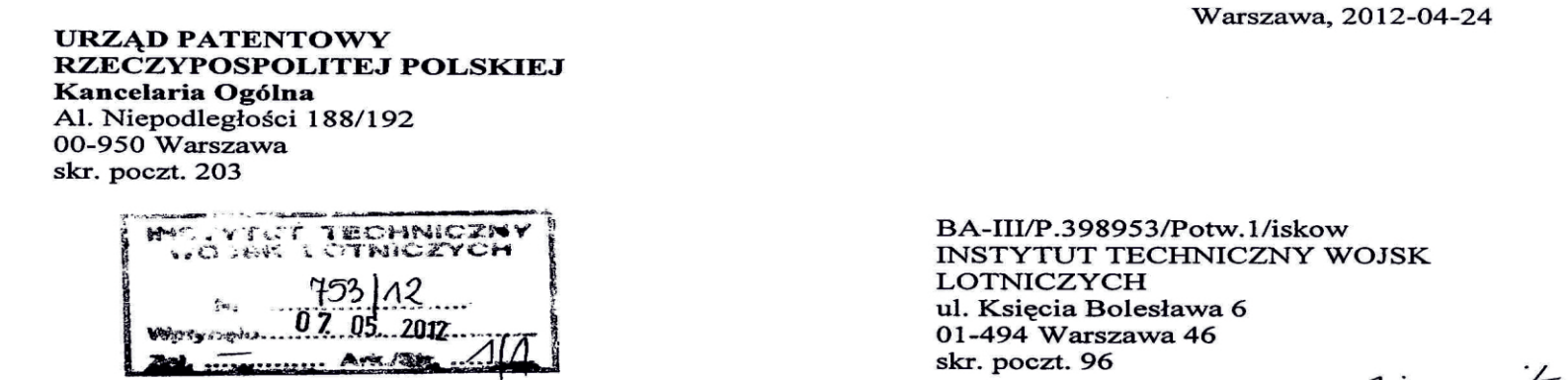


Rys. 1. Formy do wytwarzania próbek pianki auksetycznej 150x150x50 mm
Fig. 1. Form to production of auxetic foam specimens 150x150x50 mm



Rys. 2. Próbkę pianki auksetycznej 150x150x50 mm przetworzonej z pianki poliuretanowej S28280 245x245x82 mm (S28280/93), 216x216x72 mm (S28280/94) i 192x192x64 mm (S28280/95)
Fig. 2. The auxetic foam specimens 150x150x50 mm made from S28280 polyuretan foam 245x245x82 mm (S28280/93), 216x216x72 mm (S28280/94) and 192x192x64 mm (S28280/95)

Zgłoszenie patentowe
Patent application



Urząd Patentowy RP stwierdza, że dnia 2012-04-24 przyjęto wniosek o udzielenie patentu na wynalazek pt.:
Sposób wytwarzania pianki auksetycznej

Zgłoszenie oznaczone numerem P.398953
[WIPO ST 10C PL398953]

Złożony: INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH, Warszawa 46, Polska

Powinno:

1. Strony oraz ich przedmiot i celowość i celowość mają obowiązek awiadania Urzędu o każdej zmianie swojego adresu. W razie zmianiania tego obowiązku dołączenie patentu pod dotychczasowym adresem ma skutki prawne (art. 41 §1p).

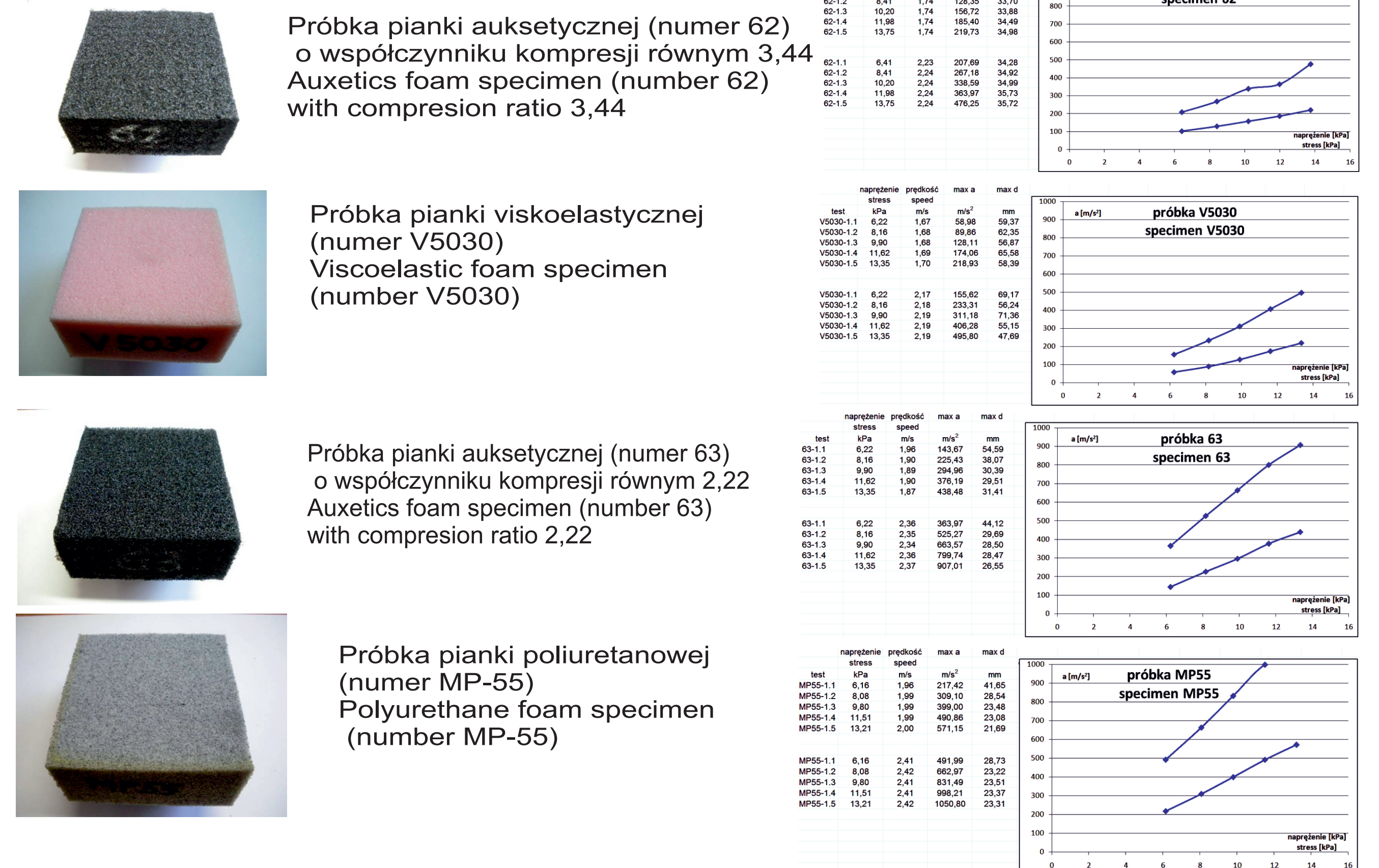
2. W korespondencji należy powoływać się na nr P.398953.

3. O ogłoszeniu wyników Urząd Patentowy dokonyuje ogłoszenia niezwłocznie po upływie 18 miesięcy od daty przedstawienia do opublikowania wniosku. Zgłoszenie może w okresie 12 miesięcy od daty przedstawienia do opublikowania wniosku w dokumencie ogłoszenia w terminie sześciomiesięcznym od daty ogłoszenia (art. 43 ustawy Prawo Własności Przemysłowej).

REFERENCJE

Badanie dynamicznych właściwości tłumiących (wykonano w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie)

Dynamic damping test (done in Motor Transport Insitute)



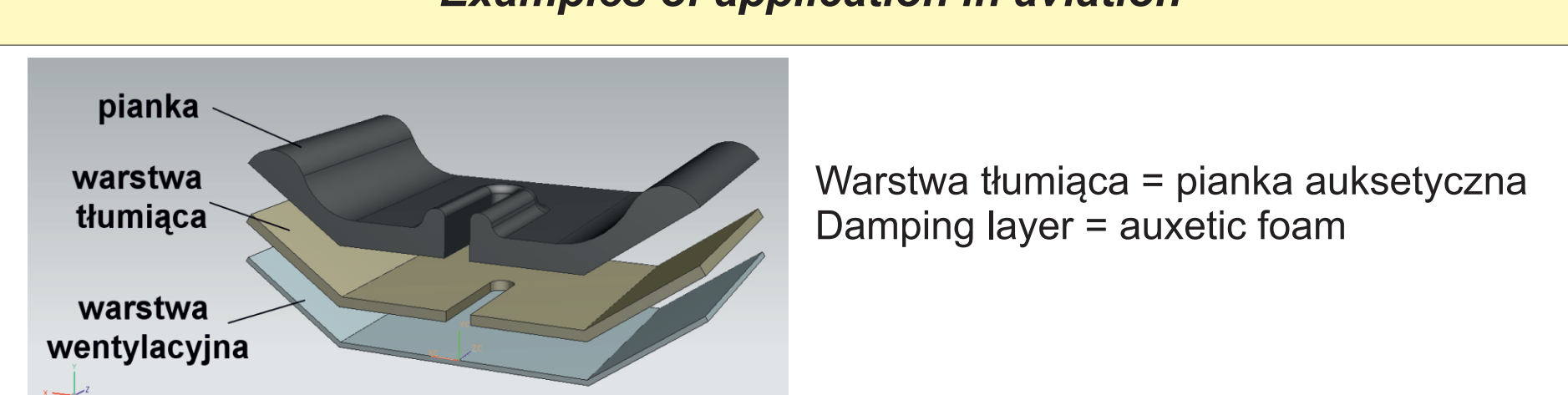
Rys. 3. Wyniki badań próbek pianki 100x100x50 mm: auksetycznej (numer 62 i 63) oraz pianki viskoelastycznej (numer V5030) i poliuretanowej (numer MP-55)
Fig. 3. Results investigations foam specimens 100x100x50 mm: auxetic (number 62 and 63) and viscoelastic (number V5030) and polyurethane foam (number MP-55)

Wnioski Conclusions

Z badań właściwości tłumiących próbek o wymiarach 100x100x50 mm pianek w stanie auksetycznym o współczynniku kompresji 3,44 i 2,22 i próbek pianki poliuretanowej Visko Eurofoam V503 i MP-55, przy zastosowanych prędkościach uderzenia 1,7 m/s i 2,2 m/s wynika, że przyspieszenia opóźniające próbki o współczynniku kompresji 3,44 są podobne do przyspieszeń próbki viskoelastycznej V5030. Charakterystyki dla próbki o współczynniku kompresji 2,22 są zbliżone do odpowiednich krzywych dla próbki pianki MP-55 (stosowanej na siedzenia w transporcie) i przyspieszenia są większe od przyspieszeń opóźniających dla pozostałych próbek.

From the investigations of damping propriety samples about dimensions 100x100x50 mm of auxetic foams about coefficient of the compression 3,44 and 2,22 and samples of Visko Eurofoam V503 and MP-55 polyurethane foam, near the applied speeds of the hit 1,7 m/s and 2,2 m/s results that delay accelerations for samples about the coefficient of the compression 3,44 similar to accelerations of the sample V5030. Properties for sample about coefficient of the compression 2,22 are bring nearer to suitable curves for the sample of foam MP-55 (applied on seats in transportation) and acceleration are larger than delay accelerations for remaining samples.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation



Warstwa tłumiąca = pianka auksetyczna
Damping layer = auxetic foam