

# 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

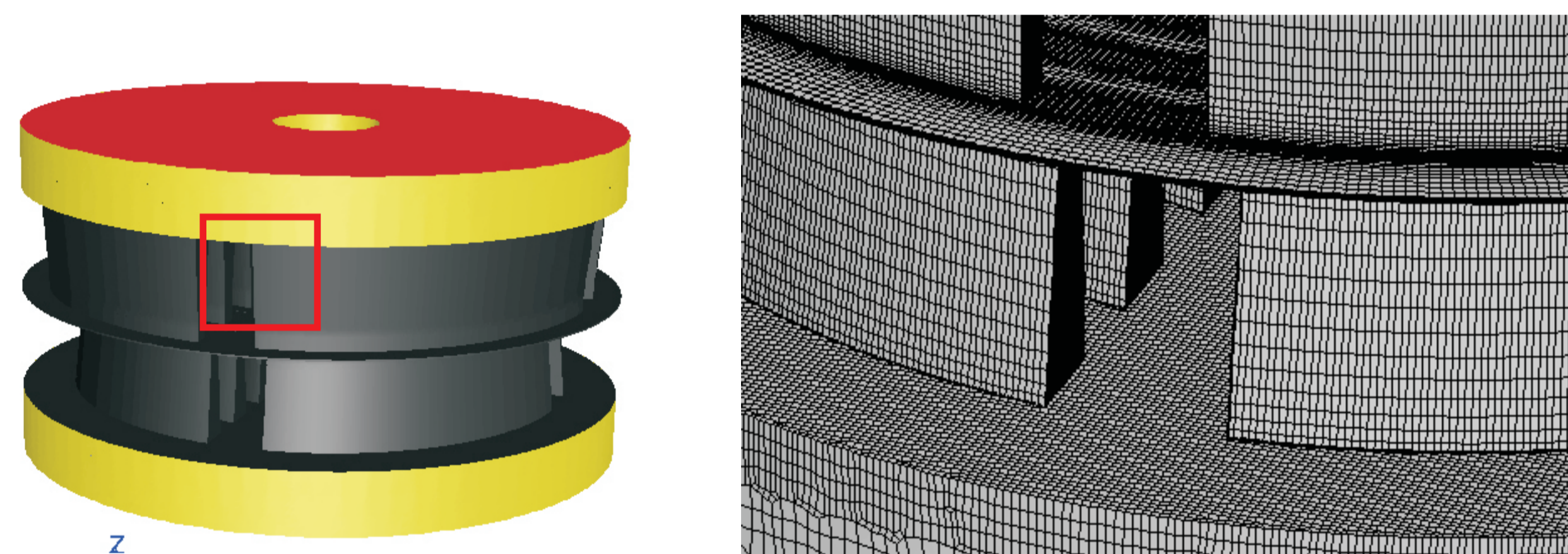
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk  
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska

#### Wyniki badań Results

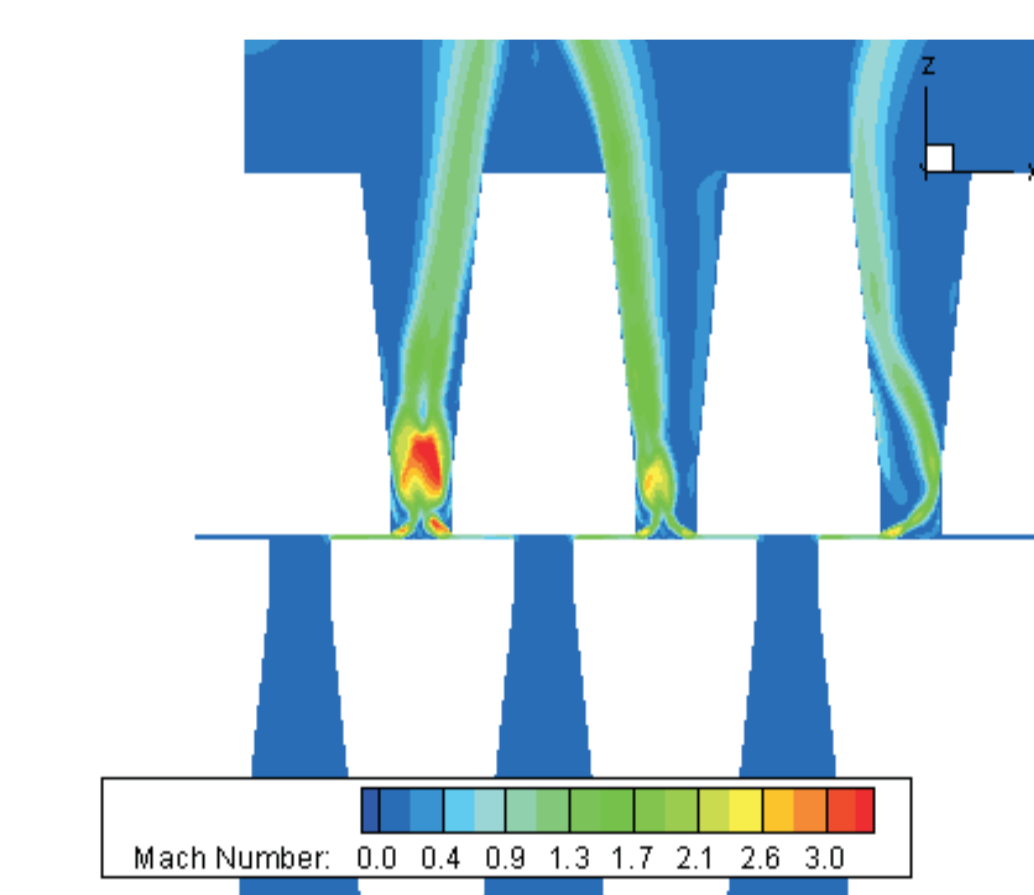
##### Numeryczna analiza przepływu w zaworze płytkowym Numerical analysis of flow in valve

Zasadniczym celem analizy przepływu w obszarze zaworu była ocena nierównomierności parametrów przepływu w szczelinie między płytkami zaworowymi. Obliczenia wykonano programem Ansys/Fluent14, natomiast siatka obliczeniowa przygotowano w programie Hexpress/Numeca. Na rys. 1 przedstawiono geometrię obszaru obliczeniowego dla zaworu płytkowego po modyfikacji, a także zamieszczono fragment siatki obliczeniowej prezentujący obszar szczeliny i otworów. W pierwszym przypadku po modyfikacji zastosowano otwory obwodowe o przekroju prostokątnym. Na rys. 2 i 3 pokazano liczbę Macha w połowie wysokości szczeliny pomiędzy płytkami dla przypadków przed (ORG) i po modyfikacji (MOD). Wyniki wskazują na istnienie lokalnie naddźwiękowych prędkości przepływu. Zastosowanie zmodyfikowanej geometrii wpływa na wzrost równomierności przepływu w obszarze szczeliny, co pozytywnie wpływa na charakterystykę zaworu. W tabeli zamieszczono stosunek masowego natężenia wyznaczonego dla przypadku MOD i ORG. Wyniki obliczeń wskazują na wzrost wartości o ponad 20%. Kontynuacja prac i dalsza modyfikacja geometrii może dodatkowo wpłynąć na poprawę charakterystyki zaworu i zwiększenie realizowanego masowego natężenia przepływu.

The main objective of the numerical simulations was the assessment of the flow parameters non-uniformity in the gap between the plates of the valve. The simulations were carried out by means of Ansys/Fluent14 and the mesh was generated with Hexpress/Numeca. Computational domain for the valve after modification and the mesh details close to the gap between plates and holes are shown in Fig.1. Mach number at midplane in the gap between plates is presented in Fig.2-3. Results for the configurations before (ORG) and after (MOD) modifications are shown. In both cases flow is locally transonic. In case of modified geometry, higher uniformity of flow distribution is shown in circumferential grooves. It influences on increased mass flow rate and improvement of valve performance. Massflow ratio for the both cases (ORG and MOD) is shown in table. One can notice that modification can improve massflow ratio ~20%. Further modifications of geometry will be investigated in order to obtain further increase of flow uniformity.

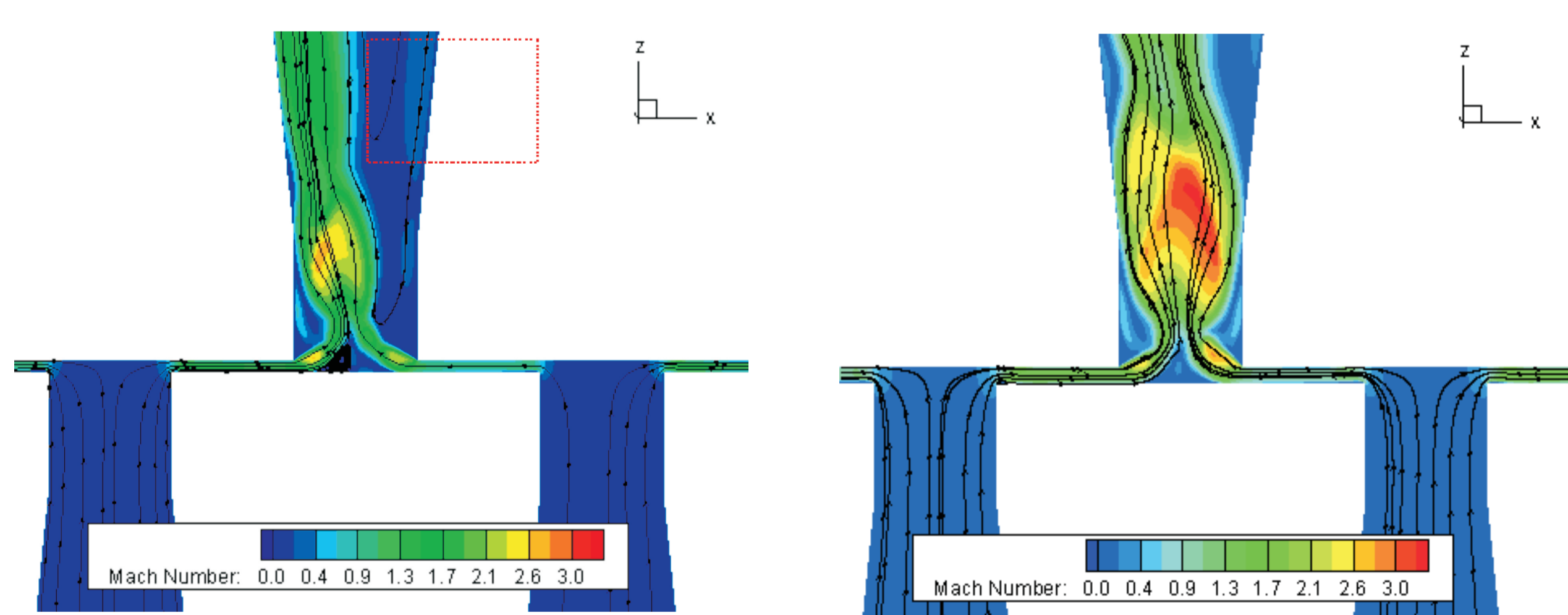


Rys. 1. Widok obszaru obliczeniowego oraz siatki obliczeniowej zaworu  
Fig. 1. View of computational domain and mesh of valve

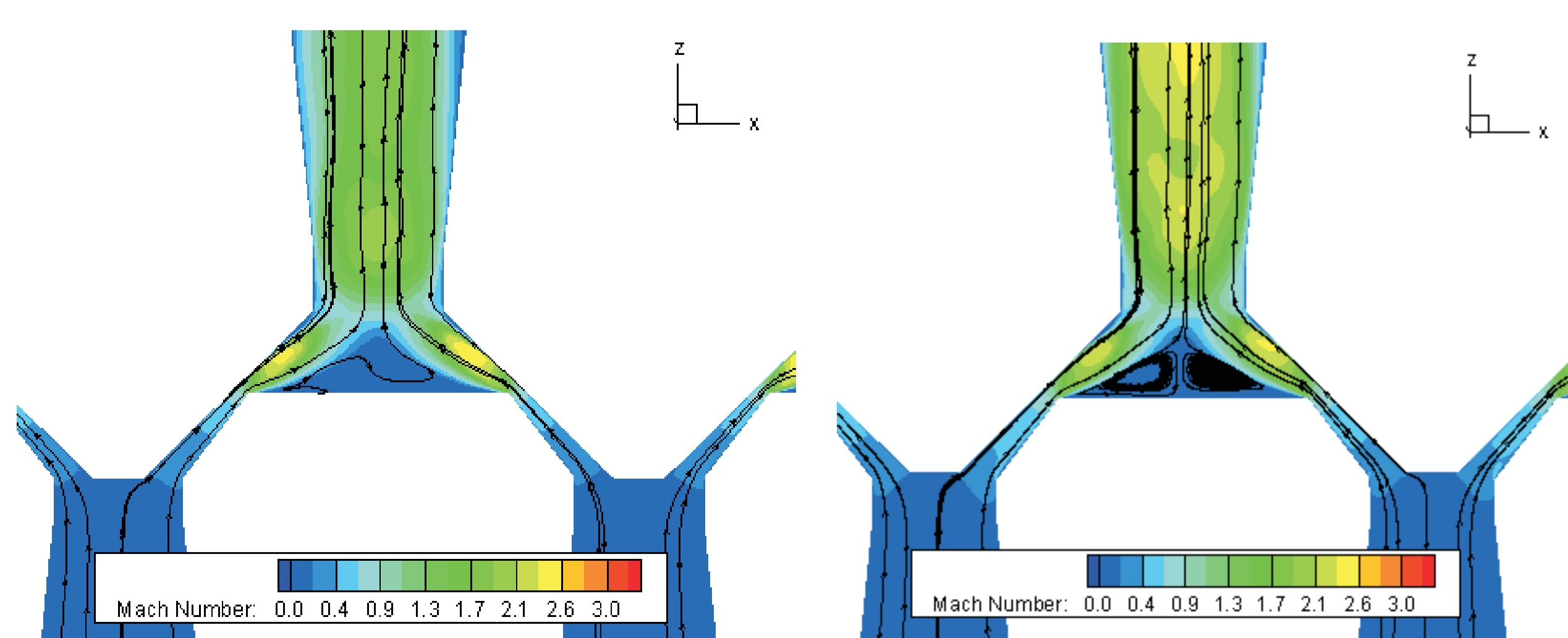


gap height h (mm)	$m_{MOD}/m_{ORG}$ $p_1 = 200 \text{ kPa}$	$m_{MOD}/m_{ORG}$ $p_1 = 1000 \text{ kPa}$
0.05	1.24	1.22
0.06	1.23	1.22

Massflow ratio after before modification



Rys. 2. Liczba Macha w szczelinie przed modyfikacją - ORG (h=0.05 mm - po lewej, h=0.07 mm - po prawej)  
Fig. 2. Mach number in the gap before modification - ORG (h=0.05 mm - left, h=0.07 mm - right)



Rys. 3. Liczba Macha w szczelinie po modyfikacji - MOD (h=0.05 mm - po lewej, h=0.07 mm - po prawej)  
Fig. 3. Mach number in the gap after modification - MOD (h=0.05 mm - left, h=0.07 mm - right)

#### Wyniki badań Results

##### Badania nieniszczące lotniczych struktur kompozytowych Non-destructive testing of composite aircraft's structures

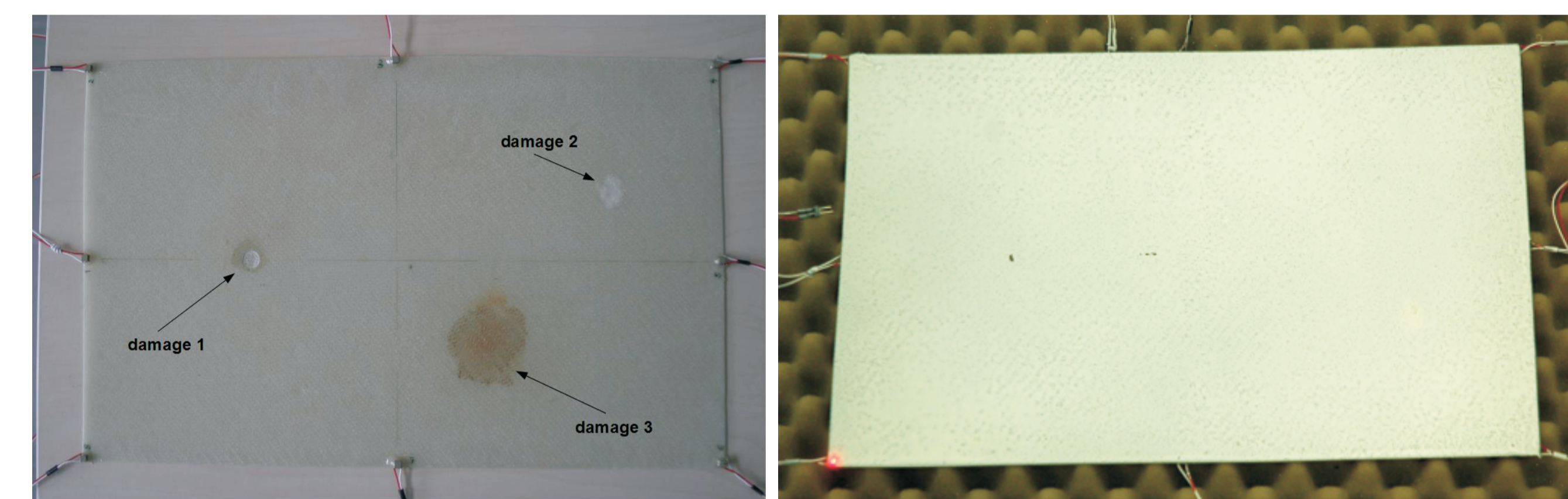
##### Badania laboratoryjne / Laboratory investigations

Badania doświadczalne przeprowadzone zostały na płycie GFRP z różnymi uszkodzeniami (Rys. 1.). Wykorzystano w tym celu dwa podejścia:

- termografię aktywną,
- wibrometrię laserową.

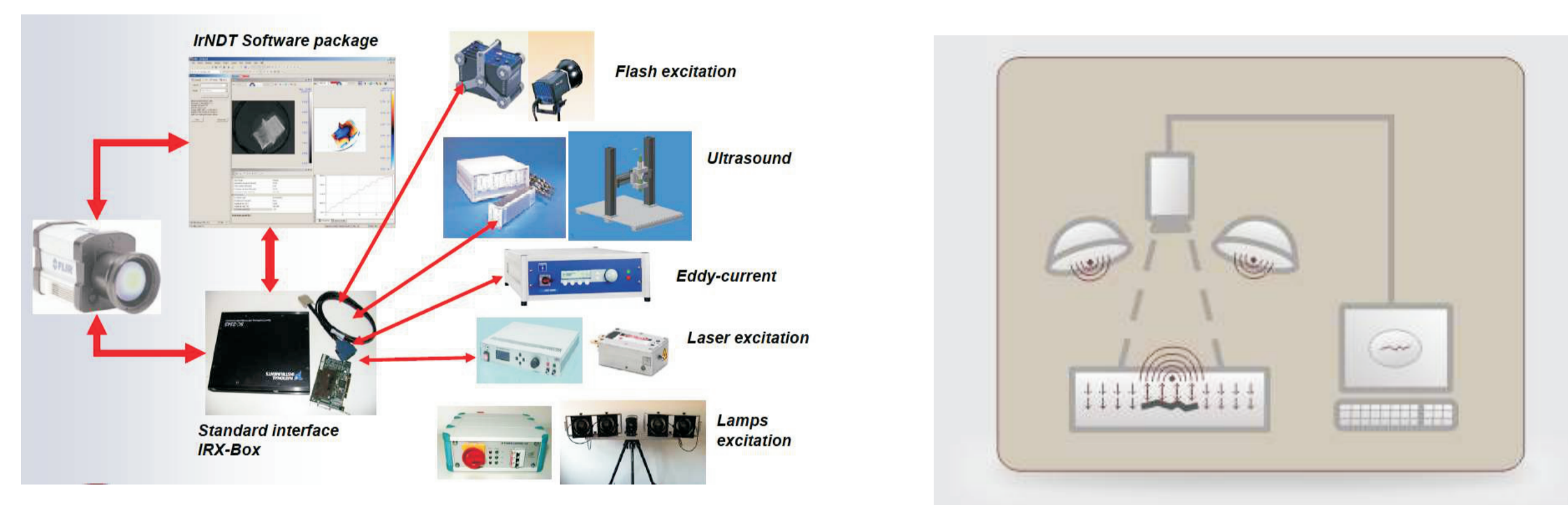
A set of laboratory experiments was carried out on a GFRP composite plate with various damages (Fig. 1). Two approaches have been used for that purpose:

- active thermography,
- laser vibrometry.



Rys. 1. Arkusz kompozytu GFRP z uszkodzeniami (przód i tył): 1 - korozja chemiczna - zmiana grubości materiału, 2 - uszkodzenie udarowe - delaminacja, 3 - korozja chemiczna - uszkodzenie powierzchniowe  
Fig. 1. GFRP composite sheet with damages (front and back): 1 - chemical corrosion - change of the material thickness, 2 - impact damage - delamination, 3 - chemical corrosion - surface damage

##### Metoda termografii aktywnej / The method of active thermography



Rys. 2. Idea metody termografii aktywnej  
Fig. 2. An idea of active thermography

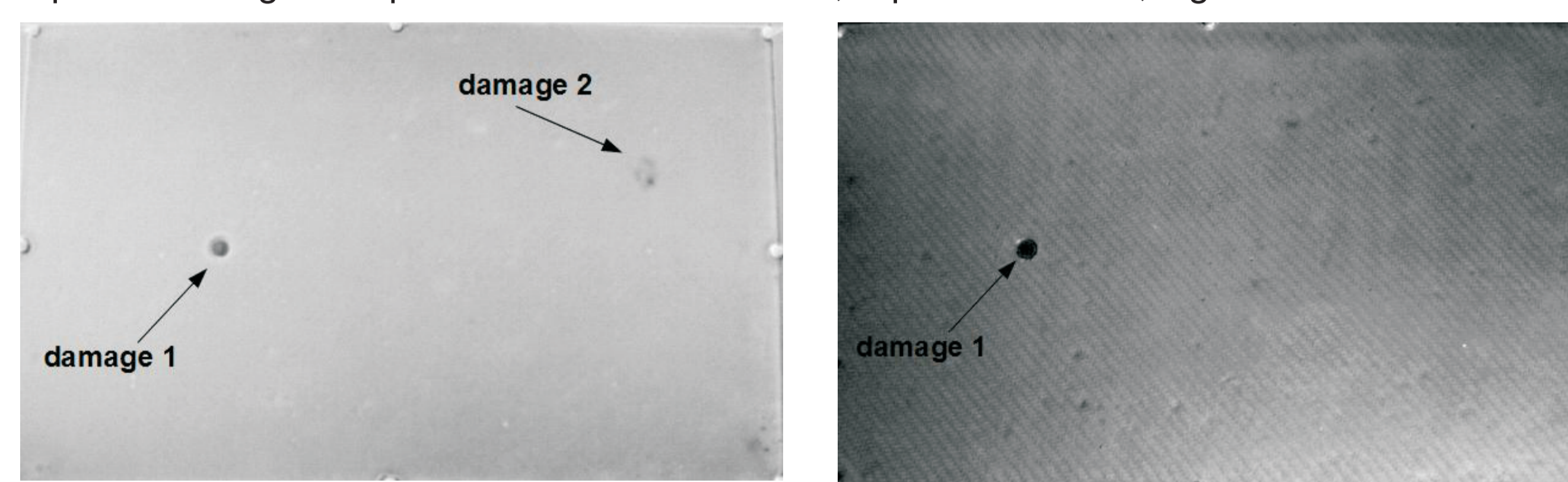


Rys. 3. System pomiarowy termografii aktywnej IrNDT  
Fig. 3. IrNDT Thermographic system

##### Wyniki pomiaru / Measurement results

Zastosowane zostało wymuszenie impulsowe lampą halogenową, czas trwania wymuszenia 1 s, rejestracja 5 s.

A pulse of halogen lamp was used as an excitation, exposure time 1 s, registration 5 s.



Rys. 3. System pomiarowy termografii aktywnej IrNDT  
Fig. 3. IrNDT Thermographic system

#### Wyniki badań Results

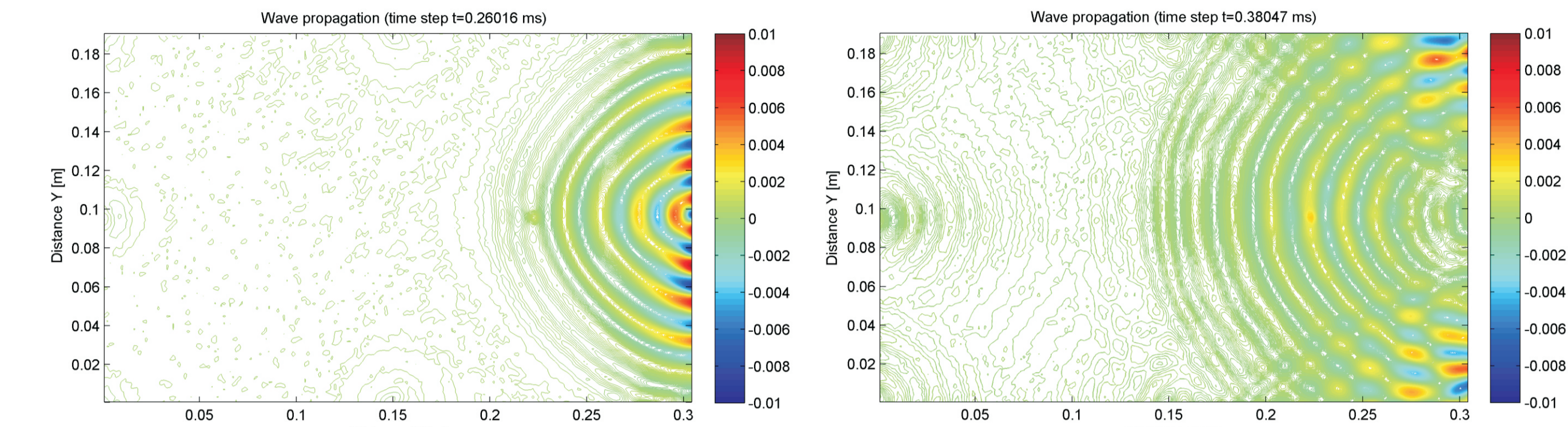
##### Wykrywanie uszkodzeń z wykorzystaniem wibrometrii laserowej Fault detection using laser vibrometry

Wymuszenie propagacji fal sprężystych w postaci paczki fal (4 okresy sinus z modulacją oknem Hanninga, częstotliwość 16 kHz) wprowadzono poprzez przyklejone do struktury piezopreparatory (Rys. 1.).

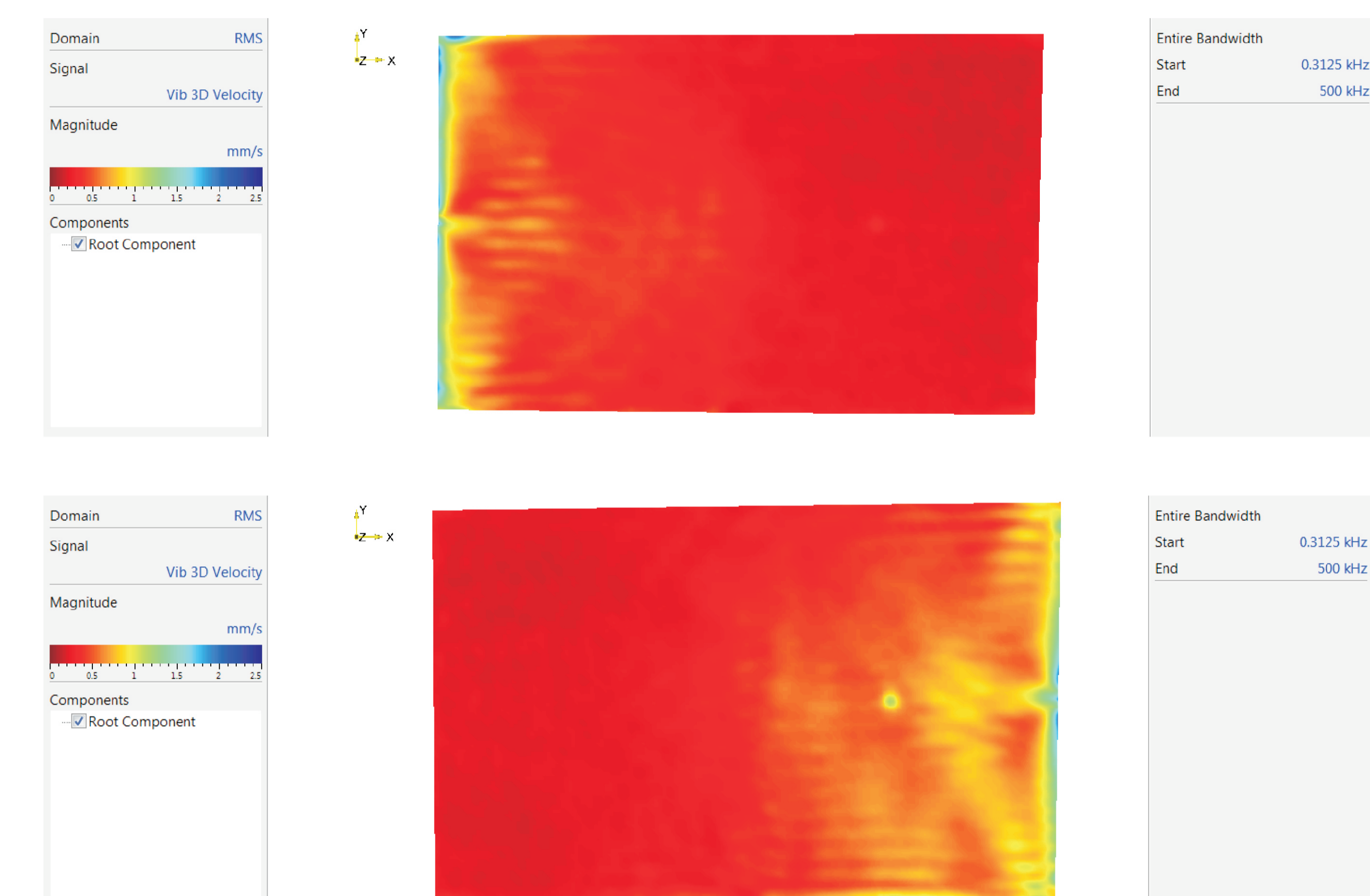
Elastic waves propagation was involved in the form of a wave package (4 sines with Hanning window modulation, frequency 16 kHz) by a piezoelectric transducers permanently glued to the specimen (Fig. 1).



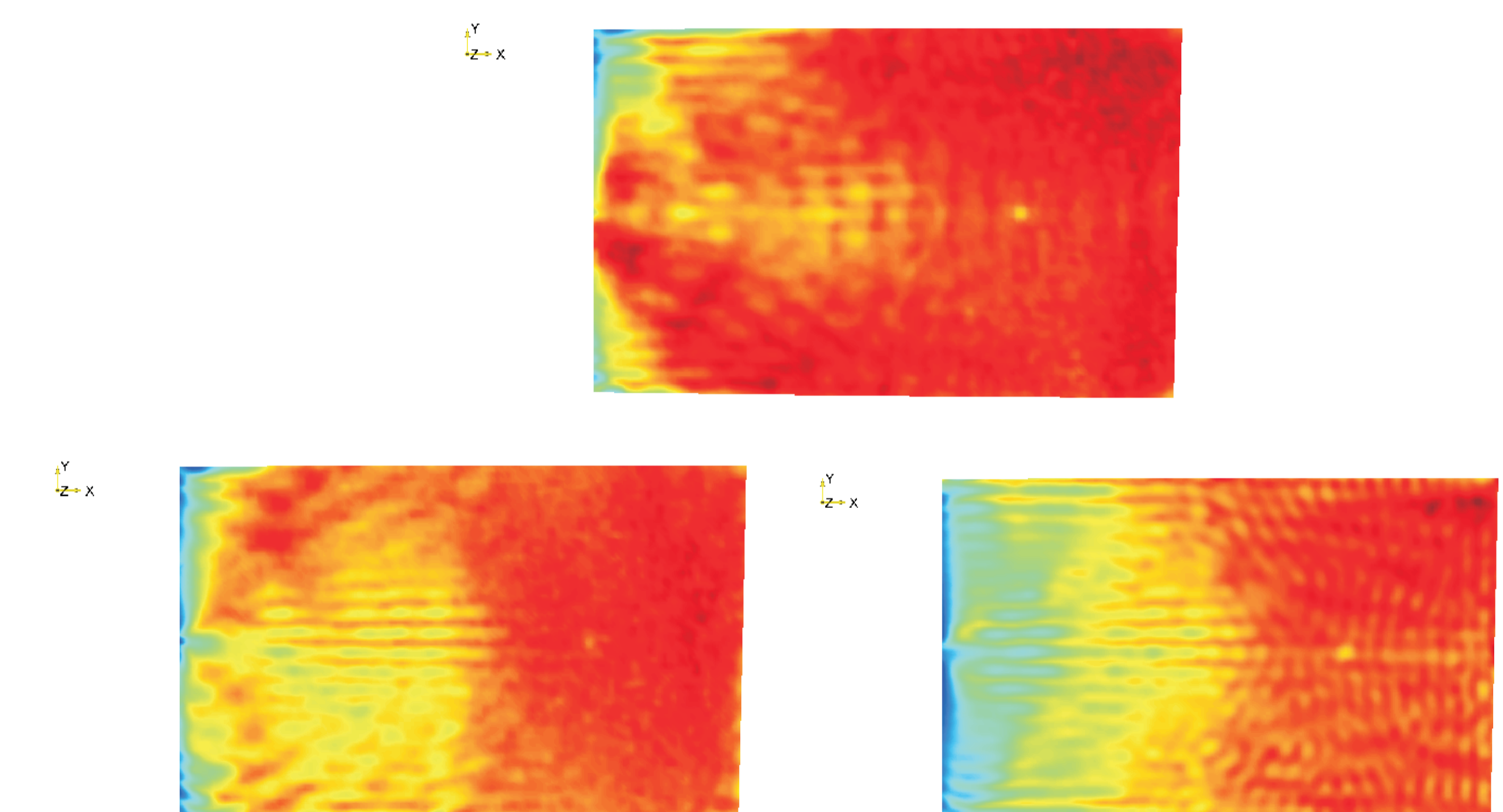
Rys. 4. Laserowy system 3D do bezkontaktowego pomiaru fal sprężystych (Polytec PSV-400-3D)  
Fig. 4. 3D laser system for the contactless measurement of elastic waves propagation (Polytec PSV-400-3D)



Rys. 5. Przykładowe rozkłady prędkości propagacji fal sprężystych dla wybranych chwil czasu  
Fig. 5. Examples of elastic wave propagation velocity distributions for the selected time instants



Rys. 6. Mapa wartości skutecznej zarejestrowanych sygnałów fal sprężystych (RMS): wymuszenie po lewej i prawej stronie  
Fig. 6. Map of the effective value of the recorded signals of elastic waves (RMS): excitation on the left and right respectively



Rys. 6. Mapa wartości skutecznej zarejestrowanych sygnałów fal sprężystych (RMS) dla pojedynczych kierunków propagacji fali x, y oraz z (wymuszenie z lewej)  
Fig. 6. Map of the effective value of the recorded signals of elastic waves (RMS) for individual directions of propagation of x, y and z (excitation on the left)

#### Wnioski Conclusions

Metoda termografii aktywnej potwierdziła skuteczność w zastosowaniu do detekcji typowych uszkodzeń w kompozytach. Z uwagi na charakter rozpatrywanych uszkodzeń bardziej właściwa w przetwarzaniu zarejestrowanych termogramów okazała się metoda *transient*. W wyniku przeprowadzonych badań za pomocą wibrometru laserowego 3D możliwe było jednoznaczne wykrycie uszkodzenia nr 1. Wskazanie położenia innych uszkodzeń może wymagać zastosowania bardziej złożonych metod przetwarzania sygnałów pomiarowych. Zastosowanie sieci neuronowych umożliwiłoby automatyzację procesu diagnostycznego.

Active thermography confirmed the effectiveness of the application for the detection of typical defects in composites. Due to the character of the damages considered more appropriate approach in the processing of registered thermograms proved to be the transient method. As a result of studies using 3D laser vibrometer at this stage of research it was possible to detect clearly only the one damage. Detection of other type of damage may require the use of more complex methods of processing the measurement signals. Application of neural networks may even enable the automation of the diagnostic process.

#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

##### Referaty

Nazarko P., Ziemiański L.: *Soft computing applied to defects detection in composite materials*. Submitted to The Fourth International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Prague, Czech Republic, 1-4 September 2015.

Nazarko P., Ziemiański L.: *Application of the elastic waves and neural networks as a tool of damage detection and health monitoring in aircraft's structures*. Submitted to 1st International Conference on Structural Integrity (ICS1), Funchal, Madeira, Portugal, 1-4 September 2015.

Jurek M., Ziemiański L.: *Damage detection and evaluation in GFRP strip based on elastic wave propagation and support vector machines classification*. Submitted to 3rd Polish Congress of Mechanics and 21st International Conference on Computer Methods in Mechanics (PCM-CMM-2015 Congress), Gdańsk, Poland, 8-11 September 2015.

##### Prace mgr, dr, hab.

Prace magisterskie planowane  
Tomasz Ziąja: *Identyfikacja uszkodzeń w kompozytowych elementach konstrukcyjnych metodą termografii aktywnej*. Promotor: dr inż. Michał Jurek, planowany termin obrony lipiec 2015.